

Prosiding

The 4th National Conference on Industrial Electrical
and Electronics (NCIEE)



"Inovasi dan Hilirisasi Hasil Penelitian dan Pengabdian
Kepada Masyarakat melalui Peningkatan Technology
Readiness Level (TRL)"

Gedung Center of Excellence (CoE)

Cilegon, 12-14 Oktober 2016



**Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (UNTIRTA)**

Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Kota Cilegon, Banten. Phone: 0254-395502 ext. 15, Fax: 0254-395440
Email panitia: nciee@untirta.ac.id

Susunan Panitia

1. Pengarah

Dr. Eng. A. Ali Alhamidi, ST., MT.

2. Penanggung Jawab

Dr. Supriyanto, S.T., M.Sc.

3. Ketua Pelaksana

Teguh Firmansyah, S.T., M.T.

4. Sekretaris

Imamul Muttakin, S.T., M.Sc.

5. Sekretariat

Anggoro S P, M.Kom.

6. Sie Perlengkapan

Herudin, S.T., M.T.

7. Sie Publikasi

Dr. M.Iman Santoso, S.T., M.Sc.

Muhammad Otong, S.T., M.T.

Muhammad Sadikin, S.T., M.T.

Siswo Wardoyo, S.T., M.Eng.

Suhendar, S.Pd., M.T.

Hartono, S.T., M.T.

8. Sie Acara

Dr. Alimuddin, S.T., MM., MT.

Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng.

Dr. Ir. Wahyuni Martiningsih. MT.

9. Sie Konsumsi

Dr. Irma Saraswati, S.Si., M.Si.

10. Sie Akomodasi

Ri Munarto, Ir. M.Eng.

Rocky Alfanz, S.T., M.Sc.

Heri Haryanto., , S.T., M.T.

Rian Fahrizal, , S.T., M.Eng.

11. Sie Dokumentasi

H. Alief, S.T., M.T.

Diterbitkan oleh:
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jend. Sudirman KM.3 Cilegon, Banten
Phone: 0254-395502, 376712 Fax: 0254-395440
<http://nciee.elektro.untirta.ac.id> - <http://elektro.untirta.ac.id>

Kata Pengantar
Ketua Panitia Seminar Nasional NCIEE 2016

Assalamu'alaykum warahmatullah wabarakaatuh.

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Allah, Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan hidayah yang telah diberikan kepada kita semua, sehingga buku Prosiding Seminar Nasional NCIEE 2016 ini dapat terwujud. Buku ini merupakan prosiding seminar yang diselenggarakan pada tanggal 12 – 14 Oktober 2016 di Center of Excellence FT UNTIRTA. Adapun tema yang diangkat pada NCIEE tahun ini adalah “Inovasi dan Hilirisasi Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat melalui Peningkatan Technology Readiness Level (TRL)”.

Buku Prosiding ini memuat sejumlah artikel penelitian dosen maupun peneliti dari Universitas Satyagama Jakarta, Politeknik Negeri Jakarta, Universitas Bengkulu, Politeknik Manufaktur Astra, Universitas Indonesia, Sekolah Tinggi Teknik PLN, Universitas Malikussaleh, Universitas Trisakti, Universitas Sumatera Utara, Politeknik Negeri Padang, Universitas Ibnu Khaldun Bogor, Universitas Gunadarma, dan Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Buku ini terwujud karena adanya kerja keras dalam kepanitiaan seminar nasional NCIEE 2016. Oleh karena itu dalam kesempatan ini, perkenankan kami mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ketua Jurusan Teknik Elektro yang telah memfasilitasi semua kegiatan seminar nasional ini.
2. Bapak/Ibu segenap panitia Seminar NCIEE 2016 yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pemikirannya demi suksesnya kegiatan ini
3. Bapak/Ibu dosen dan mahasiswa yang telah menyumbangkan artikel hasil penelitian serta berpartisipasi aktif dalam kegiatan seminar.

Semoga buku prosiding ini dapat memberi manfaat bagi kita semua untuk kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Terakhir, tiada gading yang tak retak. Mohon maaf jika ada hal-hal yang kurang berkenan. Saran dan kritik yang membangun tetap kami tunggu demi kesempumaan buku prosiding ini.

Wassalamu'alaykum warrahmatullah wabarakaatuh.

Cilegon, Oktober 2016
Ketua Panitia

Teguh Firmansyah, S.T., M.T.

Sambutan Ketua Jurusan Teknik Elektro



**Yang terhormat,
Bapak/Ibu Dosen &
Praktisi, Para Delegasi &
Peserta Semnas NCIEE 2016**

Assalamu'alaykum warahmatullah wabarakaatuh.

Puji Syukur bagi Allah SWT, Tuhan Semesta Alam yang telah memberikan karuniaNya sehingga The 4th National Conference on Industrial, Electrical and Electronic (NCIEE) ini dapat terlaksana dengan baik. Semoga seminar ini membawa manfaat bagi kita semua khususnya bagi Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (UNTIRTA).

NCIEE merupakan seminar nasional yang dilaksanakan oleh JTE Untirta setiap dua tahun sekali dalam rangka untuk memelihara iklim akademis di lingkungan JTE Untirta. NCIEE dimulai pada tahun 2010 dan tahun 2016 ini merupakan pelaksanaan NCIEE yang ke-4 yang bertepatan dengan Dies Natalis UNTIRTA yang ke-35. Tema yang diangkat pada NCIEE tahun ini adalah "*Inovasi dan Hilirisasi Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat melalui Peningkatan Technology Readiness Level (TRL)*". Tema ini diambil dengan harapan agar hasil riset di perguruan tinggi dapat diimplementasikan dan memperkuat pertumbuhan industri yang merupakan tulang punggung bangsa ini untuk bisa bersaing di pasar internasional.

Sebagai Ketua Jurusan Elektro UNTIRTA, saya mengucapkan terimakasih atas partisipasi dari para ilmuwan, akademisi dari berbagai perguruan tinggi, industri dan lembaga riset dalam mendukung kesuksesan NCIEE kali ini. Semoga kolaborasi riset ini dapat berkelanjutan di masa-masa yang akan datang sehingga banyak manfaat yang dapat diperoleh. Terimakasih juga saya sampaikan kepada Manajemen UNTIRTA, Komite Program, Panitia Pelaksana, Pembicara Utama, Dosen dan Mahasiswa JTE UNTIRTA yang telah berpartisipasi dengan baik sehingga kegiatan dua tahunan ini dapat terlaksana dengan lancar. Semoga jerih payah berbagai pihak tersebut dapat mendatangkan manfaat bagi kita semua.

Akhirnya kami berharap semoga pelaksanaan NCIEE yang ke-4 ini dapat memberikan kontribusi positif dalam upaya hilirisasi hasil-hasil penelitian. Lebih dari itu semoga kolaborasi penelitian antar perguruan tinggi dan industri dapat terus diwujudkan sehingga Bangsa Indonesia dapat bersaing di era global ini.

Wassalamu'alaykum warrahmatullah wabarakaatuh.

Cilegon, Oktober 2016
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Supriyanto, ST., M.Sc.

Daftar Isi Makalah

Kode	Penulis	Judul Makalah	Halaman
1	Radita Arindya	Penerapan Doubly-Fed Induction Generator (Dfig) Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin	1-4
2	Ni Mas Amalia Rahmasari, Triprijoetomo	Evaluasi Penempatan Site Berdasarkan Ketinggian Antar Site Terhadap Performansi Jaringan Seluler	5-11
3	Junas Haidi	Meningkatkan Lebar Bandwidth Antena Mikrostrip Dengan Metode Parasitik Pada Frekuensi 2,4 GHz.	12-19
4	Roer Eka Pawinanto, A Sumarudin	Desain Cantilever Beam Piezoelectric Untuk Aplikasi Energi Harvesting	20-21
5	Muhammad Yaser	Impact of Macrocell Size on the Implementation of LTE Femto Integrated with GSM Network	22-26
6	Agus Ponco, Ginanjar Jati Jiwandana, Syahril Ardi	Pembuatan Kontrol Mesin Rotary Table 4 Cavity Berbasis PLC pada Proses Rivet Caulking untuk Peningkatan Produktifitas Line Assembly Clutch Cover	27-33
7	Gunawan Wibisono, Ubay Muhammad Noor	Rancang Bangun Lampu Jalan Pintar Dengan Konfigurasi Jaringan Bus Menggunakan Sumber Daya Hybrid	34-38
8	Yenniwarti Rafsyam, Jonifan, Panji Ibrahim Nurrahmat	Rancang Bangun Antena Helix 8 lilitan Untuk Aplikasi Sistem Autotracking Antena Berbasis Signal Strength Pada Sudut Azimuth Sebagai Penjejak UAV (Unmanned Aerial Vehicle)	39-43
9	Heri Suyanto	Sistem Proteksi PLTS On Grid Terhadap Gangguan Jaringan Tegangan Menengah Di Gili Trawangan	44-48
10	Asri	Analisa Dinamika Stabilitas Pembangkit Paya Pasir Akibat Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah	49-52
11	Suhartati Agoes, R. Deiny Mardian, Endang Djuana, dan Revi Noviananda Nurmalasri	Analisis Filter Digital Finite Impulse Respon Untuk Pengukuran Fidelitas Suara	53-57
12	Zulkarnaen Pane, Syiska Yana	Pengurangan Arus Harmonisa Urutan Nol pada Sistem Distribusi Menggunakan Transformator Zig Zag dan Filter Aktif	58-63
13	Popy Maria, Gunawan Wibisono	Analisa Kinerja TCM-SM Untuk MIMO Pada Kanal Fading	64-71
14	Suhartinah, Djoko Subagio, dan Dio Jufrianda	Otomatisasi Mesin Swaging 5 Ton Menggunakan Plc Omron Cp1e E40dr-A Pada Produk Bush Rr Shock Absorber Proses In-Line Mesin Pressing	72-79
15	Arief Goeritno, Saefurrochman	Modul Peranti Elektronika Berbasis Mikrokontroler Untuk Sarana Pembelajaran Sistem Pengontrolan Pada Program Studi Teknik Elektronika Sekolah Menengah Kejuruan	80-90
16	Toto Supriyanto, Sartika Ratnasari, Muhammad Husain Effendi	Sistem Antrian Pasien Rumah Sakit Menggunakan Kartu Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Kesehatan QR-Code Berbasis Android Dengan Transmisi WiFi	91-94
17	Ranthy Pancasasti	Pemanfaatan Talas Beneng Sebagai Produk Unggulan, Penggerak Ekonomi Perdesaan, Dan Pemberdayaan Masyarakat Di Sekitar Kawasan Gunung Karang Provinsi Banten	95-99
18	Irvan Mustofa, Arief Goeritno, Bayu Adhi Prakosa	Performansi Sistem Kontrol Berbasis Mikrokontroler ATmega32 Untuk Tampilan Kondisi Instalasi Listrik pada Otobis	100-112
19	Cepi Hermawan, Bayu Adhi Prakosa, Ade Hendri Hendrawan, Arief Goeritno	Penggunaan Protokol Internet dan Bluetooth Untuk Sistem Penggerakan Kunci Pintu Berbantuan Arduino UNO R3 Terkendali melalui Smartphone Berbasis Android 4.4.2 KitKat	113-124
20	Sofi Maulana, Ade Hendri Hendrawan, Andik Eko Kristus Pramuko, Arief Goeritno	Program Aplikasi Berbasis Bahasa C++ Untuk Pendeteksian Keberadaan Pelanggaran Terhadap Traffic Light	125-137
21	Mohammad Iqbal, Rudi Trisno Yuwono	Purwarupa Deteksi Otomatis Situasi Darurat di Jalan Bebas Hambatan berbasis Raspberry Pi	138-143
22	Ali Hanafiah Rambe, Khairil Abdillah, Suherman	Perancangan Antena Mikrostrip Patch Segi Empat Dual Band (1,8 GHz dan 2,4 GHz)	144-146
23	Suherman, Bakhtiar, Ali	Efisiensi Energi Listrik Lampu Penerangan Menggunakan Sensor	147-149

	Hanafiahtt	Inframerah	
24	Suherman, Junaidi Teguh Siregar, Naemah Mubarakah	Reduksi Konsumsi Energi pada Subscriber Station WiMAX Melalui Pengaturan Beban Protokol Transport	150-152
25	Isworo Pujotomo	Teknologi Batubara Bersih Menggunakan Siklon Dan Magnetite	153-159
26	Alimuddin, Akhmad Dian Prakoso, Suhendar	Analisis Economic Load Dispatch Pada Pembangkit Termal Menggunakan Cfpso (Constriction Factor Particle Swarm Optimization)	160-169
27	Wahyuni Martiningsih, Rocky Alfan, Ramadhani	Simulasi Eliminasi Interharmonisa dan Sub Harmonisa Dengan Filter Aktif Shunt Cascaded Multilevel Inverter pada Beban Non Linear	170-173
28	Yusraini Muharni, Hartono	Internet of things: an important paradigm in the application of smart factory	174-177
29	Heri Haryanto, Vicky Immanuel	Analisa Kinerja Sinusoidal PWM Inverter Pada Beban Motor Induksi Tiga Fasa	178-185
30	Herudin, Ri Munarto, dan Untung Darmawan	Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik di Provinsi Banten Menggunakan Software LEAP	186-194
31	Irma Saraswati, Herudin, dan Ardian Yuliansyah	Analisa Penguatan Sinyal Pada Sistem Komunikasi SKSO Dengan Metode Perataan Penguatan Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA)	195-201
32	Chindy Puspita Millasari, Ri Munarto, Endi Permata	Klasifikasi Citra Radiografi Panoramik untuk Membedakan Penyakit Kista dan Tumor pada Rongga Mulut dengan Artificial Neural Network algoritma Backpropagation	202-211
33	Maulana, Rocky Alfan, dan Ri Munarto	Pembuatan Generator Pulsa Terprogram Untuk Transduser Ultrasonik Sebagai Peralatan Pemeriksa Cacat Logam	212--218
34	Rian Fahrizal, Heri Haryanto, dan Dwi Meliyani	Perancangan Sistem Monitoring Jaringan di Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Menggunakan PRTG	219-230
35	Rocky Alfan, Wahyuni Martiningsih, dan Suwanda	Perancangan Sistem Kendali Kecepatan Berbasis Arduino Pada Motor Induksi Satu Fasa	231-237
36	Romi Wiryadinata, Andri Ramdoni, dan Wahyuni Martiningsih	Perancangan Sistem Kendali Suhu Induction Furnace Berbasis Arduino	238-244
37	Wiyono, Budi Nugroho, Siswo Wardoyo dan Teguh Firmansyah	Analisa Citra X-Ray Tulang Vertebra Spinal Menggunakan Komparasi Pixel Biner Untuk Deteksi Osteoporosis	245-248
38	Supriyanto, Anggoro S. Pramudyo, dan Siswo Wardoyo	Analisis Penerapan Sistem Informasi Pengendalian Pembangunan Daerah di Provinsi Banten	249-255
39	Bambang Sudibya, Wiyono, Siswo Wardoyo, Teguh Firmansyah	Rancang Bangun Wireless Power Transfer (WPT) menggunakan Metode Magnetic Resonator Coupling	256-259
40	Retno Aita Diantari, Isworo Pujotomo	Design Roof-Top Solar Photovoltaic For Optimal Production Of Electrical Energy	260-264



Penerapan Doubly-Fed Induction Generator (DFIG) Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Radita Arindya¹

¹ Universitas Satyagama. Jakarta.

Abstract - Wind energy has become one of the most important and promising sources of renewable energy, which demands additional transmission capacity and better means of maintaining system reliability. The evolution of technology related to wind systems industry led to the development of a generation of variable speed wind turbines that present many advantages compared to the fixed speed wind turbines. These wind energy conversion systems are connected to the grid through Voltage Source Converters (VSC) to make variable speed operation possible. The studied system here is a variable speed wind generation system based on Doubly Fed Induction Generator (DFIG). The rotor side converter (RSC) usually provides active and reactive power control of the machine while the grid-side converter (GSC) keeps the voltage of the DC-link constant. The additional freedom of reactive power generation by the GSC is usually not used due to the fact that it is more preferable to do so using the RSC. However, within the available current capacity the GSC can be controlled to participate in reactive power generation in steady state as well as during low voltage periods. The GSC can supply the required reactive current very quickly while the RSC passes the current through the machine resulting in a delay. Both converters can be temporarily overloaded, so the DFIG is able to provide a considerable contribution to grid voltage support during short circuit periods. This report deals with the introduction of DFIG, AC/DC/AC converter control and finally the SIMULINK/MATLAB simulation for isolated Induction generator as well as for grid connected Doubly Fed Induction Generator and corresponding results and waveforms are displayed.

Keywords: DFIG, Wind Turbin, Simulink

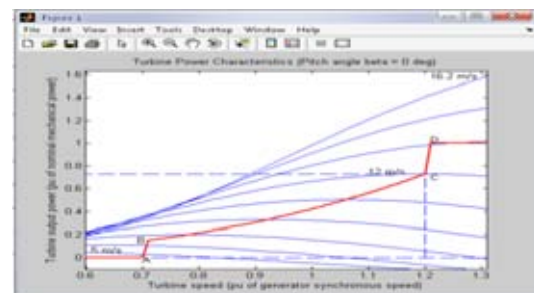
1. Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, energi angin telah menjadi salah satu sumber penting dan menjanjikan sebagai salah satu bentuk energi terbarukan. Evolusi teknologi yang berkaitan dengan industri 'sistem angin' bertambah, dengan perkembangan turbin angin dengan variable kecepatan yang menjanjikan banyak keuntungan dibandingkan dengan turbin angin dengan kecepatan tetap. Pada sistem dengan variable kecepatan, konversi energi angin terhubung ke grid melalui *Voltage Sources Converters* (Konverter Sumber Tegangan) untuk membuat variabel kecepatan yang dioperasikan. Sistem yang di uraikan adalah pengaturan kecepatan angin yang bervariasi menggunakan *Doubly Fed Induction Generator* (DFIG). Stator generator terhubung langsung ke jaringan sementara rotor terhubung melalui sebuah *converter back-to-back* yang dimensioned untuk berdiri hanya sebagian kecil dari generator pengenal.

Untuk dapat memanfaatkan tenaga angin secara efisien, untuk era sekarang, sistem yang paling dapat diandalkan grid terhubung ganda makan generator induksi. DFIG ini membawa keuntungan dari pemanfaatan pergantian rasio dari mesin, sehingga konverter tidak perlu dinilai untuk mesin pengenal penuh kekuasaan. *Converter* sisi rotor (RSC) biasanya memberikan kontrol daya aktif dan reaktif dari mesin sementara *converter grid-sisi* (GSC) menjaga tegangan dari link-DC konstan. Itu kebebasan tambahan pembangkit daya reaktif oleh GSC biasanya tidak digunakan karena fakta bahwa lebih lebih baik untuk melakukannya dengan menggunakan RSC. Namun, dalam kapasitas saat ini tersedia GSC dapat dikendalikan untuk berpartisipasi dalam generasi daya reaktif dalam kondisi mapan serta selama periode tegangan rendah. GSC dapat memasok arus reaktif yang dibutuhkan sangat cepat sementara RSC melewati arus melalui mesin mengakibatkan penundaan. Kedua konverter dapat sementara kelebihan beban, sehingga DFIG ini mampu memberikan kontribusi yang cukup besar ke grid tegangan dukungan selama periode arus pendek. Laporan ini berkaitan dengan pengenalan DFIG, AC / DC / AC converter kontrol dan akhirnya simulasi SIMULINK / MATLAB untuk terisolasi Induksi Generator serta untuk grid terhubung Generator Induksi Ganda Fed dan hasil yang sesuai dan bentuk gelombang yang ditampilkan.

2. CONVERTER SISTEM KONTROL

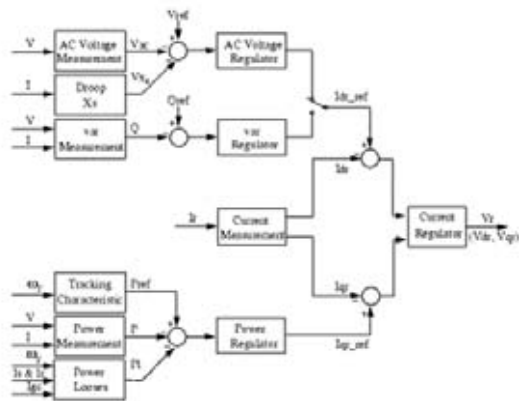
Bagian untuk mendukung PWM converter memiliki dua konverter, satu terhubung ke sisi rotor dan lain terhubung ke sisi grid.



Gambar. 1. Karakteristik daya pada turbin

Konverter sisi-rotor digunakan untuk mengontrol turbin angin daya keluaran dan tegangan diukur pada terminal grid. Daya dikendalikan untuk mengikuti yang telah ditetapkan

daya kecepatan karakteristik, karakteristik tersebut dinamakan pelacakan. Karakteristik ini diilustrasikan oleh Kurva ABCD ditumpangkan dengan karakteristik tenaga mesin turbin diperoleh pada kecepatan anggi yang berbeda. Kecepatan sebenarnya dari ω_r turbin diukur dan sesuai dengan tenaga mesin, karakteristik pelacakan digunakan sebagai referensi kekuatan untuk kekuatan kontrol loop. Karakteristik pelacakan didefinisikan oleh empat point: A, B, C dan D. Dari kecepatan nol untuk mempercepat dari titik A kekuasaan referensi adalah nol. Antara titik A dan B titik pelacakan karakteristik adalah garis lurus. Antara titik B dan titik C karakteristik pelacakan adalah lokus dari kekuatan maksimum turbin (maksimum kurva daya turbin turbin kecepatan vs). Karakteristik pelacakan garis lurus dari titik C dan titik D. daya pada titik D adalah salah satu per unit. Di luar titik D kekuatan referensi adalah sama terus-menerus untuk satu per unit.



Gambar 2. Blok diagram dari kontrol konverter rotor

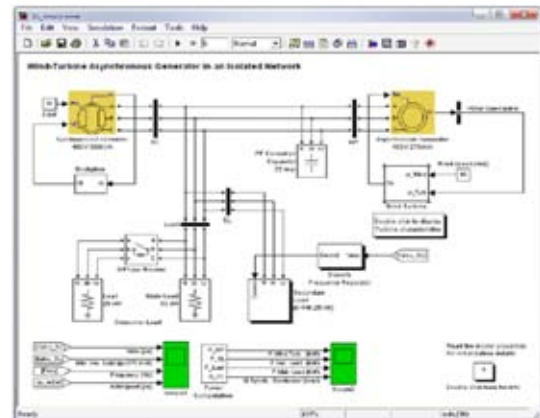
Untuk kontroler rotor-sisi d-sumbu, digunakan sebagai kerangka acuan dq berputar digunakan untuk transformasi sejalan dengan udara-gap fluks. Output daya yang sebenarnya listrik, diukur pada terminal grid turbin angin, yang ditambahkan pada rugi daya total (mekanik dan listrik) dan dibandingkan dengan kekuatan referensi yang diperoleh dari karakteristik pelacakan. Sebuah Proporsional-Integral (PI) regulator digunakan untuk mengurangi kesalahan kekuatan untuk nol.

Output dari regulator ini, adalah referensi I_{qr_ref} arus rotor yang harus disuntikkan pada rotor oleh converter C_{rotor} . Ini adalah arus komponen yang menghasilkan torsi elektromagnetik (T_{em}). Komponen IQR sebenarnya dibandingkan untuk I_{qr_ref} dan kesalahan dikurangi menjadi nol oleh regulator (PI). Output dari kontroler adalah V_{qr} tegangan yang dihasilkan oleh C_{rotor} . Regulator saat ini, dibantu oleh 'feed forward' istilah yang memprediksi V_{qr} . Tegangan pada terminal jaringan dikendalikan oleh reaktif daya yang dihasilkan atau diserap oleh C_{rotor} converter. Daya reaktif yang dipertukarkan antara C_{rotor} dan grid, melalui generator. Dalam proses pertukaran generator menyerap daya reaktif untuk

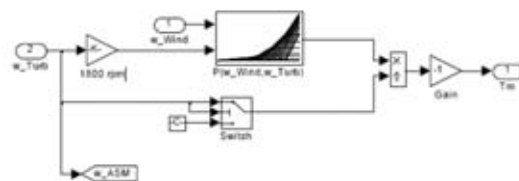
memasok dan saling induktansi kebocoran. Kelebihan daya reaktif dikirim ke grid atau C_{rotor} .

3. Pembuatan SIMULINK MATLAB DFIG

Berikut akan dijabarkan pembuatan simulasi dengan menggunakan SIMULINK MATLAB, tahap pertama pembuatan simulasi ini adalah : *Wind turbine driven Isolated Induction Generator model Simulation in SIMULINK*, seperti terlampir pada Gambar 3 dibawah ini



Gambar 3. Diagram SIMULINK untuk kendali Turbin Angin pada generator induksi terisolasi jenis sangkar tupai



Gambar 4. Blok diagram turbin angin

Generator Induksi (IG) akan beroperasi jika didorong oleh *variabel-pitch* Turbin Angin. Kasus sebuah peternakan (farm) terdiri dari enam 1,5-MW turbin angin terhubung ke 25-kV dengan pen distribusi kekuatan untuk grid 120-kV melalui pengumpulan 25-km 25-kV. Pembangkit listrik tenaga angin 9-MW disimulasikan dengan tiga pasang turbin angin masing-masing 1,5 MW.

Turbin angin menggunakan generator induksi sangkar tupai (IG). Stator berliku terhubung langsung ke jaringan 60Hz dan rotor digerakkan oleh sebuah *variable pitch* turbin angin. Sudut *pitch* dikontrol untuk membatasi daya keluaran pada generator, jika nilai nominal angin melebihi kecepatan nominal (9m/s). Untuk menghasilkan daya, kecepatan IG harus sedikit di atas kecepatan sinkron. Kecepatan bervariasi berkisar antara 1pu tanpa beban dan 1,005 pu pada beban penuh. Setiap turbin angin memiliki sistem pemantauan perlindungan tegangan kecepatan, saat ini dan mesin. Daya reaktif diserap oleh IGS sebagian dikompensasi oleh bank kapasitor yang terhubung pada setiap turbin angin tegangan bus (400

kvar untuk setiap pasang turbin 1,5 MW) dan sisa reaktif daya yang diperlukan untuk menjaga tegangan 25-kV pada bus B25 mendekati 1 pu disediakan oleh 3-Mvar STATCOM dengan pengaturan *droop* 3%.

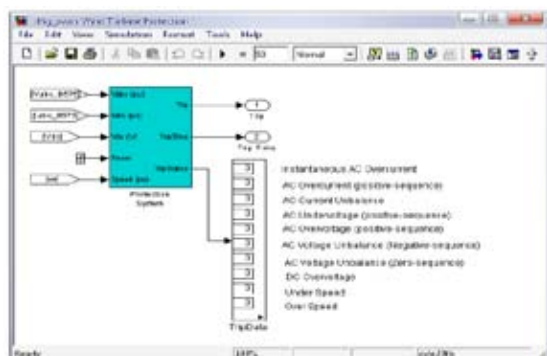
4. Karakteristik output

Respon turbin terhadap perubahan kecepatan angin. Simulasi dimulai dan mengamati sinyal pada "Turbin Angin", lingkup pemantauan daya aktif dan reaktif, kecepatan generator, kecepatan angin dan sudut *pitch* untuk setiap turbin. Untuk setiap pasang turbin daya aktif yang dihasilkan mulai meningkat bersama dengan kecepatan angin untuk mencapai nilai dinilai dari 3 MW di sekitar 8s. Selama jangka waktu tersebut yang kecepatan turbin akan meningkat dari 1,0028 pu menjadi 1,0047 pu. Awalnya, sudut *pitch* dari bilah turbin adalah nol derajat. Ketika daya keluaran melebihi 3 MW, sudut *pitch* meningkat dari 0 derajat sampai 8 derajat untuk membawa daya keluaran kembali ke nilai nominal. Perhatikan bahwa daya reaktif diserap meningkat dengan meningkatnya daya yang dihasilkan aktif. Pada daya nominal, setiap pasangan turbin angin menyerap 1,47 Mvar. Untuk kecepatan angin 11m/s, total daya dihasilkan diukur pada bus B25 adalah 9 MW dan STATCOM mempertahankan tegangan pada 0,984 pu dengan menghasilkan 1,62 Mvar.

5. Proteksi Turbin Angin

Blok Ini adalah blok untuk proteksi turbin angin dengan tegangan dan arus, tegangan DC diberikan sebagai masukan dan data yang berhubungan nilai-nilai perjalanan digunakan untuk melihat apakah harus diperbaiki atau tidak. Alasan yang berbeda untuk diperbaiki, mungkin AC atas tegangan, di bawah tegangan, lebih dari saat ini, tegangan lebih, arus bawah DC, di atas kecepatan, di bawah kecepatan.

Tergantung pada alasan tersebut di atas sinyal perjalanan diberikan pada sirkuit dengan perjalanan waktu. Gambar *wind turbin protection* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. SIMULINK proteksi pada Turbin Angin

6. Akuisisi Data pada Angin Turbin

Blok diagram untuk akuisisi pembangkit data dapat dilihat pada Gambar 4.xx. Dalam sinyal input tegangan dan saat ini yang melewati keuntungan dan

akhirnya output yang diberikan adalah urutan positif saat ini, nilai-nilai tegangan dan daya aktif dan reaktif berarti. Dimana nilai gain

$$K = [1 \exp(j * 2 * \pi / 3) \exp(-j * 2 * \pi / 3)].$$

Dalam menu turbin angin blok ada empat set parameter ditentukan untuk turbin, yang generator dan konverter (grid-side dan rotor-samping). Pertanian 6--turbin angin disimulasikan dengan blok-turbin angin tunggal dengan mengalikan tiga parameter berikut dengan enam, sebagai berikut: angin nominal keluaran turbin mekanis: $6 * 1.5e6$ watt, ditetapkan dalam menu Turbin data pembangkit listrik di rate: $6 * 1.5/0.9$ MVA ($6 * 1,5$ MW pada pf 0,9) , ditentukan dalam data Generator menu DC kapasitor bus nominal: $6 * 10000$ mikrofard, ditentukan dalam data Converters menu Juga, perhatikan pada menu kontrol parameter yang "Mode operasi" diatur ke "Pengaturan tegangan "Tegangan terminal akan. Dikontrol ke nilai yang dipaksakan oleh referensi tegangan ($V_{ref} = 1$ pu) dan terkulai tegangan ($X_s = 0,02$ pu).

7. Turbin respon terhadap perubahan kecepatan angina

Dalam "Angin Kecepatan" blok langkah menentukan kecepatan angin. Awalnya, kecepatan angin ditetapkan sebesar 8 m / s, maka pada $t = 5$ s, kecepatan angin meningkat tiba-tiba pada 14 m / s.

Mulai simulasi dan mengamati sinyal pada ruang lingkup "Angin Turbin" memantau tegangan turbin angin, arus, dihasilkan daya aktif dan reaktif, tegangan DC dan kecepatan turbin.

Pada $t = 5$ s, daya aktif yang dihasilkan mulai meningkat lancar (bersama dengan kecepatan turbin) untuk mencapai nilai dinilai dari 9 MW di sekitar 20 s. Selama jangka waktu tersebut kecepatan turbin akan meningkat dari 0,8 ke 1,21 PU. Awalnya, sudut pitch blade turbin adalah nol derajat dan titik operasi turbin mengikuti kurva merah dari karakteristik daya turbin sampai titik D. Kemudian sudut pitch meningkat dari 0 derajat untuk 0,76 derajat untuk membatasi tenaga mesin. Juga diamati tegangan dan daya reaktif yang dihasilkan. Daya reaktif dikendalikan untuk mempertahankan tegangan 1 PU. Pada daya nominal, turbin angin menyerap 0,68 Mvar (dihasilkan $Q = -0,68$ Mvar) untuk mengontrol tegangan pada 1PU.

Kesimpulan

1. Simulasi turbin angin di aktifkan secara terisolasi (tidak terhubung ke grid) untuk induksi generator. Namun untuk efisiensi terbaik sistem DFIG digunakan yang terhubung ke sisi grid dan memiliki kontrol yang lebih baik. Converter sisi rotor (RSC) biasanya menyediakan daya aktif dan daya reaktif yang mengontrol mesin, sementara converter grid-sisi (GSC) menjaga tegangan dari link DC-konstan.

2. Pada simulasi sisi jaringan dan parameter pada sisi turbin angin dan hasil yang sesuai telah ditampilkan. Model ini adalah versi diskrit dari Wind Turbin Ganda-Fed Induksi Generator. Di sini juga digunakan sistem proteksi yang memberikan sinyal ke sistem jika ada kesalahan pada sistem. Kesalahan dapat terjadi ketika kecepatan angin menurun ke nilai rendah atau memiliki fluktuasi.
3. DFIG ini dapat memberikan cukup kontribusi untuk dukungan pada tegangan di jaringan selama periode arus pendek. Dari simulasi disimpulkan bahwa generator induksi doubly terbukti lebih handal dan stabil sistem ketika terhubung ke sisi grid dengan sistem kontrol converter yang tepat

Daftar Pustaka

1. Hans Øverseth Røstøen Tore M. Undeland Terje Gjengedal. IEEE paper on doubly fed induction generator in a wind turbine.
2. S. K Salman and Babak Badrzadeh. IEEE paper on New Approach for modelling Doubly-Fed Induction Generator (DFIG) for grid-connection studies.
3. Slootweg JG, Polinder H, Kling WL. Dynamic modeling of a wind turbine with doubly fed induction generator. IEEE Power Engineering Summer Meeting. Vancouver, Canada. 2001.
4. Holdsworth L, Wu XG, Ekanayake JB, Jenkins N. Comparison of fixed speed and doubly-fed induction wind turbines during power system disturbances. IEE Proceedings Generation, Transmission, Distribution. 2003; 3: 343-352.
5. Ekanayake, J.B, Holdsworth, L, Wu, X., Jenkins, N. Dynamic modeling of Doubly Fed Induction generator wind turbines. IEEE Transaction on Power Systemse. 2003; 2: 803-809. J. Morren, J.T.G. Pierik, S.W.H. de Haan, J. Bozelie. Grid interaction of offshore wind farms. Part 1. Models for dynamic simulation. Wind Energy. 2005; 8(3). [7] R. Pena, J.C. Clare, G.M. Asher. Doubly-fed induction generator using back-to-back PWM converters and its applications to variable-speed wind-energy generation. IEEE proceedings on electrical power applications 1996; 143(3): 231-341. [8] The MathWorks. SimPowerSystems For Use with Simulink. User's Guide Version 4. 66.

Evaluasi Penempatan Site Berdasarkan Ketinggian Antar Site Terhadap Performansi Jaringan Seluler

Ni Mas Amalia Rahmasari¹, Triprijoetomo²

¹ Broadband Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Depok
Email: nimasamaliarahmasari@gmail.com

² Broadband Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Depok.
Email: triprijo@gmail.com

Abstract - The height of the tower providers and the distances between sites is the requirement for the quality of the received signal strength by the user. It also depends on the type of density regions. When the tower height plus, then the region will be more extensive coverage. So that the signal strength will increase. By doing simulations using software Mentum Planet 5.8, it can be seen the coverage and the value of the signal strength received by users. Value level signal strength in dense urban areas with a height of 20 meters is -60.19 dBm or 91.24%. Signal strength level values in urban area with a height of 20 meters is -65 dBm or 96.49%. When the tower height is 30 meters, then the value of its signal strength level is -65 dBm or 96.79%. Signal strength level values in the sub-urban area with a height of 30 meters is -65 dBm or 96.13%. At a height of 40 meters when the value of its signal strength level is -65 dBm or 96.79%. Signal strength level values in rural areas with a height of 40 meters is -65 dBm or 94.05%. Meanwhile, if the tower height is 50 meters, then the value of its signal strength level is -65 dBm or 94,67%. The downlink is considered in good condition if statistical level values received signal strength indicator is less than -100 dBm.

Keywords: Signal Strength, kind of density area, the tower height of provider, and coverage.

I. Pendahuluan

Kebutuhan perangkat telekomunikasi dewasa ini tidak hanya untuk komunikasi suara, tetapi sudah merupakan tuntutan untuk komunikasi data, gambar dan video membentuk komunikasi multimedia. Komunikasi multimedia sudah menjadi keharusan dan ini dimungkinkan karena telah terjadinya konvergensi beberapa layanan seperti voice, data, gambar dan video.

Dengan melihat perkembangan teknologi informasi pada saat ini dan perkembangan teknologi dibidang telekomunikasi yang berkembang pesat serta layanan komunikasi yang bergerak di dunia mobile evolutions memungkinkan penggunaannya dapat saling berinteraksi satu sama lain. Perkembangan teknologi ini sendiri berkembang secara cepat dari generasi ke generasi.

Dikarenakan kebutuhan informasi pengguna telepon seluler yang besar, oleh karena itu para provider telekomunikasi terpacu untuk mengimplementasikan teknologi telekomunikasi yang terbaik guna memberikan hasil maksimal bagi kepuasan pelanggan. Dalam hal ini operator XL dengan frekuensi teknologi telekomunikasi dan 2G dapat memberikan kualitas informasi kepada pelanggan. Ketinggian antar site dapat menjadi salah satu penyebab kualitas informasi yang diterima oleh pelanggan. Serta pembagian coverage

berdasarkan karakteristik wilayah juga mempengaruhi kualitas informasi yang diterima oleh pelanggan.

II. METODE PENELITIAN

Metodologi yang dilakukan dalam penyusunan skripsi ini adalah :

1. Studi Literatur, yaitu berupa studi kepustakaan dan kajian dari buku buku dan jurnal-jurnal pendukung, baik dalam bentuk hardcopy dan softcopy.
2. Melakukan pengukuran parameter dari sistem yang akan dianalisis dan mengumpulkan data-data dengan metode wawancara, dokumentasi dan observasi.
3. Melakukan analisa dan evaluasi sehingga memperoleh hasil berupa nilai-nilai dari parameter yang diukur dan solusi dari rumusan masalah.

Cara analisis data yang digunakan dalam memperoleh hasil evaluasi penempatan site berdasarkan ketinggian dan jarak antar site terhadap performansi jaringan seluler adalah sebagai berikut:

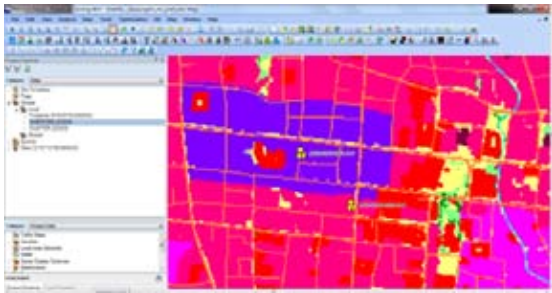
1. Analisis secara grafis yaitu melakukan simulasi hasil perhitungan kedalam bentuk grafis sehingga dapat diketahui karakteristik sistem yang diterapkan.
2. Analisis secara matematis yaitu mengumpulkan nilai dari parameter data-data sekunder dengan kesesuaian terhadap standar yang digunakan untuk kemudian dianalisis berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan. Analisis perhitungan berdasarkan tipe kepadatan wilayah yang dilakukan meliputi: dense urban, urban, suburban, rural.

1. Simulasi pada jenis kepadatan penduduk *Dense Urban*



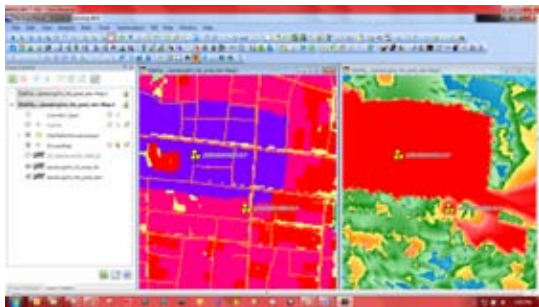
Gambar 2.1 Info keterangan warna pada peta digital

Simulasi pertama yang dilakukan adalah simulasi dengan tipe kepadatan penduduk *dense urban*. Simulasi ini dilakukan pada dua *site* yang berbeda dengan kondisi pertama yaitu JAW-WJV-0330-H-P dengan operator XL sudah melakukan kolokasi serta *tower* ada pada ketinggian 20 meter, dengan *azimuth* 0/120/240. Berbeda dengan *site* pertama, *site* kedua yaitu JAW-WJV-0001-F-P dengan kondisi *provider* XL baru akan melakukan kolokasi. Serta jarak antar kedua *site* ini adalah 250 meter. Gambar 2.2 dibawah ini menunjukkan posisi antara kedua *site* tersebut:



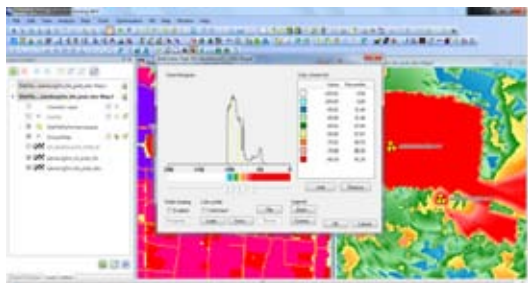
Gambar 2.2 Posisi site dense urban

1. Gambar 2.14 berikut ini adalah tampilan coverage hasil dari simulasi yang sudah dilakukan:



Gambar 2.14 Coverage hasil simulasi *Dense Urban*

2. Dibawah ini Gambar 2.15 menampilkan nilai kekuatan sinyal yang didapat sesuai dengan jenis kepadatan penduduk *dense urban* dengan indikator tampilan warna:



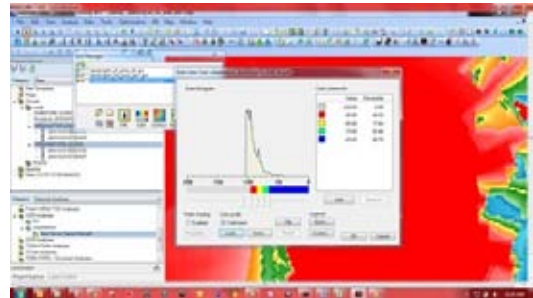
Gambar 2.15 Nilai kekuatan sinyal berdasarkan indikator warna *site dense urban*

2. Simulasi pada jenis kepadatan penduduk *Urban*

Simulasi kedua yang dilakukan adalah simulasi dengan tipe kepadatan penduduk *urban*. Simulasi ini dilakukan pada dua *site* yang berbeda dengan kondisi *site* pertama yaitu JAW-WJV-0720-H-P operator XL baru akan melakukan kolokasi, dengan *azimuth* 0/120/240. Berbeda dengan *site* pertama, *site* kedua yaitu JAW-WJV-0020-X-B dengan kondisi XL sudah melakukan kolokasi. Serta jarak antar kedua *site* ini adalah 500 meter. Simulasi pada wilayah *urban* akan dilakukan dua kali. Yaitu simulasi “before” dan “after” dengan dua ketinggian *tower* yang berbeda. Simulasi “before” dengan ketinggian *tower* 20 meter dan simulasi “after” dengan ketinggian *tower* 30 meter. Gambar 3.16 dibawah ini menunjukkan posisi antara kedua *site* tersebut:

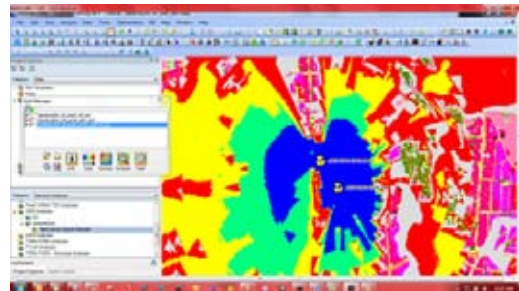
a. Simulasi *Urban Before* (20 meter)

Dengan langkah yang sama untuk melakukan simulasi, didapat hasil simulasi sinyal seperti gambar dibawah ini Gambar 3.18 menampilkan nilai kekuatan sinyal yang didapat sesuai dengan jenis kepadatan penduduk *urban* dengan indikator tampilan warna:



Gambar 2.16 kekuatan sinyal berdasarkan indikator warna *site urban*

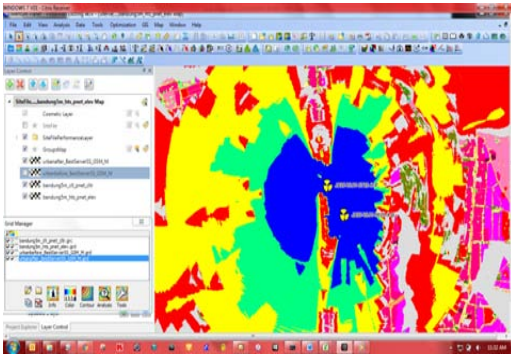
Gambar 2.17 dibawah ini menunjukkan *coverage* hasil simulasi pada wilayah *urban* dengan ketinggian *tower* 20 meter:



Gambar 2.17 Coverage hasil simulasi *Urban before*

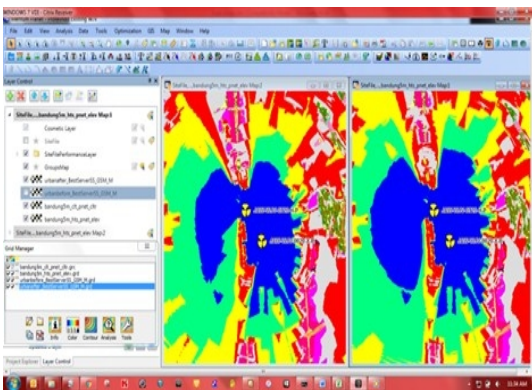
b. Simulasi *Urban After* (30 meter)

Setelah dilakukan simulasi dengan tahapan yang sama maka didapat *coverage* hasil simulasi dengan ketinggian 30 meter, seperti Gambar 2.18 dibawah ini:



Gambar 2.18 Coverage hasil simulasi Urban after

Dengan hasil dari kedua simulasi yang sudah dilakukan dapat dibandingkan hasil simulasi before dan after. Gambar 2.19 berikut ini adalah perbandingannya:



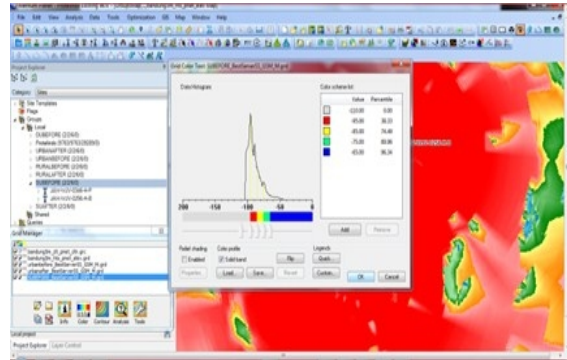
Gambar 2.19 Perbandingan coverage simulasi urban before dan urban after

3. Simulasi pada jenis kepadatan penduduk Sub Urban

Simulasi ketiga yang dilakukan adalah simulasi dengan tipe kepadatan penduduk sub urban. Simulasi ini dilakukan pada dua site yang berbeda dengan kondisi site pertama yaitu JAW-WJV-0256-H-B operator XL baru akan melakukan kolokasi, dengan azimuth 0/120/240. Berbeda dengan site pertama, site kedua yaitu JAW-WJV-0346-H-P dengan kondisi XL sudah melakukan kolokasi. Serta jarak antar kedua site ini adalah 750 meter. Simulasi pada wilayah urban akan dilakukan dua kali. Yaitu simulasi “before” dan “after” dengan dua ketinggian tower yang berbeda. Simulasi “before” dengan ketinggian tower 30 meter dan simulasi “after” dengan ketinggian tower 40 meter.

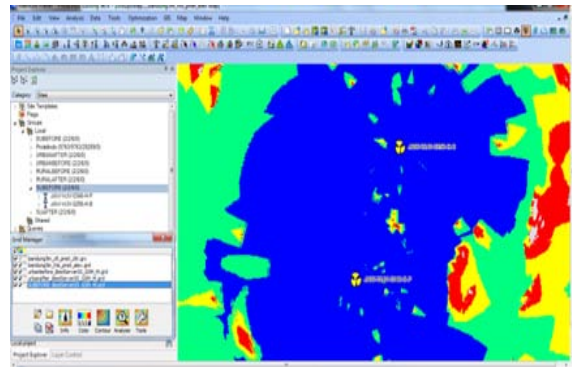
a. Simulasi Sub Urban Before (30 meter)

Setelah dilakukan simulasi dengan tahapan yang sama maka didapat coverage hasil simulasi dengan ketinggian 30 meter, seperti Gambar 2.20 dibawah ini:



Gambar 2.20 kekuatan sinyal berdasarkan indikator warna site sub urban before

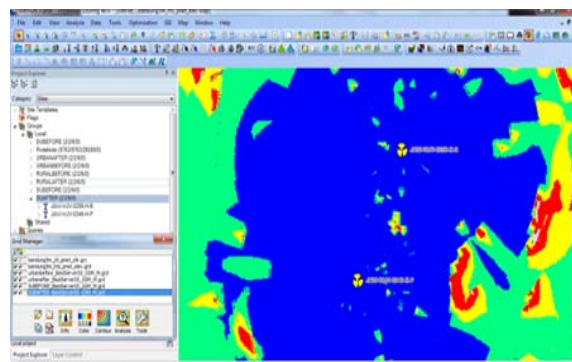
Gambar 2.30 dibawah ini menunjukkan coverage hasil simulasi pada wilayah sub urban dengan ketinggian tower 30 meter



Gambar 2.21 Coverage hasil simulasi sub urban before

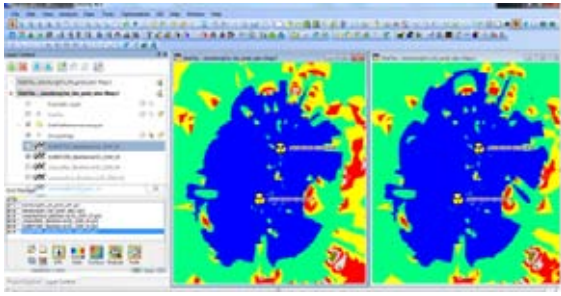
b. Simulasi Sub Urban After (40 meter)

Setelah dilakukan simulasi dengan tahapan yang sama maka didapat coverage hasil simulasi dengan ketinggian 40 meter, seperti Gambar 2.22 dibawah ini:



Gambar 2.23 Coverage hasil simulasi sub urban after

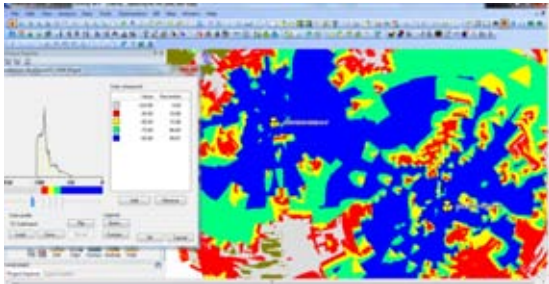
Dengan hasil dari kedua simulasi yang sudah dilakukan dapat dibandingkan hasil simulasi before dan after. Gambar 2.24 berikut ini adalah perbandingannya:



Gambar 2.24 Perbandingan coverage simulasi sub urban before dan sub urban after

4. Simulasi pada jenis kepadatan penduduk Rural
a. Simulasi Rural Before (40 meter)

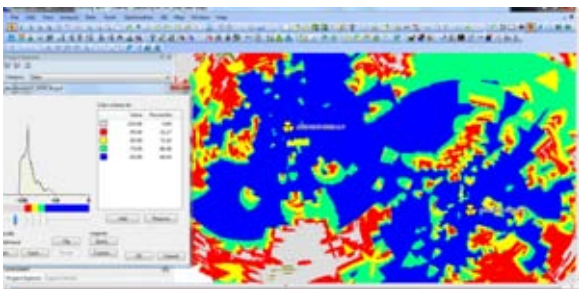
Gambar 2.25 dibawah ini menunjukkan coverage hasil simulasi rural before dan tampilan kekuatan sinyal berdasarkan indikator warna site pada wilayah rural dengan ketinggian tower 30 meter setelah dilakukan tahapan simulasi yang sama dengan sebelumnya.



Gambar 2.25 Coverage hasil simulasi rural before dan tampilan kekuatan sinyal berdasarkan indikator warna site

b. Simulasi Rural After (50 meter)

Untuk jenis wilayah rural umumnya ketinggian antenna ada pada ketinggian 50 meter, sehingga untuk simulasi yang kedua (rural after) digunakan ketinggian antenna di 50 meter.

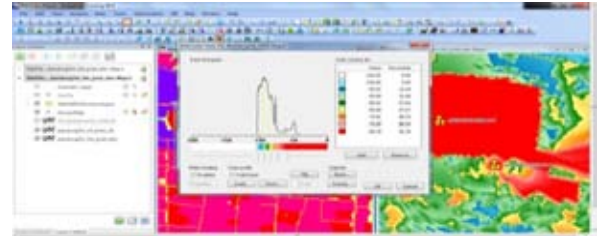


Gambar 2.25 Coverage hasil simulasi rural after dan tampilan kekuatan sinyal berdasarkan indikator warna site

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai analisis dan pembahasan evaluasi penempatan site berdasarkan ketinggian dan jarak antar site terhadap performansi jaringan seluler menggunakan software Mentum Planet 5.8.

1. Simulasi pada jenis kepadatan penduduk Dense Urban



Gambar 3.1 Nilai kekuatan sinyal berdasarkan indikator warna site dense urban

Gambar 3.1 diatas menampilkan nilai level kekuatan sinyal yang akan diterima oleh pengguna sesuai dengan indikator warna pada coverage hasil simulasi serta menampilkan data histogram sesuai dengan level kekuatan sinyal. Dibawah ini adalah Tabel 3.1 menunjukkan hasil simulasi dengan bentuk tabulasi.

Tabel 3.1 Hasil Simulasi Dense Urban pada Ketinggian 20 meter

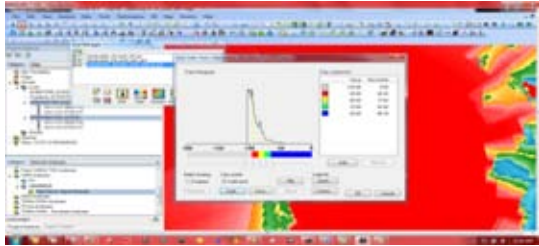
Indikator Warna Pada Coverage	Indikator <i>Signal Strength</i> (dbm)	Persentase
Merah	- 60.19	91.24
Merah Muda	- 75.00	86.55
Oranye	- 75.01	86.55
Kuning	- 85.00	67.67
Hijau Tua	- 85.01	67.64
Hijau Muda	- 95.00	31.48
Biru Tua	- 95.01	31.44
Biru Muda	- 105.00	0.00
Putih	- 105.01	0.00

Gambar 3.2 dibawah ini menunjukkan grafik persentase dari hasil simulasi dense urban dengan ketinggian 20 meter.



Gambar 3.2 Grafik Hasil Simulasi Dense Urban 20 Meter

2. Simulasi pada jenis kepadatan penduduk Urban
 a. Simulasi Urban Before



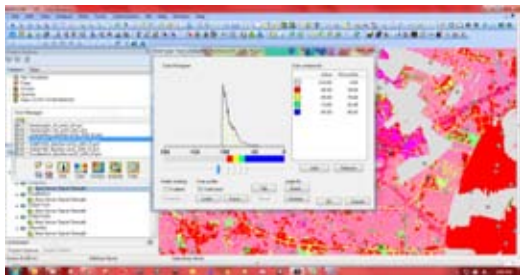
Gambar 3.3 Kekuatan sinyal berdasarkan indikator warna site urban before

Dibawah ini adalah Tabel 3.4 menunjukkan hasil simulasi dengan bentuk tabulasi.

Tabel 3.2 Hasil Simulasi Urban Before pada Ketinggian 20 meter

Indikator Warna Pada Coverage	Indikator Signal Strength (dbm)	Persenta se
Abu-abu	- 110.00	00.00
Merah	- 95.00	49.35
Kuning	- 85.00	77.64
Hijau	- 75.00	92.46
Biru	- 65.00	96.79

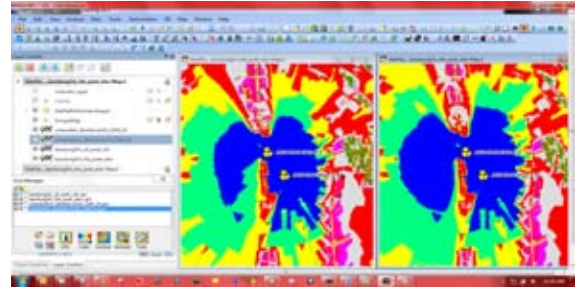
b. Simulasi Urban After



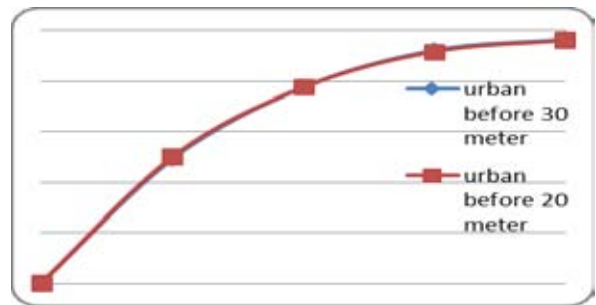
Gambar 3.4 Kekuatan sinyal berdasarkan indikator warna site urban after

Tabel 3.3 Hasil Simulasi Urban After pada Ketinggian 30 meter

Indikator Warna Pada Coverage	Indikator Signal Strength (dbm)	Persentase
Abu-abu	- 110.00	00.00
Merah	- 95.00	50.06
Kuning	- 85.00	77.66
Hijau	- 75.00	91.98
Biru	- 65.00	96.49



Gambar 3.5 Perbandingan coverage simulasi urban before dan urban after

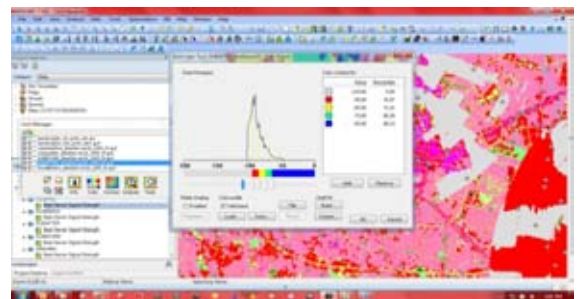


Gambar 3.6 Grafik Perbandingan Hasil Simulasi Urban 20 Meter dan 30 Meter

3. Simulasi pada jenis kepadatan penduduk Sub Urban
 a. Simulasi Sub Urban Before

Tabel 3.4 Hasil Simulasi Sub Urban Before pada Ketinggian 30 meter

Indikator Warna Pada Coverage	Indikator Signal Strength (dbm)	Persentase
Abu-abu	- 110.00	00.00
Merah	- 95.00	38.33
Kuning	- 85.00	74.49
Hijau	- 75.00	89.96
Biru	- 65.00	96.34

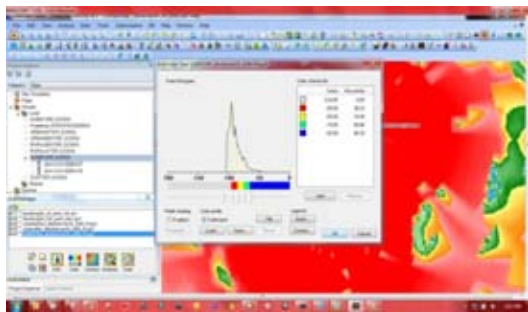


Gambar 3.7 kekuatan sinyal berdasarkan indikator warna site sub urban before

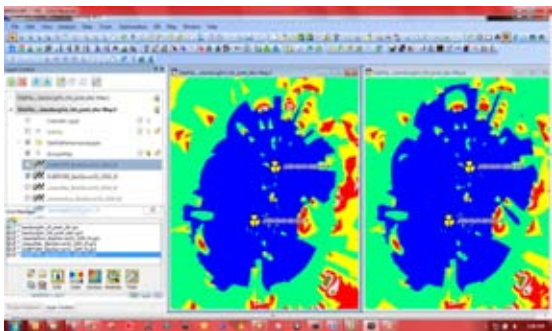
b. Simulasi Sub Urban After

Tabel 3.5 Hasil Simulasi Sub Urban After pada Ketinggian 40 meter

Indikator Warna Pada Coverage	Indikator Strength (dbm)	Signal	Persentase
Abu-abu	-	110.00	00.00
Merah	-	95.00	31.07
Kuning	-	85.00	71.21
Hijau	-	75.00	88.39
Biru	-	65.00	96.13

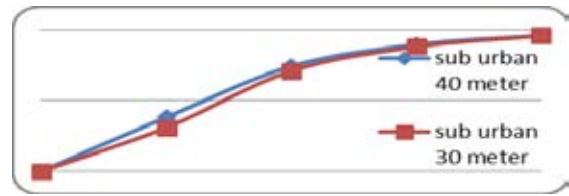


Gambar 3.8 kekuatan sinyal berdasarkan indikator warna site sub urban after



Gambar 3.9 Perbandingan coverage simulasi sub urban before dan sub urban after

Gambar 4.15 dibawah ini menunjukkan grafik perbandingan persentase dari hasil simulasi sub urban antara ketinggian 30 meter dengan ketinggian 40 meter. Terlihat bahwa, ketika setelah dilakukan penambahan ketinggian tower provider maka kekuatan sinyal yang diterima oleh pengguna bertambah atau menjadi lebih baik. Hal tersebut dikarenakan coverage sinyal menjadi lebih luas serta wilayah yang sebelumnya tertutupi oleh sinyal menjadi mendapatkan sinyal.

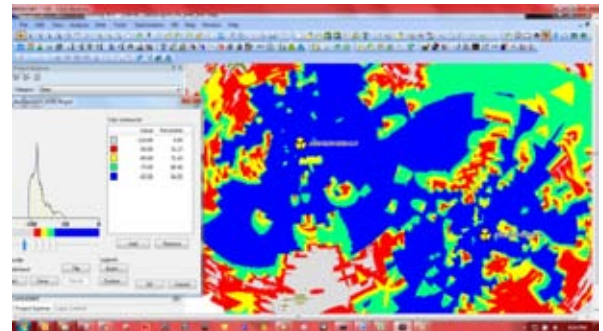


Gambar 3.10 Grafik Perbandingan Hasil Simulasi Sub Urban 30 Meter dan 40 Meter

4. Simulasi pada jenis kepadatan penduduk Rural
a. Simulasi Rural Before

Tabel 3.6 Hasil Simulasi Rural Before pada Ketinggian 40 meter

Indikator Warna Pada Coverage	Indikator Strength (dbm)	Signal	Persentase
Abu-abu	-	110.00	00.00
Merah	-	95.00	31.17
Kuning	-	85.00	71.43
Hijau	-	75.00	86.48
Biru	-	65.00	94.05

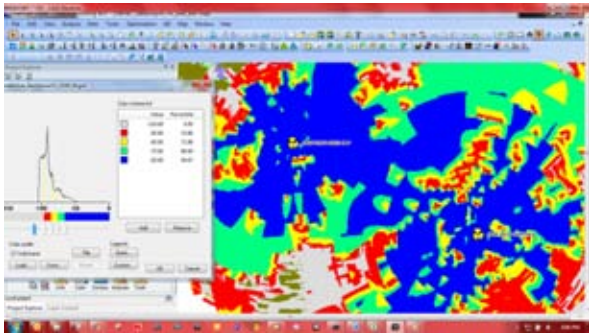


Gambar 3.11 Coverage hasil simulasi rural before dan tampilan kekuatan sinyal berdasarkan indikator warna

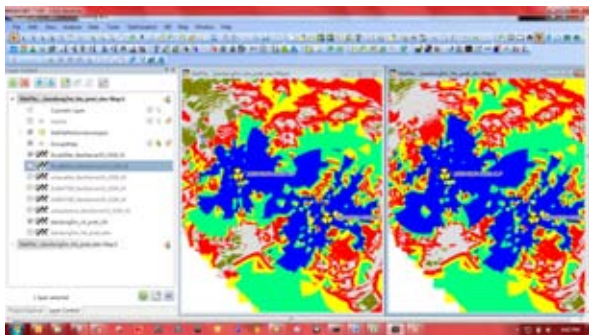
c. Simulasi Rural After

Tabel 3.7 Hasil Simulasi Rural Before pada Ketinggian 50 meter

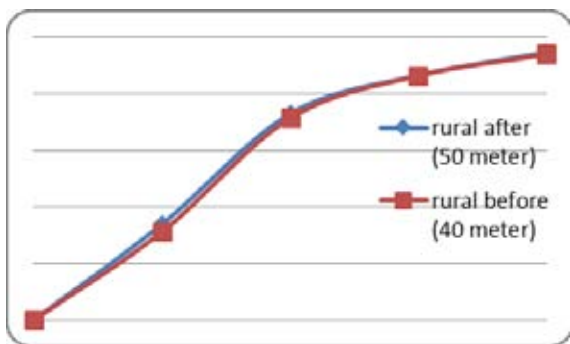
Indikator Warna Pada Coverage	Indikator Strength (dbm)	Signal	Persentase
Abu-abu	-	110.00	00.00
Merah	-	95.00	33.86
Kuning	-	85.00	72.98
Hijau	-	75.00	86.60
Biru	-	65.00	94.67



Gambar 3.12 Coverage hasil simulasi rural after dan tampilan kekuatan sinyal berdasarkan indikator warna



Gambar 3.13 Perbandingan coverage simulasi rural before dan rural after



Gambar 3.14 Grafik Perbandingan Hasil Simulasi Rural 40 Meter dan 50 Meter

IV. KESIMPULAN

1. Standar ketinggian maksimal tower pada simulasi dengan wilayah dense urban, urban, sub urban, dan rural berbeda-beda. Yaitu 20 meter untuk wilayah dense urban, 30 meter untuk wilayah urban, 40 meter untuk wilayah sub urban dan 50 meter untuk wilayah rural. Nilai standar ini sudah sesuai dengan standar yang diberikan oleh masing-masing provider, dalam hal ini operator yang digunakan adalah XL.
2. Simulasi dengan ketinggian tower 20 meter pada wilayah dense urban nilai level signal strength yang dihasilkan

- adalah -60.19 dBm atau kekuatan sinyal yang diterima oleh pengguna adalah 91.24%. Serta pada wilayah urban dengan ketinggian tower yang sama nilai level signal strength yang dihasilkan adalah -65 dBm atau kekuatan sinyal yang diterima oleh pengguna adalah 96.49%.
3. Simulasi pada wilayah urban dengan ketinggian 30 meter nilai level signal strength yang dihasilkan adalah -65 dBm atau kekuatan sinyal yang diterima oleh pengguna adalah 96.79%. Serta pada wilayah sub urban dengan ketinggian tower yang sama nilai level signal strength yang dihasilkan adalah -65 dBm atau kekuatan sinyal yang diterima oleh pengguna adalah 96.13%.
4. Simulasi pada wilayah sub urban dengan ketinggian 40 meter nilai level signal strength yang dihasilkan adalah -65 dBm atau kekuatan sinyal yang diterima oleh pengguna adalah 96.79%. Serta pada wilayah rural dengan ketinggian tower yang sama nilai level signal strength yang dihasilkan adalah -65 dBm atau kekuatan sinyal yang diterima oleh pengguna adalah 94,05%.
5. Simulasi pada wilayah rural dengan ketinggian 50 meter nilai level signal strength yang dihasilkan adalah -65 dBm atau kekuatan sinyal yang diterima oleh pengguna adalah 94,67%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Beltrán, Héctor. 2008. Wireless Network Planning & Operations How Location-based Information Sharing Can Lead to Faster, More Informed Decisions (8 Januari 2016, 05:04)
- [2] Fadhli Palaha dan Zaini. PROPAGASI INDOOR GELOMBANG RADIO PERANGKAT XBEE DI RUMAH SAKIT IBU DAN ANAK BUDHI MULIA PEKANBARU. Vol: 3 No. 2 September 2014 (22 November 2015, 20:43)
- [3] Razak, Irawati. 2006. Hasil Perbandingan Signal Strength Pada System Komunikasi Wireless. Ed: Ir. F. X. Arunanto, M. Sc. Prosiding : Seminar Nasional Pascasarjana VI. Surabaya. (11 Januari 2016, 08:45)
- [4] Puspita, Ratih Hikmah. 2010. PERHITUNGAN LINK BUDGET PADA KOMUNIKASI GSM DI DAERAH URBAN CLUSTER CENTRAL BUSINESS DISTRIC (CBD), RESIDENCES, DAN PERKANTORAN (11 Februari 2016, 10:34)
- [5] Ulfah Mediaty Arief. Kegagalan Panggil (Fail Connection) pada Sistem Jaringann Telepon Selular (GSM). Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang. Jurnal Kompetensi Teknik Vol. 1, No. 1, November 2009 (20 Desember 2015, 06:57)

Meningkatkan Lebar *Bandwidth* Antena Mikrostrip Dengan Metode Parasitik Pada Frekuensi 2,4 GHz.

Junas Haidi¹

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bengkulu
Bengkulu, Indonesia.
E-mail: junas.haidi@unib.ac.id

ABSTRACT

Microstrip antenna is electronic communications which the function to accept or signal electromagnetic of wave as intermediately to transfer data. For transferring data (picture, video, sound, and other) need more board of bandwidth because microstrip antenna has board bandwidth that narrow between 2% and 5%, therefore need to increase board bandwidth for speeding up of the transfer data process. Transferred data did by research of microstrip antenna on WIFI frequency (2,4 GHz). For increase board bandwidth on microstrip antenna necessary a method, which the research will be used parasitic method by disturb patch antenna and then give more patch around patch antenna. From this research get the value VSWR 1,104 and return loss -26, 15 dB with board bandwidth 246,4 MHz. at microstrip antenna designed by parasitic had board bandwidth 126 MHz, with the result of parasitic can to widen bandwidth 120,4 MHz or 51,30%.

Keywords : *Micro strip antenna, Parasitic antenna, Bandwidth, WIFI.*

I. PENDAHULUAN

Semakin pesatnya perkembangan teknologi telekomunikasi moderen saat ini seperti *Personal Communication System (PCS), Mobile Satellite Communications, Direct Broadcast Television (DBS), Radio Detection And Ranging (Radar)* dan *Global Positioning System (GPS)*, 1G, 2G, 3G sampai sekarang 4G LTE [1]. kebutuhan internet didalam akses informasi sudah menjadi kebutuhan primer baik di bidang pendidikan, bisnis dan hiburan. Untuk akses *internet* sekarang ini bisa menggunakan kabel dan *wireless*, dimana dengan menggunakan *wireless* pengguna internet akan lebih praktis. Berdasarkan hal diatas dibutuhkan perangkat yang mampu mengubah energi atau *signal* dalam medium pemandu ke ruang bebas. Salah satu perangkat yang memenuhi fungsi tersebut adalah antena mikrostrip. Antena merupakan suatu bentuk peralihan antara ruang bebas dan *instrument*

pemandu sehingga dapat berfungsi sebagai pemancar atau penerima gelombang elektromagnetik. Untuk membuat antena mikrostrip yang berfungsi sebagai pemancar gelombang elektromagnetik harus memenuhi standar yang telah ditentukan .

Dalam dunia *web hosting*, lebar *bandwidth* diartikan nilai maksimum besaran *transfer* data (tulisan, gambar, *video*, suara dan lainnya) yang terjadi antara *server hosting* dengan komputer atau *device* yang lainnya pada satu priode tertentu, semakin banyak *fitur* di dalam *website* seperti gambar, *video*, suara dan lainnya, maka semakin lebar *bandwidth* yang dibutuhkan untuk transfer data.

Salah satu kekurangan dari antena mikrostrip adalah *bandwidth* yang kurang lebar, hanya berkisar antara 2 % sampai 5% [1][2]. Kelebihan antena mikrostrip ini bentuknya yang kecil dan biaya pembuatannya sangat murah. Oleh karena itu untuk meningkatkan *bandwidth* antena mikrostrip dilakukan penelitian dengan menggunakan *software* AWR 2009 dan pengukuran *hardware* antena parasitik yang dapat meningkatkan lebar *bandwidth* yang lebih lebar dari 5%.

II. ANTENA MIKROSTRIP

Antena adalah perangkat yang berfungsi untuk memindahkan energi gelombang elektromagnetik dari media kabel ke udara atau sebaliknya dari udara ke media kabel. Antena mikrostrip digunakan pada gelombang mikro sebagai radiator pada sejumlah peralatan telekomunikasi modern pada saat ini [1].

Antena mikrostrip mempunyai kelebihan dibandingkan dengan antena yang lainnya:

1. Mudah direalisasikan dan tidak memakan biaya yang besar.

2. Mempunyai ukuran dan bentuk yang ringkas
3. Dapat dibuat untuk menghasilkan berbagai macam pola radiasi
4. Mudah dikoneksikan dan diintegrasikan dengan peralatan elektronik lain [1][2].

Kelemahan antenna mikrostrip dibandingkan antenna lain yaitu :

1. *Bandwidth* yang sempit
2. Keterbatasan *gain*.
3. Daya yang rendah.

Secara garis besar struktur dari antenna mikrostrip terdiri dari tiga bagian yaitu:

1. Elemen peradiasi atau *patch antenna*.
2. Saluran transmisi.
3. Bidang pentanahan atau *ground plane* [1][2].

A. Parameter yang mempengaruhi Antena Mikrostrip.

Kinerja dari suatu antenna, dapat dilihat dari parameternya. Ada beberapa parameter penting dari antenna mikrostrip, antara lain *return loss*, *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), impedansi masukan dan lebar *bandwidth*. Parameter-parameter tersebut sangat diperlukan pada saat perancangan dengan menggunakan perangkat lunak, seperti AWR *Microwave Office*, IE3D maupun lainnya. Selain itu parameter tersebut dapat diukur menggunakan *Network-Analyzer* [1][2].

B. Frekuensi Resonansi Antena

Frekuensi resonansi antenna merupakan frekuensi kerja dari suatu antenna. Rentang frekuensi kerja dari suatu antenna dapat dilihat dari grafik *Voltage Standing Wave Ratio* dan grafik *Return Loss*, sebagai contoh ketika nilai VSWR nya lebih kecil atau sama dengan 2 maka nilai *return loss* nya bernilai lebih kecil atau sama dengan - 9,54 dB [1][2].

C. *Return Loss* Antena

Return loss antenna adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena), sehingga tidak semua daya diradiasikan melainkan ada yang di pantulkan kembali. Perbandingan antara gelombang yang dipantulkan dengan gelombang yang dikirimkan atau sering disebut dengan

koefisien refleksi tegangan (Γ) [1][5][2]. Nilai *return loss* yang baik adalah dibawah -10 dB, sehingga dapat dikatakan nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan atau dengan kata lain, saluran transmisi sudah dalam keadaan *matching* [1].

D. *Voltage Standing Wave Ratio* Antena.

Voltage standing wave ratio antenna adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{max}$) dengan minimum ($|V|_{min}$) [1][4][6][2]. Kondisi yang paling baik adalah ketika nilai VSWR sama dengan 1 atau $S = 1$, yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna. Namun kondisi ini pada prakteknya sulit untuk didapatkan. Oleh karena itu nilai standar VSWR yang di ijinakan untuk simulasi dan pabrikan antenna mikrostrip adalah VSWR lebih kecil sama dengan 2 [1].

E. Impedansi Masukan Antena

Impedansi masukan adalah perbandingan antara tegangan dengan arus. Impedansi masukan suatu antenna dapat dilihat sebagai impedansi dari antenna tersebut pada terminalnya [1][2].

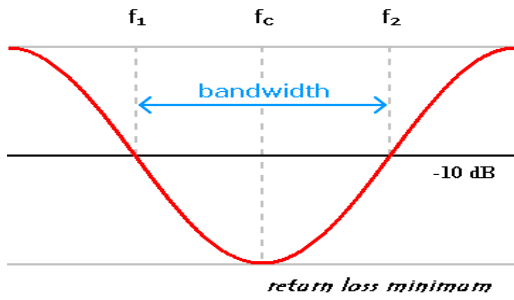
Impedansi masukan (Z_{in}) terdiri dari bagian *real* (R_{in}) dan *imaginer* (X_{in}) dan dapat ditulis sebagai berikut dalam Persamaan (1) [1][2].

$$Z_{in} = (R_{in} + j X_{in}) \Omega \quad (1)$$

Impedansi saluran meningkat dengan mengecilnya lebar saluran w , karena saluran yang lebih sempit mengakibatkan meningkatnya induktansi seri dan mengecilnya kapasitansi *shunt* [7][2].

F. *Bandwidth* antenna

Bandwidth merupakan besar rentang frekuensi kerja dari suatu antenna. Nilai *bandwidth* dapat diketahui apabila nilai frekuensi bawah dan frekuensi atas dari suatu antenna sudah diketahui seperti terlihat pada Gambar 1. Frekuensi bawah adalah nilai frekuensi awal dari frekuensi kerja antenna, sedangkan frekuensi atas merupakan nilai frekuensi akhir dari frekuensi kerja antenna. namun demikian, pada saat perancangan dapat juga di sepakati bahwa, frekuensi atas atau frekuensi bawah yang merupakan frekuensi kerja



Gambar. 1 Rentang frekuensi yang menjadi *bandwidth* [1][5][2].

dari antenna [1][4][5]. Untuk mencari nilai *bandwidth* dapat menggunakan persamaan (2).

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana :

- f_2 : Frekuensi atas (Hz)
- f_1 : Frekuensi bawah (Hz)
- f_c : Frekuensi tengah (Hz)

G. Teknik Pencatuan Antena Mikrostrip.

Pencatuan secara langsung banyak digunakan karena mempunyai kelebihan, yaitu sangat sederhana dalam pencatuan. Tetapi disamping kelebihan tersebut ada beberapa kekurangan yang terdapat pada pencatuan ini, seperti sangat sulit jika antena mikrostrip akan disusun secara *array* dan antena mikrostrip akan menghasilkan pita frekuensi atau *bandwidth* yang sempit sekitar 2% - 5% [1][2].

H. Saluran Antena Mikrostrip

Saluran transmisi mikrostrip tersusun dari dua konduktor, yaitu sebuah garis (*strip*) dengan lebar W dan bidang pentanahan. Parameter yang penting untuk diketahui pada suatu saluran transmisi adalah impedansi karakteristiknya Z_0 dari saluran mikrostrip ditentukan oleh lebar *strip* (W) dan tinggi *substrat* (h) [1][2].

Lebar saluran pencatu dapat dihitung dengan menggunakan Persmaan (3) dan Persamaan (4)[3][4][2].

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (3)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (4)$$

I. Antena Mikrostrip Bentuk Segitiga Sama Sisi.

Antena mikrostrip bentuk segitiga sama sisi mempunyai panjang sisi sebesar a dan merupakan bentuk antena mikrostrip yang mempunyai luas bidang peradiasi terkecil dibandingkan dengan bentuk antena mikrostrip yang lainnya. Frekuensi resonansi dari antena mikrostrip bentuk segitiga sama sisi dapat ditentukan pada Persamaan (5) [1][2].

$$f_r = \frac{2c}{3a \sqrt{\epsilon_r}} \quad (5)$$

Untuk menentukan panjang sisi segitiga sama sisi dengan menggunakan Persamaan (6) [1][2].

$$a = \frac{2c}{3f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (6)$$

Dimana :

- a = Panjang sisi segitiga (m)
- f_r = Frekuensi kerja antena (Hz)
- c = Kecepatan cahaya (3×10^8) m/s
- ϵ_r = Konstanta *dielektrik relatif*

H. Antena Parasitik

Elemen-elemen parasitik adalah antena-antena sekunder yang diletakan dekat dengan antena utama atau antena yang didorong. Elemen-elemen ini tidak diumpun secara langsung, tetapi mempunyai arus-arus yang diimbapadanya dari elemen utama (atau dari gelombang yang diterima dalam hal sebuah antena penerima). Antena sekunder ini ditala agar menyebabkan pergeseran fasa yang tertinggal atau mendahului pada energi yang diradiasikan [8].

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah melanjutkan penelitian yang berjudul Antena mikrostrip bentuk segitiga pencatuan langsung dengan frekuensi kerja 2,4 GHz . karena pada penelitian sebelumnya lebar *bandwidth* yang didapat masih sesuai dengan teori yaitu 5,25% tentunya dengan penelitian ini akan dilanjutkan lagi untuk mencari teknik atau metode untuk meningkatkan *bandwidth* antena mikrostrip. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah desain antena mikrostrip dengan parasitik.

Dari data penelitian sebelumnya yaitu antena mikrostrip bentuk segitiga tunggal, maka antena tersebut diganggu atau diparasitikan dengan elemen *plat strip* yang lain untuk meningkatkan

lebar *bandwidth*. Setelah dilakukan simulasi dan didapatkan hasil yang maksimal peningkatan lebar *bandwidth* antenna, maka dilakukan pabriksi antenna yang telah didesain.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk membuktikan antenna mikrostrip dengan parasitik dapat meningkatkan lebar *bandwidth*, maka dibuat antenna mikrostrip berbentuk segitiga tunggal yang digunakan sebagai pembanding antenna tunggal dengan antenna parasitik.

4.1. Antena mikrostrip segitiga tunggal.

Material Antena mikrostrip yang didesain adalah substrat FR4. Dari hasil penelitian sebelumnya didapatkan data antenna mikrostrip segitiga tunggal sebagai berikut[2]:

A. Desain lebar saluran pencatuan langsung.

Saluran pencatuan langsung ditentukan Dengan perhitungan persamaan 3.

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_o\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$B = 5,70$$

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

$$W = 3,00 \text{ mm [2]}$$

Sehingga lebar saluran pencatuan langsung antenna didapat 3 mm [2].

B. Desain ukuran patch segitiga tunggal

Untuk mendapatkan ukuran berapa milimeter panjang sisi segitiga antenna yang akan didesain dilakukan dengan menggunakan persamaan 8 [2].

$$C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec.}$$

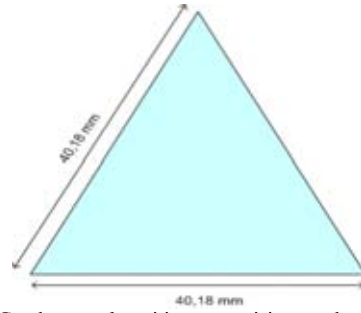
$$f_r = 2,4 \text{ GHz.}$$

$$\epsilon_r = 4,3$$

$$a = \frac{2c}{3f_r\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$a = 40,18 \text{ mm [10]}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan sisi segitiga antenna sebesar 40,18 mm, bentuk antenna yang didesain dapat dilihat pada Gambar 2. Setelah dilakukan iterasi dengan menggunakan *software AWR* didapatkan kinerja antenna mikrostrip bentuk segi tiga yang maksimal, lihat Tabel 1 [2].



Gambar 2. Gambar patch segitiga sama sisi yang akan didesain [2]

4.2. Perancangan antenna mikrostrip segitiga parasitik.

Dari hasil simulasi dan iterasi menggunakan *software AWR*, maka didapat bentuk dan antenna mikrostrip *parasitic* seperti pada Gambar 3. Setelah desain antenna mikrostrip *parasitic* didapat, maka dilakukan simulasi sehingga didapatkan nilai *return loss* sebesar -26,15 dB lihat Gambar 4. Setelah nilai *return loss* antenna mikrostrip *parasitic* memenuhi standar lebih dari -10 dB maka dilakukan simulasi nilai VSWR sehingga didapat nilai VSWR 1,104 lihat Gambar 5. Setelah hasil simulasi *return loss* dan VSWR memenuhi nilai standar, dilakukan simulasi untuk mengetahui nilai impedansi antenna mikrostrip *parasitic* dan didapatkan impedansi sebesar 52,48 Ω lihat Gambar 6.

V. ANALISA HASIL PERANCANGAN DAN PENGUKURAN.

A. Analisa antenna mikrostrip tunggal bentuk segitiga terbalik.

1) Analisa hasil simulasi *return loss*: Dari hasil iterasi dan simulasi antenna mikrostrip tunggal bentuk segitiga terbalik, sehingga didapatkan nilai *return loss* -45,46 dB. Gambar *return loss* hasil simulasi dengan menggunakan *software AWR* dapat dilihat pada Gambar 8. Dari Gambar 7. lebar *bandwidth* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 5 [2].

$$BW = f_2 - f_1$$

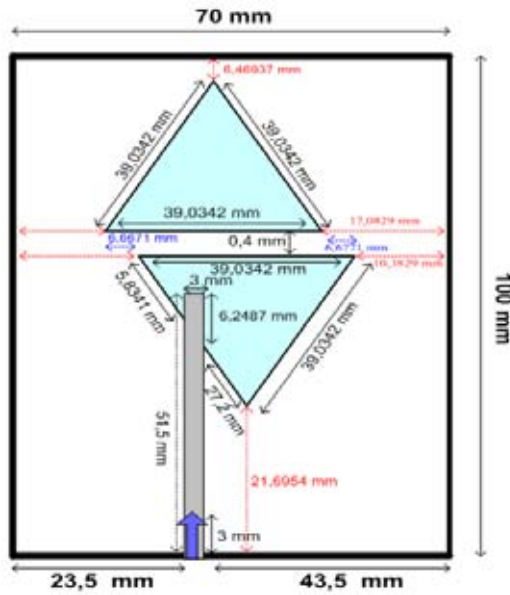
$$= 126 \text{ MHz}$$

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \cdot 100\%$$

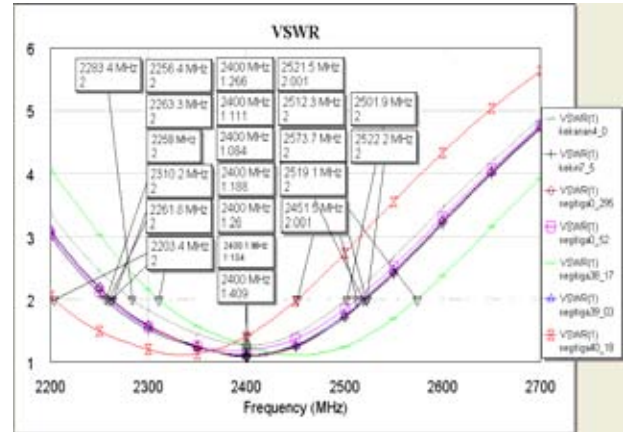
$$= 5,25 \%$$

TABEL 1
HASIL ITERASI DAN SIMULASI DENGAN
MENGGUNAKAN *SOFTWARE AWR* [2].

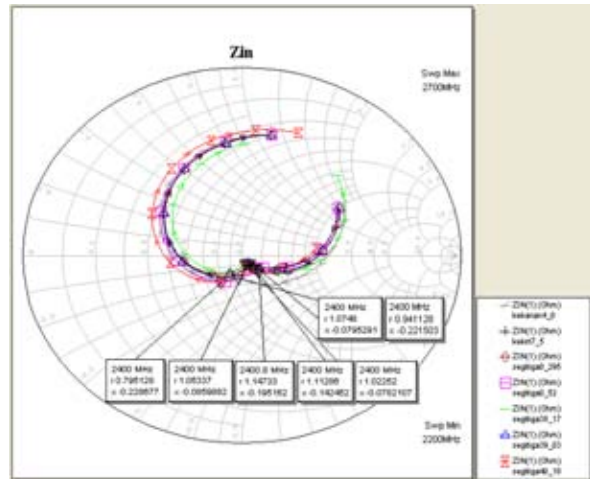
Panjang Sisi Segitiga (mm)	Lebar Pencatu (mm)	Return Loss (dB)	VSWR	Impedansi (Ω)
40,18	3,11	-11,03	1,781	28,10
39,03	3	-45,46	1,011	49,53
38,33	3	-15,69	1,395	68,40



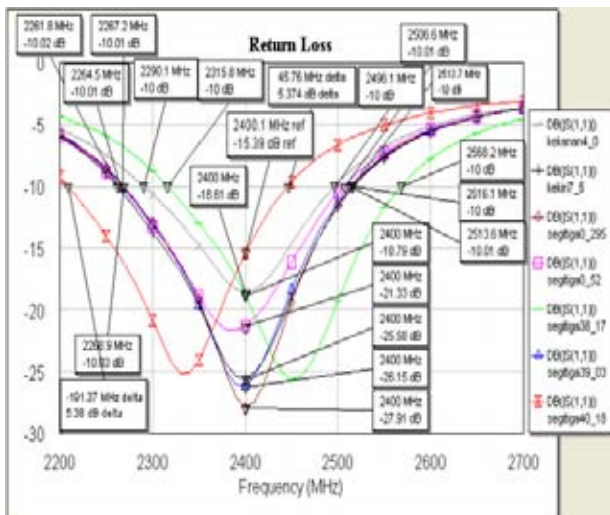
Gambar 3. Ukuran anten mikrostrip parasitik yang akan dicetak.



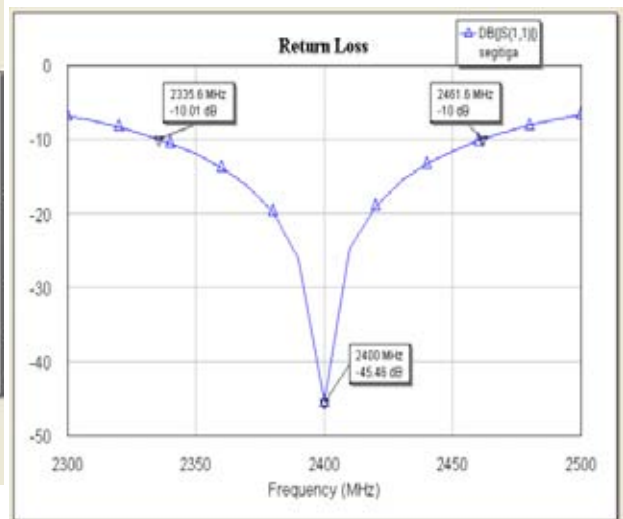
Gambar 5. Hasil simulasi dan iterasi vswr antena mikrostrip parasitik



Gambar 6. Impedansi antena mikrostrip dengan menggunakan *Software AWR*.

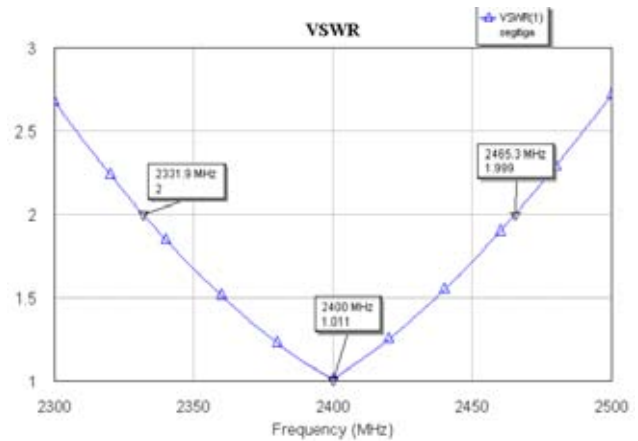


Gambar 4. *Return loss* hasil simulasi dan iterasi antena mikrostrip parasitik



Gambar 7. Grafik *return loss* hasil simulasi

2) Analisis hasil simulasi VSWR: Dari hasil iterasi ini maka antenna mikrostrip tunggal bentuk segitiga pada posisi mendekati *matching* sempurna ketika sisi *patch* 39,03 mm. Grafik nilai VSWR hasil iterasi dapat dilihat pada Gambar 8 [2].



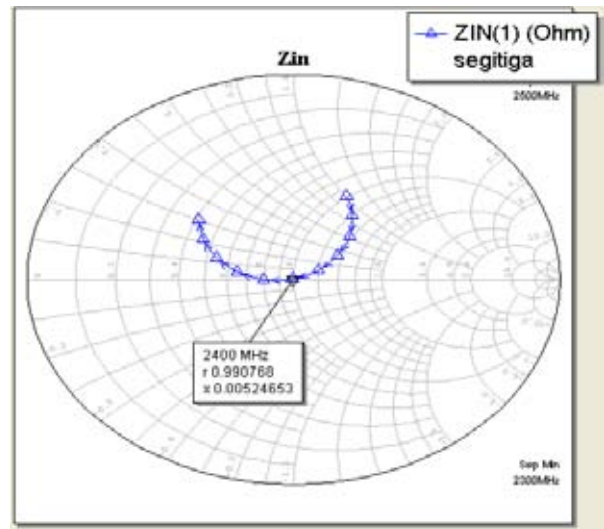
Gambar 8. VSWR Hasil Simulasi dengan software AWR [2].

3) Analisis hasil simulasi impedansi: Impedansi masukan antenna mikrostrip yang bagus adalah pada saat nilai impedansi masukan 50 Ohm. Untuk mendapatkan nilai impedansi mendekati 50 Ohm dilakukan iterasi pada *patch* antenna mikrostrip sampai didapatkan nilai mendekati 50 Ohm. Nilai impedansi hasil desain, iterasi dan simulasi dapat dilihat pada Gambar 9. Dari Gambar 9. Impedansi masukan dapat dihitung dengan Persamaan 4 sehingga didapatkan Z_{in} :

$$Z_{in} = (R_{in} + j X_{in}) \Omega$$

$$Z_{in} = 49,53 \Omega [10]$$

4) Realisasi rancangan antenna mikrostrip bentuk segitiga tunggal: Hasil fabrikasi antenna mikrostrip tunggal yang berbentuk piramida terbalik dapat dilihat pada Gambar 10 [2].



Gambar 9. Grafik impedansi antenna mikrostrip segitiga terbalik [2].

5) Pola radiasi pengukuran antenna mikrostrip bentuk segitiga terbalik. Dari hasil pengukuran dan setelah dilakukan perhitungan normalisasi maka didapat pola radiasi antenna mikrostrip segitiga tunggal dengan HPBW sebesar 100 °. Pola radiasi hasil pengukuran setelah di normalisasi dapat dilihat pada Gambar 11 [2].

B. Analisa Antena Mikrostrip Parasitik Bentuk Segitiga.

1) Analisis *return loss* dan lebar *bandwidth* hasil simulasi. Dari desain *antenna parasitic* bentuk segitiga pada Gambar 10 setelah dilakukan iterasi dan simulasi didapatkan nilai *return loss* - 26,15 dB di frekuensi 2,4 GHz, frekuensi bawah 2267,2 MHz dan frekuensi atas 2513,6 MHz. Gambar grafik *return loss* dapat dilihat pada Gambar 12. Lebar *bandwidth* dapat dihitung sebagai berikut:

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\%$$

$$BW = 10,26 \%$$

Atau

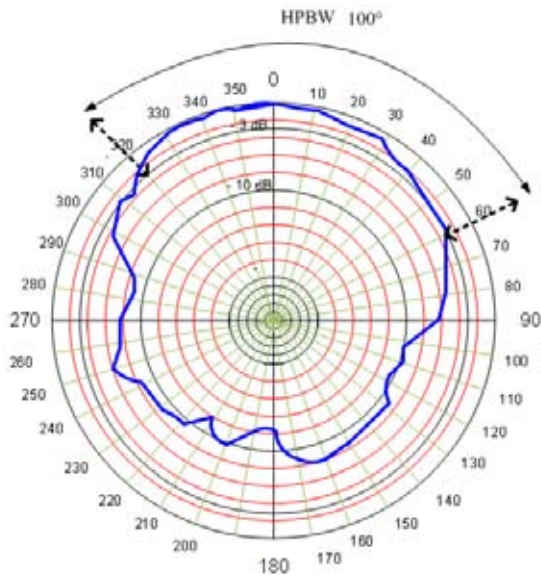
$$BW = f_2 - f_1$$

$$BW = 246,4 \text{ MHz}$$



Gambar 10. Fabrikasi antenna mikrostrip tunggal bentuk segitiga terbalik [2]

2) Analisis VSWR Hasil Simulasi. Dari hasil simulasi dan iterasi, maka grafik VSWR dapat dilihat pada Gambar 13 dengan nilai VSWR 1,104 yang berarti antenna mikrostrip dengan parasitik telah memenuhi syarat kerja antenna mikrostrip, dengan nilai VSWR kurang dari 2.



Gambar 11. Pola radiasi hasil pengukuran setelah dinormalisasi.

3) Analisis Impedansi Hasil Simulasi: Impedansi masukan antenna mikrostrip yang bagus adalah pada saat nilai impedansi masukan 50 Ohm. Nilai impedansi hasil desain, iterasi dan simulasi dapat dilihat pada Gambar 14.

Dari Gambar 14. impedansi masukan dapat dihitung dengan Persamaan 4.

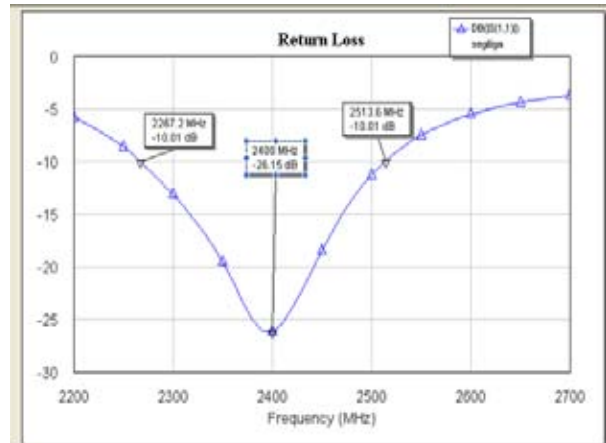
$$Z_{in} = (R_{in} + j X_{in}) \Omega$$

$$Z_{in} = 52,84 \Omega$$

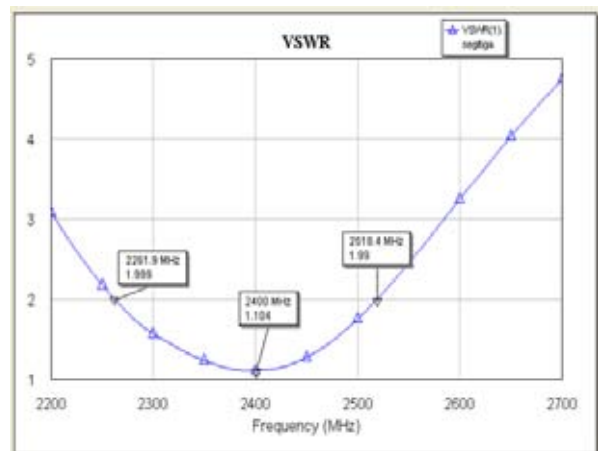
4) Realisasi rancangan antenna mikrostrip parasitik bentuk segitiga: Dari Gambar 3 dilakukan fabrikasi antenna mikrostrip tunggal yang berbentuk segitiga terbalik, hasil fabrikasi antenna mikrostrip dapat dilihat pada Gambar 15.

5) Pola Radiasi Pengukuran Antena Mikrostrip Dengan Parasitik: Dari hasil pengukuran dan setelah dilakukan perhitungan normalisasi maka di dapatkan pola radiasi dengan HPBW sebesar 80° lihat pada Gambar 16.

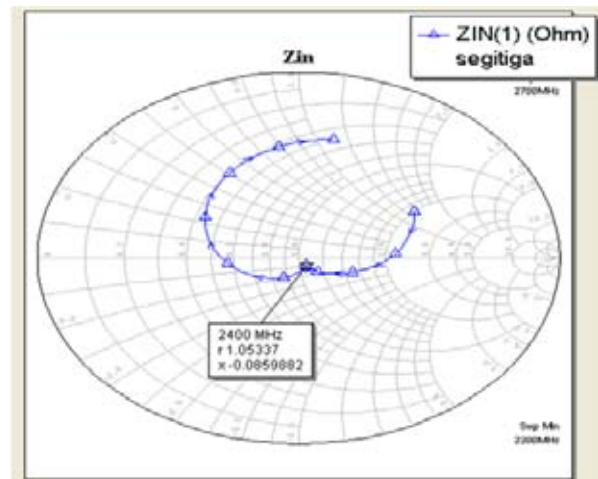
Untuk melihat hasil desain antenna mikrostrip tunggal dan antenna mikrostrip dengan parasitik dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 12. Grafik return loss hasil simulasi dengan software AWR



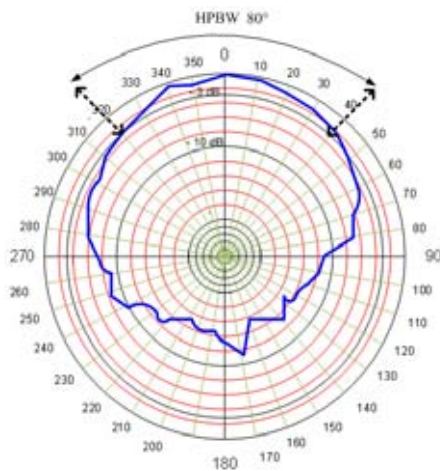
Gambar 13. Grafik VSWR dari Simulasi



Gambar 14. Impedansi masukan saat proses iterasi



Gambar 15. Antena mikrostrip parasitik bentuk segitiga terbalik



Gambar 16. Pola radiasi hasil pengukuran setelah dinormalisasi

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian desain antena mikrostrip parasitik bentuk piramida terbalik pada frekuensi WIFI (2,4 GHz - 2,4835 GHz), sehingga didapatkan kesimpulan :

1. Dengan metode parasitik *bandwidth* yang dihasilkan lebih lebar dibandingkan dengan *bandwidth* antena mikrostrip sebelum diparasitik yaitu dari 126 MHz (5,25%) menjadi 246,4 MHz (10,26%) atau meningkatkan lebar *bandwidth* sebesar 95,55%.
2. Lebar *Bandwidth* dipengaruhi oleh pergeseran dan jarak *patch* parasitik.
3. Dari hasil pengukuran dan perhitungan pola radiasi, diperoleh nilai HPBW antena mikrostrip tunggal 100° dan nilai HPBW antena mikrostrip dengan parasitic sebesar 80° atau terjadi penurunan nilai HPBW sebesar 20°.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Surjati Indra, “ Antena mikrostrip : konsep dan aplikasinya”, Universitas Trisakti, Jakarta, Januari 2010.
- [2] Haidi Junas,” Antena mikrostrip bentuk segitiga pencatuan langsung dengan frekuensi kerja 2,4 GHz (Frekuensi WIFI)”, Jurnal Amplifier, Vol 6 No.6, Mei 2016.
- [3] James,R,H, Hall,J,S., ”*Handbook of Microstrip Antennas*”, Peter Peregrinus Ltd:London(UK), 1989.
- [4] Pasaribu Denni, Rambe Ali Hanifa,” Rancang bangun antena mikrostrip *patch* segiempat pada frekuensi 2,4 GHz dengan metode pencatuan *inset*”, Jurnal Singuda Unsikum, Vol 7 No.1, April 2014.
- [5] Herudin dkk,” Rancang bangun antena mikrostrip biquad ganda untuk aplikasi WIFI”, Jurnal Strum, Vol 3 No.1, Maret 2014.
- [6] Iswandi, Rambe Ali Hanifa,” Rancang bangun antena mikrostrip dipole untuk aplikasi frekuensi 2,4 GHz”, Jurnal Singuda Unsikum, Vol 10 No.26, Januari 2015.
- [7] Roddy Dennis, Idris kamal, coolen john,”komunikasi elektronika edisi ketiga”, Erlangga, Jakarta, 1984.
- [8] Idris Kamal,” Komunikasi elektronika jilid ke 3”, Erlangga, Jakarta 1984.

TABEL 2.
PERBANDINGAN ANTENA MIKROTRIP TUNGGAL TERHADAP ANTENA MIKROTRIP PARASITIK.

Antena Mikrostrip	Return Loss (dB)	VSWR	Impedansi	Bandwidth		HPBW (°)
			(Ω)	(MHz)	%	
Tunggal	-45.46	1.011	49.53	126	5.25	100
Parasitik	-26.15	1.104	52.84	246.4	10.26	80

Desain Cantilever Beam Piezoelectric Untuk Aplikasi Energi Harvesting

Roer Eka Pawinanto¹, A Sumarudin²

¹Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Indramayu, Indonesia

Email: roer.eka@gmail.com

²Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Indramayu, Indonesia

Abstract - Piezoelectric materials have started diaplikasikan in some applications such as transducers for energy harvesting. In this study we use FEA method to optimize the piezoelectric beam. Deflection obtained in this study is equal to 83 nm when its resonant frequency is obtained at 13.4 Hz. The piezoelectric material can produce a large deflection when it vibrates at its resonance frequency. The results also showed that optimization of electrical power generated indicate large resistance and also relates to the length of the PZT material and can affect the deflection of the cantilever beam.

I. PENDAHULUAN

Cantilever sekarang ini menjadi hal menarik untuk dipelajari dan dikembangkan. Hal ini dikarenakan banyaknya aplikasi yang dapat diterapkan dengan menggunakan cantilever seperti aktuator, sensor dan energy harvesting. Dalam hal energi harvesting, sekarang ini masih bertumpu pada device yang bisa portable dan kedepan nya akan menjadi kecil tetapi ukuran baterai masih sama yaitu masih dalam skala centimeter tetapi dengan power yang kecil. Diharapkan kedepan ukuran baterai dapat menjadi lebih kecil tetapi memiliki power yang besar sehingga memungkinkan dihunakan oleh device yang bergerak/portable.

Alternatif dari penyelesaian masalah di atas dalah dengan merancang baterai atau divais energi harvesting dari material piezoelektrik (PZT). Material ini banyak digunakan sebagai transduser untuk mengkonversi energy listrik menjadi energy gerak [1]. Umeda [2] merupakan salah satu diantara peneliti awal yang menggagas generator PZT dan mengusulkan model persamaan elektrikal yang dikonversi dari energy mekanik ke energy listrik. Roundt [3-5] menggunakan sedikit pendekatan pada persamaan rangkaian listrik untuk menjabarkan PZT dan diikuti oleh hasil yang juga dapat diterima dan logis. Namun, analisis nya hanya mendapat hasil 1 hingga 10 m/s² kondisi vibrasi. Eggborn [6] membangun model analitik untuk memprediksi energi harvesting dari cantilever beam menggunakan teori beam-Bernoulli dan dibandingkan dengan hasil eksperimen nya.

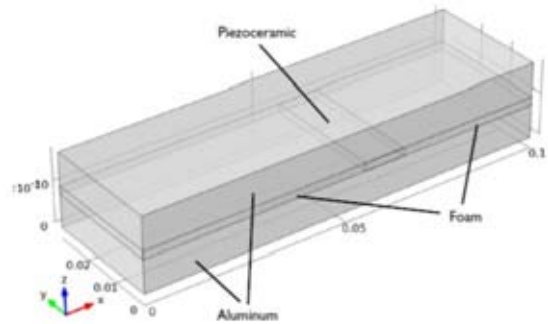
II. DESAIN BEAM CANTILEVER

Persamaan linier untuk material piezoelektrik [7] sudah pernah dijelaskan termasuk ada di dalamnya variable koefisien e_{31} , konstanta dielektrik ϵ_{33} dan medan listrik yang dipengaruhi oleh tebal lapisan E_z , seperti persamaan 1.

$$D_z = e_{31} e_x + \epsilon_{33} E_z \quad (1)$$

Tegangan σ pada arah z diasumsikan nol. Hal ini terjadi ketika tebal lapisan piezoelektrik berbanding dengan panjang beam yang sangat tipis.

Untuk merancang beam cantilever dan menganalisisnya kami menggunakan metoda finite element analysis (FEA). Pada gambar 1 terlihat desain 3 dimensi beam piezoelektrik yang terditri dari bagian foam, aluminium dan piezoceramic. Bagian fixed constraint merupakan bagian statis dari beam tersebut.



Gambar 1. Desain 3 dimensi beam piezoelektrik

Kondisi batas (boundary condition) pada desain ini yaitu di modul “structural mechanics”, beam cantilever dibuat static di $x=0$ sedangkan sisi lainnya dibuat bebas. Selain itu, untuk komponen elektrostatisnya yaitu dibatasi dengan mengalirkan tegangan 20 V beda potensial diantara bagian atas dan bawah lapisan pada domain piezoceramic. Hal ini dapat membangkitkan medan listrik yang tegak lurus dengan arah x.

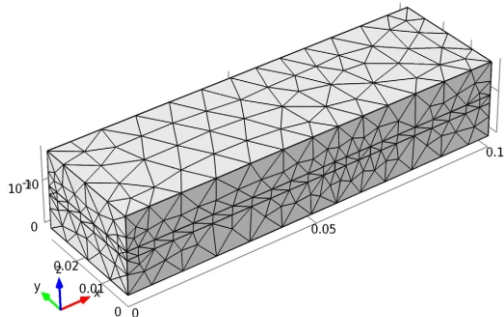
Material properties yang digunakan pada studi ini terlihat pada Tabel 1. Aluminium ada pada menu “predefined material”, sedangkan untuk material foam harus diinput secara manual karena belum tersedianya data pada perangkat ini. Material piezoceramic PZT-5H ada pada modul MEMS. Sedangkan untuk nilai variable lain yang diperlukan dalam studi ini seperti elastisitas matrix, matriks kopling piezoelektrik, e , atau permitivitas matrix relative.

Tabel 1. Properties material yang digunakan

Property	Aluminium	Foam	Piezoceramic
E	70 GPa	35.3 MPa	-
ν	0.35	0.383	-
ρ	2700 kg/m ³	32 kg/m ³	7500 kg/m ³

Untuk bagian meshing pada studi ini digunakan bentuk free tetrahedral seperti ditunjukkan pada gambar 2. Meshing ini sangat penting dalam FEA karena dalam step ini, model yang

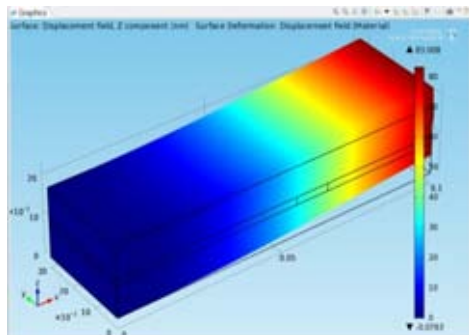
kita optimasi akan dibagi-bagikan dalam banyak komponen, sehingga dalam proses FEA ini nantinya akan di"combine" hasil dari komoponen satu dengan yang lain dan mendapat hasil akhir. Dalam studi ini digunakan mesh dengan ukuran "predefined normal" untuk mengurangi waktu kalkulasi dan keterbatasan spesifikasi komputer yang digunakan.



Gambar 2. Bentuk meshing pada beam cantilever

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Deformasi atau lengkungan (bending) lapisan piezoceramic dan lapisan fleksibel foam termasuk ditunjukkan pada Gambar 3. Pada studi ini, defleksi yang diperoleh adalah sebesar 83 nm. Untuk menghasilkan daya listrik yang optimum, element piezoelektrik harus bergetar pada frekuensi naturalnya di mana jika terjadi maka akan menghasilkan defleksi yang besar. Dalam studi ini, beam cantilever frekuensi nya terdapat pada 13.4 Hz.



Gambar 3. Defleksi beam cantilever pada x= 60 mm

Hasil beda potensial pada studi ini terlihat pada gambar 4. Beda potensial maksimum yang dihasilkan adalah 20 Volt. Setelah dioptimasi dengan FEA, maksimum daya yang didapat adalah 6.5 mW dengan panjang PZT $L_p=0.26$ m sedangkan resistansi pada studi ini cenderung menurun ketika panjang material piezoelectrics bertambah. Pada Tabel 2 terlihat hasil dari optimasi beam cantilever.

Tabel 2. Hasil optimasi dan relasi antara panjang material PZT, resistansi dan daya

Panjang material piezoelektrik (m)	Resistansi (kΩ)	Daya (mW)
0.05	149	2.6
0.1	75	4.4
0.2	37	6.3
0.26	29	6.5
0.3	25	6.4
0.4	19	5.5
05	15	4.5

Untuk hasil optimum didapat ketika panjang material piezoelektrik yaitu 0.26 m dan didapat resistansi sebesar 29 kΩ. Namun hal ini tidak mudah untuk mengimplementasikan panjang material piezoelektrik sebesar ini karena akan merubah karakteristik beam cantilever secara keseluruhan termasuk efke kepada cross section, modulus Young's dan frekuensi. Maka dari itu akan berdampak dan berpengaruh pada menurun nya defleksi beam cantilever, ketegangan (strain) material piezo dan daya [6].

IV. KESIMPULAN

Desain dan pemodelan beam piezoelektrik telah dilakukan dengan menggunakan metoda FEM. Dari hasil yang didapat data disimpulkan bahwa material piezoelektrik ini dapat menghasilkan defleksi yang besar ketika bergetar pada frekuensi resonansinya. Hasil optimisasi juga menunjukkan bahwa daya listrik yang dihasilkan mengindikasikan resistansi yang besar juga dan berkaitan dengan panjang material PZT serta dapat mempengaruhi defleksi dari beam cantilever.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Ajitsaria, S.Y. Choe, D. Shen, D.J. Kim, "Modeling and analysis of a bimorph piezoelectric cantilever beam for voltage generation," *Smart Materials and Structures*, Vol.16, pp.447-454, 2007.
- [2] M. Umeda, K. Nakamura, and S. Ueha, "Analysis of the transformation of mechanical impact energy to electric energy using piezoelectric vibrator," *Japan J. Appl. Phys.*, Vol. 35, pp. 3267-3273, 1996.
- [3] S. Roundy, P. K. Wright, "A piezoelectric vibration based generator for wireless electronics, *Smart Mater. Struct.*, Vol.13, pp.1131-1142, 2004
- [4] S. Roundy, "On the effectiveness of vibration-based energy harvesting," *J. Intell. Mater. Syst. Struct.*, Vol. 16, pp.809-823, 2005.
- [5] S. Roundy, E. S. Leland, J. Baker, E. Carleton, E. Reilly, E. Lai, B. Otis, J. M. Rabaey, P. K. Wright, and V. Sundararajan, "Improving power output for vibrationbased energy scavengers," *IEEE Trans. Pervasive Comput.*, Vol. 4, pp. 28-36, 2005
- [6] T. Eggborn, "Analytical models to predict power harvesting with piezoelectric materials," *Dissertação de Mestrado - Virginia Polytechnic Institute and State University*, 2003.
- [7] F. Lu, H. P. Lee, S. P. Lim, "Modeling and analysis of micro piezoelectric power generators for microelectromechanical-systems applications," *Smart Materials and Structures*, Vol.13, pp. 57-63, 2004.

Impact of Macrocell Size on the Implementation of LTE Femto Integrated with GSM Network

Muhammad Yaser¹

¹ Teknik Elektro, Universitas Pancasila, Jakarta
Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640.
Email m.yasermt@gmail.com

Abstract - in this study we investigate the impact of macrocell size on the implementation LTE femto Integrated with GSM network since the coexistence network strongly depends on deployment condition, for instance, macrocell size. In the previous study related to the coexistence network, LTE femto are deployed in GSM macrocell. The LTE femto itself operates in GSM band under certain frequency allocation scheme as a means of facilitating smooth transition toward LTE on GSM frequency band. Nevertheless, it does not provide a solution about the impact of macrocell size yet. Uplink of GSM is considered in this study. The performance of both systems are analyzed mathematically in terms of SINR and femtocell throughput. Simulation is employed to support analysis which the result shows that macrocell size will give an impact to the performance of the coexistence system. Parallel to this, the expanding of macrocell size will decrease SINR GSM BS, in spite of that, it will increase SINR LTE femto and femtocell throughput as well. For that reason, the implementation of LTE femto integrated with GSM network can be influenced by macrocell size.

Keywords: GSM Macro; LTE femto; Macrocell size.

I. INTRODUCTION

Since the growth of multimedia applications, mobile network operator observes rapid growth of data traffic load demand in their networks. Some studies show that total wireless network traffic produced from voice and data service will increase ten-times by 2015 compared to 2009 in develop region [1]. Operator have to find the way to increase system capacity with limited frequency resources, one of the solution is finding incumbent operators called GSM refarming. It refers to reallocating frequency GSM bands to more frequency efficient and optimized technologies, for instance, LTE. In other words, GSM refarming is a strong need. Yet, it is a time consuming since it is not simply to do for mobile operator to shut down their GSM network shortly due to the existing voice demand and global roaming capability as well [2].

The coexistence of LTE system with existing GSM cellular network is proposed to address the challenge of growing data demand and maintain GSM service. In [7] studied that deployment cognitive devices in downlink of cellular network which show that only limited opportunity of frequency sharing exists. Thus, we are going to concern on uplink GSM system. In the coexistence system studied in [3], LTE femtocell are deployed on GSM cell. In spite of that, the LTE femto itself operates on GSM band under certain frequency allocation scheme as means of facilitating smooth transition toward LTE on GSM frequency band. It has been studied that LTE femtocell know how to set off a destructive interference to

LTE macro network when femtocell uses same frequency channel with macro system [5, 6].

On deployment LTE femto to GSM network, one of questions is need to be investigated; how will the impact of macrocell size to the performance of GSM macro and LTE femto. In [3] does not provide a solution clearly, that is why, we are going to investigate the impact of macrocell size in this study. In view of that, it is needed to evaluate the feasibility of the coexistence network in relation to macrocell size.

The paper is organized as follow. In section II, we introduce system model and formulation. Section gives the detail of performance metrics used in this study, the evaluation and result are presented in section IV. This section also give discussion of the result. The conclusion and future work plan are outlined in section V.

II. SYSTEM MODEL & FORMULATION

A. Coexistence Model

The coexistence network should be acceptable of both GSM and LTE systems. In the meaning that the deployment of LTE femtocells should not degrade the performance of GSM networks, meanwhile provide proper service in the newly deployed LTE femtocell.

In the coexistence network, the LTE femtocells operate on orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) technology so they are able to utilize several fractions of radio frequency without interfering with other parts of the frequency lying in between. In the study of frequency allocation between GSM and LTE femtocell, the scheme proposed in [3] is adopted in which LTE femtocell can utilize all the channels except those are used by the GSM macrocell where the femtocells are located.

For example, supposing GSM cell employs reuse cluster f1. LTE femtocells located in this GSM cell may not use f1 in order to prevent severe interference to the GSM BS. Each of them possibly will utilize remain clusters f2 f3 f4 by a means of OFDM as depicted in Fig.1

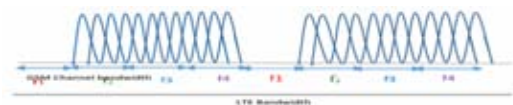


Fig.1 Channel allocation scheme for LTE femtocells located in a GSM cell using reuse cluster f1 [3]

In this frequency allocation scheme, each LTE femtocell is enabled to operate on all GSM channels except those utilized by its master GSM macrocell.

Uplink interference received by GSM BS and LTE femtocell are illustrated as below.

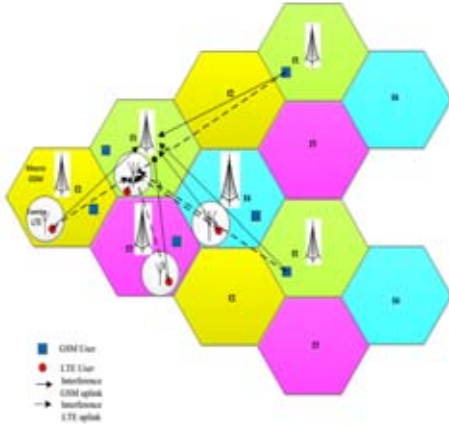


Fig.2 Uplink Interference Model

In Fig.2 macrocell GSM base station in f_1 to be the victim inter-cell interference, it receives interference from GSM MS connected to cells $\in \Psi(f_1)$ and interfered by LTE femtocells located in GSM cell $\notin \Psi(f_1)$. Meanwhile for LTE femtocell in f_1 , it receives interference from GSM MS connected to $\in \Psi(f_1)$, femtocell in other GSM cells $\notin \Psi(f_1)$ and femtocell in the same cell.

B. GSM network model.

GSM operates in various frequency bands, in this study 1.8GHz is considered. As a technology based on time division multiple access (TDMA), GSM employs frequency reuse and cluster formation to utilize the frequency resources. Frequency allocated to an operator can be divided into K groups and shared by each reuse cluster. The K is name as reuse factor. In this study we focus on GSM Uplink. We consider hexagonal cell model having an Omni-directional base station in the center with cell radius R. Mobile stations (MSs) are generated and it moves towards random directions in the system.

If $P_g(r)$ be the transmission power of a GSM MS which distance from the serving BS is r. Also, If Q_g be the received signal power at the BS. Hence [3],

$$Q^g = P^g(r) L(r) = P^g(R) L(R) \tag{1}$$

Which $L(d)$ denotes the propagation loss for the distance d. From (1), we get [3]

$$P_g(r) = \frac{L(R)}{L(r)} P^g(R) \tag{2}$$

Which $P^g(R)$ is considered to be the maximum transmission power of the GSM MS.

For the propagation model, COST231 Hata model with the center frequency of 1.8GHz is adopted, with BS antenna height as 30m, and MS height as 1.5m, $L(d)$ in dB scale is given as follows [3]:

$$L(d) = 136.2 + 35.2 \log_{10}(d \text{ [km]}) \tag{3}$$

C. LTE Indoor femtocell model

LTE femtocells are assumed to be used in indoor environment, and Motley-Keenan formula is used to the model indoor propagation. We assume that a femtocell where a BS and a MS located in the same floor of a building. Propagation loss at 1.8GHz is described as below [3].

$$L(d) = 37.5 + 20 \log_{10}(d \text{ [m]}) \tag{4}$$

Distance between MS and BS in the femtocell is assumed to be 20m. Wall penetration loss 5dB is considered for propagation between indoor and outdoor entities. In time division duplex (TDD) mode of LTE such that the BS and the MS of the femtocell use the same frequency band. If P^f denotes the transmission power of the femtocell BS, the MS is also assumed to have the same transmission power. It occurs because bandwidth of LTE is spread over a number of GSM channels, we define effective transmission power of LTE femtocell which is the portion of transmission power affecting a single GSM frequency channel, denoted by P^{eff} . The received signal power corresponding to P^{eff} is denoted by Q^{eff} [3]

We suppose that the BS and MS of a femtocell are not distinguished by GSM system for the reason that the separation between the femto BS and MS is negligible compared to the size of GSM cell. As a result, it can be believed that a LTE femtocell as a single entity in the calculation of interference.

III. PERFORMANCE METRICS

A. SINR GSM BS and LTE Femtocell in uplink

The purpose of our study is to investigate the impact of LTE femtocell to the performance of GSM system. In Fig.2 if $\Psi(f_i)$ denotes a set of GSM cells that use reuse cluster f_i . In the coexistence network, to GSM radio link in a cell that belongs to $\Psi(f_i)$, the interference comes from two groups of sources, i.e other GSM MS connected to cells $\in \Psi(f_i)$ and LTE femtocell locates in the GSM cells $\notin \Psi(f_i)$.

If Q^g denotes received signal power at the BS, I_j^{gs} is the expected value of interference from a GSM MS in cells $\in \Psi(f_i)$ to the considered GSM BS given as [3].

$$I_j^{gs} = \int_0^R \int_0^{2\pi} P^g(r) L(\sqrt{r_j^2 + D_{js}^2 - 2 r_j D_{js} \cos \theta_j}) \frac{r}{\pi R^2} d\theta_j dr_j \tag{5}$$

$I_k^{fs}(x)$ denote the expected value of interference from a LTE femtocell in GSM cells $\notin \Psi(f_i)$ to the considered BS is given as [3];

$$I_k^{lg}(x) = \int_0^{2\pi} P_{eff}^l L(\sqrt{x^2 + D_{ks}^2 - 2xD_{ks}\cos\beta_k}) \frac{1}{2\pi} d\beta_k \quad (6)$$

Background noise at the GSM BS is denoted by N_b^g and equals to $N_0W^gN_F^g$. Let $\gamma^g(x, M)$ be the expected value of SINR of the GSM BS given that there are M femtocells in each GSM cell with the distance of x from the nearest GSM BS [3]:

$$\gamma^g(x, M) = \frac{Q^g}{\sum_{j \in \Psi(f_1)} I_j^{g1} + M \sum_{k \in \Psi(f_1)} I_k^{lg}(x) + N_b^g} \quad (7)$$

Meanwhile, like shown in Fig.2 SINR of LTE femtocell located in cell $\in \Psi(f_i)$, the interference of the LTE femtocell come from GSM MS that employ f_i , femtocells in other GSM cells $\notin \Psi(f_i)$, and femtocells in the same cell.

If Q^{eff} denotes effective received power at GSM channel, $I_j^{gl}(x)$ be the expected value of interference from a GSM MS that employ f_j is given as [3],

$$I_j^{gl}(x) = \frac{\int_0^R \int_0^{2\pi} P^g(r_j) L(\sqrt{(r_j \cos\theta_j - D_{js} - x \cos\beta_s)^2 + (r_j \sin\theta_j - x \cos\beta_s)^2})}{2\pi^2} d\beta_s d\theta_j dr_j \quad (8)$$

$I_k^{ll}(x)$ denotes interference from femtocell in other GSM cells $\notin \Psi(f_i)$ is given by (9),

$$I_k^{ll}(x) = \frac{\int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} P_{eff}^l L(\sqrt{(x \cos\beta_k - D_{js} - x \cos\beta_s)^2 + (x \sin\beta_k - x \sin\beta_s)^2})}{4\pi^2} d\beta_s d\beta_k \quad (9)$$

Interference value from another femtocells in the same GSM cell is denoted by $I_s^{ll}(x)$ [3];

$$I_s^{ll}(x) = \int_0^{2\pi} P_{eff}^l (\sqrt{2x^2(1 - \cos\beta_s)}) \frac{1}{2\pi} d\beta_s \quad (10)$$

N_b^l is back ground noise N_b^g and equals to $N_0W^gN_F^g$. $\gamma^l(x, M)$, expected value SINR of the femtocell given M and x as follow [3];

$$\gamma^l(x, M) = \frac{Q_{eff}^l}{\sum_{j \in \Psi(f_2)} I_j^{g1} + M \sum_{k \in \Psi(f_2)} I_k^{ll}(x) + (M-1) I_s^{ll}(x) + N_b^g} \quad (11)$$

B. Femtocell throughput

To measure throughput capacity on each channel for each LTE femtocell is calculated by using Shannon equation as follow [4];

$$C = B \log_2 (1 + \gamma^l(x, M)) \quad (12)$$

Where B is channel bandwidth of LTE femtocell, $\gamma^l(x, M)$ is SINR of the LTE femtocell system

IV. EVALUATION AND RESULTS

The impact of macrocell size to the performance of GSM network and LTE femto are investigated by numerical experiments. Parameters used in this study is shown in table.1

Table 1. Parameters used for experiment

Parameter	Value
K	4,7
Macrocell Radius [km]	(0.5, 0.2,...2) km
Number femtocell	6
$P^g(R)$	30 dB
P_{eff}^l	6 dB
N_0	-174 dB
W^g	200 kHz
N_F^g	5 dB
N_F^l	5 dB

A. Impact of macrocell size to the SINR of GSM

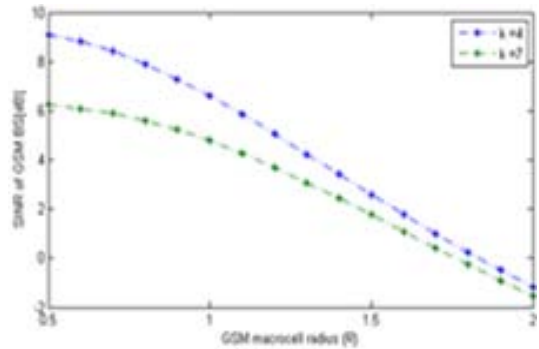


Fig. 3 SINR of GSM versus GSM macrocell size

Macrocell size will give a great impact to the received signal power and inter-cell interference. Simulation is employed to get relationship between macrocell size and SINR of GSM.

In Fig.3 shows that SINR of GSM decrease as the increasing macrocell size for two different reuse factors. As long as macrocell size expand from $R = 0.5$ km until $R = 2$ km for the reuse factor $K = 4$, SINR of GSM tends to decrease significantly about 10 dB. For $K = 7$ decreases about 8dB. This trend occurs due to the impact of macrocell size to the received signal power and path loss. The greater macrocell size will increase path loss from GSM MS to GSM BS and reduce received signal power, consequently it decreases SINR of GSM. Besides that we can observe that among the two reuse factors used in our study, reuse factor $K = 4$ gives the

highest SINR of GSM when all parameters are same. When macrocell size $R = 0.5$ km, SINR GSM reaches 9dB for $K = 4$ and 6 dB for $K = 7$. Afterward, SINR decreases as the increasing macrocell size. The trend that smaller reuse factor has highest SINR can be ascribed to the decrease interference from another femtocell in smaller reuse factor.

B. Impact of macrocell size to the SINR of LTE femtocell

Macrocell size gives an impact to inter-cell interference. Simulation is conducted to get relationship between macrocell size and the SINR of LTE femtocell.

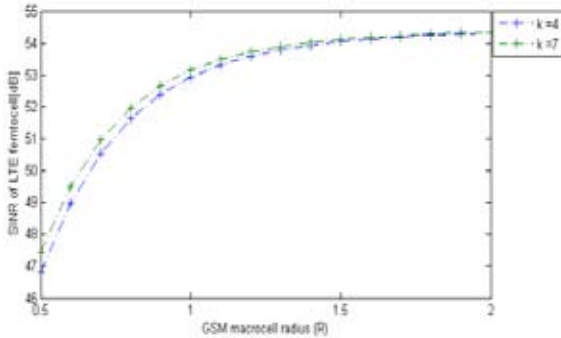


Fig. 4 SINR of LTE femtocell versus GSM Macrocell size

Fig.4 shows that SINR LTE femtocell increase as the increasing of macrocell size for two different reuse factors. As long as expand of macrocell size from $R = 0.5$ km until $R = 2$ km for reuse factor $K = 4$, SINR LTE femtocell tends to increase about 8.5 dB. For $K = 7$ SINR of GSM increase about 8 dB. It possibly occurs since in network with larger macrocell size, LTE femtocells are deployed in more extensively manner within GSM macrocell and distance among femtocells will be farther. It will reduce inter-femtocell interference, so it increases SINR of LTE femtocell. Meanwhile, we can observe that in the scenario deployment 6 femtocells per GSM cell, SINR LTE femtocell for reuse factor $K = 7$ is higher than $K = 4$. It occurs since before accomodating more LTE femtocell in each GSM cell, network with bigger reuse factor receives less interference from GSM MS in co-channel cell. On the other hand, when deployed femtocell number increasing i.e accomodating 7 or more femtocell per GSM cell, it is possible that SINR for $K = 4$ is higher than SINR for $K = 7$. This trend occurs because inter-interference femtocell for smaller reuse factor is less than bigger reuse factor. Hence, it increases SINR LTE femtocell.

C. Impact of macrocell size to the femtocell throughput

Macrocell size gives a great impact to the inter-cell interference and SINR femtocell, thus it affects throughput. Simulation is conducted to get relationship between GSM macrocell size and femtocell throughput.

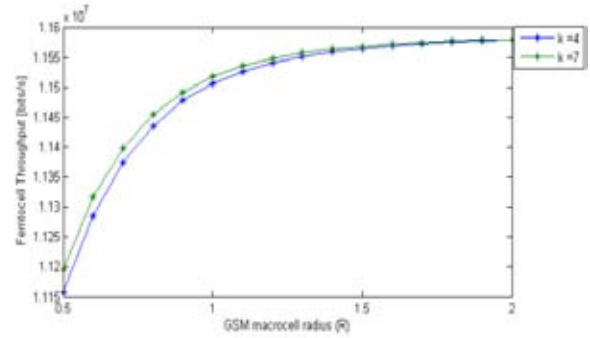


Fig.5 Femtocell throughput versus GSM macrocell size

Fig.5 shows that femtocell throughput increase as the increasing of macrocell size for two different reuse factor. As long as expand of macrocell size from $R = 0.5$ km until $R = 2$ km, for reuse factor $K = 4$, femtocell throughput tends to increase about 4.3×10^2 kbits/s, and for $K = 7$ femtocell throughput increase about 3.8×10^2 kbits/s. It occurs since in network with larger macrocell size, LTE femtocell deployed more extensively manner within GSM macrocell and distance among femtocells will be farther. It will reduce inter-femtocell interference, so increases SINR and femtocell throughput. More to the point, it can be seen in the scenario deployment 6 femtocells per GSM cell, femtocell throughput for reuse factor $K = 7$ is higher than $K = 4$. It occurs since before accomodating more LTE femtocell in each GSM cells, network with bigger reuse factor receives less interference from GSM MS in co-channel cell. Conversely, when number deployed femtocell increase i.e accomodating 7 or more femtocell per GSM cell, it is likely that femtocell throughput for $K = 4$ is higher than throughput for $K = 7$. The trend that smaller reuse factor has higher throughput can be ascribed to the decrease interference from another femtocell in smaller reuse factor.

V. CONCLUSION

In the study of macrocell size impact, we find that SINR GSM tends to decrease due to the increasing of macrocell size. It possibly occurs as the greater macrocell size will increase path loss from GSM MS to GSM BS and reduce received signal power, thus it decreases SINR of GSM. Opposite to GSM case, SINR LTE femtocell tends to increase due to the increasing of macrocell size. This trend occurs as in network with larger macrocell size, LTE femtocells deployed are deployed in more extensively manner within GSM macrocell and distance among femtocell will be farther so it reduces inter-femtocell interference. As well as femtocell throughput will increase if the SINR femtocell increase. Henceforth, it is recommended to deploy LTE femtocell in larger GSM cell when SINR and femtocell throughput are the major concerns. When protection of GSM system we are concern about, it is recommended to deploy LTE femtocell in smaller GSM cell.

As a final point, implementation LTE femto integrated with GSM network highly depends on deployment

conditions. In the future research, various deployment condition is required for further study. Additionally, the advance interference management scheme for the coexistence network is similarly an attractive field for future research.

REFERENCES

- [1] T. Norman, "The Road to LTE for GSM and UMTS Operators," Analysis Mason Ltd., White Paper, Jan. 2009.
- [2] Motorola Inc., "Frequency Analysis for Future LTE Deployments," White Paper, 2007
- [3] KW Sung, Lei Shi, J Zander, "Coexistence of LTE Femtocell with GSM Cellular Network", Personal Indoor and mobile radio communication (PIRMC), IEEE 21st International symposium, September, 2010.
- [4] Zubin Bharucha and Harald Haas, "Throughput enhancement through femto-cell deployment". Lecture Notes in Electrical Engineering Volume 41, 2009
- [5] Z. Bharucha, I. Cosović, H. Haas, and G. Auer, "Throughput Enhancement through Femto-Cell Deployment," in Proc of the 7th IEEE International Workshop on Multi-Carrier Systems & Solutions (MC-SS), Herrsching, Germany, May 05–06, 2009, pp. 311–319.
- [6] J. Espino and J. Markendahl, "Analysis of Macro - Femtocell Interference and Implications for Frequency Allocation," in proc. of the 20th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), Tokyo, Sep. 13-16 2009.
- [7] E. G. Larsson and M. Skoglund, "Cognitive Radio in a FrequencyPlanned Environment: Some Basic Limits," IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 7, no. 12, pp. 4800–4806, Dec. 2008

Pembuatan Kontrol Mesin Rotary Table 4 Cavity Berbasis PLC pada Proses Rivet Caulking untuk Peningkatan Produktifitas Line Assembly Clutch Cover

Agus Ponco, Ginanjar Jati Jiwandana, Syahril Ardi

Program Studi Teknik Produksi & Proses Manufaktur, Politeknik Manufaktur Astra
Jl. Gaya Motor Raya No.8, Sunter II, Jakarta 14330, Jakarta
Email: agus.ponco@polman.astra.ac.id; syahril.ardi@polman.astra.ac.id

Abstract - This paper discusses research carried out in a manufacturing company producing clutch cover. Line clutch cover assembly is a line that serves as a clutch cover assembly. In this line there is a rivet caulking process in which this process is a process that served to make the rivet pin to integrate components into a single unit clutch cover. However, this process is a process that has the longest cycle time on the assembly line clutch cover. This happens due to waste waiting between man and machine power press rivet caulking. When the machine does the press rivet, man power does not do any preparation, and when the man power make the process of preparation of the products, the machine does not perform any process. Moreover, man power should provide clutch cover to the next. As a result of the process of caulking the rivet into the bottle neck of the clutch cover assembly line. Therefore, to overcome the problems created for the machine rotary table 4 cavity. Machine rotary table 4 has 4 jig cavity, where each jig is there a different process but it is done simultaneously. Rotary table machine is controlled by Mitsubishi PLC module Q02H equipped with Mitsubishi servo motors QD75D1. 4 cavity rotary table machine is able to overcome the existing problems, so the work between man and machine power can be performed simultaneously. In addition, the rotary table 4 cavity machine while maintaining the value of safety that exists on the machine before.

Keywords: caulking rivet process, cycle time, PLC, safety.

I. PENDAHULUAN

Penelitian ini dilakukan pada sebuah perusahaan manufaktur yang memproduksi clutch cover. Pembuatan clutch cover terdiri dari beberapa line, yaitu: line sub assembly clutch cover, line manufacturing diaphragm, dan line assembly clutch cover. Line assembly clutch cover merupakan line yang berfungsi sebagai line yang merakit komponen komponen clutch cover. Produktifitas pada line assembly clutch cover sangat tinggi. Hanya saja pada line ini target produktifitas selalu tidak mencapai target. Hal ini disebabkan karena pada proses rivet caulking yang merupakan salah satu proses pada line assembly clutch cover terdapat bottleneck yang menyebabkan penumpukan produk. Penyebab dari penumpukan produk adalah karena adanya

pemborosan menunggu yang dilakukan oleh man power dan mesin. Ketika man power sedang melakukan proses assembly clutch cover mesin tidak melakukan proses press dan ketika mesin melakukan proses press man power tidak melakukan persiapan untuk assembly clutch cover. Kemudian setelah mesin selesai bekerja man power harus memberikan produk ke proses berikutnya. Oleh karena itu cycle time pada proses ini memiliki cycle time yang sangat tinggi dibandingkan dengan proses lainnya. Karena terjadinya penumpukan produk pada proses rivet caulking maka man power pada proses ini harus bekerja lebih keras dibandingkan dengan man power pada proses yang lain. Akibatnya man power pada proses rivet caulking akan lebih cepat merasa lelah dibandingkan dengan man power lainnya. Kelelahan man power akan berpengaruh dengan hasil pekerjaan yang dilakukan oleh man power tersebut, sehingga akan berpengaruh pada kualitas produk yang dihasilkan. Oleh karena itu dibutuhkan mesin yang dapat melakukan beberapa pekerjaan secara bersamaan agar cycle time pada proses rivet caulking dapat berkurang dan pekerjaan man power menjadi lebih ringan. Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini berkaitan dengan bagaimana membuat sistem kontrol mesin Rotary Table 4 Cavity; bagaimana membuat program PLC Mitsubishi dengan melakukan 4 proses di masing-masing cavity dalam satu cycle; dan bagaimana pembuatan safety mesin rotary table 4 cavity tidak mengubah nilai safety yang ada pada mesin press rivet sebelumnya.

II. METODE PENELITIAN

A. Pengenalan Produk

Perusahaan manufaktur ini bergerak di bidang otomotif. Salah satu produknya adalah *clutch cover*. *Clutch cover* merupakan salah satu komponen otomotif yang berfungsi sebagai penutup *clutch disc*. *Clutch cover* berfungsi untuk menekan clutch terhadap roda penerus dengan adanya tekanan pegas. *Clutch cover* yang diproduksi merupakan *clutch cover diaphragm spring*. Gambar 1 memperlihatkan bentuk *clutch cover diaphragm spring*.



Gambar 1. Clutch cover diaphragm spring

Clutch cover yang diproduksi oleh perusahaan manufaktur ini memiliki beberapa varian tipe, seperti: D*8, 1*D, 1*R, 2*R, D4*D. Perbedaan dari masing-masing tipe dilihat dari ukuran dan jenis *diaphragm spring*-nya.

B. Line assembly clutch cover 01

Line assembly clutch cover merupakan line yang merakit bagian bagian dari clutch cover yang masih terpisah menjadi satu bagian. Pada line assembly clutch cover 01 bertugas untuk merakit clutch cover dengan tipe D*8. Pada line assembly clutch cover tidak hanya merakit clutch cover tetapi line ini juga terdapat proses proses pengujian sebelum clutch cover dikemas. Adapun beberapa proses yang ada dari line ini yaitu:

1. Proses press caulking
2. Proses balancing
3. Proses balance piece caulking
4. Proses copying
5. Proses run out
6. Proses load tester

Proses ini merupakan proses pengecekan load pada clutch cover. Proses ini bertujuan untuk menciptakan kenyamanan dan keamanan kopling pada saat digunakan.

C. Permasalahan pada proses rivet caulking

Untuk mendukung semua proses yang ada di line assembly clutch cover, line ini dilengkapi dengan mesin mesin yang memiliki machine time yang cepat. Hanya saja ada beberapa mesin yang memiliki cycle time yang tinggi salah satunya adalah proses rivet caulking. Tabel 1 memperlihatkan rata-rata machine time dan cycle time masing masing proses berdasarkan data yang diambil pada line.

TABEL I. Data machine time dan cycle time pada line assembly clutch cover

No	Proses	Machine time (detik)	Cycle time (detik)
1	Rivet caulking	10	26
2	Balancing	12	22
3	Balance piece caulking	7	15
4	Copying	12	15
5	Run out	14	24
6	Load tester	16	20

Berdasarkan Tabel I bahwa cycle time pada proses rivet caulking merupakan cycle time tertinggi di line assembly clutch cover. Seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya bahwa proses rivet caulking merupakan pengikatan pressure plate dengan diaphragm spring. Proses ini merupakan proses perakitan clutch cover dimana ada beberapa komponen yang harus dirakit sebelum melakukan proses rivet. Cycle time yang tinggi pada proses ini terjadi akibat adanya pemborosan menunggu. Man power harus menunggu atau tidak melakukan pekerjaan apapun sebelum proses rivet selesai dan ketika proses selesai man power melakukan perakitan komponen clutch cover dan ketika perakitan selesai mesin dapat melakukan proses rivet. Hal tersebut merupakan bottle neck yang terjadi pada proses rivet caulking.

D. Penanggulangan dan Pemecahan Masalah

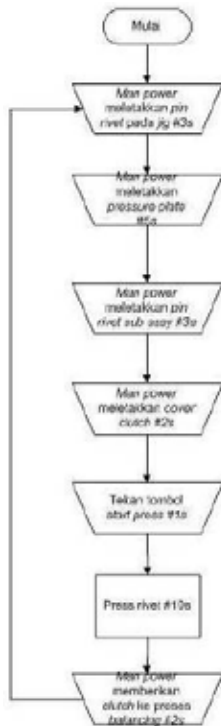
Berdasarkan permasalahan yang ada, bahwa terjadi pemborosan menunggu yang dilakukan oleh man power yang menyebabkan penumpukan produk dan *cycle time* yang tinggi. Berdasarkan flow process yang ditunjukkan pada Gambar 2, ada beberapa tahapan yang dapat dilakukan secara paralel.

Untuk melakukan proses secara paralel maka dibuatkan mesin rotary table yang terdapat beberapa mekanisme yang dilakukan secara bersamaan. Berikut adalah spesifikasi mesin baru yang dibutuhkan pada proses rivet caulking:

- Membuat mesin yang memungkinkan man power dapat mempersiapkan komponen clutch cover pada jig ketika mesin melakukan proses press.
- Membuat sistem pick and place pada mesin baru agar ketika proses press selesai man power tidak perlu memberikan produk ke proses berikutnya dan langsung menyiapkan komponen clutch cover.
- Membuat sistem peletakkan pin rivet otomatis agar pekerjaan man power lebih mudah dan cepat.
- Meningkatkan machine time pada proses press rivet dengan menggunakan mesin press yang lebih cepat.
- Menjadikan proses press, pick and place, peletakkan pin rivet otomatis dan persiapan

komponen clutch cover bekerja bersamaan dalam satu kali proses.

Berdasarkan penanggulangan yang dilakukan, maka dibutuhkan mesin Rotary table 4 cavity yang dapat menyelesaikan permasalahan yang ada.



Gambar 2. Flow process

E. Spesifikasi mesin yang dibutuhkan dilapangan

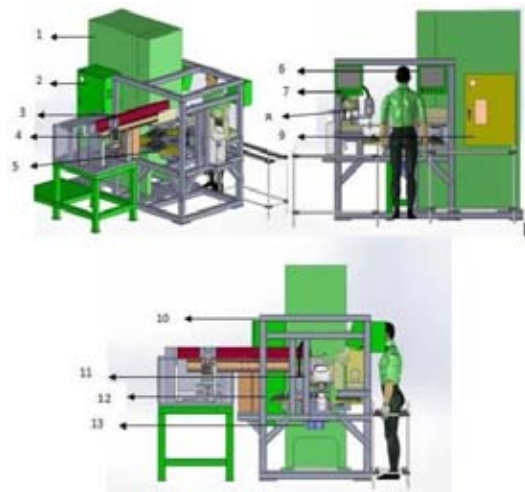
Dalam pembuatan Mesin rotary table 4 cavity, mesin harus mampu mempermudah man power dan meningkatkan produktifitas pada line assembly clutch cover. Selain itu mesin harus mampu memenuhi kebutuhan di lapangan seperti berikut:

- Mesin ini harus mampu melakukan proses prepare pin, press rivet dan pick and place secara bersamaan
- Mesin ini harus dapat membuat operator tidak perlu menunggu mesin selesai melakukan proses rivet untuk menyusun komponen clutch cover.
- Mesin ini membutuhkan sistem kontrol yang settingnya tidak dapat diubah oleh operator dan memudahkan bagian maintenance dalam melakukan perbaikan dan improvement apabila terjadi masalah.
- Mesin ini harus terdapat sistem safety dengan tujuan keamanan operator dalam bekerja dapat terlindungi dan menghilangkan faktor penyebab kecelakaan dalam bekerja.

- Mesin ini harus dilengkapi dengan tombol emergency stop. Tombol ini digunakan untuk memberhentikan mesin secara seketika dan menghindari terjadinya kecelakaan kerja dalam proses mesin.
- Mesin dapat langsung bekerja dengan hanya menekan satu start switch.
- Operation panel tidak menggunakan banyak tombol agar mempermudah operator dalam mengoperasikan mesin.
- Mesin dapat langsung melakukan proses jika beberapa syarat sudah dipenuhi. Syarat yang dimaksud yaitu semua aktuator sudah dalam keadaan Home pos, area mesin bebas dari tangan operator, supply angin untuk pneumatik sudah masuk ke mesin, dan produk sudah terpasang dengan benar di mesin.
- Mesin dapat langsung berhenti dan terdapat sinyal untuk memberitahu operator jika terjadi abnormal condition pada saat mesin melakukan proses.
- Terdapat indikator home pos untuk aktuator pada mesin

F. Perancangan Mekanik Mesin Rotary Table 4 Cavity

Perancangan mekanik mesin Rotary table 4 cavity yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perancangan mekanik mesin Rotary table 4 cavity

Gambar 3 digunakan sebagai acuan dalam pembuatan mesin rotary table 4 cavity. Berdasarkan Gambar 3 berikut, bagian-bagian dari layout mesin rotary table 4 cavity yang ditunjukkan pada Tabel II.

Tabel III. Rancangan mesin rotary table

No	Keterangan
1	Mesin press komatsu
2	Box panel
3	Motor slider pick and place
4	Pick and place
5	Rotary table
6	Box display komatsu
7	Box display rotary table
8	Robot toshiba
9	Box panel komatsu
10	Frame mesin
11	Feeder pin
12	Jig clutch cover
13	Motor servor

Tabel IV. Spesifikasi motor servo tipe HF-SP202B

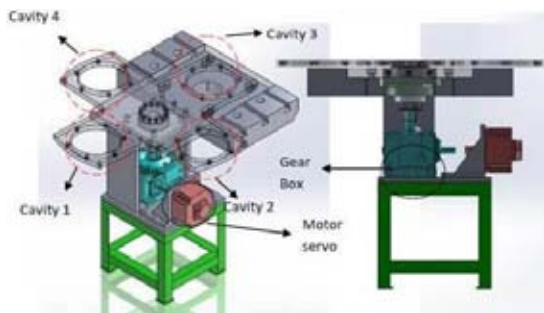
Spesifikasi	Keterangan
Power facility capacity (kVA)	3.5
Rated output (kW)	2
Rated torque (Nm)	9.55
Maximum torque (Nm)	28.6
Rated speed (r/min)	2000
Maximum speed (r/min)	3000
Permissible instantenous speed (r/min)	3450
Power rated at continous rated torquw (kW/s)	23.8
Rated current (A)	10
Maximum curent (A)	30

Gear box yang digunakan untuk meningkatkan torsi adalah gear box dengan tipe EW80V60-RU. Gear box ini memiliki penurunan rasio aktual sebesar 1/60. Dengan penurunan rasio tersebut sudah cukup untuk dapat memutar meja tersebut.

H. Perancangan Kontrol Mesin Rotary Table 4 Cavity

G. Perancangan Mekanisme rotary table

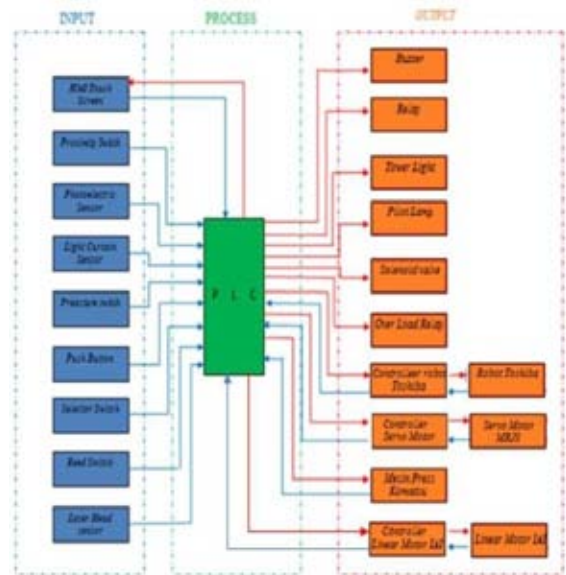
Berdasarkan permasalahan pada proses rivet caulking maka dibuatkan mekanisme rotary table. Pada rotary table ini memiliki 4 cavity dimana masing masing cavity menjalankan proses yang berbeda tetapi bekerja dalam waktu yang bersamaan. Adapun mekanisme rotary table dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Mekanisme rotary table

Perputaran pada meja digerakkan oleh motor servo. Motor servo dapat bekerja dengan tepat mengikuti instruksi yang diberikan, meliputi posisi dan kecepatan. Dengan menggunakan motor servo maka perputaran meja dapat bergerak dengan kecepatan tinggi dan akurasi yang tepat. Adapun motor servo yang digunakan adalah motor servo tipe HF-SP202B. Tabel IV menunjukkan spesifikasi motor servo.

Gambar 5 memperlihatkan rancangan control mesin rotary tale 4 cavity.



Gambar 5. Rancangan control mesin rotary table 4 cavity

Perangkat proses pada mesin rotary table 4 cavity menggunakan PLC sebagai pusat pengontrol program. Pada sistem pengontrolan ini output diterima dari sinyal input yang diberikan. Sinyal input berasal dari man power ataupun sensor yang dipasang pada mesin. PLC yang digunakan pada mesin rotary table 4 cavity adalah PLC Mitsubishi jenis modular di mana input

dan output dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Sesuai dengan standar elektrik yang digunakan, PLC Mitsubishi yang digunakan adalah Q-series. Berikut piranti piranti PLC yang digunakan pada mesin rotary table 4 cavity:

- Main base: Mitsubishi Q38B
- Power supply: Mitsubishi Q61P
- CPU: Mitsubisi Q02H
- Input: 2 modul QX42
- Output: 2 modul QY42P
- Spesial modul: 1 modul Mitsubishi servo motor QD75D1

Komponen input berfungsi sebagai pemberi sinyal terhadap PLC. Sinyal ini yang akan diproses oleh program PLC untuk dilakukan eksekusi. Komponen input yang digunakan pada mesin Rotary table 4 cavity yaitu:

- HMI. HMI (human machine interface) yang digunakan pada kontrol mesin ini berupa touch screen. HMI digunakan sebagai alat penghubung antara operator dengan mesin. Alat penghubung yang dimaksud yaitu operator dapat mengetahui kondisi mesin yang sedang berlangsung pada mesin. Selain itu HMI juga menampilkan kesalahan-kesalahan atau error yang terjadi pada mesin sehingga operator dapat langsung mengetahui error yang terjadi pada saat proses berlangsung. Layar sentuh yang digunakan pada mesin Rotary table 4 cavity yaitu PROFACE dengan tipe AGP3301-S1 DC24V.
- Limit switch. Limit switch berfungsi sebagai start switch atau tombol untuk mengaktifkan program auto pada PLC. Limit switch yang digunakan pada mesin ini yaitu dari OMRON dengan tipe WLD28-LD.
- Proximity switch. proximity switch digunakan sebagai alat pendeteksi posisi beberapa actuator seperti linear motor IAI, komatsu machine press. Porximity switch juga digunakan untuk mendeteksi product pada pick and place dan juga pengunci pada table rotary.dalam. Proximity sensor digunakan pada mesin ini yaitu dari OMRON dengan tipe E2E-X2D1-N 2M.
- Photoelectric sensor. Photoelectric sensor digunakan untuk mendeteksi product pada masing masing cavity dan juga utnuk mendeteksi pin rivet pada feeder pin untuk siap diproses oleh robot toshiba. Photoelectric sensor yang digunakan pada mesin ini dari SUN-X dengan tipe CX-423.

- Light curtain sensor. Light curtain sensor atau yang sering disebut juga sebagai safety sensor karena sensor ini digunakan untuk mendeteksi adanya suatu benda atau bagian tubuh dari operator yang melintasi dibagian area sensor ini. Mesin ini menggunakan light curtain sensor dari Panasonic dengan tipe SF4B-H20-V2.
- Pressure switch. Pressure switch yang digunakan pada mesin rotary table 4 cavity dapat dilihat pada Gambar 3.16. Pressure switch yang digunakan untuk mendeteksi tekanan angin yang masuk ke sistem mesin apakah sudah sesuai dengan standart. Pressure switch yang digunakan pada mesin Rotary table 4 cavity ini dari SMC dengan tipe ISE30A-01-N-M 24VDC.
- Push button. Push button yang digunakan terdapat empat push button yaitu preparation, reset, return, manual aux, dan emergency stop. Preparation digunakan untuk mengaktifkan relay sumber tegangan 24VDC pada solenoid dan mengaktifkan program mode manual atau auto pada PLC, Reset digunakan untuk reset kondisi alarm dan buzzer, Return digunakan untuk mengembalikan semua posisi silinder dan aktuator ke posisi home pos, manual aux digunakan untuk safety yaitu semua push button bisa aktif jika manual aux ditekan bersamaan dengan push button yang ingin digunakan, dan emergency stop berfungsi untuk memberhentikan seluruh kerja mesin apabila terjadi keadaan darurat.
- Selector switch. Selector switch digunakan untuk memilih program PLC mode manual atau mode auto yang ingin digunakan pada mesin. Selector switch digunakan yaitu dari Fuji Electric dengan tipe AR22PR-211B.
- Reed switch. Sensor reed switch yang digunakan mesin rotary table 4 cavity untuk mendeteksi pergerakan dari air cylinder ketika dalam posisi naik atau turun dan posisi sedang maju atau mundur. Sensor reed switch yang digunakan oleh mesin ini yaitu dari SMC dengan tipe D-C73L dan D-M9BAL.

I. Perancangan Safety Mesin

Mesin press rivet caulking lama merupakan salah satu mesin safety yang ada di perusahaan ini dan tidak ada catatan kecelakaan pada mesin ini. Oleh karena itu pembuatan mesin rotary table 4 cavity tidak boleh mengurangi nilai safety pada proses rivet caulking. Didalam pergerakan pergerakan yang terjadi pada mesin rotary table ada beberapa pergerakan

pergerakan yang dapat menyebabkan terjadinya potensi bahaya. Berikut beberapa analisa potensi bahaya yang mungkin terjadi pada mesin, sebagai berikut:

- Tangan putus terkena perputaran meja akibat tangan masuk ke dalam area mesin pada saat mesin melakukan proses.
- Jari putus terjepit cylinder pick and place akibat tangan masuk ke dalam area mesin pada saat mesin melakukan proses.
- Tangan tekilir akibat proses assembly product belum selesai meja sudah berputar.
- Jari putus akibat terkena mesin press pada saat proses berlangsung.
- Anggota tubuh terluka terkena pergerakan robot secara tiba-tiba ketika berada di dekat mesin.



Gambar 7. Mesin rotary table 4 cavity

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan mesin rotary table 4 cavity yang dilengkapi dengan pick and place, scara robot Toshiba telah selesai dengan baik. Mesin dapat berjalan sesuai dengan pergerakan yang diinginkan. Berbeda dengan mesin yang sebelumnya bahwa mesin hanya melakukan 1 proses yaitu proses press rivet sehingga menyebabkan man power melakukan beberapa pekerjaan yang dapat memperlama cycle time pada mesin. Selain itu pada mesin press rivet sebelumnya ketika mesin bekerja man power tidak dapat melakukan prepare produk karena tempat prepare produk dan tempat untuk melakukan proses press rivet dilakukan pada jig yang sama sehingga man power harus menunggu mesin selesai melakukan prosesnya.

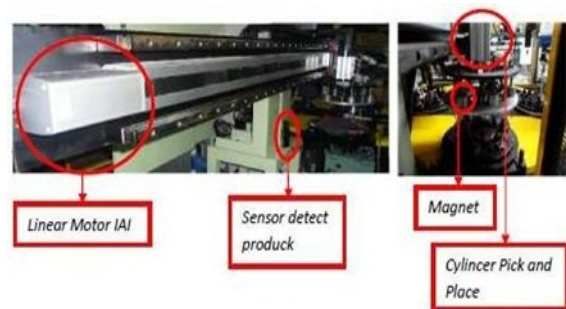
Berikut adalah gambar pada mesin press rivet sebelumnya ditunjukkan pada Gambar 6. Sedangkan gambar rotary table 4 cavity dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Mesin press rivet sebelumnya

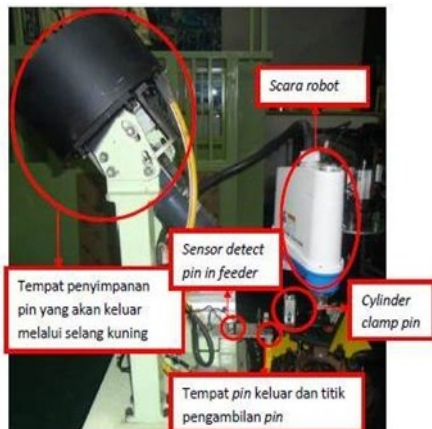
Terlihat pada Gambar 7 bahwa mesin rotary table 4 cavity memiliki 4 pos yang berbeda dimana masing masing pos melakukan proses yang berbeda. Pada pos prepare product merupakan pos dimana man power bekerja untuk melakukan perakitan clutch cover. Man power dapat merakit produk tanpa harus menunggu proses rivet selesai karena proses rivet dilakukan pada tempat yang berbeda.

Sesuai dengan permasalahan yang ada bahwa ketika mesin press rivet selesai melakukan proses maka man power harus memberikan produk ke proses berikutnya. Maka dari itu mesin rotary table ini dilengkapi dengan pick and place yang akan membawa produk ke proses berikutnya. Gambar 8 memperlihatkan pick and place pada mesin rotary table 4 cavity.



Gambar 8. Pick and place pada mesin rotary table 4 cavity

Untuk mempercepat cycle time dan proses perakitan clutch cover maka pada salah satu cavity terdapat pos yang berfungsi untuk meletakkan pin rivet ke jig. Gambar 9 menunjukkan gambar dari hasil pos pin rivet yang dilengkapi dengan scara robot Toshiba sebagai mesin yang menjalankan proses tersebut.



Gambar 9. Pos pin rivet

Berdasarkan data yang ada, cycle time dari proses rivet caulking adalah 26 detik. Dengan dibuatkannya rotary table 4 cavity maka cycle time pada rivet caulking lebih cepat dari sebelumnya karena ada 4 pekerjaan yang dilakukan secara bersamaan. Berikut adalah catatan waktu dari masing masing cavity dapat dilihat pada Tabel V

Tabel V. Waktu masing-masing proses

Cavity	Proses	Waktu (detik)
1	Peletakkan pin dengan scara robot	5
2	Prepare product oleh man power	10
3	Proses press dengan mesin press Komatsu	5
4	Pick and place product ke proses balancing	8

Karena semua proses pada mesin rotary table 4 cavity dilakukan secara bersamaan maka cycle time diambil dari proses yang memiliki waktu terlama. Berdasarkan Tabel V bahwa prepare product pada cavity 2 memiliki waktu telama dibandingkan dengan proses lainnya. Dapat disimpulkan bahwa cycle time pada mesin rotary table adalah 10 detik. Sedangkan machine time diambil dari pergerakan actuator yang memiliki waktu paling lama dan ditambahkan dengan waktu dari perputaran meja. Karena perputaran meja membutuhkan waktu 1 detik dan actuator yang memiliki waktu terlama adalah 8 detik, maka machine time pada mesin rotary table adalah sebesar 9 detik. Perubahan cycle time dan machine time dari proses rivet caulking sebelumnya dan setelah menggunakan mesin rotary table 4 cavity dapat dilihat pada Tabel VI.

Tabel VI. Hasil waktu setelah menggunakan rotary table 4 cavity

Waktu	Before (detik)	After (detik)
Machine time	10	9
Cycle time	26	10

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Pembuatan program manual pada PLC Mitsubishi Q02H menggunakan software GX Developer 8 dan menggunakan bahasa pemrograman diagram tangga (ladder diagram). Program yang dibuat sudah sesuai dengan urutan kerja mesin dan urutan kerja man power sehingga mesin ini tidak mengubah kualitas dari produk. Faktor safety yang dibuat pada mesin rotary table 4 cavity ini yaitu dengan pemasangan pagar yang dilengkapi dengan pemasangan perangkat input sensor light curtain berupa alat pendeteksi benda yang masuk ke area proses mesin. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi bagian tubuh operator yang masuk ke area mesin saat mesin sedang melakukan proses. Maka dengan digunakannya sensor light curtain pada mesin rotary table 4 cavity tidak mengubah nilai safety pada mesin press rivet caulking. Pengoperasian pada mesin rotary table menggunakan 2 tombol sesuai dengan standard safety pada mesin press rivet sebelumnya.

Kami menyarankan penggunaan valve 3/2 single solenoid untuk proses blow pin pada pos pin rivet. Karena valve 3/2 hanya memiliki 1 keluaran yang digunakan sehingga tidak perlu menyumbat keluaran yang tidak terpakai pada slot manifold yang digunakan untuk valve blow pin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Valencia-Palomo, J.A. Rossiter, Programmable logic controller implementation of an auto-tuned predictive control based on minimal plant information, ISA Transactions 50 (2011), pp. 92-100.
- [2] Ardi, S., Sapiih, (2015). Otomatisasi Sistem Kontrol Mesin Paint Marking Berbasis Kendali PLC dan Sistem Sensor Pokayoke pada Line WFW (Wahana Flywheel) Machining Otomatisasi Sistem Kontrol Mesin Paint Marking Berbasis Kendali PLC dan Sistem Sensor Pokayoke pada Line WFW (Wahana Flywheel) Machining, Proceeding AES 2015, UGM, Yogyakarta, Indonesia.
- [3] Ardi, S., Mada Jimmy, Rian Agustono, Design of Pokayoke Sensor Systems in Engraving Machine to Overcome Upside Defect Production using Programmable Logic Controller, Proceeding QiR 2015, Universitas Indonesia.
- [4] Ardi, S., Setyowati, Disain Sistem Kendali Mesin Air Leak Test Menggunakan Sistem Kendali PLC Omron CJ2M di HVAC (Heating, Ventilating, and Air Conditioning) Line 6, Jurnal Sinergi, Februari 2015, Universitas Mercu Buana.
- [5] Yves, Fiset J. 2009. Human-Machine Interface Design for Process Control Applications. USA: ISA.

Rancang Bangun Lampu Jalan Pintar Dengan Konfigurasi Jaringan Bus Menggunakan Sumber Daya Hybrid

Gunawan Wibisono¹, Ubay Muhammad Noor²

¹Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
Depok, 16424, Indonesia.

Email: gunawan@eng.ui.ac.id

²Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
Depok, 16424, Indonesia.

Abstract - In this study, the authors designed and implement M2M communication technology on smart street lighting system coordinator using bus network configuration with 4 end-device node and 1 coordinator based on wired communication using RS485 serial communication standart and schedulling algorithm which is equipped with light sensor and Raspberri Pi 2 so that the system is able to regulate its function automatically according to the time and environmental conditions. This system uses LED lights and apply hybrid technology that uses the energy of sunlight as its primary power source, so it is able to save on energy consumption. All the datas from sensor and node end-device then sent to the web server via internet and showed on web page. From the test results can be seen that the system has been able to work in accordance with an algorithm that is designed (sensor reading algorithm, and data communication algorithms). On data communications testing for transmitting data from end-device node to web server, obtained data reception success rate of 95.96% which means this system is valid for monitoring process. The calculation simulation results of the system efficiency obtained the total power usage efficiency of smart street lights per year is 93.05% compared to conventional street lights and 22.8% compared to LED street lights. So the smart street lighting system is much more efficient in terms of energy consumption compared to other existing street lighting system.

Keywords: M2M, street lights, Hybrid, Raspberri Pi, RS-485, schedulling algorithm, web server.

I. PENDAHULUAN

Machine to machine (M2M) adalah istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan berbagai teknologi yang memungkinkan suatu perangkat yang tersambung secara wired maupun wireless untuk dapat saling berkomunikasi tanpa perintah manusia [1]. Salah satu aplikasi yang dapat diterapkan adalah pengawasan dan pengendalian Penerangan Lampu Jalan Umum (PLJU) di sepanjang jalan raya. Seringkali kita menghadapi saat dimana lampu jalan tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Masalah yang sering muncul diantaranya: tidak menyala di kala dibutuhkan (dalam kondisi gelap mati) dan menyala tidak pada waktunya sehingga boros energi listrik. Pemakaian listrik yang boros dapat mengakibatkan pemendekan umur peralatan elektronik pada lampu jalan. Di beberapa tempat, lampu jalan yang tersebar jumlahnya banyak sehingga seringkali diabaikan dalam kondisi tidak terawat karena kekurangan sumber daya manusia dalam melakukan pengecekan rutin, dan kadang juga

terlupakan untuk menyalakan maupun mematikan lampu pada waktunya karena harus dilakukan secara manual oleh manusia.

Semakin tinggi tingkat pembangunan infrastruktur suatu daerah dengan dibangunnya jalan raya, semakin tinggi juga kebutuhan lampu jalan untuk menjaga keamanan dan kenyamanan pengguna jalan. Tercatat dari Badan Pusat Statistik (BPS) (2008) bahwa Indonesia memiliki tingkat urbanisasi yang tinggi sehingga berpengaruh juga pada tingkat pertumbuhan perumahan, gedung – gedung komersial, dan infrastruktur publik. Bahkan tahun 2010, 54 % dari total populasi indonesia tinggal di daerah perkotaan, dan diperkirakan akan mencapai 67 % pada tahun 2020 [2]. Dengan data ini kita bisa memperkirakan seberapa besar kebutuhan listrik yang diperlukan untuk memenuhi tingkat pertumbuhan seperti disebut diatas.

Dalam surat kabar Bisnis Indonesia (2011), dicatat bahwa : banyak Pemerintah Daerah yang menghadapi tunggakan dalam tagihan listriknya, misalnya saja PLN Cabang Pekanbaru sampai meminta bantuan pihak kejaksaan untuk menyelesaikan penagihan tunggakan tagihan listrik Pemerintah Kota Pekanbaru sebesar Rp35,5 miliar [3]. Begitu juga dalam surat kabar Solo Pos 2011, dicatat bahwa : Bahkan, Solo tidak hanya diberikan peringatan, tetapi juga dimatikan aliran listrik untuk penerangan jalan umum (PJU) sebanyak 17.000 PJU untuk memberikan efek kejut, sehingga akhirnya Walikota Solo membayarkan tagihan listrik tersebut kepada PLN [3].

Melihat kondisi ini, penghematan pemakaian listrik untuk PLJU perlu segera dilakukan. Pengawasan dan pengendalian otomasi PLJU dengan memanfaatkan teknologi M2M akhir – akhir ini mulai banyak diteliti berbagai kalangan dengan bermacam – macam metode. Hal ini diharapkan dapat membantu para teknisi dan pemerintah yang bertugas mengurus PLJU sehingga lampu jalan yang seringkali terlupakan ini dapat semakin bermanfaat bagi masyarakat.

Skripsi ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem lampu jalan wired dengan konfigurasi bus menggunakan standar RS485 yang memerlukan biaya lebih sedikit jika dibandingkan dengan Zigbee dan memiliki kapasitas jumlah node terbanyak dibandingkan dengan standar komunikasi serial bus yang lain. Dengan begitu sistem ini menawarkan biaya perawatan yang lebih rendah, tingkat efektifitas dan efisiensi yang lebih tinggi daripada sistem lampu jalan konvensional.

II. PERANCANGAN

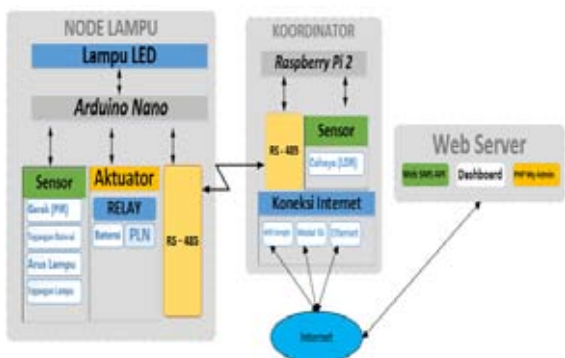
Sistem ini secara keseluruhan terdiri atas 4 *node* lampu dengan topologi *bus* dilengkapi dengan berbagai sensor sebagai alat otomasinya. Adapun sensor yang dipakai ialah sensor arus, sensor tegangan, sensor cahaya menggunakan LDR (*Light Dependent Resistor*), dan sensor gerak menggunakan PIR (*Passive InfraRed*).

Pada sistem ini lampu jalan akan menyala secara otomatis saat waktu menunjukkan pukul 18:00 dan kondisi di sekitarnya gelap dengan intensitas cahaya lampu redup pada malam hari atau keadaan gelap. Apabila di sekitar lampu terdeteksi terdapat gerakan manusia maka lampu akan menyala dengan terang (penuh).

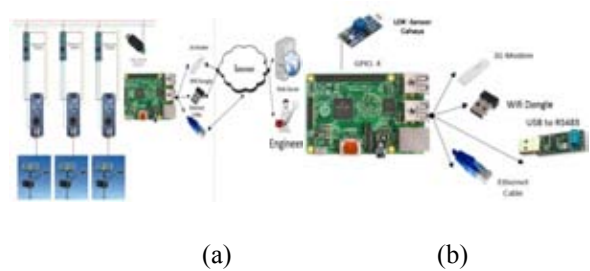
Sumber daya utama dari sistem ini memanfaatkan teknologi *photovoltaic* atau panel surya dimana sinar matahari diubah ke energi listrik dan kemudian disimpan dalam baterai. Apabila kapasitas baterai yang digunakan untuk menyuplai sistem dibawah ambang batas yang ditentukan (tegangan baterai dibawah 12 V), maka sistem pencatutan lampu secara otomatis akan menggunakan sumber daya dari PLN.

Untuk melakukan pengawasan, sistem akan mengirimkan data yang berasal dari *end-device* ke koordinator menggunakan protokol RS-485. Data ini berisi informasi mengenai lampu jalan itu sendiri dan hasil bacaan sensor-sensor yang di letakkan pada lampu jalan secara umum yang berupa ID lampu, besar arus yang mengalir pada lampu, tegangan lampu, kapasitas baterai, status nyala lampu, status aktif PIR, sumber daya yang digunakan (baterai atau PLN) dan status rusak lampu. Data tersebut selain dapat membantu dalam proses pengawasan dan pengendalian secara cepat dan akurat, juga disimpan dalam sistem penyimpanan data (*database*) sebagai dokumentasi yang dapat dimanfaatkan untuk evaluasi terhadap kinerja sistem. Setelah semua data dari setiap *node* yang dibawahnya terkumpul tugas koordinator adalah melakukan pengiriman data ke *server*. Ada tiga alternatif mode pengiriman data yaitu melalui Ethernet, *WiFi*, dan 3G dengan *setting default*-nya adalah menggunakan 3G.

Dengan adanya sistem M2M pada lampu jalan ini diharapkan dapat lebih memudahkan dalam pengoperasian dan pengawasan lampu penerangan jalan umum.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem



Gambar 7. Skema (a) Sistem (b) Koordinator

Kordinator berfungsi untuk

1. Membaca nilai parameter sensor LDR yang diperoleh dari kondisi lingkungan sekitar.
2. Membaca dan menjalankan fungsi penunjuk waktu yang berasal dari RTC pada Raspberry.
3. Menentukan dan memerintahkan node untuk menghidupkan atau mematikan lampu berdasarkan bacaan RTC dan sensor LDR.
4. Mengumpulkan data yang berasal dari node, mencatatnya, memprosesnya dan menyimpannya pada memori internal.
5. Mengirimkan data-data tersebut via Wifi/3G/LAN ke internet (Web).
6. Apabila terjadi kerusakan pada lampu, koordinator akan mengirimkan notifikasi ke (Web). Selanjutnya Web melalui *freesms4us.com* API akan mengirim SMS notifikasi ke Engineer.

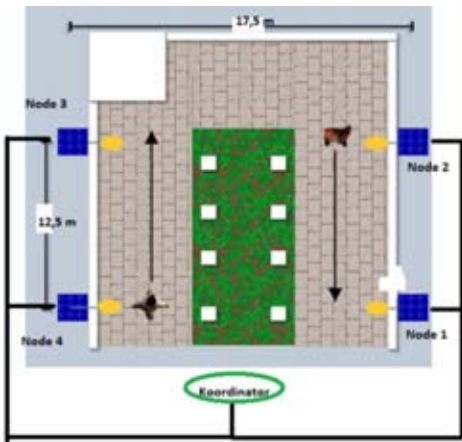
Algoritma pada koordinator terdiri atas beberapa algoritma, yaitu algoritma mematikan atau menyalakan lampu secara broadcast, algoritma perintah update data ke node, algoritma pembacaan data dari node, algoritma parsing data, algoritma deteksi node mati/down, algoritma deteksi baterai/lampu pada node rusak, algoritma penyimpanan data ke memory external koordinator dan algoritma pengiriman data ke database web server. Semua algoritma ini ditulis dalam bahasa pemrogramn Python 2.7.

III. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian algoritma fungsi kerja sistem dilakukan sepanjang hari. Hal tersebut dilakukan untuk melihat kinerja sistem dalam mengatur pengoperasian lampu serta melihat perbedaan parameternya ketika lampu padam (pada pagi dan siang hari) dan ketika lampu menyala (pada malam hari).

Pengujian dilakukan juga untuk melihat apakah algoritma sistem dapat mendeteksi error dengan baik dan benar serta memberitahukan kepada Engineer apabila terjadi error dan konfirmasi apabila perbaikan telah dilakukan.

Pengujian akan dilakukan menggunakan 4 (empat) lampu (3 hybrid dan 1 PLN) dan 1 (satu) koordinator yang dipasang di ruangan terbuka (*outdoor*) dengan formasi penempatan node seperti pada Gambar 10. Jarak antara koordinator dengan node end-device 1-4 secara berturut-turut adalah 12,5 m, 25 m, 25 m, 12,5 m.



Gambar 10. Formasi penempatan node pada pengujian

Tabel 2. menunjukkan hasil pengujian yang dilakukan.

Tabel 2. Data hasil pengujian

Data diambil dari jam 15.48 – 15.36 (23 Jam 48 Menit)									
Node	Jumlah Paket yang dikirim dari Node	Jumlah Paket Data Berhasil Diterima Koordinator dari Node	Jumlah Paket Data Berhasil Diterima web server dari koordinator	Status LDR		Status Lampu		Status Sumber Daya	
				Terang	Gelap	On	Off	Baterai	PLN
Node 1	318	303	301	158	145	145	158	303	0
Node 2	314	314	311	157	157	157	157	314	0
Node 3	314	312	311	155	157	157	155	312	0
Node 4	312	302	310	145	157	157	145	0	302

Dari Tabel 2. terlihat bahwa jumlah paket data yang diterima dan berhasil diunggah ke server berbeda untuk setiap node. Node 1 mempunyai jumlah paket data tersedikit yang berhasil diterima dan diunggah dibandingkan node lainnya. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya kegagalan pada saat proses penerimaan dan pengunggahan data ke server. Salah satu penyebab terjadinya kegagalan dalam proses pengunggahan adalah lemahnya atau hilangnya sinyal 3G pada saat sistem akan mengunggah data. Dari Tabel 2. juga diperoleh data yang menunjukkan bahwa kinerja LDR dengan status lampu telah sesuai. Hal ini terlihat dari jumlah data yang sama antara status LDR dan status lampu, dimana ketika LDR mendeteksi kondisi gelap maka lampu akan menyala dan ketika LDR mendeteksi kondisi terang maka lampu akan padam.

Dalam pengujian, digunakan 4 (empat) node yang dikonfigurasi sebagai node end-device yang terintegrasi pada fisik lampu jalan dan 1 (satu) node yang dikonfigurasi sebagai koordinator yang tidak terintegrasi pada fisik lampu jalan. Koordinator terintegrasi dengan modul konverter USB to RS485 untuk berkomunikasi dengan node end-device dan Wifi dongle untuk mengirimkan data ke server. Dalam algoritma komunikasi data, koordinator akan mengirimkan permintaan data kepada semua node setiap 4 (empat) menit sekali. Permintaan akan dilakukan secara

bergiliran satu per satu dalam 4 (empat) menit, dimulai dari node 1 (node pertama) selanjutnya node 2 (node kedua), node 3 (node ketiga) sampai dengan node 4 (node keempat). Pengujian dilakukan untuk melihat apakah node end-device mampu mengirimkan data informasi miliknya kepada koordinator setiap 4 menit. Dari pengujian akan dianalisa kehandalan tanggapan node end-device dalam mengirimkan data secara periodik serta keakuratan data yang dikirimkan. Tabel 3. adalah data hasil pengujian komunikasi data dari node end-device ke koordinator.

Tabel 3. Hasil pengujian komunikasi data node end-device dan koordinator

Data diambil dari jam 15.48 – 15.36 (23 jam 48 menit)					
	Jumlah Paket Data Valid yang Harusnya Dapat Diterima Web Server	Jumlah Paket Data Valid yang Dapat Diterima Koordinator	Jumlah Paket Data Valid yang Diterima Web Server	Jumlah Paket Data yang Cagal diterima Web Server	Tingkat Keberhasilan Penerimaan dan Pengunggahan Paket Data (%)
Node 1	318	303	286	32	89.937107
Node 2	314	314	311	3	99.044586
Node 3	314	312	309	5	98.407643
Node 4	312	302	301	11	96.474359
Rata-rata				12.75	95.96592

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan sesuai dengan algoritma komunikasi yang dirancang serta dengan jumlah data yang dikirimkan sesuai dengan skenario implementasi (29 byte) tersebut, diperoleh hasil yang baik dengan tingkat keberhasilan 95.96%. Jumlah paket data yang diterima oleh koordinator dari tiap node berbeda-beda diakibatkan pada proses pengambilan data terdapat beberapa kendala seperti koordinator yang freeze atau mati tiba-tiba dan tidak dapat menjalankan program (hal ini mungkin diakibatkan beratnya beban arus yang ditanggung karena pada koordinator dipasangkan beberapa perangkat seperti monitor, mouse, keyboard, wifi dongle dan USB to RS485 converter pada saat proses pengambilan data sedangkan koordinator hanya disuplai dengan adapter arus 1.8 A yang merupakan spesifikasi minimum dari pabrikan) dan koneksi dengan node yang tiba-tiba terputus sehingga sistem harus di restart ulang. Dari 312-318 jumlah data yang disampling, rata-rata hanya 13 (pembulatan ke atas dari 12.75) jumlah data yang gagal diunggah ke server. Kegagalan penerimaan data dapat diakibatkan karena 3 (tiga) faktor, yaitu karena kegagalan pada proses pengiriman data oleh RS485, kegagalan pada proses pengunggahan data ke server akibat lemah / hilangnya sinyal 3G, sehingga data tidak masuk ke database dan kegagalan akibat web server salah menginterpretasikan data yang dikirimkan oleh koordinator akibat terdapat error pada data tersebut.

Jika dibandingkan dengan total data (node 1 -4 digabung) yang seharusnya diterima (1258 data), hanya 2.15% data yang gagal diterima akibat kegagalan pengiriman data oleh RS485, 0.87% data gagal diterima akibat kegagalan proses pengunggahan ke server via jaringan 3G dan 1.03% data yang gagal diterima akibat kesalahan interpretasi web server seperti yang digambarkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Diagram pie overview komunikasi data dari semua node (4 node)

Pada penelitian sebelumnya [10] jarak antar lampu yang digunakan adalah 80 m. Kecepatan transmisi data RS485 pada jarak tersebut berkisar antar 1 – 2 Mbps (tanpa repeater) yang mana nilai tersebut jauh lebih besar dibandingkan 232 (29 byte * 8 bit) bps, sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan RS485 jarak antar node end-device lampu bukan lah merupakan suatu batasan selama jarak antara koordinator dengan node end-device terjauhnya masih berada dibawah 1200 m.

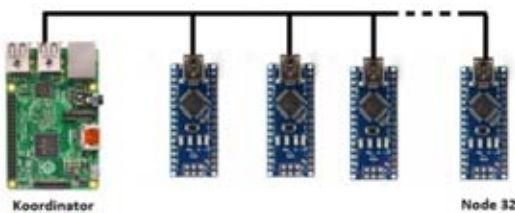
Batasan jarak antar node end-device muncul karena jumlah divais yang mampu digunakan pada suatu sistem bus RS485 hanyalah 32 divais untuk setiap cluster sehingga jika sistem koordinator dan end-device disusun menggunakan topologi bus dengan koordinator berada di ujung jaringan bus seperti pada Gambar 13, jarak efektif antar node adalah sebesar:

$$\text{Jarak Antar Node} = 1200 / \text{Jumlah Divais} \quad (2)$$

$$\text{Jarak Antar Node} = 1200 / 32$$

$$\text{Jarak Antar Node} = 37,5 \text{ m}$$

Jarak efektif antar node end-device dan antara koordinator dan node end-device terdekat jika disusun secara bus dengan koordinator berada diujung adalah 37,5 m.



Gambar 13. Koordinator pada ujung jaringan

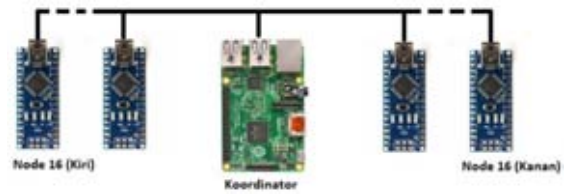
Namun apabila disusun secara bus dengan koordinator berada ditengah jaringan (masing– masing sisi terdiri atas 16 node) seperti pada Gambar 14 sehingga distribusi daya yang diberikan oleh koordinator kepada node end device dapat lebih merata dan efisien, jarak efektif antar node end-device adalah sebesar:

$$\text{Jarak Antar Node} = 1200 / \text{Jumlah Divais} \quad (3)$$

$$\text{Jarak Antar Node} = 1200 / 16 \text{ (untuk masing-masing sisi)}$$

$$\text{Jarak Antar Node} = 75 \text{ m}$$

Jarak efektif antar node end-device dan antara koordinator dan node end-device terdekat jika disusun secara bus dengan koordinator berada diujung adalah 75 m.



Gambar 14. Koordinator pada tengah jaringan

Terdapat 5 jenis notifikasi yang dapat dilakukan yaitu, notifikasi kegagalan koneksi dengan node, rusak lampu, rusak baterai, rusak lampu & baterai, koneksi koordinator. Tingkat keberhasilan notifikasi yang dicapai sebesar 100%. Gambar 15 menggambarkan contoh notifikasi yang masuk.



Gambar 15. Notifikasi SMS

IV. KESIMPULAN

1. Telah berhasil merancang bangun dan mengimplementasikan sistem lampu jalan pintar yang berbasis sistem hybrid serta jaringan sensor dengan kabel menggunakan RS485 dengan konfigurasi jaringan bus.
2. Nilai arus dan tegangan rata-rata pada saat lampu padam adalah sebesar 0 A dan 0 Volt. Sedangkan nilai arus dan tegangan rata-rata pada saat lampu menyala redup dan terang berturut-turut adalah sebesar 1.175 A dan 11.14 Volt serta 1.43 A dan 11.99 Volt.
3. Tingkat keberhasilan penerimaan data sebesar 95.96%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem ini dapat digunakan untuk proses monitoring secara valid. Kegagalan penerimaan data dapat diakibatkan karena 3 (tiga) faktor, yaitu karena kegagalan pada proses pengiriman data oleh modul RS485, kegagalan pada proses pengunggahan data ke server akibat lemah /

- hilangnya sinyal 3G dan kegagalan akibat salah penginterpretasian data yang masuk ke web server.
4. Jarak efektif maksimum komunikasi sistem antara koordinator dan node end-device terdekatnya dan antar node end-device adalah 75 meter dengan menempatkan koordinator di tengah jaringan.
 5. Sistem mampu mendeteksi setiap kerusakan maupun error yang terjadi dan melaporkannya via SMS. SMS yang dikirimkan kepada teknisi tidaklah Real Time dengan delay rata-rata sebesar 3 menit 12 detik yang mana nilai tersebut masih dibawah 4 menit sehingga teknisi dapat mengetahui bahwa sudah terjadi kerusakan sebelum proses update data selanjutnya. Tingkat keberhasilan notifikasi via SMS 100%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Margaret, "M2M Communication". 1 Februari 2016. <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/machine-to-machine-M2M>.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, "Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan," 2008.
- [3] BKF: Ramadhan Harisman, dkk GIZ: Muhammad Handry Imansyah, Phillip Munzinger dkk, "Desain Mekanisme Pembiayaan Lampu Penerangan Jalan Umum Hemat Energi LED Untuk Pemerintah Daerah," Kementerian Keuangan Republik Indonesia, Badan Kebijakan Fiskal, Pusat Kebijakan Pembiayaan Perubahan Iklim dan Multilateral, Jakarta, Melalui Proyek: Policy Advice for Environment and Climate Change 2013.
- [4] Raspberry-Pi, "Raspberry-Pi Model 2 B". 1 April 2016. <https://www.raspberrypi.org/products/Raspberry-Pi-2-model-b/>.
- [5] Raspberry-Pi, "Raspberry-Pi Model 2 B pin". 1 April 2016. <http://i.stack.imgur.com/sVvsB.jpg>.
- [6] Sr Karthiga, "LDR Using Arduino Mega 2560". 1 April 2016. <http://www.c-sharpcorner.com/UploadFile/7d4524/ldr-using-arduinomega2560/>.
- [7] Matt, "Reading Analogue Sensor With One GPIO Pin". 1 Mei 2016. <http://www.raspberrypi-spy.co.uk/2012/08/reading-analogue-sensors-with-one-gpio-pin/>.
- [8] Topologi Bus, "Topologi Bus". 2 Juni 2016. <https://sundanesisilk.files.wordpress.com/2011/10/topologi-bus.jpg>.
- [9] RS485 .Waveform, "RS485". 10 Juni 2016. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f2/RS-485_waveform.svg/487px-RS-485_waveform.svg.png.
- [10] Bayhaki, A (2015) "Rancang Bangun dan Implementasi Sistem Lampu Jalan dengan Konfigurasi Jaringan Ad - Hoc".

Rancang Bangun Antena Helix 8 lilitan Untuk Aplikasi Sistem Autotracking Antena Berbasis Signal Strength Pada Sudut Azimuth Sebagai Penjejak UAV (Unmanned Aerial Vehicle)

Yenniwarti Rafsyam¹, Jonifan², Panji Ibrahim Nurrachmat³

^{1,3} Program Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta
Depok, Kode Pos, Indonesia.

Email: yennirafsyam@gmail.com

² Universitas Gunadarma.
Depok. Jakarta. Indonesia.

Abstract - Technological developments have already penetrated low current at the time of flight of unmanned or commonly called the Unmanned Aerial Vehicle (UAV), which humans no longer need to make direct contact with the spacecraft flight to fly missions such as air monitoring in the form of realtime video. In doing missions flown required good communication and stable in order to avoid loss of signal during the communication process takes place. So we need a reliable telecommunications equipment to meet these needs, one of which is the antenna. In this final project designed three pieces of helix antenna coil 8 which works at a frequency of 5.8 GHz for applications based Autotracking antenna signal level. Systematics design includes mechanisms of designing antenna design simulation results using CST Microwave Studio Software, fabrication, measurement parameters such as return loss, VSWR, gain, Bandwidth and Radiation Pattern, peformansi Testing and application of antenna. 1 helix antenna measurement results obtained value -17.84 dB Return Loss, VSWR 1.294, 14.53 dB Gain, Bandwidth 300 MHz. 2 helix antenna obtained value -17.31 dB Return Loss, VSWR 1.315, 15.49 dB Gain, Bandwidth 300 MHz, Helix Antenna 3 obtained value -18.88 dB return loss, VSWR 1.256, 15.97 dB Gain, Bandwidth 240 MHz and shaped radiation pattern unidirectional. The test results Autotracking Antenna system based signal levels have a pretty good angle accuracy with a percentage error of the corner angle toward the target of 0.83%.

Keywords: Helix, Frekuensi 5.8 GHz Receiver video transmission, Autotracking Antenna, Bandwidth, Gain, Return Loss, VSWR, radiation pattern.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi penerbangan saat ini sudah merambah pada era penerbangan tanpa awak atau biasa disebut dengan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), dimana manusia tidak lagi perlu melakukan kontak langsung dengan wahana terbangnya untuk melakukan misi terbang ringan seperti pemantauan udara berupa video *realtime*. Seorang pilot UAV memberikan perintah terbang dan melakukan pemantauan pada satu *station* yang disebut *Ground Control Station* (GCS).

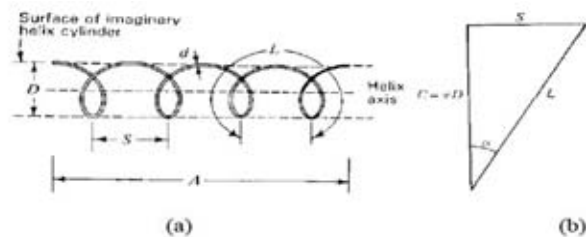
UAV dan GCS melakukan komunikasi melalui media transmisi udara yaitu gelombang radio. Dalam melakukan misi terbang dibutuhkan komunikasi yang baik dan stabil agar tidak terjadi *loss signal* selama proses komunikasi berlangsung. Maka dibutuhkan perangkat telekomunikasi

yang handal untuk memenuhi kebutuhan tersebut, salah satunya adalah Antena. Antena berperan penting dalam menjalin komunikasi *nirkabel* karena antena berfungsi sebagai media pengubah energi listrik menjadi gelombang elektromagnetik yang merambat diudara.

Dalam Tugas Akhir ini jenis antena yang dipilih adalah Antena Helix 8 lilitan yang tujuannya dapat diaplikasikan sebagai *Autotracking Antena* dan penerima sinyal video.

Antena helix merupakan antena yang memiliki bentuk tiga dimensi. Bentuk dari antena helix mempunyai per atau pegas dengan diameter lilitan serta jarak antar lilitan berukuran tertentu.

Helix merupakan kombinasi bentuk garis lurus, persegi atau lingkaran, dan silinder. Antena Helix atau Helical adalah suatu antena yang terdiri dari 'conducting wire' yang dililitkan pada media penyangga berbentuk helix. Antena helix, ditemukan oleh John Kraus (W8JK), dapat dianggap sebagai akhir kesederhanaan genius sejauh desain antena yang bersangkutan. Khusus untuk frekuensi di kisaran 2-5 GHz desain ini sangat mudah, dan praktis. Antena helix mempunyai bentuk tiga dimensi, dapat dilihat seperti pada Gambar 1



Gambar 1. Bentuk Dasar Antena Helix

Sumber : Ballanis C.A, Antenna Theory 3rd edition

- D = diameter antena helix
- C = circumference (keliling) dari helix = πD
- S = jarak antar lilitan
- α = sudut jepit (pitch angle)
- L = panjang dari 1 lilitan
- n = jumlah lilitan
- A = axial length = nS
- D = diameter konduktor helix

II. METODE PENELITIAN

Tahap yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini terdiri dari 3 tahapan. Tahapan pertama membuat perhitungan dimensi antenna menggunakan formula yang sudah ditetapkan. Tahapan kedua perancangan menggunakan Software, dalam Tugas Akhir ini software yang digunakan adalah CST Microwave Studio dan tahapan ketiga pembuatan atau realisasi antenna.



Gambar 2. Diagram alir perancangan antenna

Pembuatan antenna menggunakan Plat aluminium ketebalan 1.5 mm sebagai reflektor, Kawat tembaga email diameter 1 mm sebagai lilitan dengan tabung menggunakan pipa PVC, dan menggunakan konektor RP-SMA male. Sebagai penerima transmisi video. Antena yang dirancang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Parameter	Nilai
Frekuensi Kerja	5,8 GHz
Return Loss	< -10 db
VSWR	< 2
Polaradiasi	Unidirectional
Gain	>10 db
Software Simulasi	CST Microwave Studio 2014

III. PERANCANGAN ANTENA HELIX 8 LILITAN

Antena ini terdiri dari 3 elemen utama, yaitu bagian *GroundPlane*, bagian lilitan *helix*, dan bagian konektor antenna. *GroundPlane* berfungsi sebagai elemen reflektor antenna yang akan memantulkan sinyal datang ke arah elemen lilitan. Lilitan berfungsi sebagai elemen peradiasi gelombang yang dapat memancarkan atau menerima gelombang dari satu arah. Konektor berfungsi sebagai penghubung antara antenna dengan perangkat penerimanya.

Sebelum menghitung dimensi antenna, terlebih dahulu menentukan panjang gelombangnya. Dengan menggunakan persamaan (1) maka diperoleh panjang gelombang antenna helix 8 lilitan sebesar :

$$\lambda = \frac{c}{fc} = \frac{3 \times 10^8}{5.8 \times 10^9} = 0.517 \text{ m} = 5.17 \text{ cm} \quad (1)$$

Kemudian menghitung Diameter lilitan helix dengan menggunakan persamaan (2) berikut :

$$D = \frac{\lambda}{\pi}$$


$$D = 1,65 \text{ cm} \quad (2)$$

Selanjutnya menghitung keiling lilitan(C) yang merupakan nilai keiling dari satu buah lilitan. Dapat dihitung dengan persamaan (3) berikut :

$$C = \pi D$$

$$C = 3,14 \times 1,65 \text{ cm}$$

$$C = 5,18 \text{ cm}$$

Kemudian menghitung Spasi (S) yang merupakan jarak antar lilitan yang memisahkan satu lilitan dengan lilitan lainnya. Besar nilai spasi diperoleh dengan persamaan (4) berikut :

$$S = 0,25 \cdot C$$

$$S = 0,25 \times 5,18 \text{ cm}$$

$$S = 1,29 \text{ cm}$$

Selanjutnya menghitung Panjang Antena (A) yang merupakan panjang antenna dari ujung lilitan pertama sampai terakhir. Dapat diperoleh dari persamaan (5) berikut :

$$A = n \cdot S$$

$$A = 8 \times 1,29 \text{ cm}$$

$$A = 10,32 \text{ cm}$$

Kemudian menghitung Panjang satu lilitan (L) Dapat diperoleh dengan persamaan (6) berikut :

$$L = \sqrt{C^2 + S^2}$$

$$L = \sqrt{5,18^2 + 1,29^2}$$

$$L = \sqrt{26,8324 + 1,6641} \quad (6)$$

$$L = 5,34 \text{ cm}$$

Setelah menghitung panjang satu lilitan, maka dapat diperoleh panjang total lilitna (Lt) dapat diperoleh dengan persamaan (7) berikut :

$$Lt = n \times L$$

$$Lt = 8 \times 5,34 \text{ cm}$$

$$Lt = 42,72 \text{ cm} \quad (7)$$

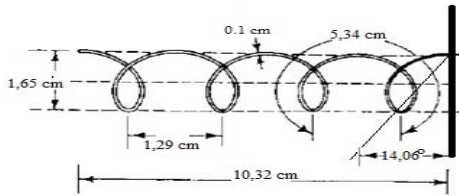
Kemudian terakhir menghitung sudut pitch yang merupakan lekukan kawat tembaga pada lilitan pertama. Dapat diperoleh dengan persamaan (8) berikut :

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{S}{C} \right)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{1,29}{5,18} \right)$$

$$\alpha = 14,06^\circ \quad (8)$$

Dengan pehitungan di atas, maka didapat desain antenna secara keseluruhan terlihat seperti pada Gambar 3.

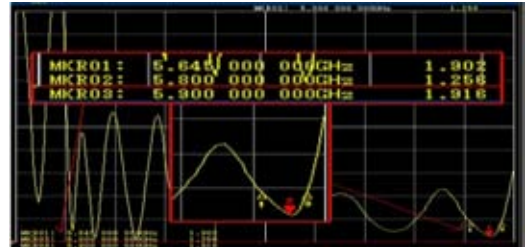


Gambar 3. Sketsa desain hasil perhitungan

$$\begin{aligned}
 BW &= F_{Upper} - F_{Lower} \\
 &= 5900 \text{ Mhz} - 5660 \text{ Mhz} \\
 &= 240 \text{ Mhz}
 \end{aligned}$$

Didapat lebar *Bandwidth* dari antenna helix 1 yaitu sebesar 300 Mhz yang artinya antenna helix 1 dapat berfungsi baik pada rentang frekuensi 5,66 GHz – 5,9 GHz.

4.3 Pengukuran VSWR



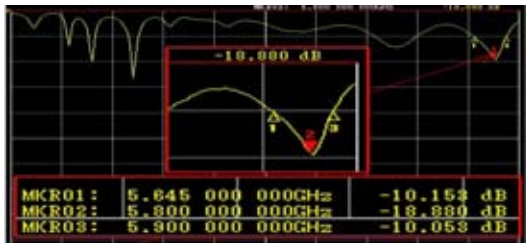
Gambar 6 Grafik hasil pengukuran VSWR Antena Helix

Pada Gambar 6 menunjukkan grafik dari hasil pengukuran VSWR antenna Helix 3 pada frekuensi kerja antenna, yakni 5,8 GHz. Nilai VSWR yang didapat sebesar 1,256.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran Return Loss

Hasil pengukuran untuk parameter *return loss* di ketiga antenna helix pada frekuensi 5,8 GHz adalah sebagai berikut :



Gambar 4 Hasil Pengukuran Return Loss Antena Helix

Pada Gambar 4 menunjukkan grafik dari pengukuran parameter *return loss* dari antenna helix 3 dan didapat nilai *return loss* sebesar -18,880 dB.

4.2 Pengukuran Bandwidth

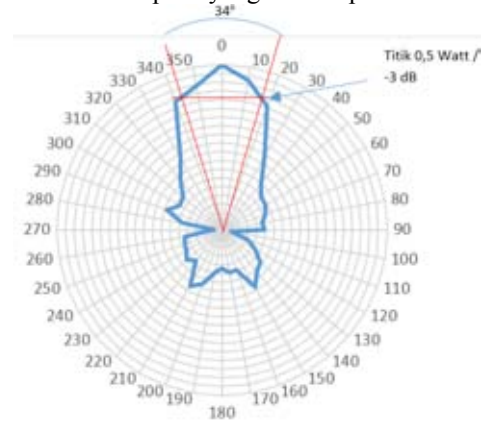


Gambar 5 Grafik Pengukuran Bandwidth Antena Helix 3

Pada Gambar 5 terlihat letak frekuensi *Lower* berada pada frekuensi 5660 MHz dan frekuensi *Upper* berada pada frekuensi 5900 MHz sehingga Lebar *Bandwidth* dapat dihitung dengan persamaan berikut :

4.4 Pengukuran Polaradiasi dan HPBW

Dari hasil pengujian pola radiasi ketiga antenna helix kemudian diolah ke dalam bentuk grafik untuk mempermudah melihat nilai HPBW dan untuk mendapatkan bentuk pancaran sinyal antenna Helix seperti yang terlihat pada Gambar 7



Gambar 7. Pola Radiasi & HPBW antenna helix 3

Dari Gambar 7 diketahui bahwa nilai HPBW yang dimiliki oleh antenna helix 3 adalah sebesar 34°.

4.5 Pengukuran Gain

Gain Antena Helix didapatkan dengan membandingkan level sinyal yang didapat dari hasil pembacaan pada *spectrum analyzer* saat antenna berada pada sisi penerima. Untuk dapat

mengetahui besarnya *gain* yang dimiliki ketiga antenna helix Antena *helix* dapat digunakan persamaan (10) berikut :

$$Gain = Pr_1 - Pr_2 + G_{ref}$$

$$Gain \text{ Antena Helix 1} = -35.80 - (-38.33) + 12 = 14,53 \text{ dB}$$

$$Gain \text{ Antena Helix 2} = -35.12 - (-38.61) + 12 = 15,49 \text{ dB}$$

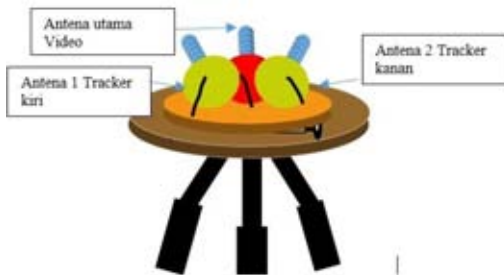
$$Gain \text{ Antena Helix 3} = -36.00 - (-39.97) + 12 = 15,97 \text{ dB}$$

Dari persamaan diatas dapat dilihat persamaan untuk mengetahui nilai *gain*, dimana Pr_1 merupakan *power receive* dari Antena helix sebagai antenna yang penerima yang diuji. Dan selanjutnya Pr_2 merupakan *power receive* dari antenna *horn* sebagai antenna referensi. Kemudian G_{ref} merupakan *gain* referensi yang dimiliki antenna *horn*, yakni sebesar 12dB. Hasil dari pengukuran melebihi spesifikasi yang telah direncanakan sebelumnya, yaitu > 10 dB, sehingga antenna mampu bekerja baik dengan *gain* pada frekuensi kerja 5,8 GHz.

4.6 Pengujian Fungsi Antena Sebagai Sistem Autotracking Antena

• Deskripsi Fungsi alat

Alat ini berfungsi sebagai penjejak/penggerak antenna yang berada pada sisi *Ground Control Station* untuk dapat mengunci signal dan mengikuti arah terbang pesawat UAV agar tidak terjadi *loss signal* ketika pesawat UAV melakukan misi terbang. Antena *helix* 8 lilitan yang di buat berfungsi sebagai penentu arah datangnya signal pada frekuensi 5,8 Ghz. Antena tracker berbasis kekuatan signal ini menggunakan 1 buah *transmitter* dimana terdapat 1 buah antenna *monopole* dengan bentuk pola *omnidirectional* yang dipasang di sisi pesawat UAV, dan 3 buah *receiver* yang terdiri dari 3 buah antenna *Unidirectional* yaitu berupa antenna *helix* yang di pasang di sisi *GCS*. Koneksi dihubungkan secara *point to multipoint*. Konstruksi pemasangan antenna *helix* disusun menyerupai bentuk trisula seperti dapat dilihat pada Gambar 8.

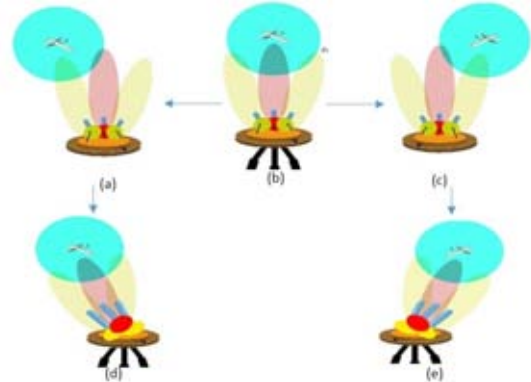


Gambar 8. Ilustrasi alat

• Cara Kerja Sistem

Alat ini bekerja dengan cara membandingkan kekuatan signal yang dikirim dari *transmitter* di sisi UAV dan diterima







oleh kedua *receiver* (kanan & kiri) di sisi *GCS*. Kekuatan signal *receiver* kanan dan *receiver* kiri akan dibandingkan dengan rangkaian komparator op-amp dan dilanjutkan ke rangkaian *tracker*, kemudian menggerakkan servo sesuai dengan arah pergerakan dari *transmitter*. Logikanya adalah jika signal *receiver* kanan lebih besar dari *receiver* kiri, maka servo akan menggerakkan antenna kearah kanan dan apabila *receiver* kiri lebih besar dari *receiver* kanan maka servo akan menggerakkan antenna ke arah kiri. Pada saat kekuatan signal dikedua *receiver* menunjukkan angka yang sama atau menunjukkan perbandingannya 1:1 maka artinya antenna sudah mengarah tepat kepada *transmitter* di sisi UAV. Sebagaimana pada Gambar 9 merupakan ilustrasi cara kerja antenna *tracker*.



Gambar 9. Ilustrasi cara kerja alat

Pada gambar 9 terlihat ilustrasi cara kerja alat yaitu (a) Antena *helix* kiri menerima signal lebih besar dari antenna *helix* kanan, (d) maka antenna *tracker* akan bergerak kearah kiri. Dan sebaliknya (c) jika Antena *helix* kanan menerima signal lebih besar dari antenna *helix* kiri, (e) maka antenna *tracker* akan bergerak kearah kanan. Antena *tracker* akan terus bergerak sampai pada saat kekuatan signal dikedua *receiver* menunjukkan angka yang sama atau menunjukkan perbandingannya 1 yang artinya antenna sudah mengarah tepat kepada *transmitter* di sisi pesawat UAV,

• Hasil pengujian fungsi antenna dan analisa

Sudut yang di tuju (derajat)	Sudut Hadap (busur antenna tracker)	Sudut kesalahan
0°	 1°	1°
30°	 31°	1°
60°	 63°	3°
90°	 90°	0°
270°	 269°	1°
300°	 299°	1°

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Antena Helix 1 bekerja baik pada rentang frekuensi 5.7 GHz – 6 GHz dengan nilai return loss -17.84 dB, VSWR 1.294, Gain 14.53 dB, dan Pola radiasi Unidirectional
2. Antena Helix 2 bekerja baik pada rentang frekuensi 5.72 GHz – 5.84 GHz dengan nilai return loss -17.31 dB, VSWR 1.315, Gain 15.49 dB, dan Pola Radiasi Unidirectional
3. Antena Helix 3 bekerja baik pada rentang frekuensi 5.66 GHz – 5.9 GHz dengan nilai return loss -18.88 dB, VSWR 1.256, Gain 15.97 dB, dan pola radiasi Unidirectional.
4. Pada pengujian sistem Autotracking Antena berbasis level signal memiliki sudut keakuratan yang cukup baik dengan presentase kesalahan sudut hadap terhadap sudut yang dituju sebesar 0,83%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Balanis, Constantine A. 2005. "Antenna Theory Analysis and Design 3rd Edition". New York. Wiley-Interscience.
- [2] Bardwell, Joe. 2002. "Converting Signal Strength Percentage to dBm Values". Canada.
- [3] Irianto A, Betty S, dan Soerowirdho B. 2011. "Perancangan Antena Helix Untuk Frekuensi 2,4,4 GHz". Depok. Jurnal mahasiswa Teknik Elektro Universitas Gunadarma
- [4] Megasakti, MC. 2010. "Rancang Bangun Auto Tracking Dengan Menggunakan Microcontroller GPS, SAT Finder dan Digital Compas untuk Sinkronisasi Azimuth Antena Terhadap Satelit Cakrawarta-2". Depok. Skripsi mahasiswa Teknik Elektro Universitas Indonesia

Dari data hasil percobaan diatas menunjukkan pengujian sudut hadap antenna tracker terhadap sudut yang dituju, hasil yang didapatkan dari beberapa sudut masih terdapat kesalahan dengan sudut kesalahan terbesar sebesar 3o dengan presentase kesalahan yang didapat adalah sebesar 0,83% .

Sistem Proteksi PLTS On Grid Terhadap Gangguan Jaringan Tegangan Menengah Di Gili Trawangan

Heri Suyanto¹

¹ Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik – PLN
Jakarta, 11750, Indonesia
Email: heri.suyanto@yahoo.com

Abstract - To carry out its role as a supplier of power that is directly connected to a system of electric power, the Center for Solar Power Plant (PLTS) connected to the network (on the grid) requires a safety system that is reliable for tackling the possibilities of outside interference that occurs on the network side SUTM electrical system utilities (PLN) Gili Trawangan. These disorders include disorders overcurrent and overvoltage disturbances. Device grid inverter solar power on the grid must be able to be protected from the effects caused by disturbances in the electricity network because it is the main device in the solar systems on the grid and be at the forefront in the installation of solar power which are interconnected directly to the network's electrical system utility (grid) medium voltage. This paper emphasized on the type and performance and completeness PLTS protection system on the grid in Gili Trawangan with the aim to study and investigate the completeness of the safety system design that protects the device grid solar power inverter. The method of analysis in this research is to conduct a review into the location of the SPP is then compared with the results of simulation calculations mathematically interference in optimal working condition.

Keywords: solar power on the grid, a system disruption, protection systems, grid inverter

I. PENDAHULUAN

Gili Trawangan adalah sebuah pulau wisata terkenal di sebelah barat laut pulau Lombok, provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB). Sistem kelistrikkannya merupakan sistem mandiri dengan pembangkit listrik diesel yang kemudian menyalurkan tenaga listrik melalui jaringan distribusi Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) sepanjang 11 kms ke gardu distribusi yang selanjutnya menyalurkan tenaga listrik tersebut ke jaringan tegangan rendah untuk menyuplai ke konsumen yang umumnya bergerak di bidang bisnis pariwisata dan rumah tangga. Dalam mengurangi pemakaian BBM untuk menekan Biaya Pokok Produksi (BPP) dan mengurangi dampak akibat polusi udara dan suara, pada tahun 2011 PT.PLN (Persero) membangun suatu sistem PLTS on grid yang berkapasitas 200 kWp di tengah pulau wisata Gili Trawangan. Kemudian di awal tahun 2012 kapasitas PLTS tersebut ditambah menjadi 3 x 200 kWp.

PLTS terhubung jaringan (on grid) merupakan sistem yang paling sering digunakan karena sistem ini dihubungkan ke jala-jala tanpa membutuhkan perhitungan yang detail pada sisi beban sehingga paling sederhana dari segi desain. Salah satu contoh penerapan sistem PLTS on grid adalah di sistem kelistrikan pulau Gili Trawangan. Dengan demikian PLTS on grid membutuhkan sistem proteksi yang handal untuk melindungi peralatan dari kemungkinan-kemungkinan terjadinya kerusakan akibat gangguan yang biasa terjadi di sisi

jaringan tenaga listrik. Proteksi ini penting dilakukan untuk melindungi aset dari kerusakan seperti perangkat grid inverter yang rentan dari pengaruh gangguan sebab berada paling depan pada instalasi PLTS on grid sehingga terletak paling dekat dengan jaringan sistem utilitas (PLN). Grid inverter juga merupakan perangkat utama pada PLTS on grid yang terdiri dari komponen elektronika dan fungsi kontrol utama oleh karena itu grid inverter PLTS on grid harus mampu dilindungi oleh perangkat pengaman yang cukup untuk menanggulangi kemungkinan gangguan yang datang dari sisi jaringan. Gangguan ini antara lain gangguan arus lebih dan gangguan tegangan lebih. Gangguan arus lebih antara lain ialah gangguan hubung singkat, sedangkan gangguan tegangan lebih umumnya disebabkan oleh pengaruh surja petir dan surja hubung. Hasil studi ini merupakan kajian mengenai evaluasi desain dan kelengkapan sistem proteksi PLTS on grid di Gili Trawangan untuk mengatasi masalah gangguan tersebut.

II. TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari dan menyelidiki kelengkapan desain sistem pengaman PLTS on grid dengan mengambil sampel PLTS on grid di Gili Trawangan. Sehingga didapatkan kesesuaian dengan kenyataan bahwa pengaman tersebut sudah lengkap dan memadai terhadap gangguan luar yang dapat terjadi pada jaringan tenaga listrik.

III. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diharapkan dengan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui desain pengaman apa saja yang terdapat pada instalasi PLTS terhubung jaringan (on grid) untuk menanggulangi gangguan yang terjadi di sisi jaringan kelistrikan utilitas (PLN).

IV. TINJAUAN PUSTAKA

PUSAT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)

Pusat listrik tenaga surya (PLTS) adalah salah satu solusi pemenuhan kebutuhan energi listrik yang bersumber dari energi terbarukan. Teknologi PLTS yang paling berkembang di Indonesia ialah teknologi PV atau Photovoltaic yaitu teknologi konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan sel surya. Intensitas penyinaran cahaya matahari di Indonesia sangat potensial karena Indonesia dilalui garis ketulistiwa sehingga selalu mendapat penyinaran

matahari yang cukup tinggi sepanjang tahun. Energi yang dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik ialah energi penyinaran matahari dengan menggunakan modul surya. Namun energi yang dibangkitkan dari cahaya matahari relatif kecil, sehingga dibutuhkan area yang luas.

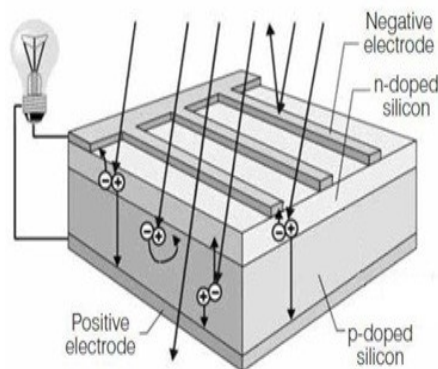
Penyinaran matahari sangat bervariasi berdasarkan perubahan musim, dan berubah setiap waktu tergantung pergerakan matahari. Awan dapat mengurangi penyinaran matahari secara signifikan dan relatif menyebabkan perubahan yang cepat. Perbedaan iklim yang bervariasi juga mempengaruhi intensitas penyinaran sinar matahari di setiap belahan bumi.

Tabel 1: DAILY RADIATION PLTS GILI TRAWANGAN DI KORDINAT 8,35' LS DAN 116,038 BT.

Month	Average Radiation (kWh/m ² /day)
Januari	4.910
Februari	4.920
Maret	5.340
April	5.520
Mei	5.350
Juni	4.920
Juli	4.960
Agustus	5.470
September	6.060
Oktober	6.270
Nopember	5.760
Desember	5.330

TEKNOLOGI PANEL SURYA PADA PLTS

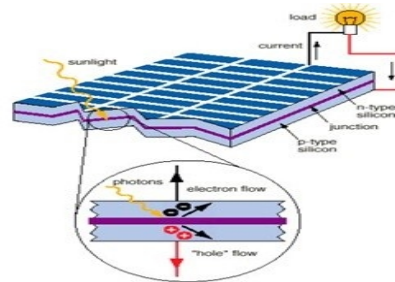
Teknologi PV didasari oleh pemakaian bahan semikonduktor. Prinsip kerjanya ialah dengan memanfaatkan terjadinya konversi energi radiasi cahaya matahari menjadi energi listrik. Bahan semikonduktor tersebut dikenal dengan sebutan sel surya. Tenologi ini ditemukan oleh Edmond Becquerel dan kawan-kawan pada abad ke 18.



Gambar 1. Struktur Sel Surya (Sumber : Quaschnig, 2005)

SISTEM KERJA SISTEM PHOTOVOLTAIC (PV) DAN TIPE PLTS

Komponen utama dari PLTS dengan sistem PV adalah modul surya. Apabila modul surya terpapar oleh sinar matahari, maka bahan silikon yang merupakan komponen penyusunnya akan melepaskan sejumlah kecil listrik yang disebut efek fotolistrik. Efek fotolistrik adalah peristiwa pelepasan elektron dari permukaan metal yang disebabkan oleh penumbukan cahaya.

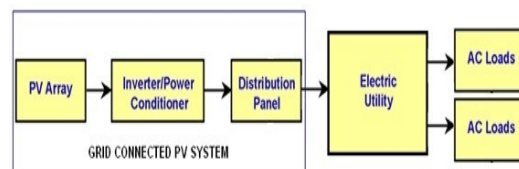


GAMBAR 2. SKEMA KONVERSI CAHAYA MATAHARI MENJADI LISTRIK

GRID-CONNECTED PV SYSTEM / SISTEM PLTS ON GRID

Sistem PLTS kedua adalah *Grid-Connected Photovoltaic (PV) System* atau lebih dikenal dengan sebutan sistem PLTS on grid yaitu pemanfaatan PLTS dengan cara langsung dihubungkan ke jaringan sistem tenaga listrik eksisting. Sistem ini didesain untuk terinterkoneksi dengan jaringan tenaga listrik yang ada dengan jumlah kapasitas yang jauh lebih kecil dibandingkan beban sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu berapapun daya yang dihasilkan akan langsung dimasukkan ke sistem kelistrikan sehingga umumnya PLTS on grid didesain tanpa baterai dan hanya menyuplai daya di siang hari.

Komponen utama dalam sistem PLTS on grid adalah inverter yang terintegrasi dengan *power conditioning unit (PCU)*. Inverter berfungsi untuk mengubah listrik DC yang dibangkitkan oleh array PV ke dalam bentuk listrik AC sesuai dengan tegangan dan power quality yang disyaratkan oleh jaringan. Sistem ini otomatis berhenti menyuplai daya ke jaringan ketika fasilitas jaringan tenaga listrik tidak beroperasi. Gambaran umum mengenai sistem PLTS on grid dapat dijelaskan melalui gambar 3. di bawah ini.



Gambar 3. Blok diagram dari *grid-connected photovoltaic system* atau sistem PLTS on grid.

Sistem PLTS on grid terdiri atas dua tipe yaitu tipe yang menggunakan baterai sehingga dapat beroperasi pada malam hari dan sistem tanpa baterai. Umumnya sistem PLTS on grid yang digunakan adalah tipe tanpa baterai sehingga hanya dapat beroperasi pada siang hari saja. Pada siang hari saat PLTS on grid beroperasi, sistem kelistrikan akan ditunjang oleh daya dari PLTS sehingga mengurangi pemakaian bahan bakar minyak (BBM) sebagai bahan bakar dari pembangkit listrik utama PLN seperti misalnya PLTD. Pada malam hari atau jika kondisi cuaca mendung atau di saat PLTS tidak mampu menyuplai daya, maka beban sistem akan ditunjang oleh jaringan PLN. Hal ini dimungkinkan karena sistem ini tetap terkoneksi dengan jaringan PLN.

Beberapa keuntungan dengan menggunakan sistem PLTS on grid adalah :

1. Mereduksi pemakaian bahan bakar fosil sehingga mengurangi emisi bahan bakar dan membantu mengurangi biaya BPP pembangkit bulanan.
2. Bersih, tidak menimbulkan kebisingan, menggunakan energi gratis dari matahari sepanjang tahun

Sistem PLTS on grid dihubungkan langsung ke jaringan tanpa membutuhkan perhitungan yang detail pada sisi beban sehingga sistem ini paling sederhana dari segi desain. Sistem PLTS on grid dapat diterapkan pada sistem jaringan dengan kapasitas pembangkit skala besar seperti jaringan interkoneksi dan distribusi listrik PLN. Namun untuk menjaga stabilitas sistem eksisting maka kriteria daya sistem ketenagalistrikan existing harus memiliki beban siang minimal 5 kali lebih besar dari kapasitas sistem pembangkit PLTS yang dimasukkan ke sistem jala-jala existing. Di samping itu, pembangkit existing harus memiliki kemampuan khusus untuk menyesuaikan diri pada perubahan daya sistem yang tiba-tiba bila sistem PLTS tiba-tiba lepas (hilang) akibat cuaca (faktor alamiah).

V. METODE ANALISIS PERALATAN PROTEKSI

TEORI PROTEKSI

Proteksi adalah pengaman listrik pada sistem tenaga listrik yang terpasang pada : sistem distribusi tenaga listrik, trafo tenaga, transmisi tenaga listrik dan generator listrik yang diperlukan untuk mengamankan sistem tenaga listrik dari gangguan listrik, dengan cara memisahkan bagian sistem tenaga listrik yang terganggu dengan bagian sistem tenaga listrik yang tidak terganggu agar bagian yang tidak terganggu dapat terus bekerja.

Jadi pada hakekatnya pengaman pada sistem tenaga listrik mengamankan seluruh sistem tenaga listrik supaya keandalan tetap terjaga. Sistem proteksi diberlakukan untuk mengamankan peralatan dari kerusakan akibat gangguan yang dapat terjadi pada saat peralatan tersebut bekerja. Dalam membahas mengenai sistem proteksi maka perlu untuk

mengetahui gangguan apa saja yang dapat terjadi pada sistem tenaga listrik dan bagaimana cara perlindungan dan peralatan yang tepat.

TABEL 2. TIPIKAL PENGHANTAR AAC (SUMBER : SPLN 64: 1985)

Penampang nominal (mm ²)	Jari-jari (mm)	Urut	GMR (mm)	Impedansi urutan positif (Ω /km)	Impedansi urutan nol (Ω /km)
16	2,2563	7	1,6380	1,8382+j 0,4035	1,9862+j 1,6910
25	2,8203	7	2,0475	1,1765+j 0,3895	1,3245+j 1,6770
35	3,3371	7	2,4227	0,8403+j 0,3791	0,9883+j 1,6666
50	3,9886	7	2,8957	0,5882+j 0,3677	0,7362+j 1,6552
70	4,7193	7	3,4262	0,4202+j 0,3572	0,5682+j 1,6447
95	5,4979	19	4,1674	0,3096+j 0,3464	0,4576+j 1,6339
120	6,1791	19	4,6837	0,2451+j 0,3375	0,3931+j 1,6250
150	6,9084	19	5,2365	0,1961+j 0,3305	0,3441+j 1,6180
185	7,6722	19	5,8155	0,1590+j 0,3239	0,3070+j 1,6114
240	8,7386	19	6,6238	0,1225+j 0,3157	0,2705+j 1,6032

Dari pengamatan di lapangan, diketahui bahwa; Kapasitas masing-masing Transformator pada PLTS adalah 3 x 250 KVA (bekerja diparalel), X_T = 4 %, belitan Ydn5. Penghantar kawat AAC penampang 70 mm² : Z₁ = Z₂ = 0,4202 + j0,3572 ohm/km ; Z₀ = 0,5682 + j1,6447 ohm/km. Titik netral trafo PLTS ditanahkan dengan sistem solid grounding dengan asumsi R_n = 2 ohm. Panjang jaringan distribusi dari PLTS menuju PLTD adalah sejauh 2 km. Secara garis besar data-data seluruh peralatan tenaga listrik yang diperlukan dalam perhitungan arus gangguan tertera dalam tabel 4.2. Data tersebut dipergunakan untuk menyelesaikan perhitungan nilai arus gangguan. Oleh karena tegangan antara output inverter PLTS dengan tegangan sistem distribusi tidak sama, maka untuk menyamakannya perlu dipilih dasar tegangan dan daya sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{KVA}_{\text{base}} &= 100 \text{ KVA} \\
 \text{V}_{\text{base}} &= 20 \text{ kV} \\
 \text{I}_{\text{base}} &= \\
 I_b &= \frac{100 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} = 2,886 \text{ A}
 \end{aligned}$$

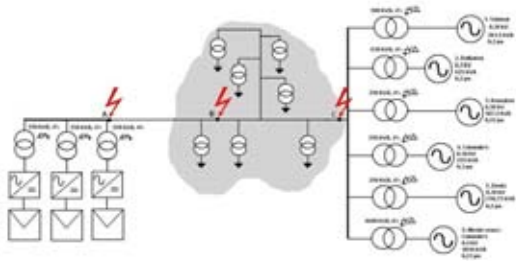
$$\text{Maka: } Z_{\text{base}} = \frac{kV^2}{MVA_{\text{base}}} = \frac{20^2}{100 \times 10^{-3}} = 4000 \text{ ohm}$$

TABEL 3. DATA TEKNIS PERHITUNGAN ARUS GANGGUAN

Peralatan	Teg (kV)	Kap. (KVA)	Impedansi satuan (pu)		
			X ₀	X ₁	X ₂
PU1	0.38	210.62	-	-	-
PU2	0.38	421	-	-	-
Tranfo PLTS 1	0.38/20	250	0.04	0.04	0.04
Tranfo PLTS 2	0.38/20	250	0.04	0.04	0.04
Tranfo PLTS 3	0.38/20	250	0.04	0.04	0.04
Jar. BOTM	20	-	$2.10 \times 10^{-4} + j 1.784 \times 10^{-4}$	$2.10 \times 10^{-4} + j 1.784 \times 10^{-4}$	$2.84 \times 10^{-4} + j 2.2236 \times 10^{-4}$
Tranfo PLTD 1	0.38/20	500	0.04	0.04	0.04
Tranfo PLTD 2	0.38/20	630	0.04	0.04	0.04
Tranfo PLTD 3	0.38/20	250	0.04	0.04	0.04
Tranfo PLTD 4	0.38/20	250	0.04	0.04	0.04
Tranfo PLTD 5	0.38/20	250	0.04	0.04	0.04
Tranfo PLTD 7	0.38/20	1600	0.06	0.06	0.06
RLTD 1	0.38	187.5	0.20	0.20	0.10
RLTD 2	6.3	375	0.20	0.20	0.10
RLTD 3	0.38	187.5	0.22	0.22	0.11
RLTD 4	0.38	225	0.30	0.30	0.15
RLTD 5	0.4	318.75	0.20	0.20	0.10
RLTD 7	0.4	625	0.22	0.22	0.11

NR:
 PLTD 6, Merk MARI = rusak tidak digunakan
 Rn tranfo PLTS dan PLTD = 2 ohm
 Panjang jaringan antara PLTS dan PLTD = 2 kms

Seperti yang telah disinggung sebelumnya, dalam menentukan peralatan proteksi yang dipasang, harus diketahui rating peralatan tersebut. Sebab peralatan tersebut harus mampu menahan arus yang lewat pada saat bekerja normal atau pada saat dalam keadaan tidak normal (gangguan) agar tidak cepat rusak/umur kerja berkurang.



GAMBAR 4. SINGLE LINE DIAGRAM SISTEM TENAGA LISTRIK GILI TRAWANGAN

TABEL 4. PROFIL BEBAN

PROFIL BEBAN PLTD DAN PLTS GILI TRAWANGAN rata-rata per jam/hari	
	Beban (kW)
Jam	180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500
PLTD (kW)	575 542 542 542 517 484 475 467 452 440 542 558 542 542 548 538 527 516 478 469 469 462 462 462
PLTS (kW)	0 0 0 0 0 0 8 25 52 106 127 122 246 345 317 78 27 0 0 0 0 0 0 0
TL (kW)	575 542 542 542 517 484 475 467 452 440 678 675 662 662 645 630 545 536 478 469 469 462 462 462
BBM	123 140 140 140 125 124 124 127 123 140 146 140 140 140 140 137 125 128 123 126 123 126 127
Perbaikan (Rp)	1.02 1.20 1.23 1.23 1.26 1.43 1.37 1.28 1.28 1.47 1.24 1.33 1.25 1.37 1.47 1.46 1.24 1.28 1.28 1.28 1.28 1.60 1.67
BBM + Rp x Rp/BBM	1.02 1.23 1.23 1.23 1.26 1.44 1.38 1.23 1.28 1.23 1.24 1.23 1.24 1.27 1.27 1.23 1.28 1.28 1.28 1.28 1.28 1.60 1.67

Jumlah liter BBM yang dihabiskan dalam sehari : 3,790 Liter
 Jumlah Rp yang dihabiskan dalam sehari tanpa PLTS : Rp 36,215,664 hari
 Jumlah Rp yang dihabiskan dalam sehari dengan PLTS : Rp 33,162,417 hari
 Jumlah vana dapat menghemat : Rp 2,653,188 hari

TABEL 5. TABEL HIERARKI PROTEKSI

Peralatan	nilai	Level Proteksi**											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
fuse cut-out	1.394.000	1.394.000	1.394.000	1.394.000	1.394.000	1.394.000	1.394.000	1.394.000	1.394.000	1.394.000	1.394.000	1.394.000	x
lighting arrester	1.837.000	1.837.000	1.837.000	1.837.000	1.837.000	1.837.000	1.837.000	1.837.000	1.837.000	1.837.000	1.837.000	1.837.000	x
Surge arrester	66.000	66.000	66.000	66.000	66.000	66.000	66.000	66.000	66.000	66.000	66.000	66.000	x
MCCB	2.215.000	x	2.215.000	4.630.000	6.645.000	6.645.000	6.645.000	6.645.000	6.645.000	6.645.000	6.645.000	6.645.000	x
AC surge arrester	1.500.000	x	1.500.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	x
Kapasitas tranfo	82.600.000	x	x	x	x	82.600.000	82.600.000	82.600.000	82.600.000	82.600.000	82.600.000	82.600.000	x
Pertarakan	1.227.000	x	x	x	x	x	1.227.000	1.227.000	1.227.000	1.227.000	1.227.000	1.227.000	x
OCR	3.000.000	x	x	x	x	x	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	x
GR	3.500.000	x	x	x	x	x	x	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	x
Isolator tanah	16.600.000	x	x	x	x	x	x	x	16.600.000	16.600.000	16.600.000	16.600.000	x
IAS motorized	181.500.000	x	x	x	x	x	x	x	x	181.500.000	181.500.000	181.500.000	x
distance relay	6.000.000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	6.000.000	6.000.000	x
Kubikel	168.000.000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	168.000.000	x
Isolator tanah	40.000.000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	40.000.000	x
Inventaris obsepy	548*	548*	548*	548*	548*	548*	548*	548*	548*	548*	548*	548*	548*
Total	3.287.000	7.012.000	10.727.000	12.942.000	95.542.000	96.768.000	99.769.000	103.269.000	119.889.000	224.769.000	215.727.000		

Semua harga merupakan perkiraan
 *Jab rupiah
 ** 1 kV = PLTS + 1 MWp, 6 kV = PLTS + 1 MWp

ANALISA PENTINGNYA SISTEM PROTEKSI BAGI PLTS ON GRID GILI TRAWANGAN

Sistem proteksi penting dipasang untuk mengamankan aset dari kerusakan. Pentingnya sistem proteksi dapat ditinjau dari segi materi berupa kerugian finansial dan non materi berupa hilangnya energi. Kerugian energi terjadi jika PLTS tidak aktif misalnya akibat kegagalan operasi sehingga tidak menyuplai daya ke beban. Sedangkan kerugian finansial dapat terjadi jika perangkat PLTS mengalami kerusakan. Kedua hal tersebut dapat terjadi bila sistem proteksi kurang maksimal. Jika suatu komponen pada PLTS rusak sehingga menyebabkan seluruh kerja PLTS terganggu dan menyebabkan kerugian energi, maka harus dilakukan perbaikan yang memerlukan dana yang besar dan waktu yang tidak singkat dalam pengadaan suku cadang.

Pada dasarnya daya yang disuplai oleh PLTS on grid kepada sistem kelistrikan jauh lebih kecil dibandingkan daya yang dihasilkan oleh pembangkit beban dasar sehingga PLTS on grid setiap saat dapat keluar-masuk ke dalam sistem tergantung tingkat penyinaran matahari dan tidak mempengaruhi kestabilan sistem. Kecilnya kapasitas pembangkitan PLTS mempengaruhi arus hubung singkat yang disuplai oleh dari PLTS yang besarnya lebih kecil dibandingkan arus hubung singkat yang dihasilkan PLTD di semua titik ganggu. Hal ini membantu dalam hal keamanan PLTS dari gangguan hubung singkat.

Energi listrik yang dihasilkan PLTS pada dasarnya gratis, sehingga dalam menopang beban sistem oleh PLTD aplikasi PLTS on grid dipilih dengan tujuan untuk mengurangi konsumsi BBM dalam membangkitkan energi listrik seperti yang dilakukan di Gili Trawangan. Aplikasi PLTS on grid dalam suatu sistem kelistrikan akan menghemat pemakaian minyak bumi rata-rata sebesar 3.790 liter/hari, seperti yang disajikan dalam tabel profil beban PLTD dan PLTS on grid

dengan kapasitas PLTS yang diaktifkan 200 kWp pada bulan Maret 2012 (lampiran D). Bila harga BBM solar per liternya sebesar Rp 8.750,- maka keuntungan dari integrasi PLTS ke dalam sistem ketenagalistrikan Gili Trawangan ialah penghematan konsumsi bahan bakar sebanyak Rp 2.053.188/hari. Oleh karena itu segala bentuk gangguan yang mungkin dapat mengganggu kelangsungan operasional PLTS tersebut harus dicegah dan diatasi dengan menggunakan sistem proteksi yang handal.

Sistem proteksi didesain agar seefektif mungkin menjalankan fungsinya sebagai pengaman peralatan secara optimal sekaligus mempertimbangkan harga peralatan. Pentingnya proteksi dapat ditinjau dari nilai peralatan yang diproteksi dibanding biaya sistem proteksi yang diberikan. Sistem proteksi akan tidak ekonomis jika biaya proteksi lebih tinggi dari nilai peralatan yang diproteksi. Grafik hirarki sistem proteksi (pada Lampiran I) menunjukkan tingkatan proteksi mulai dari level 1 s/d 11. Level proteksi ini menunjukkan semakin kompleksnya peralatan proteksi yang diberikan sesuai dengan semakin besarnya kapasitas PLTS yang dilindungi. Dari studi kasus sistem proteksi PLTS on grid Gili Trawangan. Harga peralatan yang diproteksi (grid inverter) jauh lebih tinggi dari peralatan proteksi, sehingga sistem proteksi untuk melindungi grid inverter dari kerusakan sangat perlu dilakukan. Namun secara ekonomis sistem proteksi yang paling efektif ialah ada pada level 4, seperti yang dilakukan pada PLTS on grid Gili Trawangan.

VI. KESIMPULAN

1. Dari analisis perhitungan kemungkinan terjadinya arus lebih, dan koordinasi peralatan proteksi arus lebih yang dipasang, disimpulkan bahwa PLTS on grid Gili Trawangan dinyatakan aman dari gangguan arus lebih karena adanya peralatan proteksi arus lebih yang difungsikan berlapis. Selain itu inverter on grid juga dilengkapi proteksi overvoltage yakni kemampuan mendeteksi perubahan tegangan akibat gangguan hubung singkat.
2. Dari analisis kemungkinan terjadinya tegangan lebih dan koordinasi peralatan proteksi yang dipasang, disimpulkan bahwa PLTS on grid Gili Trawangan dinyatakan aman karena adanya lightning arrester, surge protector, dan kemampuan proteksi overvoltage pada inverter.
3. Teknik pemilihan peralatan proteksi dilakukan berdasarkan analisis perhitungan yang dipengaruhi oleh kapasitas PLTS dan korelasinya terhadap sistem kelistrikan yang ada, sehingga hasil studi ini dapat menjadi acuan dalam penyusunan standar sistem proteksi PLTS on grid.
4. Pemasangan sistem proteksi yang ada telah memenuhi aspek ekonomi karena nilai peralatan yang dilindungi jauh lebih tinggi daripada nilai biaya penerapan proteksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Basri, Hasan, Ir. *Sistem Distribusi Daya Listrik*, (Jakarta : ISTN, 1999)
- [2] Freris, Leon & David Infield. *Renewable Energy In Power System*, (West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Son, Ltd : 2008).
- [3] Keyhani, Ali, Mohammad N. Marwali, Min Dai, *Integration Of Green And Renewable Energy In Electric Power Systems*, (Hoboken, New Jersey: John Wiley & Son, Ltd : 2010)
- [4] Metrotvnews.com Ditulis oleh: Hanif Guntoro (<http://dunia-listrik.blogspot.com/2008/09/keandalan-dan-kualitas-listrik.html>)
- [5] NASA: *Monthly Averaged Diffuse Radiation Incident On A Horizontal Surface*, <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/text/definitions.html>
- [6] PT PLN (Persero) Wilayah NTB, *Kajian Kelayakan Operasi Dan Kajian Kelayakan Finansial : Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On Grid Kapasitas 200 KWp Di Gili Trawangan* (Mataram: PT.PLN Wilayah NTB, 2010)
- [7] PT SURYA ENERGI INDOTAMA, *PLTS On Grid Gili Trawangan Dokumen Training 2011* (Bandung: 2011)
- [8] T.S. Hutauruk. MEE. Ir. *Gelombang Berjalan Dan Protelsi Surja*, (Jakarta: Penerbit Erlangga, 1991)
- [9] Wahyudi, S.N. Ir, *Buku Saku Pelayanan Teknik* (Depok : Garamond, 2011)
- [10] Wahyudi, S.N. Ir, *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik* (Depok : Garamond, 2012)
- [11] Wisnu, Taufik. *Optimasi Pemasangan Plts Dalam Sistem Hibrida Di Nusa Penida, Bali*, Laporan Penelitian untuk Skripsi S1 (Jakarta: Jurusan Teknik Elektro STT-PLN, 2012).
- [12] Yogiarto, Agus Ir, M.Zuhud Andrya, *Evaluasi PLTS 200 kWp on grid di Gili Trawangan* Makalah disampaikan pada Seminar Energi Terbarukan, diselenggarakan oleh GET STT-PLN, (Jakarta, 31 Januari 2012).
- [13] Andrya, Zuhud & Akbar Kahashemi, *Laporan Kerja Praktek 1* (Jakarta : STT-PLN, 2011)

Analisa Dinamika Stabilitas Pembangkit Paya Pasir Akibat Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Asri

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh,

Kota Lhokseumawe, kode pos 24352, Indonesia

Email : asri_200671@yahoo.co.id

Abstrak - Dinamika pada sistem tenaga listrik dikarakteristikan oleh perilaku pengiriman daya yang secara keseluruhan memiliki batas minimum sampai tercapai kondisi lepas sinkron, selain itu juga dicerminkan oleh osilasi komponen mekanis dan elektrik yang diwakili oleh sudut daya δ . Permasalahan terjadinya gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Tujuan penelitian untuk mempelajari stabilitas sistem tenaga listrik pada pembangkit di Sumatera Utara dengan mengevaluasi respon dari pembangkit Paya Pasir tenaga listrik yang terjadi pada gangguan satu fasa ke tanah. Penelitian ini dilakukan secara simulasi pada gangguan satu fasa ke tanah terhadap bus Brandan. Program EDSA sebagai simulator digunakan untuk menganalisa sudut rotor terhadap osilasi frekwensi, osilasi tegangan dan osilasi daya listrik. Dari hasil penelitian mengindikasikan bahwa respon terhadap perubahan sudut rotor sebesar $0,35^\circ$ pada pembangkit Paya Pasir mempengaruhi penurunan daya elektrik sebesar $0,01$ MW.

(Blwtu) pembangkit Paya Pasir, pembangkit Titi Kuning, pembangkit Kombih, pembangkit Raisan, pembangkit Sipan, pembangkit Boho, pembangkit silang, dan pembangkit Batang Gadis.

Sistem interkoneksi Sumatera Utara dengan Aceh Mengalami gangguan satu fasa ke tanah pada bus Brandan dengan jarak saluran 78,27 km dengan sistem radial pada bus Tualang Cut, bus Langsa, bus Idi, bus Lhokseumawe dan bus Bireuen.

Gangguan satu fasa ke tanah pada bus Brandan, penulis ingin melihat pengaruh dinamika stabilitas pada sudut rotor, frekwensi, tegangan, dan daya elektrik.

Sistem tenaga listrik terdiri atas tiga komponen utama yaitu: sistem pembangkit, sistem transmisi, distribusi dan beban. Energi listrik yang dibangkitkan pada sistem pembangkit dikirimkan ke beban dalam jumlah dan kualitas yang baik sesuai dengan kebutuhan konsumen. Kebutuhan konsumen akan tenaga listrik untuk setiap waktu berbeda, disamping permintaan beban yang selalu berubah, sistem tenaga listrik juga tidak terlepas dari gangguan yang membutuhkan respon dari pembangkit sebagai penyuplai tenaga listrik untuk mengatasi kondisi-kondisi tersebut.

Permasalahan dalam stabilitas dinamika dapat digambarkan dengan menggunakan persamaan diferensial. Dalam penelitian ini, sistem tenaga listrik yang ditinjau adalah sistem tenaga listrik Sumatera Utara yang terinterkoneksi dengan sistem tenaga listrik Aceh melalui saluran transmisi 150 kV. Sistem ini mengalami gangguan satu fasa ke tanah pada bus Brandan dengan jarak 78,28 km terhubung secara radial dengan bus

Kata Kunci. Brandan, Stabilitas, Osilasi, Overshoot

I. PENDAHULUAN

sistem tenaga listrik adalah masalah dinamika terhadap gangguan. Gangguan pada sistem dapat menimbulkan osilasi terhadap variabel-variabel sistem, seperti; Tegangan, frekuensi, dan daya elektrik. Sementara kemampuan sistem menghendaki agar variabel tersebut bernilai tetap pada suatu titik operasi tertentu.

Untuk melihat dinamika stabilitas maka perlu mengetahui stabilitas steady state, stabilitas transien dan stabilitas dinamis karena pada sistem tenaga listrik yang besar merupakan hal yang sangat penting karena berkaitan dengan unjuk kerja sistem interkoneksi satu sama lain.

Salah satu interkoneksi sistem tenaga listrik adalah sistem tenaga listrik Sumatera Utara yang merupakan interkoneksi dengan Aceh melalui saluran 150 KV. Sistem interkoneksi tersebut terdiri dari pembangkit Belawan 1 (Blwcc), pembangkit Belawan 2

Tualang Cut, bus langsa, bus Idi, bus Lhokseumawe dan bus Bireuen.

Pada kasus gangguan satu fasa ke tanah di bus Brandan ini penulis ingin melihat pengaruh dinamika stabilitas pada pembangkit Belawan terhadap sudut rotor, tegangan dan daya elektrik.

II. TEORI

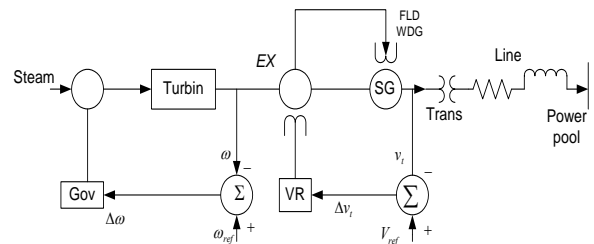
Jenis masalah pada dinamika sistem tenaga listrik mencakup tinggi/rendahnya osilasi frekwensi, besar kecilnya/gangguan dan besar kecilnya system [4].

Dalam laporan Padyar menyatakan bahwa untuk memahami dinamika system tenaga listrik, maka harus mempertimbangkan parameter-parameter yang harus berubah setiap saat. Oleh karena itu pada kajian dinamika sistem tenaga listrik perlu mempertimbangkan kumparan medan dan peredam.

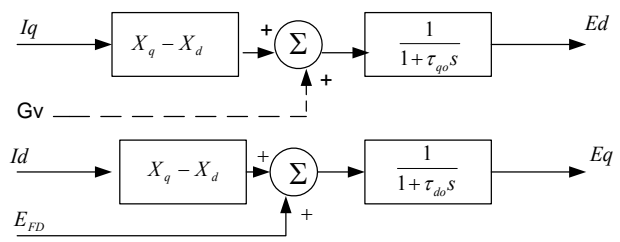
Dinamika pada sisitem tenaga listrik dikarakteristikan oleh perilaku pengiriman daya yang secaa keseluruhan memiliki batas minimum sampai tercapai kondisi lepas sinkron, selain itu juga dicerminkan oleh osilasi komponen mekanis dan elektris yang diwakili oleh sudut daya δ . Selanjutnya untuk memahami perilaku dinamika pada sistem tenaga listrik dan untuk merencanakan control pada perbaiki unjuk kerja sistem, sangat prlu dimengerti komponen dasar sisten tenaga listrik. Khusus yang memiliki pengaruh signifikan dengan perilaku dinamika sistem tenaga listrik. Komponen dasar tersebut sebagaimana pada Gambar 1. Meliputi : turbin dan governor, generator, eksitasi beserta regulator tegangan, transformator dan jaringan transmisi.

Untuk memahami dinamika sistem tenaga listrik, maka model sederhana generator sinkron kurang teliti untuk digunakan krena harus mempertimbngkan variabel-variabel yang turut berubah setiap saat. Oleh karena itu pada kajian dinamika sisitem tenaga listrik perlu mempertimbangkan kumparan medan dan predam. Masalah pada dinamika sistem tenaga listrik mencakup tinggi/rendahnya

osilasi frekwensi, besar/kecilnya gangguan dan bear/kecilnya sistem.



Gambar 1. Komponen dasar pembangkit tenaga listrik



Gambar 2 . Model Generator

Untuk analisis generator sinkron pada dinamika sistem tenaga listrik digunakan dua sumbu, yaitu d_{axis} dan q_{axis} . Sumbu d merupakan sumbu yang mewakili pengaruh kumparan medan dan sumbu q merupakan sumbu yang memiliki pengaruh kumparan redaman. Dengan τ'_{q0} konstanta waktu transien untuk kumparan redaman, τ'_{d0} konstanta waktu transien untuk kumparan medan, E_{FD} tegangan penguat dan x_q reaktansi kumparan redaman, x'_q reaktansi transien kumparan redaman, maka generator sinkron dapat dimodelkan seperti pada Gambar 2.4.

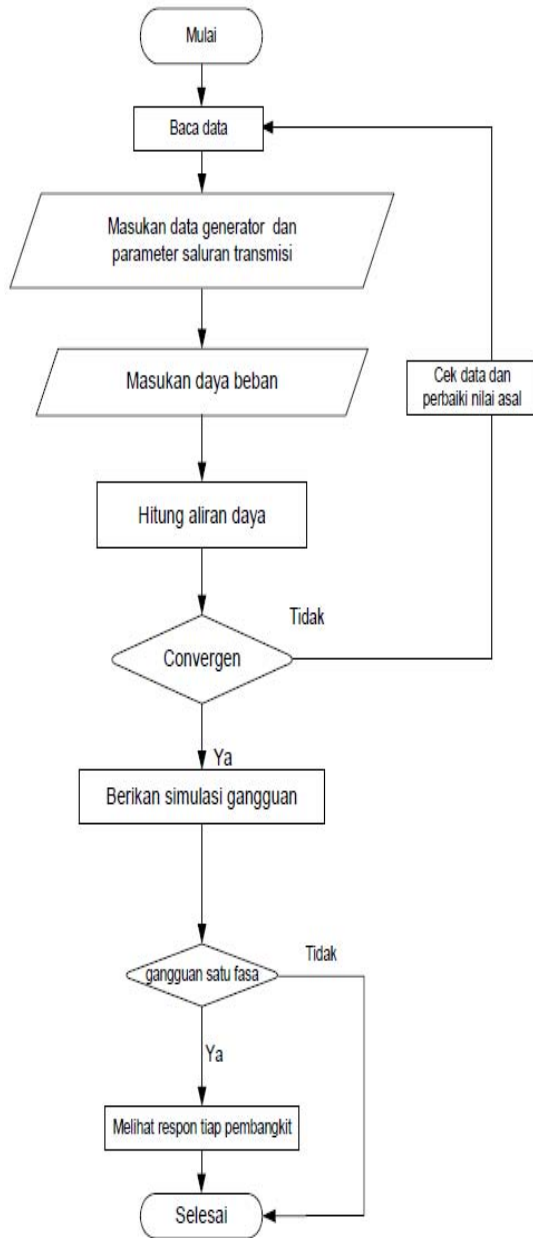
Adapun persamaan-persamaan pemodelan pada Gambar 2 adalah sebagai berikut :

$$\dot{E}_q = \frac{1}{\tau_{q0}} [(x_q - x'_d).I_q - E_d] \tag{1}$$

$$\dot{E}_d = \frac{1}{\tau_{d0}} [E_{FD} - E_q + (x_q - x'_d)I_d] \tag{2}$$

III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi menggunakan komputer. Langkah pengujian yang dilakukan yaitu memasukan data pembangkit pada computer dengan menggunakan sofwerutar EDSA. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Alur pembahasan

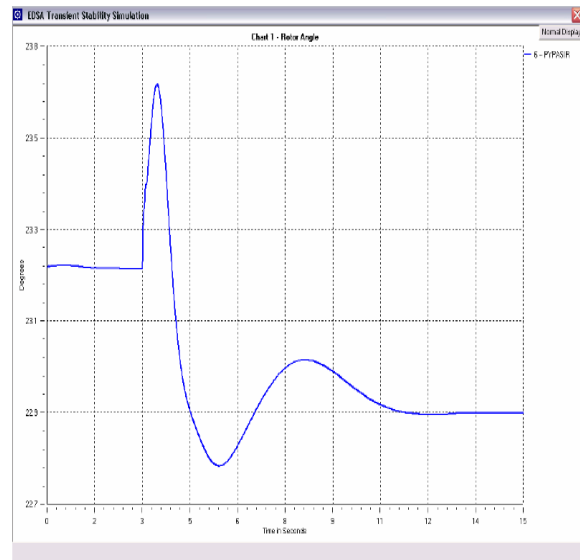
TABLE II. DATA PEMBANGKIT LISTRIK PAYA PASIR

No	Lokasi	Tegangan (KV)	MW	MVAR
1	Paya Pasir	150	39	11.5

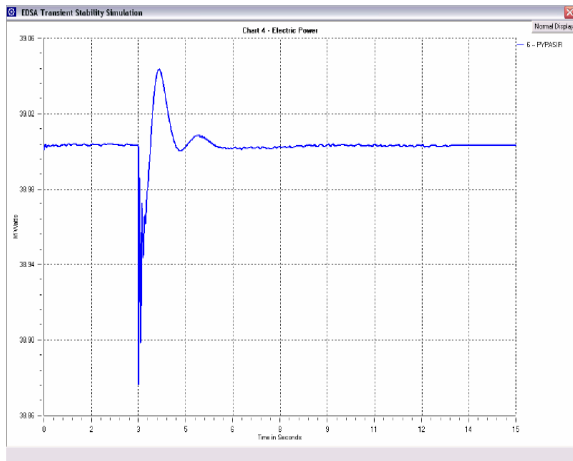
IV. HASIL DAN PENBAHASAN

Dari hasil simulasi yang dilakukan pada sisten Sumatera Utara menunjukkan bahwa pada pembangkit Paya Pasir yang terhubung ke sistem 150 kV, saat terjadi gangguan satu fasa ke tanah, dan respon pembangkit tersebut ditunjukkan pada Gambar 4 dibawah.

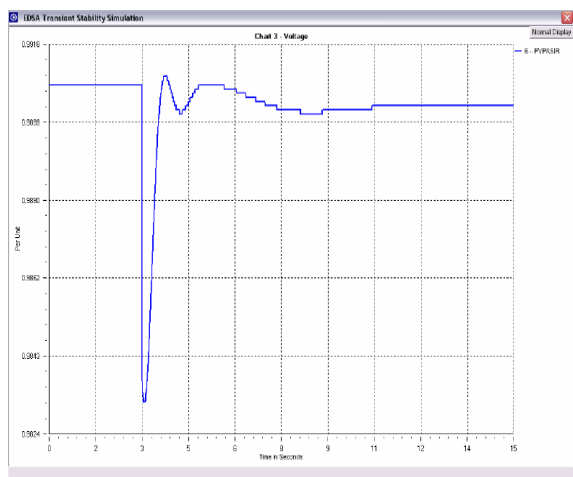
Respon tersebut merupakan tanggapan sudut rotor, daya elektrik tegangan dan generator pada pembangkit Belawan. Pada Gambar 4a terlihat sudut rotor generator di pembangkit Belawan mengalami pergeseran atau perubahan, sehingga mengalami perubahan atau pergeseran sudut rotor dari 23,23° menjadi 22,87° atau terjadi perubahan sebesar 0,35°. Respon daya listrik mengalami penurunan dari 39,02 MW menjadi 39,01 MW atau turun sebesar 0.01 MW dengan osilasi selama 2,61 detik dan overshoot terjadi sebesar 39,03 MWpu pada 0,67 detik. Selanjutnya respon tegangan pada pembangkit Paya Pasir ditunjukkan pada gambar 4c. Osilasi tegangan terjadi selama 7,47 detik dan overshoot yang ditimbulkan sebesar 0,991pu pada 2,01 detik setelah adanya gangguan terjaddi. Selain itu tegagan mengalami perubahan dari 0,991pu menjadi 0,990 pu.



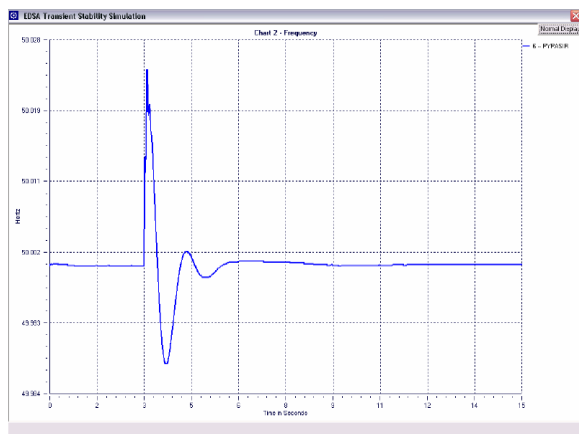
Gambar (a) Sudut Rotor



(b) Daya Elektrik,



(c) Frekwensi



(d) Tegangan

TABLE I. PARAMETER ANALISA DINAMIKA STABILITAS

Pembangkit Paya Pasir	Posisi		Reduksi
	Awal	Akhir	Posisi
a. Sudut rotor (°)	23,23°	22,87°	0,35°.
b. Daya elektrik (MW)	39,02	39,01	0,01
c. Tegangan (pu)	0,990		

V. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dinamika stabilitas akibat gangguan satu fasa ke tanah pada bus Berandan ditinjau dari sudut rotor, tegangan, daya elektrik, dan frekwensi maka untuk pemangkit Paya Pasir sistem tenaga listrik di Sumatera Utara dapat disimpulkan bahwa perubahan nilai sudut rotor berkisar 0,35°, daya elektrik 0,01MW, tegangan 0,990 dan waktu osilasi tegangan antara 7,47 detik.

VI. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka hal yang dapat disarankan untuk perusahaan listrik negara harus lebih intensif menanggulangi gangguan hubung singkat satu fasa ketanah, karena gangguan 75% lebih besar berada pada gangguan satu fasa ke tanah dan untuk penelitian selanjutnya, perlu adanya penelitian terhadap stabilitas transien agar dapat mengetahui stabilitas sistem tenaga listrik Sumatera Utara interkoneksi dengan Aceh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. de Metz-Noblat, dan G. Jean, "Stabilite Dynamique des Reseaux Electriques Industriels," Cahier Technique No.185 Schneider Electric, 1997.
- [2] Jr.W.D. Stevenson, "Analisa Sistem Tenaga Listrik," Edisi keempat, Erlanga, 1983.
- [3] N.Y. Yu, "Electric Power system Dynamics," *Academics press*, New York, 1983
- [4] Sulasno, " Analisa Sistem Tenaga Listrik," Edisi kedua, *Universitas Diponegoro*, 2001.
- [5] Zulfikar, " Studi Stabilitas Sistem Tenaga Listrik di Sumatera Utara " Tesis Teknik Elektro, Universitas Gadjah Mada, 2004.

Analisis Filter Digital Finite Impulse Respon Untuk Pengukuran Fidelitas Suara

Suhartati Agoes 1, R. Deiny Mardian 2, Endang Djuana 3, dan Revi Noviananda Nurmalasri 4

1 Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti. Jakarta, 11440, Indonesia
E-mail: sagoes@trisakti.ac.id

2 Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti. Jakarta, 11440, Indonesia
E-mail: deiny_wp@trisakti.ac.id

3 Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti. Jakarta, 11440, Indonesia
E-mail: edjuana@gmail.com

4 Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti. Jakarta, 11440, Indonesia
E-mail: revi.noviananda@gmail.com

Abstract – In the telecommunication system ideally the voice signal transmitted has an equal form with the voice signal received and this equality called fidelity. The filtering technique is a part of signal processing which improves the quality of the voice signal in the good fidelity. Finite Impulse Rate that used in this filtering process has some advantages. It could be designed because of its linear phase, good stability, and minimum error of quantization when implemented. The method to measure the voice fidelity is Mean Squared Error (MSE). By using Low Pass Filter in cut off frequency of 1000 Hz, the lowest MSE poin is 0.00014098 for male voice sample and 0.00037012 for female voice sample. With High Pass Filter in cut off frequency of 2000 Hz, the highest MSE poin is 0.050141 for male voice sample and 0.022534 for female voice sample. Meanwhile with Band Pass Filter in cut off frequency of 200 Hz - 3000 Hz, the lowest MSE poin is 0.00035891 for male voice sample and 0.00056081 for female voice sample.

Keywords : Voice Signal, Voice Fidelity, FIR, MSE

I. PENDAHULUAN

Suara merupakan salah satu media komunikasi dimana informasi yang disampaikan melalui suara harus jelas dan dapat dimengerti oleh penerima [1]. Pada sistem telekomunikasi, idealnya sinyal suara yang dikirimkan dan yang diterima oleh penerima harus sesuai [2]. Proses pengolahan sinyal mempengaruhi fidelitas suara maka diperlukan teknik untuk mempertahankan fidelitas suara tetap baik, yaitu teknik filtering. Filtering merupakan salah satu bagian dari proses pengolahan sinyal yang berfungsi untuk memperbaiki kualitas sinyal keluaran. [3]. Filtering yang paling umum digunakan dalam bidang telekomunikasi adalah filter analog dan filter digital. Tetapi, saat ini filtering yang lebih banyak digunakan adalah filter digital [4].

Filter digital terbagi menjadi dua, yaitu filter digital *Infinite Impulse Respon* (IIR) dan filter digital *Finite Impulse Respon* (FIR). Pembagian ini berdasarkan *respon impulse* filter tersebut. FIR memiliki tanggapan *impulse* yang panjangnya terbatas [5]. Filter FIR memiliki keunggulan dibandingkan dengan filter IIR, antara lain dapat didesain karena memiliki fasa yang linier, memiliki kestabilan, pengaruh kesalahan dikarenakan pembulatan yang terjadi pada proses kuantisasi dapat diminimumkan saat implementasi [6].

Penelitian ini memiliki tujuan untuk merancang dan mengimplementasikan perancangan digital FIR pada *starter kit* yang diaplikasikan pada sinyal suara manusia serta menganalisis fidelitas suara hasil filtering dari ketiga jenis filter digital, yaitu *lowpass*, *highpass* dan *bandpass* filter terhadap sinyal masukkan suara yang berbeda-beda.

Perancangan ini menggunakan sinyal suara wanita dan suara pria sebagai sinyal masukkan. Sinya akan diimplementasikan pada perangkat *starter kit*. Sinyal suara akan mengalami proses perhitungan koefisien filter, ADC, dan filtering. Jenis filter yang akan digunakan adalah filter FIR karena keunggulan filter FIR. Proses filtering akan dilakukan pada perangkat *starter kit*. Setelah proses filtering, akan menghasilkan sinyal keluaran kemudian dianalisis fidelitas suaranya. Analisis fidelitas meliputi hasil pengujian nilai amplitudo sinyal hasil filtering dan nilai MSE dari sinyal hasil filtering. Sinyal keluaran yang dihasilkan juga akan didengarkan melalui speaker.

II. PERANCANGAN

Pada penelitian akan dilakukan beberapa perancangan seperti perancangan blok diagram sistem secara keseluruhan dan perancangan diagram alur sistem:

1. Perancangan Blok Diagram Sistem

Pada penelitian, perancangan blok diagram sistem dilakukan untuk memudahkan dalam pengimplementasian. Berikut perancangan blok diagram sistem seperti yang terlihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Perancangan Blok Diagram Sistem

Berdasarkan Gambar 1, penelitian ini terdapat tiga bagian yaitu masukan proses dan hasil keluaran.

a. Inputan

Masukkan penelitian ini berupa sinyal suara manusia yaitu sinyal suara wanita dan pria dimana suara tersebut akan direkam dan disimpan dalam

format. wav. Perikaman suara dilakukan dengan menggunakan *sound recorder*. Setelah pengambilan suara sebagai sinyal masukan maka selanjutnya adalah pengolahan suara tersebut pada perangkat DSK TMS320C6713.

b. Proses

Setelah sinyal masukan didapatkan maka sinyal tersebut diproses. Proses yang dilakukan adalah proses ADC, filtering, dan DAC. Ketiga proses tersebut dilakukan pada PC dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB dan CCS. Suara akan diolah oleh MATLAB kemudian CCS akan menerjemahkan bahasa MATLAB ke bahasa yang dapat dibaca oleh perangkat DSK TMS320C6713.

c. Hasil Keluaran

Hasil keluaran proses filtering yang dilakukan oleh perangkat DSK TMS320C6713 akan didengarkan melalui speaker dan visualisi grafik bentuk sinyal hasil filtering akan ditampilkan melalui *scope* MATLAB.

2. Alur Perancangan Sistem

Alur perancangan pada penelitian ini dibuat untuk memudahkan dalam perancangan sistem dan membantu proses penelitian agar lebih terstruktur dan mengacu pada tujuan penelitian yang ingin dicapai. Berikut diagram alur perancangan sistem seperti yang terlihat pada Gambar 2:



Gambar 2. Diagram Alur Perancangan Sistem

Dalam penelitian ini, sebelum implementasi pada perangkat starter kit, terlebih dahulu membuat desain filter yang diproses pada perangkat seperti yang terlihat pada Gambar 2 di atas. Saat merancang desain filter, perlu menentukan beberapa parameter diantaranya:

- Pilih jenis filter yang akan diproses. Pilihan jenis filter yang disediakan terdiri dari *Low Pass Filter* (LPF), *High Pass Filter* (HPF) dan *Band Pass Filter* (BPF).
- Pilih jenis *windowing* yang akan digunakan, yaitu Hamming.
- Masukan nilai frekuensi *cut off*. Frekuensi *cut off* yang dimasukkan untuk desain filter ini adalah dalam satuan radian (Ω).

- Masukan nilai orde filter sesuai dengan perhitungan.
- Masukkan nilai frekuensi *sampling*. Frekuensi *sampling* dimasukkan dalam satuan Hertz (Hz)

Setelah membuat rancangan desain filter maka selanjutnya adalah menghitung koefisien filter kemudian tampil grafik *output* desain filter. Pilih tipe masukan sinyal, yaitu sinyal sinusoida, suara atau mic. Pada penelitian ini, hanya berfokus pada suara maka pada tipe sinyal masukan adalah suara dan masukkan file suara yang telah direkam dan disimpan. Jalankan program *simulink* untuk mengolah perancangan filter digital FIR pada *board* DSK TMS320C6713. Jika program telah berhasil dijalankan maka keempat LED pada *board* akan menyala. Hal ini menandakan bahwa di dalam *board* telah berhasil terjadi proses ADC, filtering dan DAC. Hasil filtering dapat didengarkan melalui speaker dan visualisasi grafik dapat dilihat pada *scope* matlab.

III. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

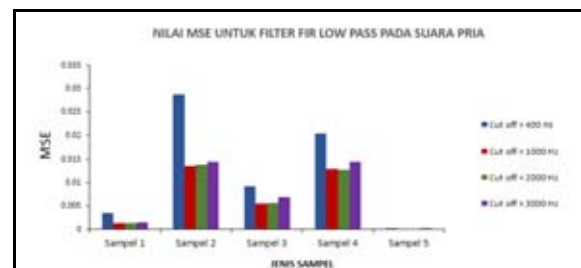
Pengujian fidelitas dilakukan dengan menggunakan metode MSE untuk mengetahui kualitas sinyal tersebut. Semakin kecil MSE maka fidelitas suara semakin bagus.

- Pengujian Fidelitas dengan metode MSE pada Low Pass Filter

Tabel 1. Nilai MSE Hasil Filter FIR Low-Pass untuk Suara Pria

Sampel Suara Pria	Nilai MSE Suara Pria Hasil Filter FIR low pass			
	Cut off = 400 Hz	Cut off = 1000 Hz	Cut off = 2000 Hz	Cut off = 3000 Hz
Sampel 1	0.0034242	0.0013798	0.0013774	0.001519
Sampel 2	0.028827	0.013501	0.013914	0.014513
Sampel 3	0.0092859	0.0054446	0.0057387	0.0069785
Sampel 4	0.020313	0.012964	0.012857	0.014537
Sampel 5	0.00026538	0.00014098	0.00014167	0.00020239

Besar nilai MSE untuk setiap sampel suara pria dan setiap frekuensi *cut off* dapat lebih jelas digambarkan pada Gambar 3 di bawah ini:



Gambar 3. Grafik MSE Terhadap Frekuensi *Cut-Off* pada Low-Pass untuk Suara Pria

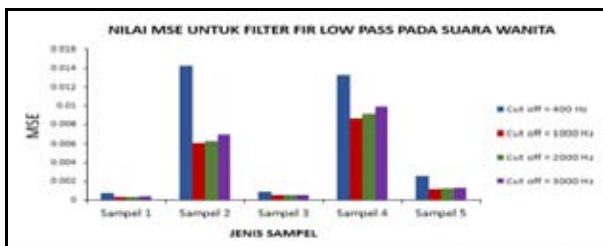
Sampel Suara Pria	Nilai MSE Suara Pria Hasil Filter FIR low pass			
	Cut off = 400 Hz	Cut off = 1000 Hz	Cut off = 2000 Hz	Cut off = 3000 Hz
Sampel 1	0.0034242	0.0013798	0.0013774	0.001519
Sampel 2	0.018827	0.013501	0.013914	0.014513
Sampel 3	0.0092859	0.0054446	0.0057387	0.0069765
Sampel 4	0.020313	0.012964	0.012857	0.014537
Sampel 5	0.00026538	0.00014098	0.00014167	0.00020239

Hasil pengujian nilai MSE terhadap frekuensi *cut off* pada filter FIR low pass untuk setiap sampel wanita dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini

Tabel 2. Nilai MSE Hasil Filter FIR Low-Pass untuk Suara Wanita

Sampel Suara Wanita	Nilai MSE Suara Wanita Hasil Filter FIR low pass			
	Cut off = 400 Hz	Cut off = 1000 Hz	Cut off = 2000 Hz	Cut off = 3000 Hz
Sampel 1	0.00074007	0.00037012	0.00037104	0.00043686
Sampel 2	0.014332	0.0081225	0.0063259	0.0070454
Sampel 3	0.00092252	0.00052104	0.00053668	0.00054361
Sampel 4	0.013337	0.008657	0.0091869	0.0099214
Sampel 5	0.002599	0.0011816	0.0012296	0.0013281

Besar nilai MSE untuk setiap sampel suara wanita dan setiap frekuensi *cut off* dapat lebih jelas digambarkan pada Gambar 4 di bawah ini:



Gambar 4. Grafik MSE Terhadap Frekuensi *Cut-Off* pada Low-Pass untuk Suara Wanita

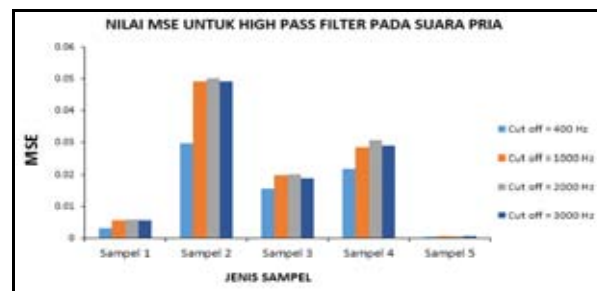
Berdasarkan seluruh data hasil pengujian, dapat disimpulkan nilai MSE pada frekuensi *cut-off* 400-1000 Hz semakin kecil dimana terjadi penurunan signifikan dari frekuensi 400 - 1000 Hz seperti yang terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

2. Pengujian Fidelitas dengan metode MSE pada High Pass Filter

Tabel 3. Nilai MSE Hasil Filter FIR High-Pass untuk Suara Pria

Sampel Suara Pria	Nilai MSE Suara Pria Hasil Filter FIR high pass			
	Cut off = 400 Hz	Cut off = 1000 Hz	Cut off = 2000 Hz	Cut off = 3000 Hz
Sampel 1	0.0033201	0.0057878	0.0058282	0.0056562
Sampel 2	0.029668	0.049236	0.050141	0.049146
Sampel 3	0.013788	0.019962	0.020122	0.018876
Sampel 4	0.021976	0.028527	0.030746	0.028899
Sampel 5	0.00057502	0.00072619	0.00074512	0.00067605

Besar nilai MSE untuk setiap sampel suara pria dan setiap frekuensi *cut off* dapat lebih jelas digambarkan pada Gambar 5 di bawah ini:



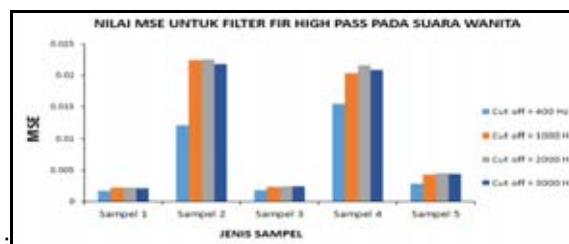
Gambar 5. Grafik MSE Terhadap Frekuensi *Cut-Off* pada High-Pass untuk Suara Pria

Hasil pengujian nilai MSE terhadap frekuensi *cut off* pada filter FIR high pass untuk setiap sampel wanita dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. Nilai MSE Hasil Filter FIR High-Pass untuk Suara Wanita

Sampel Suara Wanita	Nilai MSE Suara Wanita Hasil Filter FIR high pass			
	Cut off = 400 Hz	Cut off = 1000 Hz	Cut off = 2000 Hz	Cut off = 3000 Hz
Sampel 1	0.0017387	0.0022387	0.0021669	0.0021958
Sampel 2	0.012086	0.022412	0.022534	0.021805
Sampel 3	0.0018756	0.0023821	0.0023204	0.0025134
Sampel 4	0.015451	0.020351	0.021608	0.020911
Sampel 5	0.0028913	0.0043442	0.0045129	0.0067615

Besar nilai MSE untuk setiap sampel suara wanita dan setiap frekuensi *cut off* dapat lebih jelas digambarkan pada Gambar 6 di bawah ini



Gambar 6. Grafik MSE Terhadap Frekuensi *Cut-Off* pada High-Pass untuk Suara Wanita

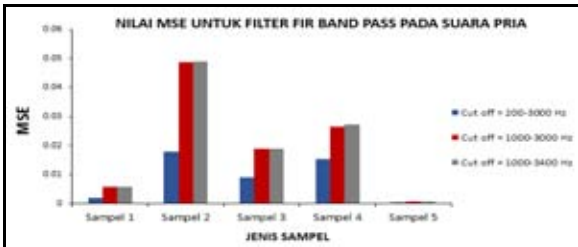
Pada pengujian pada sampel suara pria, menunjukkan nilai MSE semakin besar dari frekuensi *cut-off* 400 - 2000 Hz kemudian mengalami penurunan pada frekuensi *cut off* 3000 Hz. Hal yang sama juga terjadi pada sampel suara wanita, yaitu nilai MSE semakin besar pada frekuensi *cut-off* 400 - 2000 Hz kemudian mengalami penurunan nilai pada frekuensi *cut off* 3000 Hz. Penurunan nilai MSE yang terjadi pada *cut-off* 3000 Hz tidak besar seperti pada Tabel 3 dan Tabel 4.

3. Pengujian Fidelitas dengan metode MSE pada High Pass Filter

Tabel 5. Nilai MSE Hasil Filter FIR Band-Pass untuk Suara Pria

Sampel Suara Pria	Nilai MSE Hasil filter FIR band pass		
	<i>Cut off</i> = 200-3000 Hz	<i>Cut off</i> = 1000-3000 Hz	<i>Cut off</i> = 1000-3400 Hz
Sampel 1	0.0019068	0.0056558	0.005667
Sampel 2	0.017926	0.048656	0.048835
Sampel 3	0.0090147	0.01879	0.018933
Sampel 4	0.015398	0.0264	0.027295
Sampel 5	0.00035891	0.00068495	0.00071031

Besar nilai MSE untuk setiap sampel suara pria dan setiap frekuensi *cut off* dapat lebih jelas digambarkan pada Gambar 7 di bawah ini:



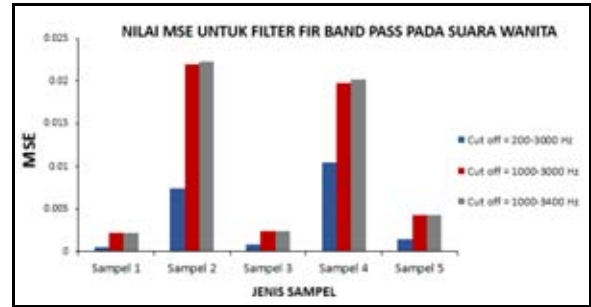
Gambar 7. Grafik MSE Terhadap Frekuensi *Cut-Off* pada Band-Pass untuk Suara Pria

Hasil pengujian nilai MSE terhadap frekuensi *cut off* pada filter FIR high pass untuk setiap sampel wanita dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini:

Tabel 6. Nilai MSE Hasil Filter FIR Band-Pass untuk Suara Wanita

Sampel Suara Wanita	Nilai MSE Hasil Filter FIR Band Pass		
	<i>Cut off</i> = 200-3000 Hz	<i>Cut off</i> = 1000- 3000 Hz	<i>Cut off</i> = 1000-3400 Hz
Sampel 1	0.00056081	0.0021561	0.0022213
Sampel 2	0.0074401	0.02202	0.02229
Sampel 3	0.00079665	0.0023734	0.0023789
Sampel 4	0.01053	0.019783	0.020195
Sampel 5	0.0014561	0.0042729	0.0043128

Besar nilai MSE untuk setiap sampel suara pria dan setiap frekuensi *cut off* dapat lebih jelas digambarkan pada Gambar 8 di bawah ini:



Gambar 8. Grafik MSE Terhadap Frekuensi *Cut-Off* pada Band-Pass untuk Suara Wanita

Pada pengujian sampel suara pria dan sampel suara wanita, menunjukkan bahwa nilai MSE paling kecil pada rentang frekuensi *cut off* 200–3000 Hz. Hal ini disebabkan karena selisih antara sinyal keluaran dengan sinyal asli sangat kecil. Semakin kecil selisihnya maka semakin kecil pula nilai MSE. Rentang frekuensi *cut off* 200 – 3000 Hz dapat dikatakan merupakan frekuensi yang bagus untuk band pass filter karena menghasilkan nilai MSE yang kecil. Berdasarkan hasil uji coba, dapat dikatakan pula bahwa tipe filter FIR band-pass adalah tipe sesuai untuk rentang frekuensi suara manusia. Hal ini menyebabkan tipe filter ini paling banyak digunakan untuk implementasi filter digital.

IV. KESIMPULAN

1. Pada Low-Pass Filter, semakin besar frekuensi *cut off* maka amplitudo mendekati sinyal asli sehingga pada frekuensi *cut off* 2000 Hz dan 3000 Hz amplitudo sinyal hasil filtering sama dengan amplitudo sinyal asli. Nilai MSE paling rendah pada frekuensi *cut off* 1000 Hz dengan nilai 0.00014098 untuk sampel suara pria dan 0.00037012 untuk sampel suara wanita.
2. Pada High-Pass Filter, nilai amplitudo sinyal hasil filtering paling rendah pada frekuensi *cut off* 3000 Hz karena semakin tinggi frekuensi *cut off*, maka amplitudo sinyal hasil filtering. Nilai MSE paling besar pada frekuensi *cut off* 2000 Hz dengan 0.050141 untuk sampel pria dan 0.022534 untuk sampel suara wanita.
3. Pada Band-Pass Filter, nilai amplitudo sinyal hasil filtering sama dengan amplitudo sinyal asli pada frekuensi *cut off* 200-3000 Hz karena semakin besar rentang frekuensi *cut*

off maka bentuk sinyal keluaran menyerupai sinyal asli. Nilai MSE paling rendah pada frekuensi *cut off* 200-3000 Hz dengan nilai 0.00035891 untuk sampel suara pria dan 0.00056081 untuk sampel suara wanita karena selisih amplitudo sinyal keluaran dan sinyal asli kecil.

4. Jika dibandingkan ketiga tipe filter, filter FIR Band-Pass menghasilkan fidelitas yang baik dimana dibuktikan band-pass filter lebih banyak digunakan pada implementasi pengolahan sinyal digital dengan menggunakan filter digital FIR sesuai dengan suara yang digunakan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Proakis John G, Dimitris G Manolakis, "Digital Signal Processing, Principle, Algoritma, and Application", Prentice Hall International, New Jersey, 1996.
- [2] Capel Vivian, "Audio and Hi-fi Engineer's Pocket Book", Newnes, United State, 1995
- [3] Yeffry Handoko Putra, John Adler, Gugun Gunawan. "APLIKASI FILTER FINITE IMPULSE RESPONSE (FIR) UNTUK MENGHILANGKAN NOISE PADA SUARA MANUSIA MENGGUNAKAN GRAPHICAL USER INTERFACE (GUI)PEMROGRAMAN MATLAB" Teknik Komputer Unikom, Bandung, 2011.
- [4] Gunawan Dadang, Juwono F. Hilman, "Pengolahan Sinyal Digital Dengan Pemrograman Matlab", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2012.
- [5] Endah Sudarmilah, Gunawan Ariyanto, Heru Supriyono "Implementasi Filter Digital Finite Impulse Response Metode Penjendelaan Hamming pada DSP" JURNAL TEKNIK ELEKTRO DAN KOMPUTER EMITOR Vol. 3, No. 1, Maret 2003.
- [6] Ifeachor Emanuel C, Jervis Barrie W, "Digital Signal Processing. A Practical Approach. Second Edition", British Library Cataloguing in Publication Data, British, 2002.
- [7] Wiliani Ninuk, Novianti Elfira Rosaliana, "Perangkat Lunak Verifikasi Suara Dengan Metode Pengolahan Sinyal" Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2014, Yogyakarta, ISSN : 19790911X.
- [8] Basuki Achmad, Huda Miftahul, Amalia T. Silvie, "Aplikasi Pengolahan Suara untuk Request Lagu", IES 2006 – Politeknik Elektronika NegeriSurabaya – ITS.
- [9] Kumar Sandeep, et al, "Implementation and Analysis of FIR Filter using TMS 320C6713 SK", International Journal of Computers & Technology, Volume 3 No.2, Oct, 2012.

Pengurangan Arus Harmonisa Urutan Nol pada Sistem Distribusi Menggunakan Transformator Zig Zag dan Filter Aktif

Zulkarnaen Pane¹, Syiska Yana²

^{1,2}Departemen Teknik Elektro, Universitas Sumatera Utara
Medan, Indonesia

¹Email: zulkarnaen_pane@yahoo.com

²Email: syiska_yana@yahoo.com

Abstract – Penelitian ini membahas tentang pengurangan arus harmonisa urutan nol pada sistem distribusi tiga fasa empat kawat menggunakan transformator zig zag dan filter aktif. Arus harmonisa urutan nol pada sistem disebabkan oleh beban non linier berupa lampu hemat energi. Besar arus harmonisa urutan nol berdasarkan hasil pengukuran adalah sebesar 6,5 Ampere. Nilai arus ini cukup besar dan dapat menimbulkan gangguan pada sistem, sehingga diperlukan metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kandungan arus harmonisa urutan nol tersebut. Metode yang digunakan adalah simulasi dalam beberapa tahap. Tahap pertama adalah simulasi sistem sebelum terhubung dengan transformator zig zag, selanjutnya sistem terhubung dengan transformator zig zag, dan terakhir adalah sistem terhubung dengan transformator zig zag dan filter aktif. Dari hasil simulasi diperoleh, arus harmonisa urutan nol menggunakan transformator zig zag berkurang menjadi 5,12 Ampere, sedangkan menggunakan gabungan transformator zig zag dan filter aktif sebesar 0,054 Ampere.

Keywords: Arus harmonisa urutan nol, transformator zig zag, filter aktif

I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi tiga fasa empat kawat digunakan secara luas untuk menyalurkan tenaga listrik pada tegangan rendah, terutama untuk melayani beban-beban satu fasa yang dipasang antara fasa dan netral. Pada sistem distribusi ini arus pada konduktor netral merupakan penjumlahan vector dari ketiga arus fasa. Dengan beban-beban linear yang seimbang di mana arus pada masing-masing fasa mempunyai perbedaan fasa sebesar 120° maka tidak ada arus netral. Pada kebanyakan sistem distribusi tenaga yang mensuplai beban-beban satu fasa besar kemungkinan terjadi ketidak seimbangan beban sehingga menimbulkan arus netral yang umumnya tidak lebih dari 20 persen dari arus beban normal pada konduktor fasa [1]. Jenis beban yang bervariasi pada sistem distribusi empat kawat sering menimbulkan berbagai permasalahan atau gangguan pada sistem kelistrikan. Jenis beban yang sering menjadi penyebab munculnya gangguan pada sistem kelistrikan adalah beban non linear. Beban non linear merupakan beban listrik yang mengandung komponen semikonduktor, yang dalam operasinya menyebabkan perubahan bentuk gelombang dan frekuensi pada sistem kelistrikan.

Gangguan kelistrikan yang sering disebabkan oleh beban non linear ini salah satunya adalah harmonisa. Harmonisa merupakan tegangan atau arus yang memiliki frekuensi kelipatan dari frekuensi fundamental. Frekuensi fundamental sebesar 50 Hz atau 60 Hz [2].

Besarnya arus netral yang terdapat pada sistem-sistem yang mempunyai beban-beban non linear dapat menjadi sangat besar yakni berkisar antara 60 sampai dengan 80 persen dari nilai arus fasa [1]. Berdasarkan hasil survey pada instalasi-instalasi dengan beban komputer di Amerika menunjukkan bahwa 22,6 % mempunyai arus netral yang melebihi arus fasa beban penuh [3]. Ballast induktif yang terdapat pada lampu fluorescent juga menimbulkan harmonisa yang cukup berarti pada konduktor netral, sehingga dapat menimbulkan kebakaran akibat beban lebih pada konduktor netral seperti yang dilaporkan oleh Liew [1].

Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk mengurangi arus harmonisa pada sistem kelistrikan antara lain penggunaan filter pasif, filter aktif dan transformator [4]. Pada penelitian ini dilakukan simulasi dan eksperimen untuk mengurangi arus harmonisa urutan nol menggunakan transformator zig zag dan filter aktif. Transformator zig zag dipasang paralel pada jala-jala di sisi beban sedangkan filter aktif dipasang secara seri pada penghantar netral untuk mencegah mengalirnya arus harmonisa urutan nol dari beban ke sumber.

II. ARUS HARMONISA URUTAN NOL

Sistem distribusi tiga fasa empat kawat sangat dipengaruhi oleh beban non linier satu fasa yang terpasang pada jaringan tegangan rendahnya. Dalam keadaan normal, arus beban setiap fasa dari beban linier yang seimbang pada frekuensi dasarnya (50 Hz) akan saling mengurangi sehingga arus netralnya menjadi nol. Sebaliknya pada beban non linier satu fasa, akan timbul harmonisa kelipatan tiga ganjil yang disebut *triplen harmonic* (harmonisa ke-3, ke-9, ke-15, dst.) yang sering disebut *zero sequence harmonic*. Harmonisa ini tidak menghilangkan arus netral tetapi dapat menghasilkan arus netral yang lebih besar dari arus fasa. Untuk menghindari dampak yang ditimbulkan harmonisa secara langsung pada komponen sistem kelistrikan biasanya dilakukan

dengan cara derating, yaitu membebani atau mengoperasikan komponen-komponen sistem tersebut, misalnya transformator dan generator atau konduktor netral, di bawah rating nominalnya, atau memperbesar kapasitas komponen sistem tersebut. Dapat juga dilakukan dengan memperbesar kapasitas transformator dan generator atau menambah dan memperbesar ukuran konduktor netral sistem. Cara derating seperti ini hanya dapat mencegah kerusakan akibat harmonisa pada komponen yang bersangkutan saja, tetapi tidak mengurangi kandungan harmonisa pada sistem secara keseluruhan sehingga akibat harmonisa bentuk lainnya tidak dapat direduksi.

Metode yang dilakukan untuk mengurangi harmonisa pada sistem distribusi tenaga listrik secara umum dilakukan dengan tiga cara [2]:

1. Menghindari akibat harmonisa secara langsung pada komponen sistem yang bersangkutan,
2. Mengurangi arus harmonisa di sisi jala-jala sistem

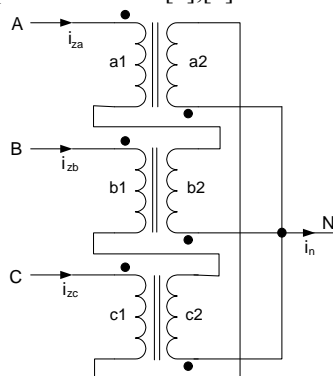
Mengurangi kandungan arus harmonisa pada sumbernya Metode yang sering dilakukan untuk mengurangi harmonisa adalah metode yang kedua yaitu mengurangi komponen arus harmonisa di sisi jala-jala sistem dengan menggunakan [2]:

1. Filter aktif
2. Filter pasif seri atau shunt LC,
3. Peralatan elektromagnetic seperti transformator Y-Δ, autotransformator zig-zag, transformator scott (T), dan transformator zero-blocking

Pada penelitan ini digunakan dua metode untuk mengurangi arus harmonisa urutan nol pada sistem distribusi. Metode yang digunakan adalah menggunakan transformator zig zag dan filter aktif

a. Transformator Zig Zag

Hubungan transformator zig-zag, sesuai dengan namanya, diperoleh dengan menghubungkan tiga buah transformator satu fasa secara zig-zag seperti ditunjukkan pada Gambar 1 [5],[6].



Gambar 1. Diagram transformator zig-zag

Pada gambar tersebut terminal A, B, dan C masing-masing dihubungkan paralel dengan ke tiga fasa jala-jala dan terminal N dihubungkan paralel dengan titik netral dari suatu sistem distribusi daya tiga fasa empat kawat. Pada sistem distribusi daya tiga

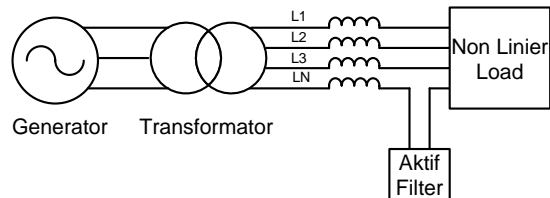
fasa empat kawat arus urutan nol tiga fasa ($i_{ao}(t), i_{bo}(t), i_{co}(t)$) mempunyai magnitud dan fasa yang sama seperti yang dinyatakan oleh:

$$i_{ao}(t) = i_{bo}(t) = i_{co}(t) \tag{1}$$

$$i_n(t) = 3 i_{ao}(t) \tag{2}$$

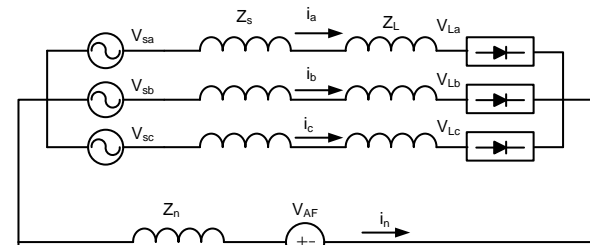
b. Filter Aktif

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi arus harmonisa pada sistem distribusi tiga fasa empat kawat adalah dengan memasang atau menggunakan filter aktif. Filter aktif adalah salah satu solusi untuk mengurangi arus harmonisa yang dianggap lebih efektif dari pada filter pasif. Penelitian tentang teknik kontrol terbaru untuk kompensasi arus harmonisa urutan nol pada sistem tiga fasa empat kawat telah pernah dilakukan [7]. Pada penelitian ini filter aktif seri digunakan untuk menghambat arus urutan nol pada konduktor netral. Gambar skema rangkaian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian sistem tiga fasa empat kawat dan filter aktif

Metode yang digunakan untuk mengurangi arus harmonisa urutan nol dengan menggunakan filter aktif ini salah satunya yaitu metode harmonisa ke tiga [7]. Gambar rangkaian ekivalen untuk reduksi arus harmonisa urutan nol dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian ekivalen sistem (Zadeh, 2009)

Berdasarkan Gambar 3, tegangan sumber secara berurutan $V_{sa}, V_{sb},$ dan V_{sc} . Arus yang mengalir pada rangkaian yaitu $i_a, i_b,$ dan i_c . Pada rangkaian ini beban dimodelkan sebagai sumber tegangan $V_{La}, V_{Lb},$ dan V_{Lc} . Impedansi saluran disimbolkan dengan $Z_L,$ sedangkan impedansi sumber dan netral disimbolkan dengan Z_S dan Z_n . Output tegangan filter aktif dihitung menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$V_{AF} = k_r I_N \tag{3}$$

$$V_{sa} - Z_{sa} I_a - Z_{La} - V_{La} + V_{AF} = 0 \tag{4}$$

$$V_{sb} - Z_{sb} I_b - Z_{Lb} - V_{Lb} + V_{AF} = 0 \tag{5}$$

$$V_{sc} - Z_{sc} I_c - Z_{Lc} - V_{Lc} + V_{AF} = 0 \tag{6}$$

Impedansi sumber dari AC grid selalu seimbang sehingga diasumsikan $Z_{sa}=Z_{sb}=Z_{sc}=Z_s$. Impedansi saluran Z_{La} , Z_{Lb} , dan Z_{Lc} sama dengan sebuah impedansi kecil Z_L . Sehingga persamaan arus netral dapat ditulis sebagai berikut:

$$I_N = \frac{(V_{La} + V_{Lb} + V_{Lc}) - (V_{sa} + V_{sb} + V_{sc})}{Z_S + Z_L + 3K_r} \quad (7)$$

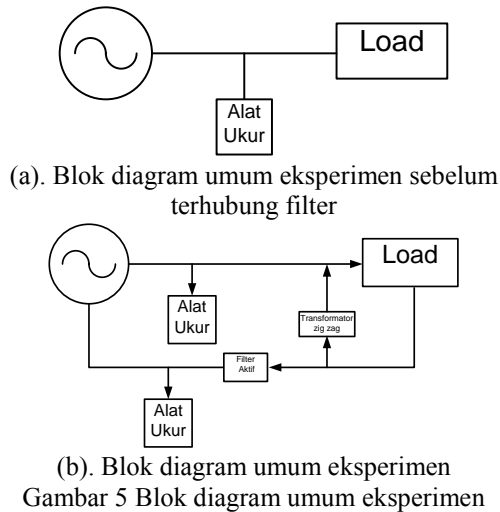
Dimana:

- V_{AF} = tegangan output filter
- k_r = gain
- I_N = arus netral

III. METODE PENELITIAN

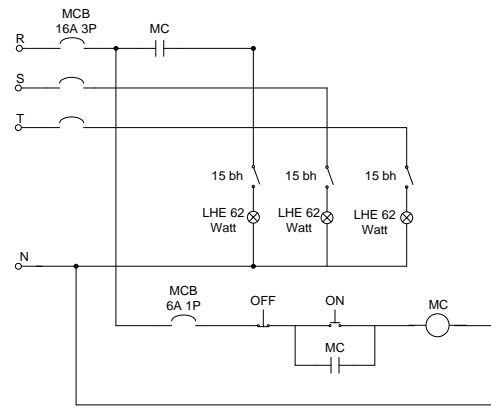
Pada penelitian ini digunakan dua metode untuk mengurangi arus harmonisa urutan nol pada sistem distribusi. Metode yang digunakan adalah menggunakan transformator zig zag dan filter aktif.

Blok diagram umum untuk eksperimen yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.

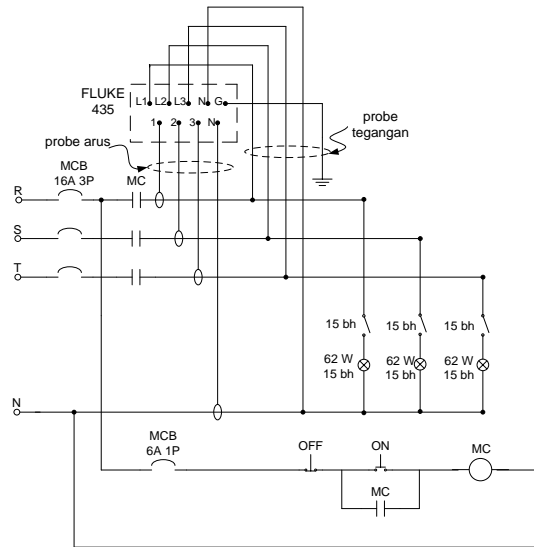


Berdasarkan Gambar 5, sebelum melakukan perhitungan filter terlebih dahulu akan dilakukan pengukuran terhadap sistem sebelum menggunakan filter. Dari hasil pengukuran akan diketahui berapa besar arus harmonisa urutan nol pada sistem. Setelah diketahui berapa besar arus harmonisa maka tahap berikutnya adalah menghitung dan melakukan simulasi transformator zig zag dan filter aktif. Berikutnya dilakukan pengukuran setelah menggunakan transformator dan filter.

Rancangan rangkaian pengujian dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7. Beban non linear yang digunakan pada rancangan rangkaian pengujian pada Gambar 6 terdiri dari 15 buah lampu hemat energi (LHE) 62 Watt. Berikutnya, rancangan rangkaian pengujian diimplementasikan menjadi rangkaian eksperimen yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Rancangan rangkaian pengujian



Gambar 7. Rancangan rangkaian menggunakan alat ukur

Pengujian dilakukan untuk mengukur berapa besar harmonisa yang dihasilkan oleh sistem. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran adalah harmonisa, tegangan, arus dan daya pada sistem distribusi tiga fasa empat kawat. Harmonisa yang diukur adalah harmonisa arus. Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengukuran maka dapat dirancang transformator zig-zag dan filter aktif yang sesuai untuk mengurangi persentase harmonisa sistem.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

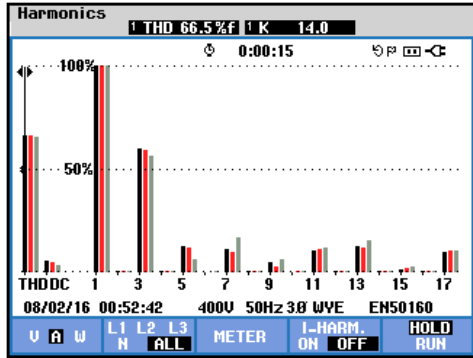
Harmonisa merupakan salah satu jenis gangguan pada sistem kelistrikan yang berupa arus dan tegangan yang memiliki frekuensi kelipatan dari frekuensi fundamental. Penyebab utama yang menimbulkan harmonisa pada sistem kelistrikan adalah beban non linear. Lampu hemat energi yang digunakan pada penelitian ini juga tergolong sebagai beban non linier.

Gambar 8 menunjukkan eksperimen pengukuran di laboratorium. Pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur Power Quality Analyzer.



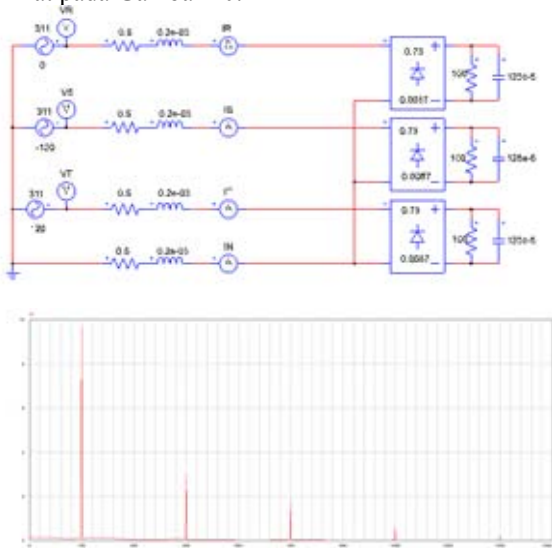
Gambar 8 Rangkaian eksperimen

Dari hasil pengukuran diperoleh nilai total harmonic distortion arus (THDi) sebelum menggunakan filter adalah sebesar 66,5% dan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Spektrum harmonisa arus

Dari Gambar 9 dapat dilihat spectrum harmonisa arus pada masing-masing fasa. Warna abu-abu menunjukkan spectrum harmonisa arus urutan nol. Dari spectrum harmonisa yang ditampilkan hasil pengukuran, harmonisa yang paling dominan adalah harmonisa orde 3 (150 Hz) dan besar arus harmonisa urutan nol yang terukur sebesar 6,5 Ampere. Arus harmonisa urutan nol inilah yang akan direduksi dengan menggunakan transformator zig zag dan filter aktif. Selanjutnya dari data yang ada maka dilakukan simulasi untuk melihat pengaruh pengurangan arus harmonisa menggunakan transformator zig zag dan filter aktif. Gambar rangkaian simulasi sistem dapat dilihat pada Gambar 10.

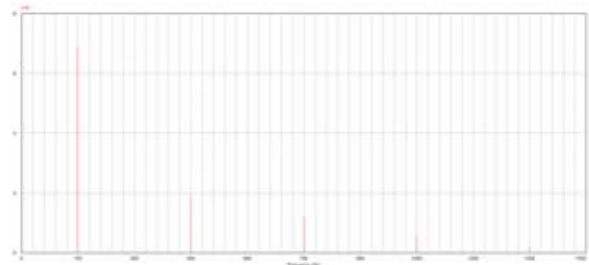
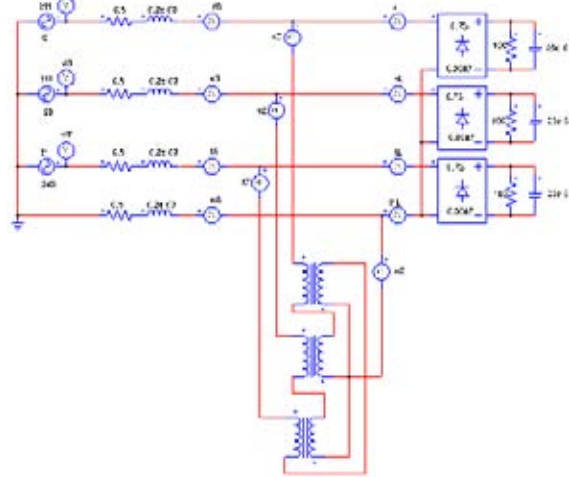


Gambar 10. Rangkaian simulasi dan hasil

Pada simulasi, beban non linier lampu diwakili dengan komponen penyearah beban seimbang. Dari simulasi diperoleh besar arus urutan nol sebesar 7,4

Amper. Nilai ini tidak jauh berbeda dengan nilai arus harmonisa urutan nol pada pengukuran. Berdasarkan data yang diperoleh dari simulasi dan eksperimen maka dirancang lah tranformator zig zag dan filter aktif menggunakan persamaan pada bagian II.

Rangkaian simulasi menggunakan transformator zig zag dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Rangkaian simulasi menggunakan transformator zig zag

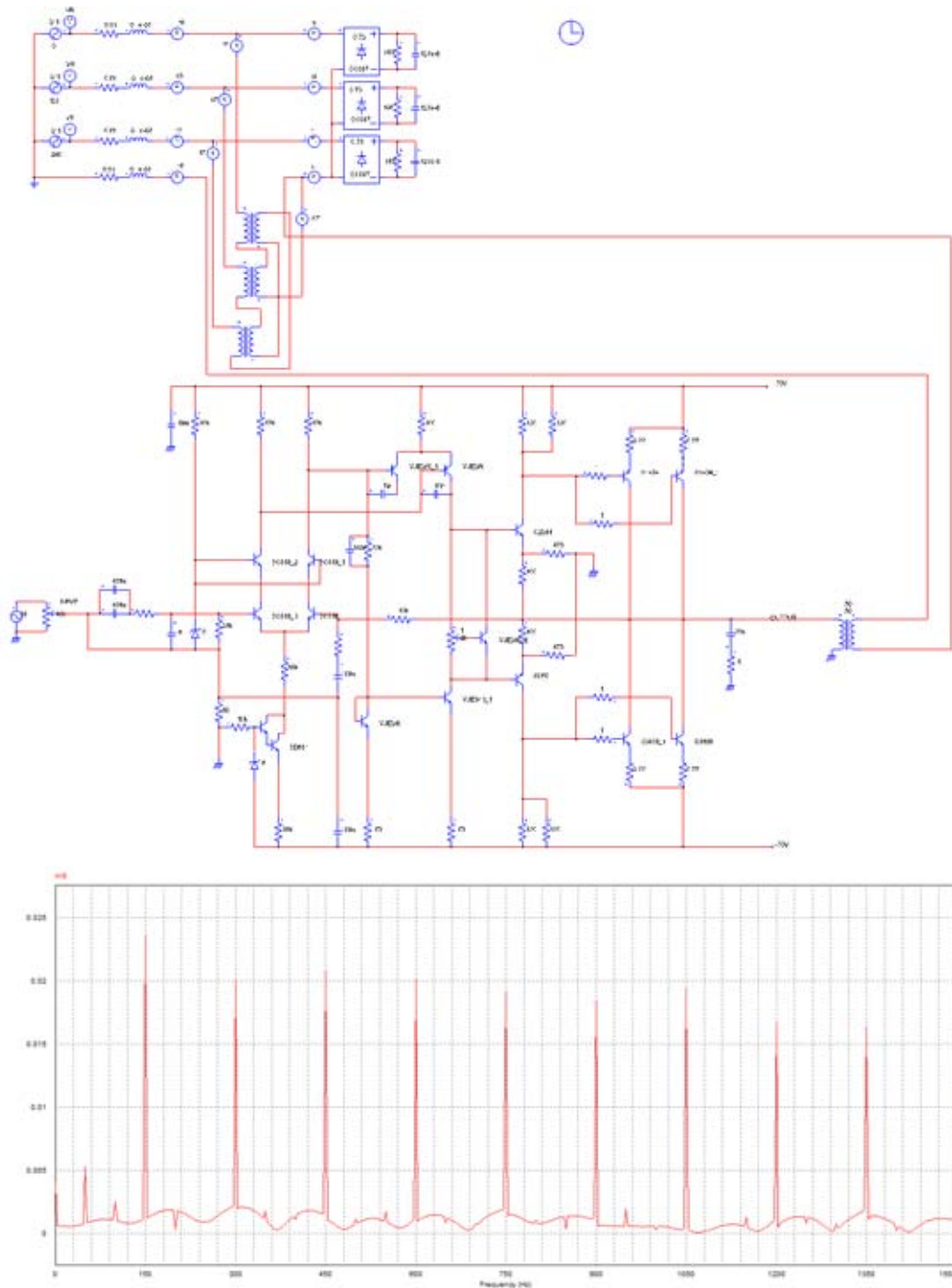
Dari hasil simulasi diperoleh pengurangan arus harmonisa urutan nol menggunakan transformator zig zag menjadi 5,12 Ampere. Berdasarkan hasil simulasi dapat dilihat bahwa transformator zig zag dapat mengurangi arus harmonisa.

Tahap berikutnya adalah simulasi menggunakan transformator zig zag dan filter aktif yang dapat dilihat pada Gambar 12. Dari Gambar 12 dapat dilihat bahwa gabungan tranformator zig zag dan filter aktif dapat mengurangi arus harmonisa urutan nol menjadi 0,054 Ampere. Nilai ini jauh lebih baik dari pada hanya menggunakan transformator zig zag. Perbandingan hasil simulasi untuk kedua simulasi yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan hasil simulasi

Arus harmonisa urutan nol		
Sebelum menggunakan filter	Transformator zig zag	Filter Aktif
7,4 A	5,12 A	0,054 A

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa pengurangan arus harmonisa urutan nol pada sistem distribusi tiga fasa empat kawat lebih efektif jika menggunakan tranformator zig zag dan filter aktif yang dihubung paralel pada fasa netral.



Gambar 12. Rangkaian simulasi gabungan transformator zig zag dan filter aktif

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Harmonisa merupakan salah satu jenis gangguan yang ada pada sistem kelistrikan termasuk sistem distribusi tiga fasa empat kawat. Gangguan berupa harmonisa ini disebabkan oleh beban non linier yang terhubung pada sistem.

Penelitian ini dilakukan dalam bentuk eksperimen laboratorium dan simulasi. Pada eksperimen dan simulasi dirancang sebuah sistem distribusi tiga fasa empat kawat dengan beban berupa lampu hemat energi. Kemudian dilakukan pengukuran menggunakan alat ukur power quality analyzer untuk

mengukur berapa besar arus harmonisa urutan nol pada sistem. Setelah dilakukan pengukuran maka dilakukan simulasi menyerupai sistem pada eksperimen. Setelah itu dilakukan simulasi untuk melihat pengaruh penggunaan transformator zig zag dan filter aktif terhadap besar arus harmonisa urutan nol pada sistem.

Dari hasil simulasi diperoleh besar arus harmonisa urutan nol berkurang secara signifikan dengan menggunakan gabungan transformator zig zag dan filter aktif. Arus harmonisa urutan nol berkurang dari 7,4 Ampere menjadi 0.054 Ampere.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lowenstein, M.Z., "Eliminating Harmonic Neutral Current Problems", Transmission and Distribution Conference and Exposition, 2008. T&D. IEEE/PES, pp.1-4, 21-24 April 2008.
- [2] Dugan, Roger C. et al., Electric Power System Quality, Second Edition. McGraw-Hill, 2004.
- [3] Desmet, J.; Baggini, A., Neutral Sizing in Harmonic Rich Installations, Copper Development Association & European Copper Institute, June 2003.
- [4] Singh, B.; Jayaprakash, P.; Kothari, D.P., Magnetics for Neutral Current Compensation in Three-Phase Four-Wire Distribution System, Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES) & 2010 Power India, 2010
- [5] Hurng-Liahng Jou, Jinn-Chang Wu, Kuen-Der Wu, Wen-Jung Chiang, and Yi-Hsun Chen, Analysis of Zig-Zag Transformer Applying in the Three-Phase Four-Wire Distribution Power System, IEEE Transactions On Power Delivery, Vol. 20, No. 2, April 2005.
- [6] S.Ranjith Kumar, S.Surendhar, Ashish Negi and P.Raja, Zig Zag Transformer performance analysis on harmonic reduction in distribution load, International Conference on Electrical, Control and Computer Engineering Pahang, Malaysia, June 21-22, 2011.
- [7] Zadeh, J.Keramati, E. Farjah, New Control Technique for Compensation of Neutral Current Harmonics in Three-Phase Four-Wire Systems, IEEE, 2009

Analisa Kinerja TCM-SM Untuk MIMO Pada Kanal Fading

Popy Maria¹; Gunawan Wibisono²

¹Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang
Padang, Indonesia.

Email: popy.pnp@gmail.com

²Teknik Elektro, Universitas Indonesia
Depok, 16424, Indonesia.

Email: gunawan@ee.ui.ac.id

Abstract - Spatial Modulation (SM) is a new modulation concept in MIMO system was proposed to reduced complexity and ICI without deteriorating the end to end system performance. In SM, just one transmit antenna is activated for data transmission at any signaling time instance. Information bits that was transmitted are contains two information, symbol that is chosen from a complex signal constellation diagram and index transmit antenna active that is chosen from set of transmit antennas. TCM – SM was proposed in this research is to apply TCM concept to signal constellation points of SM. Have transmit coded signal in SM (TCM-SM) to aim for enhance SM performance in Rayleigh flat fading channel and Rician fading channel. Performance analysis was expressed by bit error probability.

Keywords: MIMO, SM, TCM, TCSM

I. Pendahuluan

Tuntutan peningkatan *data rate* dan kualitas layanan suatu sistem komunikasi *wireless* memicu lahirnya teknik baru untuk meningkatkan efisiensi spektrum dan perbaikan kualitas saluran. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan multi antena pada sisi pengirim dan penerima, teknik ini dikenal dengan *Multiple Input Multiple Output* (MIMO). Ada dua hal yang sebenarnya diberikan oleh sistem MIMO yaitu *diversity gain* dan *multiplexing gain*. *Diversity gain* dapat dicapai dengan menerapkan teknik *spatial diversity*. Prinsipnya, diversitas mengirimkan beberapa replika sinyal informasi pada kanal *independent fading*, sehingga di *receiver* minimal ada satu sinyal yang tidak mengalami *fading* terburuk contohnya adalah teknik *Space Time Block Code* (STBC) yang diperkenalkan oleh Alamouti[1]. *Multiplexing gain* dapat dicapai dengan menggunakan *spatial multiplexing* atau *space division multiplexing* (SDM) pada sinyal yang akan dikirim. Prinsip dasar SDM yaitu *symbol stream* yang akan dikirim dipecah menjadi beberapa paralel *symbol stream* yang kemudian ditransmisikan secara simultan dengan *bandwidth* yang sama pada masing-masing antena, Teknik yang umum digunakan yaitu dengan *Vertical Bell Labs Layered Space-Time Architecture* (VBLAST) [2]. Namun demikian *spatial multiplexing* dan *spatial diversity* belum cukup handal untuk mengatasi *inter channel interference* (ICI) dan sistem deteksi dipenerima yang masih kompleks.

Pada sistem MIMO STBC dan VBLAST semua antena digunakan pada satu waktu secara simultan untuk mengirimkan data dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi daya ataupun menaikkan *data rate*. Namun demikian dipenerima ini dapat meningkatkan kompleksitas pendeteksian. *Spatial Modulation* (SM) [3] merupakan suatu

konsep teknik modulasi yang baru pada system MIMO dengan tujuan untuk mengurangi kompleksitas pada skema *multiple antenna* tanpa mengurangi performansi *end to end system*. Konsep dasar dari SM adalah hanya satu antena pengirim yang aktif untuk mentransmisikan sinyal pada satu waktu. Bit informasi yang dikirim mengandung unit sinyal yang dipilih dari *complex signal-constelation* diagram dan index antena pengirim yang dipilih dari set antena pengirim.

R. Mesleh, Harald Haas dkk [3] memaparkan bahwa SM dapat meningkatkan efisiensi *spectrum* dan juga dapat menghindari menghindari korelasi antara antena transmit dengan kompleksitas lebih rendah dari teknik STBC dan VBLAST. Deteksi optimum kemudian diusulkan oleh Jeyadeepan Jegathan dkk [5] yang memaparkan bahwa deteksi optimum dengan menggunakan prinsip *maximum likelihood* (ML) memberikan performansi yang lebih baik dibandingkan dengan deteksi sub-optimal yang menggunakan MRC. Pada [6] menggabungkan teknik *trellis coded modulation* (TCM) pada SM untuk meningkatkan performansi SM pada *correlated channel*. Teknik ini yang kemudian dikenal dengan *Trellis Code Spatial Modulation* (TCSM).

Pada [8] dipaparkan bahwa teknik pengkodean dapat digunakan untuk memperbaiki performansi kesalahan tanpa mengorbankan *data rate* dan tanpa membutuhkan tambahan *bandwidth*. Untuk mendapatkan *coding gain* maka *channel encoder* digabungkan dengan *mapping* menggunakan *set potitioning*. Ini juga akan lebih mengoptimalkan system karena dibagian deteksi digunakan algoritma Viterbi. TCM menggunakan *convolutional encoder* dengan rate $R = m/m + 1$ kemudian dimappingkan pada $(m + 1)$ PSK.

Salah satu teknik untuk meningkatkan kinerja sistem adalah dengan menggunakan teknik pengkodean [8]. Pada [3-6] sinyal yang dikirimkan adalah sinyal modulasi *uncoded*. Pada penelitian ini diusulkan untuk konstelasi sinyal yang dikirimkan pada SM adalah sinyal modulasi *coded*. Dengan mengirimkan sinyal modulasi yang telah dikodekan sebelumnya dapat meningkatkan kinerja dari sistem. Dengan mengambil kelebihan dari [8], maka untuk penelitian ini diaplikasikan teknik TCM untuk konstelasi sinyal yang dikirimkan pada SM (TCM-SM). Analisa performansi TCM pada teknik SM akan dinyatakan dengan probabilitas kesalahan bit sistem.

Untuk membedakan antara SM, TCSM dan TCM-SM dapat dilihat dari mapping bit yang digunakan untuk konstelasi sinyal dan konstelasi antena. Sebagai contoh, jika 4 bit informasi akan dikirimkan pada MIMO 4x4, untuk teknik SM konvensional 2 bit *most significant bit* (MSB) digunakan

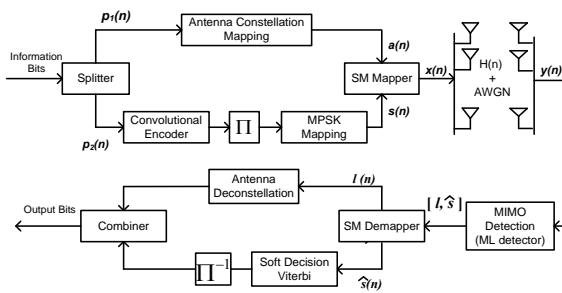
untuk konstelasi antenna dan 2 digunakan untuk konstelasi sinyal. Artinya dengan SM dapat dikirim sinyal dengan modulasi QPSK/QAM *uncoded* untuk 4 antenna pengirim. Pada TCSM [6], 1 bit MSB digunakan untuk menentukan konstelasi antenna dengan TCM 1/2 dan 3 bit berikutnya untuk konstelasi sinyal. Sehingga TCSM dapat mentransmisikan sinyal termodulasi 8PSK *uncoded* untuk 4 antenna pengirim. Pada TCM-SM, 2 bit MSB digunakan untuk konstelasi antenna dan 2 bit berikutnya untuk konstelasi sinyal. Sehingga untuk TCM-SM dapat mengirimkan sinyal TCM 2/3 (8PSK *coded*) melalui 4 antenna pengirim.

II. PERMODELAN SISTEM TCM – SM

TCM-SM merupakan pengimplementasian teknik TCM pada teknik modulasi SM MIMO untuk menentukan konstelasi sinyal. Gambar 1 merupakan blok diagram untuk TCM-SM dimana secara umum terdiri dari:

1. Splitter

Splitter berfungsi untuk mengelompokkan bit informasi sesuai dengan jumlah bit yang akan ditransmisikan yaitu $\log_2 N_t + \log_2 M - 1$ bit. N_t menunjukkan jumlah antenna pengirim dan M adalah orde modulasi yang digunakan.



Gambar 1. Blok Diagram TCM-SM

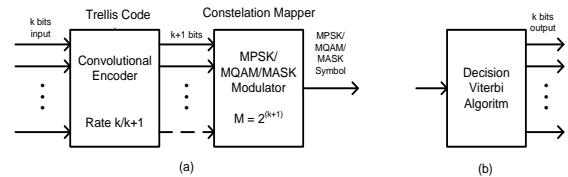
2. TCM

TCM merupakan skema kombinasi dari pengkodean dan modulasi untuk meningkatkan ketahanan dari sistem transmisi digital. Dalam lingkungan yang *bandwidth-limited*, kenaikan efisiensi dalam pemakaian frekuensi dapat diperoleh dengan memilih orde yang lebih tinggi dari skema modulasi, tetapi daya sinyal yang lebih besar akan dibutuhkan untuk mempertahankan pemisahan sinyal yang sama dan untuk menyebabkan *error probability* yang sama. Representasi TCM seperti pada Gambar 2 terdiri atas:

1. Binary convolution code, dimana mempunyai k biner input $b_i^{(1)}, b_i^{(2)}, \dots, b_i^{(k)}$ dan n biner output $c_i^{(1)}, c_i^{(2)}, \dots, c_i^{(n)}$. Jumlah memori (v) dari encoder menentukan jumlah state, dimana jumlah state adalah 2^v .
2. Bagian modulator, dimana bersifat *memoryless* dan terhubung dengan biner n output convolution encoder. k bit input dikodekan dengan convolutional encoder dengan

rate $k/(k + 1)$, sehingga (k+1) codeword dimappingkan pada konstelasi symbol MPSK, MQAM atau MASK dengan nilai $M = 2^{(k+1)}$. Jika k = 1 maka laju pengkodean adalah 1/2 dan codeword akan disimbolkan dengan menggunakan mapping QPSK atau QAM.

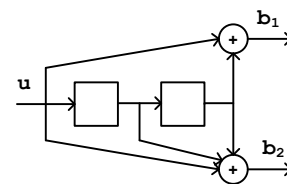
3. Di penerima deteksi untuk TCM menggunakan algoritma *soft decision* viterbi yang berdasarkan minimum *euglidean distance*



Gambar 2. Blok Diagram TCM

Convolutional Encoder

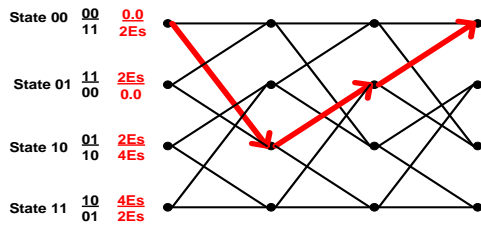
Kode konvolusional dibangkitkan dengan cara melewati deret bit informasi pada sebuah shift register. Data masukan enkoder diasumsikan berupa digit biner, dan diumpangkan ke shift register sebanyak k bit dalam satu waktu. Jumlah bit keluaran untuk setiap k-bit masukan adalah n-bit. Dengan demikian berarti laju kode adalah $R_c = k/n$. Gambar 3 menunjukkan kode konvolusional dengan R = 1/2 dengan generator [5,7]_{octal} atau [101 111].



Gambar 3. Kode konvolusional dengan R = 1/2

Coding Gain TCM [8]

Gambar 4 merupakan diagram trellis untuk generator convolutional encoder pada Gambar 3 yang kemudian dimappingkan pada QPSK. Nilai d_{free}^2 TCM ditentukan dengan memilih jarak minimum dari perubahan state 00 kembali ke 00 yang berdasarkan pada Gambar 4. Untuk Gambar 4 nilai d_{free}^2 -nya yaitu dengan menjumlahkan nilai bobot dari state 00 ke state 10 lalu ke state 01 dan kembali ke state 00. Sehingga diperoleh nilai d_{free}^2 sebesar $6E_s$.



Gambar 4. Diagram trellis untuk TCM 1/2

Untuk menentukan nilai coding gain yang dapat diberikan oleh TCM dapat ditentukan berdasarkan pers (1). $d_{free}^2/coded$ merupakan nilai d_{free}^2 TCM dan $d_{min}^2/uncoded$ merupakan nilai minimum dari konstelasi uncoded, dimana untuk TCM 1/2 dibandingkan terhadap kuadrat jarak minimum dari konstelasi BPSK.

$$\gamma = \frac{d_{free}^2/coded}{d_{min}^2/uncoded} \frac{E_s/coded}{E_s/uncoded} \quad (1)$$

Berdasarkan pers (1) maka untuk 4 state TCM 1/2 diperoleh coding gain 1.76 dB, artinya sistem TCM dapat memberikan perbaikan kinerja 1.76 dB lebih baik dibandingkan dengan modulasi tanpa pengkodean pada kanal AWGN.

Tabel 1 dan Tabel 2 merupakan generator polinomial yang diusulkan Knud J.Larsen [9] untuk TCM 1/2 dan oleh Ungerboeck [8] untuk generator pada TCM 2/3.

Tabel.1 Generator dan d_{free}^2 untuk TCM 1/2 [7]

V	Generator Polinomial	d_{free}^2	Coding Gain
2	$G(D) = \begin{bmatrix} D^2 + 1 \\ D^2 + D + 1 \end{bmatrix}$	6	1.76 dB
3	$G(D) = \begin{bmatrix} D^3 + D + 1 \\ D^3 + D^2 + D + 1 \end{bmatrix}$	8	3 dB
4	$G(D) = \begin{bmatrix} D^4 + D + 1 \\ D^4 + D^3 + D^2 + 1 \end{bmatrix}$	12	4.77 dB
5	$G(D) = \begin{bmatrix} D^5 + D^3 + D^2 + D + 1 \\ D^5 + D^4 + D^3 + D^2 + 1 \end{bmatrix}$	14	5.44 dB

Tabel.2 Generator dan d_{free}^2 untuk TCM 2/3 [8]

v	Generator Polinomial	d_{free}^2	Coding Gain
2	$G(D) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & D^2 + 1 & D \end{bmatrix}$	4	3 dB
3	$G(D) = \begin{bmatrix} D & 1 & 0 \\ 1 & D^2 & D \end{bmatrix}$	4.58	3.6 dB
4	$G(D) = \begin{bmatrix} D^2 + D & 1 & 0 \\ 1 & D^2 & D \end{bmatrix}$	5.17	4.1 dB

3. Konstelasi Antena

Pada SM informasi antena pengirim sangat penting karena posisi antena mengandung nilai bit informasi. Pada TCM-SM konstelasi antena dipilih berdasarkan indexes yang telah ditetapkan pada awal perancangan. Misalkan untuk MIMO dengan jumlah antena pengirim 4 dimappingkan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Indexes Antenna

$p_1 = [a_1 \ a_2]$	Antena	Index
[0 0]	1	[1 0 0 0]
[0 1]	2	[0 1 0 0]
[1 0]	3	[0 0 1 0]
[1 1]	4	[0 0 0 1]

4. SM Mapper dan SM Demapper

SM mapper berfungsi untuk memasang antara konstelasi antena yang telah ditentukan untuk mengirimkan sinyal dengan konstelasi sinyal yang akan dikirimkan. Sedangkan SM demapper berfungsi kebalikan, dimana SM demapper memisahkan hasil deteksi detector ML yang berupa prediksi informasi antena pengirim dan prediksi informasi sinyal yang dikirimkan.

5. Detektor MIMO

Untuk deteksi digunakan detector MIMO maximum likelihood [5].

$$[j_{ML}, \hat{q}_{ML}] = \underset{j,q}{\operatorname{argmax}} pY(y|x_j, H) = \underset{j,q}{\operatorname{argmin}} \sqrt{\rho} \|g_{jq}\|_F^2 - 2 \operatorname{Re}\{y^H g_{jq}\} \quad (2)$$

Dimana j menunjukkan antena pengirim, q adalah sinyal yang dikirimkan dan H adalah kanal wireless MIMO sehingga $g_{jq} = h_j x_q$, $1 \leq j \leq N_t$, $1 \leq q \leq M$ dan $pY(y|x_{jq}, H) = \pi^{-N_r} \exp(-\|y - \sqrt{\rho} H x_{jq}\|_F^2)$ merupakan PDF dari y pada kondisi x_{jq} dan H .

6. Kanal Propagasi Wireless MIMO

a. Kanal Flat Fading

Kanal Rayleigh menggambarkan penerimaan sinyal yang berfluktuasi akibat diterimanya beberapa sinyal dengan selubung atau fasa yang berbeda. Bila jalur-jalur sinyal yang diterima begitu banyak, maka dapat digunakan teorema limit sentral di mana sinyal yang diterima bisa dimodelkan sebagai proses acak Gaussian.

Jika dianggap proses acak Gaussian dengan mean nol, maka selubung sinyal yang diterima pada waktu tertentu akan terdistribusi secara Rayleigh. Pemodelan kanal ini disebut kanal Rayleigh. Pada [11] kanal Rayleigh dengan delay sama dengan nol disebut juga dengan kanal flat fading.

$$H(t) = a_I(t) + a_Q(t) \tag{3}$$

dimana:

$$a_I(t) = \sum_i \alpha_i(t) \cos \theta_i(t)$$

$$a_Q(t) = \sum_i \alpha_i(t) \sin \theta_i(t)$$

dimana :

$$\theta_i(t) = 2\pi f_c \tau_i(t)$$

Dimana $H(t)$ merupakan matrik kanal *wireless*, τ merupakan waktu delay dan α_i merupakan factor redaman. Untuk perhitungan secara statistical maka $\alpha_i(t)$ dan $\alpha_Q(t)$ diasumsikan terdistribusi random *independent* dan *identically distributed* (iid) [10].

b. Kanal Fading Rician

Rician fading termasuk ke dalam *small scale fading*. *Small scale fading* disebabkan oleh daya yang sampai ke penerima terdiri dari beberapa gelombang pantul yang masing-masing memiliki amplitud dan fasa yang saling *independent*. Distribusi Rician terjadi jika terdapat komponen sinyal dominant dalam pengiriman informasi, dengan kata lain, antara pengirim dan penerima terdapat sinyal *line of sight* (LOS).

$$H_{Rician} = \sqrt{\frac{K}{1+K}} \bar{H} + \sqrt{\frac{K}{1+K}} H \tag{4}$$

Dimana H merupakan komponen LOS, \bar{H} komponen fading dan K adalah faktor Rician yang merupakan perbandingan energi komponen LOS terhadap energi komponen multipath.

7. Soft Decision Viterbi

Viterbi decoding algorithm ditemukan dan dianalisis oleh Viterbi. Proses dekoding dilakukan dengan menghitung jarak *metric hamming* (*hamming distance*) untuk *hard decision decoding*, dan dapat berupa *metric euclidean* (*euclidean distance*) untuk *decoding* secara *soft decision*.

Dekoder *viterbi* bekerja berdasarkan prinsip *maximum likelihood decoding* dan pengetahuan akan diagram *trellis* enkoder di pengirim. Proses deteksi disusun dari tiga sub sistem yaitu *transition metric unit* (TMU), *add compare and select unit* (ACSU) dan *survivor memory unit* (SMU). Pada TMU setiap simbol yang diterima dilakukan proses penghitungan nilai *branch metric*. Pada tahap ACSU setiap state pada setiap t melalui melewati *forward pass* dan akan melakukan proses: *Add* menghitung nilai *metric* untuk setiap percabangan dengan menjumlahkan nilai *metric* disetiap

percabangan dengan nilai *metric* darimana path tersebut berasal; *Compare* : Menandai nilai *metric* percabangan yang terkecil untuk setiap nilai t ; *Select* : menyimpan nilai *metric* terkecil sebagai *survivor*. SMU akan menyimpan nilai *survivor* yang dihasilkan oleh ACSU untuk digunakan pada saat rekonstruksi bit informasi hasil proses dekoding.

III. PROBABILITAS KESALAHAN TCM-SM

3.1 Probabilitas Kesalahan pada TCM

Untuk kesalahan pendeteksian sinyal dapat didasarkan pada propabilitas kesalahan bit untuk transmisi TCM. Pers (5) merupakan probabilitas kesalahan untuk transmisi TCM pada kanal AWGN dan pers (6) merupakan *tighter bound* untuk probabilitas kesalahan bit TCM yang diturunkan dari Bhattacharyya bound [9]

$$P_b \leq \frac{1}{m} \cdot \frac{\partial T(D,I)}{\partial I} \Big|_{I=1, D=e^{-\frac{1}{4N_0}}} \tag{5}$$

$$P_b \leq \frac{1}{2m} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{d_{free}^2}{4N_0}} \right) \cdot e^{\frac{d_{free}^2}{4N_0}} \cdot \frac{\partial T(D,I)}{\partial I} \Big|_{I=1, D=e^{-\frac{1}{4N_0}}} \tag{6}$$

$T(D,I)$ merupakan fungsi transfer dari generator convolutional yang digunakan dan m menunjukkan jumlah bit input pada TCM. Untuk menentukan fungsi transfer maka terlebih dulu ditentukan nilai *error weight profile* berdasarkan pers (7).

$$F(e_i, D) = \frac{1}{2^m} \sum_{c_i=c_i^{(k)}} D^{d_{\frac{1}{2}}^2[\mathcal{M}(c_i), \mathcal{M}(c_i \oplus e_i)]} \tag{7}$$

$d_{\frac{1}{2}}^2[\mathcal{M}(c_i), \mathcal{M}(c_i \oplus e_i)]$ merupakan jarak yang didapatkan dengan mapping *one by one* yang berdasarkan pada *set partitioning* sesuai dengan *mapping* yang digunakan. Untuk transmisi pada kanal fading maka nilai *error weight profile* disesuaikan sesuai dengan kanal fading yang digunakan. Pers (8) adalah *error weigh profile* untuk kanal Rayleigh. Jika kanal diketahui dengan sempurna di penerima maka digunakan yang *channel state information* (CSI) dan jika informasi kanal tidak diketahui maka dipilih non CSI.

$$f(\delta_i^2) = \begin{cases} \frac{1}{1+\delta_i^2/4N_0} & , \text{CSI} \\ \frac{\lambda^2 \delta_i^2}{e^{N_0} \left[1 - \sqrt{\pi} \operatorname{erfc} \left(\frac{\lambda \delta_i^2}{2N_0} \right) \right] e^{\frac{\lambda \delta_i^2}{2N_0}} \cdot \frac{\lambda \delta_i^2}{2N_0}} & , \text{non CSI} \end{cases} \tag{8}$$

Jika kanal yang digunakan adalah kanal Rician maka nilai *error weight profile* adalah

$$f(\delta_i^2) = \frac{1+K}{1+K+\delta_i^2/4N_0} \exp \left(-\frac{K \delta_i^2/4N_0}{1+K+\delta_i^2/4N_0} \right) \quad , \text{CSI}$$

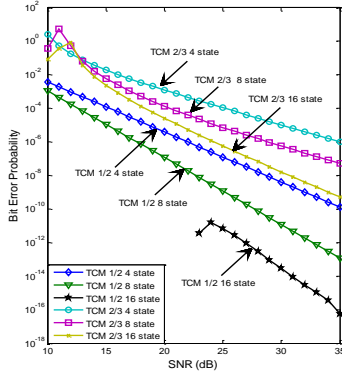
$$f(\delta_i^2) = \frac{e^{-K+\lambda^2 \delta_i^2/4N_0}}{\pi} \int_0^\infty (1 - \sqrt{\pi} \operatorname{erfc}(v) e^{-v^2}) d\theta \quad , \text{non CSI} \tag{9}$$

Dimana K merupakan factor Rician dan nilai

$$v = \frac{\lambda \delta_i^2 / 4N_0}{\sqrt{1+K}} - \sqrt{K} \cos \theta \quad (10)$$

Untuk kanal fading probabilitas kesalahan bit TCM dapat ditentukan dengan [9]:

$$\frac{P_{e_TCM}}{\frac{1}{2m} \frac{\partial T(D,I)}{\partial I}} \leq \quad (11)$$



Gambar 5. Kinerja TCM pada kanal Rayleigh

3.2 Probabilitas Kesalahan pada TCM -SM

Seperti pada SM [6], detektor MIMO yang digunakan pada TCM-SM adalah deteksi dengan menggunakan Maximum Likelihood sesuai dengan pers (2). Dengan menggunakan *union bound* diturunkan persamaan probabilitas kesalahan bit untuk TCM-SM pada kanal flat fading [5]:

$$P_{e_bit} \leq \sum_{j=1}^{N_t} \sum_{\hat{q}=1}^M \sum_{j=1}^{N_t} \sum_{\hat{q}=1}^M \frac{N(q, \hat{q}) P(x_{jq} \rightarrow x_{j\hat{q}})}{N_t M} \quad (12)$$

$$\leq \sum_{j=1}^{N_t} \sum_{j=1}^{N_t} \frac{1}{N_t} \sum_{q=1}^M \sum_{\hat{q}=1}^M \frac{N(q, \hat{q})}{M} P(x_{jq} \rightarrow x_{j\hat{q}}) \quad (13)$$

Dimana $N(q, \hat{q})$ merupakan jumlah bit yang salah antara symbol x_q dan $x_{\hat{q}}$ dan $P(x_{jq} \rightarrow x_{j\hat{q}})$ menunjukkan *pairwise error probability* (PEP) untuk konstelasi vector x_{jq} yang diterima pada saat x_{jq} yang dikirim.

Pers (13) menunjukkan probabilitas kesalahan bit dipengaruhi oleh jumlah antenna pengirim, orde modulasi yang digunakan dan *pairwise* kesalahan untuk konstelasi jq . Probabilitas kesalahan pada TCM seperti pada pers (11) sudah mengandung nilai kesalahan pada kanal fading yang digunakan, sehingga:

$$\sum_{q=1}^M \sum_{\hat{q}=1}^M \frac{N(q, \hat{q})}{M} \approx \frac{1}{M} \frac{P_{e_TCM}}{\mu_\alpha} \quad (14)$$

Dengan mensubstitusikan pers (14) terhadap pers (13) maka probabilitas kesalahan

$$P_{e_TCM-SM} \leq \sum_{j=1}^{N_t} \sum_{j=1}^{N_t} \frac{1}{N_t} \cdot \frac{1}{M} \frac{P_{e_TCM}}{\mu_\alpha} \cdot P(x_{jq} \rightarrow x_{j\hat{q}}) \leq \frac{1}{\mu_\alpha M} N_t P_{e_TCM} P(x_{jq} \rightarrow x_{j\hat{q}}) \quad (15)$$

Pairwise error probability dihitung dengan :

$$P(x_{jq} \rightarrow x_{j\hat{q}} | H) = P(d_{jq} > d_{j\hat{q}} | H) = Q(\kappa) \quad (16)$$

Dimana $d_{jq} = (\sqrt{\rho} \|g_{jq}\|_F^2 - 2Re\{y^H g_{jq}\})$ dan

$$Q(x) = \int_x^\infty \frac{1}{2\pi} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \text{ dan } \kappa \triangleq \frac{\rho}{2} \|g_{jq} - g_{j\hat{q}}\|_F^2 = \sum_{n=1}^{N_r} |A(n) + B(n)|^2 \quad (17)$$

Dimana $i = \sqrt{-1}$ dan

$$A(n) = \sqrt{\frac{\rho}{2}} (h_{nj}^R x_q^R - h_{nj}^I x_q^I - h_{nj}^R x_{\hat{q}}^R + h_{nj}^I x_{\hat{q}}^I) \\ B(n) = \sqrt{\frac{\rho}{2}} (h_{nj}^R x_q^I + h_{nj}^I x_q^R - h_{nj}^R x_{\hat{q}}^I - h_{nj}^I x_{\hat{q}}^R) \quad (18)$$

Sehingga untuk PEP didapatkan :

$$P(x_{jq} \rightarrow x_{j\hat{q}}) = \mu_\alpha^{N_r} \sum_{k=0}^{N_r-1} \binom{N_r-1+k}{k} [1 - \mu_\alpha]^k \quad (19)$$

Dimana :

$$\mu_\alpha = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{\sigma_\alpha^2}{1 + \sigma_\alpha^2}} \right) \quad (20)$$

Sehingga probabilitas kesalahan TCM-SM dapat dihitung dengan mensubstitusikan pers (2) pada (19) dan mensubstitusikannya pada pers (15).

IV. HASIL SIMULASI

3.1 Parameter Simulasi

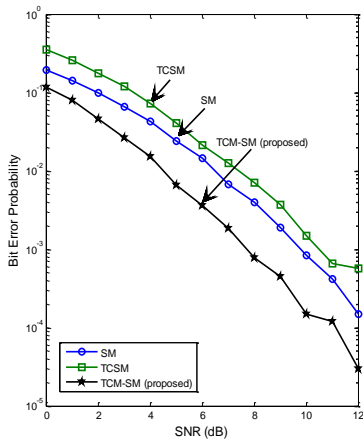
Kinerja TCM-SM dilihat dengan membandingkan terhadap kinerja SM dan TCSM [6]. Jumlah bit yang ditransmisikan adalah 3, 4 dan 5 dengan mapping bit untuk setiap sistem sesuai dengan Tabel.4. Untuk permodelan kanal Rician dimodelkan berdasarkan [20]. Faktor K pada kanal Rician digunakan adalah 3 dB sesuai dengan nilai K yang diusulkan untuk lingkungan indoor [22]. Index antenna untuk MIMO 4x4 berdasarkan tabel 3.

Sistem	3 bit		4 bit		5 bit	
	An-tena	Sinyal	An-tena	Sinyal	An-tena	Sinyal
TCM-SM	2 bit	1 bit (TCM 1/2)	2 bit	2 bit (TCM 2/3)	3 bit	2 bit (TCM 2/3)
TCSM	1 bit (TCM 1/2)	2 bit QPSK	1 bit (TCM 1/2)	3 bit 8PSK	2 bit (TCM 2/3)	3 bit 8PSK
SM	2 bit	1 bit BPSK	2 bit	2 bit QPSK	3 bit	2 bit QPSK

3.2 Hasil dan Analisa

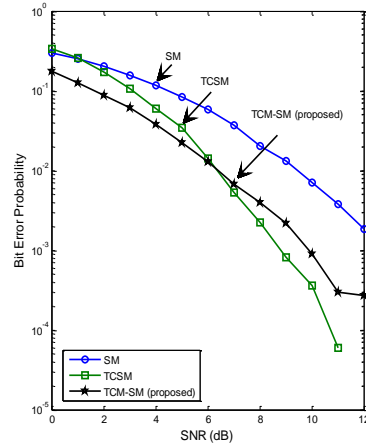
Gambar 6 merupakan perbandingan kinerja TCM-SM terhadap SM dan TCSM pada kanal flat fading. TCM-SM dapat memberikan perbaikan kinerja 2 dB terhadap SM dan 2.5 dB terhadap TCSM untuk pentransmisi 3 bit perwaktu transmisi untuk probabilitas kesalahan bit SM 10^{-3} .

Gambar 7 merupakan perbandingan kinerja SM, TCSM dan TCM-SM pada kanal Rician. Untuk SNR kecil (< 6 dB) kinerja TCM-SM lebih baik dibandingkan TCSM maupun SM, namun untuk SNR lebih besar (> 6 dB) TCSM dapat menunjukkan perbaikan kinerja. TCSM memberikan perbaikan kinerja 1 dB terhadap TCM-SM dan sekitar 3 dB terhadap SM untuk probabilitas kesalahan bit SM 10^{-3} .



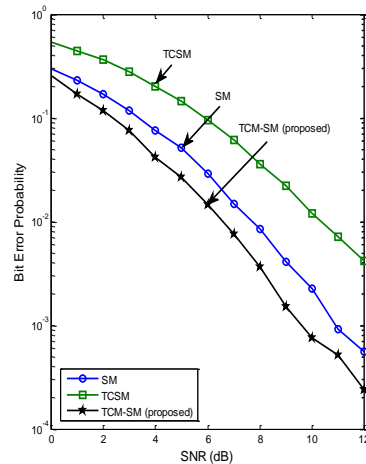
Gambar 6. Perbandingan kinerja untuk 3 bit pada kanal flat fading Rayleigh

Secara umum kinerja SM pada kanal Rician (*strong correlated channel*) akan mengalami penurunan dibandingkan pada kanal flat fading Rayleigh [6]. Untuk mengatasinya diperkenalkan TCSM dengan menggunakan TCM untuk konstelasi antenna sehingga sistem SM lebih compatible di kanal Rician. Dengan membandingkan Gambar 6 dan Gambar 7, dapat dilihat bahwa SM pada kanal Rician mengalami penurunan kinerja dan TCSM sebaliknya di kanal Rician mengalami perbaikan kinerja.



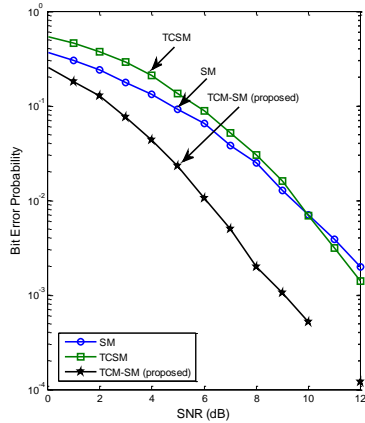
Gambar 7. Perbandingan kinerja untuk 3 bit pada kanal fading Rician

Gambar 8 menunjukkan perbandingan kinerja terhadap TCSM dan SM pada kanal flat fading Rayleigh. TCM-SM dapat memberikan perbaikan kinerja 1.5 dB terhadap SM dan lebih besar dari 3 dB terhadap TCSM untuk pentransmisi 4 bit perwaktu transmisi untuk probabilitas kesalahan bit SM 10^{-3} .

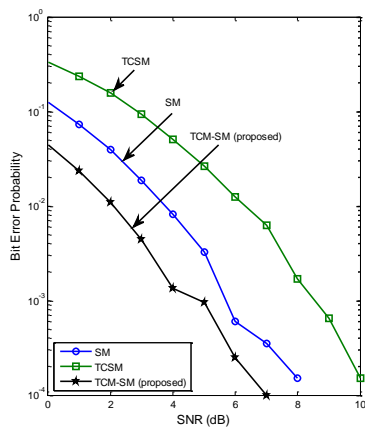


Gambar 8. Perbandingan kinerja untuk 4 bit pada kanal flat fading Rayleigh

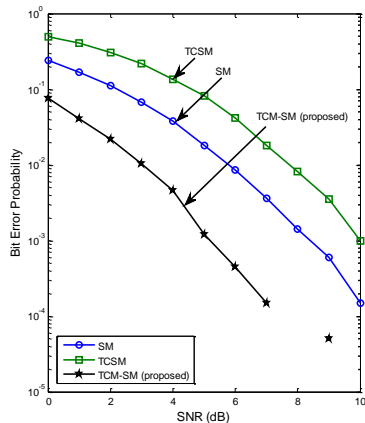
Gambar 9 menunjukkan perbandingan kinerja TCM-SM terhadap TCSM dan SM pada kanal Rician. Untuk transmisi 4 bit pada kanal Rician TCM-SM dapat memperbaiki kinerja SM dengan memberikan perbaikan kinerja lebih besar dari 3 dB terhadap SM dan dan 3 dB terhadap TCSM untuk probabilitas kesalahan bit SM 10^{-3} pada kanal Rician.



Gambar 9. Perbandingan kinerja untuk 4 bit pada kanal fading Rician



Gambar 10. Perbandingan kinerja untuk 5 bit pada kanal flat fading Rayleigh



Gambar 11. Perbandingan kinerja untuk 5 bit pada kanal fading Rician

Gambar 9 dan Gambar 10 merupakan perbandingan kinerja TCM-SM pada kanal flat fading Rayleigh dan kanal fading Rician dengan jumlah bit yang ditransmisikan adalah 5 bit tiap waktu transmisi. Dari Gambar 6 – 11 TCM-SM menunjukkan

kinerja yang lebih baik dibandingkan TCSM dan SM baik pada kanal flat fading Rayleigh maupun kanal fading Rician.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan, simulasi, dan analisa TCM-SM untuk MIMO pada kanal flat fading Rayleigh dan kanal fading Rician,

1. Simulasi dilakukan berdasarkan perancangan dan disimulasikan dengan
2. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kinerja TCM-SM pada kanal flat fading Rayleigh maupun pada kanal fading Rician memberikan memiliki kinerja yang lebih baik terhadap SM maupun TCSM[6]. Untuk transmisi 4 bit perwaktu transmisi pada kanal flat fading, TCM-SM dapat memberikan perbaikan kinerja 1.5 dB terhadap SM dan lebih besar dari 3 dB terhadap TCSM pada probabilitas kesalahan bit 10^{-3} dan untuk kanal Rician TCM-SM dapat memperbaiki kinerja SM dengan memberikan perbaikan kinerja lebih besar dari 3 dB terhadap SM dan dan 3 dB terhadap TCSM untuk probabilitas kesalahan bit 10^{-3} .
3. Untuk pentransmisi dengan jumlah bit yang sama maka kinerja TCM-SM akan lebih baik untuk orde modulasi sinyal yang lebih kecil. Demikian juga dengan pentransmisi sinyal pada konstelasi antena yang sama, maka kinerja lebih baik dicapai untuk orde modulasi yang lebih kecil.
4. Jika SM mengalami penurunan kinerja pada *correlated channel* seperti pada kanal Rician dan diatasi dengan TCSM sehingga di kanal Rician SM memiliki kinerja lebih baik, maka TCM-SM dengan menggunakan konstelasi sinyal *coded* dapat memberikan solusi SM untuk kanal flat fading Rayleigh maupun kanal fading Rician.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siavash M. Alamouti, Vahid Tarokh dan Patrick Poon, "Trellis Coded Modulation and Transmit Diversity : Design Criteria and Performance Evaluation", IEEE, 1998.
- [2] André Neubauer, Jürgen Freudenberger, dan Volker Kühn, "Coding Theory", John Wiley&Sons,LTd, 2007
- [3] R. Mesleh, H. Haas, C. W. Ahn, and S. Yun, "Spatial modulation—a new low complexity spectral efficiency enhancing technique," in *Proc. Conf. Comm. and Networking in China*, Oct. 2006.
- [4] R. Mesleh, H. Haas, Sinan Sinanovic, and Chang Wook Ahn, "Spatial Modulation",IEEE Trans Vehicular Tech, vol. 57, No. 4, July 2008.
- [5] Jeyadeepan Jeganathan, Ali Ghrayeb, dan Leszek Szczecinski, "Spatial Modulation : Optimal Detection

- and Performance Analysis”, IEEE Comm., vol. 12, no 8, August 2008.
- [6] R. Mesleh, Marco Di Renzo, Harald Haas and Peter M. Grant, “Trellis Coded Spatial Modulation”, IEEE Trans Wireless Com, Vol. 9, No. 7, July 2010.
- [7] Abdelhamid Younis, Marco Di Renzo, R.Mesleh, dan Harald Haas, “Sphere Decoding for Spatial Modulation”, IEEE,2011
- [8] Gottfried Ungerboeck, “Channel Coding with Multilevel/Phase Signals”, IEEE Transaction on Information Theory, Januari 1982.
- [9] Knud J. Larsen, “Short Convolutional Codes With Maximal Free Distance for rates 1/2, 1/3,and 1/4”, IEEE Trans on Inf Theory, May 1973 .
- [10] S. H Jamali, T. Le-Ngoc, “Coded-Modulation Technique for Fading Channels”, Boston, U. S. A., Kluwer Academic Publishers, 1994.
- [11] Gunawan Wibisono, “Studies on Performance of Trellis Coded MPSK Modulations on Fading Channels”, Dissertation, Keio University, Japan, 1998.
- [12] Marco Di Renzo, Harald Haas, Peter M. Grant, “Spatial Modulation for Multiple-Antenna Wireless Systems”, IEEE Communications Magazine, December 2011.
- [13] Jacob Sharony, “Introduction to Wireless MIMO – Theory and Applications”, IEEE LI, November, 2006.
- [14] Gunawan Wibisono, dan Lydia Sari, “Teknik pengkodean Sistem komunikasi Dijital”, Rekayasa Sains Bandung, 2011.
- [15] Dariush Divsalar, Marvin K. Simon, dan Joseph H. Yuen, “Trellis Coding with Asymmetric Modulation”, IEEE Trans on Communication Vol. 35 No. 2, Februari 1987.
- [16] Abdelhamid Younis, R. Mesleh, Harald Haas, and Petere M. Grant, “Reduced Complexity Sphere Decoder for Spatial Modulation Detection Receivers”, IEEE, 2010.
- [17] KarenSu, “Efficient Maximum Likelihood Detection for Communication Over Multiple Input Multiple Output Channels”, Cambridge University Engineering Department, 2005.
- [18] Rodger E.Ziemer, Roger L.Peterson, “Introduction Digital Communication”, Prentice Hall International, 2001.
- [19] Proakis, “Digital Communication”, McGraw-Hill Inc, 1995.
- [20] Chengshan Xiao, Yahong R. Zheng, Norman C. Beaulieu, “Statistical Simulation Models for Rayleigh and Rician Fading”, IEEE, 2003.
- [21] Mohamed-Slim Alouini, Andrea J. Goldsmith, “ A Unified Approach for Calculating Error Rates of Linearly Modulated Signals over Generalized Fading Channels”, IEEE Trans vol. 47, no. 9, September 1999.
- [22] M. Carroll and T. Wysocki, “Fading characteristics for indoor wireless channels at 5GHR unlicensed bands,” in *Proc. IEEE Joint First Workshop on Mobile Future and Symposium on Trends in Communications (SympoTIC’03)*, Bratislava, Slovakia, Oct. 2003,

Otomatisasi Mesin Swaging 5 Ton Menggunakan Plc Omron Cp1e E40dr-A Pada Produk Bush Rr Shock Absorber Proses In-Line Mesin Pressing

Suhartinah¹, Djoko Subagio², dan Dio Jufrianda³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Produksi & Proses Manufaktur, Konsentrasi Mekatronika
Politeknik Manufaktur Astra

Jl. Gaya Motor Raya No.8, Sunter II, Jakarta 14330, Jakarta.

Email: zahrasaina@gmail.com, joko.subagio@polman.astra.ac.id, jufrianda.dio@gmail.com

Abstract - Along with the development of the automotive world, more variations of the new parts of car components, one of the new parts already in mass production and produced in PT VWX is Bush Rr Shock Absorber with product code 5NA1400. Bush Rr Shock Absorber product is a new product that is shaped bushing and the process of Bush Rr Shock Absorber product are swaging process. Swaging process is a process of pressing dies to minimize the diameters of bushing from its previous size into a predetermined size, it aims to increase the durability of product. Swaging proses has a cycle time is very length because PT VWX only have a manual machine for swaging process and manual swaging machine layout is far from pressing area, so need a helpers to bring product from pressing area to swaging area. To overcome these conditions, then do automation for swaging machine in-line for Bush Rr Shock Absorber product with control device using Omron PLC CP1E E40DR-A. In the manufacture of this automation machine has conducted field observation, literature study, interviews with operator, group leader, supervisor, analyst associated, designing and manufacturing of electrical, mechanical and programming PLC and some testing (Trial). After doing the automation, cycle time for 1 pcs in swaging process become 5 seconds and the overall time from pressing process to finish good process become 190.3 minutes / lot (200 pcs).

Keywords: swaging machine, Cycle Time, Durability, Bushing, Automation.

I. PENDAHULUAN

PT VWX adalah perusahaan yang memproduksi Part Rubber Pada bidang otomotif. Part-part yang diproduksi merupakan bagian dari komponen mobil dan sepeda motor. Bagian part pada mobil yaitu Engine Mounting, Rubber Steering, Grommet Harness, Exhaust Mount, Suspension Bush, dll. Sedangkan bagian part pada sepeda motor seperti Tray fuel, Sprocket Cam Chain, Damper Rr Whell, Bush Engine Hunger, Bush Rr Arm Pivot, Link Stopper, dll.

Produk Bush Rr Shock Absorber merupakan produk permintaan dari PT Astra Daihatsu Motor (ADM), dan proses dari produk Bush Rr Shock Absorber ini adalah proses swaging. Proses swaging merupakan proses press dies yang mengecilkan diameter bushing dari ukuran sebelumnya menjadi ukuran yang diminta, yang bertujuan meningkatkan

durability (daya tahan) produk. Sementara ini produk Bush Rr Shock Absorber di swaging secara manual dengan cycle time 1 pcsnya adalah 30 detik. Alokasi mesin swaging-nya pun jauh dari area pressing, sehingga membutuhkan helper untuk membawa produk ke area pressing.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan analisa, pengamatan dan perancangan improvement untuk menanggulangi masalah tersebut. Dari analisa dan pengamatan tersebut maka dirancanglah otomatisasi mesin swaging pada bagian press dies. Diharapkan dengan dilakukannya otomatisasi ini dapat meningkatkan produktivitas dan cycle time mesin menjadi lebih cepat.

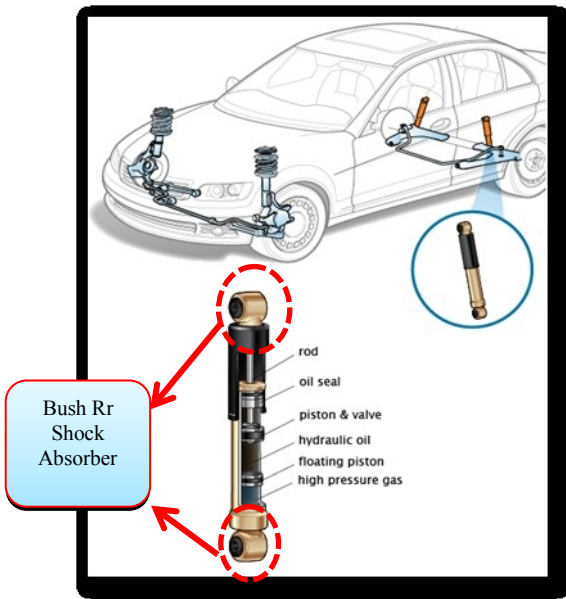
II. KAJIAN LITERATUR DAN PENGEMBANGAN HIPOTESIS

2.1 Proses Swaging

Proses swaging merupakan proses forming (pembentukan sheet metal) yang pada umumnya berfungsi untuk pengecilan diameter. Adapun tujuan dari proses swaging jika produknya digabungkan dengan rubber yakni bertujuan menghilangkan sifat stres pada rubber yang mengakibatkan sifat tarik menarik menjadi sifat merekat, sehingga durability produk menjadi bertambah dari proses sebelumnya. Seperti halnya proses forming lainnya produk yang dihasilkan tergantung pada dies-nya (cetakan).

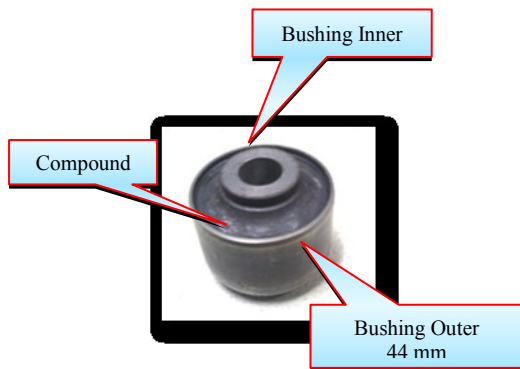
2.2 Pengenalan Produk

PT. VWX adalah perusahaan yang memproduksi Part Rubber Pada bidang otomotif. Part-part yang diproduksi merupakan bagian dari komponen mobil dan sepeda motor. Salah satu bagian komponen mobil yang diproduksi adalah Bush Rr Shock Absorber, merupakan produk dari customer PT. Astra Daihatsu Motor. Produk ini berfungsi menahan getaran pada bagian belakang mobil, khususnya pada bagian atas dan bawah shock absorber.



Gambar 1 Aplikasi Bush Rr Shock Absorber

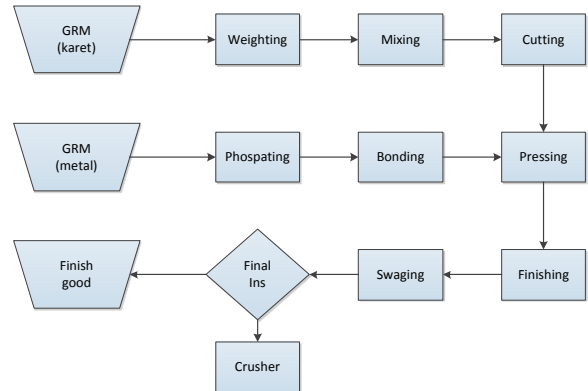
Produk ini terdiri dari 3 bagian yakni *outer metal* dengan diameter 44 mm, *inner metal* diameter 15 mm, dan *compound*. Setelah *swaging* diameter produk menjadi 42.20 – 42.35 mm.



Gambar 2 Produk Bush Rr Shock Absorber

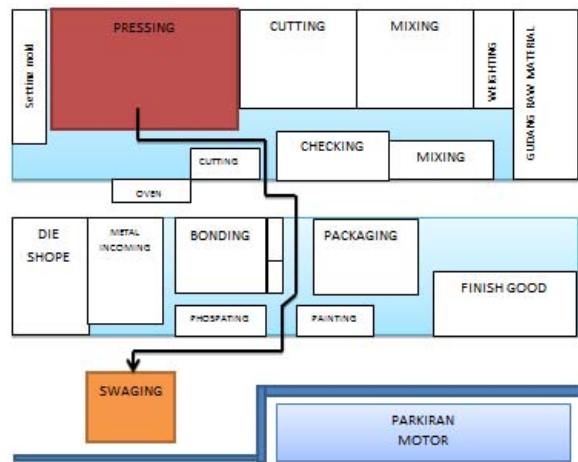
2.3 Flow Proses Pembuatan Bush RR Shock Absorberh

Flow proses meliputi tahap – tahap yang akan dilalui oleh Bush Rr Shock Absorber, dan juga *part* komponen – komponen yang merupakan gabungan metal dan *rubber* yang disatukan. Disini penulis hanya menjelaskan proses secara garis besar, bagaimana *flow* proses pembuatan Bush Rr Shock Absorber dari awal hingga akhir. Dapat dilihat pada *flow* dibawah ini :



Gambar 3 Flow Process Bush Rr Shock Absorber

2.4 Layout Mesin Swaging

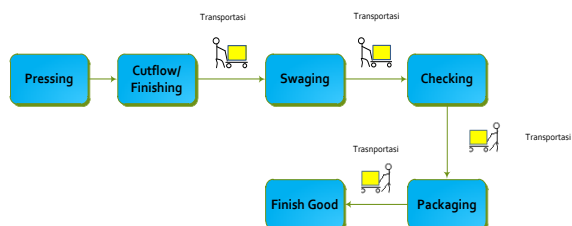


Gambar 4 Layout mesin swaging

Berdasarkan gambar 3.4 *layout* mesin *swaging* jauh dari area *pressing*, sehingga membutuhkan *helper* untuk membawa produk ke area *swaging* dan juga akan memakan waktu dalam pengantar produk ke area *swaging*.

2.5 Alur Proses Bush RR Shock Absorberh Dari Pressing Ke Area Swaging

Alur proses yang dilakukan oleh operator dari proses *finishing* sampai transportasi ke area *finish good* membutuhkan waktu yang lama. Untuk itu penulis mengambil data dari data analyst *departemen engineering* dan dengan cara observasi dari area *pressing* sampai ke area *finish good*. Berikut hasil data yang telah didapat



Gambar 5 Alur keseluruhan proses Bush Rr Shock Absorber

Selanjutnya penulis akan menjelaskan waktu yang dibutuhkan dan juga banyaknya *man power* yang bekerja dari aktivitas tersebut. Berikut pemaparan tabel *cycle time* tersebut.

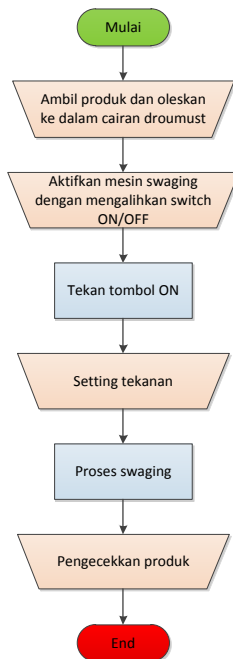
Tabel 1 *Cycle time* keseluruhan proses

No	Aktivitas	Waktu (menit)	Man power
1	Pressing	62.5	1
2	Cutflow/finishing	10	
3	Transportasi	5	1
4	Swaging	100	1
5	Transportasi	3	
6	Checking	33.3	1
7	Transportasi	3	
8	Packaging	60	1
9	Transportasi	2	
10	Finish good	0	
Total 1 lot (200)		278.7	5
1 pcs		1.39	

Dari data diatas jumlah waktu yang dibutuhkan dari proses *pressing* sampai transportasi *finish good* memerlukan waktu sebanyak 278.7 menit per lot.

2.5 Prinsip Kerja Mesin Swaging Manual

Prinsip kerja dari mesin berkaitan dengan urutan kerja yang dilakukan oleh operator, sistem pemrosesan, dan gerakan aktuator. Pada Gambar 3.8. Berikut adalah prinsip kerja mesin *swaging* manual yang digambarkan dalam bentuk *flowchart*



Gambar 6 *Flowchart* prinsip kerja mesin *swaging* manual

Pada gambar 6 merupakan *flowchart* prinsip kerja mesin *swaging* manual. Berikut adalah penjelasan dari *flowchart* prinsip kerja mesin *swaging* manual yang dijelaskan dalam bentuk tabel.

Tabel 2 Urutan proses kerja *swaging*

No	Urutan Proses Kerja	Ilustrasi	Cycle Time
1	Siapkan produk yang akan <i>swaging</i> , ambil produk yang terdapat pada keranjang untuk di <i>swaging</i> , oleskan cairan droumust pada produk		1.00 Sec
2	Aktifkan mesin <i>swaging</i> dengan mengalihkan switch ON/FF pada panel lalu aktifkan fungsi mesin dengan menekan tombol ON (warna hijau) setelah selesai tekanlah tombol OFF (warna merah)		1.00 Sec
3	Setting tekanan yang akan di pakai untuk proses <i>swaging</i>		1.00 Sec
4	lakukan proses <i>swaging</i> pada produk 1. Pasang produk untuk proses champer terlebih dahulu pada dies kiri dan kanan 2. setelah itu angkat lali balik produk pindahkan produk yang sudah di champer pada dies depan & belakang (champer produk berda diatas)		11.00 Sec
5	Lakukan proses tersebut secara berulang 1. proses champer 2. Proses <i>swaging</i>		12.00 Sec
6	Check produk selesai <i>swaging</i> letakan produk pada keranjang		4.00 Sec

2.6 Permasalahan Proses Swaging

1. Banyak waktu yang terbuang disebabkan oleh jarak antara area *pressing* dengan area *swaging*.
2. Membutuhkan *helper* untuk membawa produk dari area *pressing* ke area *swaging*.
3. Proses masih manual dan dengan kondisi fisik tiap-tiap operator yang berbeda akan akan menghasilkan perbedaan jumlah produk yang telah di *swaging*.
4. *Cycle time* yang masih lama, sehingga akan berdampak pada permintaan *customer* yang tidak tercapai perbulannya, dan dapat menurunkan produktifitas perusahaan.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Rencana Penanggulangan dan Hasil Yang Diinginkan

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka dilakukan penanggulangan bagaimana cara agar permasalahan yang terjadi dapat diselesaikan dengan baik. Maka penanggulangannya adalah membuat mesin otomatis pada proses *swaging* agar proses

pengcilan diameter produk dapat dilakukan secara otomatis. Serta diharapkan manfaat dari otomatisasi tersebut dapat mengurangi *cycle time* yang terlalu lama dan tidak adanya helper untuk mengantarkan barang dari area *pressing* ke area *swaging*. Untuk itu dibutuhkan sebuah mesin *swaging* otomatis *In-Line* mesin *pressing* agar permasalahan yang ada dapat terselesaikan.

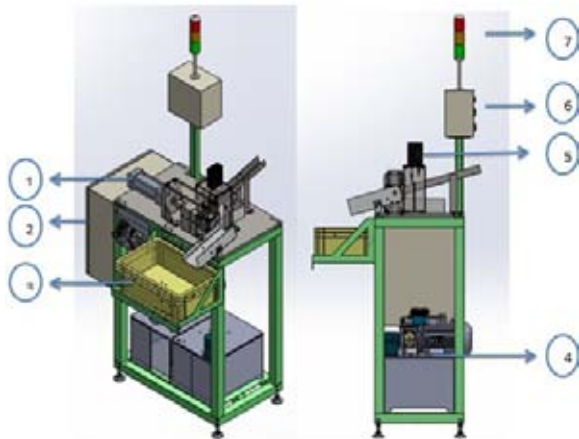
3.2 Konsep perancangan

Konsep mesin *swaging* otomatis *in-line* yang akan dibuat diantaranya adalah :

1. Mesin *swaging in-line* dapat bekerja secara otomatis.
2. Dapat mengurangi *cycle time* proses *swaging*.
3. Mesin *swaging* otomatis bersifat *portable*.

➤ Perancangan Mekanik Mesin

Perancangan mekanik mesin *swaging* otomatis *in-line* yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Rancangan mekanik mesin *swaging* otomatis *in-line*

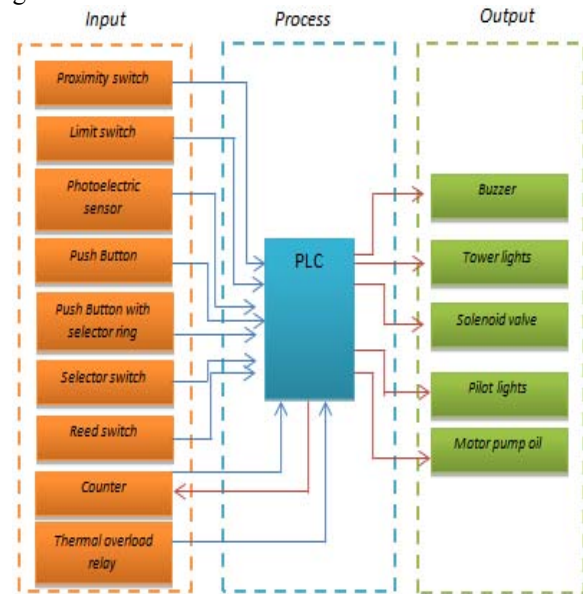
Berdasarkan gambar 7 berikut adalah bagian-bagian dari rancangan mesin *swaging* otomatis *in-line* pada tabel 3 berikut.

Tabel 3 Rancangan mesin *swaging* otomatis

NO	Nama part	Jumlah
1	Cylinder hidrolik	1 pcs
2	Box panel	1 pcs
3	Pollybox	1 pcs
4	Power pack	1 pcs
5	Cylinder pneumatik	2 pcs
6	Panel operator	1 pcs
7	Tower lamp	1 pcs

➤ Perancangan Kontrol Mesin

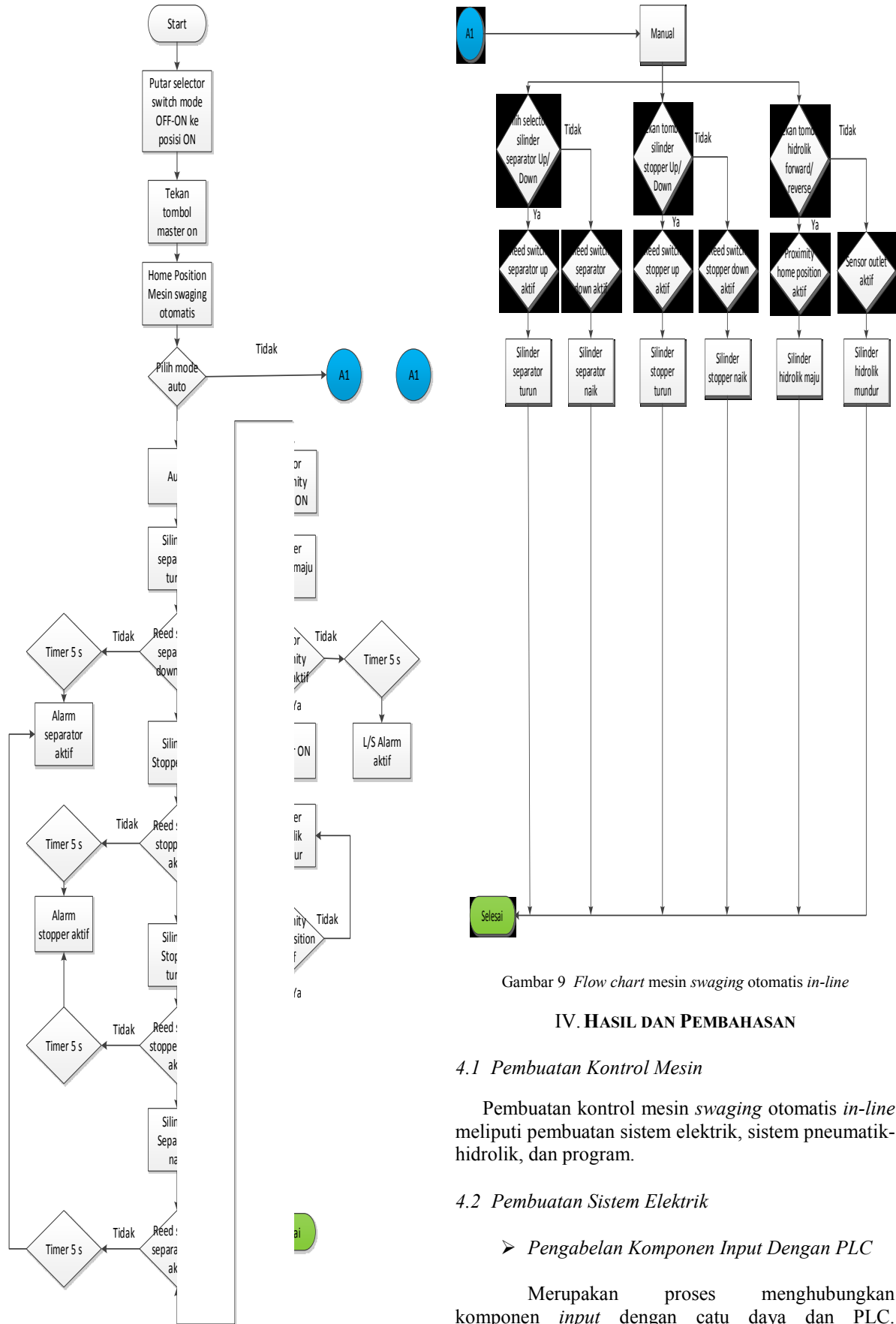
Perancangan kontrol mesin *swaging* otomatis *in-line* yang akan dibuat dapat dilihat pada blok diagram gambar 8.



Gambar 8 Diagram blok perancangan kontrol mesin *swaging* otomatis *in-line*

➤ Perancangan Program

Program yang akan digunakan harus dapat menjadikan fungsi mesin dengan baik. Bahasa yang digunakan adalah *ladder diagram*. Program dibuat dengan menggunakan beberapa fungsi seperti *counter*, Timer, *DIFU*, dan pengolahan data memori. Jenis komunikasi yang digunakan antara PLC untuk terhubung dengan PC adalah kabel serial. Dalam program mesin *swaging* otomatis *in-line* dibedakan menjadi dua mode yaitu mode manual dan mode auto. Mode manual yaitu semua pergerakan aktuator diatur oleh tombol. Sedangkan dalam mode auto mesin akan bekerja secara otomatis. Berikut ini adalah gambar *flowchart* urutan kerja mesin *swaging* otomatis *in-line*.



Gambar 9 Flow chart mesin swaging otomatis in-line

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Kontrol Mesin

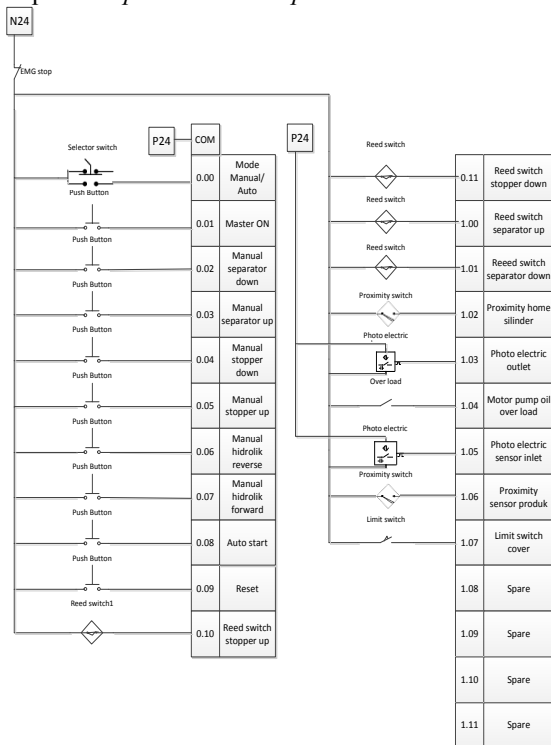
Pembuatan kontrol mesin swaging otomatis in-line meliputi pembuatan sistem elektrik, sistem pneumatik-hidrolik, dan program.

4.2 Pembuatan Sistem Elektrik

➤ Pengabelan Komponen Input Dengan PLC

Merupakan proses menghubungkan komponen input dengan catu daya dan PLC. Komponen input yang berfungsi memberikan masukan akan dihubungkan ke PLC dengan alamat-

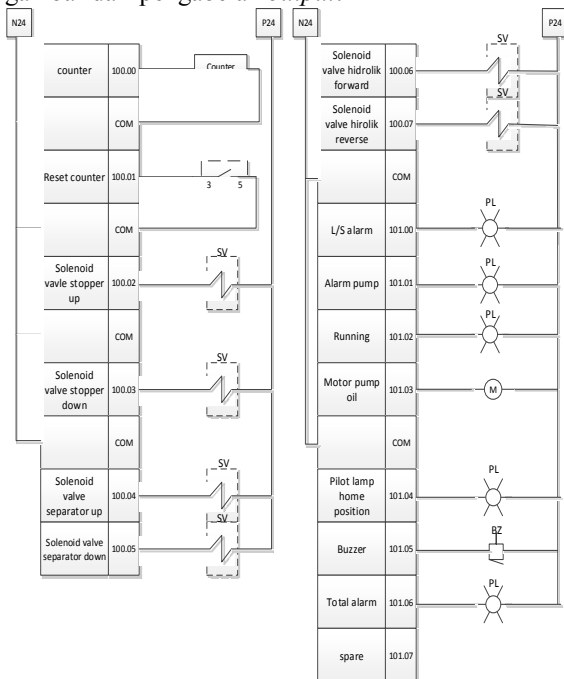
alamat tertentu. Berikut ini adalah gambar pengabelan komponen *input* ke modul *input* PLC.



Gambar 10 Pengabelan komponen *input* dengan PLC

➤ **Pengabelan Komponen Output Dengan PLC**

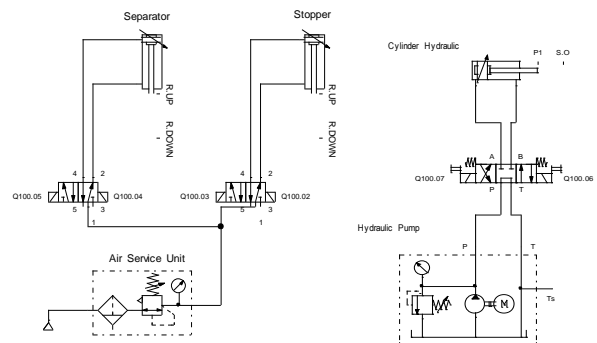
Merupakan proses menghubungkan komponen *output* dengan PLC. Berikut ini adalah gambar dari pengabelan *output*.



Gambar 11 Pengabelan Komponen *output* dengan PLC

➤ **Pembuatan Sistem Pneumatik dan Hidrolik**

Sistem pneumatik ini digerakan oleh bantuan angin dan dikontrol oleh *solenoid valve*. Sedangkan sistem hidrolik digerakan oleh bantuan oli dan dikontrol oleh *directional valve*. Sistem pneumatik dan hidrolik ini dibantu oleh PLC agar dapat menggerakkan *sequence* yang telah ditentukan. Semua pergerakan silinder pneumatik dan hidrolik bergerak sesuai program yang diperintahkan oleh PLC. Berikut ini adalah gambar rangkaian pneumatik dan hidrolik pada mesin *swaging* otomatis *in-line*.



Gambar 12 Rangkaian pneumatik dan hidrolik mesin *swaging* otomatis *in-line*

4.3 Pembuatan Program

Program dibuat berdasarkan *flowchart* mesin *swaging* otomatis *in-line* yang ada pada perancangan program. Pembuatan program dibagi menjadi 10 sub program yaitu *select mode section*, *input section*, *manual section*, *home position section*, *auto section*, *output section*, *alarm section*, *reset section*, dan *end section*. Pembuatan program mesin *swaging* otomatis *in-line* ini menggunakan *software* Cx-Programmer 9.0. Bahasa pemrograman yang terdapat pada *software* Cx-Programmer 9.0 adalah bahasa diagram tangga (*ladder diagram*).

4.4 Pengujian

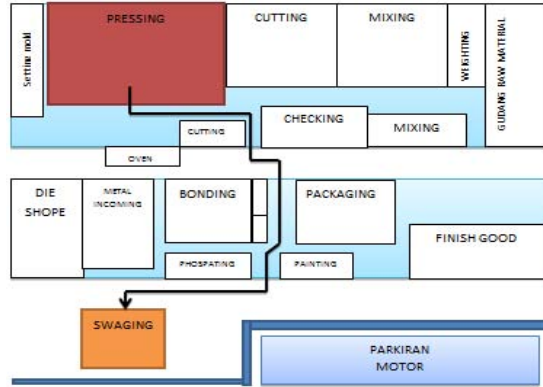
Program yang telah dibuat harus melalui tahap pengujian. Baik kepada *hardware* ataupun *software*-nya. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menemukan berbagai macam potensi penyebab kegagalan pada sistem kontrol. *Presentase* kegagalan biasanya terapat pada sambungan kabel, *sensor* ataupun penggerak pada *actuator*.

Pengujian pada program PLC untuk proses *loading/unloading* mesin *swaging* otomatis *in-line* ini meliputi pengujian *input*, *ouput*, program auto dan program manual.

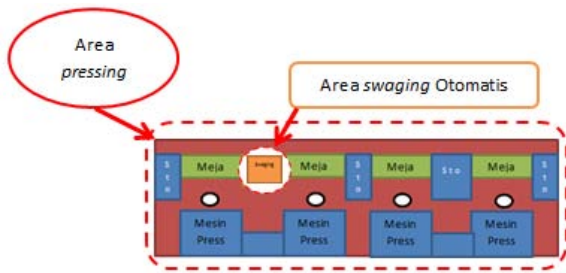
4.5 Hasil Pembuatan Otomatisasi Mesin Swaging In-line

Mesin *swaging* otomatis yang dibuat, memberikan hasil yang baik terhadap permasalahan

yang ada. Hasil yang diperoleh adalah proses *swaging* dapat berkurang dari 1 pcs 30 detik menjadi 1 pcs 5 detik dan *cycle time* dari proses *pressing* sampai proses *finish good* juga berkurang, dikarenakan adanya *re-layout* area *swaging*. Berikut perbandingan *layout* lama dengan *layout* baru mesin *swaging* otomatis *in-line*.



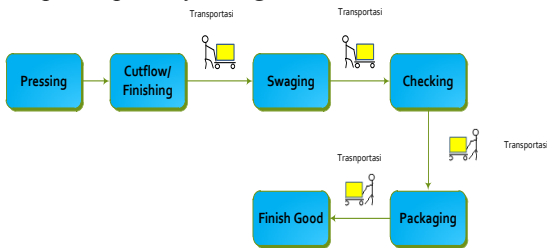
Gambar 13 *Layout* lama



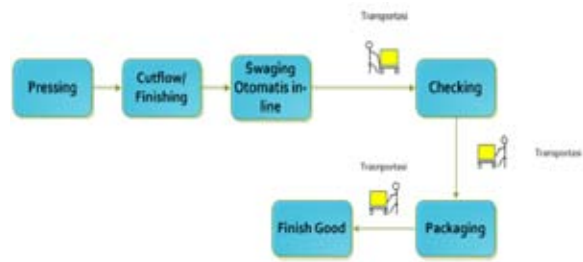
Gambar 14 *Layout* baru

Dari Gambar 14 merupakan *layout* awal mesin *pressing* berada berbeda atau jauh dengan mesin *swaging*. Sehingga membutuhkan waktu untuk mengantar produk ke area *swaging*. Sedangkan Gambar 15 merupakan *layout* baru dimana proses *swaging* sudah berada pada mesin *pressing* sehingga *cycle time* yang lama disebabkan oleh proses transportasi dapat diturunkan atau dihilangkan.

Berikut ini adalah perbandingan alur proses yang lama dengan yang baru dimulai dari proses *pressing* sampai ke proses *finish good*.



Gambar 15 Alur proses lama dari proses *pressing* sampai ke proses *finish good*



Gambar 16 Alur proses yang baru dari proses *pressing* sampai ke proses *finish good*

Berikut perbandingan *cycle time* dari alur proses lama dengan alur proses yang baru.

Tabel 4 *Cycle time* yang lama dari keseluruhan proses

No	Aktivitas	Waktu (menit)	Man power
1	Pressing	62.4	1
2	Cutflow/finishing	10	
3	Transportasi	5	1
4	Swaging	100	
5	Transportasi	3	1
6	Checking	33.3	
7	Transportasi	3	1
8	Packaging	60	
9	Transportasi	2	1
10	Finish good	0	
Total 1 lot (200)		278.7	5
1 pcs		1.39	

Tabel 5 *Cycle time* yang baru dari keseluruhan proses

No	Aktivitas	Waktu (menit)	Man power
1	Pressing	62.4	1
2	Cutflow/finishing	10	
3	Swaging	16.6	1
4	Transportasi	3	
5	Checking	33.3	1
6	Transportasi	3	
7	Packaging	60	1
8	Transportasi	2	
9	Finish good	0	1
Total 1 lot (200)		190.3	
1 pcs		0.95	4

Gambar 15 merupakan waktu keseluruhan yang lama dari proses *pressing* sampai ke proses *finish good* itu membutuhkan waktu 278.7 menit/lot (1 lot=200pcs). Sedangkan Gambar 16 merupakan waktu keseluruhan yang baru dari proses *pressing* sampai ke proses *finish good* itu membutuhkan waktu 190.3 menit/lot (1 lot = 200pcs). Sehingga dengan adanya mesin *swaging* otomatis *in-line* ini dapat menanggulangi *cycle time* yang lama, dimana dapat menurunkan *cycle time* sebanyak $278.7-190.3 = 88.4$ menit/lot.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pembuatan mesin *swaging* otomatis *in-line* menggunakan PLC omron CP1E E40DR-A menghasilkan beberapa kesimpulan yang dapat menjawab perumusan masalah yang ada dalam tugas akhir ini, yaitu :

1. Mesin *swaging* otomatis *in-line* yang dibuat, memberikan hasil yang baik terhadap permasalahan yang ada yaitu dapat mengurangi *cycle time* yang lama baik pada proses *swaging* maupun pada proses keseluruhan yaitu dari proses *pressing* sampai proses *finish good*. Hasil yang diperoleh adalah *cycle time* pada proses *swaging* dapat berkurang dari 1 pcs 30 detik menjadi 1 pcs 5 detik dan *cycle time* dari proses *pressing* sampai proses *finish good* juga berkurang, dikarenakan adanya *re-layout area swaging*. Dimana waktu yang dibutuhkan sebelum adanya *layout* baru yang dimulai dari proses *pressing* sampai proses *finish good* adalah 278.7 menit/lot (200 pcs), sedangkan setelah adanya *layout* baru waktu yang dibutuhkan menjadi 190.3 menit/lot (200 pcs).
2. Pembuatan kontrol mesin ini menggunakan pengontrolan utama PLC dengan piranti

masukannya, *Proximiy switch*, *reed switch*, *push button with ring selector*, *selector switch*, dan tombol serta dengan piranti keluaran silinder pneumatik, silinder hidrolik, dan *counter* sehingga proses *swaging* dapat dilakukan secara otomatis.

3. Pembuatan program pada PLC omron menggunakan software CX-Programmer V.9 dan menggunakan bahasa pemrograman diagram tangga (*ladder diagram*). Program yang dibuat sudah sesuai dengan urutan kerja mesin *swaging* otomatis *in-line*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Putranto, Agus, **Teknik Otomasi Industri**, Departemen Pendidikan Nasional, 2008
- [2] Wicaksono, Handy, **Programmable Logic Controller : Teori, Pemrograman Dan Aplikasinya Dalam Otomasi Sistem**, Yogyakarta. Graha Ilmu, 2009
- [3] Setiawan, Iwan, **Programmable Logic Controller (PLC) dan Teknik Perancangan Sistem Kontrol**, Yogyakarta, Andi, 2006
- [4] Sumardjati, Prih, dkk. **Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 2 untuk SMK**. Jakarta. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. 2008. Hlm.336
- [5] Robert Boylestad and Louis Nashelsky, 1994, **Electronic Devices And Circuit Theory**, Fifth Ed., Eighth Printing, Prentice-Hall of India Private Ltd, New Delhi
- [6] Sugihartono, Dasar-dasar kontrol pneumatik, Bandung, 1985
- [7] Wirawan Drs, Parmono Drs, **Bahan Ajar Pneumatik-Hidrolik**, Teknik Mesin Fakultas teknik Universitas Negeri Semarang

Modul Peranti Elektronika Berbasis Mikrokontroler Untuk Sarana Pembelajaran Sistem Pengontrolan pada Program Studi Teknik Elektronika Sekolah Menengah Kejuruan

Arief Goeritno¹, Saefurrochman²

¹ Dosen Tetap (NIDN: 0430016301) Jurusan/Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor
Jl. K.H. Sholeh Iskandar km.2 Kedung Badak, Tanah Sareal, Kota Bogor, 16132, Indonesia
Email: arief.goeritno@ft.uika-bogor.ac.id

² Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 2 Kota Bogor
Jl. Pangeran Sogiri no. 404, Tanah Baru, Bogor Utara, Kota Bogor, 16154, Indonesia
Email: thereams@yahoo.com

Abstract - Manufacturing the electronic devices module based on microcontroller have been done. Module for learning tool of controlling system in Electronics Engineering Study Program at the Vocational High School. Embodiments of the module is done through the manufacture of electronic circuits, printed circuit board (PCB), and the integration of electronic components, and measuring performance against the electronic devices.module based on microcontroller. Performancing measurement and optimization the electronic devices based on microcontroller, indicated by the presence of 2 (two) handshaking process in hardware and software between electronic devices and personal computers. Hardware handshaking is required interfacing board, namely the addition of a USB ISP Downloader module. The success of software handshaking as indicated by the execution result display on the personal computer screen.

Keywords: Peranti elektronika berbasis mikrokontroler, sarana pembelajaran sistem pengontrolan, teknik elektronika, sekolah menengah kejuruan.

I. PENDAHULUAN

Peranti Elektronika (*electronics devices*), adalah alat-alat dengan penggunaan dasar beroperasinya suatu elektronika melalui pengontrolan aliran elektron atau partikel bermuatan listrik di dalamnya[1-5], seperti komputer, peralatan elektronika, mikrokontroler (pengontrol mikro) termokopel, semikonduktor, dan lainnya[1-5]. Mikrokontroler merupakan suatu sistem komputer dengan seluruh atau sebagian besar elemen terkandung di dalamnya dikemas dalam satu *chip* [6,7] sebuah *integrated circuit (IC)*, sehingga sering disebut mikrokomputer *chip* tunggal (*single chip microcomputer, MCUs*). Komputer *chip* tunggal terutama bentuk yang dikenal sebagai *chip* mikrokontroler dan digunakan dalam perangkat atau sistem *embedded*[6,7]. Kebanyakan mikrokomputer *chip* tunggal (*MCUs*) berbasis kepada memori-*split* arsitektur *Harvard*[8]. Arsitektur *Harvard* adalah arsitektur komputer dengan penyimpanan dan jalur sinyal yang terpisah secara fisik untuk instruksi dan data[8,9]. Dalam teknik komputer, arsitektur komputer

adalah seperangkat aturan dan metode yang menggambarkan fungsi, organisasi, dan implementasi sistem komputer[9,8]. Mikrokontroler pada umumnya dikelompokkan dalam satu keluarga, masing-masing mikrokontroler mempunyai spesifikasi tersendiri namun masih kompatibel dalam pemrogramannya[6-9].

Mikrokontroler ATmega16[10,11] sebagai komponen utama pada modul peranti elektronika untuk sarana pembelajaran sistem pengontrolan, merupakan mikrokontroler *Complementary Metal-Oxide Semiconductor (CMOS)* 8-bit seri AVR buatan Atmel. Seri AVR diambil dari Alf (Egil Bogen) and Vegard (Wollan)'s *RISC processor*, dengan *RISC* singkatan dari *Reduced Instruction Set Computer*. *Reduced Instruction Set Computer*, yaitu suatu basis teknologi untuk *instruction set* pada mikroprosesor, dengan hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*, sedangkan *MCS51* berteknologi *Complex Instruction Set Computer (CISC)*. Seri AVR mempunyai 32 register *general-purpose, timer/counter* fleksibel dengan mode *compare, interrupt* internal dan eksternal, serial *Universal Synchronous/Asynchronous Receiver Transmitter (UART)*, *programmable watchdog timer, mode power saving*, konverter analog ke digital (*Analog to Digital Converter, ADC*), dan *Pulse Width Modulation (PWM)* internal[10,11].

Berdasarkan uraian terkait, maka dibuat peranti elektronika berbasis mikrokontroler untuk modul pembelajaran sistem pengontrolan pada Program Studi Teknik Elektronika di Sekolah Menengah Kejuruan dengan perolehan tujuan penelitian, berupa (1) perancangan peranti elektronika berbasis mikrokontroler, meliputi: (i) perancangan rangkaian elektronika, (ii) perancangan catu daya, dan (iii) perancangan perangkat lunak, sedangkan pengintegrasian peranti elektronika melalui simulasi terhadap model untuk peranti elektronika berbasis mikrokontroler, rancangan catu daya, dan rancangan perangkat lunak dan (2) Pengukuran kinerja dan optimasi peranti elektronika berbasis mikrokontroler.

II. KAJIAN LITERATUR

Seri AVR mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip*, yaitu suatu kondisi dimana memori program untuk diprogram ulang dalam sistem dengan *Serial Peripheral Interface (SPI)* ATmega16[10]. Selain hal itu, seri ATmega16 mempunyai *throughput* mendekati 1 million instructions per second (MIPS) per Mega Hertz (MHz.), sehingga perancang sistem dapat mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses. Konfigurasi pin ATmega16 kemasan 40-pin, berupa tipe *dual inline package (DIP)* dengan pemaksimalan performa pada AVR, digunakan arsitektur *Harvard* (dengan memori dan bus terpisah untuk program dan data)[10].

ATmega16[9,10] mempunyai empat buah port, yaitu *PortA, PortB, PortC, dan PortD* dan keempat port tersebut merupakan jalur *bi-directional* dengan pilihan *internal pull-up*. Setiap port mempunyai tiga buah register bit, yaitu **DDxn**, **PORTxn**, dan **PINxn**. Huruf 'x' mewakili nama huruf dari port, sedangkan huruf 'n' mewakili nomor bit. Bit **DDxn** terdapat pada I/O address **DDRx**, bit **PORTxn** terdapat pada I/O address **PORTxn**, dan bit **PINxn** terdapat pada I/O address **PINx**. Bit **DDxn** dalam register **DDRx** (*Data Direction Register*) menentukan arah pin[10].

Untuk kondisi dimana **DDxn** disetel 1, maka Px berfungsi sebagai pin keluaran, sedangkan jika **DDxn** disetel 0, maka Px berfungsi sebagai pin masukan, sedangkan jika **PORTxn** disetel 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin masukan, maka resistor

pull-up akan diaktifkan. Untuk penonaktifan resistor *pull-up*, **PORTxn** harus disetel 0 atau pin dikonfigurasi sebagai pin keluaran. Pin-pin pada port adalah *tri-state* setelah kondisi *reset*. Untuk kondisi dimana **PORTxn** disetel 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin keluaran, maka pin pada port berlogika 1 dan apabila **PORTxn** disetel 0 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin keluaran, maka pin pada port berlogika 0. Saat perubahan kondisi port dari kondisi *tri-state* (**DDxn** = 0 dan **PORTxn** = 0) ke kondisi keluaran *high* (**DDxn** = 1 dan **PORTxn** = 1), maka harus terdapat kondisi peralihan berupa *pull-up enabled* (**DDxn** = 0 dan **PORTxn** = 1) atau keluaran *low* (**DDxn** = 1 dan **PORTxn** = 0)[10].

Kondisi *pull-up enabled* dapat diterima sepenuhnya, selama lingkungan impedans tinggi tidak diperhatikan perbedaan antara sebuah *strong high driver* dan sebuah *pull-up*. Untuk kondisi dimana hal itu bukan suatu masalah, maka bit *PUD* pada register *SFIOR* dapat disetel 1 untuk mematikan semua *pull-up* pada semua port. Peralihan dari kondisi *input* dengan *pull-up* ke kondisi *output low* juga menimbulkan masalah yang sama. Hal itu harus digunakan kondisi *tri-state* (**DDxn** = 0 dan **PORTxn** = 0) atau kondisi *output high* (**DDxn** = 1 dan **PORTxn** = 1) sebagai kondisi transisi[10]. Konfigurasi pin-pin pada port, seperti ditunjukkan pada TABEL I.

TABEL I. KONFIGURASI PIN-PIN PADA PORT

DDxn	PORTxn	PUD (in SFIOR)	I/O	Pull-up	Comment
0	0	X	Input	No	Tri-state (Hi-Z)
0	1	0	Input	Yes	Pxn will source current if ext. pulled low
0	1	1	Output	No	Tri-state (Hi-Z)
1	0	X	Output	No	Output Low (sink)
1	1	X	Output	No	Output High (source)

Pembuatan peranti elektronika berbasis mikrokontroler untuk sarana pembelajaran sistem pengontrolan pada Program Studi Teknik Elektronika Sekolah Menengah Kejuruan selayaknya dilakukan melalui beberapa tahapan yang berkaitan erat dengan perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*). Perencanaan peranti elektronika berbasis mikrokontroler atau *project planning* merupakan beberapa hal yang perlu ditentukan dan dipertimbangkan. Hal-hal dalam pembuatan suatu rencana proyek perlu ditentukan topik terlebih dahulu yang ditindaklanjuti dengan pemilihan komponen-

komponen elektronika dan pengujian masing-masing komponen tersebut dan estimasi kebutuhan alat dan asesoris lain.

a) *Pemilihan dan pengujian sejumlah komponen elektronika*

Sejumlah komponen elektronika digunakan dalam pembuatan modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler untuk sarana pembelajaran sistem pengontrolan. Daftar komponen elektronika minimal untuk modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler, seperti ditunjukkan pada TABEL II.

TABEL II DAFTAR KOMPONEN ELEKTRONIKA MINIMAL UNTUK MODUL PERANTI ELEKTRONIKA BERBASIS MIKROKONTROLER

Simbol	Nama	Keterangan
ATmega16	Chip Atmega16	IC, 16-bit dengan 4 port I/O

C1, C 2	Kapasitor	22 pico farad
Q1	<i>Xtal</i>	12 Mega Hertz
S1	<i>Push Button</i>	Tombol <i>Reset</i>
C3	Kapasitor	100 uF, 16 V
R1	Resistor	330 Ω
JP4, JP5	<i>Pin Header male</i>	<i>Pin jumper, 40 pin</i>
J1-1, J12, J1-3	<i>Black Housing</i>	Soket <i>Blacke Housing 3 holes (male/female)</i>
H1, H2, H3, H4	<i>Spacer</i>	<i>Spacer 1 cm, hole 2,5 mm</i>
IC-1	<i>IC Power</i>	<i>IC 7805</i>
LED-1	Lampu <i>LED</i>	-

b) *Estimasi kebutuhan alat dan asesoris lain*

Estimasi kebutuhan alat yang digunakan, meliputi: (a) komputer, (b) catu daya, dan (c) alat bantu. Komputer yang digunakan memiliki spesifikasi minimal Pentium 4, memori 512Mhz., *hard disk* 40

GB, monitor, *keyboard*, dan *mouse*. Catu daya dengan spesifikasi minimal 0-20 volt *dc* dan arus 0-5 ampere dengan tiga keluaran *dc*. Catu daya *dc* dan alat bantu, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



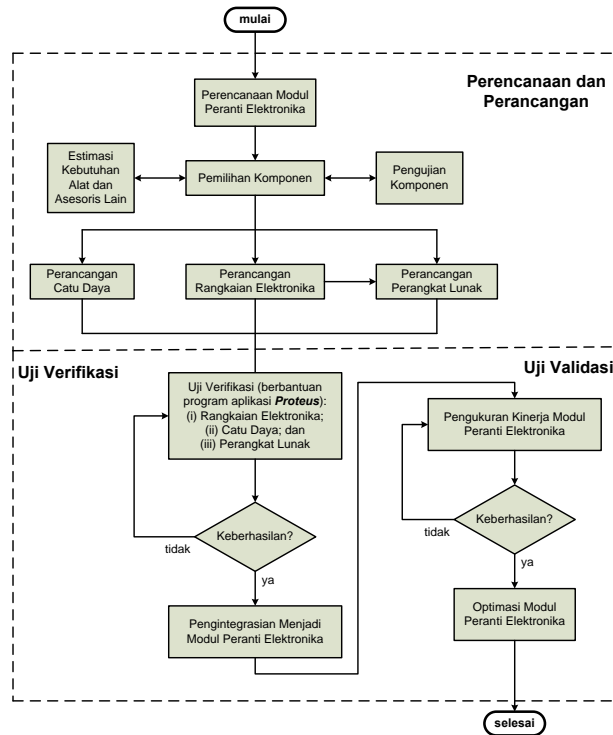
Gambar 1 Catu daya *dc* dan alat bantu

Kebutuhan asesoris lain disesuaikan terhadap bahan yang digunakan dan kemungkinan penambahan komponen lain yang belum tercatat. Sejumlah komponen asesoris lain, yaitu *push-button*, lempeng *PCB*, kabel pita, timah, *ferrichloride*, kabel *ISP downloader*, soket, dan *pin header female*.

mikrokontroler unuk sarana pembelajaran sistem pengontrolan di Program Studi Teknik Elektronika Sekolah Menengah Kejuruan, berupa diagram blok dan alir. Tahapan pada metode penelitian, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

III. METODE PENELITIAN

Tahapan-tahapan pada metode penelitian dalam pembuatan modul peranti elektronika berbasis



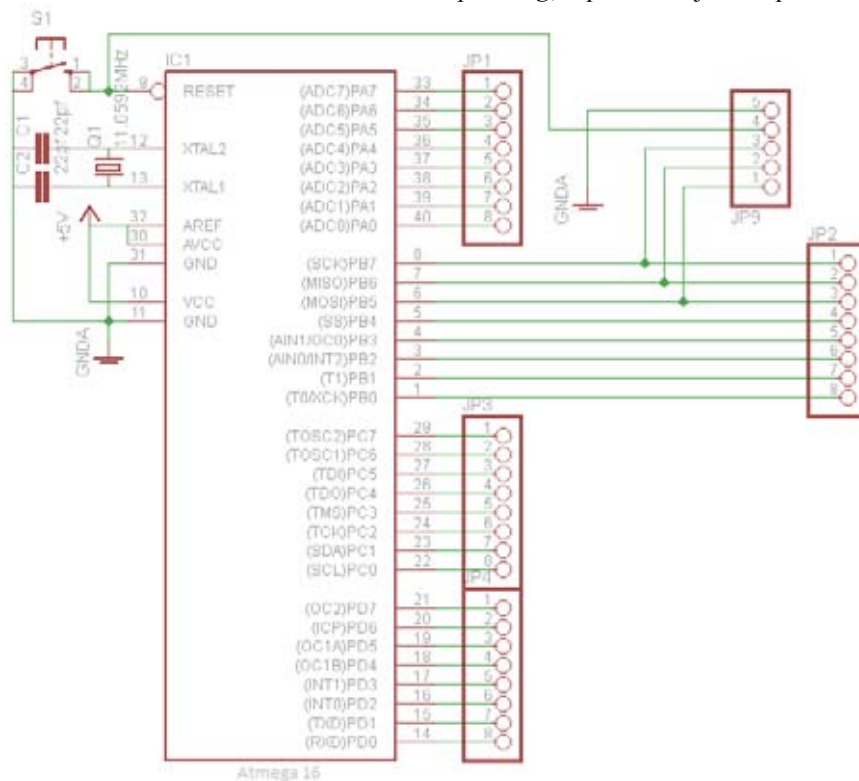
Gambar 2 Tahapan pada metode penelitian

A. Pembuatan Modul Peranti Elektronika Berbasis Mikrokontroler

Setelah tahapan perencanaan dilaksanakan, maka dilanjutkan dengan: (i) pembuatan diagram skematis rangkaian elektronika dan catu daya, (ii) pembuatan perangkat lunak, dan (iii) pengintegrasian.

A.1. Pembuatan rangkaian elektronika dan catu daya untuk modul peranti elektronika

Rancangan rangkaian untuk modul mikrokontroler dan tampilan (*display*) didasarkan ke *data sheet* ATmega16. Diagram skematis untuk modul peranti elektronika berbasis mikrokontrol pada *typical operating*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



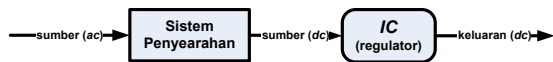
Gambar 3 Diagram skematis untuk modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler pada *typical operating*

Penjelasan *pin* pada *chip* ATmega16[9], seperti ditunjukkan pada TABEL III.

TABEL III PENJELASAN PIN PADA CHIP ATMEGA16

Nama Pin	Keterangan
RESET	Reset System
XTAL 1	Crystal Connection 1
XTAL2	Crystal Connection 2
AVCC	Supply untuk port A/ADC
AREF	Analog Reference pin untuk ADC
VCC	Digital Supply Voltage
GND	Ground
PORT-A	ADC dan sebagai I/O
PORT-B	8-bit Bi-directional I/O
PORT-C	8-bit Bi-directional I/O
PORT-D	8-bit Bi-directional I/O

Diagram skematis rangkaian catu daya untuk modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler ATmega16, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram skematis rangkaian catu daya untuk modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler ATmega16

A.2 Pembuatan perangkat lunak

Pembuatan perangkat lunak berupa pemilihan program aplikasi komputer untuk kebutuhan *chip* mikrokontroler ATmega16 sebagai jantung modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler untuk sarana pembelajaran sistem pengontrolan.

A.3 Pengintegrasian modul peranti elektronika berupa simulasi terhadap model

Setelah perancangan, dilanjutkan dengan pelaksanaan pengintegrasian berupa simulasi terhadap model, yaitu rancangan modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler, rancangan catu daya, dan rancangan perangkat lunak.

a) Simulasi terhadap model berbantuan program aplikasi Proteus

Proses simulasi terhadap model untuk modul mikrokontroler dilaksanakan dengan bantuan program aplikasi Proteus. Parameter pengukuran kinerja komponen-komponen pada model untuk modul mikrokontroler berdasarkan kebutuhan aplikasi yang akan dirancang. Modul yang dibuat dapat diimplementasikan untuk media pembelajaran pemrograman mikrokontroler yang dapat langsung dikoneksikan ke masukan analog (seperti sensor suhu LM35) dan sistem memiliki *pin* I/O sebanyak 32 *port*. Untuk komponen pasif elektronika dilakukan penyetelan dengan menggunakan multimeter. Penyetelan terhadap rangkaian mikrokontroler *chip* ATmega16 digunakan perangkat lunak (*software*)

Proteus untuk simulasi pengukuran kinerja mikrokontroler ATmega16 dan programnya. Pengukuran kinerja model untuk modul mikrokontroler dilakukan dengan perangkaian diagram skematik minimum pada mikrokontroler.

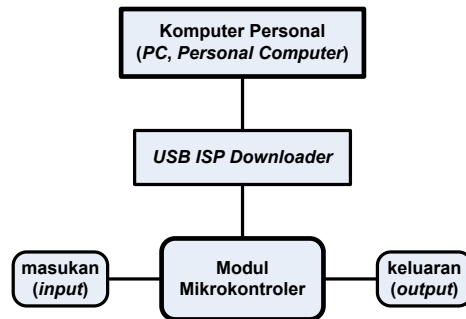
b) Simulasi terhadap rancangan catu daya

Rancangan catu daya merupakan bagian utama dalam merancang kebutuhan daya untuk rangkaian elektronika. Dalam rancangan catu daya, terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan, yaitu: (i) sumber catu daya, (ii) kebutuhan catu daya pada masing-masing modul, dan (iii) model rancangan catu daya untuk peranti elektronika berbasis mikrokontroler.

c) Simulasi terhadap rancangan perangkat lunak

Simulasi terhadap rancangan perangkat lunak yang akan digunakan pada perangkat keras, misalnya penggunaan perangkat lunak untuk sistem kontrol alat (aplikasi), *software interface* pada komputer personal, dan lain-lain. Contoh lain seperti pada suatu aplikasi *standalone* (berdiri sendiri) yang tidak membutuhkan kontrol apa pun dari komputer, tetapi hanya dibutuhkan perangkat lunak untuk kontrol dalam alat yang dirancang. Contoh perangkat lunak yang umum dibutuhkan dalam perancangan rangkaian elektronika, antara lain: (a) *Diptrace 2.4*, (b) *Proteus 8.1*, (c) *Bascom AVR 2.0*, dan (d) *ProgISP 1.68*.

Diagram skematis sistem peranti elektronika berbasis mikrokontroler untuk modul pembelajaran dan keterkaitannya dengan tahapan simulasi terhadap rancangan perangkat lunak, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Diagram skematis sistem peranti elektronika berbasis mikrokontroler untuk modul pembelajaran dan keterkaitannya dengan tahapan simulasi terhadap rancangan perangkat lunak

Berdasarkan Gambar 5 dapat dijelaskan, bahwa:

- a) Komputer Personal berfungsi sebagai media untuk penulisan atau pembuatan sintaks bahasa pemrograman *Assembler*, *Basic Compiler*, atau Bahasa C yang kelak akan di-*upload* ke modul mikrokontrol;
- b) *USB ISP Downloader* merupakan sebuah modul yang berfungsi untuk peng-*upload*-an hasil program yang telah di-*compile* oleh komputer ke dalam *chip* ATmega16 pada modul mikrokontrol;
- c) Modul Mikrokontroler merupakan modul yang berfungsi sebagai media bantu untuk pembelajaran pemrograman mikrokontrol;

- d) Masukan berupa sebuah perangkat atau sensor yang dapat mengubah besaran fisika menjadi besaran listrik; dan
- e) Keluaran berupa sebuah perangkat yang berfungsi untuk penampilan data pengukuran yang dirasakan oleh sensor.

Modul mikrokontrol diberi program yang telah dibuat melalui komputer dan telah di-*compile*, di-*upload* ke modul mikrokontrol, dan dioperasikan oleh modul mikrokontroler sesuai dengan program yang telah dibuat. Hasil pada keluaran modul mikrokontroler berupa keluaran digital bertegangan 5 volt (*high*) dan 0 volt (*low*) yang nantinya, keluaran tersebut akan dihubungkan ke aktuatur.

B. Pengukuran Kinerja Peranti Elektronika

Modul-modul yang telah dilakukan uji verifikasi melalui simulasi, selanjutnya diintegrasikan dengan perangkat lunak atau program yang telah tertanam pada modul mikrokontroler, sehingga dapat dilakukan integrasi pada modul-modul tersebut. Simulasi terhadap rancangan dilakukan terhadap komponen atau modul-modul dari *on screen display* yang akan digunakan. Simulasi juga dilakukan untuk mengetahui fungsi dari hasil rancangan yang telah dibuat. Tahapan ini juga dilakukan intregasi sistem catu daya dan *software* yang telah dirancang. Simulasi terhadap rancangan perangkat lunak dilakukan untuk mengetahui kemampuan perangkat lunak hasil rancangan, misalnya untuk melakukan pengontrolan sub-sistem tertentu, mengetahui sistem *error (Bug)* dari *software* tersebut. Setelah semua peranti selesai dilakukan pengetesan, maka dapat dilakukan proses perakitan.

a) Pengukuran kinerja peranti elektronika

Overall testing merupakan proses simulasi system secara keseluruhan, untuk mengetahui sistem dapat berfungsi atau tidak. Untuk kondisi dimana masih

terdapat masalah, maka perlu dilakukan pengecekan kembali pada sistem elektronik atau pun bagian modul tertentu.

b) Optimasi peranti elektronika

Tahapan optimasi diperlukan untuk peningkatan kinerja (performansi) atau pun penyempurnaan pada sistem yang telah dirancang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

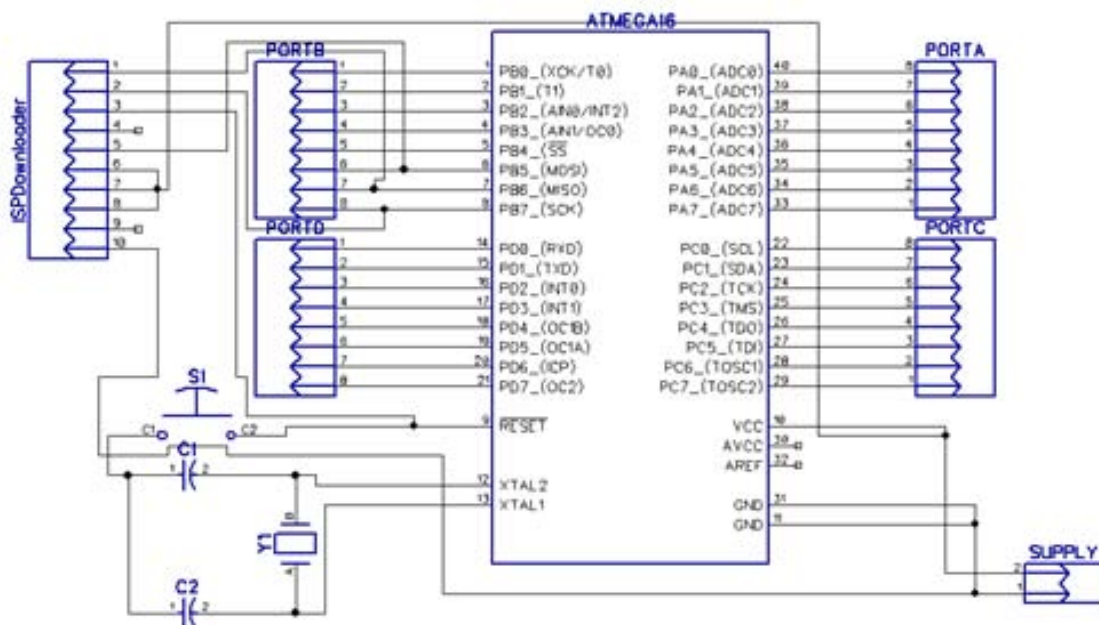
Hasil secara keseluruhan berupa tahapan perolehan modul peranti elektronika dan pengukuran kinerja. Tahapan perolehan modul berupa diagram skematis rangkaian, tata letak komponen-komponen pada *PCB*, dan pembuatan *PCB* dan pemasangan komponen-komponen elektronika. Tahapan perolehan kinerja modul berupa pengukuran kinerja dan optimasi.

A. Modul Peranti Elektronika

Pembuatan peranti elektronika berbasis mikrokontroler melalui beberapa proses, sehingga diperoleh: (a) diagram skematis rangkaian, (b) tata letak komponen-komponen elektronika pada *PCB*, dan (c) Pembuatan *PCB* dan pemasangan komponen-komponen elektronika.

A.1. Diagram skematis rangkaian

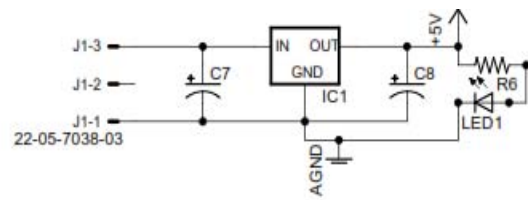
Modul mikrokontrol yang dibuat terlebih dahulu ditentukan komponen apa yang akan digunakan. Penentuan komponen dan bentuk rangkaian skematis berdasarkan pada *data sheet* dari *chip* mikrokontol (IC ATmega16). Setelah bentuk rangkaian dan komponen telah diketahui, maka dapat dilakukan penggambaran rangkaian skematis berbantuan program aplikasi *Diptrace*. Diagram skematis rangkaian untuk peranti elektronika berbasis mikrokontroler hasil rancangan berbantuan program aplikasi *Diptrace*, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Diagram skematis rangkaian untuk modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler hasil rancangan

berbantuan program aplikasi *Diptrace*

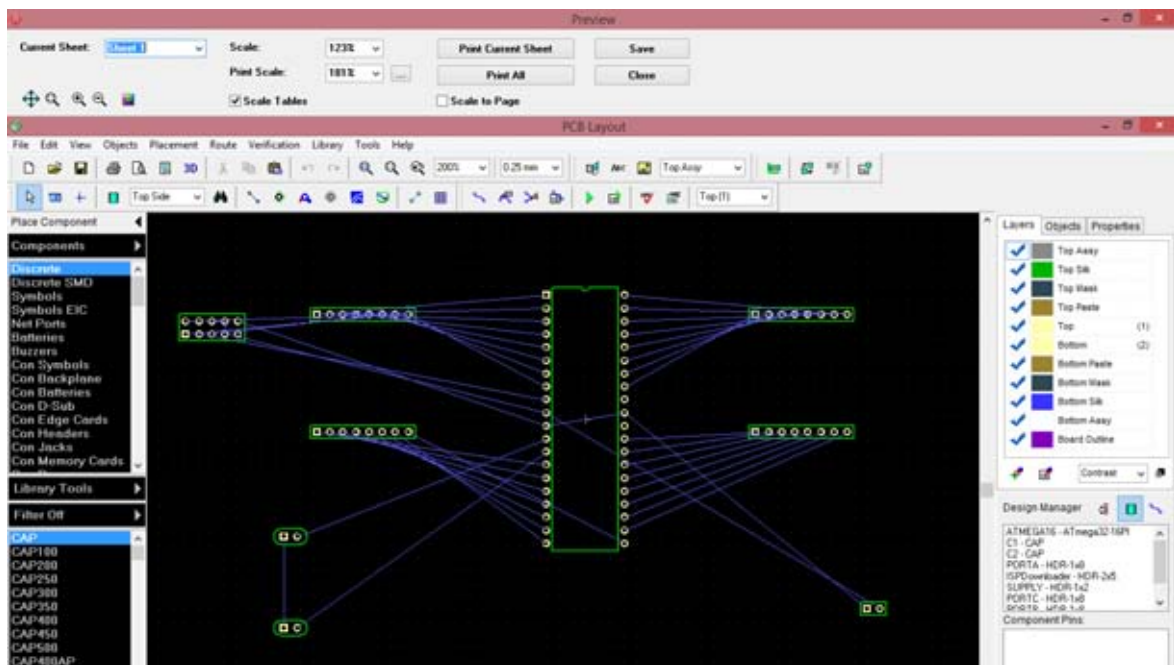
Setelah penggambaran skematis rangkaian untuk peranti elektronika berbasis mikrokontroler, dilanjutkan penggambaran skematis rangkaian untuk catu daya guna keperluan peranti elektronika berbasis mikrokontroler. Tegangan masukan pada rangkaian catu daya memiliki tegangan nominal 5 volt, sehingga digunakan *IC 7805* sebagai pembatas tegangan. Penggunaan *LED* sebagai indikator untuk mengetahui tegangan *on* atau *off*. Rangkaian catu daya untuk peranti elektronika berbasis mikrokontroler, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Rangkaian catu daya untuk modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler

A.2 Tata letak komponen-komponen elektronika pada PCB

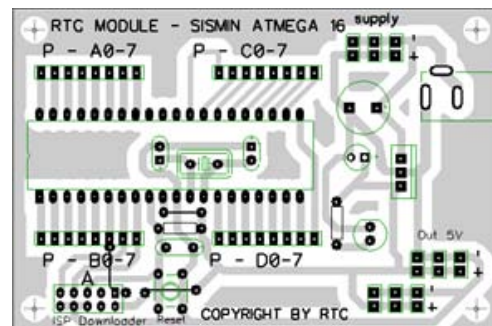
Tata letak komponen-komponen pada *PCB* berdasarkan diagram skematis rangkaian yang dikonversi ke *export to PCB*, dimana proses konversi dilakukan dengan program aplikasi *Diptrace*. Tampilan awal hasil konversi rangkaian skematis ke tata letak komponen-komponen pada *PCB*, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Tampilan awal hasil konversi rangkaian skematis ke tata letak komponen-komponen pada *PCB*

Berdasarkan Gambar 8 ditunjukkan, bahwa terhadap hasil awal masih diperlukan pengaturan tata letak komponen-komponen elektronika yang disesuaikan dengan rencana pembuatan *PCB*.

Hasil pengaturan terhadap tata letak komponen-komponen elektronika dan jalur perkawatan (*wiring*) antar komponen, seperti ditunjukkan pada pada Gambar 9.



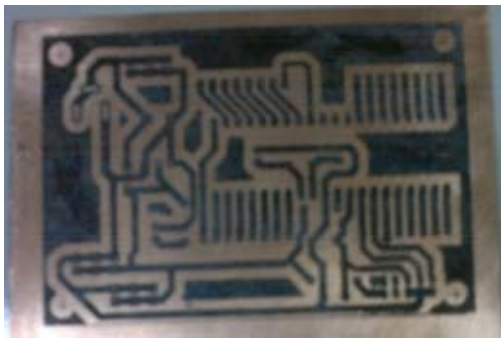
Gambar 9 Hasil pengaturan terhadap tata letak komponen-komponen elektronika dan jalur perkawatan (*wiring*) antar komponen

A.3 Pembuatan PCB dan pemasangan komponen-komponen elektronika

Pembuatan PCB dilakukan melalui tahapan proses transfer ke lempengan PCB, proses perlarutan terhadap PCB, pengeboran pada PCB, dan penyambungan kaki-kaki komponen pada PCB.

a) Proses transfer ke lempengan PCB

Proses transfer ke lempengan PCB, yaitu pemindahan hasil tata letak pada PCB yang telah digambar di komputer ditransfer atau dipindahkan ke board (PCB). Hasil pemindahan tata letak pada PCB ke lempengan PCB, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Hasil pemindahan tata letak pada PCB ke lempengan PCB

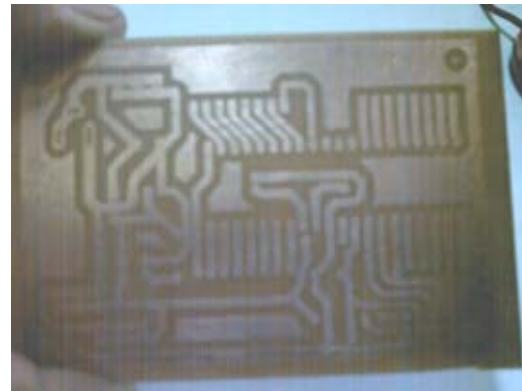
b) Proses perlarutan terhadap lempengan PCB

Proses perlarutan terhadap PCB dilakukan untuk pelarutan tembaga pada lempengan PCB, agar jalur-jalur dan perletakan komponen-komponen pada lempengan PCB dapat terbentuk. Proses perlarutan digunakan FeCl. Proses perlarutan terhadap lempengan PCB, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Proses perlarutan terhadap lempengan PCB

Tampilan akhir alur-alur pada lempengan PCB setelah proses perlarutan, seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Tampilan akhir alur-alur pada lempengan PCB setelah proses perlarutan

Berdasarkan Gambar 12 ditunjukkan, bahwa pada lempengan PCB tampilan akhir, siap dilakukan proses lanjutan berupa pengeboran (*drilling*).

c) Pengeboran pada PCB

Pentahapan untuk perolehan model peranti elektronika berbasis mikrokontroler untuk sistem pengontrolan dilakukan secara *on screen display* berupa pengeboran dan penyambungan kaki-kaki komponen pada PCB. Tujuan pengeboran pada PCB, adalah pembuatan lubang untuk kaki-kaki komponen elektronika. Diameter lubang untuk masing-masing kaki-kaki komponen yang digunakan berbeda-beda. Untuk kakai-kaki komponen IC catu daya, lubang yang digunakan berdiameter 1,5 mm hingga 2 mm, sedangkan untuk kaki-kaki komponen resistor, kapasitor, kristal, dan LED masing-masing 0,8 mm sampai dengan 1 mm. Proses *drilling* pada PCB untuk kaki-kaki komponen elektronika, seperti ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13 Proses *drilling* pada PCB untuk kaki-kaki komponen elektronika

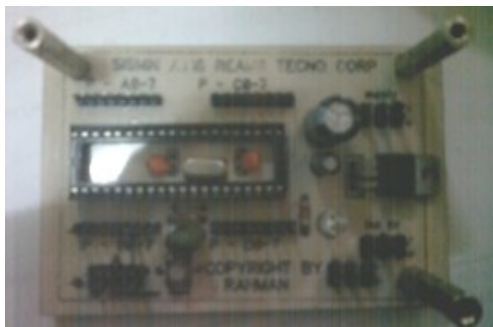
d) Penyambungan kaki-kaki komponen pada PCB

Penyambungan kaki-kaki komponen pada PCB perlu ketelitian dan kehati-hatian, karena dapat berakibat terbalik atau salah penempatan. Untuk pencegahan, sebaiknya dibuat *print out* dari skematis rangkaian elektronika dari modul tersebut. Proses penyambungan kaki-kaki komponen elektronika pada PCB, seperti ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14 Proses penyambungan kaki-kaki komponen elektronika pada PCB

Setelah proses penyambungan kaki-kaki komponen-komponen elektronika selesai dilakukan, maka dapat diperoleh tata letak komponen-komponen elektronika secara terintegrasi pada modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler. Tampilan tata letak komponen-komponen elektronika secara terintegrasi pada model peranti elektronika berbasis mikrokontroler untuk sistem pengontrolan, seperti ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15 Tata letak komponen-komponen pada modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler untuk sarana pembelajaran sistem pengontrolan

B. Kinerja Modul Peranti Elektronika

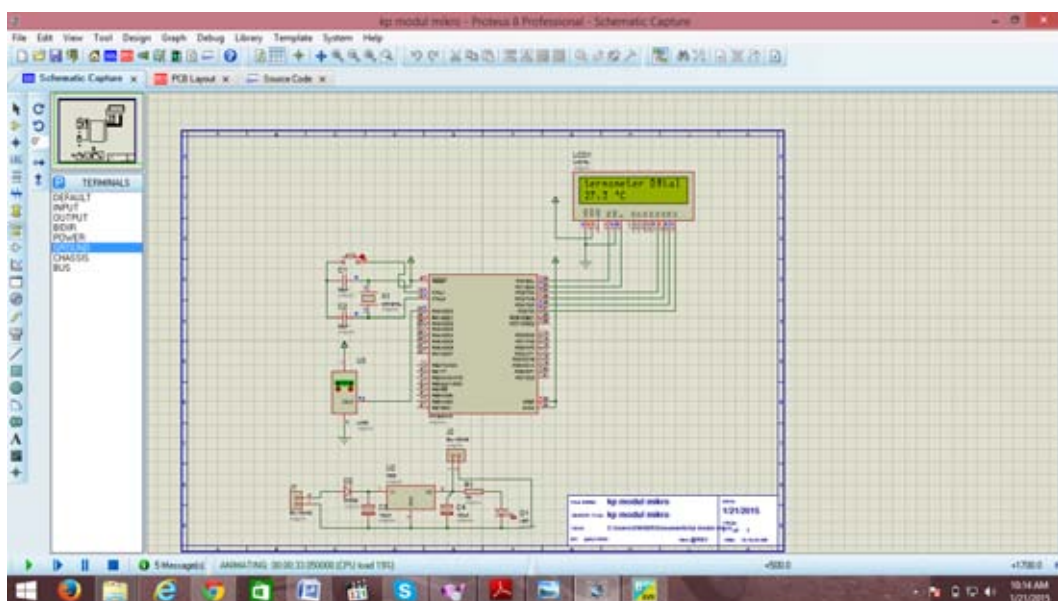
Tampilan modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler untuk sarana pembelajaran sistem pengontrolan, seperti ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16 Tampilan modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler untuk sarana pembelajaran sistem pengontrolan

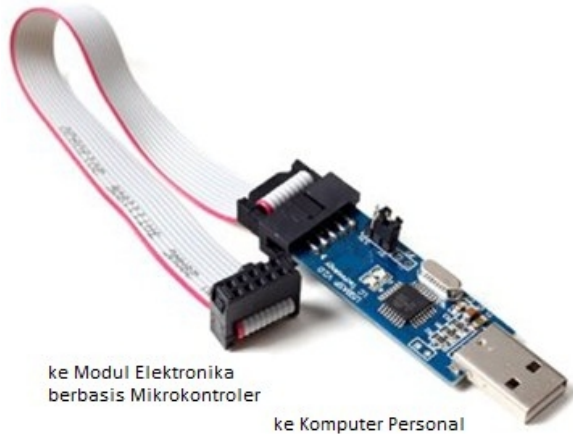
Berdasarkan Gambar 16 ditunjukkan, bahwa terhadap peranti elektronika berbasis mikrokontroler perlu dilakukan pengukuran kinerjanya. Pengukuran kinerja diindikasikan oleh keberadaan proses *handshaking* secara perangkat keras maupun perangkat lunak antara peranti elektronika dan komputer personal. *Handshaking* secara perangkat keras diperlukan *interfacing board*, yaitu penambahan modul *USB ISB downloader*.

Tampilan pengukuran kinerja pada simulasi terhadap modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler untuk sarana pembelajaran sistem pengontrolan, seperti ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17 Tampilan pengukuran kinerja pada simulasi terhadap modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler untuk sarana pembelajaran sistem pengontrolan

Berdasarkan Gambar 17 ditunjukkan, bahwa tampilan berbantuan program aplikasi merupakan simulasi terhadap peranti elektronika berbasis mikrokontroler. Tahapan akhir pada proses simulasi berupa pengukuran dan optimasi peranti elektronika berbasis mikrokontroler. Tampilan fisis modul *USB ISP downloader*, seperti ditunjukkan pada Gambar 18.



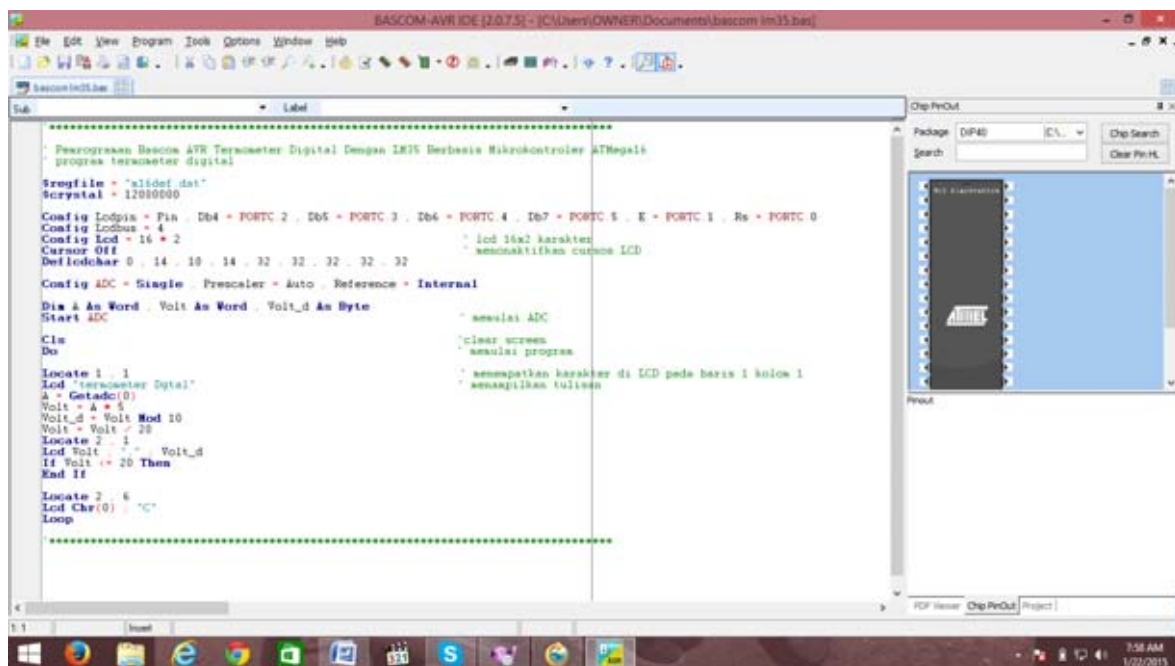
Gambar 18 Modul *USB ISP downloader*

Konfigurasi kak-kaki pada peranti elektronika yang tersambung ke modul *USB ISP downloader*, seperti ditunjukkan pada TABEL IV.

TABEL IV KONFIGURASI KAKI-KAKI PADA PERANTI ELEKTRONIKA YANG TERSAMBUNG KE MODUL *USB ISP DOWNLOADER*

Peranti elektronika berbasis mikrokontroler	<i>USB ISP Downloader</i>
<i>PB5 / MOSI</i>	<i>MOSI</i>
<i>PB6 / MISO</i>	<i>MISO</i>
<i>PB7 / SCK</i>	<i>SCK</i>
<i>RESET</i>	<i>RST</i>
<i>VCC</i>	<i>VCC</i>
<i>GND</i>	<i>Ground / GND</i>
<i>GND</i>	<i>Ground / GND</i>

Keberhasilan *handshaking* secara perangkat lunak ditunjukkan oleh tampilan hasil eksekusi pada layar komputer personal. Keberhasilan tersebut didukung sepenuhnya oleh program aplikasi buatan berbasis perangkat lunak *ProgISP 1.68* yang selanjutnya di-*compile* dan di-*upload* ke peranti elektronika berbasis mikrokontroler berbantuan modul *USB ISP Downloader* melalui komputer personal. Tampilan program yang dibuat dengan perangkat lunak *Bascom AVR*, seperti ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 19 Tampilan program yang dibuat dengan perangkat lunak *Bascom AVR*

Berdasarkan Gambar 19 ditunjukkan, bahwa tampilan keberhasilan proses *uploaded* program ke peranti elektronika berbasis mikrokontroler dengan bantuan modul *USB ISP Downloader*.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan bahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sesuai tujuan penelitian.

- (1) Perancangan modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler dilakukan melalui tiga macam perancangan, yaitu: (i) rangkaian elektronika, (ii)

catu daya, dan (iii) perangkat lunak. Pengintegrasian modul peranti elektronika dilakukan melalui simulasi terhadap model dan struktur program dari modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler untuk sarana pembelajaran sistem pengontrolan pada program aplikasi Proteus. Pembuatan modul peranti elektronika berbasis mikrokontroler dilakukan melalui sejumlah tahapan.

- (2) Pengukuran kinerja dan optimasi peranti elektronika berbasis mikrokontroler, diindikasikan oleh keberadaan 2 (dua) proses *handshaking* secara perangkat keras maupun perangkat lunak antara peranti elektronika dan komputer personal. *Handshaking* secara perangkat keras diperlukan *interfacing board*, yaitu penambahan modul *USB ISP Downloader*. Keberhasilan *handshaking* secara perangkat lunak ditunjukkan oleh tampilan hasil eksekusi pada layar komputer personal. Keberhasilan tersebut didukung sepenuhnya oleh program aplikasi buatan berbasis perangkat lunak *ProgISP 1.68* yang selanjutnya di-*compile* dan di-*upload* ke peranti elektronika berbasis mikrokontroler berbantuan modul *USB ISP Downloader* melalui komputer personal.

Melengkapi kesimpulan tersebut, dikemukakan saran berkaitan dengan pengembangan lebih lanjut terhadap modul yang sudah dibuat. Dapat dikembangkan untuk berbagai penggunaan tipe

mikrokontroler, termasuk didalamnya berupa implementasi terhadap sejumlah sensor untuk pengamatan fenomena fisis maupun kimiawi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Killen, Harold B., *Modern Electronic Communication Techniques*, Macmillan, New York, 1985.
- [2] Floyd, Thomas L., *Electronics Devices* (Ninth Edition), Prentice Hall, New Jersey, 2012.
- [3] Boylestad, Robert L., Louis Nashelsky *Electronic Devices and Circuit Theory*, Eleventh Edition, Pearson Education, Inc., Boston, 2013.
- [4] Anonim, *Elektronika*, Wikipedia, ___, (1 September) 2016 <https://id.wikipedia.org/wiki/Elektronika> (diunduh 15 September 2016).
- [5] Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya (cetakan kelima)*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1995.
- [6] Huston, Bill, *Single-chip Microcomputers can be Easy to Program*, AFIPS '82 Proceedings of the June 7-10, 1982 (National Computer Conference), New York, 1982 pp.85-93.
- [7] Anonim, *Pengendali Mikro*, Wikipedia, ___, (1 Maret) 2016 https://id.wikipedia.org/wiki/Pengendali_mikro (diunduh 17 Maret 2016).
- [8] Anonymous, *Harvard Architecture*, Wikipedia, ___, (September, 13) 2016 https://en.wikipedia.org/wiki/Harvard_architecture (diunduh 16 September 2016).
- [9] Anonim, *Arsitektur Komputer*, Wikipedia, ___, (29 Juni) 2016 https://id.wikipedia.org/wiki/Arsitektur_komputer (1 Agustus 2016).
- [10] Anonymous, *8-bit AVR Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash* (Rev. 2466T-AVR-07/10), Atmel, ___, 2010 <http://www.atmel.com/images/doc2466.pdf> (diunduh 30 Januari 2011).
- [11] Anonim, *ATmega16*, Wikipedia, ___, (28 Juni) 2016 <https://id.wikipedia.org/wiki/ATMega16> (diunduh 17 Maret 2016).

Sistem Antrian Pasien Rumah Sakit Menggunakan Kartu Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Kesehatan QR-Code Berbasis Android Dengan Transmisi WiFi

Toto Supriyanto, S.T.,M.T¹, Sartika Ratnasari², dan Muhammad Husain Effendi³

¹ Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta Depok, Indonesia.

Email: totosupr@yahoo.com

² Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta Depok, Indonesia.

³ Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta Depok, Indonesia.

Abstract - Registration system of patients in hospitals today there are many who use manual tools that require a lot of paper for recording patients enrolled. With so many patients who come to the hospital, the thing to note is the queuing system. To deal with the queuing system and use a lot of paper in the hospital made a card-based technology BPJS QR-Code whose function reduces happened long queues and use a lot of paper. Private BPJS card with the data stored in the QR-Code both contain proprietary data of the population capable or incapable. This card can display the status and history of current users of these cards in tapping the Android tablet devices available at the counter. Application of combining Android application created with JQuery mobile. Data will be sent to the server via wifi transmission. The maximum distance Android tablet with a web server is 10 meters. These differences correspond ownership data card, if the card owner resident status will be able to then view dues hospital that has been set by the government. The role of this card is more efficient to use because it can be applied in hospitals across Indonesia.

Keywords: Queues, BPJS Health Card, QR-Code, Android, JQuery Mobile, Wifi, Client-Server.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan penduduk berjuta jiwa, dimana penduduknya dapat di golongkan atas penduduk mampu maupun penduduk yang tidak mampu. Dari kedua golongan tersebut pemerintah memberi tugas khusus kepada BUMN Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Kesehatan untuk menyelenggarakan jaminan pemeliharaan kesehatan bagi seluruh rakyat Indonesia, terutama untuk pekerja mandiri (pegawai swasta dan wirausaha), pegawai pemerintah (pegawai BUMN dan PNS) dan rakyat miskin. Saat ini sistem pendaftaran pasien di rumah sakit masih banyak yang menggunakan alat-alat manual dan belum menggunakan peralatan otomatis sehingga banyak memerlukan kertas untuk pencatatan pasien yang mendaftar. Dengan banyaknya pasien yang datang ke rumah sakit maka dapat mengakibatkan antrian yang

panjang pada saat pendaftaran pasien. Untuk mengatasi antrian yang panjang, maka dikembangkan sistem antrian tanpa menggunakan kertas. Sistem antrian dilakukan dengan memanfaatkan teknologi android. Sistem operasi Android pada *smartphone* menyediakan *platform* terbuka untuk mengembangkan bermacam aplikasi sendiri. Salah satu teknologi yang dapat dikembangkan sendiri ialah teknologi *QR-Code*. *QR-Code* merupakan perkembangan dari *Barcode* di mana *QR-Code* ini akan dikemas dalam bentuk kartu BPJS kesehatan pribadi dengan identitas pemilik kartu. Kartu BPJS Kesehatan berbasis teknologi *QR-Code* ini yang akan menggantikan penggunaan kertas dan juga mempersingkat antrian. Caranya yaitu pasien men tapping kartu pada perangkat android yang tersedia pada loket. Selanjutnya data dari kartu tersebut akan diverifikasi ke server dengan menggunakan transmisi wifi. Server akan memverifikasi data pemilik dan riwayat penggunaan kartu di rumah sakit seluruh Indonesia. Peran dari kartu ini yaitu lebih efisien penggunaannya karena tidak membutuhkan banyak kertas dan kartu ini dapat digunakan di rumah sakit seluruh Indonesia.

II. Tinjauan Pustaka

A. Android

Android adalah sebuah sistem operasi untuk perangkat *mobile* berbasis Linux yang mencakup sistem operasi, *middleware* dan aplikasi. Android menyediakan *platform* yang terbuka bagi para pengembang untuk menciptakan sebuah aplikasi. Android SDK merupakan sebuah *tools* yang diperlukan untuk mengembangkan aplikasi berbasis Android menggunakan bahasa pemrograman Java. Pada saat ini Android SDK telah menjadi alat bantu dan API untuk mengembangkan aplikasi berbasis Android. Android bersifat *open source*[1].

B. Eclipse

Java Integrated Development Environment (IDE) adalah program komputer yang memiliki beberapa

fasilitas yang diperlukan dalam pembangunan perangkat lunak. Dengan menggunakan IDE tertentu, semua kebutuhan pemrograman akan dijadikan menjadi satu tempat, mulai dari *text editor*, *compiler/interpreter*, *system help* dan terkadang juga terdapat fitur lain yang sangat bermanfaat dalam penulisan kode (seperti: *code auto-complete* dan *syntax highlight*). Contoh dari aplikasi IDE adalah Eclipse. Eclipse merupakan komunitas *open source* yang bertujuan menghasilkan *platform* pemrograman terbuka. Eclipse terdiri dari *framework* yang dapat dikembangkan lebih lanjut, peralatan bantu untuk membuat dan *manage software* sejak awal hingga diluncurkan. *Platform* Eclipse didukung oleh ekosistem besar yang terdiri dari vendor teknologi, *start-up* inovatif, universitas, riset institusi serta individu. Banyak orang mengenal Eclipse sebagai IDE untuk bahasa Java, tapi Eclipse lebih sekedar IDE untuk Java (Nazruddin Safaat H, 2011)[2].

C. JQuery mobile

JQuery Mobile Framework atau biasa yang dikenal dengan *JQuery Mobile* adalah *framework* yang membantu untuk membuat tampilan web *mobile device*, seperti *handphone*, tablet dan yang lainnya. JQuery menekankan pada interaksi antara JavaScript dan HTML. JavaScript merupakan kumpulan kode/fungsi Javascript yang siap dipakai, sehingga mempermudah dan mempercepat dalam membuat kode Javascript. Namun kode dalam Javascript cukup panjang bahkan terkadang sulit untuk dipahami oleh sebab itu disinilah peranan JQuery sebagai Javascript *library*, dimana bisa langsung memanggil fungsi yang terdapat didalam *library* tersebut.

D. Database

Database adalah kumpulan dari data yang saling berkaitan. Data adalah suatu fakta yang dapat direkam/dicatat/disimpan yang memiliki arti tertentu. Contoh : Alamat, Nama, Nomor Telepon. Meskipun sebenarnya tujuan dari database tersebut sama, yaitu lebih mempermudah dalam pengolahan data, namun caranya ada berbagai macam. Macam dari database tersebut dapat dilihat dari bentuk konfigurasi sistemnya atau dari bentuk/isi dari database tersebut. Ada beberapa jenis dari database, mulai dari yang menggunakan text biasa, menggunakan excel, lotus, foxpro, dbase, parados, access, oracle, SQL dan banyak lagi. Masing-masing dapat berbeda dari sisi format datanya, fasilitas yang disediakan dan teknik pengolahan database nya [4].

E. Komunikasi Data

Komunikasi data adalah transmisi atau proses pengiriman dan penerimaan data dari dua atau lebih *device* (sumber), melalui beberapa media. Media tersebut dapat berupa kabel koaksial, *fiber optic*, *microwave*, internet, dsb. Komunikasi data juga terbagi kedalam beberapa jenis, yaitu komunikasi data analog dan juga komunikasi data digital. Adapun jenis

berdasarkan medianya ada komunikasi data terrestrial yaitu komunikasi data dengan menggunakan media kabel tembaga dan nirkabel, sementara jenis lainnya yaitu komunikasi data melalui satelit. Contohnya komunikasi data dalam dengan media WiFi, internet,dll. Komunikasi data yang digunakan pada sistem antrian rumah sakit ini menggunakan *Open System Interconnection* (OSI) layer ke-4 yaitu transport layer dimana transport layer ini menggunakan TCP/IP yang spesifikasinya menggunakan IPV4 yang terdiri dari 32 bit di aplikasikan dalam kelas C yang menggunakan IP privatnya 192.168.x.x dengan *subnet mask defaultnya* 255.255.255.0 [5].

F. WiFi

Wireless Fidelity (WiFi) adalah sebuah teknologi terkenal yang memanfaatkan peralatan elektronik untuk bertukar data secara nirkabel (menggunakan gelombang radio) melalui sebuah jaringan komputer. WiFi Alliance mendefinisikan Wi-Fi sebagai "produk jaringan wilayah lokal nirkabel (WLAN) berdasarkan pada standar *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) 802.11". Meski begitu, karena kebanyakan WLAN zaman sekarang didasarkan pada standar tersebut, istilah "Wi-Fi" dipakai dalam bahasa Inggris umum sebagai sinonim "WLAN" [6].

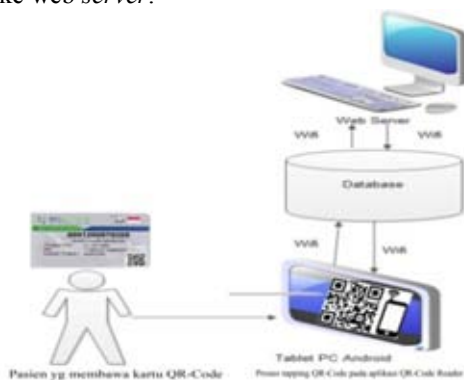
G. QR-Code

QR-Code adalah suatu jenis kode matriks atau kode batang dua dimensi yang dikembangkan oleh *Denso Wave*, sebuah divisi *Denso Corporation* yang merupakan sebuah perusahaan Jepang dan dipublikasikan pada tahun 1994 dengan fungsionalitas utama yaitu dapat dengan mudah dibaca oleh pemindai. *QR* merupakan singkatan dari *quick response* atau respons cepat, yang sesuai dengan tujuannya adalah untuk menyampaikan informasi dengan cepat dan mendapatkan respons yang cepat pula. Berbeda dengan *Barcode*, yang hanya menyimpan informasi secara horizontal, kode *QR* mampu menyimpan informasi secara horizontal dan vertikal, oleh karena itu secara otomatis *QR Code* dapat menampung informasi yang lebih banyak daripada *Barcode*[7].

III. Perencanaan dan Realisasi

Aplikasi yang berjudul "Sistem Antrian Pasien Rumah Sakit Menggunakan Kartu *QR-Code* BPJS Kesehatan Berbasis Android dengan Transmisi WiFi" dirancang dengan menggunakan pemrograman Eclipse. Pada sisi pasien, sistem dirancang berupa aplikasi untuk mempermudah dalam melakukan pemilihan dokter hingga mendapatkan nomor antrian menggunakan Tablet PC Android. Pada sisi admin web server, admin dapat melakukan proses perhitungan jumlah pasien yang datang ke rumah sakit dan pada sisi *client* akan menampilkan display nomor antrian pada setiap dokter. Gambar 1 menunjukkan

diagram blok cara kerja dari aplikasi yang terhubung ke web server.

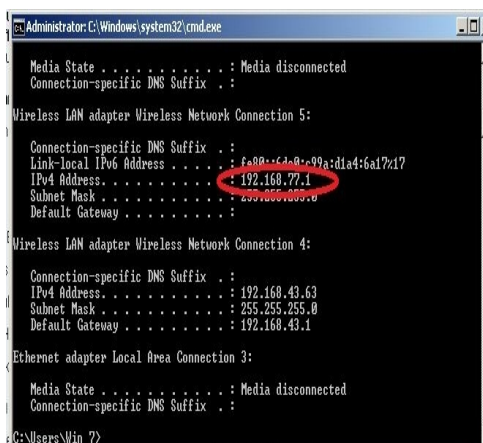


Gambar 1 Diagram Blok Aplikasi Pasien Rumah Sakit.

Pada tahap ini dilakukan pengujian Android dan Database yang telah dibuat lalu di gabungkan dengan web servernya. Aplikasi Android yang bernama BPJS.apk di install di tablet PC Android dan web server dimuat di laptop. Di simulasikan terhadap 2 pasien pemilik kartu BPJS dengan golongan yang berbeda yaitu pasien pekerja mampu yang membayar iuran dana yang telah di tentukan per bulannya, dan pasien miskin yang tidak membayar iuran perbulan.

Prosedur dan Pengkoneksi IP Address.

- Melakukan pengaturan pada sisi server dimana server harus terkoneksi dengan WiFi yang bersumber dari software connectivity.
- Membuka Run, kemudian mengetik CMD.
- Mengetik "ipconfig" guna mengetahui IP pada komputer server agar dapat disesuaikan dengan IP di tablet Android. Gambar 2 memperlihatkan IP pada komputer server.



Gambar 2 IP pada komputer server

- Mensetting IP yang ada di tablet android seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Setting IP pada tablet Android

Prosedur dan Data Pengujian Aplikasi dengan web server.

- Tablet Android dihubungkan dengan software connectivity. Selanjutnya menjalankan aplikasinya dan akan muncul halaman awal seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Tampilan Halaman Awal.

- Pada menu setting IP memasukkan alamat IP agar dapat terhubung dengan Database web server.
- Apabila alamat IP ini telah sesuai dengan server, maka QR-Code scanner dapat berfungsi. Gambar 5 menunjukkan halaman QR-Code scanner.



Gambar 5 Tampilan menu Scanner BPJS QR-Code.

- Sedangkan Gambar 6 merupakan tampilan kartu BPJS QR-Code tanpak depan dan belakang yang merupakan kartu pasien BPJS QR-Code yang di scan oleh QR-Code scanner.



Gambar 6 Tampilan kartu BPJS

- e. Proses antrian pasien dengan men scan kartu BPJS QR-Code nya ke BPJS scanner dan menu ini akan menghubungkan ke menu utama yang diperlihatkan pada Gambar 7.



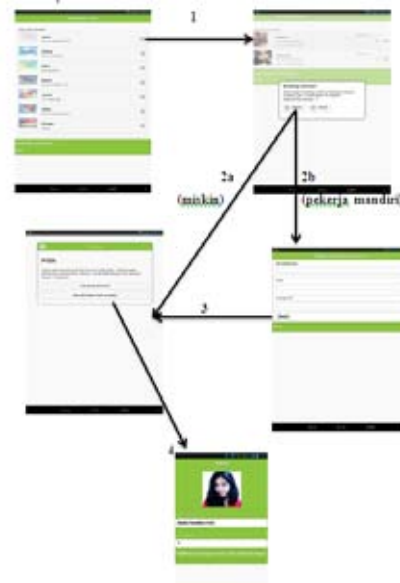
Gambar 7 Menu utama

- f. Pada menu utama ini, pasien dapat memilih menu rumah sakit, dimana menu ini akan menampilkan profil rumah sakit, jadwal dokter dan info kesehatan, seperti yang terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Tampilan menu rumah sakit

- g. Pada menu rumah sakit terdapat menu jadwal dokter dan pasien memilih dokter nya. Setelah itu pasien akan mendapatkan nomor antrian. Gambar 9 merupakan alur proses antrian pasien.



Gambar 9 alur proses antrian pasien.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa aplikasi ini dapat terhubung dengan *JQuery mobile* yaitu dengan mengatur IP sesuai dengan IP yang berada di *server*. Aplikasi sistem kartu BPJS Kesehatan ini dapat digunakan sebagai sistem antrian pasien sehingga antrian menjadi lebih singkat dan mengurangi penggunaan kertas secara berlebih. Untuk menggunakan aplikasi ini setiap pasien wajib memiliki kartu *QR-Code* BPJS Kesehatan. Jarak maksimum tablet android dengan *web server* adalah 10 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Safaat H, Nazruddin., “Pemrograman Aplikasi Mobile Smartphone dan Tablet PC Berbasis Android”, Informatika, Bandung 2012.
- [2] <http://id.wikipedia.org/wiki/Eclipse> / diunduh pada tanggal 12 Februari 2014
- [3] Hakim, Lukmanul., “Trik Dahsyat Menguasai AJAX dengan JQuery Mobile”, Lokomedia, Yogyakarta 2008
- [4] <http://id.wikipedia.org/wiki/Database/> diunduh pada tanggal 27 Maret 2014
- [5] <http://erlovely.wordpress.com/2009/10/24/komunikasi-data/> diunduh pada tanggal 30 Maret 2014
- [6] <http://id.wikipedia.org/wiki/WiFi/> diunduh pada tanggal 14 Februari 2014
- [7] http://id.wikipedia.org/wiki/Kode_QR / diunduh pada tanggal 4 Januari 2014.

Pemanfaatan Talas Beneng Sebagai Produk Unggulan, Penggerak Ekonomi Perdesaan, Dan Pemberdayaan Masyarakat Di Sekitar Kawasan Gunung Karang Provinsi Banten

Ranthy Pancasasti¹

¹ Dosen Jurusan Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Raya Jakarta Km. 4 Pakupatan, Kota Serang, Provinsi Banten, Indonesia
Email: ranthyipb@gmail.com

*Abstract - Gunung Karang Banten (GK BTN) is one of the tropical rain forests located in upstream areas, Pandeglang, Banten Province, with an altitude of 1778 meters above sea level (m asl). Based on data from the Department of Forestry and Plantation of Banten Province in 2012, that Gunung Karang Banten (GK BTN) has the potential of high biodiversity, one of which is the plant Talas Beneng (*Xanthosoma undipes* K.Koch). Most of the people in the surrounding area GK BTN, still considers plant Talas Beneng is the plant pests, wild, and very large and bulbous yellow, which has a high oxalate levels (causing itching if eaten), so that: (1) is not considered to have potential as a source of revenue, (2) is not a concern for people around Gunung Karang Banten in Pandeglang to be cultivated, and (3) utilization of Talas Beneng is still relatively slow when compared with other timber forest products (illegal logging). Short-term goals of KKN PPM (this community service) for: (1) creating a technique to reduce high oxalate levels (causes itching if eaten) without changing the nutritional contents of Talas Beneng, (2) building of mindset of community that Talas Beneng can be used as a superior product that is worth the economic, ecological, social and cultural, as well as a source of new revenue for the community, (3) creating a strategy to make Talas Beneng as a superior product, (4) providing to the community a good technical training about the cultivation of Talas Beneng in the backyard or in the garden, (5) making a variety of food products processed from Talas Beneng like Cheese Cake, Kroket, BBQ Stick Dry, Sweet Porridge, Steamed and Baked Brownies, Marble Cake, Cake Chiffone, and Gado-Gado Beneng, (6) realizing the households economic development from the actors of Talas Beneng industries in order to become the independent's industries which based on agricultural and competitiveness, (7) creating the global marketing of food industry from Talas Beneng by the ways: (a) creating a website to market the variety of processed food products, (b) following the exhibition and competition on the local and national level about agro-industry (food industry) and Talas Beneng cultivation. The method or approach that can be used to manage The Talas Beneng in order to become a superior product and can get to the user or community easily and effectively so that can improve and increase the capabilities and skills of the community is the participatory, ranging from planning, implementation to evaluation, which are made directly or indirectly, for example through technology exhibitions, technology package retrieval applications, Intersection agribusiness, open-field (such as counseling about the benefits of sustainable from Cultivating of Talas Beneng), workshops,*

and through the medium of printed information (journals, leaflets) and electronic media (internet). Based on the results of focus group discussions (FGD) with community, it is deemed necessary to attempt to manage and utilize Talas Beneng be a superior product that is worth the economic, ecological, social and cultural, as well as a source of new revenue for the community, so it can trigger the growth of the industry (small and medium enterprises - SMEs) household.

Keywords: Utilization of Talas Beneng, Superior Product, Rural Economic's Driven, Community Empowerment

I. PENDAHULUAN

Gunung Karang Banten (GK BTN) merupakan salah satu kawasan hutan hujan tropika yang terletak di daerah hulu, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten, dengan ketinggian 1 778 meter di atas permukaan laut (m dpl). Berdasarkan data Dinas Kehutanan dan Perkebunan Provinsi Banten tahun 2012, bahwa Gunung Karang memiliki potensi keragaman hayati yang tinggi, salah satunya adalah tumbuhan Talas Beneng (*Xanthosoma undipes* K.Koch). Sebagian besar masyarakat di sekitar kawasan GK BTN, masih menganggap tumbuhan Talas Beneng sebagai tumbuhan pengganggu, liar, dan berumbi sangat besar serta berwarna kuning, tetapi memiliki kadar oksalat tinggi (menyebabkan gatal jika dimakan), sehingga dianggap tidak memiliki potensi sebagai salah satu sumber pendapatan. Dengan karakteristik seperti di atas, membuat Talas Beneng belum menjadi perhatian masyarakat di sekitar kawasan GK BTN untuk dibudidayakan. Hal ini yang membuat pemanfaatan Talas Beneng masih tergolong lambat jika dibandingkan dengan hasil hutan kayu lainnya (*illegal logging*).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka identifikasi dan rumusan potensi/masalah utama terkait dengan keadaan yang ingin diperbaiki melalui Program KKN PPM yaitu: (1) belum adanya teknik untuk menurunkan kadar oksalat yang tinggi (penyebab gatal jika dimakan) tanpa mengubah kandungan gizi Talas Beneng, (2) belum terbangunnya *mindset* masyarakat bahwa Talas Beneng dapat dijadikan produk unggulan yang bernilai ekonomi, ekologi, sosial dan budaya masyarakat, serta menjadi

sumber pendapatan baru bagi masyarakat, (3) belum adanya strategi menjadikan Talas Beneng sebagai produk unggulan, (4) belum adanya teknik untuk membudidayakan Talas Beneng yang benar di lahan pekarangan rumah/kebun, (5) belum adanya aneka produk makanan olahan dari Talas Beneng seperti *Cheese Cake*, *Kroket*, *BBQ Stick Kering*, *Bubur Manis*, *Brownies Kukus dan Panggang*, *Marmer Cake*, *Chiffone Cake*, dan *Gado-Gado Beneng*, (6) belum adanya pembangunan ekonomi rumahtangga pelaku budidaya Talas Beneng yang mandiri berbasis agribisnis dan berdaya saing, (7) belum adanya pemasaran global industri makanan dari Talas Beneng, seperti: (a) belum adanya *website* untuk memasarkan aneka produk makanan olahan tersebut, (b) belum mengikuti pameran dan perlombaan tingkat daerah dan nasional tentang agro industri (industri makanan) dan budidaya Talas Beneng. Dari identifikasi dan rumusan potensi/masalah utama di atas, maka dipandang perlu adanya upaya untuk mengelola dan memanfaatkan Talas Beneng menjadi produk unggulan yang bernilai ekonomi, ekologi, sosial dan budaya masyarakat, serta menjadi sumber pendapatan baru bagi masyarakat, sehingga dapat memicu tumbuhnya industri (Usaha Kecil dan Menengah - UKM) rumahtangga, sebagai berikut: (1) menciptakan teknik untuk menurunkan kadar oksalat yang tinggi (penyebab gatal jika dimakan) tanpa mengubah kandungan gizi Talas Beneng, (2) membangun *mindset* masyarakat bahwa Talas Beneng dapat dijadikan produk unggulan yang bernilai ekonomi, ekologi, sosial dan budaya masyarakat, serta menjadi sumber pendapatan baru bagi masyarakat, (3) menciptakan strategi menjadikan Talas Beneng sebagai produk unggulan, (4) mengadakan pelatihan kepada masyarakat tentang teknik untuk membudidayakan Talas Beneng yang benar dengan pemanfaatan lahan pekarangan rumah/kebun, (5) membuat aneka produk makanan olahan dari Talas Beneng seperti *Cheese Cake*, *Kroket*, *BBQ Stick Kering*, *Bubur Manis*, *Brownies Kukus dan Panggang*, *Marmer Cake*, *Chiffone Cake*, dan *Gado-Gado Beneng*, (6) mewujudkan pembangunan ekonomi rumahtangga pelaku budidaya Talas Beneng yang mandiri berbasis agribisnis dan berdaya saing, (7) menciptakan pemasaran global industri makanan dari Talas Beneng dengan cara: (a) membuat *website* untuk memasarkan aneka produk makanan olahan tersebut, (b) mengikuti pameran dan perlombaan tingkat daerah dan nasional tentang agro industri (industri makanan) dan budidaya Talas Beneng.

lapang (seperti penyuluhan secara berkelanjutan tentang manfaat budidaya Talas Beneng), lokakarya, *workshop* serta melalui media informasi tercetak (jurnal, *leaflet*) dan media elektronik (internet).

II. PROFIL KELOMPOK SASARAN, POTENSI/PERMASALAHAN, SOLUSI YANG DITAWARKAN, TARGET DAN LUARAN

Tabel 1. Profil Kelompok Sasaran, Potensi/Permasalahannya Dari Berbagai Aspek, dan Solusi Yang Ditawarkan

Kelompok Sasaran	Potensi/Permasalahannya Dari Berbagai Aspek	Solusi Yang Ditawarkan
Masyarakat Kelurahan Juhut, Sukaratu, Kadamerak, dan Desa Cadasi	Belum adanya teknik untuk menurunkan kadar oksalat yang tinggi (penyebab gatal jika dimakan) tanpa mengubah kandungan gizi Talas Beneng.	Menciptakan teknik untuk menurunkan kadar oksalat yang tinggi (penyebab gatal jika dimakan) tanpa mengubah kandungan gizi Talas Beneng, dengan cara pemanfaatan konvensional, yaitu dengan pemendaman, perbusan, dan penyiangan menggunakan wadah perendam/perbusan/pengulatan dari stainless steel.
Masyarakat Kelurahan Juhut, Sukaratu, Kadamerak, dan Desa Cadasi	Belum terbangunnya <i>mindset</i> masyarakat tentang Talas Beneng sebagai sumber pendapatan baru bagi masyarakat, dengan cara partisipatif bersama masyarakat, mulai dari perencanaan, pelaksanaan sampai dengan evaluasi, yang dilakukan secara langsung maupun tidak langsung, yaitu melalui gelar teknologi, temu usaha/agribisnis, temu lapang (seperti penyuluhan secara berkelompok tentang manfaat budidaya Talas Beneng), lokakarya, <i>workshop</i> serta melalui media informasi tercetak (jurnal, <i>leaflet</i>) dan media elektronik (internet).	Membangun <i>mindset</i> masyarakat bahwa Talas Beneng dapat dijadikan produk unggulan yang bernilai ekonomi, ekologi, sosial dan budaya masyarakat, serta menjadi sumber pendapatan baru bagi masyarakat, dengan cara partisipatif bersama masyarakat, mulai dari perencanaan, pelaksanaan sampai dengan evaluasi, yang dilakukan secara langsung maupun tidak langsung, yaitu melalui gelar teknologi, temu usaha/agribisnis, temu lapang (seperti penyuluhan secara berkelompok tentang manfaat budidaya Talas Beneng), lokakarya, <i>workshop</i> serta melalui media informasi tercetak (jurnal, <i>leaflet</i>) dan media elektronik (internet).
Masyarakat Kelurahan Juhut, Sukaratu, Kadamerak, dan Desa Cadasi	Belum adanya strategi yang menjadikan Talas Beneng sebagai produk unggulan.	Menciptakan strategi yang menjadikan Talas Beneng sebagai produk unggulan, dengan cara partisipatif bersama masyarakat, mulai dari perencanaan, pelaksanaan sampai dengan evaluasi, yang dilakukan secara langsung maupun tidak langsung, yaitu melalui gelar teknologi, temu usaha/agribisnis, temu lapang (seperti penyuluhan secara berkelompok tentang manfaat budidaya Talas Beneng), lokakarya, <i>workshop</i> serta melalui media informasi tercetak (jurnal, <i>leaflet</i>) dan media elektronik (internet).
Masyarakat Kelurahan Juhut, Sukaratu, Kadamerak, dan Desa Cadasi	Belum adanya pelatihan tentang teknik untuk membudidayakan Talas Beneng yang benar dengan pemanfaatan lahan pekarangan rumah/kebun.	Memberikan pelatihan kepada masyarakat tentang teknik untuk membudidayakan Talas Beneng yang benar dengan pemanfaatan lahan pekarangan rumah/kebun.
Masyarakat Kelurahan Juhut, Sukaratu, Kadamerak, dan Desa Cadasi	Belum adanya aneka produk makanan olahan dari Talas Beneng seperti <i>Cheese Cake</i> , <i>Kroket</i> , <i>BBQ Stick Kering</i> , <i>Bubur Manis</i> , <i>Brownies Kukus dan Panggang</i> , <i>Marmer Cake</i> , <i>Chiffone Cake</i> , dan <i>Gado-Gado Beneng</i> .	Membuat aneka produk makanan olahan dari Talas Beneng seperti <i>Cheese Cake</i> , <i>Kroket</i> , <i>BBQ Stick Kering</i> , <i>Bubur Manis</i> , <i>Brownies Kukus dan Panggang</i> , <i>Marmer Cake</i> , <i>Chiffone Cake</i> , dan <i>Gado-Gado Beneng</i> .
Masyarakat Kelurahan Juhut, Sukaratu, Kadamerak, dan Desa Cadasi	Belum terwujudnya pembangunan ekonomi rumahtangga pelaku budidaya Talas Beneng yang mandiri berbasis agribisnis dan berdaya saing.	Mewujudkan pembangunan ekonomi rumahtangga pelaku budidaya Talas Beneng yang mandiri berbasis agribisnis dan berdaya saing, dengan cara memotivasi dan memumbuh-kembangkan jiwa <i>entrepreneur</i> masyarakat sebagai penyalak (UKM) industri makanan dari Talas Beneng dengan tetap memperhatikan aspek kesehatan, ekologi, ekonomi, dan budaya masyarakat.
Masyarakat Kelurahan Juhut, Sukaratu, Kadamerak, dan Desa Cadasi	Belum terciptanya pemasaran global industri makanan dari Talas Beneng.	Menciptakan pemasaran global industri makanan dari Talas Beneng dengan cara: (a) membuat <i>website</i> untuk memasarkan aneka produk makanan olahan tersebut, (b) mengikuti pameran dan perlombaan tingkat daerah dan nasional tentang agro industri (industri makanan) dan budidaya Talas Beneng.

Tabel 2. Target dan Luaran yang dihasilkan oleh Program KKN PPM untuk kelompok sasaran dan lingkungan sekitarnya, yaitu Masyarakat Kelurahan Juhut, Sukaratu, Kadamerak, dan Desa Cadasi

No.	Target	Luaran	Indikator Kinerja
1.	Menciptakan teknik untuk menurunkan kadar oksalat yang tinggi (penyebab gatal jika dimakan) tanpa mengubah kandungan gizi Talas Beneng.	Masyarakat mengetahui dan memahami teknik untuk menurunkan kadar oksalat yang tinggi (penyebab gatal jika dimakan) tanpa mengubah kandungan gizi Talas Beneng.	Terciptanya teknik untuk menurunkan kadar oksalat yang tinggi (penyebab gatal jika dimakan) tanpa mengubah kandungan gizi Talas Beneng.
2.	Membangun <i>mindset</i> masyarakat bahwa Talas Beneng dapat dijadikan produk unggulan yang bernilai ekonomi, ekologi, sosial dan budaya masyarakat, serta menjadi sumber pendapatan baru bagi masyarakat.	Masyarakat dapat membangun <i>mindset</i> masyarakat bahwa Talas Beneng dapat dijadikan produk unggulan yang bernilai ekonomi, ekologi, sosial dan budaya masyarakat, serta menjadi sumber pendapatan baru bagi masyarakat.	Terbangunnya <i>mindset</i> masyarakat bahwa Talas Beneng dapat dijadikan produk unggulan yang bernilai ekonomi, ekologi, sosial dan budaya masyarakat, serta menjadi sumber pendapatan baru bagi masyarakat.
3.	Menciptakan strategi yang menjadikan Talas Beneng sebagai produk unggulan.	Masyarakat mengetahui dan memahami strategi yang menjadikan Talas Beneng sebagai produk unggulan.	Terciptanya strategi yang menjadikan Talas Beneng sebagai produk unggulan.
4.	Memberikan pelatihan kepada masyarakat tentang teknik untuk membudidayakan Talas Beneng yang benar dengan pemanfaatan lahan pekarangan rumah/kebun.	Masyarakat memiliki keterampilan tentang teknik untuk membudidayakan Talas Beneng yang benar dengan pemanfaatan lahan pekarangan rumah/kebun.	Terbangunnya keterampilan masyarakat tentang teknik untuk membudidayakan Talas Beneng yang benar dengan pemanfaatan lahan pekarangan rumah/kebun.
5.	Membuat aneka produk makanan olahan dari Talas Beneng seperti <i>Cheese Cake</i> , <i>Kroket</i> , <i>BBQ Stick Kering</i> , <i>Bubur Manis</i> , <i>Brownies Kukus dan Panggang</i> , <i>Marmer Cake</i> , <i>Chiffone Cake</i> , dan <i>Gado-Gado Beneng</i> .	Masyarakat mulai membuat aneka produk makanan olahan dari Talas Beneng seperti <i>Cheese Cake</i> , <i>Kroket</i> , <i>BBQ Stick Kering</i> , <i>Bubur Manis</i> , <i>Brownies Kukus dan Panggang</i> , <i>Marmer Cake</i> , <i>Chiffone Cake</i> , dan <i>Gado-Gado Beneng</i> .	Diproduksinya aneka produk makanan olahan dari Talas Beneng seperti <i>Cheese Cake</i> , <i>Kroket</i> , <i>BBQ Stick Kering</i> , <i>Bubur Manis</i> , <i>Brownies Kukus dan Panggang</i> , <i>Marmer Cake</i> , <i>Chiffone Cake</i> , dan <i>Gado-Gado Beneng</i> .
6.	Mewujudkan pembangunan ekonomi rumahtangga pelaku budidaya Talas Beneng yang mandiri berbasis agribisnis dan berdaya saing.	Masyarakat dapat membangun ekonomi rumahtangga pelaku budidaya Talas Beneng yang mandiri berbasis agribisnis dan berdaya saing.	Terwujudnya pembangunan ekonomi rumahtangga pelaku budidaya Talas Beneng yang mandiri berbasis agribisnis dan berdaya saing.
7.	Menciptakan pemasaran global industri makanan dari Talas Beneng.	Masyarakat dapat memasarkan secara global industri makanan dari Talas Beneng, melalui <i>website</i> untuk memasarkan aneka produk makanan olahan tersebut, mengikuti pameran dan perlombaan tingkat daerah dan nasional tentang agro industri (industri makanan) dan budidaya Talas Beneng.	Terciptanya pemasaran global industri makanan dari Talas Beneng.

III. METODE PELAKSANAAN KKN PPM

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Tabel 3. Target dan Metodologi Pelaksanaan yang akan dijalankan oleh Program KKN PPM untuk kelompok sasaran dan lingkungan sekitarnya.

No.	Target	Metodologi Pelaksanaan
1.	Menciptakan teknik untuk menurunkan kadar oksalat yang tinggi (penyebab gatal jika dimakan) tanpa mengubah kandungan gizi Talas Beneng.	Metode pemasakan konvensional, yaitu dengan perendaman, perebusan, dan pengukusan menggunakan wadah perendam/perebus/pengukus dari stainless steel.
2.	Membangun mindset masyarakat bahwa Talas Beneng dapat dijadikan produk unggulan yang bernilai ekonomi, ekologi, sosial dan budaya masyarakat, serta menjadi sumber pendapatan baru bagi masyarakat.	Metode-pendidikan yang digunakan adalah partisipatif, mulai dari perencanaan, pelaksanaan sampai dengan evaluasi, yang dilakukan secara langsung maupun tidak langsung, yaitu melalui galar teknologi, temu usaha/agribisnis, temu lapang (seperti penyuluhan secara berkelompok tentang manfaat budidaya Talas Beneng), lokakarya, workshop serta melalui media informasi terakut (jurnal, leaflet) dan media elektronik (internet).
3.	Menciptakan strategi yang menjadikan Talas Beneng sebagai produk unggulan.	Metode-pendidikan partisipatif, mulai dari perencanaan, pelaksanaan sampai dengan evaluasi, yang dilakukan secara langsung maupun tidak langsung, yaitu melalui galar teknologi, temu usaha/agribisnis, temu lapang (seperti penyuluhan secara berkelompok tentang manfaat budidaya Talas Beneng), lokakarya, workshop serta melalui media informasi terakut (jurnal, leaflet) dan media elektronik (internet). Metode Focus Group Discussion (FGD) dan SWOT Analysis
4.	Memberikan pelatihan kepada masyarakat tentang teknik untuk membudidayakan Talas Beneng yang benar dengan pemanfaatan lahan pekarangan rumah/kebun.	Metode-pendidikan yang digunakan adalah partisipatif, mulai dari perencanaan sampai tumbuhkan Talas Beneng, kemudian melakukan pengalihan tanah di lahan pekarangan rumah/kebun dengan 4 cara, yaitu: (1) pembajakan, (2) pemanaman beneng, (3) pemamanan, (4) pemeliharaan.
5.	Membuat aneka produk makanan olahan dari Talas Beneng, seperti Cheese Cake, Krokot, BBQ Stick Kering, Bubur Manis, Brownies Kukus dan Panggang, Marmer Cake, Chiffone Cake, dan Gado-Gado Beneng.	Metode penelitian uji laboratorium, dimana uji analisa yang digunakan adalah memasak/membuat aneka produk makanan olahan dari Talas Beneng.
6.	Mewujudkan pembangunan ekonomi rumah tangga pelaku budidaya Talas Beneng yang mandiri berbasis agribisnis dan berdaya saing.	Metode-pendidikan partisipatif, mulai dari perencanaan, pelaksanaan sampai dengan evaluasi, yang berarna masyarakat memasak/membuat aneka produk makanan olahan terakut, (9) mengilahi pameran dan pertunjukan tingkat daerah dan nasional tentang agro industri (industri makanan) dan budidaya Talas Beneng.
7.	Menciptakan pemasaran global industri makanan dari Talas Beneng.	Metode Focus Group Discussion (FGD) dan SWOT Analysis bersama masyarakat dan Tim KKN PPM untuk: (a) membuat website untuk mempromosikan produk makanan olahan terakut, (b) mengilahi pameran dan pertunjukan tingkat daerah dan nasional tentang agro industri (industri makanan) dan budidaya Talas Beneng.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4. Volume Kegiatan yang akan dijalankan oleh Program KKN PPM untuk kelompok sasaran dan lingkungan sekitarnya.

No.	Nama Kegiatan	Program	Volume (JIKEM)	Keterangan
1.	Menciptakan teknik untuk menurunkan kadar oksalat yang tinggi (penyebab gatal jika dimakan) tanpa mengubah kandungan gizi Talas Beneng.	Menciptakan konvensional, yaitu dengan perendaman, perebusan/pengukusan wadah perendam/perebus/pengukus dari stainless steel. Menciptakan konvensional, yaitu dengan perebusan/pengukusan wadah perendam/perebus/pengukus dari stainless steel.	144	Dijalankan oleh seluruh Tim KKN PPM, yaitu 3 orang dosen dan 30 orang mahasiswa KKM.
2.	Membangun mindset masyarakat bahwa Talas Beneng dapat dijadikan produk unggulan yang bernilai ekonomi, ekologi, sosial dan budaya masyarakat, serta menjadi sumber pendapatan baru bagi masyarakat.	Melaksanakan program partisipatif bersama masyarakat mulai dari perencanaan, pelaksanaan sampai dengan evaluasi, yang dilakukan secara langsung maupun tidak langsung, yaitu melalui galar teknologi, temu usaha/agribisnis, temu lapang (seperti penyuluhan secara berkelompok tentang manfaat budidaya Talas Beneng), lokakarya, workshop serta melalui media informasi terakut (jurnal, leaflet) dan media elektronik (internet).	144	Dijalankan oleh seluruh Tim KKN PPM, yaitu 3 orang dosen dan 30 orang mahasiswa KKM.
3.	Menciptakan strategi yang menjadikan Talas Beneng sebagai produk unggulan.	Melakukan diskusi kelompok terfokus (Focus Group Discussion - FGD) bersama masyarakat mulai dari perencanaan, pelaksanaan sampai dengan evaluasi, yang dilakukan secara langsung maupun tidak langsung untuk merencanakan strategi agar menjadikan Talas Beneng sebagai produk unggulan. Membuat buku FGD dengan SWOT Analysis bersama seluruh tim KKN PPM untuk mempromosikan strategi agar menjadikan Talas Beneng sebagai produk unggulan.	144	Dijalankan oleh seluruh Tim KKN PPM, yaitu 3 orang dosen dan 30 orang mahasiswa KKM.
4.	Memberikan pelatihan kepada masyarakat tentang teknik untuk membudidayakan Talas Beneng yang benar dengan pemanfaatan lahan pekarangan rumah.	Melaksanakan program partisipatif bersama masyarakat mulai dari pengembalian sampai tumbuhkan Talas Beneng, kemudian melakukan pengalihan tanah di lahan pekarangan rumah/kebun dengan 4 cara, yaitu: a. Pembajakan b. Pemanaman beneng c. Pemamanan d. Pemeliharaan	144	Dijalankan oleh seluruh Tim KKN PPM, yaitu 3 orang dosen dan 30 orang mahasiswa KKM.
5.	Membuat aneka produk makanan olahan dari Talas Beneng, seperti Cheese Cake, Krokot, BBQ Stick Kering, Bubur Manis, Brownies Kukus dan Panggang, Marmer Cake, Chiffone Cake, dan Gado-Gado Beneng.	Penelitian uji laboratorium, dimana uji analisa yang digunakan adalah memasak/membuat aneka produk makanan olahan dari Talas Beneng. Melaksanakan program partisipatif mulai dari perencanaan, pelaksanaan sampai dengan evaluasi, yang berarna masyarakat memasak/membuat aneka produk makanan olahan dari Talas Beneng, seperti Cheese Cake, Krokot, BBQ Stick Kering, Bubur Manis, Brownies Kukus dan Panggang, Marmer Cake, Chiffone Cake, Gado-Gado Beneng.	144	Dijalankan oleh seluruh Tim KKN PPM, yaitu 3 orang dosen dan 30 orang mahasiswa KKM.
6.	Mewujudkan pembangunan ekonomi rumah tangga pelaku budidaya Talas Beneng yang mandiri berbasis agribisnis dan berdaya saing.	Melaksanakan program partisipatif dengan cara memotivasi dan memambuhkembangkan jiwa entrepreneur masyarakat sebagai pengusaha (UKM) industri makanan dari Talas Beneng dengan tetap memperhatikan aspek kesehatan, ekologi, ekonomi, dan budaya masyarakat.	144	Dijalankan oleh seluruh Tim KKN PPM, yaitu 3 orang dosen dan 30 orang mahasiswa KKM.
7.	Menciptakan pemasaran global industri makanan dari Talas Beneng.	Melakukan diskusi kelompok terfokus (Focus Group Discussion - FGD) bersama masyarakat dan Tim KKN PPM mulai dari perencanaan, pelaksanaan sampai dengan evaluasi, yang dilakukan secara langsung maupun tidak langsung untuk: Membuat website untuk mempromosikan aneka produk makanan olahan terakut Mengilahi pameran dan pertunjukan tingkat daerah dan nasional tentang agro industri (industri makanan) dan budidaya Talas Beneng.	144	Dijalankan oleh seluruh Tim KKN PPM, yaitu 3 orang dosen dan 30 orang mahasiswa KKM.
Total Volume Kegiatan			4320 JIKEM	

KESIMPULAN

Pada kegiatan KKN PPM ini, maka yang termasuk dalam:

- Kelompok sasaran yaitu masyarakat Kelurahan Juhut, Sukaratu, Kadumerak, dan Desa Cadasari.
- Potensi/permasalahan yang ada dilihat dari berbagai aspek sebagai berikut:
 - Belum adanya teknik untuk menurunkan kadar oksalat yang tinggi (penyebab gatal jika dimakan) tanpa mengubah kandungan gizi Talas Beneng.
 - Belum terbangunnya mindset masyarakat tentang Talas Beneng sebagai tumbuhan pengganggu, liar, dan berumubi sangat besar serta berwarna kuning, yang memiliki kadar oksalat tinggi (menyebabkan gatal jika dimakan), sehingga dianggap tidak memiliki potensi sebagai salah satu sumber pendapatan.
 - Belum adanya strategi yang menjadikan Talas Beneng sebagai produk unggulan.
 - Belum adanya pelatihan tentang teknik untuk membudidayakan Talas Beneng yang benar dengan pemanfaatan lahan pekarangan rumah/kebun.
 - Belum adanya aneka produk makanan olahan dari Talas Beneng seperti Cheese Cake, Krokot, BBQ Stick Kering, Bubur Manis, Brownies Kukus dan Panggang, Marmer Cake, Chiffone Cake, dan Gado-Gado Beneng.
 - Belum terwujudnya pembangunan ekonomi rumah tangga pelaku budidaya Talas Beneng yang mandiri berbasis agribisnis dan berdaya saing.
 - Belum terciptanya pemasaran global industri makanan dari Talas Beneng.
- Solusi yang ditawarkan, yang juga merupakan target yang dihasilkan dan pekerjaan yang dilakukan dari program KKN PPM untuk kelompok sasaran dan lingkungan sekitarnya, yaitu Masyarakat Kelurahan Juhut, Sukaratu, Kadumerak, dan Desa Cadasari sebagai berikut:
 - Menciptakan teknik untuk menurunkan kadar oksalat yang tinggi (penyebab gatal jika dimakan) tanpa mengubah kandungan gizi Talas Beneng, dengan cara pemasakan konvensional, yaitu dengan perendaman, perebusan, dan pengukusan menggunakan wadah perendam/perebus/pengukus dari stainless steel.
 - Membangun mindset masyarakat bahwa Talas Beneng dapat dijadikan produk unggulan yang bernilai ekonomi, ekologi, sosial dan budaya masyarakat, serta menjadi sumber pendapatan baru bagi masyarakat, dengan cara partisipatif bersama masyarakat, mulai dari perencanaan, pelaksanaan sampai dengan evaluasi, yang dilakukan secara

langsung maupun tidak langsung, yaitu melalui gelar teknologi, temu aplikasi paket teknologi, temu usaha/agribisnis, temu lapang (seperti penyuluhan secara berkelanjutan tentang manfaat budidaya Talas Beneng), lokakarya, workshop serta melalui media informasi tercetak (jurnal, leaflet) dan media elektronik (internet).

- c. Menciptakan strategi yang menjadikan Talas Beneng sebagai produk unggulan, dengan cara partisipatif bersama masyarakat, mulai dari perencanaan, pelaksanaan sampai dengan evaluasi, yang dilakukan secara langsung maupun tidak langsung, yaitu melalui gelar teknologi, temu aplikasi paket teknologi, temu usaha/agribisnis, temu lapang (seperti penyuluhan secara berkelanjutan tentang manfaat budidaya Talas Beneng), lokakarya, workshop serta melalui media informasi tercetak (jurnal, leaflet) dan media elektronik (internet).
- d. Memberikan pelatihan kepada masyarakat tentang teknik untuk membudidayakan Talas Beneng yang benar dengan pemanfaatan lahan pekarangan rumah/kebun.
- e. Membuat aneka produk makanan olahan dari Talas Beneng seperti Cheese Cake, Krokot, BBQ Stick Kering, Bubur Manis, Brownies Kukus dan Panggang, Marmer Cake, Chiffone Cake, dan Gado-Gado Beneng.
- f. Mewujudkan pembangunan ekonomi rumahtangga pelaku budidaya Talas Beneng yang mandiri berbasis agribisnis dan berdaya saing, dengan cara memotivasi dan menumbuhkan-kembangkan jiwa entrepreneur masyarakat sebagai pengusaha (UKM) industri makanan dari Talas Beneng dengan tetap memperhatikan aspek kesehatan, ekologi, ekonomi, dan budaya masyarakat.
- g. Menciptakan pemasaran global industri makanan dari Talas Beneng dengan cara: (a) membuat website untuk memasarkan aneka produk makanan olahan tersebut, (b) mengikuti pameran dan perlombaan tingkat daerah dan nasional tentang agro industri (industri makanan) dan budidaya Talas Beneng.

SARAN

1. Dipandang perlu adanya upaya untuk mengelola dan memanfaatkan Talas Beneng menjadi produk unggulan yang bernilai ekonomi, ekologi, sosial dan budaya masyarakat, serta menjadi sumber pendapatan baru bagi masyarakat, sehingga dapat memicu tumbuhnya industri (Usaha Kecil dan Menengah - UKM) rumahtangga, sebagai berikut: (1) menciptakan teknik untuk menurunkan kadar oksalat yang tinggi (penyebab gatal jika dimakan) tanpa mengubah kandungan gizi Talas Beneng, (2) membangun mindset masyarakat bahwa Talas

Beneng dapat dijadikan produk unggulan yang bernilai ekonomi, ekologi, sosial dan budaya masyarakat, serta menjadi sumber pendapatan baru bagi masyarakat, (3) menciptakan strategi menjadikan Talas Beneng sebagai produk unggulan, (4) mengadakan pelatihan kepada masyarakat tentang teknik untuk membudidayakan Talas Beneng yang benar dengan pemanfaatan lahan pekarangan rumah/kebun, (5) membuat aneka produk makanan olahan dari Talas Beneng seperti Cheese Cake, Krokot, BBQ Stick Kering, Bubur Manis, Brownies Kukus dan Panggang, Marmer Cake, Chiffone Cake, dan Gado-Gado Beneng, (6) mewujudkan pembangunan ekonomi rumahtangga pelaku budidaya Talas Beneng yang mandiri berbasis agribisnis dan berdaya saing, (7) menciptakan pemasaran global industri makanan dari Talas Beneng dengan cara: (a) membuat website untuk memasarkan aneka produk makanan olahan tersebut, (b) mengikuti pameran dan perlombaan tingkat daerah dan nasional tentang agro industri (industri makanan) dan budidaya Talas Beneng. Metode/pendekatan yang digunakan agar upaya untuk mengelola Talas Beneng menjadi produk unggulan dapat sampai ke pengguna/masyarakat secara cepat dan tepat sasaran sehingga terjadi peningkatan kemampuan dan keterampilan masyarakat adalah partisipatif, mulai dari perencanaan, pelaksanaan sampai dengan evaluasi, yang dilakukan secara langsung maupun tidak langsung, misalnya melalui gelar teknologi, temu aplikasi paket teknologi, temu usaha/agribisnis, temu lapang (seperti penyuluhan secara berkelanjutan tentang manfaat budidaya Talas Beneng), lokakarya, workshop serta melalui media informasi tercetak (jurnal, leaflet) dan media elektronik (internet).

2. Diharapkan adanya rencana keberlanjutan program KKN PPM ini, dimana setelah KKN PPM berakhir, maka diadakan perencanaan jangka panjang dan tindak lanjut program yang berhubungan dengan pengelolaan program, keterlibatan mitra dan masyarakat dengan tujuan untuk:

- A. Membuat pemetaan secara khusus daerah kawasan agro industri pengembangan budidaya Talas Beneng di Provinsi Banten sehingga dapat meningkatkan Pendapatan Asli Daerah (PAD).
- B. Mewujudkan masyarakat pecinta lingkungan yang dapat membantu program pemerintah dalam mengelola, melestarikan, dan memanfaatkan hasil hutan khususnya tumbuhan Talas Beneng secara bertanggung jawab dan bijaksana sehingga dapat:
 1. Menurunkan tingkat ilegal logging.
 2. Meningkatkan pendidikan informal bagi masyarakat.

3. Menciptakan lapangan pekerjaan baru sehingga dapat menurunkan tingkat pengangguran.
 4. Meningkatkan pendapatan masyarakat dari penjualan hasil industri makanan Talas Beneng.
 5. Menurunkan tingkat kemiskinan masyarakat.
 6. Mewujudkan pembangunan ekonomi rumah tangga pelaku budidaya Talas Beneng yang mandiri berbasis agribisnis dan berdaya saing.
 7. Meningkatkan jiwa entrepreneur masyarakat di Provinsi Banten sebagai pengusaha UKM Talas Beneng dengan tetap memperhatikan aspek kesehatan, ekologi, ekonomi, dan budaya masyarakat.
 8. Menciptakan pemasaran global industri makanan dari Talas Beneng.
- [11] Shakti, Yella. 2008. <http://yellashakti.wordpress.com/2008/01/30/penghilangan-rasa-gatal-pada-talas/>. Diakses tanggal 08 Oktober 2009.
- [12] Smith, D.S. 1997. *Processing Vegetables Sciences And Technology*. Technonic Publishing Company Inc. London.
- [13] Suketi, K., Purwoko, B. S., Somantri, I. H., dan Sopandie, D. 2001. *Karakterisasi Dan Konservasi In Vitro Plasma Nutfah Talas Serta Seleksi Adaptasi Untuk Mendukung Tumpangsari*. Institut Pertanian Bogor-Badan Litbang Pertanian. Laporan Hasil Penelitian.
- [14] Van Steenis. 2005. *Flora*. Pradnya Paramita. Jakarta. 485 hal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anggraini. 2010. *Penurunan Kadar Oksalat Umbi Walur Dan Karakterisasi Serta Aplikasi Pati Walur Pada Cookies Dan Mie*. Tesis Magister Sains. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [2] Djukri. 2003. *Seleksi Tanaman Talas (Colocasia esculenta) Untuk Adaptasi Terhadap Cekaman Naungan*. Disertasi Doktor. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [3] Darlaini. 2010. *Diktat Manajemen Pemasaran*. Penerbit Fakultas Ekonomi Untirta. Serang. 2010.
- [4] Endraswara, S. 2006. *Metode, Teori, Teknik Penelitian Kebudayaan. Ideologi, Epistemologi dan Aplikasi*. Pustaka Widyatama. Jakarta.
- [5] Hussain, Norton, dan Neal. 1984. *Composition and Nutritive Value of Cormels of Colocasia esculenta (L.) Schoot*. J. Sci. Food Agric. 35: 112-119.
- [6] Pancasasti, Ranthy. 2013. *Pemanfaatan Talas Beneng Sebagai Produk Unggulan, Penggerak Ekonomi Perdesaan, dan Pemberdayaan Masyarakat di Kabupaten Pandeglang Provinsi Banten*. Pengumuman Hasil Evaluasi Program (KKN - PPM) Bagi Dosen Perguruan Tinggi Tahun 2013 Nomor 1487/E5.3/KPM/2013 tanggal 27 Mei 2013. Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.
- [7] Pancasasti, Ranthy. 2013. *Talas Beneng (Xanthosoma undipes K.Koch) sebagai Produk Unggulan untuk Industri Makanan dan Penggerak Ekonomi Perdesaan di Sekitar Kawasan Gunung Karang Provinsi Banten*. Penelitian MP3EI. Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.
- [8] Pancasasti, Ranthy. 2015. *Pemanfaatan Talas Beneng (Xanthosoma undipes K.Koch) sebagai Produk Unggulan untuk Industri Makanan dan Penggerak Ekonomi Perdesaan di Sekitar Kawasan Gunung Karang Provinsi Banten*. Penelitian MP3EI. Kementerian Riset, Teknologi, Dan Pendidikan Tinggi Direktorat Jenderal Penguatan Riset Dan Pengembangan, Direktorat Riset Dan Pengabdian Masyarakat.
- [9] Rahman, A. 2001. *Preferensi Konsumen Terhadap Produk Keripik Talas (Colocasia esculenta) Yang Berbentuk Chips*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- [10] Setyowati, M., Hanarida, I., dan Sutoro. 2007. *Karakteristik Umbi Plasma Nutfah Tanaman Talas (Colocasia esculenta)*. Buletin Plasma Nutfah Vol.13 No.2. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. Bogor.

Performansi Sistem Kontrol Berbasis Mikrokontroler ATmega32 Untuk Tampilan Kondisi Instalasi Listrik pada Otobis

Irvan Mustofa¹, Arief Goeritno², Bayu Adhi Prakosa³

¹ PT Prima Sentris Saputra

Jl. Bintang Mas no. 23, Nanggewer, Cibinong, Kabupaten Bogor 16916
Alumni Jurusan/Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor
E-mail: irvanmustofa55@gmail.com

² Dosen Tetap (NIDN: 0430016301), Kepala Laboratorium Instrumentasi dan Otomasi,
Jurusan/Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor

E-mail: arief.goeritno@ft.uika-bogor.ac.id

³ Dosen Tetap (NIDN: 0421098002) Jurusan/Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik,
Universitas Ibn Khaldun Bogor

E-mail: bayu.adhi@ft.uika-bogor.ac.id

Abstract - Measuring of the performance against the control system based on ATmega32 microcontroller for displaying of the condition of electrical installation on autobus have been done. The control system is used for monitoring the condition of the electrical installation when there is no fault or there is short circuit fault. When conditions do not occur on short circuit fault, then the system displayed on safety condition, whereas when there are short circuit fault conditions, then the system displayed in a suitable six places. For a condition in which one of six or sixth of condition as short circuit fault, then it is necessary to first suppression on the push button, that the system displayed the first action that must be done for corrective, namely the examination fuse in the fuse box. The next stage, the second suppression on the push button, in order to show action to be taken, namely the examination based on the color of the cable to the second corrective actions that users have to do.

Keywords: Control system based on ATmega32 microcontroller, indicative of the condition monitoring, electrical installations on autobus.

I. PENDAHULUAN

Struktur instalasi listrik pada otobis pada umumnya masih berbasis konsep lama yang bertumpu kepada sekring[1], dimana sekring sebagai satu-satunya pengaman sekaligus indikator keberadaan atau ketidakberadaan pasokan daya listrik ke beberapa perangkat listrik yang terdapat pada otobis. Pemantauan terhadap gangguan hubung singkat (*short circuit*) atau konsleting (dari [bahasa Belanda: kortsluiting](#)) yang mungkin terjadi di instalasi listrik pada otobis, masih dilakukan melalui panel sekring[1]. Untuk kondisi dimana terjadi gangguan hubung singkat pada jalur ke beban listrik, maka perangkat listrik pada otobis tidak dapat dioperasikan kembali[1]. Pengoperasian kembali jalur yang telah terputus tersebut, dilakukan melalui penggantian sekring, karena elemen lebur sekring tersebut telah terlebur akibat arus lebih. Gangguan hubung singkat, adalah

suatu kejadian dengan kondisi resistans listrik sangat kecil yang berakibat pada [aliran listrik](#) yang sangat besar dan apabila tidak dapat diantisipasi dapat berakibat terjadi ledakan dan/atau kebakaran. Hubung singkat tersebut berakibat kepada pasokan daya listrik ke perangkat listrik menjadi terhambat[1,2,3].

Untukantisipasi kejadian terhadap gangguan hubung singkat pada instalasi listrik otobis[4], diperlukan suatu sistem kontrol pendeteksi keberadaan gangguan hubung singkat[4]. Pengoperasian sistem kontrol berbasis mikrokontroler[5,6] dengan bantuan bahasa pemrograman untuk mikrokontroler[7,8], diharapkan mampu beroperasi secara otomatis. Sistem kontrol berbasis mikrokontroler ATmega32[9,10,11] untuk tampilan kondisi instalasi listrik pada otobis, terdiri atas perangkat keras dan lunak (*hardware* dan *software*). Perangkat keras berupa rangkaian elektronika, meliputi: (i) rangkaian analogi instalasi listrik pada otobis, (ii) rangkaian sensor-transduser, (iii) rangkaian kontrol berbasis mikrokontroler, dan (iv) sistem *Liquid Crystal Display (LCD)*. Rangkaian analogi instalasi listrik pada otobis berupa pemasangan saklar dan lampu sebagai komponen utama[4]. Rangkaian sensor-transduser berfungsi sebagai pendeteksi letak gangguan hubung singkat instalasi listrik pada otobis yang terhubung ke mikrokontroler. Rangkaian kontrol terdiri atas rangkaian konverter analog ke digital (*Analog to Digital Converter, ADC*) pada mikrokontroler[4,5,6,9,10,11]. Sinyal digital tersebut diolah dengan bahasa pemrograman untuk mikrokontroler[7,8]. Berdasarkan sinyal masukan dari kontak-kontak relai tersebut, maka hasil pendeteksian letak gangguan ditampilkan pada *LCD*[4,10]. Keberadaan beban listrik pada otobis dianalogikan dengan indikator berupa *LED*[4].

Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan pengukuran kinerja terhadap sistem kontrol berbasis mikrokontroler ATmega32 untuk tampilan kondisi instalasi listrik pada otobis, sehingga diperoleh tujuan

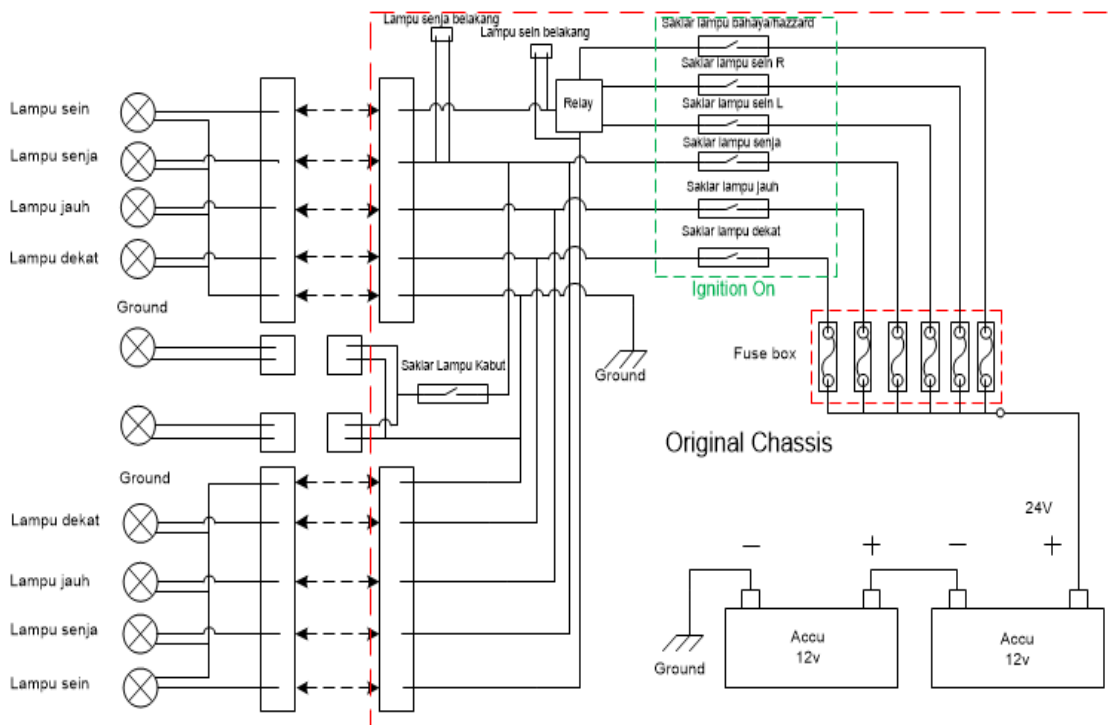
penelitian melalui (a) pabrikan sistem kontrol dengan struktur minimalis berbasis mikrokontroler ATmega 32 dan (b) perolehan tampilan kondisi tidak terjadi gangguan hubung singkat (sistem aman) dan kondisi terjadi gangguan hubung singkat dan perlu tindakan perbaikan.

II. KAJIAN LITERATUR

A. Review Instalasi Listrik Model Lama pada Otobis

Review instalasi listrik model lama pada otobis berupa sistem kelistrikan *body*, yaitu instalasi berbagai rangkaian penerangan pada kendaraan[1]. Fungsi sistem kelistrikan *body*, adalah sebagai penerangan pada ruangan dan kendaraan untuk pemberian tanda-tanda kepada pengemudi lain pada saat akan

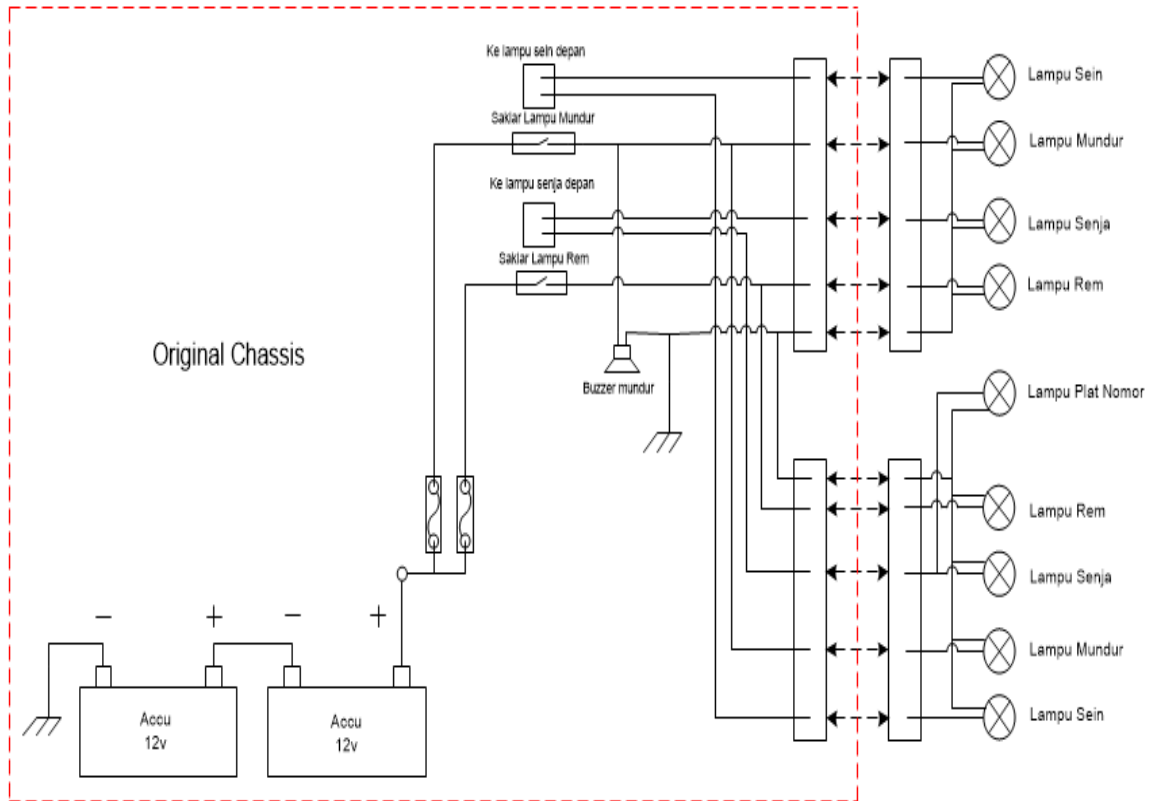
membelok maupun akan berhenti, sehingga pengemudi akan aman dari kecelakaan. Selain itu, juga untuk pemberian indikasi pada pengemudi, sebagai contoh lampu tanda belok ke kanan atau kiri sudah menyala, kondisi bahan bakar masih penuh atau sudah habis, dan lain-lain. Rangkaian sistem kelistrikan pada otobis, meliputi: (a) instalasi listrik bagian luar (*exterior*) dan (b) instalasi listrik bagian dalam (*interior*). Instalasi listrik bagian luar terdiri atas dua komponen listrik, yaitu: (i) lampu depan dan (ii) lampu belakang. Komponen lampu depan terdiri atas: (a) lampu jauh, (b) lampu dekat, (c) lampu senja/kota, dan (d) lampu sein (tanda berbelok). Diagram blok pengawatan pada komponen lampu depan, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram blok pengawatan pada lampu depan

Komponen lampu belakang terdiri atas: (a) lampu sein (tanda berbelok), (b) lampu mundur, (c) lampu senja/kota, dan (d) lampu rem. Diagram blok

pengawatan pada lampu belakang, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram blok pengawatan lampu belakang

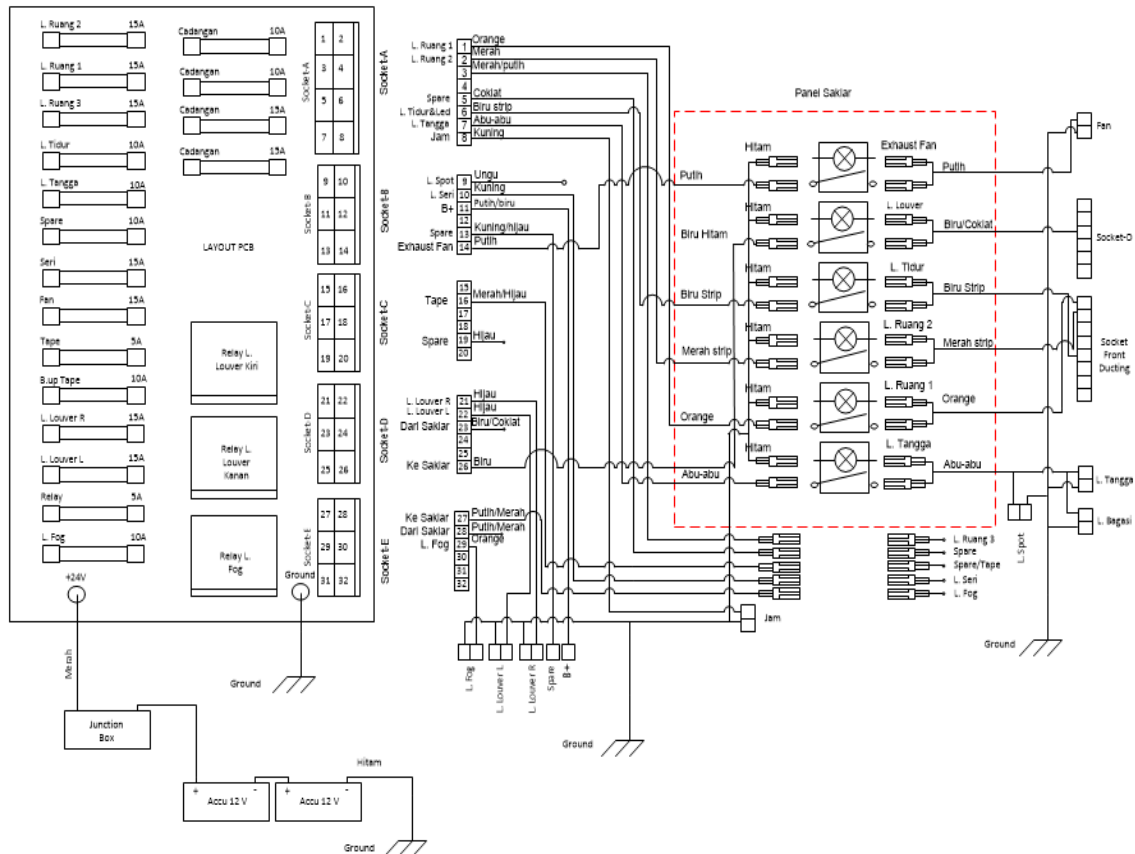
Basis data (*database*) penggunaan kabel dan beban listrik bagian luar, seperti di tunjukkan pada TABEL I.

TABEL 1 BASIS DATA PENGGUNAAN KABEL DAN BEBAN ELEKTRIK BAGIAN LUAR (*EXTERIOR*)

No.	Nama Komponen	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Daya (watt)	Penampang Kabel (mm ²)	Warna
1	Lampu Dekat	24	6	72	1,5	Putih
2	Lampu Jauh	24	5,8	70	1,5	Putih
3	Lampu Seri	24	2	10	0,5	Kuning strip putih
4	Lampu Sein	24	3,5	21	0,5	Hijau
5	Lampu Sein Spakbor	24	3,5	21	0,5	Kuning
6	Lampu Seri Atas	24	3,5	21	0,5	Kuning
7	Lampu Rem	24	1,75	21	0,5	Merah
8	Lampu Mundur	24	1,75	21	0,5	Putih
9	Lampu Plat Nomor	24	0,03	0,726	0,5	Merah
10	Lampu Spoiler	24	2,4	57,6	0,5	Kuning
11	Lampu Ruang Mesin	24	1,04	25	0,5	Biru

Instalasi listrik bagian dalam, adalah instalasi dari berbagai rangkaian penerangan pada ruangan dalam kendaraan. Komponen elektrik interior terdiri atas: (a)

lampu ruang, (b) *exhaust fan*, dan (c) lampu tangga. Diagram blok pengawatan instalasi listrik bagian dalam, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram blok pengawatan instalasi listrik bagian dalam

Basis data penggunaan kabel dan beban listrik pada bagian dalam, seperti di tunjukkan pada TABEL II..

TABEL II BASIS DATA PENGGUNAAN KABEL DAN BEBAN LISTRIK PADA BAGIAN DALAM

No.	Nama Komponen	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Daya (watt)	Penampang Kabel (mm ²)	Warna
1	Lampu Plafon	24	10,8	259,2	0,5	Biru
2	Lampu Kaca	24	10,8	259,2	0,5	Merah
3	Lampu Smoking Area	24	3	72	0,5	Merah
4	Lampu Embos Plafon	24	2,4	57,6	0,5	Biru
5	Lampu Tidur	24	3	72	0,5	Biru
6	Lampu Louver	24	1,1	26,62	0,5	Hijau
7	Kabel Aki				5 & 3	Merah
8	Lampu Mundur	24	1,75	21	0,75	Hijau

B. Rancangan Prototipe Sistem Kontrol Berbasis Mikrokontroler Atmega32 dan Hasil Uji Verifikasi Berbasis Program Aplikasi Proteus

Telah dirancang prototipe sistem kontrol berbasis mikrokontroler[4] berupa pembuatan sistem elektronika dan uji verifikasi terhadap sistem kontrol berbasis aplikasi Proteus[12-15]. Rancangan prototipe sistem elektronika dilakukan melalui: (i) perancangan sistem elektronika berbantuan program aplikasi *Easily Applicable Graphical Layout Editor* atau *EAGLE*[16,17], (ii) pembuatan algoritma dan penulisan sintaks berbasis bahasa pemrograman, dan proses uji verikasi berbantuan program aplikasi

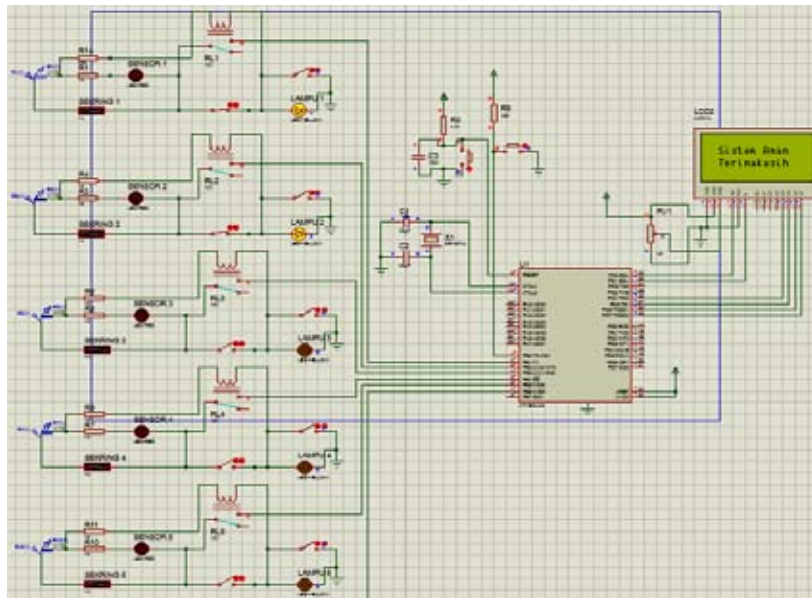
Proteus. Perancangan sistem elektronika berupa: (i) sistem sensor-transduser, (ii) sistem mikrokontroler ATmega32, (iii) sistem *Liquid Crystal Display (LCD)*, dan (iv) catu daya. Pembuatan algoritma dan penulisan sintaks program [4]digunakan untuk tahapan: (i) masukan sensor-transduser pada mikrokontroler, (ii) konfigurasi *pin*, (iii) deklarasi konstanta dari masukan, (iv) program utama, dan (v) tampilan keadaan pada *LCD*.

Pelaksanaan uji verifikasi berupa perlakuan terhadap program berbasis bahasa *BasCom*[7,8] hasil rancangan[4] yang disimulasikan pada program aplikasi *Proteus*[12-15] melalui pemberian asumsi kejadian hubung singkat[4]. Tahapan awal berupa

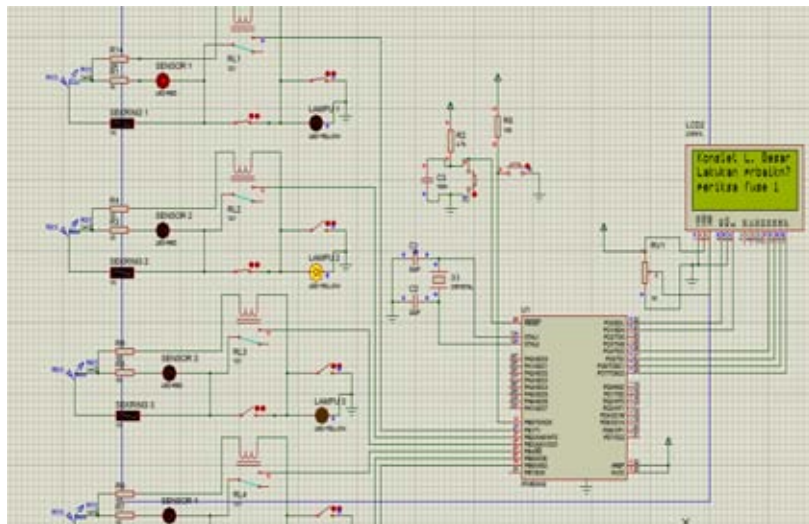
perangkaian kembali rangkaian elektronika dengan program aplikasi Proteus selanjutnya program berbasis bahasa *BasCom*[7,8] di-*comfile* menjadi bentuk heksadesimal dan di-*download*-kan ke aplikasi Proteus[12-15] untuk keperluan uji verifikasi terhadap rangkaian tersebut. Uji verifikasi terhadap *pin* pada *port-B* bernilai 1, maka ditampilkan letak kejadian hubung singkat dan tindakan perbaikan yang harus dilakukan[4]. Untuk kondisi dimana masukan *port-B* bernilai 0, maka pada *LCD* ditampilkan sistem aman,

karena tidak terjadi hubung singkat[4]. Keberhasilan uji verifikasi pada aplikasi *Proteus*[12-15] ditindaklanjuti dengan penanaman sintaks program[4] berbahasa *BasCom*[7,8] ke *chip* mikrokontroler ATmega32 terprogram[4] berbantuan program aplikasi *AVRdude*[18,19,20].

Tampilan uji verifikasi untuk sistem kontrol[4] berbasis mikrokontroler ATmega32 berbantuan program aplikasi *Proteus*[12-15], seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Uji verifikasi kondisi pantauan tidak terdapat gangguan hubung singkat



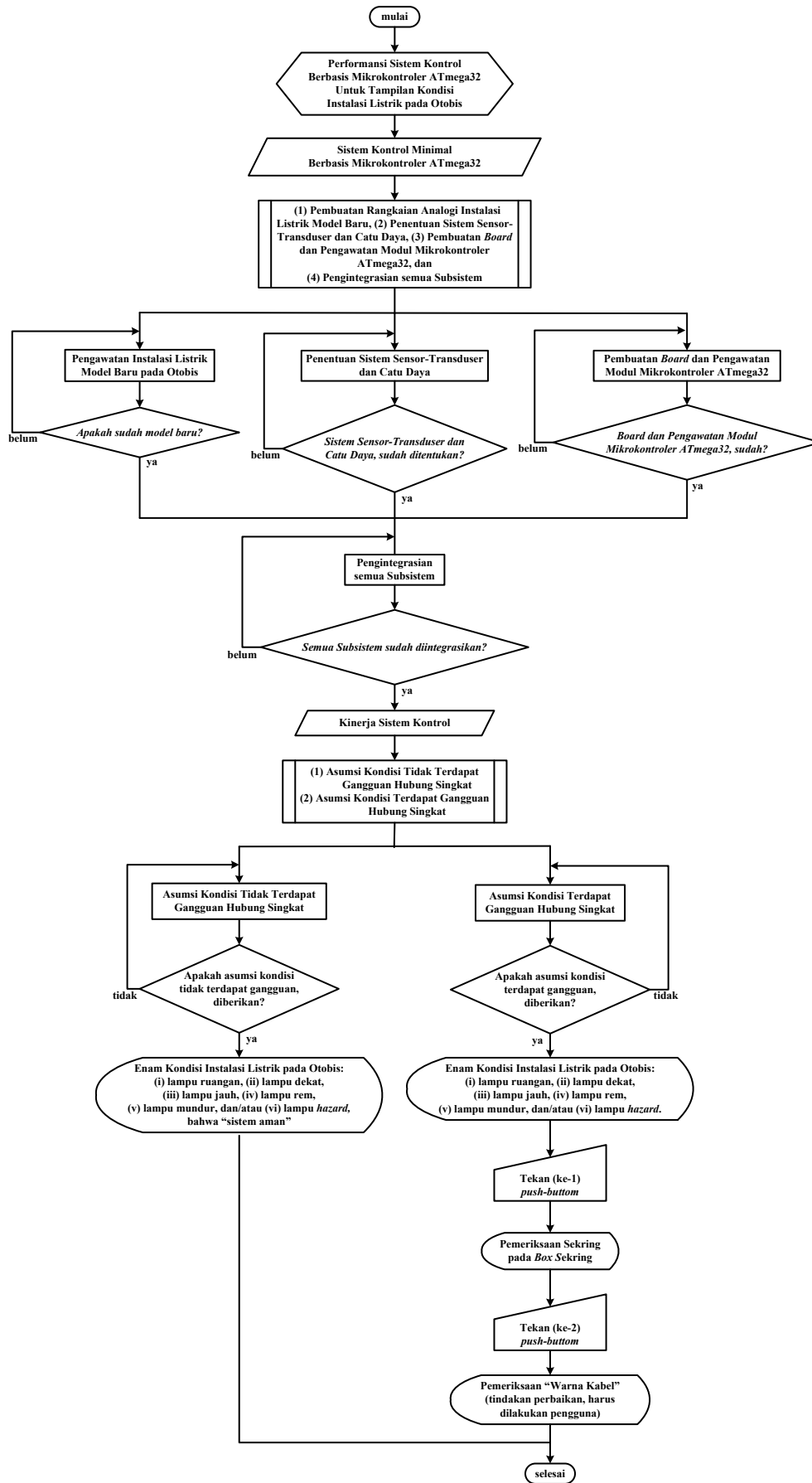
Uji verifikasi kondisi pantauan saat terdapat gangguan hubung singkat di salah satu jalur

Gambar 4 Tampilan uji verifikasi untuk sistem kontrol berbasis mikrokontroler ATmega32 berbantuan program aplikasi *Proteus*

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan tahapan-tahapan dalam pelaksanaan penelitian, agar setiap tujuan penelitian diperoleh yang berkaitan dengan pabrikan sistem

minimal berbasis mikrokontroler ATmega32 dan pengukuran performansi sistem. Diagram alir metode penelitian, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Diagram alir metode penelitian

Berdasarkan Gambar 5 ditunjukkan, bahwa langkah-langkah untuk pabrikan yang dilakukan: (1) pembuatan rangkaian analogi instalasi listrik model baru pada otobis, (2) penentuan sistem sensor-transduser dan catu daya, (3) pembuatan *board* dan pengawatan modul mikrokontroler ATmega32, (4) pengintergrasian sensor-transduser, modul mikrokontroler ATmega32, dan *LCD*. Langkah-langkah untuk pengukuran kinerja sistem kontrol melalui dua kondisi. Pertama, pemberian kondisi berupa asumsi tidak terjadi gangguan hubung singkat, sehingga tampilan kondisi instalasi listrik “sistem aman”, ditekankan kepada observasi terhadap enam kondisi instalasi listrik pada otobis, yaitu: (i) lampu ruangan, (ii) lampu dekat, (iii) lampu jauh, (iv) lampu rem, (v) lampu mundur, dan (vi) lampu *hazard*. Kedua, pemberian kondisi berupa asumsi terjadi gangguan hubung singkat, sehingga perlu tindakan perbaikan. Asumsi terjadi gangguan hubung singkat,

ditekankan kepada observasi terhadap enam kondisi instalasi listrik pada otobis, yaitu: (i) lampu ruangan, (ii) lampu dekat, (iii) lampu jauh, (iv) lampu rem, (v) lampu mundur, dan (vi) lampu *hazard*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sistem Kontrol Minimalis Berbasis Mikrokontroler ATmega32

A.1. Pengawatan instalasi listrik model baru pada otobis

Instalasi listrik model baru pada otobis mencakup pembaruan ukuran diameter kabel untuk penyesuaian beban pada sistem listrik bagian luar, sistem listrik bagian dalam, dan penggunaan sistem kontrol berbasis mikrokontroler untuk pantauan kondisi saat terdapat gangguan hubung singkat. Basis data instalasi listrik otobis model baru pada otobis, seperti ditunjukkan pada TABEL III.

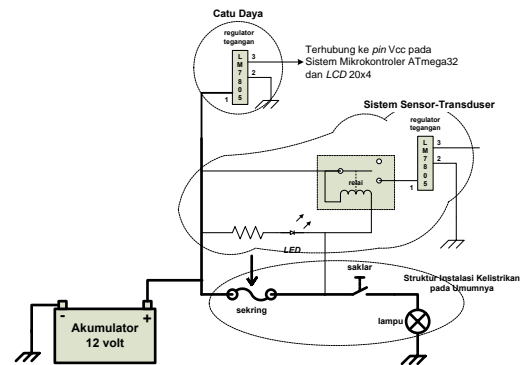
TABEL III BASIS DATA INSTALASI LISTRIK MODEL BARU PADA OTOBIS

(a) Bagian luar (<i>exterior</i>)						
No.	Nama Komponen	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Daya (watt)	Penampang Kabel (mm ²)	Warna
1	Lampu Dekat	24	6	72	1,5	Abu-abu
2	Lampu Jauh	24	5,8	70	1,5	Ungu
3	Lampu Seri	24	2	10	0,75	Abu-abu
4	Lampu Sein	24	3,5	21	0,75	Kuning
5	Lampu Sein Spakbor	24	3,5	21	0,75	Kuning
6	Lampu Seri Atas	24	3,5	21	0,75	Abu-abu
7	Lampu Rem	24	1,75	21	0,75	Biru
8	Lampu Mundur	24	1,75	21	0,75	Hijau
9	Lampu Plat Nomor	24	0,03	0,726	0,75	Abu-abu
10	Lampu <i>Spoiler</i>	24	2,4	57,6	0,75	Abu-abu
11	Lampu Ruang Mesin	24	1,04	25	0,75	Cokelat

(b) Bagian dalam (<i>interior</i>)						
No.	Nama Komponen	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Daya (watt)	Penampang Kabel (mm ²)	Warna
1	Lampu Plafon	24	10,8	259,2	0,75	Merah
2	Lampu Kaca	24	10,8	259,2	0,75	Merah Muda
3	Lampu <i>Smoking Area</i>	24	3	72	0,75	Merah
4	Lampu Embos Plafon	24	2,4	57,6	0,75	Biru
5	Lampu Tidur	24	3	72	0,75	Biru
6	Lampu <i>Louver</i>	24	1,1	26,62	0,75	Hijau
7	Kabel Aki				8	Merah

A.2. Penentuan sistem sensor-transduser dan catu daya

Komponen-komponen sebagai pendeteksi keberadaan gangguan hubung singkat pada saat instalasi listrik otobis terdapat gangguan hubung singkat dan catu daya untuk pasokan daya ke sistem. Diagram skematis penentuan sensor-transduser dan catu daya, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Diagram skematis penentuan sensor-transduser dan catu daya

Berdasarkan Gambar 6 ditunjukkan, bahwa sensor pendeteksi kondisi instalasi listrik dipilih LED yang terpasang paralel dengan kutub-kutub akumulator dan diseri dengan sebuah resistor. Relai dan IC regulator LM7805 dalam rangkaian ini digunakan sebagai transduser. Komponen IC LM7805, adalah regulator 5 volt dc melalui keluaran (*output*) teregulasi dengan nilai 4,8-5,2 volt dc yang dihubungkan ke *pin* masukan ADC pada mikrokontroler.

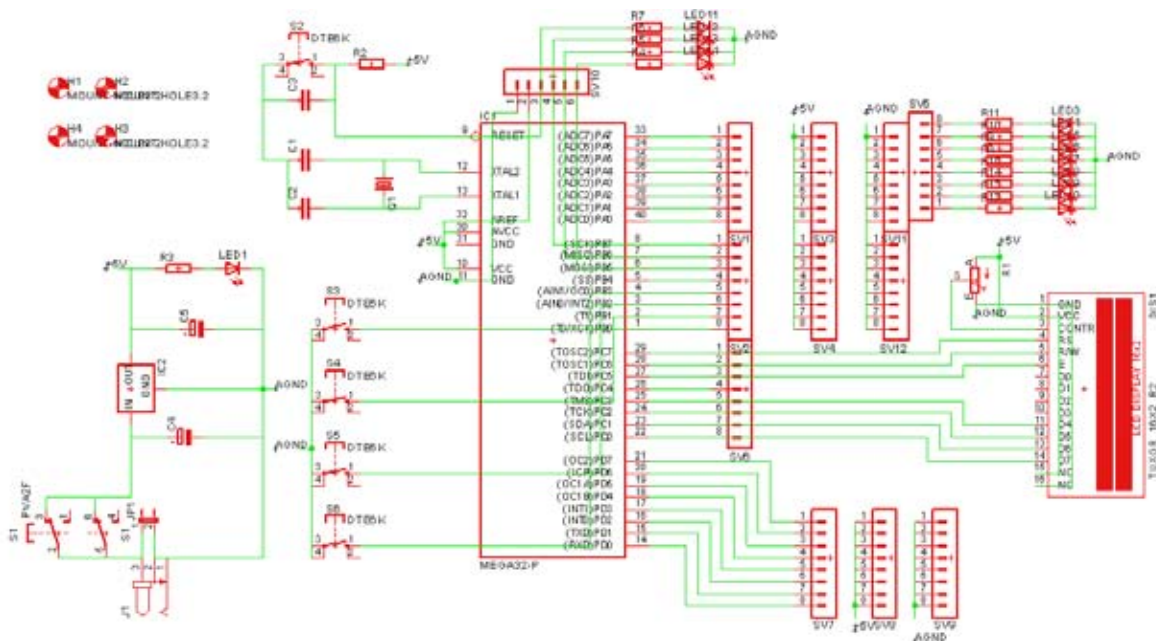
sistem kontrol berbantuan program aplikasi *EAGLE*, ii) tata letak komponen, dan iii) perolehan bentuk fisis akhir sistem kontrol.

A.3.1. Pengawatan sistem kontrol dilakukan dengan bantuan program aplikasi *EAGLE*

Diagram skematis rangkaian pada board mikrokontroler ATmega32, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

A.3. Pembuatan board untuk sistem mikrokontroler ATmega32

Pembuatan board untuk sistem mikrokontroler ATmega32 melalui tahapan-tahapan: i) pengawatan

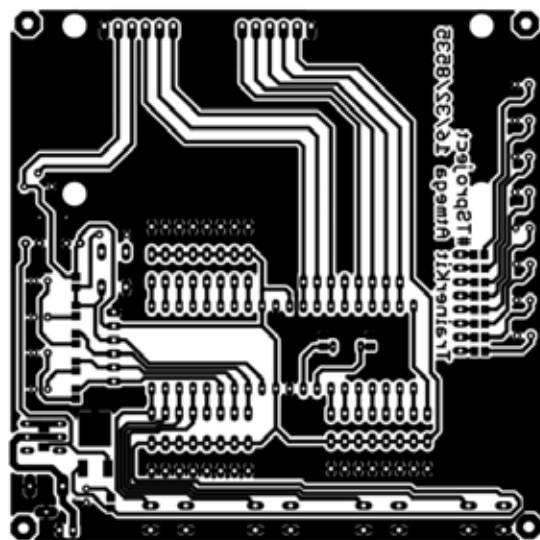


Gambar 7 Diagram skematis rangkaian pada board mikrokontroler ATmega32

Berdasarkan Gambar 7 ditunjukkan, bahwa diagram skematis rangkaian dibuat dengan bantuan program aplikasi *EAGLE*, agar pembentukan jalur antar komponen antar *pin* pada ATmega32 dapat diketahui penggunaannya.

A.3.2. Tata letak komponen

Tata letak komponen merupakan langkah untuk perubahan diagram skematis menjadi bentuk rangkaian pada board (*PCB*) dengan perintah *switch to board* menggunakan program aplikasi *EAGLE*, dan langkah terakhir dicetak pada kertas foto dan dicetak pada *PCB* dengan bantuan setrika listrik. Penataletakan pada board (*PCB*) ATmega32, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Penataletakan pada board (*PCB*) ATmega32

Berdasarkan Gambar 8 ditunjukkan, bahwa komponen-komponen yang digunakan dipilih sesuai dengan kebutuhan dalam pembuatan board

mikrokontrolan ATmega32. Komponen yang digunakan pada pembuatan prototipe *board* untuk mikrokontroler ATmega32 terdiri atas *chip AVR* ATmega32, resistor 10 kΩ dan 330 Ω, *LED*, resistor variabel 10 kΩ, kapasitor 2,2 nF, kristal 12 MHz., *push button*, dan *pin header*.

A.3.3. Perolehan bentuk fisis akhir sistem kontrol

Pembuatan *board* untuk sistem mikrokontroler ATmega32, melalui tahapan yang dimulai dari penyetricaan, pelarutan, dan pengeboran *board PCB*. Seterusnya dilakukan pemasangan komponen untuk *board* mikrokontroler ATmega32. *Board* untuk sistem mikrokontroler ATmega32, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 *Board* untuk sistem mikrokontroler ATmega32

Berdasarkan Gambar 9 ditunjukkan, bahwa komponen dipasang sesuai dengan gambar yang telah dibuat dan dicetak pada *PCB*. Papan tercetak (*PCB*) dibor dengan *mini drill* untuk penempatan kaki/*pin* komponen, kemudian disambung dengan bantuan timah yang dilelehkan oleh *solder* listrik, agar pemasangan komponen ke *PCB* pada *board* prototipe untuk sistem mikrokontroler benar-benar terhubung. Penempatan dan pemasangan komponen pada *board* untuk sistem mikrokontroler, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.

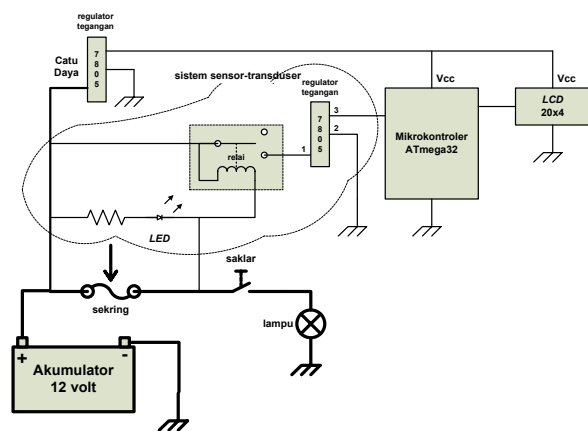


Gambar 10 Penempatan dan pemasangan komponen pada *board* untuk sistem mikrokontroler

Berdasarkan Gambar 10 ditunjukkan, bahwa prototipe *board* untuk mikrokontroler ATmega32 membutuhkan *input* tegangan 5 V *dc* dari catu daya (*power supply*) yang menggunakan *IC* regulator 7805 untuk ATmega32, dan *LCD* 20x4. *Board* untuk mikrokontroler ATmega32 menyediakan lima *pin* yang digunakan untuk konektor catu daya 5 V *dc*, sensor, *LCD* 20x4, *downloader*, dan *output*. Lima *pin* tersebut merupakan masukan (*input*) dan keluaran (*output*) yang berasal dari *pin* ATmega32.

A.4 Pengintegrasian sensor transduser, modul mikrokontroler ATmega32, dan LCD

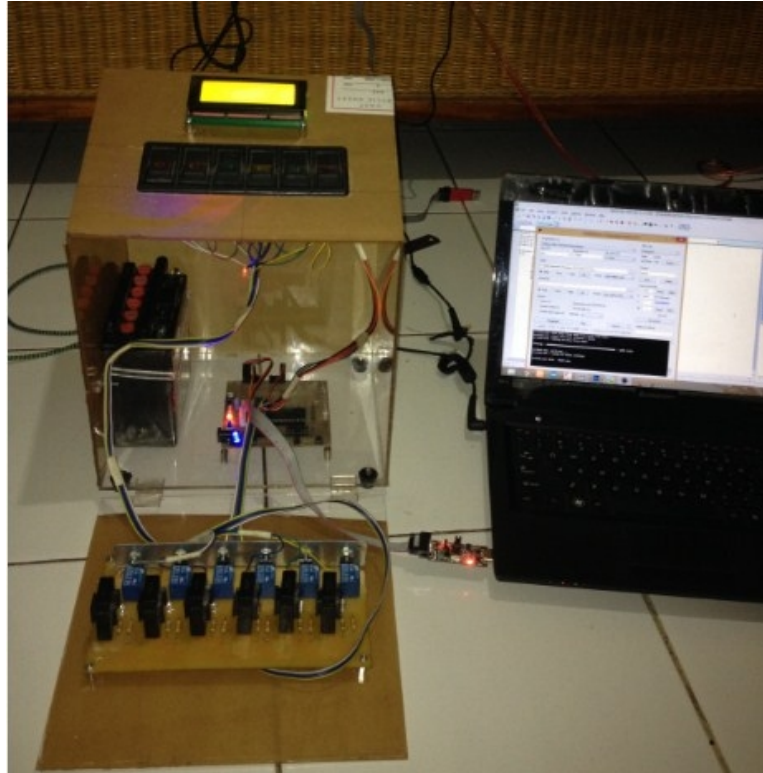
Diagram skematis sistem kontrol berbasis mikrokontroler ATmega32 untuk tampilan kondisi instalasi listrik pada otobis, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Diagram skematis sistem kontrol berbasis mikrokontroler ATmega32 untuk tampilan kondisi instalasi listrik pada otobis

Berdasarkan Gambar 11 ditunjukkan, bahwa sensor pendeteksi kondisi instalasi kelistrikan dipilih adalah *LED* terpasang paralel dengan kutub-kutub akumulator yang diseri dengan sebuah resistor. Komponen ini digunakan untuk pendeteksi keberadaan *ground* pada saat instalasi kelistrikan otobis terjadi hubung singkat. Relai dan *IC* regulator 7805 dalam rangkaian ini digunakan sebagai transduser. *Chip (IC)* 7805 adalah regulator 5 volt *dc* melalui keluaran (*output*) teregulasi dengan nilai 4,8-5,2 volt *dc* yang dihubungkan ke *pin* masukan *ADC* pada mikrokontroler. Untuk keperluan uji validasi berupa pengukuran performansi sistem kontrol, digunakan sebuah miniatur otobis yang telah diberi rangkaian analogi instalasi kelistrikan otobis pada umumnya.

Pengintegrasian sensor transduser, modul mikrokontroler ATmega32, dan *LCD*, seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Pengintegrasian sensor transduser, modul mikrokontroler ATmega32, dan LCD

Berdasarkan Gambar 12 ditunjukkan, bahwa *pin* serial data yang terhubung ke mikrokontroler memberikan perintah pengalamanan pada *pin* data. *Pin* yang digunakan pada modul sensor terletak pada *port-A*, dimana dari 8 *pin* yang tersedia hanya digunakan 6 *pin* saja, yaitu A1, A2, A3, A4, A5 dan A6. Hal itu berkaitan dengan asumsi tempat untuk enam buah lampu. Untuk sambungan ke LCD, terletak pada *port-D*, dengan 8 *pin* tersedia hanya digunakan 6 *pin*, yaitu D2, D3, D4, D5, D6, dan D7.

B. Performansi Sistem Kontrol untuk Tampilan Kondisi Instalasi Listrik

Seperangkat rangkaian elektronika pada sistem control berbasis mikrokontroler ATmega32 dibuat dalam kotak akrilik ukuran 30 cm x 25 cm x 20 cm, tempat penyimpanan sistem control dan akumulator. Sistem control berbasis mikrokontroler ATmega32 untuk tampilan kondisi instalasi listrik pada otobis, seperti ditunjukkan pada Gambar 13.






Gambar 12 Sistem control berbasis mikrokontroler ATmega32 untuk tampilan pantauan kondisi instalasi kelistrikan pada otobis

Berdasarkan Gambar 12 ditunjukkan, bahwa sistem kontrol berbasis mikrokontroler ATmega32 dihubungkan ke miniatur otobis yang telah diberi analogi instalasi listrik. Terdapat dua kondisi yang menjadi acuan dari hasil uji validasi rangkaian ini, yaitu: a) tampilan kondisi saat diasumsikan tidak terjadi gangguan hubung singkat dan b) tampilan kondisi saat diasumsikan terjadi gangguan hubung singkat.

B.1. Tampilan kondisi saat diasumsikan tidak terjadi gangguan hubung singkat

Pengkondisian saat rangkaian listrik pada otobis tidak terjadi hubung singkat, adalah pemberitahuan pada LCD berupa tulisan “Sistem Aman Terimakasih”. Pemberitahuan muncul, karena pada sistem mikrokontroler menerima masukan sinyal digital dari rangkaian sensor-transduser bernilai 0. Hasil uji validasi enam asumsi tidak terjadi gangguan hubung singkat, seperti ditunjukkan pada TABEL IV.

TABEL IV HASIL UJI VALIDASI ENAM ASUMSI TIDAK TERADI GANGGUAN HUBUNG SINGKAT

Sistem diasumsikan tidak terjadi Gangguan Hubung Singkat atau dikatakan “Sistem Aman”	Tampilan Hasil pada:					
	Lampu Ruang	Lampu Dekat	Lampu Jauh	Lampu Rem	Lampu Mundur	Lampu Hazard
						

Berdasarkan TABEL V ditunjukkan, bahwa tampilan enam asumsi tidak terjadi gangguan hubung singkat pada instalasi listrik pada otobis, sehingga dikatakan “sistem aman”.













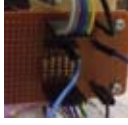











B.2. Tampilan kondisi saat diasumsikan terjadi gangguan hubung singkat

Hasil uji validasi dengan lampu dilakukan melalui pemberian tegangan pada lampu dan pemasangan sekering sebagai pengaman. Asumsi kejadian hubung singkat dilakukan pada board dengan cable jumper melalui tindakan penghubungan kabel ground ke pin keluaran kutub (+) dari lampu. Kondisi tersebut berakibat terhadap sekering pengaman pada box sekering di jalur yang diasumsikan, terputus. Dalam hal itu, terjadi kontak antara kabel jalur positif (+, plus) dan ground dan pengubahan sepanjang kabel pada instalasi menjadi ground, sehingga LED menyala dan koil relai terpasok daya (ter-energized). Hal itu berakibat kepada kontak utama (main contact) pada

relai terhubung ke kutub positif 12 volt dc akumulator, sehingga kaki nomor 1 (masukan, input) pada IC regulator 7805 tersambung ke sumber tegangan 12 volt dc. Regulator LM7805 sebagai penstabil tegangan dengan keluaran menjadi 5 volt dc. Tegangan 5 volt dc bernilai 1 pada pin masukan ADC pada port-A mikrokontroler ATmega32. Nilai 1 merupakan perintah kepada mikrokontroler ATmega32 untuk menampilkan gangguan hubung singkat yang terjadi pada lampu ruang dan hasil tersebut ditampilkan pada LCD.

Uji validasi dilakukan terhadap enam asumsi kejadian hubung singkat pada rangkaian instalasi kelistrikan pada otobis, yaitu: (a) lampu ruang, (b) lampu dekat, (c) lampu jauh, (d) lampu rem, (e) lampu mundur, dan (f) lampu hazard. Hasil uji validasi untuk enam asumsi terjadi gangguan hubung singkat, seperti ditunjukkan pada TABEL V.

TABEL V HASIL UJI VALIDASI UNTUK ENAM ASUMSI TERJADI GANGGUAN HUBUNG SINGKAT

	Tempat Asumsi	Pemberian Asumsi	Indikasi Hasil	Tindakan ke-1	Tindakan ke-2
Kondisi Sistem, diasumsikan terjadi Gangguan Hubung Singkat	Lampu Ruang				
	Lampu Dekat				
	Lampu Jauh				
	Lampu Rem				
	Lampu Mundur				
	Lampu Hazard				

Berdasarkan TABEL VI ditunjukkan, bahwa saat semua tempat asumsi (enam tempat) diberi kondisi terjadi gangguan hubung singkat, sekering yang bersesuaian putus. Tindakan ke-1 diperlukan penekanan pada *push button* yang berakibat tertampilkan tindakan pertama yang harus dilakukan untuk perbaikan, yaitu pemeriksaan sekring pada *box* sekring. Untuk tindakan berikutnya, berupa penekanan kedua (ke-2) pada *push button* yang berakibat tertampilkan tindakan yang harus dilakukan, yaitu pemeriksaan berdasarkan warna kabel sebagai tindakan perbaikan yang harus dilakukan pengguna.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sesuai tujuan penelitian.

- 1) Sistem kontrol minimalis berbasis mikrokontroler ATmega32, berupa instalasi listrik model baru pada otobis mencakup pembaruan ukuran diameter kabel untuk penyesuaian beban pada sistem listrik bagian luar, sistem listrik bagian dalam, dan penggunaan sistem kontrol berbasis mikrokontroler untuk pantauan kondisi saat terdapat gangguan hubung singkat. Sistem

kontrol berbasis mikrokontroler merupakan sistem minimalis dan terdiri atas: (i) sistem sensor-transduser, (ii) sistem mikrokontroler ATmega32, (iii) sistem *Liquid Crystal Display (LCD)*, dan (iv) catu daya.

- 2) Pengkondisian saat instalasi kelistrikan pada otobis tidak terjadi hubung singkat, adalah pemberitahuan pada *LCD* berupa tulisan “Sistem Aman Terimakasih”. Pemberitahuan ini muncul, karena pada sistem mikrokontroler menerima masukan (*input*) sinyal digital bernilai 0. Keberadaan *ground* sepanjang instalasi dideteksi lampu *LED* yang dipasang paralel pada sekring dan memicu lampu *LED* menyala dan menggerakkan (meng-*energized*) koil relai untuk menghubungkan kontak bantu yang terhubung ke sumber 12 volt *dc* akumulator ke *IC* regulator 7805. Tegangan 5 volt *dc* sebagai bernilai 1 pada masukan *pin* di port-*A* mikrokontroler. Nilai 1 ini memberikan perintah pada mikrokontroler untuk menampilkan kejadian hubung singkat yang terjadi pada lampu ruang di *LCD* dan tindakan yang harus dilakukan untuk perbaikan, adalah dengan menekan *push button*. Penekanan pertama pada *push button* tertampilkan tindakan pertama

yang harus dilakukan untuk perbaikan, yaitu pemeriksaan sekring pada *box* sekring dan penekanan kedua pada *push button* berakibat tertampilkannya tindakan yang harus dilakukan, yaitu pemeriksaan berdasarkan warna kabel sebagai tindakan perbaikan yang harus dilakukan pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Green, Jennifer S., *Mercedes Benz Sprinter Wiring Diagram*, Sethrollins, ___, 2016 <http://sethrollins.net/mercedes/mercedes-benz-sprinter-wiring-diagram> (diunduh 31 Maret 2016).

[2] Anonymous, *Short Circuit*, Wikipedia, ___, (August, 1) 2016 https://en.wikipedia.org/wiki/Short_circuit (diunduh 14 Agustus 2016)

[3] Bishop, Owen, *Dasar Elektronika*, Erlangga, Jakarta, 2004.

[4] Mustofa, Irvan, Arief Goeritno, Bayu Adhi Prakosa, *Prototipe Sistem Kontrol Berbasis Mikrokontroler Untuk Pengaman Terhadap Gangguan Hubung Singkat pada Otobis*, Prosiding SNTI FTI-Usakti V-2016, Jakarta, 2016, hal. 317-323.

[5] Suprianto, *Pengertian, Komponen, Fungsi Mikroprosesor*, ___, ___, (15 Oktober) 2015 <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengertian-komponen-fungsi-mikroprosesor/> (diunduh 30 Januari 2016).

[6] Suprianto, *Pengenalan Mikroprosesor*, ___, ___, (15 Oktober) 2015 <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengenalan-mikrokontroler/> (diunduh 30 Januari 2016).

[7] The MCS Electronics Team, *BASCOM-AVR User Manual Introduction*, MCS Electronics, ___, ___, pp. 222-252.

[8] Anonymous, *BasCom-AVR*, ___, ___, <http://web.sfc.keio.ac.jp/~esoc/avr/datas/bascavr.pdf> (diunduh 1 Mei 2014).

[9] Fansuri, Aldo, *Tentang Mikrokontroler ATmega32*, ___, ___, 2011 <http://risnotes.com/2011/10/tentang-mikrokontroler-ATmega32/> (diunduh 9 Juni 2014).

[10] Goeritno, Arief, Dwi Jatmiko Nugroho, Rakhmad Yatim, *Implementasi Sensor SHT11 Untuk Pengkondisian Suhu dan Kelembaban Relatif Berbantuan Mikrokontroler*, Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2014 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta, (12 November) 2014 <https://jurnal.fumj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/233/208> (diunduh 30 Januari 2015).

[11] Suprianto, *Tentang Mikrokontroler ATmega32*, ___, ___, (15 Oktober) 2015 <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/tentang-mikrokontroler-atmega32/> (diunduh 30 Januari 2016).

[12] Proteus2000, *Proteus 2000 Operations Manual*, E-MU Systems, Inc., ___, 1998 pp. 131-164.

[13] E-MU System, *Proteus VX Operation Manual*, ___, ___, 2007 <http://origin.creative.com/emu/files/ProteusVXManual.pdf> (diunduh 2 Juni 2014).

[14] Labcenter Electronics, *Getting Started Guide*, ___, ___, 2007 <http://opt.zju.edu.cn/weijiyuanli/upload/PROTEUS/isisut.pdf> (diunduh 2 Juni 2014).

[15] Labcenter Electronics, *Interactive Tutorial*, ___, ___, 2007 <http://opt.zju.edu.cn/weijiyuanli/upload/PROTEUS/vsmtut.pdf> (diunduh 2 Juni 2014).

[16] CadSoft Computer, *Eagle Easily Applicable Graphical Layout Editor Manual Version 5"*, 7th Edition, CadSoft Computer, ___, 2010 pp. 37-80

[17] Yudi, Nyoman, *Tutorial Eagle Step by Step*, ___, ___, 2011 <http://www.aisti555.com/2011/07/tutorial-eagle-step-by-step.html> (diunduh 16 Mei 2014).

[18] Dean, Brian S., *AVRDUDE: A program for download/uploading AVR microcontroller flash and eeprom, Version 5.1*, ___, ___, (13 January) 2006 <http://www.cs.ou.edu/~fagg/classes/general/atmel/avrdude.pdf> (diunduh 6 September 2016).

[19] Dean, Brian S., *AVRDUDE: A program for download/uploading AVR microcontroller flash and eeprom, Version 5.10*, ___, ___, (19 January) 2010 <http://download-mirror.savannah.gnu.org/releases/avrdude/avrdude-doc-5.10.pdf> (diunduh 12 September 2016).

[20] Hearndon, Steven, *AVRDUDE*, ___, ___, <https://people.cs.clemson.edu/~yfeaste/855Assignments/presentations/team8-AVRDude.pdf> (diunduh 12 September 2016).

Penggunaan Protokol *Internet* dan *Bluetooth* Untuk Sistem Penggerakan Kunci Pintu Berbantuan Arduino UNO R3 Terkendali melalui *Smartphone* Berbasis Android 4.4.2 KitKat

Cepi Hermawan¹⁾, Bayu Adhi Prakosa²⁾, Ade Hendri Hendrawan³⁾, Arief Goeritno⁴⁾

¹⁾Alumni Jurusan/Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor
Email: cepihermawan@ymail.com

²⁾Dosen Tetap (NIDN: 0421098002) Jurusan/Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor
Email: bayu.adhi@ft.uika-bogor.ac.id

³⁾Dosen Tetap (NIDN: 0403106805) dan Kepala Laboratorium *Network Centric and Computing*, Jurusan/Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor
Email: hendri@ft.uika-bogor.ac.id

⁴⁾Dosen Tetap (NIDN: 0430016301) dan Kepala Laboratorium Instrumentasi dan Otomasi, Jurusan/Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor
Email: arief.goeritno@ft.uika-bogor.ac.id

Abstract - *The Internet and Bluetooth protocol for actuating the lock of the door system aided Arduino UNO R3 which is controlled by a smartphone based on Android 4.4.2 KitKat have been done. The results obtained in the form of: 1) the integration of microcontroller Arduino UNO R3, bluetooth HC-05, and Arduino Ethernet Shield W5100; 2) installing the IDE Arduino software version 1.6.0 to compile and upload the hexadecimal code into the microcontroller Arduino UNO R3; 3) installation of applications on smartphone and downloading applications from the Internet; 4) downloading software and fabrication of applications on the personal computers and smart phone; 5) the installation of software on personal computers and smart phone; 6) making the file in .apk format; 7) the connection between smart phone, ethernet shield, and web (www.cloudmqtt.com); 8) the connection between bluetooth and smart phone; and 9) the operation commands from the smart phone screen for actuating the lock of the door aided the solenoid.*

Keywords: *Internet and bluetooth protocol, Arduino UNO R3, smartphone based on Android 4.4.2 KitKat.*

I. PENDAHULUAN

Protokol dalam ilmu komputer berarti seperangkat peraturan atau prosedur untuk pengiriman data antar perangkat elektronik dalam hal ini komputer[1,2]. Antar komputer dapat bertukar informasi, sehingga harus terdapat persetujuan sebelumnya antar perangkat, bagaimana struktur informasi dipertukarkan (dikirim dan diterima)[1,2]. Protokol merupakan bagian terpenting dalam jaringan komputer, karena merupakan format standar yang digunakan untuk pengaturan semua perangkat komputer baik *hardware* maupun *software* dalam upaya keterciptaan komunikasi yang baik, pengiriman dan penerimaan pesan, pembacaan pesan, dan pengkoordinasian semua komputer yang terhubung di dalam jaringan, sehingga

terjadi kemudahan dalam proses komunikasi, transfer data, dan koneksi[1,2]. *Internet*[1,3] dan *Bluetooth*[4,5] merupakan protokol yang berfungsi sebagai penghubung di dalam komunikasi data atau informasi, sehingga proses pertukaran data atau informasi tersebut dapat berjalan dengan baik dan benar[2-5].

Internet merupakan kependekan dari *interconnection-networking*[3], merupakan seluruh jaringan *komputer* yang saling terhubung dengan standar *sistem global*, yaitu *Transmission Control Protocol/Internet Protocol Suite (TCP/IP)* sebagai protokol pertukaran paket (*packet switching communication protocol*) untuk pelayanan terhadap miliaran pengguna di seluruh dunia[1,3]. Cara penghubungan rangkaian dengan kaidah tersebut dinamakan antarjaringan atau *internetworking*[3]. Salah satu standar komunikasi nirkabel global yang menghubungkan perangkat bersama lebih dari jarak tertentu, dibangun ke miliaran produk di pasar saat ini dan menghubungkan *Internet of Things (IOT)* yang dikenal dengan teknologi *Bluetooth*[4]. *Bluetooth* adalah protokol[4,5,6] komunikasi nirkabel (*wireless*) yang beroperasi pada frekuensi radio 2,4 Giga hertz (GHz.). Penggunaan *bluetooth* banyak ditemui pada *Personal Digital Assistant (PDA)*, *laptop*, dan *smartphone* untuk pertukaran data pada perangkat bergerak (*mobile*). Salah satu contoh modul *bluetooth* yang paling banyak digunakan, adalah tipe HC-05[7-10] sebagai modul *bluetooth* di pasaran dengan harga relatif murah.

Pengamanan pintu rumah secara konvensional merupakan upaya pengamanan melalui penggunaan *slot* pengunci atau kunci gembok[11]. Keterbatasan metode konvensional tersebut, adalah kurang efektif, karena *slot* pengunci atau kunci gembok mudah dirusak, sehingga tidak lagi dapat diandalkan sebagai

pengaman pintu dari aksi pencurian atau perampokan[11]. Saat ini tingkat kejahatan semakin tinggi, dimana pelaku kejahatan tidak hanya beroperasi terhadap sasaran dengan orang-orang yang lengah di jalanan, namun sudah banyak aksi nekad berupa penjarahan sampai ke rumah-rumah dalam bentuk aksi-aksi kriminal yang semakin mengkhawatirkan[12]. Para pelaku kejahatan dapat dengan leluasa melakukan dan mengambil apa yang mereka inginkan[12]. Berdasarkan uraian tersebut, dibutuhkan model pengaman pintu rumah yang kuat dan mampu menutupi aspek keterbatasan pengaman pintu rumah metode konvensional[12].

Pemanfaatan terhadap mikrokontroler Arduino UNO R3[13], adalah paling banyak dilakukan, terutama untuk pemula dan telah banyak referensi tentang Arduino Uno yang dibahas. Arduino UNO versi terakhir, adalah Arduino Uno R3 (Revisi 3), yaitu penggunaan ATmega328[14] sebagai mikrokontrolernya. Arduino UNO R3 dengan 14 *pin* masukan/keluaran (*input/output, I/O*) digital dan 6 *pin* masukan analog. Untuk pemrograman cukup digunakan koneksi *Universal Serial Bus (USB)* tipe A ke tipe B[15], sebagaimana banyak digunakan untuk koneksi ke pencetak (*printer*). Keberadaan komunikasi antara mikrokontroler dan telepon pintar (*smartphone*) pun sudah sangat mudah dan banyak cara, salah satu cara praktis, adalah penggunaan kabel *USB* dengan aplikasi Android *USB host API*[16,17,18], agar *smartphone* berbasis Android[19,20] dapat saling bertukar data atau berkomunikasi dengan mikrokontroler Arduino.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu diimplementasikan penggunaan protokol *Internet* dan *bluetooth* untuk sistem penggerakan kunci pintu berbantuan Arduino UNO R3 yang dikendalikan melalui *smartphone* berbasis Android versi 4.4.2 Kitkat[21], agar diperoleh tujuan penelitian berupa a) integrasi sistem penggerakan kunci pintu dengan *solenoid*[22] berbasis mikrokontroler Arduino UNO R3[13] berbantuan modul *bluetooth*[4] dan modul *ethernet shield* (modul yang berfungsi sebagai penghubung Arduino *board* dengan jaringan *Internet*)[23], b) perolehan aplikasi berbasis *Basic4Android*[24,25,26], dan c) perolehan performansi (kinerja) sistem penggerakan kunci pintu melalui uji validasi dengan penggunaan jalur kendali melalui *Internet* dan *bluetooth*.

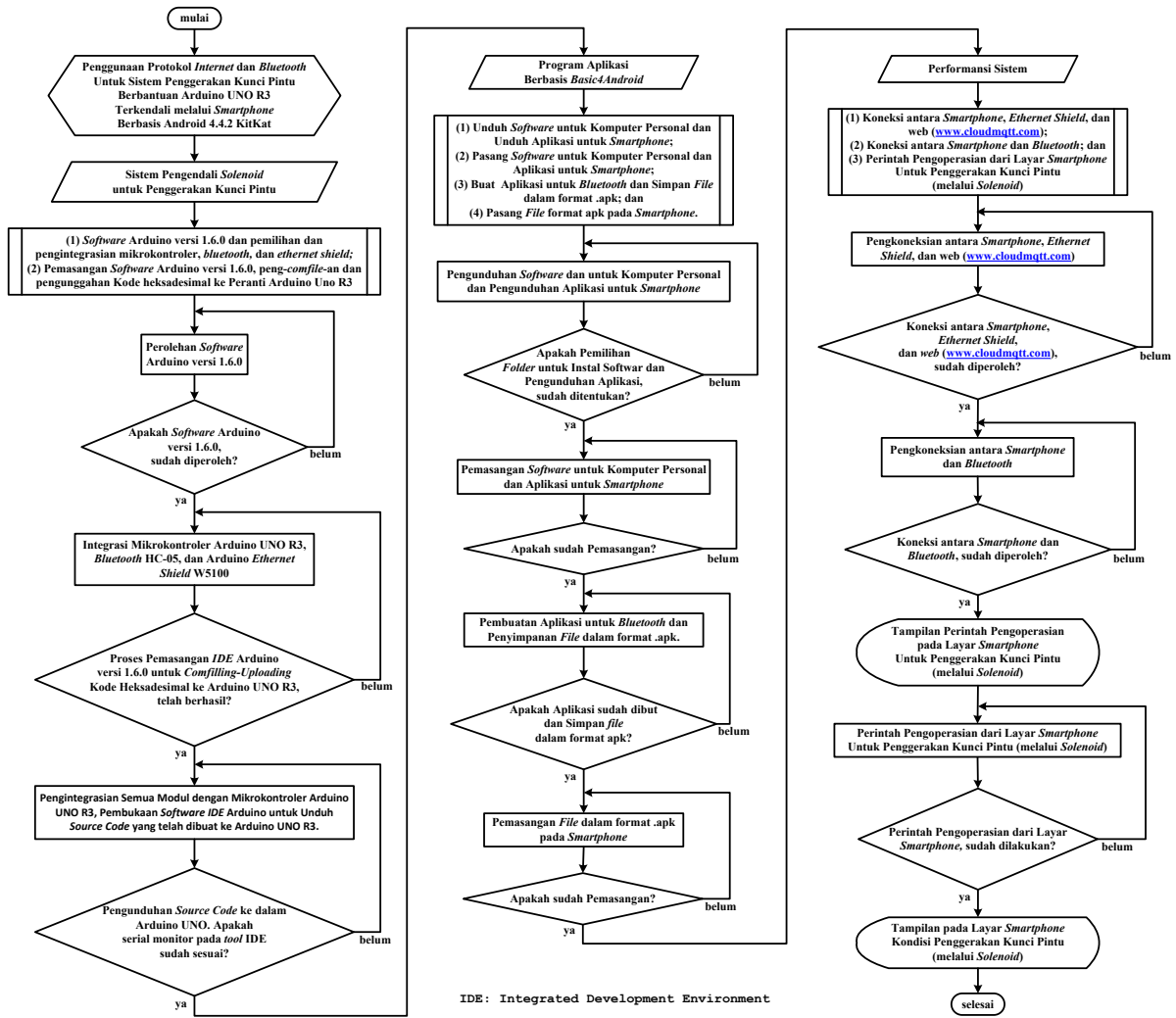
II. KAJIAN LITERATUR

Prinsip kerja pengendali pintu gerbang berbantuan *bluetooth* berbasis mikrokontroler ATmega8, berupa pengiriman kode karakter melalui *bluetooth*, kemudian diproses mikrokontroler menjadi bentuk keputusan, selanjutnya energi listrik diubah menjadi gerakan mekanis pada motor servo[27]. Pengembangan terhadap sistem otomasi untuk rumah berupa pengoperasian pintu gerbang secara otomatis[28], adalah pembuatan suatu sistem dengan sejumlah modul, yaitu mikrokontroler Arduino Uno R3[13], *bluetooth* HC-05[5], sensor getar piezoelektrik, motor *direct current (dc)*, power bank dengan kapasitas 5600 mAh, dan telepon pintar berbasis Android versi 4.2.1. Program aplikasi dikembangkan dengan dukungan *software* dari *Integrated Development Environment (IDE)* Arduino[28] atau Arduino Studio[29], Android *SDK*[24,25], dan *IDE Eclipse*. Pengintegrasian *ethernet shield* terhadap mikrokontroler, agar mikrokontroler terhubung dengan jaringan *Internet*, dimana penggunaan mikrokontroler dimanfaatkan sebagai media komunikasi antara unit kontrol dengan peralatan listrik yang akan dikendalikan (lampu). Peran *ethernet shield* untuk mikrokontroler, yaitu agar mikrokontroler terhubung dengan jaringan *Internet*[30].

Pemanfaatan *smartphone* berbasis sistem operasi Android pada sistem pengendalian perangkat *driver* lampu melalui koneksi jaringan *wireless*[31]. Kondisi sinyal pada *wifi* berpengaruh terhadap komunikasi transfer data pada aplikasi pengendali yang dibuat. Jarak jangkauan sinyal *wifi* tergantung pada spesifikasi perangkat *wifi* dari pengirim atau penerima data. Pemanfaatan teknologi pada perangkat *wireless* *wifi* 210 dan mikrokontroler Arduino UNO R3 diperoleh, bahwa perangkat digunakan untuk pengendalian, pengaktifan, dan penonaktifan perangkat untuk penyalan atau pemadaman lampu[32]. Sebuah sistem pengendali perangkat-perangkat listrik secara jarak jauh, digunakan untuk kemudahan pengguna dalam pengoperasian atau pemantauan dari tempat yang jauh. Sistem kontrol jarak jauh ini dapat dioperasikan dengan penggunaan sebuah telepon genggam pintar (*smartphone*) dengan sistem operasi Android[32].

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian, agar setiap tujuan penelitian diperoleh. Diagram alir metode penelitian, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir metode penelitian

Perolehan sistem pengendali solenoid untuk penggerakan kunci pintu dilakukan melalui: i) software Arduino versi 1.6.0 pemilihan dan pengintegrasian mikrokontroler, bluetooth, dan ethernet shield; ii) peng-install-an (pemasangan) software Arduino versi 1.6.0, peng-compile-an dan pengunggahan bahasa heksak ke peranti Arduino Uno R3. Perolehan aplikasi berbasis Basic4Arduino dilakukan, melalui: i) pengunduhan perangkat lunak (software) untuk komputer personal (Personal Computer, PC) dan pengunduhan aplikasi untuk smartphone, ii) pemasangan software untuk komputer personal dan aplikasi untuk smartphone; dan iii) pembuatan aplikasi untuk bluetooth dan penyimpanan file dalam format .apk, dan iv) pemasangan file format apk pada smartphone. Perolehan performansi sistem dilakukan melalui: i)

pengkoneksian antara smarthphone Asus Zenfone 5, ethernet shield, dan web (www.cloudmqtt.com), ii) pengkoneksian antara bluetooth HC-05 dan smartphone Asus Zenfone 5, dan iii) pemberian perintah pengoperasian melalui layar smartphone Asus Zenfone 5 untuk pembukaan atau penutupan terhadap solenoid.

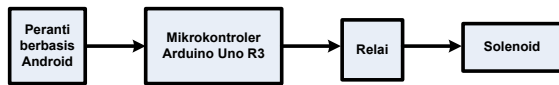
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan disajikan sesuai tujuan penelitian yang dijelaskan dalam tiga bagian, yaitu sistem pengendali solenoid untuk penggerakan kunci pintu, aplikasi berbasis Basic4Android programming, dan pengukuran kinerja sistem melalui uji validasi terhadap peranti bluetooth HC-05 dan ethernet shield berbasis teknologi jaringan wireless.

A. Sistem Pengendali Solenoid Untuk Penggerakan Kunci Pintu

Tahap pembuatan sistem berdasarkan keberadaan perangkat keras dilakukan dengan pemilihan

komponen yang sesuai dengan kebutuhan fungsi sistem. Secara keseluruhan sistem terdiri atas sejumlah subsistem. Diagram blok sistem pengendali solenoid untuk penggerakan kunci pintu, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



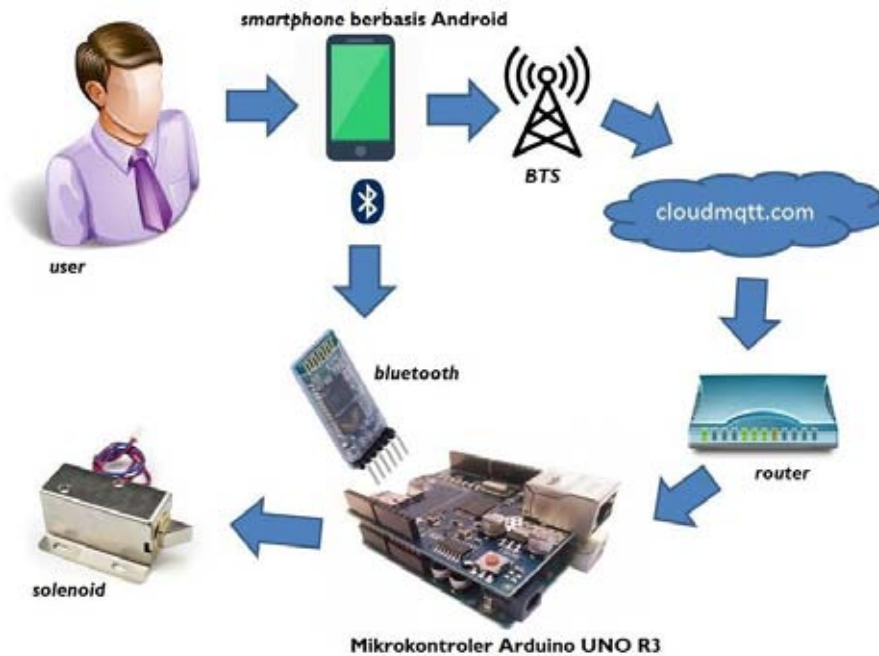
Gambar 2 Diagram blok sistem pengendali solenoid untuk penggerakan kunci pintu

Berdasarkan Gambar 2 ditunjukkan, bahwa secara keseluruhan sistem dibagi menjadi tiga bagian. Peranti berbasis Android sebagai masukan (*input*), mikrokontroler Arduino Uno R3 sebagai penerima maupun pengirim instruksi ke relai (sebagai aktuator) dan diteruskan ke solenoid sebagai keluaran (*output*).

Penjelasan masing-masing relasi, yaitu: (i) peranti berbasis Android sebagai masukan dari sistem yang digunakan. Peranti berbasis Android yang digunakan berupa aplikasi yang dipasang pada *smartphone* berbasis Android. Mikrokontroler Arduino UNO R3 menerima perintah dari peranti berbasis Android, selanjutnya data diterima dan mikrokontroler Arduino UNO R3 kirim instruksi untuk meng-energized koil relai, sehingga kontak utama (*main contact*) relai menghubungkan catu daya ke solenoid. Terdapat dua jalur komunikasi antara peranti berbasis Android dan mikrokontroler Arduino UNO R3, yaitu melalui *Internet* dan/atau *bluetooth*.

A.1. Pemilihan dan pengintegrasian mikrokontroler, ethernet shield, dan bluetooth

Diagram skematis pengintegrasian sistem, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram skematis pengintegrasian sistem

Berdasarkan Gambar 3 ditunjukkan, bahwa *user* yang terhubung ke Internet dengan *smartphone* berbasis Android 4.4.2. KitKat memberi perintah penguncian atau pembukaan kunci pintu. *User* membuka aplikasi yang akan terhubung dengan *Internet* dan/atau *Bluetooth*, sehingga menjadikan aplikasi tersebut tampilan untuk kendali kunci pintu. Unit kontrol berfungsi untuk pengolah seluruh instruksi dan sebagai pusat kendali untuk seluruh sistem. Komponen unit kontrol berupa mikrokontroler Arduino UNO R3, Arduino *ethernet shield* W5100, *Bluetooth* HC-05, dan *router* mikrotik. Fungsi komponen-komponen, yaitu:

- a) Mikrokontroler Arduino UNO R3 bertugas sebagai pengeksekusi instruksi yang masuk, sehingga berdampak visual, yaitu solenoid bergerak membuka dan kembali ke semula dalam

keadaan mengunci pintu pada pelaksanaan simulasi;

- b) Arduino *ethernet shield* W5100 merupakan perangkat keras yang berfungsi sebagai jembatan mikrokontroler Arduino UNO R3 dan mendapatkan akses jaringan Internet;
- c) *Bluetooth* HC-05 merupakan perangkat yang berfungsi sebagai jembatan mikrokontroler dan smartphone Asus Zenfone 5; dan
- d) *Router* mikrotik berfungsi sebagai jembatan antara jaringan Internet dan Arduino Ethernet shield, agar mikrokontroler Arduino UNO R3 dapat mengirim dan menerima instruksi dari *user*.

A.2. Pemasangan software Arduino versi 1.6.0 dan meng-comfile dan mengunggah bahasa heksak ke peranti Arduino Uno R3.

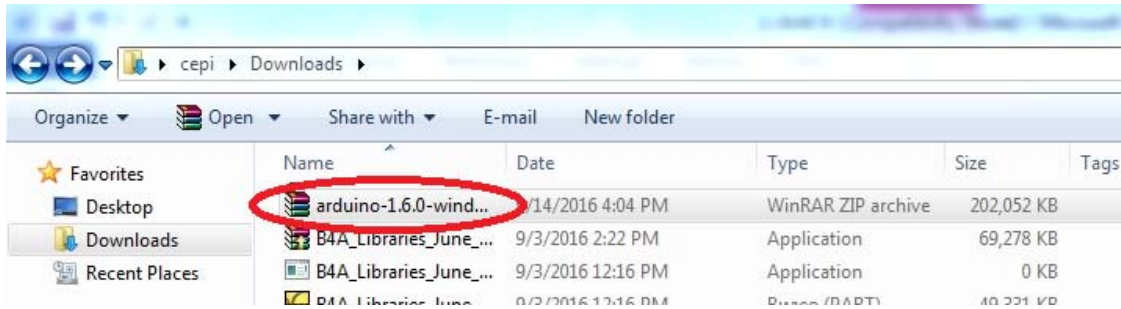
Terdapat dua tahapan, yaitu tahapan pemasangan software Arduino versi 1.6.0 dan peng-compile-an dan pengunggahan bahasa heksa ke peranti Arduino UNO R3.

a) Tahap pemasangan software Arduino

Sebelum dilakukan pemasangan software Arduino di komputer personal, terlebih dahulu harus disiapkan software Arduino terlebih dahulu. Software Arduino

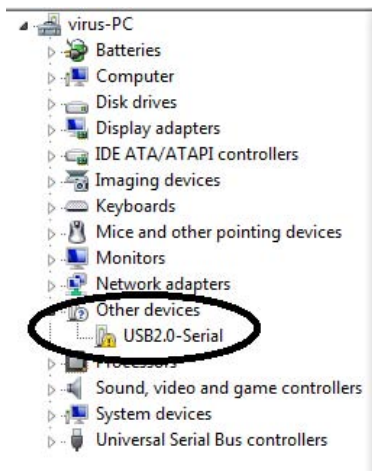
UNO dapat diunduh langsung pada website resmi pada link <http://arduino.cc/en/Main/Software>.

- (i) Setelah software Arduino selesai diunduh, maka file yang diperoleh berbentuk format zip. Hasil unduhan software Arduino, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil unduhan software Arduino

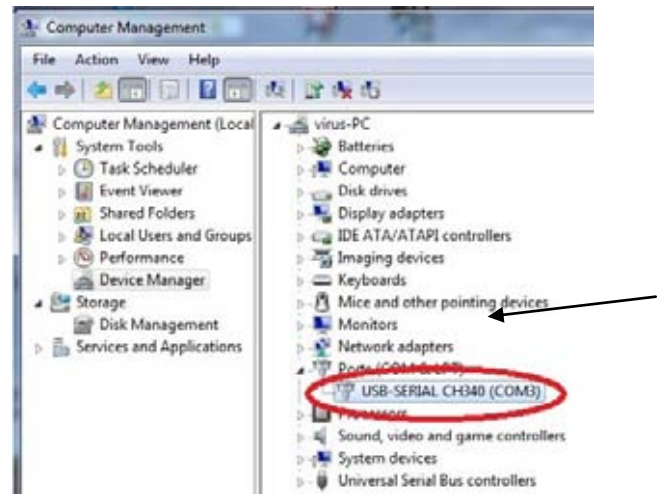
- (ii) Dilakukan ekstrak terhadap file yang telah diunduh ke dalam bentuk folder;
- (iii) Dilakukan penyambungan Arduino ke computer personal melalui kabel USB;
- (iv) Peng-klik “Start” > Klik kanan pada Computer > Properties > Device Manager, maka ditunjukkan Unknown Device. Unknown Device pada Device Manager, seperti ditunjukkan pada Gambar 5;



Gambar 5 Unknown Device pada Device Manager

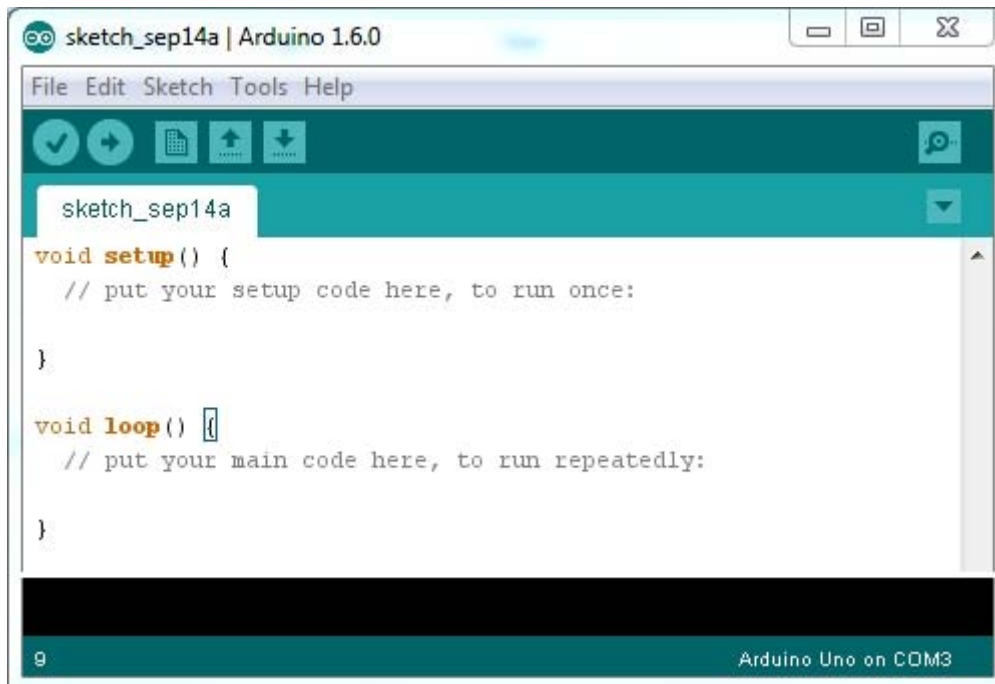
- (v) Peng-klik-an sisi kanan pada Unknown device > Update Driver Software > Browse for driver software > Browse > Forward to software location for Arduino (Program Files/arduino-1.6.0/drivers), kemudian klik OK, klik Next dan tunggu proses “Installing driver software” sampai selesai. Hasil peng-install-an

driver software Arduino, seperti ditunjukkan pada Gambar 6;



Gambar 6 Hasil peng-install-an driver software Arduino

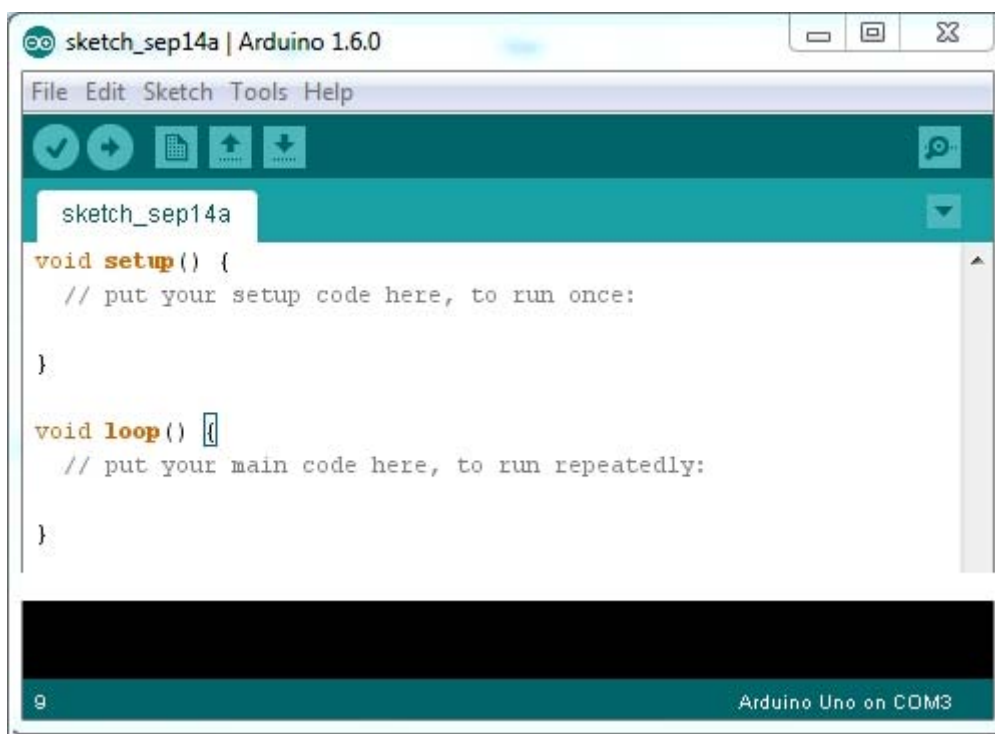
- (vi) Sekarang muncul pesan “Windows has succesfully updated for driver software”, bahwa Windows telah sukses meng-update software driver, kemudian klik Close. Ditunjukkan pada Device Manager tersebut, bahwa Unknown Device telah berganti Arduino UNO COM 3. COM 3 menyatakan port tempat penyambungan Arduino ke komputer personal. Pemasangan software Arduino telah selesai, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Pemasangan *software* Arduino telah selesai

- b) Tahapan *peng-compile-an* dan *pengunggahan kode heksadesimal ke peranti Arduino UNO R3*
- (i) Untuk menjalankan aplikasi Arduino, klik dua kali pada aplikasi Arduino UNO (*arduino.exe*), maka

aditampilka jendela utama. Tampilan awal *software* Arduino, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Tampilan awal *software* Arduino

- (ii) Dimasukkan *coding* program untuk pembuka dan pengunci pintu. *Coding* program *software* Arduino, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Coding program software Arduino

- (iii) Setelah coding dimasukan, kemudian di-save, kemudian pilih board yang akan digunakan pada menu Tools > Board sesuai dengan board Arduino yang dipakai.
- (iv) Dipilih port serial yang digunakan oleh board Arduino pada menu Tools > Serial Port. Biasanya adalah COM3 atau yang lebih tinggi (COM1 dan COM2 biasanya sudah direservasi untuk serial port hardware).

Setelah tahapan-tahapan tersebut, dilakukan pengunggahan (uploading) program pada software

dengan meng-klik tombol “Upload” atau gambar tanda panah ke arah kanan, ditunggu beberapa saat hingga led TX dan RX pada board berkelip-kelip. Untuk kondisi dimana upload berhasil, terdapat pesan “Done uploading” yang muncul pada status bar.

B. Aplikasi Berbasis Basic4Android

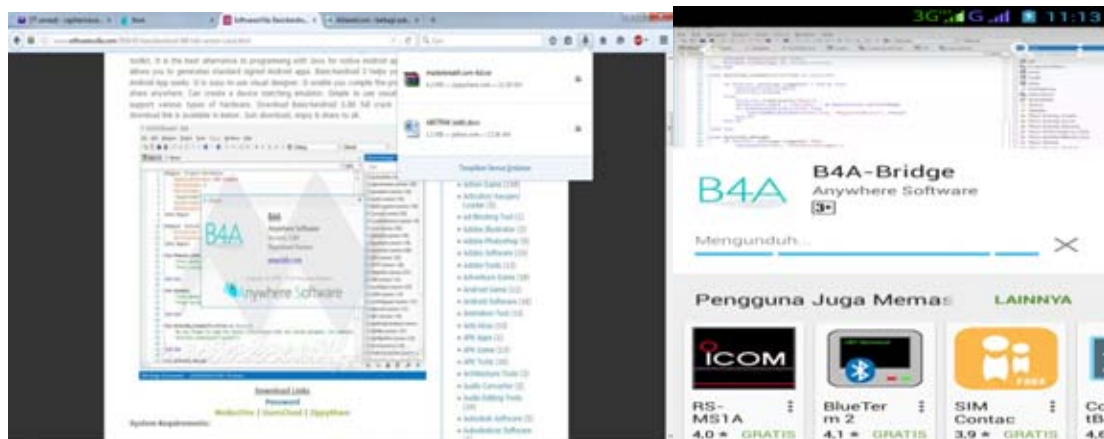
Saat pembukaan aplikasi di Basic4Android, pada tampilan awal diterima status koneksi terhadap mikrokontroler. Setelah perolehan status koneksi, maka proses pengendalian dapat dilakukan, yaitu on atau off. Instruksi selanjutnya berupa data string pengendalian dikirim kembali ke unit mikrokontroler.

B.1 Pengunduhan perangkat lunak (software) untuk komputer personal dan pengunduhan aplikasi untuk smartphone

Saat pembukaan aplikasi pada smartphone berbasis Android, pada tampilan awal diterima status koneksi terhadap mikrokontroler. Setelah perolehan status koneksi, maka proses pengendalian dapat dilakukan., yaitu kondisi on atau off. Instruksi selanjutnya berupa data string pengendalian dikirim kembali ke unit mikrokontroler Arduino UNO R3.

B.2. Pemasangan software untuk komputer personal dan pemasangan aplikasi untuk smartphone berbasis Android

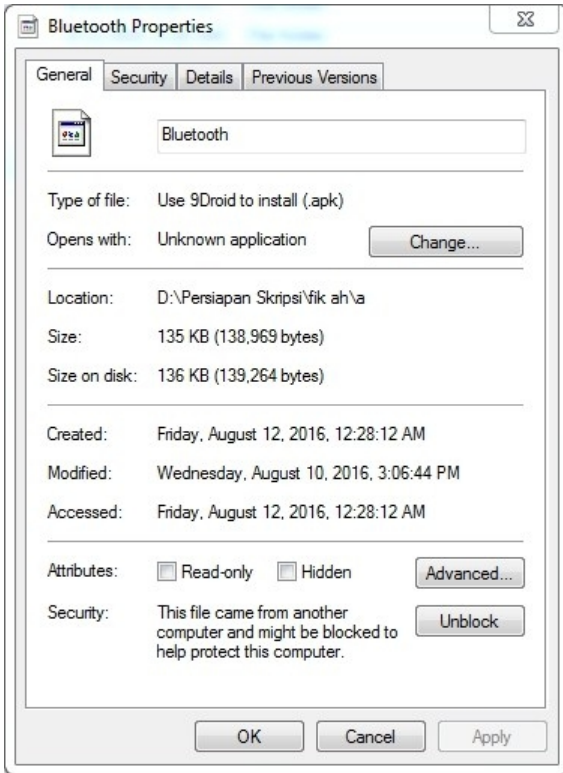
Pemasangan software untuk komputer personal dan pemasangan aplikasi untuk smartphone berbasis Android, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Pemasangan software untuk komputer personal dan pemasangan aplikasi untuk smartphone berbasis Android

B.3. Pembuatan aplikasi untuk bluetooth dan penyimpanan file dalam format .apk

Properti file untuk pembuktian keberadaan file dalam format apk, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Properti file untuk pembuktian keberadaan file dalam format apk

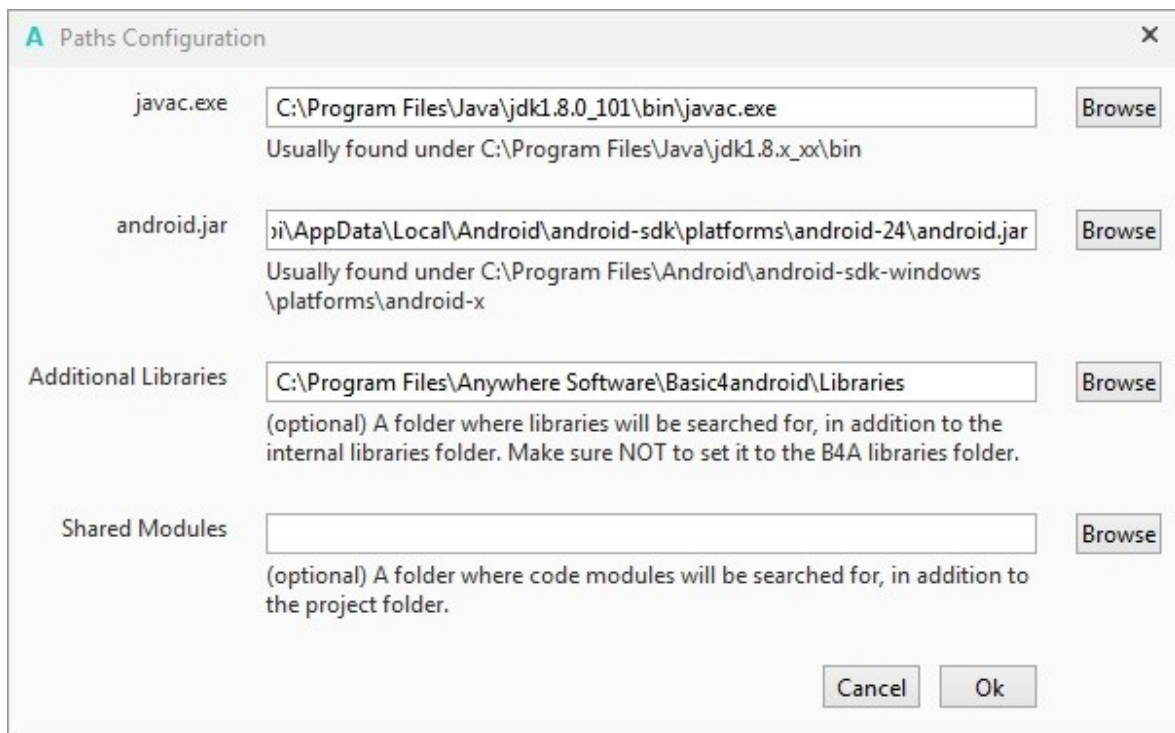
B.4. Pemasangan file format apk pada smartphone

Persiapan software Java JDK, Android SDK, dan Basic4Arduino. Tampilan hasil unduhan software dari Internet, seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



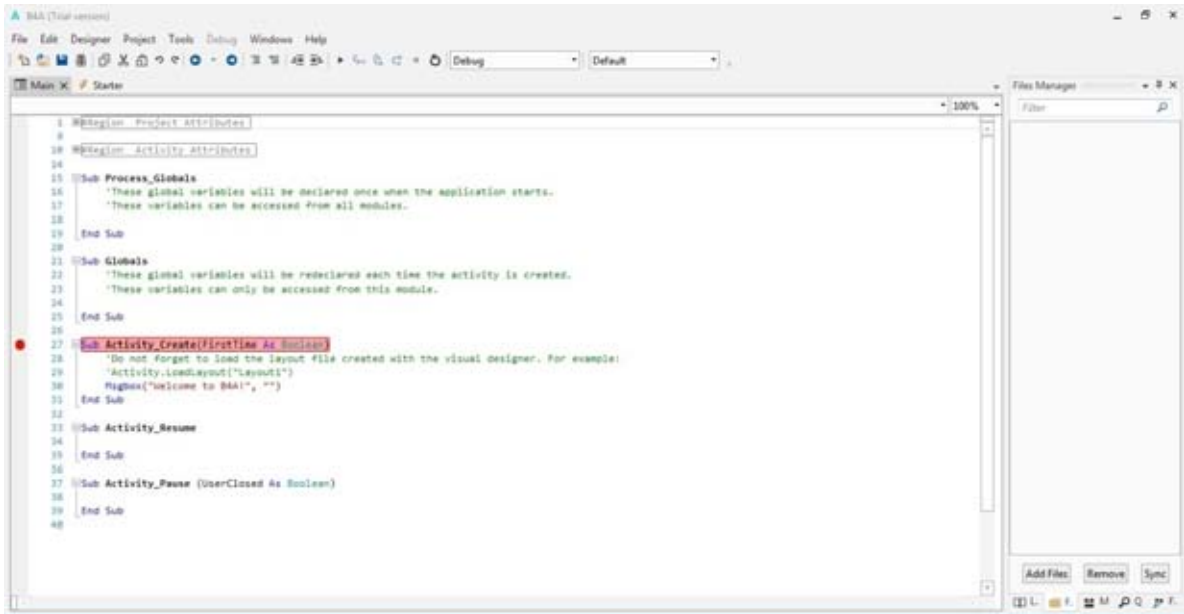
Gambar 12 Tampilan hasil unduhan software dari Internet

Berdasarkan Gambar 12 dilakukan pemasangan Java JDK terlebih dahulu, karena untuk pemasangan Android SDK dan Basic4Android tidak akan beroperasi sebelum Java JDK terpasang pada komputer. Langkah selanjutnya dipasang Android SDK. Setelah selesai pemasangan, harus diunduh beberapa tools dan platform yang diperlukan melalui pembukaan SDK Manager dan checklist pada tools dan platform yang dibutuhkan. Pemasangan Basic4Android, setelah selesai, dilakukan pembukaan Basic4Android dan lakukan konfigurasi dengan urutan klik **Tools --> Configure Path**. Tampilan configure path, seperti ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13 Tampilan configure path

Tampilan utama program Basic4Android, seperti ditunjukkan pada Gambar 14.



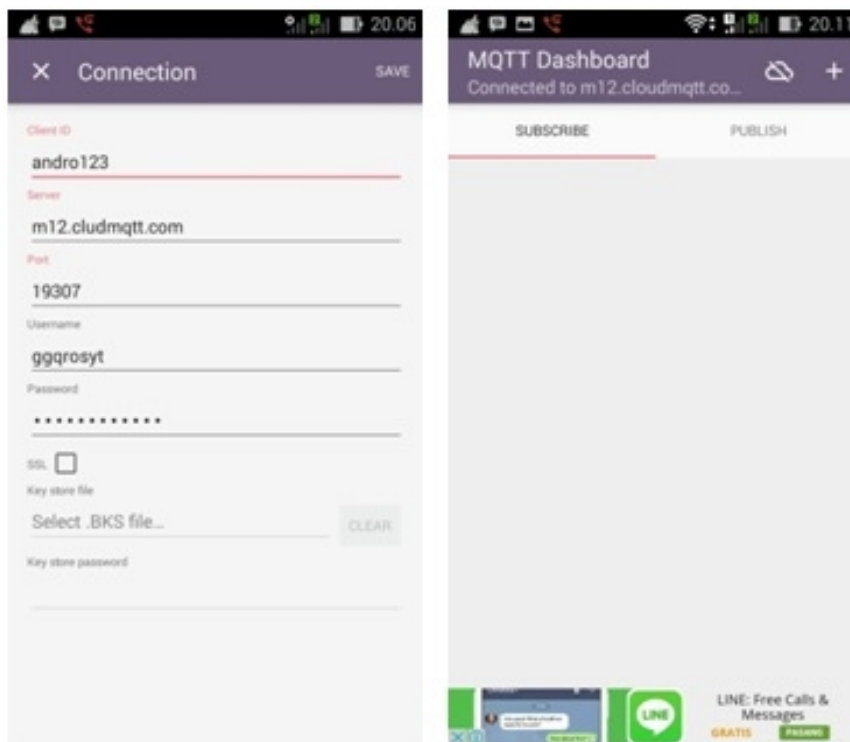
Gambar 14 Tampilan program Basic4Android

C. Performansi Sistem

C.1. Koneksi antara *smarthphone* Asus Zenfone 5, *ethernet shield*, dan web (www.cloudmqtt.com)

Koneksi antara *smarthphone* Asus Zenfone 5, *Arduino ethernet shield W5100*, dan web dengan

aplikasi *MQTT Dashboard* yang dipasang pada *smarthphone* Android versi 4.4.2 KitKat. Tampilan aplikasi *MQTT Dashboard*, seperti ditunjukkan pada Gambar 15.

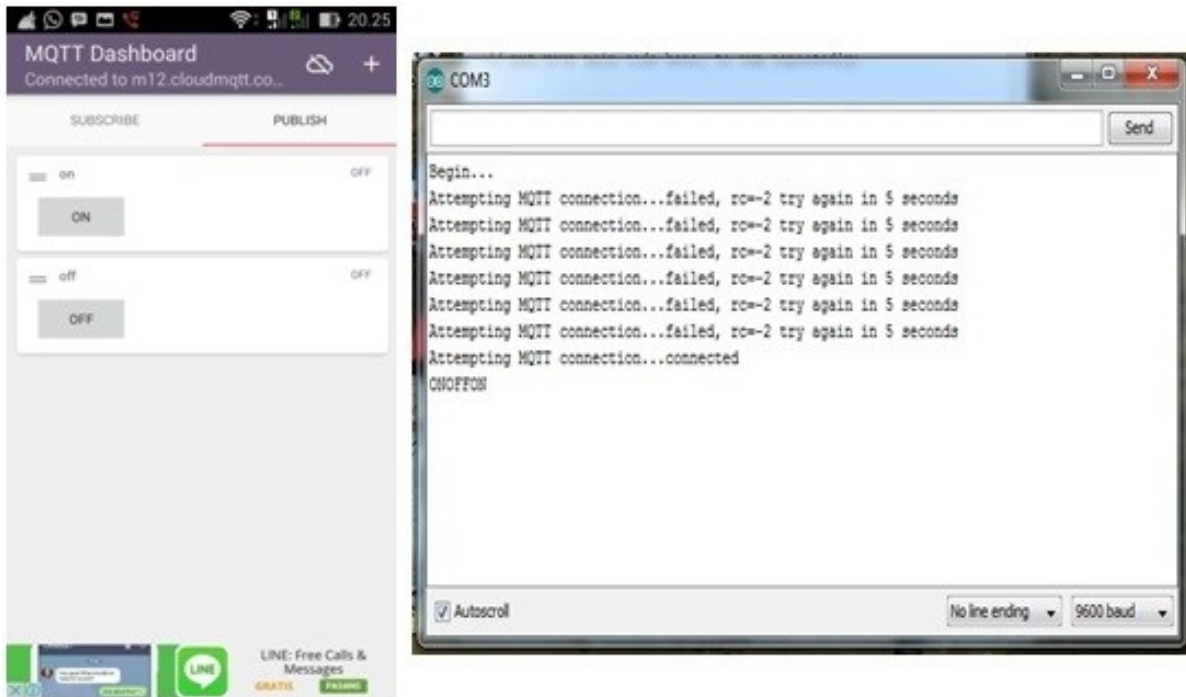


Gambar 15 Tampilan aplikasi MQTT Dashboard

Berdasarkan Gambar 15 ditunjukkan, bahwa dilakukan pengukuran untuk mengetahui beroperasi atau tidak *button* yang dibuat diaplikasi yang terkoneksi ke Internet berupa instruksi yang diberikan

dari mikrokontroler *Arduino Uno R3* untuk pergerakan *solenoid*.

Tampilan utama aplikasi dan pengetesan koneksi, seperti ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16 Tampilan utama aplikasi dan pengetesan koneksi

Berdasarkan Gambar 16 ditunjukkan, bahwa dalam form serial monitor, mikrokontroler Arduino Uno R3 terkoneksi dengan web MQTT, sehingga *button ON* atau *OFF* pada peranti berbasis Android sudah dapat digunakan.

C.2.Koneksi antara bluetooth HC-05 dan smartphone Asus Zenfone 5

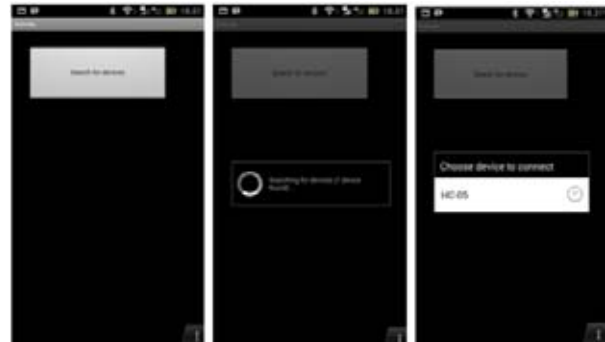
Koneksi bertujuan untuk mengetahui, apakah modul *bluetooth* HC-05 dapat berkomunikasi dengan peranti berbasis Android. Peng-install-an aplikasi Android yang telah dibuat dengan *software* Basic 4 Android untuk berkomunikasi dengan *bluetooth*. Tampilan aplikasi yang sudah ter-install di peranti berbasis Android, seperti ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17 Tampilan aplikasi yang sudah ter-install di peranti berbasis Android

Setelah ter-install, dilakukan pembukaan aplikasi pengunci pintu yang terpasang di peranti berbasis Android. Masuk *layer* pertama, pencarian *device bluetooth* HC-05. Setelah itu dimasukkan *PIN bluetooth default* (1234), kalau *PIN* sudah benar lalu ditampilkan *layer* perintah buka, tutup, dan tombol set waktu otomatis pengunci.

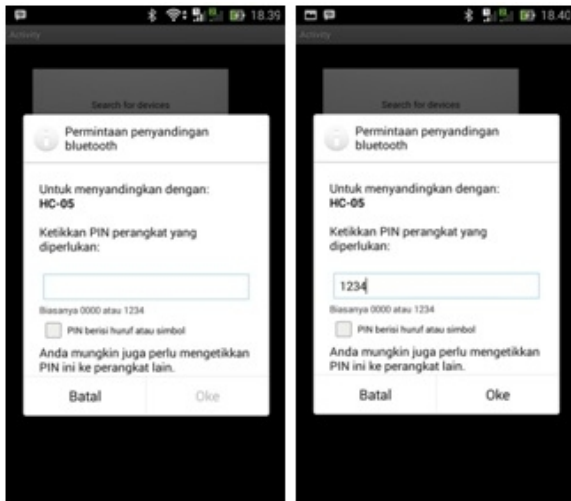
Tampilan proses aplikasi pendeteksian modul *bluetooth* HC-05, seperti ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18 Tampilan proses aplikasi pendeteksian modul bluetooth HC-05

Berdasarkan Gambar 18 ditunjukkan, bahwa terdapat tombol untuk pencarian perangkat *Bluetooth*, sampai terjadi perangkat *bluetooth* terdeteksi. Setelah *bluetooth* HC-05 terdeteksi, dilakukan peng-klik-an, maka muncul permintaan penyingkapan perangkat *bluetooth*.

Tampilan proses penyingkapan modul *bluetooth*, seperti ditunjukkan pada Gambar 19.

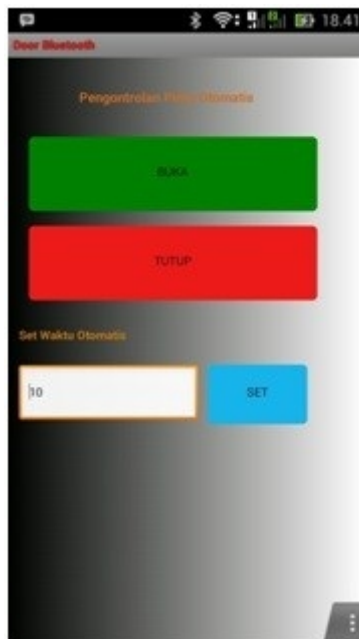


Gambar 19 Tampilan proses penyandingan modul Bluetooth

Berdasarkan Gambar 19 ditunjukkan, bahwa melalui pemasukan PIN bluetooth default (1234), kalau PIN sudah benar lalu ditampilkan menu utama.

C.3. Pengoperasian melalui layar smartphone Asus Zenfone 5 untuk pembukaan atau penutupan pada solenoid.

Tampilan menu utama pada aplikasi pengunci pintu, seperti ditunjukkan pada Gambar 20.



Gambar 20 Tampilan menu utama pada aplikasi pengunci pintu

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan bahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sesuai tujuan penelitian.

- 1) Perolehan sistem pengendali solenoid untuk penggerakan kunci pintu, berupa a) integrasi mikrokontroler Arduino UNO R3, bluetooth HC-05, dan Arduino ethernet shield W5100; b)

pemasangan software Arduino versi 1.6.0 untuk meng-compile dan uploading bahasa heksak ke peranti mikrokontroler Arduino UNO R3.

- 2) Perolehan aplikasi berbasis Basic4Android, berupa: a) pemasangan aplikasi pada smartphone dan pengunduhan aplikasi dari Internet; b) pengunduhan software dan pembuatan aplikasi pada komputer personal dan smartphone; c) pemasangan software pada komputer personal dan smartphone; dan d) file dalam format .apk.
- 3) Performansi sistem diukur melalui: a) koneksi antara smartphone, ethernet shield, dan web (www.cloudmqtt.com); b) koneksi antara bluetooth dan smartphone; dan c) perintah pengoperasian dari layar smartphone untuk penggerakan kunci pintu melalui solenoid.

B. Saran

Untuk melengkapi kesimpulan, diperlukan pengembangan macam dan metode pengukuran terhadap kinerja sistem pengendali solenoid untuk penggerakan kunci pintu, penambahan terhadap sejumlah aktuator untuk penggerak listrik maupun mekanis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Forouzan, Behrouz A., *TCP/IP Protocol Suite* (Fourth Edition), McGraw-Hill, New York, 2006 pp.7-8
- [2] Anonim, *Protokol (komputer)*, Wikipedia, ____, ____, (29 Juni) 2016 [https://id.wikipedia.org/wiki/Protokol_\(komputer\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Protokol_(komputer)) (diunduh 30 Agustus 2016)>
- [3] Anonim, *Internet*, Wikipedia, ____, (August 2), 2016 <https://id.wikipedia.org/wiki/Internet> (diunduh 30 Agustus 2016).
- [4] Anonymous, *What is Bluetooth Technology* ____, the Bluetooth SIG inc., Kirkland, 2016 <https://www.bluetooth.com/> (diunduh 30 Agustus 2016).
- [5] Anonim, *Bluetooth*, Wikipedia, ____, (20 April) 2016 <https://id.wikipedia.org/wiki/Bluetooth> (diunduh 30 Agustus 2016).
- [6] Anonymous, *BlueCoreTM4-External Product Data Sheet*, Cambridge Silicon Radio Limited, ____, 2005 <http://yourduino.com/docs/CSR-BC417-datasheet.pdf> (diunduh 30 Januari 2016).
- [7] Anonymous, *HC-05 -Bluetooth to Serial Port Module*, Itead, ____, (June, 18) 2010 ftp://imall.iteadstudio.com/Modules/IM120723009/DS_IM120723009.pdf atau http://www.robotshop.com/media/files/pdf/rb-ite-12-bluetooth_hc05.pdf (diunduh 30 Januari 2016).
- [8] Anonymous, *HC-03/05 Embedded Bluetooth Serial Communication Module AT Command Set*, ____, ____, (revised: April) 2011 http://www.linotux.ch/arduino/HC-0305_serial_module_AT_command_set_201104_revised.pdf (diunduh 30 Januari 2016).
- [9] Anonymous, *HC Serial Bluetooth Products User Instructional Manual*, ____, ____, ____, https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/hc_hc-05-user-instructions-bluetooth.pdf (diunduh 30 Januari 2016).
- [10] Anonymous, *BlueTooth-HC05-HC06-Modules-How-To*, ____, ____, <https://arduino-info.wikispaces.com/BlueTooth-HC05-HC06-Modules-How-To?responseToken=d0c4d94945cd60b8a593121f35594f58> (diunduh 30 Januari 2016).
- [11] Anonim, *Sejarah Kunci*, Wikipedia, ____, (12 Desember) 2015 https://id.wikipedia.org/wiki/Sejarah_kunci (diunduh 30 Januari 2016).
- [12] Anonim, *Mengapa Ada Begitu Banyak Kejahatan yang Penuh Kekerasan Sekarang?*, ____, ____, (tanpa tahun)

- <http://wol.jw.org/id/wol/d/r25/lp-in/102003482> (diunduh 30 Agustus 2016).
- [13] Anonymous, *Arduino*, Wikipedia, ____, (September, 15) 2016 <https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino> (diunduh 16 September 2016).
- [14] ATMEL, *8-bit Microcontroller with 32Kbytes In-System Programmable Flash*, ____, 2011 www.atmel.com/images/doc2503.pdf (diunduh 18 Mei 2014).
- [15] Anonymous, *Universal Serial Bus*, Wikipedia, ____, (8 Januari) 2106 https://id.wikipedia.org/wiki/Universal_Serial_Bus (diunduh 30 Januari 2016).
- [16] Di Cerbo, Manuel, *Android USB Host + Arduino: How to Communicate without Rooting Your Android Tablet or Phone*, ____, (February, 12) 2012 <http://android.serverbox.ch/?p=549> (diunduh 30 Januari 2016).
- [17] Anonymous, *How to Enable USB Host API Support*, ____, (June, 5) 2015 <https://github.com/452/USBHIDTerminal/wiki/How-to-enable-USB-host-API-support> (diunduh 30 Januari 2016).
- [18] Anonymous, *Android USB Host API - How to Find Driver for USB (Prolific) Communication*, Stack Exchange Inc; , ____, (September, 16) 2016 <http://stackoverflow.com/questions/18116518/android-usb-host-api-how-to-find-driver-for-usb-prolific-communication> (diunduh 18 September 2016).
- [19] Mathavan, Hariharan, *Communicate with Your Arduino Through Android*, ____, (October, 16) 2015 <http://www.allaboutcircuits.com/projects/communicate-with-your-arduino-through-android/> (diunduh 30 Januari 2016).
- [20] Anonymous, *Android + Arduino (USB), Android + OpenCV (or other image library)*, ____, 2015 <https://www.upwork.com/job/Android-Arduino-USB-Android-OpenCV-other-image-library~018c2ca5bf500b3209/> (diunduh 30 Agustus 2016).
- [21] Anonymous, *Android KitKat*, Wikipedia, ____, (September, 14) 2016 https://en.wikipedia.org/wiki/Android_KitKat (diunduh 18 September 2016).
- [22] Anonymous, *Solenoid*, Wikipedia, ____, (August, 3) 2015 <https://en.wikipedia.org/wiki/Solenoid> (diunduh 30 Agustus 2016).
- [23] Anonymous, *Arduino Ethernet Shield*, Arduino, ____, 2015 <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield> (diunduh 30 Agustus 2016).
- [24] Anonymous, *Basic 4 Android: Beginner's Guide* (Edition 1.6), ____, 2011 http://d1.amobbs.com/bbs_upload782111/files_53/ourdev_724596SVV4X2.pdf (diunduh 30 Januari 2015).
- [25] Seagrave, Wyken, *Basic 4 Android: Easiest and Most Powerful Rapid App Development (tool available)*, Penny Press, Coventry (UK), 2013 <http://pennypress.co.uk/wp-content/uploads/2014/01/Basic4AndroidSamplePages.pdf> (diunduh 30 Januari 2015).
- [26] Boluvisako, *Basic4android: B4A Beginner Tutorial - Pin Login*, ____, (March, 20) 2016 <http://www.sourcecodester.com/category/tags/basic4android> (diunduh 30 Agustus 2016).
- [27] Gustaman, Teguh Arif, *Pengendali Pintu Gerbang Menggunakan Bluetooth Berbasis Mikrokontroler ATmega8*, ____, Yogyakarta, (tanpa tahun) [http://eprints.uny.ac.id/10161/1/Jurnal%20TA%20Teguh%20Arif%20Gustaman%20\(09507131029\).pdf](http://eprints.uny.ac.id/10161/1/Jurnal%20TA%20Teguh%20Arif%20Gustaman%20(09507131029).pdf) (diunduh 30 Januari 2016).
- [28] Giyartono, Andik, Priadhana Edi Kresnha, *Aplikasi Android Pengendali Lampu Rumah Berbasis Mikrokontroler ATmega328*, Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2015 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta , 17 November 2015 hal.(TNIF-003)1-9 <https://jurnal.umj.ac.id/index.php?journal=semnastek&page=article&op=view&path%5B%5D=521> (diunduh 30 Januari 2016).
- [29] Silvia, Ai Fitri, Erik Haritman, dan Yuda Muladi, *Rancang Bangun Akses Kontrol Pintu Gerbang Berbasis Arduino dan Android*, Electrans Vol.13, No.1 Maret 2014 <http://jurnal.upi.edu/electrans/view/2900/rancang-bangun-akses-kontrol-pintu-gerbang-berbasis-arduino-dan-android.html> (diunduh 15 Juni 2016).
- [30] Aryanta, Dwi, Arsyad Ramadhan Darlis, Asmarina Mushliha Jaya, *Perancangan dan Implementasi Prototype Kendali Peralatan Listrik melalui Internet*, Jurnal Reka Ilkomika Vol.02, No.02 Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional, Bandung 2014 hal.75-89 <http://jurnalonline.itenas.ac.id/index.php/rekaelkomika/article/view/506> (diunduh 30 Januari 2016).
- [31] Warangkiran, Immanuel, S.T.G. Kaunang, Arie S.M. Lumenta, Arthur M. Rumagit, *Perancangan Kendali Lampu Berbasis Android*. E-journal Teknik Elektro dan Komputer Vol.3 No.1 (2014), Jurusan Teknik Elektro FT UNSRAT, Manado, 2014 hal.1-8 <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/3827/3345> (diunduh 30 Januari 2016).
- [32] Bahri, Saeful, Ade Sudrajat, *Rancang Bangun Prototype Sistem Kontrol Jarak Jauh Berbasis Ponsel Android*, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Terapan (SNTT) 3 2015 Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2015 hal.1-6 https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/6208/2.%20SNTT_2015_submission_20%20Br1.pdf?sequence=1 (diunduh 17 Maret 2016).

Program Aplikasi Berbasis Bahasa C++ Untuk Pendeteksian Keberadaan Pelanggaran Terhadap *Traffic Light*

Sofi Maulana¹⁾, Ade Hendri Hendrawan²⁾, Andik Eko Kristus Pramuko³⁾, Arief Goeritno⁴⁾

¹⁾Alumni Jurusan/Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Email: sofimaulanaaa@gmail.com

²⁾Dosen Tetap (NIDN:0403106805) dan Kepala Laboratorium *Net-Centric Computing*,
Jurusan/Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Email: hendri@ft.uika-bogor.ac.id

³⁾Dosen Tetap (NIDN: 0406116206) Jurusan/Program Studi Teknik Informatika,
Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Email: andik.eko@ft.uika-bogor.ac.id

⁴⁾Dosen Tetap (NIDN: 0430016301) dan Kepala Laboratorium Instrumentasi dan Otomasi,
Jurusan/Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Email: arief.goeritno@ft.uika-bogor.ac.id

Abstract - *Constructing program based on application programs in C ++ for detecting the existence of a violation against the traffic light have been done, through: 1) the integration of the modules of microcontroller Arduino UNO R3, Light Dependent Resistance (LDR), OV0706 camera, and SD-card; 2) getting the Integrated Development Environment (IDE) Arduino version 1.6.11, compiling and uploading the C ++ language to microcontroller Arduino UNO R3; 3) examination and verification language C ++ that has been downloaded to the Arduino UNO R3; 4) The IDE Arduino software downloads and libraries; 5) installation of software on the personal computer (PC); 6) conversion algorithms into C ++ syntax; 7) uploading the C ++ language that has been made in the IDE Arduino software into the microcontroller Arduino UNO R3; 8) connecting inter modules between Arduino UNO R3, LDR, OV0706 camera, and SD-card, and 9) Capturing the image and then into stored on the SD-card, periodically downloaded and stored in a storage on personal computers.*

Keywords: *C ++ language, Arduino UNO R3, a traffic light.*

I. PENDAHULUAN

Bahasa C++ merupakan bahasa pemrograman[1-8] untuk dukungan terhadap perprograman berorientasi objek (*Object Oriented Programming, OOP*)[8,9,7] yang bersifat *case sensitive*, sehingga terdapat perbedaan antara huruf besar dan kecil[8]. Perlu kehati-hatian dalam penulisan setiap instruksi, yaitu: a) setiap instruksi harus ditulis dalam huruf kecil[8] dan b) terdapat perbedaan dalam penulisan variabel dengan huruf kecil dan besar[8], dan konsep kompilasi dan eksekusi program dalam bahasa C++ dibutuhkan sejumlah tahapan[8]. Sejumlah tahapan pada pertulisan dengan bahasa C++, yaitu keberadaan: *source code, preprocessor, compiler, assembler, link editor*, dan berakhir dengan *file* berformat *exe*[8]. Model data berorientasi objek dikatakan memiliki sejumlah keunggulan, yaitu dapat memberi fleksibilitas berlebih, kemudahan pengubahan

program, dan dapat digunakan luas dalam [teknik perangkat lunak](#) dalam skala besar[9].

Perkembangan peranti mikroelektronika berbasis sistem komputer semakin pesat dan telah berperan penting dalam berbagai lini kehidupan manusi saat ini. Salah satu peran penting tersebut, adalah implementasi sejumlah peranti mikroelektronika terintegrasi dan terprogram pada proses pendeteksian dalam lalu-lintas berkendaraan[10-14]. Integrasi keberadaan pelanggaran terhadap: i) marka jalan dan rambu-rambu lalu[10-14], ii) pengaturan lampu lalu-lintas (*traffic light*), dan dalam berkendara, dimana setiap pelanggaran dapat dideteksi[10-14]. Sejumlah peranti mikroelektronika diintegrasikan menjadi sebuah sistem pendeteksi keberadaan pelanggaran terhadap *traffic light*, yaitu mikrokontroler Arduino UNO R3[15,16], kamera pengawas[17], modul sensor *Light Dependent Resistor (LDR)*, dan modul media penyimpan (*storage disk*). Komunikasi antara sistem komputer[18] dan peralatan lainnya dengan bantuan bahasa C++[8,9].

Berdasarkan uraian tersebut sebagai latar belakang, maka dipabrikasi sebuah sistem pendeteksian keberadaan pelanggaran terhadap *traffic light* berbasis pemrograman bahasa C++[8,9], melalui tujuan penelitian, yaitu: a) memperoleh sistem terintegrasi berbasis mikrokontroler Arduino UNO R3 untuk pendeteksian, b) memperoleh program aplikasi berbasis bahasa C++, dan c) memperoleh kinerja sistem terintegrasi untuk pendeteksian melalui uji validasi.

II. KAJIAN LITERATUR

Perancangan prototipe *traffic light* berbasis mikrokontroler AT89S52 berupa evaluasi hasil kinerja sistem[9] ditunjukkan, bahwa (i)

penggunaan sensor infra merah belum dapat mendeteksi jarak dalam jangkauan cukup jauh, kelemahan sensor infra merah ialah mudah terganggu infra merah alam yang dipancarkan oleh matahari, (iii) penggunaan sebuah mikrokontroler untuk koordinasi seluruh *traffic light* sangat sulit, sehingga pengaturan dilakukan secara bergantian, (iv) mikrokontroler yang digunakan masih tipe lama, yaitu mikrokontroler AT89S52 dan berbasis bahasa *BasCom*[19]. Alat yang dirancang mampu mendeteksi pengendara yang melanggar lampu lalu-lintas terhadap marka jalan, yaitu ketika terdeteksi keberadaan pelanggar, maka kamera langsung mengambil gambar. Pengambilan gambar dari satu arah saja dan *port* yang digunakan masih *port* DB 25[18], belum dengan *USB 2.0*[11]. Suatu analisis dan perancangan sistem ketertiban marka jalan pada lampu merah dengan sensor ultrasonik berbasis Arduino telah dibuat sebagai suatu sistem untuk ketertiban kepatuhan terhadap marka jalan pada lampu merah dengan hasil akhir berupa bukti gambar pelanggaran[14].

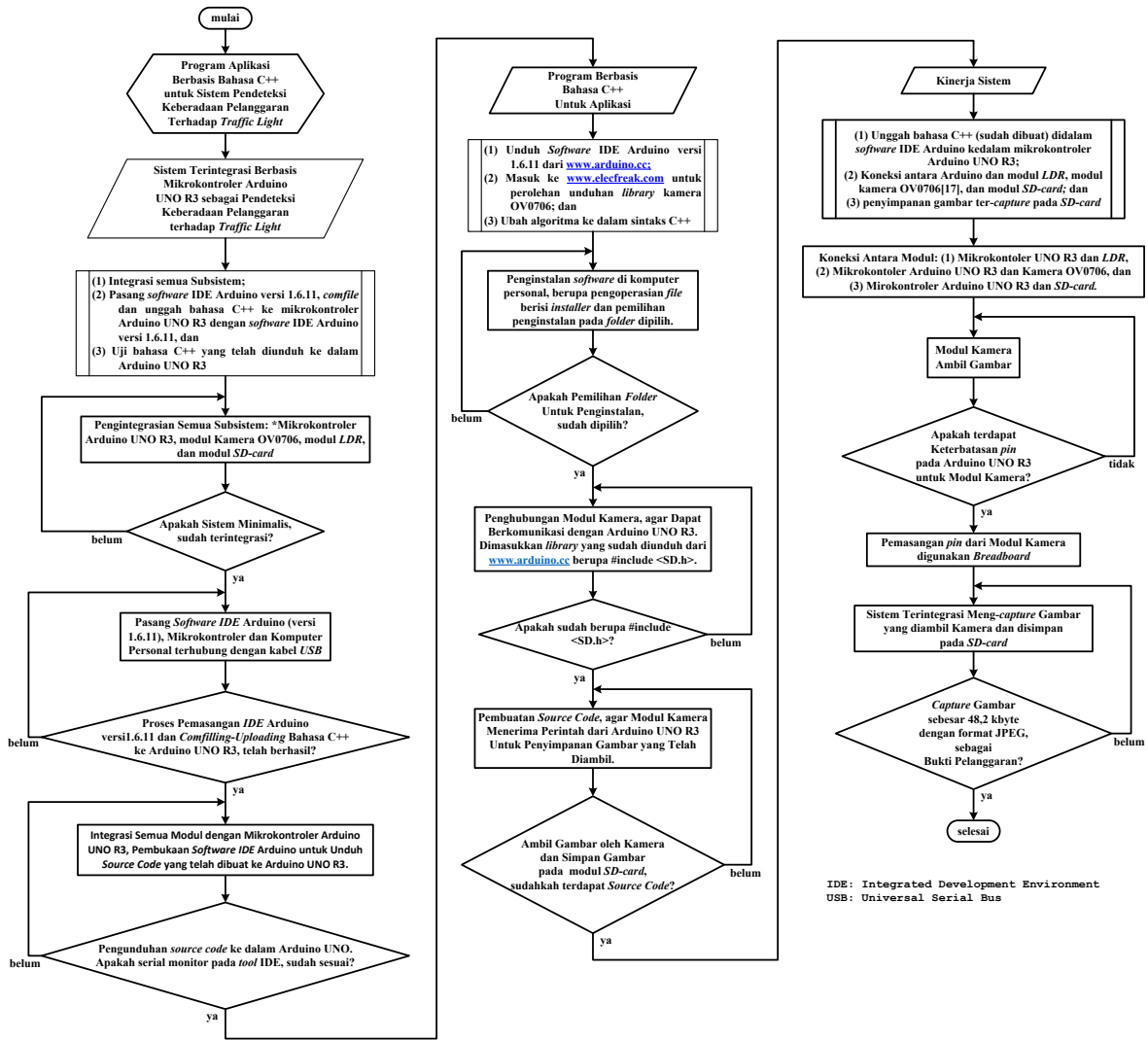
Seperangkat pengatur *timer* lampu lalu-lintas berdasarkan antrian kendaraan pada miniatur perempatan jalan raya. Kesimpulan akhir berupa: (i) pengaturan *timer* pada lampu lalu lintas berdasarkan antrian kendaraan dengan pemanfaatan *LASER* dan modul *LDR* berbantuan mikrokontroler ATmega8535, (ii) penggunaan 4 buah sensor *LDR* pada miniatur perempatan jalan raya, bahwa perangkat mampu mendeteksi perbedaan panjang antrian pada perempatan jalan raya lajur searah, (iii) pada miniatur perempatan jalan ini diperoleh, bahwa antrian dikatakan padat saat jumlah mobil/kendaraan yang berjejer kebelakang sebanyak 3 baris yang dideteksi oleh sensor

LDR berdasarkan pemotongan terhadap cahaya dari *LASER*, dan (iv) cahaya luar dapat mengganggu kinerja sensor, sehingga dibutuhkan pelindung yang dipasangkan pada sensor *LDR*, agar kinerja yang dihasilkan menjadi baik dan maksimal[12].

Sistem terintegrasi berisi sejumlah mikroelektronika dalam bentuk prototipe pendeteksi terhadap pelanggaran terhadap lampu lalu-lintas dengan kamera sebagai pendukung sistem yang berbasis bahasa Visual Basic versi 6 dan mikrokontroler ATmega16 yang dipadukan dengan sensor dan RS-232[13]. Perangkat lunak untuk mendukung kinerja alat ini dibuat menggunakan pemrograman bahasa C yang di-*compile* dengan CV-AVR, kemudian diunggah ke mikrokontroler ATmega16. *Visual Basic 6* berperan guna mengkomunikasikan antara mikrokontroler ATmega16 dan perangkat komputer, juga dirancang sebagai tampilan yang sangat memudahkan[13] pengguna (*user friendly*). Alat ini dapat diterapkan dalam kehidupan nyata. Parameter yang digunakan untuk pendeteksian pelanggaran terhadap lampu lalu lintas, adalah ketika pengendara kendaraan bermotor tetap melaju pada kondisi lampu lalu lintas berwarna merah. Hasil dari pendeteksian pelanggaran ini berupa gambar berformat (*.bmp) yang telah disertakan waktu kejadian pelanggaran seperti tanggal, bulan, tahun, jam, menit, detik secara *realtime*[13].

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian, agar setiap tujuan penelitian diperoleh. Diagram alir metode penelitian, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir metode penelitian

Berdasarkan Gambar 1 ditunjukkan, bahwa metode penelitian digunakan untuk perolehan setiap tujuan penelitian. Berkenaan dengan tujuan penelitian kesatu, yaitu perolehan sistem terintegrasi pendeteksi berbasis mikrokontroler Arduino UNO R3 keberadaan pelanggaran terhadap *traffic light* yang dilakukan melalui: i) pemilihan dan pengintegrasian mikrokontroler Arduino, modul *LDR*, seperangkat kamera OV0706, dan modul *SD-card*; ii) pemasangan *software IDE Arduino* versi 1.6.11, meng-*comfile* dan mengunggah bahasa C++ ke mikrokontroler Arduino UNO R3 dengan perangkat lunak IDE Arduino versi 1.6.11, dan iii) pengujian bahasa C++ yang telah diunduh ke dalam Arduino UNO R3[16]. Berkenaan dengan tujuan penelitian kedua, yaitu perolehan aplikasi berbasis program C++ yang

dilakukan melalui: i) pengunduhan perangkat lunak (*software*) IDE Arduino dan *library*-nya, ii) peng-install-an perangkat lunak di komputer personal, iii) pengubahan algoritma ke dalam sintaks C++. Berkenaan dengan tujuan penelitian ketiga, yaitu perolehan kinerja sistem yang dilakukan melalui: i) pengunggahan bahasa C++ yang sudah dibuat didalam perangkat lunak IDE Arduino kedalam mikrokontroler Arduino UNO R3, ii) pengkoneksian antara Arduino dan modul *LDR*, modul kamera OV0706[17], dan modul *SD-card*, dan iii) penyimpanan gambar *ter-capture* pada *SD-card* kemudian diunggah ke dalam *storage disk* pada komputer personal.

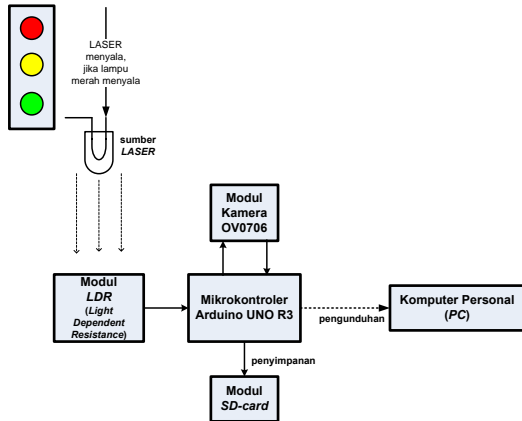
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan diuraikan sesuai tujuan dan metode penelitian. Bahasa pemrograman berbasis

bahasa C++ difungsikan sebagai eksekutor terhadap setiap masukan dan keluaran yang digunakan.

A. Sistem Terintegrasi Berbasis mikrokontroler Arduino UNO R3 Untuk Pendeteksian

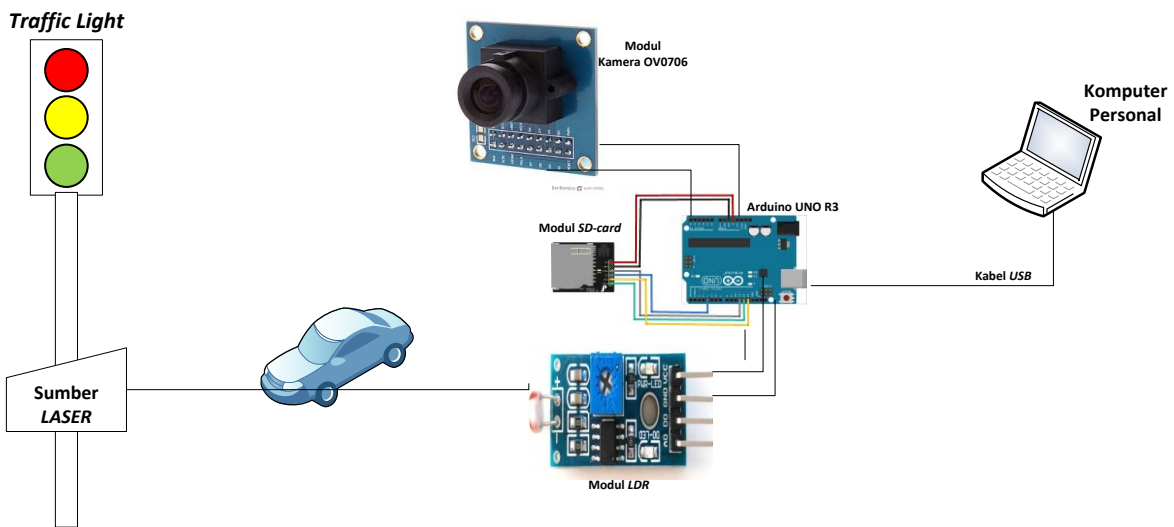
Tahap pembuatan sistem berdasarkan keberadaan perangkat keras dilakukan dengan pemilihan komponen yang disesuaikan dengan fungsi sistem. Secara keseluruhan sistem terdiri atas sejumlah subsistem. Diagram blok sistem pendeteksi untuk perolehan gambar pelanggaran terhadap *traffic light*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram blok sistem pendeteksi untuk perolehan gambar pelanggaran terhadap *traffic light*

A.1 Integrasi modul mikrokontroler Arduino UNO R3, LDR, kamera OV0706, dan SD-card

Tahapan ini digunakan untuk rancangan sebelum dilakukan suatu implementasi pembuatan sistem pendeteksi. Sistem dibangun untuk pendeteksi keberadaan pelanggaran marka jalan di tempat keberadaan *traffic light*. Kebutuhan minimum terhadap sistem, adalah untuk pengambilan dan penyimpanan gambar yang direpresentasikan oleh *SD-card*. Diagram skematis sistem pendeteksian keberadaan pelanggaran terhadap *traffic light*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram skematis sistem pendeteksian keberadaan pelanggaran terhadap *traffic light*

Berdasarkan Gambar 3 ditunjukkan, bahwa alur operasi sistem terintegrasi untuk pendeteksian keberadaan pelanggaran *traffic light* dengan sumber *LASER* (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) dan empat bagian utama, yaitu: (i) modul mikrokontroler Arduino UNO R3, (ii) modul LDR, (iii) modul kamera, dan (iv) modul *SD-card*. Modul-modul tersebut merupakan penentuan dari hasil analisis berbagai pilihan. Saat LDR tidak terkena cahaya, karena cahaya dari LASER tertutup oleh kendaraan, maka LDR mengirim pulsa 1 (*input*) kepada mikrokontroler, setelah itu mikrokontroler memberi perintah kepada kamera untuk pengambilan gambar.

Setelah gambar di ambil, kamera mengirim kembali ke mikrokontroler. Proses selanjutnya, mikrokontroler mengeksekusi perintah dari kamera, selanjutnya memberi perintah kepada *SD-Card* untuk penyimpanan gambar.

A.2 Installing untuk software IDE Arduino versi 1.6.11 dan *comfilling* dan *uploading* bahasa C++ ke Arduino UNO R3

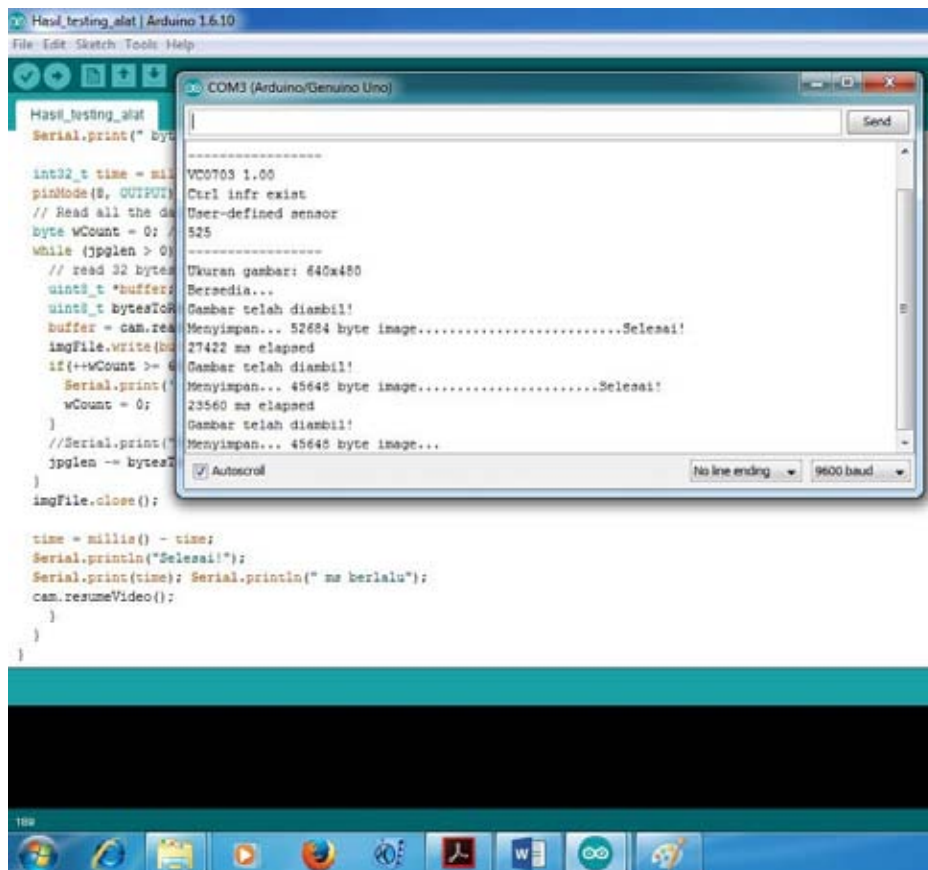
Software IDE Arduino versi 1.6.11 dimasukkan ke mikrokontroler Arduino UNO R3 dari komputer

personal melalui kabel *USB*. Dipilih *upload* pada *tools* Arduino UNO R3 sampai tulisan *successfully* muncul. Proses *installing* IDE Arduino versi 1.6.11 dan *comfiling* dan *uploading* bahasa C++ ke Arduino UNO R3 telah berhasil

A.3 Uji verifikasi bahasa C++ yang telah diunduh ke dalam Arduino UNO R3

Setelah koneksi antara modul Arduino UNO R3 dan *LDR*, kamera OV0706, dan *SD-card*, dilakukan langkah uji verifikasi. Pemasangan semua modul, agar

terhubung modul ke mikrokontroler Arduino UNO R3, kemudian pembukaan aplikasi IDE Arduino UNO R3 untuk pengunduhan (downloading) *source code* yang telah dibuat ke dalam Arduino UNO R3. Proses selanjutnya, setelah pengunduhan *source code* ke dalam Arduino UNO, adalah uji terhadap serial monitor pada pada *tool* IDE. Kondisi keberadaan keberhasilan penanaman *source code* pada Arduino UNO R3, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Kondisi keberadaan keberhasilan penanaman *source code* pada Arduino UNO R3

Berdasarkan Gambar 4 ditunjukkan, bahwa *source code* yang telah ditanam di dalam Arduino UNO telah beroperasi.

B. Aplikasi Berbasis Bahasa Pemrograman C++

B.1 Unduhan software IDE Arduino versi 1.6.11 dan library

Dua langkah dalam pengunduhan software IDE ARduino versi 1.6.11, adalah i) pengunduhan perangkat lunak IDE Arduino versi 1.6.0 dari www.arduino.cc dan ii) masuk ke dalam www.electfreak.com untuk perolehan unduhan *library* bagi kamera OV0706.

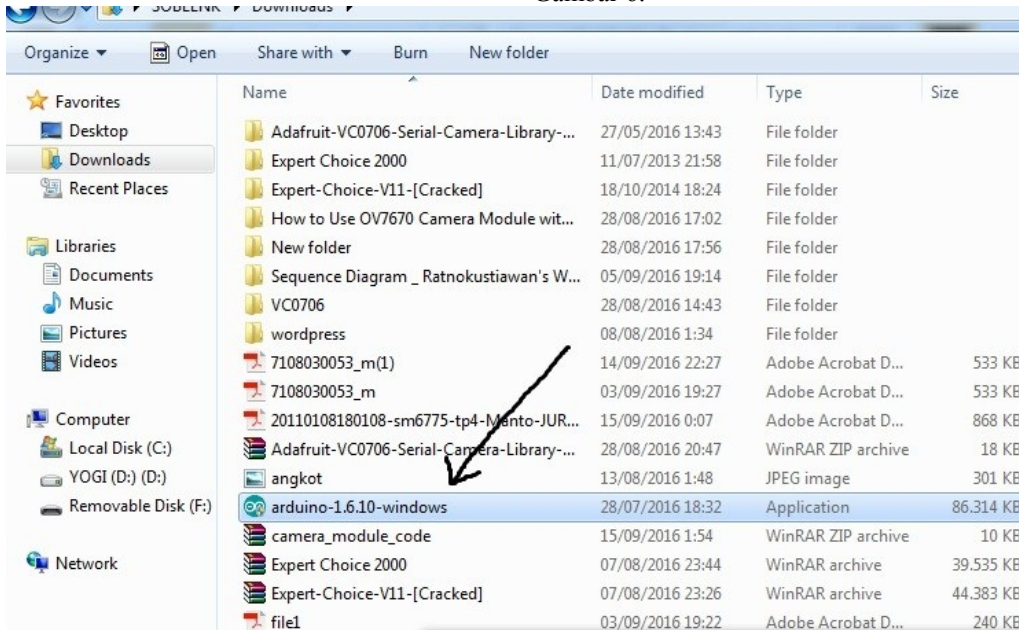
- 1) Pengunduhan software IDE Arduino versi 1.6.0 dari www.arduino.cc, dipilih *file* unduh windows installer, maka *file* yang diperoleh dalam bentuk .exe. Tampilan langkah pengunduhan dari

www.arduino.cc, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



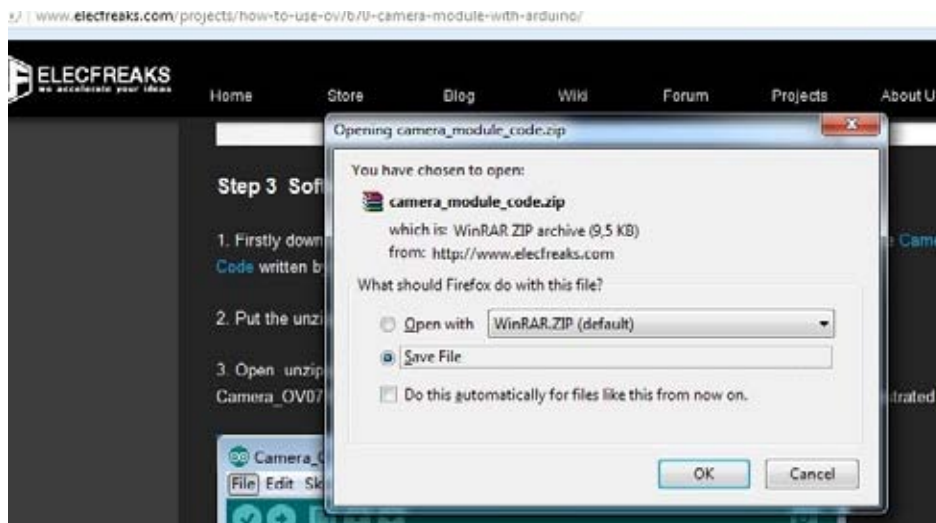
Gambar 5 Tampilan langkah pengunduhan dari www.arduino.cc

Tampilan hasil unduhan dari www.arduino.cc berupa file dalam bentuk .exe, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Tampilan hasil unduhan dari www.arduino.cc berupa file dalam bentuk .exe

- 2) Pemasukan ke dalam www.electfreak.com untuk mendapatkan unduhan library kamera OV0706
 Langkah permintaan terhadap driver untuk kamera OV0706 melalui www.electfreak.com. Tampilan keberhasilan perolehan *driver* untuk modul kamera OV0706 dengan penyimpanan file dalam bentuk .zip, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Tampilan keberhasilan perolehan *driver* untuk modul kamera OV0706 dengan penyimpanan file dalam bentuk .zip

B.2 Peng-install-an perangkat lunak di komputer personal

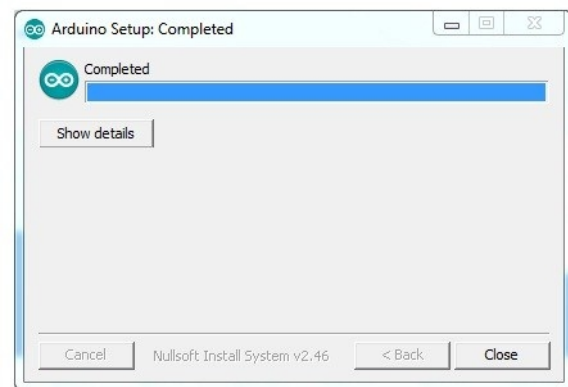
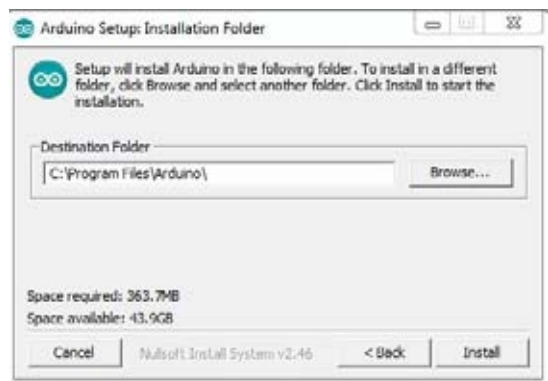
Tahapan untuk penginstalan *software* di komputer personal, berupa pengoperasian *file installer* dan pemilihan penginstalan pada *folder*.

- 1) *File* yang berisi *installer* dioperasikan, maka muncul jendela “license agreement”, selanjutnya dipilih “I Agree”. Tampilan untuk pemilihan “I Agree”, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Tampilan untuk pemilihan “I Agree”

- 2) Pemilihan *folder* tempat penyimpanan pada C:\Program file\Arduino\, kemudian dipilih *install* dan ditunggu sampai *complete*. Tampilan pemilihan *folder* tempat penyimpanan sampai kondisi lengkap, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Tampilan pemilihan *folder* tempat penyimpanan sampai kondisi lengkap

B.3 Pengubahan algoritma ke dalam sintaks C++

Terdapat tiga kondisi pada pengubahan algoritma ke dalam sintaks C++, yaitu i) saat modul *LDR* tidak menerima cahaya, ii) saat kamera memperoleh sinyal 1 dari modul *LDR*, dan iii) saat pengambilan gambar sudah dilakukan kamera.

- 1) Saat modul *LDR* tidak menerima cahaya, maka modul *LDR* kirim sinyal masukan (*input*) 1 kepada Arduino UNO R3 untuk pemberian perintah, agar pengambilan gambar, sedangkan apabila keberadaan cahaya diperoleh modul,

maka modul *LDR* kirim sinyal 0 atau sistem gagal dalam pengambilan gambar. Sintaks sintak C++, yaitu:

```
void loop() {
  int sensorVal=digitalRead(7);
  if(sensorVal==HIGH){
    delay(10);
    if (! cam.takePicture())
      Serial.println("Gagal mengambil gambar!");
    else
      Serial.println("Mengambil gambar!");
```

- 2) Saat kamera memperoleh sinyal 1 dari modul *LDR*, maka secara otomatis Arduino UNO R3 memberi perintah kepada modul kamera OV0706 untuk pengambilan gambar, namun *library* ini sebelumnya telah di download dari www.adafruit.com. *Source code* program *library* untuk pengaktifan perintah pada modul kamera, yaitu:

```
void setup() {
  #if !defined(SOFTWARE_SPI)
  #if defined(__AVR_ATmega1280__) ||
  defined(__AVR_ATmega2560__)
    if(chipSelect != 53) pinMode(53, OUTPUT);
    // SS on Mega
  #else
    if(chipSelect != 10) pinMode(10, OUTPUT);
    // SS on Uno, etc.
  #endif
  #endif
  pinMode(7, INPUT_PULLUP);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Capture Image menggunakan
  sensor laser pada lampu merah");
```

```
// see if the card is present and can be
initialized:
if (!SD.begin(4)) {
  Serial.println("Terjadi kesalahan pada
  kartu penyimpanan, atau tidak tersedia");
  // don't do anything more:
  return;
}
// Try to locate the camera
if (cam.begin()) {
  Serial.println("Perangkat kamera
  terdeteksi:");
} else {
  Serial.println("Perangkat kamera tidak
  ditemukan!");
  return;
}
// Print out the camera version information
(optional)
char *reply = cam.getVersion();
if (reply == 0) {
  Serial.print("Gagal mendapatkan versi
  dari kamera");
} else {
  Serial.println("-----");
  Serial.print(reply);
  Serial.println("-----");
}
cam.setImageSize(VC0706_640x480); //
biggest
uint8_t imgsize = cam.getImageSize();
Serial.print("Ukuran gambar: ");
if (imgsize == VC0706_640x480)
  Serial.println("640x480");
if (imgsize == VC0706_320x240)
  Serial.println("320x240");
if (imgsize == VC0706_160x120)
  Serial.println("160x120");
```

```
Serial.println("Bersedia untuk mengambil gambar...");
delay(3000);
}
```

3) Saat pengambilan gambar sudah dilakukan kamera, maka selanjutnya hasil gambar tersimpan dalam modul *SD-card*. Langkah selanjutnya, adalah penghubungan modul kamera, agar dapat berkomunikasi dengan Arduino UNO R3. Dimasukkan *library* yang sudah diunduh dari www.arduino.cc berupa `#include <SD.h>`. Proses selanjutnya adalah pembuatan *source code*, agar modul kamera dapat menerima perintah dari Arduino UNO R3 untuk penyimpanan gambar. *Source code* untuk simpan gambar, yaitu:

```
// Create an image with the name IMAGExx.JPG
char filename[13];
strcpy(filename, "IMAGE00.JPG");
for (int i = 0; i < 100; i++) {
    filename[5] = '0' + i/10;
    filename[6] = '0' + i%10;
    // create if does not exist, do not open
    // existing, write, sync after write
    if (!SD.exists(filename)) {
        break;
    }
}

// Open the file for writing
File imgFile = SD.open(filename,
FILE_WRITE);

// Get the size of the image (frame) taken
uint16_t jpglen = cam.frameLength();
Serial.print("Menyimpan... ");
Serial.print(jpglen, DEC);
Serial.print(" byte image.");

int32_t time = millis();
pinMode(8, OUTPUT);
// Read all the data up to # bytes!
byte wCount = 0; // For counting # of
writes
while (jpglen > 0) {
    // read 32 bytes at a time;
    uint8_t *buffer;
    uint8_t bytesToRead = min(32, jpglen); //
change 32 to 64 for a speedup but may not
work with all setups!
    buffer = cam.readPicture(bytesToRead);
    imgFile.write(buffer, bytesToRead);
    if(++wCount >= 64) { // Every 2K, give a
little feedback so it doesn't appear locked
up
        Serial.print('.');
        wCount = 0;
    }
    //Serial.print("Read          ");
Serial.print(bytesToRead,          DEC);
Serial.println(" bytes");
    jpglen -= bytesToRead;
}
imgFile.close();

time = millis() - time;
Serial.println("Selesai!");
Serial.print(time); Serial.println(" ms
berlalu");
cam.resumeVideo();
}
}
```

C. Kinerja sistem

Sejumlah hasil berdasarkan pengukuran kinerja sistem berbasis bahasa C++ untuk pendeteksian keberadaan pelanggaran terhafap *traffic light*, meliputi: *uploading* bahasa C++ yang telah dibuat ke dalam mikrokontroler Arduino UNO R3, kondisi pengkoneksian antara Arduino dan modul *LDR*, modul kamera OV0706, dan modul *SD-card*, dan penyimpanan gambar ter-capture pada *SD-card* kemudian diunggah kedalam storage PC

C.1 *Uploading bahasa C++ yang sudah dibuat didalam perangkat lunak IDE Arduino ke dalam mikrokontroler Arduino UNO R3*

Source code berbasis bahasa C++, yaitu:

```
// This is a basic snapshot sketch using the
VC0706 library.
// On start, the Arduino will find the camera
and SD card and
// then snap a photo, saving it to the SD
card.
// Public domain.

// If using an Arduino Mega (1280, 2560 or
ADK) in conjunction
// with an SD card shield designed for
conventional Arduinos
// (Uno, etc.), it's necessary to edit the
library file:
// libraries/SD/utility/Sd2Card.h
// Look for this line:
// #define MEGA_SOFT_SPI 0
// change to:
// #define MEGA_SOFT_SPI 1
// This is NOT required if using an SD card
breakout interfaced
// directly to the SPI bus of the Mega (pins
50-53), or if using
// a non-Mega, Uno-style board.
// This script has been modified by siamang77

#include <Adafruit_VC0706.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>

// comment out this line if using Arduino V23
or earlier
#include <SoftwareSerial.h>

// uncomment this line if using Arduino V23
or earlier
// #include <NewSoftSerial.h>

// SD card chip select line varies among
boards/shields:
// Adafruit SD shields and modules: pin 10
// Arduino Ethernet shield: pin 4
// Sparkfun SD shield: pin 8
// Arduino Mega w/hardware SPI: pin 53
// Teensy 2.0: pin 0
// Teensy++ 2.0: pin 20
#define chipSelect 10

// Pins for camera connection are
configurable.
// With the Arduino Uno, etc., most pins can
be used, except for
// those already in use for the SD card (10
through 13 plus
// chipSelect, if other than pin 10).
// With the Arduino Mega, the choices are a
bit more involved:
// 1) You can still use SoftwareSerial and
connect the camera to
```

```

// a variety of pins...BUT the selection
// is limited. The TX
// pin from the camera (RX on the Arduino,
// and the first
// argument to SoftwareSerial() MUST be
// one of: 62, 63, 64,
// 65, 66, 67, 68, or 69. If
// MEGA_SOFT_SPI is set (and using
// a conventional Arduino SD shield), pins
// 50, 51, 52 and 53
// are also available. The RX pin from
// the camera (TX on
// Arduino, second argument to
// SoftwareSerial()) can be any
// pin, again excepting those used by the
// SD card.
// 2) You can use any of the additional three
// hardware UARTs on
// the Mega board (labeled as RX1/TX1,
// RX2/TX2, RX3, TX3),
// but must specifically use the two pins
// defined by that
// UART; they are not configurable. In
// this case, pass the
// desired Serial object (rather than a
// SoftwareSerial
// object) to the VC0706 constructor.

// Using SoftwareSerial (Arduino 1.0+) or
// NewSoftSerial (Arduino 0023 & prior):
#if ARDUINO >= 100
// On Uno: camera TX connected to pin 2,
// camera RX to pin 3:
SoftwareSerial cameraconnection =
  SoftwareSerial(2, 3);
// On Mega: camera TX connected to pin 69
// (A15), camera RX to pin 3:
//SoftwareSerial cameraconnection =
  SoftwareSerial(69, 3);
#else
NewSoftSerial cameraconnection =
  NewSoftSerial(2, 3);
#endif

Adafruit_VC0706 cam =
  Adafruit_VC0706(&cameraconnection);

// Using hardware serial on Mega: camera TX
// conn. to RX1,
// camera RX to TX1, no SoftwareSerial object
// is required:
//Adafruit_VC0706 cam =
  Adafruit_VC0706(&Serial1);

void setup() {
  // When using hardware SPI, the SS pin MUST
  // be set to an
  // output (even if not connected or used).
  // If left as a
  // floating input w/SPI on, this can cause
  // lockuppage.
#if !defined(SOFTWARE_SPI)
#if defined(__AVR_ATmega1280__) ||
  defined(__AVR_ATmega2560__)
  if(chipSelect != 53) pinMode(53, OUTPUT);
  // SS on Mega
#else
  if(chipSelect != 10) pinMode(10, OUTPUT);
  // SS on Uno, etc.
#endif
#endif
  pinMode(7, INPUT_PULLUP);
  // pinMode(8, INPUT_PULLUP);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Capture Image menggunakan
  sensor laser pada lampu merah");

  // see if the card is present and can be
  // initialized:
  if (!SD.begin(4)) {
    Serial.println("Terjadi kesalahan pada
    kartu penyimpanan, atau tidak tersedia");
    // don't do anything more:
    return;
  }

  // Try to locate the camera
  if (cam.begin()) {
    Serial.println("Perangkat kamera
    terdeteksi");
  } else {
    Serial.println("Perangkat kamera tidak
    ditemukan!");
    return;
  }
  // Print out the camera version information
  // (optional)
  char *reply = cam.getVersion();
  if (reply == 0) {
    Serial.print("Gagal mendapatkan versi
    dari kamera");
  } else {
    Serial.println("-----");
    Serial.print(reply);
    Serial.println("-----");
  }

  // Set the picture size - you can choose
  // one of 640x480, 320x240 or 160x120
  // Remember that bigger pictures take
  // longer to transmit!
  cam.setImageSize(VC0706_640x480); //
  // biggest
  //cam.setImageSize(VC0706_320x240);
  // medium
  //cam.setImageSize(VC0706_160x120);
  // small

  // You can read the size back from the
  // camera (optional, but maybe useful?)
  uint8_t imgsize = cam.getImageSize();
  Serial.print("Ukuran gambar: ");
  if (imgsize == VC0706_640x480)
    Serial.println("640x480");
  if (imgsize == VC0706_320x240)
    Serial.println("320x240");
  if (imgsize == VC0706_160x120)
    Serial.println("160x120");

  Serial.println("Bersedia untuk mengambil
  gambar...");
  delay(3000);
}

void loop() {
  int sensorVal=digitalRead(7);
  // int sensorVal1=digitalRead(7);
  // int sensorVal2=digitalRead(8);
  // Serial.println(sensorVal);
  if(sensorVal==HIGH){
  // if(sensorVal1==HIGH && sensorVal2==HIGH)
  {
    delay(10);
    // if(sensorVal1==HIGH &&
    sensorVal2==HIGH){
    if (! cam.takePicture())
      Serial.println("Gagal mengambil gambar!");
    else
      Serial.println("Mengambil gambar!");

    // Create an image with the name
    IMAGExx.JPG

```

```

char filename[13];
strcpy(filename, "IMAGE00.JPG");
for (int i = 0; i < 100; i++) {
    filename[5] = '0' + i/10;
    filename[6] = '0' + i%10;
    // create if does not exist, do not open
    // existing, write, sync after write
    if (! SD.exists(filename)) {
        break;
    }
}

// Open the file for writing
File imgFile = SD.open(filename,
    FILE_WRITE);

// Get the size of the image (frame) taken
uint16_t jpglen = cam.frameLength();
Serial.print("Menyimpan... ");
Serial.print(jpglen, DEC);
Serial.print(" byte image.");

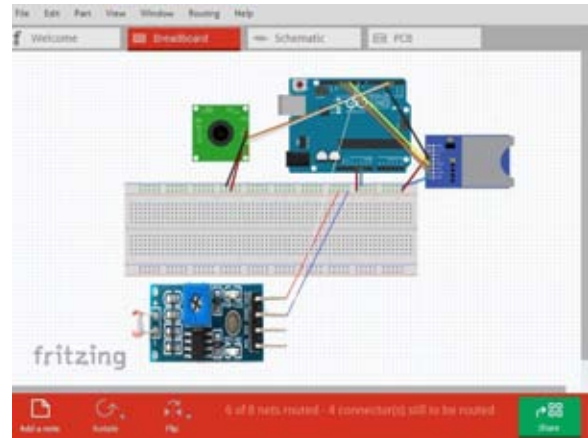
int32_t time = millis();
pinMode(8, OUTPUT);
// Read all the data up to # bytes!
byte wCount = 0; // For counting # of
    writes
while (jpglen > 0) {
    // read 32 bytes at a time;
    uint8_t *buffer;
    uint8_t bytesToRead = min(32, jpglen); //
    // change 32 to 64 for a speedup but may not
    // work with all setups!
    buffer = cam.readPicture(bytesToRead);
    imgFile.write(buffer, bytesToRead);
    if(++wCount >= 64) { // Every 2K, give a
        // little feedback so it doesn't appear
        // locked up
        Serial.print('.');
        wCount = 0;
    }
    //Serial.print("Read ");
    Serial.print(bytesToRead, DEC);
    Serial.println(" bytes");
    jpglen -= bytesToRead;
}
imgFile.close();

time = millis() - time;
Serial.println("Selesai!");
Serial.print(time); Serial.println(" ms
berlalu");
cam.resumeVideo();
}
}

```

C.2 Koneksi antara Arduino dan modul LDR, modul kamera OV0706, dan modul SD-card

Kondisi pengkoneksian antar subsistem (modul), seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Kondisi pengkoneksian antar subsistem (modul)

Berdasarkan Gambar 10 ditunjukkan, bahwa kondisi pengkoneksian antar subsistem, yaitu: antara modul mikrokontroler dan LDR, antara modul mikrokontroler dan kamera, dan antara modul, dan antara modul mikrokontroler dan SD-card.

- 1) Koneksi antara mikrokontroler Arduino UNO R3 dan LDR, yaitu:
 - a) pin GND pada modul LDR terhubung ke pin GND pada Arduino UNO R3,
 - b) pin VCC pada Module LDR terhubung ke pin VCC pada Arduino UNO R3, dan
 - c) pin DO pada modul Arduino UNO R3 terhubung ke pin 7 Arduino UNO R3.
- 2) Koneksi antara modul mikrokontroler Arduino UNO R3 dan kamera OV0706

Pengoneksian antara mikrokontroler dan kamera OV0706 bertujuan, agar modul kamera dapat mengambil gambar. Keterbatasan jumlah pin pada Arduino UNO R3, maka untuk pemasangan pin dari modul kamera digunakan breadboard yang sebelumnya telah dipasang kabel penghubung (jumper) antara pin GND dan pin VCC (5 volt) pada Arduino UNO R3, bahwa:

- a) pin VCC pada modul kamera terhubung ke pin (+) pada breadboard,
- b) pin GRD pada module kamera terhubung dengan pin (-) pada breadboard,
- c) pin RX pada Module kamera terhubung ke pin 3 pada Arduino UNO R3, dan
- d) pin TX pada Module Kamera terhubung ke pin 2 pada Arduino UNO R3.

Untuk keberadaan komunikasi antara Arduino UNO R3 dan kaamera, dimasukkan program library, yaitu: #include <Adafruit_VC0706.h>.

- 3) Koneksi antara modul Arduino UNO R3 dan SD-card

Terdapat konfigurasi pin pada modul Arduino UNO R3 dan SD-card pada breadboard dengan penjelasan berikut:

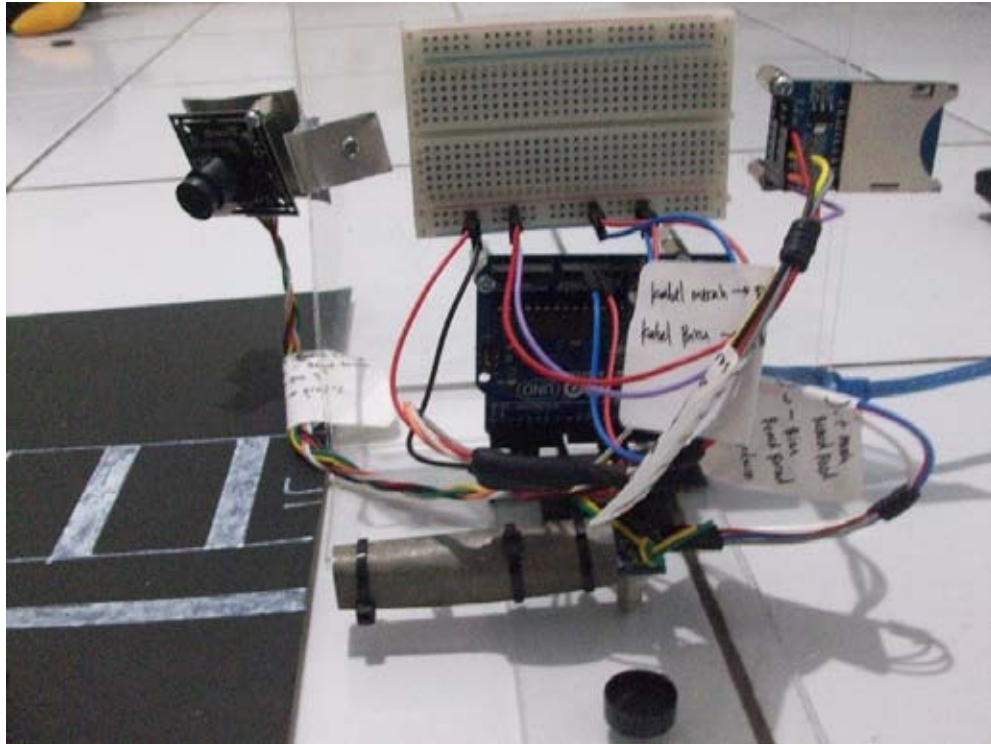
- a) pin VCC pada modul kamera terhubung ke pin (+) breadboard,
- b) pin MISO pada modul kamera terhubung ke pin 12 Arduino UNO R3,

- c) *pin* SCK pada modul kamera terhubung ke *pin* 13 Arduino UNO R3,
 d) *pin* MOSI pada modul Arduino UNO R3 terhubung ke *pin* 11 Arduino UNO R3,
 e) *pin* CS pada modul kamera terhubung ke *pin* 4 Arduino UNO R3, dan

- f) *pin* GRD pada modul kamera terhubung ke *pin* (-) pada Arduino UNO R3.

C.3 Gambar ter-capture disimpan pada SD-card kemudian diunggah ke dalam storage di PC

Integrasi sistem untuk *capture* keberadaan pelanggaran terhadap *traffic light* dan penyimpanannya, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Integrasi sistem untuk *capture* keberadaan pelanggaran terhadap *traffic light* dan penyimpanannya

Berdasarkan Gambar 11 ditunjukkan, bahwa hasil pengoneksian modul-modul Arduino UNO R3, LDR, kamera, SD-card dengan bantuan *breadboard* dan sejumlah kabel penghubung (*jumper*) menjadi sebuah

sistem terintegrasi untuk peng-*capture*-an gambar yang diambil kamare dan disimpan pada SD-card.

Pemberian asumsi telah terjadi pelanggaran terhadap marka jalan saat di *traffic light*, seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Pemberian asumsi telah terjadi pelanggaran terhadap marka jalan saat di *traffic light*

Berdasarkan Gambar 12 ditunjukkan, bahwa hasil *capture* pelanggaran saat lampu merah menyala. Kondisi saat lampu merah pada traffic light menyala, maka LASER menjadi aktif dan jika pengendara melewati marka jalan, maka LASER terhalang oleh kendaraan dan kamera meng-capture kendaraan yang melanggar. Gambar hasil *capture* dengan besaran data sebesar 48,2 kbyte dalam bentuk format JPEG sebagai bukti pelanggaran.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sesuai tujuan penelitian.

- 1) Sistem terintegrasi pendeteksi berbasis mikrokontroler Arduino UNO R3, meliputi:
 - (a) Sinar dari sumber LASER ditangkap *LDR*. Saat *LDR* tidak terkena cahaya, karena sinar dari LASER tertutup oleh kendaraan, maka *LDR* kirim pulsa 1 (sebagai masukan, *input*) kepada mikrokontroler. Berdasarkan hal itu, mikrokontroler beri perintah kepada kamera untuk pengambilan gambar. Setelah gambar diambil, kamera kirim hasil pengambilan ke mikrokontroler. Proses selanjutnya, mikrokontroler beri perintah kepada *SD-Card* untuk penyimpanan gambar;
 - (b) *Software IDE* Arduino versi 1.6.11 dimasukkan dengan kondisi mikrokontroler dan komputer personal terhubung melalui kabel *USB*. Dipilih *upload* pada *tools* Arduino UNO R3 sampai tulisan *suksesfully* muncul. Proses *installing IDE* Arduino versi 1.6.0 dan *comfilling* dan *uploading* bahasa C++ ke Arduino UNO R3 telah berhasil; dan
 - (c) Pemasangan semua modul, agar terhubung modul ke mikrokontroler Arduino UNO R3, kemudian pembukaan aplikasi *IDE* Arduino UNO R3 untuk pengunduhan (downloading) *source code* yang telah dibuat ke dalam Arduino UNO R3. Proses selanjutnya, setelah

pengunduhan *source code* ke dalam Arduino UNO, adalah uji terhadap serial monitor pada *tool IDE*.

- 2) Aplikasi berbasis bahasa program C++, berupa:
 - (i) Dua langkah berkenaan *software IDE* Arduino versi 1.6.11, adalah i) pengunduhan *software IDE* Arduino versi 1.6.0 dari www.arduino.cc dan ii) masuk ke dalam www.electfreak.com untuk perolehan unduhan *library* bagi kamera OV0706;
 - (ii) untuk penginstalan *software* di komputer personal, berupa pengoperasian *file* berisi *installer* dan pemilihan penginstalan pada *folder* dipilih; dan
 - (iii) Saat pengambilan gambar sudah dilakukan kamera, maka selanjutnya hasil gambar tersimpan dalam modul *SD-card*. Langkah selanjutnya, adalah penghubungan modul kamera, agar dapat berkomunikasi dengan Arduino UNO R3. Dimasukkan *library* yang sudah diunduh dari www.arduino.cc berupa `#include <SD.h>`. Proses selanjutnya adalah pembuatan *source code*, agar modul kamera dapat menerima perintah dari Arduino UNO R3 untuk penyimpanan gambar. *Source code* untuk simpan gambar,
- 3) Kinerja sistem berupa pengukuran, sehingga diperoleh:
 - (a) *source code* bahasa C++ yang sudah dibuat di dalam *software IDE* Arduino ke dalam mikrokontroler Arduino UNO R3;
 - (b) koneksi antara modul mikrokontroler UNO R3 dan *LDR*, modul mikrokontroler Arduino UNO R3 dan kamera OV0706, modul mikrokontroler Arduino UNO R3 dan *SD-card*, modul kamera ambil gambar. Keterbatasan jumlah *pin* pada Arduino UNO R3, maka untuk pemasangan *pin* dari modul kamera digunakan *breadboard*; dan
 - (c) sistem terintegrasi untuk peng-capture-an gambar yang diambil kamera dan disimpan pada *SD-card*, hasil *capture* dengan besaran data sebesar 48,2 kbyte dalam bentuk format JPEG sebagai bukti pelanggaran.

B. Saran

Untuk melengkapi kesimpulan tersebut, maka perlu dikemukakan saran-saran untuk perbaikan penelitian, yaitu berkaitan modul-modul penyusun sistem terintegrasi pendeteksian keberadaan pelanggaran terhadap *traffic light* dan peningkatan sistem yang dapat diakses secara *realtime* melalui pemanfaatan protokol *Internet*. Perlu peningkatan setiap modul yang terdapat dalam sistem terintegrasi, khususnya modul kamera perlu ditingkatkan dalam hal jumlah *pixel*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Oualline, Steve, *Practical C++ Programming*, O'Reilly & Associates, Inc., Cambridge (USA), 1997.
- [2] Stroustrup, Bjarne, *The C++ Programming Language – Reference Manual*, AT&T Bell Laboratories, New Jersey, (no year) http://www.softwarepreservation.net/projects/c_plus_plus/cfront/release_e/doc/ReferenceManual.pdf (diunduh 30 Januari 2010)
- [3] Soulié, Juan, *C++ Language Tutorial*, _____, _____ (June) 2007 <http://hyse.org/pdf/cplusplus-tutorial.pdf> (diunduh 30 Januari 2010).
- [4] Juneja, B.L., Anita Seth, *Programming with C++*, New Age International, New Delhi, 2009.
- [5] Kirch-Prinz, Ulla, Peter Prinz, *A Complete Guide to Programming in C++*, Jones And Bartlett Publishers, Burlington (USA), _____ <http://www.lmpt.univ-tours.fr/~volkov/C++.pdf> (diunduh 30 Januari 2015).
- [6] Olsson, Mikael, *Handbook of C++ Syntax: A Reference to the C++ Programming Language Paperback*, CreateSpace Independent Publishing Platform, North Charleston, (July, 12) 2011.
- [7] Anonymous, *The C++ Programming Language*, Wikipedia, _____, (September, 4) 2016 https://en.wikipedia.org/wiki/The_C%2B%2B_Programming_Language (diunduh 10 September 2016).
- [8] Astuti, Yuli, *Dasar Pemrograman C++*, STMIK AMIKOM Yogyakarta, Yogyakarta, 2012 hal.1-11 <http://journal.amikom.ac.id/index.php/KIDA/article/viewFile/4911/2627> (diunduh 30 Januari 2016).
- [9] Anonymous, *Object Oriented Programming*, Wikipedia, _____, (January, 4) 2016 http://www.en.wikipedia.org/wiki/Object_oriented_programming/ (diunduh 17 Maret 2016).
- [10] Andalia, Susiana, *Perancangan prototif Traffic Light Berbasis Mikrokontroler AT89S52* (Tugas Akhir), Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara, Medan, 2009 <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/723/1/09E02116.pdf> (diunduh 30 Januari 2016).
- [11] Unggara, Ilham, *Sistem Perancangan Sensor Berbasis Laser dan Camera Terhadap Pelanggaran Lampu Merah* (skripsi), Jurusan Teknik Informatika Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer AMIKOM Yogyakarta, Yogyakarta, 2010 http://repository.amikom.ac.id/files/Publikasi_06.11.1316.pdf (diunduh 30 Januari 2016).
- [12] Manto, *Perangkat Pengatur Timer Lampu Lalu Lintas Berdasarkan Antrian Kendaraan*, Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta, 2011 <http://www.ee.ui.ac.id/online/semfull/20110108180108-sm6775-tp4-Manto-JURNALp.pdf> (diunduh 30 Januari 2016).
- [13] Zakaria, Masduki, Ratna Wardani, *Deteksi Visual Terhadap Pelanggaran Lalulintas pada Smart Traffic Control System Menggunakan Jaringan Terdistribusi*, Laporan Hasil Tahun Ke-3 Penelitian Strategis Nasional, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, (November) 2014 <http://eprints.uny.ac.id/20543/1/LaporanMasduki%20Print%207x.pdf> (diunduh 30 Januari 2016).
- [14] Kholis, Muhammad Nur, *Analisis dan Perancangan Sistem Ketertiban Marka Jalan Pada Lampu Merah Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino*, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika Dan Komputer Amikom Yogyakarta, Yogyakarta, 2016 http://repository.amikom.ac.id/files/Publikasi_12.11.6304.pdf (diunduh 30 Agustus 2016)
- [15] Anonymous, *Arduino*, Wikipedia, _____, (September, 15) 2016 <https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino> (diunduh 16 September 2016).
- [16] Andrianto, Heri, Aan Darmawan, *ARDUINO Belajar Cepat dan Pemrograman Disertai CD Gratis*, Informatika (cetakan ke-1), Bandung, 2016.
- [17] Dany, *V/C0706 Camera Module DIY Guide*, _____, _____, (December, 18) 2014 <http://www.electfreaks.com/7861.html> (diunduh 30 Januari 2016).
- [18] Prasetya, Retna, Catur Edi Widodo, *Teori dan Praktek Interfacing Port Paralel dan Port Serial Komputer dengan Visual Basic 6.0*, Andi, Yogyakarta, 2007.
- [19] Anonymous, *BasCom-AVR*, _____, _____ <http://web.sfc.keio.ac.jp/~esoc/avr/datas/bascavr.pdf> (diunduh 1 Mei 2014).

Purwarupa Deteksi Otomatis Situasi Darurat di Jalan Bebas Hambatan berbasis Raspberry Pi

Dr. Mohammad Iqbal, Dr. Rudi Trisno Yuwono

Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Gunadarma
Jl. Margonda Raya No. 100, 16424, Depok, Indonesia

Email: {mohiqbal}, {rudity} @staff.gunadarma.ac.id

Abstract – A System monitoring and analysis of the highway traffic is the important system to collect statistical data of vehicles and present the status of highway. This system is very useful implemented in toll route that have the high intensity of vehicle usage, because it can provide information quickly and accurately for road management system, as well as can inform directly to users in the road so it can be more careful control of the vehicle and will eventually be able to suppress the occurrence of accidents. In this study, we built the prototype of monitoring and analysis traffic system, that consists of algorithms accident detection, congestion detection due to the accident, a mechanism for storing and sending data to the control center traffic manajemen system, and the mechanism of automatic updates of information to traffic sign system to alert other people in the road. Internal interoperability methods for each module has been tested and can run with the desired functions, but if applied in a real situation of road requires some adjustments, especially in the use of hardware interfaces that are more reliable and weather proof, both the camera and the traffic sign board.

Keywords: Intelligent Transportation system, computer vision, traffic accident detection

I. PENDAHULUAN

Tingginya tingkat kecelakaan lalu lintas di jalan bebas hambatan yang menimbulkan banyak korban jiwa dan kerugian materi yang cukup besar harus segera dikaji dan dicarikan jalan keluarnya dari berbagai pendekatan. Hal ini perlu dilakukan karena penyebab kecelakaan lalu lintas itu amat bervariasi sebagaimana disampaikan pada Undang-undang Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2009 tentang Lalu-lintas dan Angkutan Jalan, yaitu : Kelalaian pengguna jalan, ketidaklaikan kendaraan, dan ketidaklaikan jalan dan/atau lingkungan.

Dalam beberapa penelitian telah dapat ditemukan beberapa solusi untuk mengurangi penyebab kecelakaan di atas, dimulai dari usaha-usaha penangkalan kecelakaan yang diarahkan untuk mengeliminir dampak-dampak negatif yang mungkin akan timbul di jalan raya, melakukan pencegahan kecelakaan yang diarahkan untuk mengamankan kondisi yang potensial terhadap terjadinya kecelakaan, dan cara-cara represif berupa penindakan terhadap setiap bentuk pelanggaran kasus kecelakaan lalu-lintas. Tiga hal ini lebih kepada pendekatan preventif agar tidak terjadi kecelakaan.

Namun, ada satu pendekatan lagi yang harus dilakukan ketika kecelakaan lalu lintas di jalan bebas hambatan terjadi, yaitu penanggulangan kecelakaan. Menurut Sutomo (2007) [5], terdapat tiga langkah dalam penanganan kedaruratan kecelakaan, yaitu : Kecepatan berita kecelakaan ke fasilitas pertolongan pertama, kecepatan tanggap unit pertolongan pertama untuk segera mencapai lokasi dan kualitas penanganan korban.

Penelitian ini menitikberatkan kepada teknologi yang dapat menunjang kecepatan penyampaian berita kecelakaan ke fasilitas tim penolong dengan adanya sistem pendeteksi kecelakaan berbasis visual. Dalam dunia *Intelligent transportation system (ITS)* dikenal dengan istilah *automatic incident Detection (AID)*. Penelitian ini merancang purwarupa berbasis mini PC raspberry pi dengan kamera modul sebagai input video, serta menggunakan fungsi-fungsi OpenCV sebagai aplikasi untuk mendeteksi obyek kecelakaan mobil dan kemacetan yang diakibatkannya. Luaran sistem ini berupa tangkapan tampilan video *real time* dan peringatan kecelakaan. Ketika terjadi kecelakaan, citra akan diambil kemudian dikirim ke pusat kontrol sebagai peringatan kepada petugas. Status kecelakaan akan memicu sistem pendeteksi kemacetan yang umumnya segera terjadi setelah insiden tersebut. Selain itu juga, status kecelakaan atau kemacetan akan dikirim ke sistem tampilan LED matrix (*variable message sign*) sebagai informasi untuk pengguna jalan yang lain untuk segera lebih berhati-hati untuk mengurangi kecepatan.

II. KAJIAN LITERATUR

Mekanisme yang dibutuhkan dalam merancang sistem tersebut, antara lain diperlukan komponen pendukung seperti sensor yang dapat mendeteksi jenis kendaraan dan penyimpanan data secara *real-time*. Di antara berbagai sensor yang tersedia untuk mendeteksi kendaraan yang dijabarkan pada penelitian Yuxin Liu dan Xu Jia (2012) [7], sensor visual (kamera) merupakan sensor yang paling banyak digunakan karena memiliki komponen biaya yang efisien dan memiliki kemampuan deteksi dengan akurasi tinggi (penelitian Kristian Kovacic, Edouard Ivanjko and Hrvoje Gold, (2013)) [1]. Kebanyakan algoritma berbasis sistem visi komputer terdiri dari serangkaian tahap pra-pemrosesan citra untuk menyiapkan citra agar sesuai dengan spesifikasi yang

dikehendaki lalu setelah itu baru dapat masuk ke tahap pengolahan citra untuk mendeteksi fitur-fitur yang diinginkan dalam suatu citra (seperti kendaraan, kemacetan, kecelakaan). Sistem ini diakhiri dengan mekanisme pencatatan dan pengolahan data yang pada ujungnya akan memberikan luaran berupa analisis statistik even-even yang terjadi di jalan raya tersebut.

Tantangan utama pengolahan gambar video untuk mendeteksi kendaraan ada 2 hal yaitu adanya variasi yang amat banyak dari jenis kendaraan yang ada dan adanya berbagai variasi tampilan fisik lingkungan (seperti ukuran kendaraan dan bentuk, warna, pancaran matahari, salju, hujan, debu, kabut, dan lain sebagainya). Sedang tantangan lainnya biasanya muncul dari kebutuhan sistem yang handal dan sistem yang mampu menangani pengolahan cepat (M. Bertozzi dkk,1999) [2].

III. METODE PENELITIAN

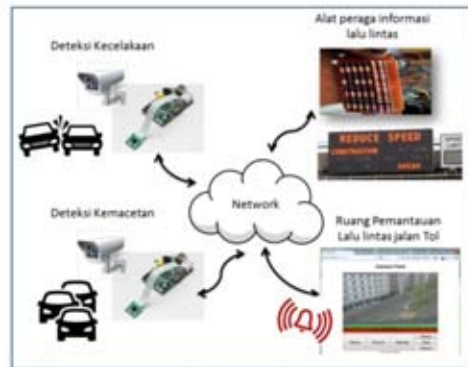
Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimental untuk membangun purwarupa sistem penunjang transportasi cerdas. Dalam penelitian ini ada beberapa variabel yang dimanipulasi dan diteliti akibat-akibatnya, yaitu penggunaan algoritma untuk mendeteksi kecelakaan, mendeteksi kemacetan akibat kecelakaan tersebut, mekanisme penyimpanan dan pengiriman data kepada pusat kendali lalu lintas dan mekanisme otomatis alat peraga informasi lalu lintas (*traffic sign*) untuk memberi tahu pengendara lain. Ilustrasi sistem yang dirancang secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 1.

Metode ini diawali dengan kegiatan studi pustaka, dengan pengambilan data dari berbagai sumber, seperti dari buku laporan lalu lintas di jalan tol yang diambil dari situs web pengelola jalan tol, serta beberapa kajian penelitian terdahulu untuk dijadikan pedoman atau referensi dan acuan penelitian ini. Setelah itu melakukan metode observasi, yaitu melakukan pengamatan fungsionalitas dan penggunaan alat/piranti yang berkaitan dengan sistem guna membantu menentukan alat pendukung yang akan digunakan pada sistem yang akan dibuat, sekaligus melakukan perancangan alat beserta program dengan berpedoman kepada sumber referensi. Kemudian selanjutnya adalah pembuatan purwarupa berdasarkan rancangan yang telah dibuat dan pada bagian akhir penelitian adalah melakukan pengujian / evaluasi terhadap alat yang dibuat.

Purwarupa alat pendeteksi kecelakaan ini dibuat dengan menggunakan mini PC RaspberryPI sebagai pusat pengolahan data video, dan kamera modulnya sebagai alat input. Beberapa algoritma visi komputer dirangkai dari fungsi-fungsi yang ada pada library OpenCV dengan menggunakan metode berbasis metode segmentasi berdasarkan thresholding sebagai metode paling sederhana sehingga cepat dalam waktu eksekusi, namun efektif sebagai metode deteksi anomali-anomali fitur dalam citra untuk kemudian diidentifikasi.

A. Perangkat Keras

Raspberry Pi merupakan sebuah Single Board Computer (SBC) yang memiliki ukuran sebesar kartu kredit sehingga dapat diinstalasikan bersamaan dengan perangkat lain seperti kamera di alam terbuka dan hanya memerlukan kebutuhan listrik yang tidak besar. Pada awalnya Raspberry Pi ini dikembangkan untuk mendukung proses pengajaran ilmu komputer dasar di sekolah-sekolah dengan biaya yang minim. Namun tingkat portabilitasnya membuat Raspberry Pi merambah bidang IoT (*internet of things*).



Gambar 1. Gambaran Sistem Keseluruhan

Raspberry Pi versi 3 yang digunakan ini sudah dilengkapi dengan prosesor 1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8, RAM sebesar 1GB dan juga sebuah GPU Video Core IV. Dan untuk penyimpanan data, Raspberry Pi dapat menggunakan SD Card, baik itu untuk sistem operasi, aplikasi, program ataupun data-data untuk penyimpanan data jangka panjang. Selain mendukung koneksi jaringan melalui ethernet, Raspberry Pi juga mendukung koneksi 802.11n Wireless LAN, Bluetooth 4.1 dan Bluetooth Low Energy (BLE).



Gambar 2. Raspberry Pi dan kamera Modul Raspberry Pi

Alat input sistem menggunakan modul Kamera Raspberry Pi. Kamera yang dirancang khusus untuk Raspberry Pi ini terkoneksi via kabel ribbon 15cm melalui port CSI (Camera Serial Interface) pada Raspberry Pi. CSI bus ini mampu bekerja dengan kecepatan data yang sangat tinggi, dan secara eksklusif membawa data pixel. Ukuran kamera itu sendiri kecil, sekitar 25mm x 20mm x 9mm. dan beratnya hanya 3gram, sehingga cocok untuk aplikasi mobile atau lainnya. Sensor kameranya memiliki resolusi native 5 megapixel, dan memiliki lensa fokus

onboard. Pada saat keadaan diam, kamera ini mampu menangkap 2592 x 1944 pixel gambar statis, dan juga mendukung 1080p30, 720p60 dan 640x480p60 / 90 pada mode video. Ilustrasi Raspberry Pi dan modul kameranya dapat dilihat pada gambar 2.

Media penyimpanan pada purwarupa yang dibuat ini memanfaatkan micro SD yang dipasang pada Raspberry Pi. Sedangkan fungsi sistem untuk melakukan koneksi ke jaringan komputer yang digunakan dalam purwarupa ini adalah memanfaatkan modul WIFI. Koneksi dilakukan antara 4 sub-sistem yaitu pendeteksi kecelakaan, sistem pendeteksi kemacetan, informasi pemantauan berbasis web dan dengan alat peraga informasi lalu lintas LED matrik.

B. Perangkat Lunak

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) adalah sebuah pustaka perangkat lunak yang ditujukan untuk pengolahan citra dinamis secara real-time, yang dibuat oleh Intel, dan sekarang didukung oleh Willow Garage dan Itseez. Kumpulan pustaka program ini bebas digunakan dan bersifat open source dari lisensi BSD. Pustaka ini merupakan pustaka lintas platform sistem operasi dan didedikasikan sebagai besar fungsi-fungsinya untuk pengolahan citra pada pengolahan visi komputer secara real-time. Fungsi visual komputer yang ada pada OpenCV itu sendiri adalah salah satu cabang dari Bidang Ilmu Pengolahan Citra (*Image Processing*) yang memungkinkan komputer dapat melihat dan memahami secara visual apa yang tertangkap pada kamera. Dengan vision tersebut komputer dapat mengambil keputusan, melakukan aksi, dan mengenali terhadap suatu objek. Dengan menggabungkan fitur dari semua komponen tersebut dapat dihasilkan sebuah sistem yang dapat membantu memonitor volume kendaraan serta mengklasifikasikannya berdasarkan jenis kendaraan pada jalan tol.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Terdapat empat tahapan penyusunan purwarupa deteksi otomatis situasi darurat di jalan tol, yaitu telaah algoritma deteksi kecelakaan dan algoritma deteksi kemacetan, teknik pengiriman dan penyimpanan data ke pusat kendali lalu lintas dan mekanisme penyampaian informasi pada alat peraga lalu lintas

A. Metode Adaptif Thresholding untuk Deteksi Kecelakaan

Metode *thresholding* untuk mendeteksi suatu fitur tertentu dari suatu citra adalah metode paling sederhana dan tentu saja cepat dari segmentasi citra. Metode ini adalah operasi non-linear yang mengubah citra skala abu-abu menjadi gambar biner dimana terdapat dua tingkat nilai piksel sebagai batas atas dan batas bawah dari nilai ambang batas yang ditentukan. Dua kondisi ambang ini yang disesuaikan dengan keadaan situasi lalu lintas yang berbeda terutama

kondisi terang (siang hari atau cuaca cerah) dan gelap (pada malam hari atau cuaca buruk). Dalam penggunaannya, ada dua macam pendekatan *thresholding*, yaitu global dan lokal. *Thresholding global* adalah metode yang mengambil seluruh piksel pada citra kemudian dikonversi menjadi hitam dan putih dengan satu nilai *threshold*. Namun ini tidak cukup mampu mendeteksi citra yang memiliki perbedaan di kondisi pencahayaan di area yang berbeda. Oleh karena itu dibutuhkan metode adaptif *thresholding* yang merupakan pendekatan *thresholding* lokal, dimana algoritma akan menghitung *threshold* di wilayah kecil dari citra sehingga akan didapatkan perbedaan *threshold* di lokasi yang berbeda dalam citra yang sama sehingga mendapatkan hasil yang lebih baik untuk citra yang memiliki variasi iluminasi cahaya. Adaptif histogram yang diterapkan dalam penelitian ini berasal dari penelitian Yasira Beevi and Dr. S. Natarajan (2009) [6], karena amat responsif untuk digunakan pada data video real-time. Tahapan deteksi kecelakaan berbasis *threshold* adalah, melalui 3 jenis mode :

- 1- Mode *baseline* : situasi dimana kamera tidak menangkap ada perubahan cahaya dan bayangan. prinsip kerjanya adalah mendeteksi perubahan dan meregistrasi citra *background*. pengamatan dilakukan dengan melihat perbedaan *frame* pada *frame* yang tercatat pada *buffer* kamera kemudian dihitung *threshold*-nya. langkah selanjutnya adalah melakukan registrasi citra latar (*background*) yaitu mengekstrak informasi *background* dari urutan video, lalu perbedaan *background* yg ditemukan di tandai (*mask*) untuk memisahkannya dengan obyek yang dideteksi (dalam hal ini kendaraan yang bergerak), hasil deteksi di proses dengan cara mengeliminasi *noise* dan menghaluskan batas-batas obyek.
- 2- Mode pemisahan area bayangan. Metode ini dibutuhkan karena bayangan akan dapat mengakibatkan kegagalan segmentasi obyek. Caranya adalah melakukan filterisasi pada *gradien* yang terjadi pada citra dengan teknik erosi, lalu mempertebal batas-batas obyeknya.
- 3- Mode adaptif *threshold* yang digunakan adalah menghitung *threshold* setiap blok citra berdasarkan sebaran daerah yang mengalami perubahan (*Region of change-ROC*) dan meratakannya dengan seluruh *threshold* di blok tersebut untuk mendapatkan nilai *threshold* global.

Output D_n dari deteksi perubahan mode *baseline* dalam waktu n dibagi menjadi blok berukuran sama K . lalu algoritma estimasi pencarian ROC diterapkan, ketika setiap blok citra W_k , dimana $k=\{1,2,\dots,K\}$ ditandai sebagai blok yang mengandung ROC yaitu W_k^r atau blok yg tidak mengandung ROC yaitu W_k^b . *Threshold* T_k^b dari W_k^b dihitung menggunakan algoritma tes statistik *noise*. sedangkan *threshold* T_k^r dari W_k^r dihitung menggunakan metode *threshold*

noise-robust. Maka *threshold* T_k dari W_k dalam D_n didefinisikan sebagai persamaan 1.

$$T_k = \begin{cases} T_k^r \text{ dari } W_k^r \\ T_k^b \text{ dari } W_k^b \end{cases} \quad (1)$$

Sedangkan *threshold* global T_n dari output perbedaan citra D_n dapat dijabarkan dalam persamaan 2.

$$T_n = \frac{1}{K} \sum_k^K T_k \quad (2)$$

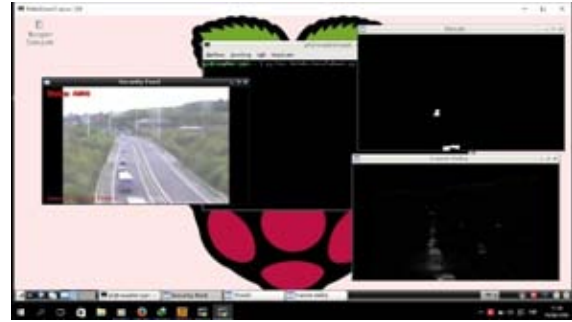
Ketika ukuran dan kecepatan obyek, *noise* dan perubahan lokal dalam video akan berakibat pada histogram W_k , momen pertama histogram yang didapatkan akan digunakan untuk mengestimasi pencaran ROC sebagai fungsi estimasi yang adaptif pada karakteristik tersebut.

ROC di D_n secara umum berpencaran melalui blok citra K . Ketika i adalah piksel di D_n yang bervariasi dari 0-255, i akan tinggi jika ROC berubah cepat seperti pergerakan mobil yg sangat cepat sehingga ada perubahan iluminasi yang signifikan. Selain itu i akan rendah ketika terjadi perubahan amat kecil seperti yang diakibatkan *noise* dan perubahan iluminasi yg sangat kecil.

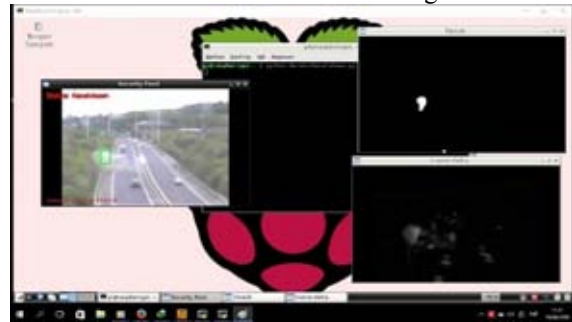
Momen pertama m_k dari histogram tiap blok W_k dijadikan sebagai pengukuran jika blok citra tersebut mengandung ROC. Jika m_k dari W_k lebih besar dari *threshold* T_m , blok citra mengandung ROC, dan ditulis sebagai W_k^r , selain itu ditulis sebagai W_k^b sebagaimana dijabarkan dalam persamaan 3.

$$W_k = \begin{cases} W_k^b : m_k \leq T_m \\ W_k^r : m_k > T_m \end{cases} \quad (3)$$

Adaptasi yang dilakukan dalam algoritma ini adalah pengaturan tingkat ambang *threshold* global untuk pengamatan kecelakaan pada siang dan malam hari. Untuk mendeteksi kecelakaan pada siang hari yaitu dengan menandai objek tidak wajar seperti munculnya objek asap atau debu yang memiliki ukuran lebih besar dari objek kendaraan. Dari hasil pengamatan dari beberapa video kecelakaan, nilai ambang *threshold* pada siang hari ada pada angka batas bawah dan atas (83, 255). Sedangkan untuk mendeteksi kecelakaan pada malam hari, maka ambang *threshold* ada pada angka (100, 255). Ilustrasi hasil pengujian situasi aman dan kecelakaan pada siang hari dapat dilihat pada gambar 3 dan 4, sedangkan untuk kejadian pada malam hari dapat dilihat pada gambar 5 dan 6.



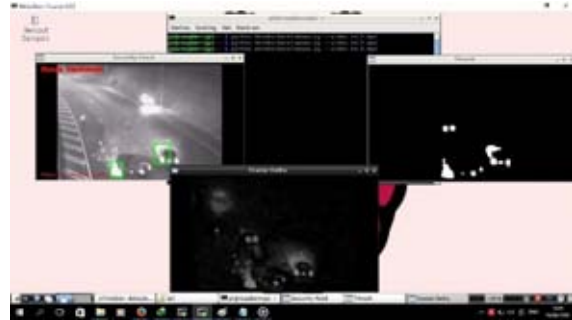
Gambar 3. Kondisi Aman Siang Hari



Gambar 4. Kondisi Kecelakaan Siang Hari



Gambar 5. Kondisi Aman Malam Hari



Gambar 6. Kondisi Kecelakaan Malam Hari

B. Metode berbasis Area untuk deteksi kemacetan

Algoritma mendeteksi kemacetan berbasiskan visi komputer cukup banyak ditemukan dari penelitian-penelitian yang sudah dipublikasi, ada deteksi menggunakan neural network, fuzzy, dan morfologi deteksi tepi, dan ada juga yang membandingkan dua citra, yang satu sebagai referensi berisi citra dengan tanpa adanya kendaraan atau sangat sedikit kendaraan. Ada juga algoritma berbasis deteksi jalur (*lane*) dan menghitung jumlah kendaraan dalam jalur dengan alokasi waktu tertentu.

Pada umumnya, langkah-langkah mendeteksi kemacetan dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Menentukan *Region of Interest* (ROI) dan memilih area tersebut sebagai fokus pengamatan.
2. Melakukan binerisasi dari fitur citra yang tertangkap pada area yang sudah ditentukan, dan memberi tanda fitur-fitur yang dipilih.
3. Melakukan perhitungan (*counting*) fitur tersebut dari batas awal sampai batas akhir area yang dipilih.
4. Jika ditemukan banyak kendaraan yang berada dalam suatu area dan tidak berubah dalam waktu beberapa saat yang ditentukan, maka bisa diindikasikan telah terjadi kemacetan.

Langkah 1 di atas sudah dilakukan menggunakan *mode baseline* yang sudah dijabarkan di bagian awal. Sedangkan algoritma deteksi kemacetan yang digunakan dalam penelitian ini, mengadaptasi algoritma yang dilakukan Naeem Abbas, Muhammad Tayyab, dan M.Tahir Qadr (2013) [3]. Karena dapat bekerja efektif mendeteksi kemacetan dengan baik dan relatif cepat. Ilustrasi pengujian algoritma pendeteksi kemacetan ini dapat dilihat pada gambar 7.

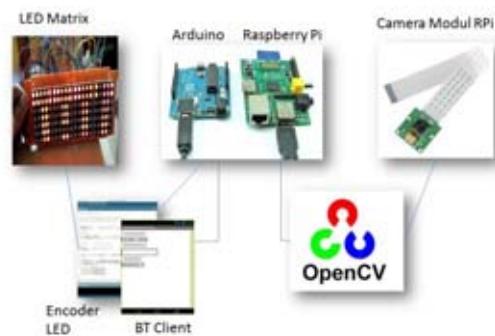


Gambar 7. Percobaan deteksi pada dua area jalur (lane) berbeda yang bisa di atur (atas), deteksi Kondisi Kemacetan (tengah) dan kondisi lancar (bawah) pada scene lalu lintas yang berbeda

C. Konektifitas sistem visual sensor dengan alat peraga lalu lintas(traffic Sign) berbasiskan Led matrix

Traffic Sign merupakan alat yang digunakan sebagai penanda atau petunjuk lalu lintas. Alat ini umumnya dibuat menggunakan plat bergambar menggunakan LED matrix. Dalam penelitian ini, dibuat suatu LED Matrix yang dapat dikendalikan

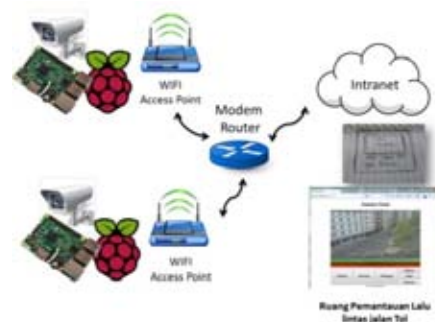
otomatis berdasarkan status dari sensor visual pendeteksi kemacetan dan sekaligus dapat pula dikendalikan secara manual oleh para pengelola jalan tol. Sistem ini dibuat untuk dapat segera menginformasikan kepada para pengendara lalu lintas untuk berhati-hati karena telah terjadi kemacetan atau kedaruratan di depan mereka. Purwarupa sistem ini dibuat menggunakan Arduino board untuk mengatur tampilan pada LED matrix, dan input menggunakan Bluetooth Modul HC-05 sebagai media transmisi manual, dan untuk menyambungkan Raspberry Pi ke Arduino board menggunakan kabel USB. Ilustrasi sistem keseluruhan dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Koneksi Raspberry Pi dan Arduino untuk aplikasi pada Traffic Sign

D. Konektifitas dengan Ruang Pemantauan jalan Tol

Konektifitas antar sub-sistem pada purwarupa ini memanfaatkan infrastruktur jaringan komputer intranet menggunakan wireless LAN. Masing-masing *node* kamera pemantau Raspberry Pi akan membagi data *stream* melalui server web dan dipancarkan melalui *access point*, kemudian modem router akan mengatur dan melanjutkan data sampai dapat diakses di ruang pemantauan. Data-data tersebut diakses menggunakan *browser* web melalui *link* yang disediakan. Ilustrasi konektifitas jaringan komputer dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Koneksi Raspberry Pi dengan ruang pemantauan lalu lintas jalan tol

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada purwarupa sistem deteksi kecelakaan, secara visual, insiden yang tertangkap oleh kamera dapat terdeteksi sebagai insiden dengan menggunakan metode *adaptif thresholding* dengan cara mengenali

objek gambar berupa asap, debu, dan api. Hal ini dapat diterapkan baik pada siang hari maupun pada malam hari.

Purwarupa sistem pendeteksi kemacetan yang dibuat dengan sistem menghitung jumlah kendaraan pada jalur tertentu di jalan, objek berupa kendaraan bermotor dengan mudah dapat diidentifikasi secara *realtime*. Selanjutnya koordinat obyek tersebut dapat ditandai dengan persegi empat untuk mengenali kendaraan bermotor atau bukan. Ketika objek tersebut melewati garis pembatas pertama, akan membuat objek terhitung. Dari total objek yang terhitung akan menjadikan data untuk menentukan status kepadatan pada jalan tersebut.

Purwarupa display Led Matrix yang digunakan masih terbatas untuk jumlah data yang tidak lebih dari 200 karakter. Hal itu disebabkan keterbatasan memori pada mikrokontroller Arduino Uno yang hanya dapat menampung sekitar 32kb data. Oleh sebab itulah untuk situasi yang lebih besar, memperhatikan jumlah memori yang tersedia amat penting untuk dapat menampilkan informasi yang cukup bagi pengguna jalan.

Untuk dapat diterapkan dalam dunia nyata, pendekatan implementasi Purwarupa hasil Penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut :

- Langkah awal untuk penerapan sistem yang dirancang ini adalah dengan melakukan kajian daerah rawan kecelakaan di jalan bebas hambatan. Kajian seperti yang pernah dilakukan Priyo Dwiyo (2006) [4] yang mengidentifikasi daerah yang mempunyai angka kecelakaan tinggi, resiko dan potensi kecelakaan yang tinggi pada suatu ruas jalan, misalnya geometrik jalan yang tidak memenuhi syarat, seperti tikungan ganda dengan jarak pandang terbatas, lebar jalan yang terlalu sempit dan tidak mempunyai bahu jalan atau dalam jalan bebas hambatan jalan lurus panjang. Kajian daerah rawan kecelakaan ini dibutuhkan untuk menentukan penempatan kamera, sehingga dapat efektif melingkupi area-area yang perlu selalu harus dipantau.
- Langkah selanjutnya adalah memilih dan menginstalasi sistem kamera CCTV yang sesuai dengan situasi dan alam tropis, dapat beroperasi pada siang hari dan malam serta dalam kondisi cerah dan hujan. Spesifikasi kamera yang dipilih adalah perangkat kamera yang dapat diakses melalui jaringan komputer. Hal ini akan lebih memudahkan untuk melakukan interkoneksi dengan sistem yang dirancang ini. Begitu juga Tingkat ketinggian, dan lokasi tempat kamera yang dipasang harus aman dari cuaca maupun dari vandalisme. Hal ini berlaku pula untuk menentukan area pemasangan *traffic sign*.
- Interkoneksi antar sub-sistem agar dapat menjangkau jarak yang jauh dapat memanfaatkan koneksi selular atau *access point high power outdoor system* yang dapat mencapai puluhan kilometer dengan penambahan antena yang berdaya jangkauan luas.
- Media penyimpanan untuk perekaman *real time* jika dibutuhkan bisa memanfaatkan sistem DVR (digital video recorder) menggunakan interkoneksi jarak jauh, karena perekaman video ke lokal micro SD pada raspberry pi sangat terbatas kapasitasnya.
- Langkah terakhir adalah melakukan penyesuaian perangkat lunak dengan sistem kamera, membuat antarmuka yang komunikatif dengan user di pusat pemantauan lalu lintas dan melakukan pemantauan terhadap sistem yang sudah berjalan sesuai dengan kaidah sistem monitoring Trafik jalan raya.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh kemenristek DIKTI dalam skema penelitian Desentralisasi Unggulan Perguruan Tinggi Universitas Gunadarma, periode tahun 2016. Ucapan terimakasih Bagian Penelitian Universitas Gunadarma dan kepada seluruh tim yang terlibat dalam penelitian, yaitu : Akbar, Rachmat Sampurna, Rendi Nurcahyo dan Yogi Setiawan.

DAFTAR PUSTAKA

- Kristian Kovacic, Edouard Ivanjko and Hrvoje Gold, Computer Vision Systems in Road Vehicles: A Review, Proceedings of the Croatian Computer Vision Workshop, 2013
- M. Bertozzi, A. Broggi, and S. Castelluccio, "A real-time oriented system for vehicle detection," Journal Of Systems Architecture, pp. 317-325, 1999
- Naeem Abbas, Muhammad Tayyab, M.Tahir Qadr, *Real Time Traffic Density Count using Image Processing*, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 83 – No 9, December 2013
- Priyo Dwiyo, Radityo Heru Prabowo, *Studi Identifikasi Daerah Rawan Kecelakaan (BLACK SPOT dan BLACKSITE) Pada Jalan TOL Jagorawi*, Skripsi Universitas Diponegoro, 2006
- Sutomo, Heru. Dkk., *1-2-3 Langkah : Menempatkan Kembali Keselamatan Menuju Transportasi yang Bermartabat*, Artikel Masyarakat Transportasi Indonesia., Jakarta, 2007
- Yasira Beevi and Dr. S. Natarajan, *An efficient Video Segmentation Algorithm with Real time Adaptive Threshold Technique*, International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition Vol. 2, No.4, December 2009
- Yuxin Liu dan Xu Jia, Common Vehicle Detectors of Highway Performance Comparison and Development Trend Analysis, 2nd International Conference on Materials, Mechatronics and Automation Lecture Notes in Information Technology, Vol.15, 2012

Perancangan Antena Mikrostrip Patch Segi Empat Dual Band (1,8 GHz dan 2,4 GHz)

Ali Hanafiah Rambe¹, Khairil Abdillah², Suherman³

^{1,2,3} Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik USU
Medan, 20155, Indonesia.

¹Email: alihanafiah1978@gmail.com

Abstract - This paper discuss the design of a dual band microstrip antenna with rectangular patch for LTE system (1.8 GHz band) and Wifi (2.4 GHz band). Design is done by using a simulator AWR. The antenna consists of a rectangular with an area of 40 x 29 mm². To provide dual band of frequency, the inset feed microstrip line is used. The simulated result show that the proposed antenna has 53 MHz of bandwidth for 1.8 GHz band and 78 MHz for 2.4 GHz band with VSWR less than 2. Both of bands have unidirectional radiation pattern. Gain of 1.8 GHz frequency is 5,575 dB and 2.44 GHz frequency is 6.012 dB.

Keywords: microstrip, dual band, VSWR, gain.

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan kebutuhan manusia akan komunikasi yang mudah dan cepat, perkembangan teknologi tanpa kabel (*wireless*) telah menawarkan berbagai sistem aplikasi seperti *wireless fidelity* (WiFi) dan *Long Term Evolution* (LTE). Meskipun memiliki jangkauan yang terbatas, hingga kini teknologi WiFi masih banyak digunakan hampir di seluruh dunia. Adapun LTE merupakan teknologi yang baru muncul di Indonesia sebagai aplikasi *wireless* generasi keempat. Kedua teknologi tersebut akan melayani kebutuhan manusia secara simultan. Oleh karenanya, sangat dibutuhkan sebuah peralatan yang mampu mengakomodasi kedua jaringan tersebut dalam satu perangkat khususnya antena. WiFi dan LTE bekerja pada frekuensi yang berbeda yaitu 2,4 GHz dan 1,8 GHz. Agar kedua sistem hanya menggunakan sebuah antena saja, maka dibutuhkan sebuah antena yang bersifat *dual band*.

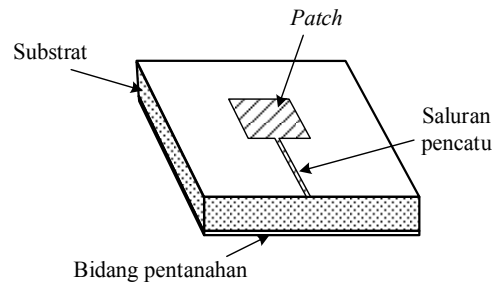
Antena *dual band* merupakan antena yang mampu bekerja pada dua daerah frekuensi sekaligus. Antena jenis ini sangat dibutuhkan untuk mendapatkan efisiensi perangkat pada penggunaan kanal frekuensi yang berbeda. Berbagai jenis antena mikrostrip *dual band* telah banyak dirancang, diantaranya telah dipublikasikan pada [1]-[10]. Berdasarkan rancangan-rancangan tersebut, beberapa teknik yang dapat digunakan untuk menghasilkan sifat *dual band* dari sebuah antena mikrostrip dapat dilakukan dengan pemberian *slot* pada *patch* [7][8], metode *multi patch* [9] dan *notch loaded* [10].

Pada tulisan ini akan dirancang antena mikrostrip yang mampu bekerja pada dua *band* frekuensi. Antena mikrostrip memiliki bentuk yang kompak, ukuran yang kecil dan ringan serta mudah dipabrikasi. Adapun bentuk *patch* yang digunakan adalah

berbentuk persegi empat yang meskipun sederhana tetapi mampu memberikan performansi yang lebih optimal dibandingkan bentuk yang lain. Rancangan antena mikrostrip ini menggunakan impedansi input sebesar 50 Ohm dan bahan substrat FR4 dengan konstanta dielektrik 4,4 dan ketebalan 1,6 mm.

II. ANTENA MIKROSTRIP PATCH SEGI EMPAT

Sebuah antena mikrostrip *patch* segi empat dengan pencatuan langsung diperlihatkan pada Gambar 1. Struktur antena ini memiliki sebuah *patch*, saluran pencatu, substrat dan bidang pentanahan. *Patch* berfungsi sebagai elemen peradiasi dan saluran pencatu berupa *microstrip line* berfungsi sebagai saluran penghubung antara *patch* dan perangkat radio. Adapun substrat berfungsi sebagai pemisah antara *patch* dan bidang pentanahan.



Gambar 1 Antena mikrostrip patch segi empat

Parameter perancangan antena mikrostrip *patch* segiempat dengan pencatuan langsung ini secara teoritis adalah sebagai berikut :

A. Ukuran Patch Segi Empat

Ukuran *patch* berbentuk segi empat berupa lebar (W) dan panjang (L) dapat diperoleh dari persamaan-persamaan berikut [11]:

$$W = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (1)$$

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (2)$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (3)$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (4)$$

$$\epsilon_{r_{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12h/W}} \right) \quad (5)$$

Dimana c merupakan kecepatan rambat medan elektromagnetik (3×10^8 m/s), ϵ_r adalah konstanta dielektrik substrat, f_r = frekuensi resonansi, h = ketebalan substrat, L_{eff} = panjang efektif *patch*, ΔL = pertambahan panjang *patch* dan $\epsilon_{r_{eff}}$ = konstanta dielektri efektif substrat.

B. Impedansi Saluran Pencatu

Saluran pencatu dirancang berdasarkan nilai impedansi karakteristik saluran (Z_0) yang dibutuhkan. Untuk saluran yang sempit dengan $w/h \leq 2$, impedansi karakteristik diberikan dengan persamaan [12] :

$$Z_0 = \frac{119,9}{\sqrt{2(\epsilon_r + 1)}} \left[\ln \left\{ \frac{4h}{w} + \left\{ \left(\frac{4h}{w} \right)^2 + 2 \right\}^{\frac{1}{2}} \right\} - \frac{(\epsilon_r - 1)}{2(\epsilon_r + 1)} (0,4516 + \frac{0,2416}{\epsilon_r}) \right] \quad (6)$$

Dimana ϵ_r merupakan konstanta dielektrik substrat, h = ketebalan substrat dan w = lebar saluran pencatu. Pada (6) tersebut dapat dilihat bahwa sangat rumit untuk mendapatkan nilai w secara eksplisit. Untuk impedansi $Z_0 = 50 \Omega$ dan jenis substrat FR4 ($\epsilon_r = 4,4$ dan $h = 1,6$ mm), maka nilai w hasil iterasi diperlihatkan pada Tabel I.

TABEL I
ITERASI MENCARI LEBAR SALURAN PENCATU

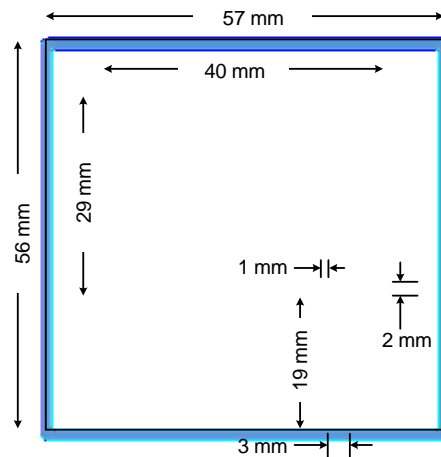
Lebar saluran pencatu w (mm)	Z_0 (Ω)
4	42,2636
3	50,5887
3,5	50,5887
3,05	50,0872
3,058	50,0081
3,0588	50,0002
3,05881	50,0001

Dari Tabel I dapat dilihat bahwa nilai w yang menghasilkan impedansi $Z_0 = 50 \Omega$ dengan tepat memiliki angka desimal yang sangat panjang. Untuk kemudahan dalam simulasi dan fabrikasi maka nilai w yang digunakan adalah 3 mm. Nilai ini dapat digunakan karena selisih sekitar $0,5887 \Omega$ relatif lebih kecil (dapat ditolerir).

III. PERANCANGAN ANTENA

Secara teori dengan berdasarkan pada Persamaan (1) hingga (5), dapat diketahui bahwa sebuah rancangan akan diperoleh dari sebuah frekuensi kerja yang diinginkan. Namun secara praktis dengan perlakuan tertentu, sebuah rancangan yang secara teoritis hanya

untuk satu frekuensi, dapat dihasilkan sebuah rancangan dengan dua frekuensi. Pada tulisan ini, perancangan antenna mikrostrip *patch* segi empat *dual band* (1,8 GHz dan 2,4 GHz) dilakukan dengan hanya menghitung ukuran *patch* berdasarkan frekuensi kerja 1,8 GHz menggunakan Persamaan (1) hingga (5). Rancangan teoritis ini diiterasi menggunakan simulator untuk mendapatkan ukuran *patch* yang optimal pada frekuensi 1,8 GHz. Adapun efek *dual band* dari rancangan tersebut diperoleh dengan menggeser posisi saluran pencatu terhadap *patch* dan pemberian celah sebesar 1 mm (*inset feed*). Geometri rancangan yang optimal dari antenna mikrostrip *patch* segi empat *dual band* diperlihatkan pada Gambar 2.

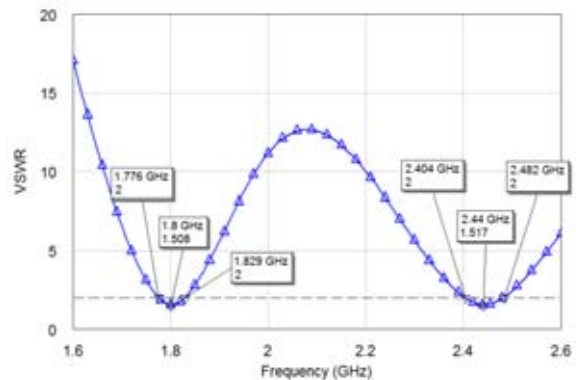


Gambar 2. Geometri rancangan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

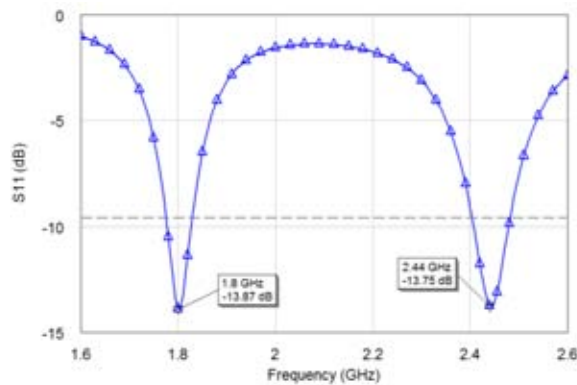
Berdasarkan hasil simulasi, VSWR dari rancangan antenna diperlihatkan pada Gambar 3. Dari grafik VSWR tersebut dapat dilihat bahwa rancangan memiliki dua frekuensi tengah yaitu 1,8 GHz dengan VSWR = 1,508 (*band* 1,8 GHz) dan 2,44 GHz dengan VSWR = 1,517 (*band* 2,4 GHz).

- Adapun *bandwidth* pada VSWR < 2, diperoleh :
- untuk *band* 1,8 GHz :
 $bandwidth = 1,829 \text{ GHz} - 1,776 \text{ GHz} = 53 \text{ MHz}$
 - untuk *band* 2,4 GHz :
 $bandwidth = 2,482 \text{ GHz} - 2,404 \text{ GHz} = 78 \text{ MHz}$

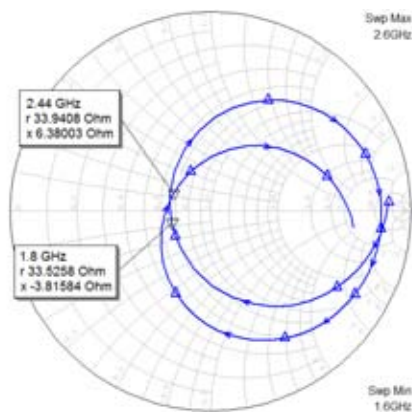


Gambar 3. Grafik VSWR

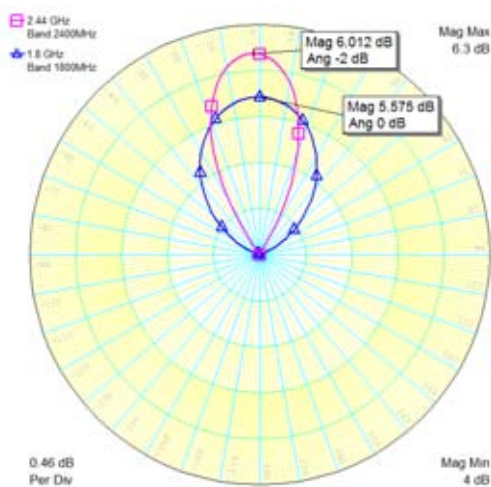
Return loss dan *input impedance* dari rancangan antenna masing-masing diperlihatkan pada Gambar 4 dan Gambar 5. Pada 1,8 GHz diperoleh nilai *return loss* sebesar -13,87 dB dengan impedansi sekitar $33,53-j3,82$ Ohm dan pada 2,44 GHz nilai *return loss* sebesar -13,75 dB dengan impedansi sekitar $33,94+j6,38$ Ohm.



Gambar 4. Grafik *return loss*



Gambar 5. Grafik *input impedance*



Gambar 6. Grafik pola radiasi dan perolehan *gain*

Pola radiasi dan perolehan *gain* dari rancangan antenna diperlihatkan pada Gambar 6. Kedua *band* memiliki pola pancaran yang hampir sama yaitu bersifat direksional. Pada frekuensi 1,8 GHz, perolehan *gain* maksimum mencapai 5,575 dB pada sudut 0° . Sedangkan pada frekuensi 2,44 GHz, perolehan *gain* maksimum mencapai 6,012 dB pada sudut -2° .

V. KESIMPULAN

Pada tulisan ini telah dibahas sebuah rancangan antenna mikrostrip *patch* segi empat yang mampu bekerja pada dua daerah frekuensi (*dual band*). Berdasarkan hasil simulasi, rancangan dapat bekerja untuk *band* frekuensi 1,8 GHz (1,776 GHz – 1,829 GHz) dan *band* 2,4 GHz (2,404 GHz – 2,482 GHz). Dengan frekuensi tersebut, rancangan antenna dapat digunakan untuk sistem LTE (1,8 GHz) dan Wifi (2,4 GHz).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chang won Jung and Franco De Flaviis, "Dual-Band Antenna for WLAN Applications by Double Rectangular Patch with 4-Bridges," Antennas and Propagation Society International Symposium, IEEE, 2004, Vol.4.
- [2] P. Nepa, A. A. Serra, S. Marsico, G. Manara, "A Dual-Band Antenna for Wireless Communication Terminals," Antennas and Propagation Society International Symposium, IEEE, 2004, Vol.4.
- [3] Ting-Ming Hsueh, Heng-Tung Hsu, Hsi-Tseng Chou and Kwo-Lun Hung, "Dual Band Omni-Directional Planar Antenna for WiMAX Applications," Antennas and Propagation Society International Symposium, IEEE, 2008.
- [4] T. Deleruyelle, P. Pannier and S. Bourdel, "Multi-Standard Slot Antenna in 860-960 MHz and 2.45GHz RFID Band," Antennas and Propagation Society International Symposium, IEEE, 2008.
- [5] Kumud Ranjan Jha and G. Singh, "Dual-band rectangular microstrip patch antenna at terahertz frequency for surveillance system," *J Comput Electron*, vol. 9, pp. 31–41, 2010.
- [6] Ved Prakash and Rajesh Khanna, "Dual Band Aperture Coupled Rectangular Patch Antenna For PCS and WLAN Applications," *International Journal of Communication Engineering Applications (IJCEA)*, Vol. 02, Issue 03, July 2011.
- [7] Satya Prakash Sinha, "Design of A Wide Band Slot Antenna for GPS & Dual Band of WiMAX Technology," INDICON, IEEE, 2015.
- [8] Jacob Abraham and Thomaskutty Mathew, "A Novel Dual-Band Microstrip Patch Array," Applied Electromagnetics Conference (AEMC), IEEE, 2015.
- [9] Zhao Wu, Long Li, Xi Chen and Ke Li, "Dual-Band Antenna Integrating With Rectangular Mushroom-Like Superstrate for WLAN Applications," *IEEE Antennas And Wireless Propagation Lett.*, vol. 15, pp. 1269–1272, 2016.
- [10] A. Kavya, Poornima.V, Zachariah C Alex and K. Shambavi, "Design of a Miniaturized Dual Band Patch Antenna for WLAN Applications," International Conference On Electronics And Communication System (ICECS), IEEE, 2015.
- [11] Constantine A Balanis, *Antenna Theory : Analysis and Design*, Third Edition, Jhon Wiley & Sons, Canada, 2005.
- [12] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittipiboon, *Microstrip Design Handbook*, Norwood: Artech House. Inc, London, 2001.

Efisiensi Energi Listrik Lampu Penerangan Menggunakan Sensor Inframerah

Suherman, Bakhtiar, Ali Hanafiah

Teknik Elektro, Universitas Sumatera Utara
Medan, 20155, Indonesia.
Email: suherman@usu.ac.id

Abstract – *The room lighting is one of the major energy consumptions among the electrical spending. The energy efficiency relies on human awareness, but human is often forgetful. Therefore automation is needed. This paper designs a simple smart light bulb controller using a timer integrated circuit and an infrared sensor which is attached to light fitting to minimize energy consumption automatically. The experiment shows 79.6% efficiency compared to the existing product in market.*

Keywords: Light bulb, timer, infrared sensor, efficiency.

I. PENDAHULUAN

Sumber energi listrik di Indonesia yang telah dimanfaatkan masih sangat terbatas [1]. Data menunjukkan bahwa rasio pemenuhan kebutuhan listrik oleh sumber alternatif selain minyak bumi masih rendah sekitar 12% [2]. Sementara jumlah pasokan minyak bumi terus menurun. Langkah penghematan energi merupakan salah satu langkah alternatif memperpanjang ketersediaan listrik nasional.

Penghematan energi bergantung pada perilaku dan kesadaran manusia. Keberhasilannya 80% ditentukan manusia [2], yang berarti kealfaan manusia berakibat 80% ketidakberhasilan penghematan. Oleh karenanya, langkah penghematan energi tidak dapat bergantung pada langkah manual. Disamping itu, konsumsi lampu penerangan mencapai 30% dari total konsumsi [2]. Penulis mengajukan penyisipan rangkaian otomatis pada *fitting* lampu listrik, agar ketergantungan terhadap kesadaran manusia dapat dikurangi.

Perangkat yang diajukan berupa *smart light fitting*, menggunakan rangkaian timer terintegrasi 555 yang dikombinasikan dengan sensor inframerah pasif (Passive Infrared, PIR). Tujuannya adalah mengurangi konsumsi daya saat kondisi tidak menyala atau *stand by*.

II. KAJIAN LITERATUR

A. Lampu Dengan Sensor Gerak Existing

Survei sederhana dilakukan dengan mencari lampu dengan sensor gerak di pasaran. Sebagai hasilnya, diperoleh beberapa jenis lampu, diantaranya lampu dengan sensor yang tidak tampak, maupun sensor yang terpisah. Dari sampel yang ditemukan, diambil satu sampel dengan efisiensi paling baik.

Penelitian sulit memvalidasi pembandingan dimana desain lampu yang diiringi karya ilmiah terakhir sulit didapatkan. Oleh karenanya, penelitian ini hanya

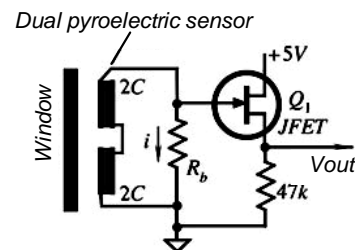
hanya membandingkan kinerja produk hasil desain dengan sampel lampu jenis LED dengan daya 7 watt, 220 volt AC, 22 elemen LED, intensitas 427 lumen, dan cahaya Putih seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Lampu LED Pembandingan

B. Sensor Pyroelectric (PIR Sensor)

Pyroelectric sensor merupakan inti dari sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR) yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pengikut tegangan dengan JFET tunggal mengubah arus dari PIR menjadi tegangan keluaran [3].



Gambar 2. Sensor Pyroelectric

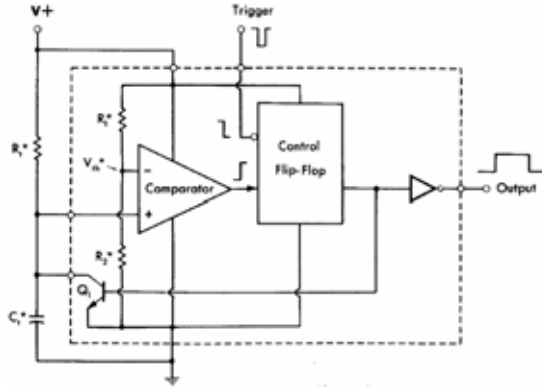
PIR bekerja dengan mengukur energi inframerah yang dihasilkan oleh panas. Manusia dan hewan termasuk diantaranya yang bisa menghasilkan panas walaupun kecil, rata-rata 9-10 mikrometer energi inframerah [3].

C. Silicon Controlled Rectifier (SCR)

SCR dalam banyak literatur disebut thyristor. Pada prinsipnya untuk membuat thyristor menjadi aktif adalah dengan memberi arus *trigger* dengan memicu tegangan pada gerbang (*gate*) thyristor. Sebagai contoh *datasheet* SCR tipe 2N4441 memberikan tegangan dan arus pemacu yaitu; $V_{GT} = 0,75$ Volt, $R_{input} = 415$ ohm dan $I_{GT} = 10$ mA.

D. Timer NE 555

Rangkaian terintegrasi (IC) NE 555 didesain sedemikian rupa sehingga hanya memerlukan sedikit komponen luar untuk bekerja. IC NE 555 bekerja dengan memanfaatkan prinsip pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*) dari kapasitor melalui resistor eksternal [4].



Gambar 3. Rangkaian *Monostable* 555 [5]

Gambar 3 menunjukkan rangkaian *monostable* dengan resistor R_t dan kapasitor C_t luar. Prinsipnya rangkaian ini akan menghasilkan pulsa tunggal dengan lama waktu tertentu pada keluaran, jika *trigger* dari komponen ini dipicu. Persamaan untuk t (waktu) adalah [5]:

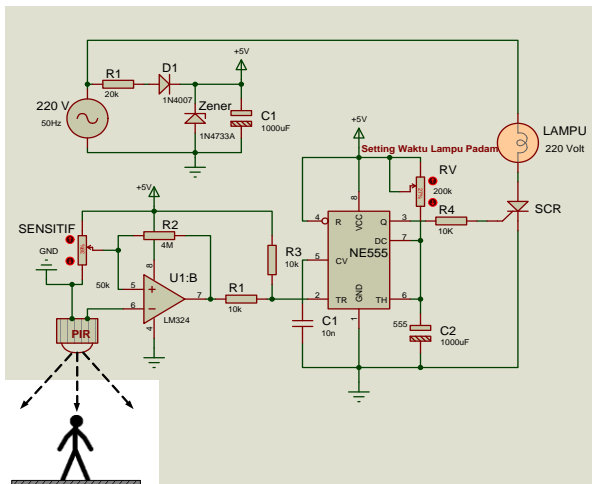
$$T = R_t C_t \log_e 3 \dots\dots\dots(12)$$

$$= 1.0986 R_t C_t$$

III. METODE PENELITIAN

A. Rancangan Rangkaian

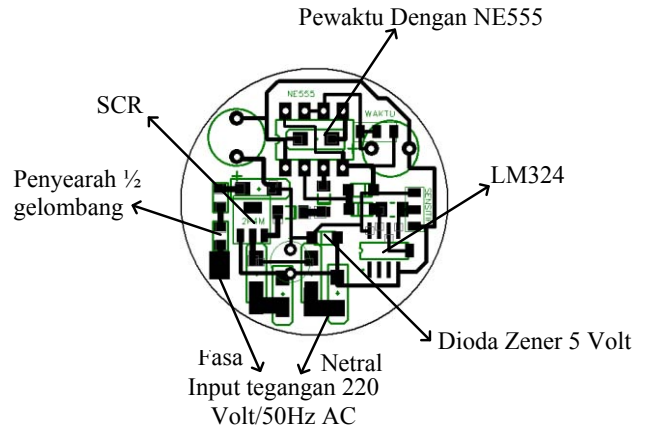
Rancangan rangkaian pewaktu *monostable* dengan Proteus [6] ditunjukkan pada Gambar 4. Pada rangkaian ini apabila pin 2 dipicu masukan rendah, maka keluaran pin 3 akan bernilai tinggi dengan durasi tergantung dari besar nilai kapasitas C_2 dan nilai resistansi RV_1 .



Gambar 4. Rancangan Rangkaian

B. Rancangan Printed Circuit Board (PCB)

Layout PCB yang dirancang dengan Protel [7] adalah bagian yang berfungsi untuk merakit komponen-komponen elektronika menjadi rangkaian elektronika. *Layout* PCB untuk sistem pewaktu IC NE 555 ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rancangan *Layout* PCB

C. Rancangan Tampilan Produk

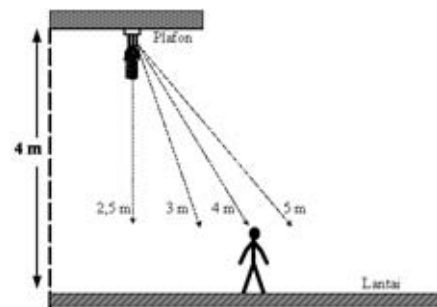
Hasil rancangan rangkaian pengendali otomatis untuk menghemat konsumsi energi listrik ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Rancangan Produk

D. Rancangan Pengujian Produk

Pengujian sensor dilakukan dengan cara menempatkan *fitting* lampu yang telah terintegrasi dengan sensor pada plafon dengan jarak 4 m terhadap lantai. Pengujian produk ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian Produk

IV. HASIL PENGUJIAN

A. Uji Respons Produk

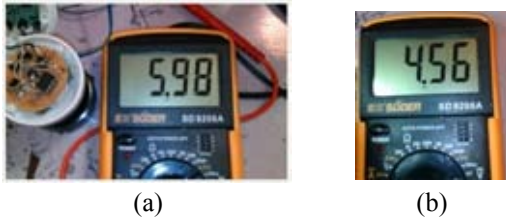
Dari hasil pengujian reaksi sensor terhadap kehadiran manusia yang membuat lampu otomatis hidup diperoleh data rata-rata seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor Terhadap Jarak

Jarak ke Sensor (m)	Reaksi Terdeteksi (%)	
	Usulan	Existing
2,5	100	100
3	100	100
4	100	50
5	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi

B. Konsumsi Energi

Pengujian besaran penyerapan daya pada sistem elektronik pada saat lampu tidak menyala ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. (a) Arus AC Yang Terukur 5,98 mA; (b) Tegangan Keluaran Dioda Zener

Pada saat pengukuran tegangan jala-jala listrik adalah 215 V_{AC} dan arus AC yang terukur adalah 5,98 mA = 0,00598 A, dimana tegangan drop (tegangan jatuh) pada resistor 20k = 119,6 V_{AC}. Disipasi daya yang timbul pada resistor 20k adalah 0,72 Watt. Tegangan keluaran dioda zener = 4,56 Volt DC. Pada dioda zener terjadi disipasi daya = 0,027 watt. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian konsumsi daya.

Tabel 2. Hasil Pengujian Catu Daya Tanpa Transformator

Tegangan Jala-Jala Listrik AC (Volt)	Arus Yang Terukur (Ampere)	Disipasi Daya Pada Resistor 20k (Watt)	Tegangan Keluaran Dioda Zener (Volt)	Disipasi Daya Pada Dioda Zener (Watt)	Disipasi Daya Lampu (Watt)
215	0,00598	0,72	4,56	0,027	1,2857

Berdasarkan data pengukuran, besar disipasi daya yang timbul pada saat lampu tidak menyala = 1,2857 Watt. Sementara itu, besaran arus pada lampu LED otomatis yang terdapat di lapangan pada saat lampu tidak menyala = 28,9 mA seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Lampu Motion Detector Lamp Type LED

Berdasarkan data hasil pengukuran arus, maka disipasi daya yang timbul pada saat lampu tidak menyala adalah P_{Lampu} = 6,2 Watt.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian efisiensi disipasi daya lampu otomatis pada saat kondisi *stand by* atau lampu tidak menyala dari perangkat yang dirancang menunjukkan hasil yang positif. Lampu penerangan ruangan otomatis yang terintegrasi dengan pewaktu IC555 lebih efisien 79,26% dibandingkan dengan sampel lampu sensor gerak yang ada di pasaran.

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa, efisiensi disipasi daya lampu otomatis pada saat lampu tidak menyala dapat ditingkatkan dengan cara memodifikasi pada rangkaian catu daya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Perpustakaan.bappenas, "Indonesia Terboros dalam Memakai Listrik di ASEAN", diakses 5 April 2015.
- [2] E. Syahril, "Kajian Indonesia Energi Outlook", Pusat data dan informasi energi dan sumber daya mineral (ESDM) kementerian energi dan sumber daya mineral.
- [3] J. Fraden, "Handbook of Modern Sensors, Physics Designs and Applications", Fourth Edition, Springer New York Heidelberg Dordrecht London, 2010.
- [4] W. G. Jung, "IC Timer Cookbook", International Standard Book Number: 0-672-21416-4, Howard W. Sams & Co., Inc., Indianapolis, Indian, 1987.
- [5] Data sheet xx555 Precision Timers, Texas Instruments NA555, NE555, SA555, SE555 Timers, SLFS022I, September 1973, Revised September 2014.
- [6] A. Perdana. 2012. Sistem Microprocessor Dan Pengenalan Software Proteus, Lab. Embedded Systems Jurusan Sistem Komputer Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [7] Sugianto, "Desain Rangkaian Elektronika dan Layout PCB dengan Protel 99 SE", ISBN 9789792703573, Elex Media Komputindo, Jakarta Pusat, 2007.

Reduksi Konsumsi Energi pada Subscriber Station WiMAX Melalui Pengaturan Beban Protokol Transport

Suherman, Junaidi Teguh Siregar, Naemah Mubarakah
Teknik Elektro, Universitas Sumatera Utara
Medan, 20155, Indonesia.
Email: suherman@usu.ac.id

Abstract –Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) is a broadband wireless access technology which is able to provide high data rate connection and wide area coverage. However, long range access for small subscriber equipment generates issue on battery survivability. This paper proposes transport load arrangement to reduce the energy consumption on subscriber side. The evaluation shows the promising results. The two-packet arrangement causes 0.48% energy reduction from 47.61 Joule to 47.38 Joule. Further, the three-packet arrangement reduces energy consumption 0.59% to about 47.33 Joule.

Keywords: WiMAX, subscriber station, energy efficiency, transport layer.

I. PENDAHULUAN

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) merupakan realisasi standar 802.16 WirelessMAN Institute of Electrical and Electronics Engineering (IEEE) [1] untuk menyediakan akses *wireless* berkecepatan tinggi. Akses ini mendukung aplikasi multimedia seperti video streaming.

Perangkat komunikasi bergerak menggunakan baterai sebagai sumber energi. Ketahanan baterai sangat tergantung pada aplikasi yang berjalan. Semakin tinggi kapasitas dan semakin jauh jarak transmisi berpotensi mempercepat pengosongan baterai [2].

Rancangan aplikasi pada pesawat pelanggan turut menentukan seberapa banyak sinyal-sinyal komunikasi berinteraksi. Semakin tinggi intensitas interaksi, semakin tinggi kebutuhan energi dari baterai. Sementara aplikasi berbasis jaringan, tidak terlepas dari penggunaan protokol *transport*. Artikel ini melaporkan penelitian pengurangan konsumsi energi perangkat pelanggan WiMAX dengan menggunakan pengaturan beban protokol *transport*.

II. KAJIAN LITERATUR

A. WiMAX

WiMAX menggunakan standar IEEE 802.16 yang termasuk dalam kategori *Wireless Metropolitan Area Network* (WMAN) yang telah mengalami beberapa perkembangan dan penyempurnaan. Standar 802.16 dirilis pada Desember 2001 untuk layanan *fixed*

wireless broadband dengan konfigurasi *point to point* dan bekerja pada frekuensi 10-66 GHz. Sementara standar 802.16a yang dirilis pada Januari 2003 dirancang bekerja pada frekuensi 2-11 GHz. Standar ini ditingkatkan menjadi 802.16d yang bekerja pada frekuensi yang sama namun dengan kecepatan yang mencapai 70 Mbps. Standar 802.16 sampai standar 802.16d dirancang untuk aplikasi *fixed*.

Standar 802.16e yang dirilis pada Desember 2005 yang ditujukan untuk aplikasi bergerak yang mampu melakukan prosedur *handover* dan *roaming*.

B. Efisiensi Energi

Banyak penelitian yang berusaha meminimalkan konsumsi energi perangkat *wireless* dikarenakan keterbatasan baterai. Penelitian umumnya menitikberatkan pada opsi *energy-aware hardware*, *middleware* maupun aplikasi yang efisien [3].

Usaha pengurangan konsumsi energi dapat dilakukan di beberapa lapisan TCP/IP [4]:

- Lapisan fisik melalui efisiensi pemilihan frekuensi, modulasi, *multiplexing* dan *channel coding*.
- Lapisan *data link* melalui penggunaan *error control*, metode *framing* yang efisien, maupun skema keamanan yang praktis.
- Lapisan jaringan melalui metode ruting, pengalamatan dan manajemen yang efisien.
- Lapisan *transport* dengan optimasi protokol.
- Lapisan aplikasi dengan mengurangi proses yang tidak efisien.

Penelitian pada lapisan fisik dan data link yang dilakukan Han et.al [5] menunjukkan angka konsumsi energi signifikan pada *subscriber station*. Dari sisi jumlah *user* perangkat bergerak mencapai 6 juta di tahun 2013 [6]. Hal ini menjadi perhatian khusus dalam meminimalkan energi di sisi *user*.

Sementara penelitian ruting mendominasi lapisan jaringan dimana paket *update* menjadi isu utama [7]. Penelitian lapisan *transport* terfokus pada layanan yang membedakan *wireless* dan *wireline* seperti metode *splitting* [8] maupun *multipath* [9]. Sementara penelitian di lapisan aplikasi [3] menunjukkan *hidden background process* menyerap energi terbanyak.

III. METODE YANG DIUSULKAN

Pengaturan beban transport layer protokol dikembangkan berdasarkan ide *framing* WiMAX yang bersifat periodik, dimana data yang lebih dahulu masuk ke *buffer* di *link layer subscriber station* tidak berarti terkirim lebih dahulu, karena harus menunggu *frame uplink* yang bersesuaian. Oleh karenanya penggabungan paket satu dengan yang lain pada protokol *transport* berpotensi mengurangi *bandwidth request* dan memaksimalkan kapasitas *frame uplink*.

Dengan berkurangnya pemancaran *bandwidth request*, semakin rendah potensi *collision* di sisi *base station*. Hal ini berakibat positif pada pengurangan konsumsi energi. Singkatnya, penggabungan paket di *buffer* protokol *transport* dengan paket sebelum atau sesudahnya untuk memaksimalkan kapasitas pengiriman berpotensi mengurangi konsumsi energi.

Tinjauan matematis ide di atas adalah diluar cakupan ulasan *paper* ini. Namun demikian, evaluasi dengan simulasi diberikan pada seksi berikut.

IV. METODE PENELITIAN

A. Rancangan Simulasi

Evaluasi pengaruh pengaturan beban protokol *transport* terhadap konsumsi energi dengan metode simulasi melibatkan piranti lunak network simulator, NS-2.35 yang telah diintegrasikan dengan modul radio WiMAX.

Untuk memudahkan monitoring paket video, pada modul protokol *transport* di sisi pengirim dilakukan pencatatan waktu kirim. Informasi waktu kirim ini berikut nomor urut paket disisipkan sebagai data tambahan protokol *transport*, yang kemudian dibaca dan dibandingkan dengan waktu penerimaan paket di sisi penerima. Sehingga perhitungan *delay* dan *packet loss* mudah dilakukan.

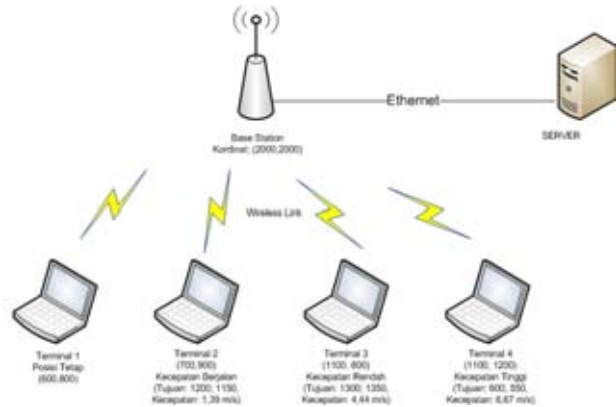
Implementasi pengaturan beban protokol *transport* dilakukan dalam tiga kondisi. Kondisi pertama, evaluasi simulasi dijalankan tanpa pengaturan beban protokol *transport*. Kondisi kedua simulasi dijalankan dengan melakukan pengaturan beban protokol *transport* dimana 2 frame tipe p dari trafik multimedia digabung menjadi 1 frame p. Kondisi ketiga simulasi dijalankan dengan melakukan pengaturan beban protokol *transport* dimana 3 frame p pada data asli digabung menjadi 1 frame p.

Hasil perekaman data yang diterima dari setiap kondisi dianalisis untuk memperoleh nilai *delay*, *packet loss*, dan konsumsi energi.

B. Spesifikasi WiMAX

Modul WiMAX NIST ditambahkan ke NS-2.35. Konfigurasi jaringan WiMAX yang dievaluasi adalah jaringan *point to multipoint* (PMP) dengan satu *base station* (Gambar 1). Hal ini dilakukan agar fakta pengurangan konsumsi energi menjadi lebih fokus.

Jumlah SS dibatasi hanya 4 buah agar model jaringan NIST yang memiliki kapasitas maksimum 7Mbps tidak mengalami overload.



Gambar 1. Konfigurasi Jaringan WiMAX

Setiap *subscriber station* diatur untuk memiliki kecepatan yang berbeda, baik kondisi *fixed* (0 m/s); kondisi berjalan (1.39 m/s); kondisi kecepatan sedang (4.44 m/s) dan kecepatan tinggi (6.67 m/s).

Pemancar WiMAX diatur untuk melingkupi area berdiameter 1000 m dengan 64 QAM dan model propagasi *two-ray ground*. Simulasi dilakukan sebanyak 20 kali dengan variasi bitrate trafik.

C. Model Konsumsi Energi

Konsumsi energi pada sistem diperoleh dari kuat daya yang dikeluarkan pada suatu mode operasi dikalikan dengan waktu yang digunakan selama mode tersebut berlangsung seperti yang diuraikan oleh Bezzer et al [11].

Untuk mendapatkan konsumsi energi dari *subscriber station* pada modul WiMAX NIST maka dilakukan penyisipan variable nilai kuat daya pada setiap mode operasi ke dalam script `mac802_16SS.cc` dan `mac802_16SS.h` sesuai mode operasi tersebut.

V. HASIL PENELITIAN

A. Delay Transmisi

Delay transmisi merupakan penundaan yang dialami paket dari proses kirim ke proses terima. *Delay* ini bervariasi untuk ketiga kondisi (Tabel 1), dimana pengaturan beban menyebabkan kenaikan nilai *delay*.

Tabel 1. Hasil pengujian *delay* transmisi

Tanpa Pengaturan Beban	Pengaturan Beban 1	Pengaturan Beban 2
0.097 s	0.102 s	0.101 s

B. Delay Total

Delay total merupakan penjumlahan dari delay transmisi dengan delay buffering. Hasil penelitian (Tabel 2) menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah paket yang digabungkan, semakin tinggi delay total yang dialami paket tersebut.

Tabel 2. Delay total

Tanpa Pengaturan Beban	Pengaturan beban 1	Pengaturan Beban 2
0.097 s	0.118 s	0.121 s

C. Packet Loss

Secara umum, pengaturan beban menyebabkan kenaikan packet loss. Hal ini disebabkan, penggabungan paket protokol transport kemungkinan menyebabkan over capacity, dimana kelebihan muatan akan dibuang dan menjadi bagian dari paket yang hilang (Tabel 3).

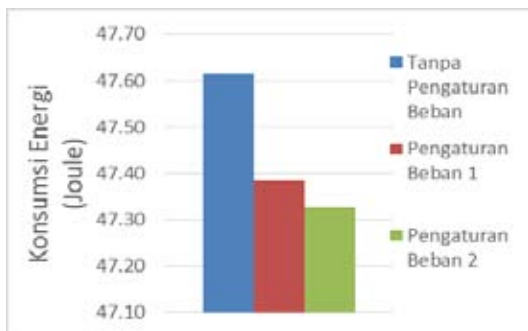
Tabel 3. Packet loss

Tanpa Pengaturan Beban	Pengaturan beban 1	Pengaturan Beban 2
28.74%	33.82%	33.24%

D. Konsumsi Energi

Gambar 2 menunjukkan reduksi konsumsi energi saat dilakukan pengaturan beban protokol transport. Pengurangan bandwidth request akibat pengaturan protokol transport menyebabkan konsumsi energi berkurang. Konsumsi energi berkurang drastis untuk penggabungan paket yang lebih intensif.

Pengaturan beban protokol transport berhasil menurunkan konsumsi energi dari 47.6 Joule ke 47.35 Joule.



Gambar 2. Pengurangan Konsumsi Energi

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Pengaturan beban protokol transport mempengaruhi karakteristik delay, packet loss dan konsumsi energi pada subscriber station perangkat WiMAX.

Pengaturan beban protokol transport menyebabkan delay rata-rata, delay total, dan packet loss meningkat dibandingkan sebelum dilakukannya pengaturan beban protokol transport.

Namun demikian, tingkat konsumsi energi menurun ketika dilakukan pengaturan beban protokol transport. Sebelum dilakukan pengaturan beban, energi yang dikonsumsi sebesar 47.61 Joule. Nilai ini menurun sampai 0.48% saat dua paket digabungkan. Sementara penggabungan 2 paket menyebabkan konsumsi energi menjadi 47.38 Joule, Pada saat dilakukan pengaturan beban protokol transport dengan menggabungkan tiga frame, energi yang dikonsumsi sebesar 47.33 Joule atau menurun sebesar 0.59%.

Penelitian ke depan dapat dilakukan dengan menggunakan jaringan bergerak nyata, maupun melibatkan aplikasi yang bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Golmie, R. Rouil, D. Doria, X. Guo, R. Iyengar, S. Kalyanaraman, dan R. Patneyand, "WiMAX forum system level simulator NS-2 MAC+ PHY add-on for WiMAX (IEEE 802.16)". 2009.
- [2] G. Perrucci, F. Fitzek, G. Sasso, and M. Katz, "Energy Saving Strategies for Mobile Devices using Wake-up Signals", Proc. ACM Press, 2008.
- [3] C. Wilke, "Energy Consumption and Efficiency in Mobile Applications: A User Feedback Study," in Proc. 2013 Green Computing and Communications (GreenCom) IEEE Conf., pp. 134 - 141.
- [4] J.E. Christine and et al., "A Survey of Energy Efficient Network Protocols for Wireless," Wireless Networks, vol. 7, pp. 343-358, 2001.
- [5] C. Han, T. Harrold, and S. Armour, S, "Green Radio: Radio Techniques to Enable Energy-Efficient Wireless Networks," Energy Efficiency in Communications, May 2011.
- [6] ITU, "Key ICT indicators for developed and developing countries and the world (totals and penetration rates)," The International Telecommunication Union, 2013.
- [7] J. Zhu and X. Wang, "Model and Protocol for Energy Efficient Routing over Mobile Ad Hoc Networks", IEEE, 2007.
- [8] T. Khalifa, "Split- and Aggregated-Transmission Control Protocol (SA-TCP) for Smart Power Grid," IEEE Transactions on Smart Grid, vol.5, no. 1, pp. 381 - 391, Jan. 2014.
- [9] S. Chen, "An energy-aware multipath-TCP-based content delivery scheme in heterogeneous wireless networks," IEEE Conf. on Wireless Communications and Networking (WCNC), pp. 1291 - 1296, 2013.
- [10] Wang, Xiaofei, Athanasios V. Vasilakos, Min Chen, Yunhao Liu, and Ted Taekyoung Kwon. "A survey of green mobile networks: Opportunities and challenges." Mobile Networks and Applications 17, no. 1 (2012): 4-20..
- [11] Bezerra, Nibia S., et al. "Modelling Power Consumption in IEEE 802.16 e WiMAX Mobile Nodes".

Teknologi Batubara Bersih Menggunakan Siklon Dan Magnetite

Isworo Pujotomo¹

¹ Sekolah Tinggi Teknik-PLN (STT-PLN)

Jakarta, Indonesia.

Email: isworop@yahoo.com

Abstract - Low quality coal is a fossil fuel, largely deposited and spread in the world. Approximately 60 percent of Indonesian's coal deposits belongs to this category. Compared to other fossil fuels, coal has a negative environmental impact especially from chimney emissions. Chimney emissions of coal-fired power plant, disturbing ecosystems and human health are such as SO₂ (sulphur dioxide), ash, NO_x (nitrogen oxide) and CO₂ (carbon dioxide). Using dense medium cyclone technology, ash and sulphur of lignite coal decreased from 18,82% to 11,70% and 0,91% to 0,88%.

Keywords: Decrease ash and sulphur coal

I. PENDAHULUAN

1.1 BATUBARA BERSIH : Membuat Batubara Berkualitas

Batubara, bahan bakar fosil yang terbanyak, diperkirakan adalah tumbuh-tumbuhan yang memfosil. Diperkirakan kurang lebih diperlukan 15 kaki tumbuh-tumbuhan yang dipadatkan untuk memperoleh lapisan batubara setebal 1 kaki. Tumbuhan yang dipadatkan ini, tanpa adanya udara dan dipengaruhi oleh temperature dan tekanan yang tinggi, selanjutnya akan berubah menjadi *turf* (tumbuhan lapuk), suatu bahan bakar yang mempunyai grade sangat rendah, kemudian menjadi batubara coklat, lalu menjadi lignite, kemudian menjadi batubara subbitumin, lalu menjadi bitumen, dan akhirnya menjadi batubara antrasitik.

Batubara, sebagai bahan tambang (sering disebut batubara tertambang / *run-of-mine* atau *ROM coal*), jarang sekali mempunyai kualitas yang baik secara fisik maupun kimia, memenuhi persyaratan yang diperlukan industri, misalnya untuk tungku pembakaran semen, bahan bakar pembangkit listrik, dapur arang batu, dsb. Dan ini adalah fakta-fakta yang sering kita jumpai mengenai pemasaran batubara untuk keperluan domestik dan ekspor. Dan hal ini akan mengakibatkan terjadinya polusi serta pencemaran lingkungan pada saat terjadi pembakaran batubara.

Salah satu alternatif teknologi yang dapat dipakai untuk mengurangi kadar sulphur dan abu (*ash*) batubara adalah dengan jalan mencuci batubara tersebut terlebih dahulu sebelum dipakai untuk keperluan industri.

Pencucian batubara, dapat didefinisikan sebagai pemindahan zat / bahan-bahan mineral dari batubara tertambang untuk mendapatkan atau menghasilkan batubara bersih, dan tujuan utamanya adalah untuk

meningkatkan kualitas dan nilai kalor (Btu/lb) batubara dengan mengurangi kadar sulphur dan kadar abunya (*ash*), separo atau dua pertiga dari sulphur yang terjadi dalam batubara dapat dihilangkan dengan pemecahan dan pemisahan melalui proses mekanik. Semua zat atau bahan-bahan yang terkandung dalam batubara dapat dibersihkan secara fisik.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kualitas batubara dari tempat penambangan ke tempat industri yang membutuhkan biasanya berkisar pada masalah transportasi dan sistem penanganannya. Faktor-faktor tersebut yaitu antara lain :

- transportasi suplai batubara antara tempat penambangan dan pabrik pencucian;
- perlakuan terhadap batubara tertambang (mis.: pemecahan, *sizing*, dan pemisahan non-batubara);
- timbunan, keseragaman jenis batubara dan pencampuran untuk pabrik pencucian;
- transportasi produk yang siap dijual dari tempat penambangan ke tempat yang membutuhkan;
- timbunan, keseragaman dan campuran produk batubara siap jual yang berasal dari tempat lain di terminal akhir batubara.

Diharapkan akan dihasilkan batubara yang lebih baik kualitasnya setelah mengalami proses pencucian terlebih dahulu, dan tentunya juga akan menghasilkan mutu bakar yang baik serta mengurangi dampak polusi yang terjadi.

1.2 Tujuan-Tujuan Membersihkan Batubara

Secara keseluruhan tujuan dari pencucian batubara secara fisik ini adalah untuk menghasilkan produk batubara yang layak jual secara konsisten, secara spesifik akan meningkatkan kualitas produksi dan relative sebanding dengan biaya dan hasil yang sudah dikeluarkan oleh perusahaan penambangan.

Beberapa obyek spesifik untuk mencapai tujuan ini antara lain adalah :

- memaksimalkan hasil produk siap jual;
- meminimalkan kehilangan material karbon yang terbuang;
- meminimalkan biaya.

1.3 Kualitas Batubara Setelah Dibersihkan

Kualitas yang dimiliki batubara, yang biasanya juga merupakan parameter dari harga jual batubara antara lain :

- Kadar abu (*ash*);
- Kadar air (*moisture*);
- Bahan-bahan menguap (*volatile matter*);
- Spesifik Energy;
- Komposisi abu (*ash composition*);
- Kadar lumer abu (*ash fusibility*);
- Kadar mengendap abu (*ash precipitability*);
- Grindability* (HGI).

Bahan-bahan mineral dan kadar air dapat dikontrol langsung pada proses pencucian batubara. Oleh karena itu, kebanyakan kontrak suplai batubara ditentukan dengan sebuah harga maksimum abu, biasanya dalam kondisi udara kering, dan total kadar air.

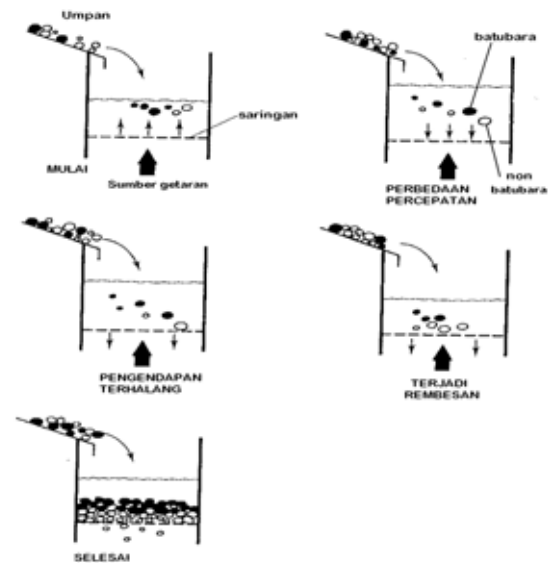
1.4 Pencucian Batubara

Penggunaan batubara sebagai sumber energi alternative merupakan pilihan yang mempunyai prioritas cukup tinggi karena jumlah cadangan batubara yang masih dapat diandalkan untuk jangka waktu yang relatif lebih lama (> 200 tahun), terutama cadangan batubara kualitas rendah (jenis lignit) yang besarnya 70% dari jumlah cadangan keseluruhan. Batubara jenis lignit mempunyai kadar air dan abu yang tinggi dan kandungan panas (*calorific value*) yang rendah yaitu 4010 – 4550 kcal/kg. Lignit mempunyai titik nyala antara 400°C hingga 500°C. Teknologi konversi batubara dewasa ini masih mempunyai kekurangan-kekurangan dalam hal efisiensi pembakaran (hanya 70% - 80%), terbentuknya hasil-hasil samping yang cukup mengganggu seperti abu terbang (*fly ash*) dan gas beracun (NO_x dan SO_x).

Dalam bab ini akan dibahas mengenai teknologi batubara bersih dengan cara melakukan pencucian terhadap batubara terlebih dahulu sebelum batubara digunakan untuk proses pembakaran.

Sebelum ada mesin untuk keperluan pengerjaan tambang, pemisahan batubara dari batu dilakukan dengan tangan. Untuk selanjutnya, penggunaan mesin dan pengerjaan dengan proses tinggi telah menggantikan pemisahan lapisan batubara dari material lain secara manual (dengan tangan) dan telah mendorong untuk dikembangkannya pencuci batubara yang lebih ekonomis dan menaikkan kualitas batubara, menjadi lebih baik.

Metode pencucian batubara yang pertama kali dioperasikan adalah dengan metode *Jigs* yang mana juga dapat diterapkan untuk mineral lain selain batubara. Dalam *Jigs* pemisahan partikel (material non-batubara) adalah material yang mempunyai density lebih rendah dari tekanan gravitasi akan membuat partikel tersebut terbawa melalui sebuah pusaran air. Sedangkan hasilnya (material batubara) adalah yang sesuai dengan nilai density akan terapung. (lihat Gambar 1)

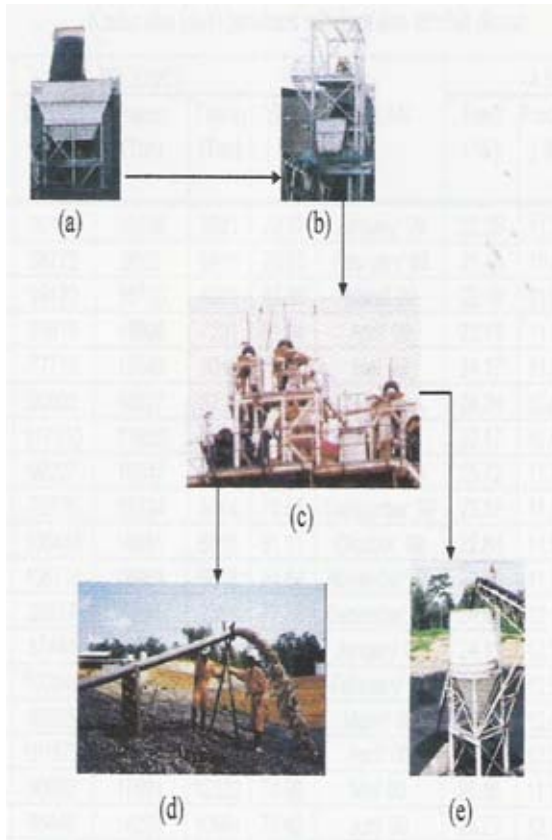


Gambar 1. Prinsip pencucian batubara – *jigs*

Sangat berlainan, pemisahan batubara dengan menggunakan sebuah media-pemisah (*dense medium*), tidak jelas pemisahan antara produk batubara dengan partikel non-batubara di dalam sebuah *Jig*. Hal ini menyebabkan tidak mungkin terjadi pemisahan secara efisien untuk partikel-partikel yang mempunyai proporsi kandungan batubara tinggi yang mendekati density media pemisah dan batubara dengan ukuran partikel kecil.

Dalam proses pencucian batubara, terdapat tiga tahap proses yang harus dialami oleh batubara. Adapun ketiga tahap proses tersebut adalah :

- Proses penyamaan ukuran (*sizing*); batubara hasil dari penambangan akan mempunyai ukuran dan bentuk yang bermacam-macam, ada yang berupa bongkahan besar, sedang, ukuran kecil maupun yang berupa pasir batubara (*finer coal*). Dalam proses ini diharapkan batubara yang siap untuk dicuci akan mempunyai ukuran maksimum yang sama ($\leq 50\text{mm} - 100\text{mm}$) sehingga akan mampu dipasok kedalam mesin cuci batubara.
- Proses pencucian (*washing*); dalam proses ini akan terjadi pemisahan antara material yang bukan batubara (*reject coal*) dengan material batubara (*clean coal*).
- Proses pengeringan (*drying*); batubara yang keluar dari proses pencucian akan masuk kedalam mesin pengering dan selanjutnya siap untuk digunakan.



Gambar 2. Proses pencucian batubara;((a),(b) : proses *sizing*), ((c) : proses *washing*), ((d): *reject coal*), ((e) : *clean coal*)

Dari ketiga tahap proses pencucian batubara tersebut, proses pencucian merupakan proses yang paling penting dan menentukan kualitas dari batubara bersih yang dihasilkan. Untuk selanjutnya akan dibahas lebih lanjut mengenai proses pencucian dengan teknologi Pusaran Aliran Padat (*Dense Medium Cyclone*).



Gambar 3. Penulis didepan mesin cuci batubara

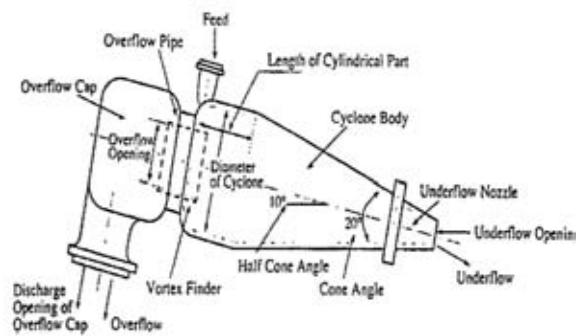
II. PROSES PENCUCIAN BATUBARA

Sebuah *cyclone* yang terdiri dari sebuah kerucut terpancung dengan bagian silinder pada bagian ujungnya (Lihat Gambar 4.a.) dan lubang pasokan pada bagian silinder. Aliran pasokan bahan

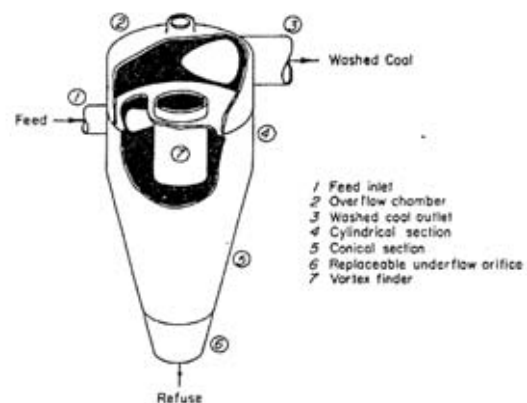
dibagi menjadi dua aliran pusaran; yaitu aliran kencang (*overflow*) dan aliran lambat (*underflow*). Aliran kencang terkumpul dalam pipa yang terletak di tengah *cyclone* disebut dengan alat pencari pusaran (*vortex finder*) yang mengalir melalui ujung pusaran yang lebar. Aliran lambat dihembuskan melalui pintu (*underflow opening*) pada bagian ujung yang sempit dari bagian yang berbentuk kerucut. Titik hembus ini dikenal sebagai mulut (*orifice*) atau pipa aliran lambat (*nozzle*).

Batubara mentah (*raw coal*) dengan rentang ukuran yang cocok, dipompakan atau dipasok dari kepala tangki (*feed*) kedalam lubang masuk *cyclone* sebagai suatu suspensi dalam aliran padat yang mengandung magnetite. Batubara bersih diangkut ke dalam pusaran dan dilepaskan dalam aliran kencang. Bahan yang ditolak (non-batubara) mengalir melalui badan pusaran ke arah sumbat dan keluar melalui aliran lambat.

Diameter *orifice* mempunyai ukuran lebih kecil dari diameter *vortex finder*, dimaksudkan untuk menekan sebagian batubara keluar melalui *vortex finder* dimana sebagian besar batubara mengalir secara normal.



(a)



(b)

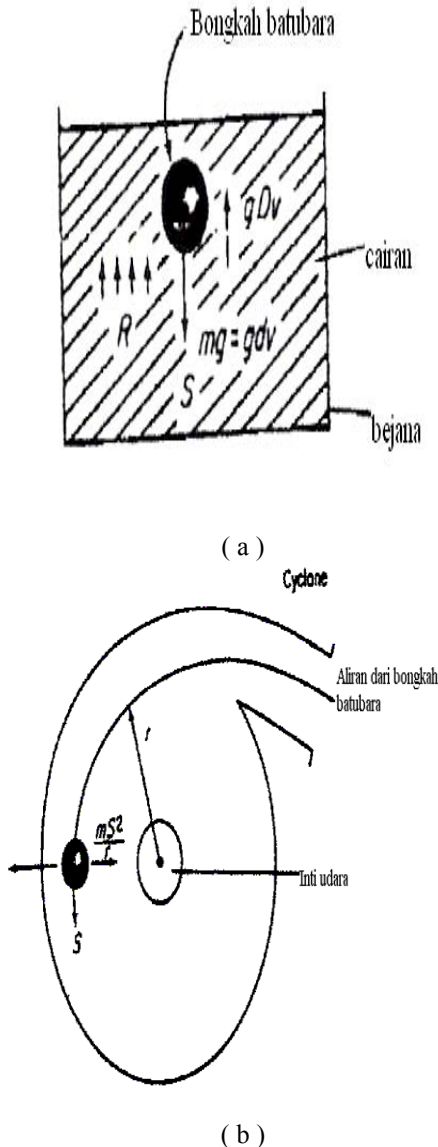
Gambar 4. Alat pencuci batubara – *cyclone*

2.1 Prinsip Pemisahan Batubara di dalam Cyclone

Dalam sebungkah batubara bulat (dengan asumsi bahwa benda tersebut memang ada), dengan massa m dan volume v . Jika massa dari bongkahan batubara ini

kurang dari massa benda cair dengan volume yang sama, maka benda tersebut tidak akan tenggelam dalam cairan (Gambar 5.).

Daya pada bongkahan batubara tersebut adalah mg , dimana g merupakan peningkatan kecepatan / akselerasi yang disebabkan oleh gravitasi bumi yang juga diwakili oleh gdv , dimana d adalah kepadatan (density) batubara. Ini karena $m = dv$, cairan yang volumenya v -nya dipindahkan dan mempunyai massa akan menjadi sama dengan volume bongkahan batubara v .



Gambar 5. Daya yang mempengaruhi perangai pengendapan batubara.

Jika batubara tersebut tenggelam, tetapi cairan tersebut mengeluarkan daya dorong ke atas, yang disebut daya apung. Oleh karena itu, benda bulat tersebut tidak akan tenggelam jika $gdv = gDv$, dan dengan demikian kecepatannya akan menjadi nol. Karena perbedaan antara gdv dan gDv semakin

melebar, benda bulat tersebut akan mengendap dengan laju kecepatan yang makin lama makin bertambah. Sehingga kecepatan s sebanding dengan perbedaan ini, yaitu :

$$s \propto gdv - gDv \tag{1}$$

Pada keadaan yang sesungguhnya, pecahan batubara itu tidak bulat, bahkan tidak mulus dan bongkahan batubara tersebut akan menemui bentuk perlawanan dari efek daya apung.

Dalam usaha untuk lebih bergerak ke bawah, batubara tersebut menghadapi perlawanan R yang juga harus dikurangkan dari daya tarik ke bawah untuk memberikan kecepatan $s \propto gdv - gDv - R$.

Bulatan batubara akan terus berakselerasi sampai kenaikan dalam R (yang terjadi ketika bulatan tersebut bertambah kecepatannya) mengurangi daya tarik bersih ke bawah menjadi nol. Pada tahap ini, bulatan batubara tersebut akan mencapai kecepatan dimana benda tersebut bergerak sampai mencapai dasar bejana yang berisi cairan (dengan asumsi cairan itu merupakan cairan homogen atau cairan kental yang stabil).

Suatu pusaran atau inti udara yang sering terbentuk apabila suatu kolam atau bak pembasuh tangan dikosongkan. Ketika air bergerak pada lubang penyumbat, air tersebut berputar lebih cepat, yaitu kecepatannya meningkat sementara radiusnya menurun. Kecepatan air berputar menimbulkan daya sentrifugal yang lebih tinggi pada pusat pusaran. Dalam suatu pusaran, daya sentrifugal mempunyai kemungkinan daya duapuluh kali gravitasi bumi pada dinding pusaran dekat lubang masuk berbentuk silinder pada bagian atas pusaran, tetapi dapat meningkat menjadi lebih dari 700 kali gravitasi bumi dekat pusat inti udara. Karena semua benda padat harus meninggalkan pusaran dekat poros tengah, benda padat tersebut semuanya harus melalui wilayah dengan daya sentrifugal yang tinggi.

Apabila suatu partikel berputar dalam lingkaran seperti dalam suatu pusaran, maka percepatan sentrifugalnya adalah :

$$g = \frac{S^2}{r} \tag{2}$$

Dimana : S = kecepatan partikel mengelilingi lingkaran
 r = radius lingkaran

Persamaan (2) ini menerangkan apa sebabnya ketika partikel memilih ke arah pusat pusaran, kecepatannya menjadi lebih besar, karena r secara terus menerus bertambah kecil dan S bertambah besar.

Asas mengapung dan tenggelam, yaitu nilai-nilai relatif dari d dan D tidak terpengaruh, tetapi karena percepatan sentrifugal jauh lebih besar dari gravitasi bumi, maka laju kecepatan dimana segala sesuatu

terjadi, baik mengapung atau tenggelam, jauh lebih cepat.

Dengan demikian, pusran tersebut yang secara komparatif merupakan suatu kepingan peralatan yang kecil, mempunyai kapasitas alir yang tinggi karena daya dorongnya lebih besar, menjadikan segala sesuatu jauh lebih cepat daripada jika dilakukan dalam kolam dengan aliran padat.

Sehingga dari Gambar (5b.), apabila s negatif, bongkah batubara akan mengapung. Dan daya yang mengatur kecepatan mengendap s dari bulatan batubara dalam suatu pusran menjadi :

$$s \propto \frac{S^2}{r}vd - \frac{S^2}{r}vD - R \quad (3)$$

Cairan organic dan larutan seperti air jarang digunakan dalam memisahkan sarana padat dan oleh karena itu sifat-sifat cairan kental dari partikel benda padat yang halus merupakan hal yang sangat penting dalam menggunakan proses secara komersial.

Kepadatan relatif (*density*) dari sarana benda padat merupakan hal yang paling penting yang dapat digunakan. Ukuran partikel benda padat itu akan menentukan kemantapan cairan kental tersebut untuk digunakan sebagai sarana pemisah.

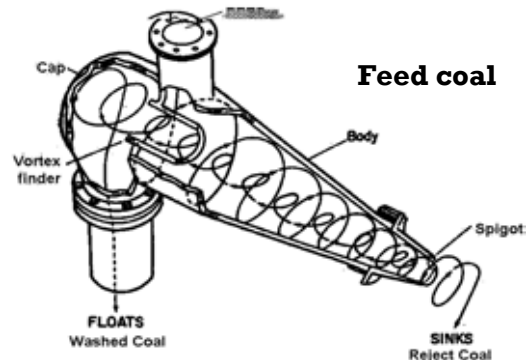
Dengan demikian, jika kecepatan mengendap $\propto gc(d-D) - R$, dimana *g* berakselerasi yang disebabkan oleh gravitasi bumi, *v* adalah volume partikel sarana, *d* adalah kepadatan relatif dari partikel sarana, *D* adalah kepadatan relatif dari cairan yang berisi sarana benda padat, yaitu air = 1 dan *R* adalah factor perlawanan, maka keterkaitannya menunjukkan bahwa kecepatan mengendap dapat dikurangi dan dengan demikian kestabilan dapat ditingkatkan dengan cara memiliki :

- a) partikel kecil, yaitu *v* rendah;
- b) sarana benda padat dengan kepadatan relatif rendah, yaitu *d*; atau
- c) perlawanan cairan yang tinggi terhadap gerakan partikel, yaitu *R* yang tinggi.

Keadaan ini diwujudkan dalam praktek karena: sarana benda padat biasanya digerinda sampai ukuran yang sangat halus; cairan kental yang mengandung magnetit biasanya dimantapkan dengan mempertahankan perbandingan lumpur tanah liat; semua lumpur ini disamping mengurangi *v*, juga menambah kepadatan sarana, dengan demikian menaikkan *R*. Akan tetapi, jika perlawanan terlalu berat sebagai akibat penumpukkan lumpur, sarana tersebut akan melawan gerakan batubara dan pecahan batuan dan ketidakefisiennan akan timbul dalam pemisahan. Hal ini harus diperbaiki dengan 'membersihkan' sarana tersebut dengan menghilangkan kelebihan tanah liat dari mesin cuci batubara.

2.2 Media Cuci Batubara

Sebagian besar standar industri proses pencucian batubara di dunia menggunakan bubur kental berbahan dasar magnetit padat halus.



Gambar 6. Siklon pencuci batubara

Magnetit, merupakan bahan tambang dasar alami untuk pembersihan batubara, sedangkan silikon besi atau campuran magnetit dan silikon besi untuk pemisahan bijih tambang berkepadatan besar. Magnetit yang biasanya digunakan mempunyai kepadatan 1.35 g/cm³, dibawah kepadatan tersebut kestabilannya akan hilang dengan cepat, diatasnya sampai sekitar 1.80 g/cm³; kekentalan akan menjadi masalah. Magnetit mempunyai struktur kristal kubik, masuk dalam keluarga spinel dengan rumus kimia Fe²⁺Fe³⁺O₄. Struktur kimianya didasarkan pada kisi-kisi oksigen kubik yang dikemas secara rapat. Ion Fe²⁺ dan Fe³⁺ lebih besar daripada ion oksigen sehingga (atau tempat kedudukan) pada kisi-kisi oksigen.

Spesifikasi umum magnetit dunia adalah sebagai berikut :

- kepadatan relatif : 4,9 – 5,2 g/cm³;
- kandungan bahan magnet : ≥ 95% menurut beratnya.
- Analisis kimia khususnya :

Fe	: 68,00 % min
P	: 0,09 % maks
S	: 0,05 % maks
SiO ₂	: 2,50 % maks
Al ₂ O ₃	: 0,60 % maks
Cu	: 0,03 % maks
Ti	: 0,23 % maks
Na + K	: 0,13 % maks
H ₂ O	: 10,00 % maks
Lain-lain	: 0,15 % maks



Gambar 7. Magnetite

Kelebihan teknologi pencucian batubara aliran puser bubuk kental magnetit dibandingkan dengan teknologi pencucian batubara *baum jig plant*, terletak pada kemampuannya mencuci batubara berbagai ukuran dengan hasil yang baik, karena teknologi ini menggunakan media pemisah bubuk kental magnetit yang kepadatannya dapat disesuaikan dengan kepadatan batubara.

2.3 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Batubara Cuci.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas batubara cuci saat ditransportasikan dari tambang ke pemakai adalah :

- a. sarana transportasi batubara antara tambang dan pabrik pencucian;
- b. perlakuan terhadap batubara, seperti pemecahan serta pemisahan batubara dan non-batubara;
- c. penimbunan, penyeragaman dan pencampuran di pabrik pencucian;
- d. proses pencucian;
- e. penimbunan, penyeragaman dan pencampuran batubara setelah dicuci;
- f. penimbunan, penyeragaman dan pencampuran dengan batubara setelah dicuci dari tempat lain di terminal akhir batubara;
- g. transportasi batubara setelah dicuci dari pabrik pencucian ke pemakai.
- h. Seperti diketahui batubara dengan nilai kalor lebih tinggi dan polusi lebih rendah dapat diperoleh dengan proses pencucian lebih dulu.

III. HASIL PENCUCIAN BATUBARA

Pada tulisan ini jenis batubara yang dicuci adalah Lignit dan berasal dari desa Asam – asam Kalimantan

Timur. Serta pada tabel 1., dapat dilihat kadar abu, sulfur dan air batubara lignit dan batubara lignit cuci.

Tabel 1. Kadar abu, sulfur dan air batubara lignit dan lignit cuci

BULAN	Batubara		BATUBARA					
	lignit (ton)	lignit cuci (ton)	Kadar abu		Kadar sulfur		Kadar air	
			lignit (%)	lignit cuci (%)	lignit (%)	lignit cuci (%)	lignit (%)	lignit cuci (%)
Sept'00	110330	90589	21,19	11,96	1,29	1,15	28,13	28,27
Oket'00	96345	70076	23,10	12,05	1,16	0,98	27,74	27,85
Nov'00	95115	68898	26,53	11,89	1,07	0,83	28,85	29,01
Des'01	34269	26517	24,98	11,87	1,17	0,87	28,1	28,13
Januari'01	100184	80115	23,88	11,26	1,21	0,82	28,2	28,26
Feb'01	74837	58772	23,37	10,86	1,09	0,79	28,65	28,71
Maret'01	121903	99170	23,47	11,88	1,04	0,80	28,45	28,53
April'01	115513	93616	24,01	11,57	1,23	0,88	28,29	28,39
Mei'01	99314	77719	24,37	11,84	1,20	0,81	28,2	28,27
Junli'01	114276	90032	24,86	11,78	1,12	0,84	27,74	27,85
Rata-rata	96228,60	75551,40	23,98	11,70	1,16	0,88	28,25	28,33

Sumber : dataan berdasarkan Table Production Report of PT BHPMI

Dari tabel 1, dapat dilihat bahwa batubara lignit dengan berat rata-rata 75.551,40 ton memiliki kadar abu terdistribusi rata sebesar $(75.551,40 / 96.228,6) \times 23,98\% = 18,82\%$. atau seberat 14.218,8 ton. Kadar abu batubara lignit cuci rata-rata adalah sebesar 11,70% atau seberat 8.839,51 ton, sehingga ada pengurangan kadar abu batubara sebesar : $(18,82 - 11,70)\% = 7,12\%$ atau pengurangan berat : $(14.218,8 - 8.839,51) \text{ ton} = 5.379,29 \text{ ton}$.

Batubara lignit dengan berat rata-rata 75.551,40 ton akan memiliki kadar sulfur terdistribusi rata sebesar $(75.551,40 / 96.228,6) \times 1,16\% = 0,91\%$ atau seberat 687,52 ton. Kadar sulfur batubara lignit cuci rata-rata sebesar 0,88% atau seberat 664,85 ton, sehingga ada pengurangan kadar sulfur batubara sebesar : $(0,91 - 0,88)\% = 0,03\%$ atau pengurangan berat : $(687,52 - 664,85) \text{ ton} = 22,67 \text{ ton}$. Batubara lignit dengan berat rata-rata 75.551,40 ton akan memiliki kadar air terdistribusi rata sebesar $(75.551,40 / 96.228,6) \times 28,25\% = 22,18\%$ dan kadar air batubara lignit cuci rata-rata sebesar 28,33% .

IV. KESIMPULAN

1. Teknologi pencucian batubara dengan menggunakan cyclone dan media magnetite mampu menurunkan kadar abu batubara lignit dari 18,82% menjadi 11,70%, kadar sulfur batubara lignit dari 0,91% menjadi 0,88%.
2. Parameter utama batubara sebagai bahan bakar PLTU adalah besarnya kadar abu dan sulfur.
3. Teknologi pencucian batubara dengan menggunakan cyclone dan media magnetite digunakan untuk menghasilkan produk batubara yang layak jual secara konsisten, secara spesifik akan meningkatkan kualitas produksi dan relative sebanding dengan biaya dan hasil yang sudah dikeluarkan oleh perusahaan penambangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Australian Coal Industry Research Laboratories, 1996, "Dense Medium Cyclone Circuit Operator Training", New South Wales, Australia, 14 – 17 May.
- [2] D.G. Osborne, 1988, "Coal Preparation Technology", Volume 1 & 2, British Library Cataloguing in Publication Data.
- [3] PT Broken Hill Proprietary Minerals Indonesia, Data of Table Production Report, 2000.
- [4] Petrus Panaka, Nur R. Iskandar, 1997, "Pemanfaatan Lignit dengan Teknologi Batubara Bersih untuk Pembangkit Tenaga Listrik di Mulut Tambang", Hasil-Hasil Seminar energi V 1997 Komite Nasional Indonesia World Energy Council, Jakarta, 9 – 11 September
- [5] World Energy Council, "Indonesia General Features of Energy Economy", Extract from The International Energy Data Report 1998, Copyright 1999-2001.

Analisis Economic Load Dispatch Pada Pembangkit Termal Menggunakan Cfpso (Constriction Factor Particle Swarm Optimization)

Alimuddin,¹Akhmad Dian Prakoso², Suhendar³

¹ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jln. Jendral Sudirman KM 4, Cilegon, Banten

¹Email¹ : alimuddin@untirta.ac.id,

² Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jln. Jendral Sudirman KM 4, Cilegon, Banten

²Email:prakoso.ad@gmail.com,

³ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jln. Jendral Sudirman KM 4, Cilegon, Banten

³Email:suhendar@untirta.ac.id

Abstrak - The population is increasing cause wider distribution of the population. It also affects the demand for electrical energy that is increasingly growing in many sectors. Energy needs can not be separated in everyday life. The energy can be used for domestic, commercial, government agencies and industry. The electrical energy required operation of power plants that are efficient in fuel consumption. The use of fuel into one of the things that needs special attention because most of the operating costs incurred is the cost of fuel. Interest in this thesis, namely, first, loading Knowing each generating unit in order to obtain efficiency savings on fuel costs. Second, Knowing the cost of fuel is influenced by demand for power generated from the plant. The method is digunakan Economic Load Dispatch to minimize fuel costs and economic burden by allocating the optimal power generation from different units at the lowest cost. Operation minimum plants do in Suralaya uni 1-7 constriction factor using Particle Swarm Optimization (CFPSO) for loading each generating unit in order to obtain efficiency savings on fuel costs, as well as the cost of fuel is influenced by the power demand by testing the characteristics of plants using plant different for 1 month, 6 months and 1 year. The simulation results showed that the application of the method CFPSO produce minimum fuel consumption. The test results obtained biggest fuel savings using the characteristics of one month in January 2014, with the resulting fuel savings 3,899.639 MMBtu/h at a cost savings of Rp.115,461,359 / hour.

Keywords - Economic Load Dispatch, Thermal Generators, Particle Swarm Optimization.

I. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya jumlah penduduk menyebabkan penyebaran penduduk yang semakin luas. Hal ini juga berdampak pada kebutuhan akan energi listrik yang semakin hari makin meningkat dan juga tersebar luas. Salah satu kebutuhan energi yang mungkin tidak dapat terlepas dalam kehidupan manusia adalah energi listrik. Energi listrik merupakan energi yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan rumah tangga, komersial, instansi pemerintah dan industri. Energi listrik merupakan komponen yang terpenting untuk meningkatkan dan mendorong pertumbuhan perekonomian dalam suatu Negara. Pengoptimalan aliran daya diperlukan saat pembangkitan energi listrik untuk menghemat biaya pembangkitan energi listrik melalui *economic load dispatch*. *Economic load dispatch* adalah pembagian pembebanan pada unit-unit pembangkit yang ada untuk mengoptimalkan suatu sistem kelistrikan. Dengan adanya penerapan *economic load dispatch*, maka akan didapatkan biaya pembangkitan yang minimum terhadap produksi daya listrik.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Erlina Luciana [5] yang berjudul “Simulasi perhitungan pembebanan pada Pusat listrik tenaga diesel menggunakan metode *Dynamic Programming*”. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan biaya konsumsi bahan bakar diesel yang minimum di PT. Arteria Daya Mulia sekaligus membuat simulasi perhitungan dari setiap pembangkitan menggunakan *Dynamic Programming*. Penelitian ini tidak mendasarkan pembagian beban dengan metode perhitungan, penelitian tersebut hanya membagi besar beban yang akan ditanggung unit yang akan dioperasikan dan besar beban tersebut akan diiterasikan sampai kondisi optimum dengan *Dynamic Programming* dan data yang digunakan untuk karakteristik pembangkit dalam jangka pendek selama 24 jam. Perbedaan penelitian ini terdapat pada

metode perhitungan penentuan kombinasi unit-unit yang beroperasi menggunakan metode *Constriction Factor Particle Swarm Optimization* sesuai dengan besarnya permintaan beban dan data yang digunakan untuk karakteristik pembangkit dalam jangka 1 tahun serta studi kasus dilakukan di PLTU Suralaya.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Rusilawati [6] yang berjudul “Implementasi Metode Taguchi Untuk Economic Dispatch Pada Sistem IEEE 26 bus”. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan biaya konsumsi bahan bakar yang minimum. Data yang digunakan mengacu pada saluran transmisi IEEE 26 bus. Perbedaan penelitian ini terletak pada metode yang digunakan yaitu *Constriction Factor Particle Swarm Optimization* untuk kasus *economic load dispatch* di PLTU Suralaya. Berdasarkan dari permasalahan yang ada, maka dalam penelitian ini dilakukan perhitungan dari kapasitas beban generator dan biaya incremental tanpa memperhitungkan rugi-rugi transmisi sehingga menghasilkan biaya produksi yang paling minimal untuk mendapatkan penjadwalan unit pembangkit dengan bahan bakar yang minimum. Dalam penelitian ini digunakan *Constriction Factor Particle Swarm Optimization* untuk menganalisa dari kasus yang ada. Terutama pada PLTU Suralaya memiliki 7 unit pembangkit. Tujuan pada skripsi ini yaitu, pertama, Mengetahui pembebanan setiap unit pembangkit agar diperoleh efisiensi penghematan biaya bahan bakar. Kedua, Mengetahui besarnya biaya bahan bakar yang dipengaruhi oleh permintaan daya yang dibangkitkan dari pembangkit.

II KAJIAN LITERATUR

2.1. Economic Load Dispatch

Penyelesaian masalah operasi ekonomis pembangkit dalam sistem tenaga listrik yaitu menentukan unit-unit pembangkit untuk mensuplai kebutuhan beban dengan biaya yang optimum dengan memperhatikan batas-batas daya yang dibangkitkan. *Economic Load Dispatch* adalah pembagian pembebanan ekonomis pada setiap unit pembangkit yang ekonomis dengan menggunakan batasan equality dan inequality constraints yang bertujuan untuk meminimalkan total biaya pembangkitan [7].

Secara umum, hubungan antara biaya bahan bakar terhadap daya aktif yang dihasilkan pembangkit dirumuskan oleh persamaan 2.1. Untuk mencari karakteristik pembangkit (α, β, γ) didapatkan dari kurva karakteristik input-output pembangkit didekati dengan fungsi polinomial orde dua yaitu [9]:

$$C_t = \sum_{i=1}^n C_i$$

Atau

$$C_i = \alpha_i + \beta_i P_i + \gamma_i P_i^2 \tag{2.1}$$

Keterangan :

- C_t : total biaya produksi (\$)
- C_i : fungsi input – output pembangkit ke-i (btu/jam)
- P_i : output pembangkit termal ke-i (MW)
- i : indeks pembangkit ke-i ($i = 1, 2, 3, \dots, N$)
- n : Jumlah pembangkit
- $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$: konstanta input-output pembangkit termal ke-i. Penentuan parameter $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ membutuhkan data yang berhubungan dengan input bahan bakar dan output pembangkit P_i .

Output setiap unit generator mempunyai batas minimum dan maksimum pembangkitan yang harus dipenuhi (*Inequality constraints*) [10]:

$$P_{i \min} \leq P_i \leq P_{i \max} \tag{2.2}$$

Pada kesetimbangan daya, *Equality constraint* merupakan batasan kesetimbangan daya, yang mengharuskan total daya yang dibangkitkan oleh masing-masing pembangkit harus sama dengan jumlah total kebutuhan beban pada system. *Equality constraint* kesetimbangan daya adalah [10] [11]:

$$\sum_{i=1}^N P_i = P_D \tag{2.3}$$

Dengan :

- P_i : Daya output masing-masing generator (MW)
- P_D : Total beban pada system (MW)

2.2 Constriction Factor Particle Swarm Optimization

Tahapan Perancangan dilakukan untuk menspesifikasikan penelitian yang akan dibangun. Penelitian ini meliputi perancangan CFPSO dan perancangan *software*. Perangkat pengujian berupa simulasi *software* yang dibuat berbasis GUI MATLAB sebagai implementasi komputasi dengan menggunakan Algoritma CFPSO. Dalam implementasinya, ditemukan bahwa partikel dalam PSO standard diupdate terlalu cepat dan nilai minimum fungsi tujuan yang dicari sering terlewat. Karena itu kemudian dilakukan modifikasi atau perbaikan terhadap algoritma PSO standard. Algoritma PSO yang dimodifikasi dengan menggunakan *Constriction Factor Approach* (CFA).

Clerc memperkenalkan parameter ini untuk memodifikasi algoritma PSO yang disebut dengan *Constriction Factor Particle Swarm Optimization* (CFPSO). Dalam penelitian ini, algoritma CFPSO digunakan untuk mendapatkan pemakaian total bahan bakar minimum. Perancangan ini disimulasikan dengan

menggunakan data sistem di PLTU UBP Suralaya unit 1-7 yang digunakan dalam menghitung pembebanan ekonomis pembangkit. Sehingga menghasilkan total pemakaian bahan bakar *minimum* berdasarkan kebutuhan daya yang diminta pada Pusat dan Pengendalian Beban (P3B). Persamaan modifikasi velocity pada setiap particle dengan menggunakan constriction factor dapat dinyatakan seperti pada persamaan berikut:

$$V_i^{k+1} = K(v + c_1 r_1 (pBest_i - x_i^k) + c_2 r_2 (gBest_i - X_i^k)) \quad (2-4)$$

dengan *Coefficients constriction* :

$$K = \frac{2}{2-d-\sqrt{d^2-4d}} \quad (2-5)$$

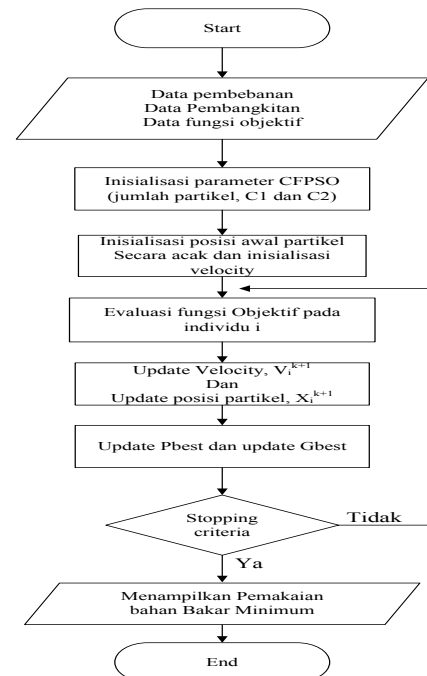
dengan :

- V_i^k : Update kecepatan (velocity) pada iterasi k
- d : $c_1 + c_2$, dan $d > 4$
- V_i : Kecepatan (velocity) dari particle i.
- c_1, c_2 : Coefficients acceleration, $c_1 = c_2 = 2,05$.
- X_i^k : Update posisi particle I pada iterasi k
- $Pbest_i$: Posisi terbaik dari particle i
- $Gbest_i$: Posisi terbai particle i dari kelompok atau kawan
- K : *Coefficients constriction*.
- $rand1(r_1), rand2(r_2)$: Bilangan random antara 0 sampai 1

III. METODE PENELITIAN

3.1 Implementasi CFPSO Pada Penyelesaian Economic Load Dispatch

Untuk mengetahui implementasi algoritma CFPSO dalam penyelesaian economic load dispatch pembangkit.



Gambar 1. Flowchart CFPSO

Beberapa parameter algoritma CFPSO dalam penyelesaian economic load dispatch diantaranya:

1. Data pembebanan
2. Data pembangkitan
3. Fungsi Objektif

Merupakan suatu persamaan dari sebuah persoalan optimasi. Pada penelitian ini fungsi objektifnya merupakan fungsi biaya dari tiap pembangkit dengan persamaan sebagai berikut: $C_i = \alpha_i + \beta_i P_i + \gamma_i P_i^2$ dengan nilai $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ merupakan koefisien biaya dan P_i adalah output pembangkit.

4. Kumpulan Partikel/Swarm

Pencarian nilai optimum dalam CFPSO dilakukan secara simultan terhadap sejumlah nilai solusi. Partikel-partikel dalam swarm dianalogikan sebagai nilai pembangkit yang dibangkit secara acak dalam batasan inequality $P_i \min \leq P_i \leq P_i \max$. Semakin besar jumlah partikel yang digunakan akan membuat perhitungan semakin lama, akan tetapi jika partikel yang digunakan terlalu sedikit maka probabilitas dalam menemukan solusi yang lebih baik menjadi lebih kecil. Jumlah partikel yang digunakan umumnya antara 20 – 50 partikel. Dalam penelitian ini akan menggunakan 40 partikel dan disimbolkan sebagai X_i^k .

5. Velocity (kecepatan)

Semua partikel bergerak menuju titik optimal dengan kecepatan tertentu. Awalnya semua kecepatan dari partikel diasumsikan sama dengan nol. Suatu nilai kecepatan vektor yang menggerakkan proses optimisasi yang menentukan arah di mana suatu partikel berpindah

untuk memperbaiki posisinya semula dirumuskan sebagai berikut;

$$V_i^{k+1} = K(v+c_1r_1(pBest_i - x_i^k) + c_2r_2(gBest_i - X_i^k))$$

6. Koefisien Akselerasi

Pada nilai untuk koefisien akselerasi yaitu nilai c1 dan c2 yang menunjukkan bobot dari sebuah partikel terhadap posisi dari suatu kelompok. Pada penelitian ini nilai c1 dan c2 sebesar 2.05. Selain nilai c1 dan c2, koefisien akselerasi yang lainnya adalah nilai rand1 dan rand2 yang nilainya antara 0 sampai 1.

7. Gbest dan Pbest

Gbest merupakan nilai posisi terbaik dari seluruh nilai yang diperoleh dari kumpulan swarm dan Pbest merupakan suatu nilai posisi terbaik pada suatu partikel dari sebuah persoalan optimasi. Dan dalam penelitian ini, nilai Pbest dan Gbest adalah nilai daya output pembangkit yang optimal yang dibangkitkan berdasarkan batasan daya output tiap unit pembangkit.

8. Coefficient Constriction

Pada metode CFPSO, untuk Coefficient Constriction adalah suatu nilai yang ditambahkan untuk mengurangi kecepatan pada formula update kecepatan pada PSO standart. Nilai K merupakan nilai Coefficient Constriction yang dipengaruhi oleh nilai d. Nilai d adalah penjumlahan nilai c1 dan c2. Bila semakin besar nilai d maka nilai K akan semakin kecil dan efek peredaman akan semakin baik. Nilai K mampu meredam kecepatan selama iterasi yang memungkinkan untuk mencapai konvergen secara lebih akurat dan efisien dengan algoritma PSO standart nilai c1 dan c2 sebesar 1.494. untuk nilai d = c1+c2. Dalam penelitian ini Coefficient Constriction adalah

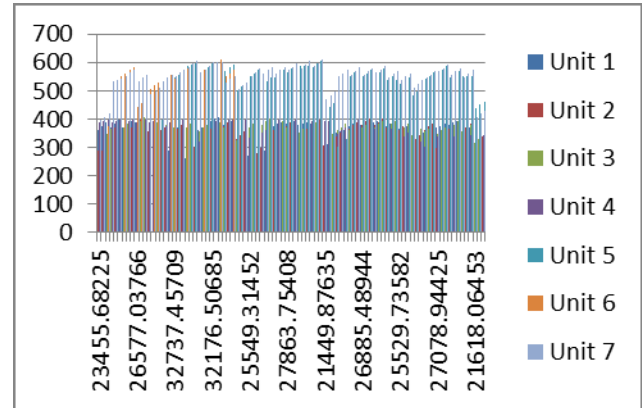
$$K = \frac{2}{2-d-\sqrt{d^2-4d}}$$

dengan d= c1 + c2, dan d > 4

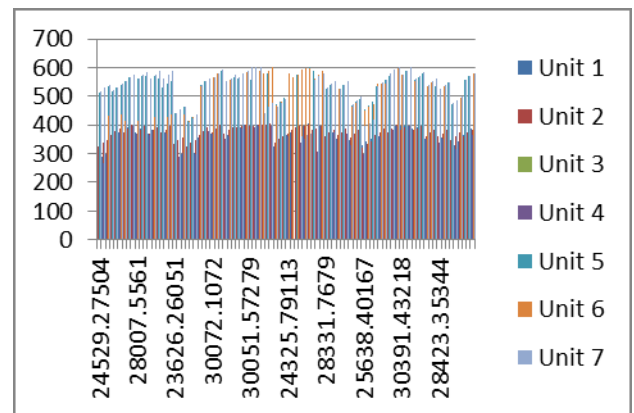
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data penelitian

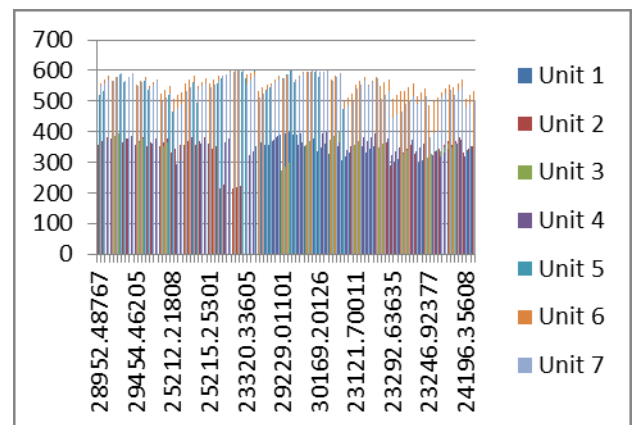
Pada penelitian ini, simulasi dilakukan menggunakan data laporan harian PLTU UBP Suralaya unit 1-7. Pada proses pengambilan data karakteristik pembangkit, penulis membagi dalam 3 bagian yaitu 1 bulan, 6 bulan dan 12 bulan.



Tabel 2. Karakteristik 6 Bulan, Juni 2014



Tabel 3. Karakteristik 12 Bulan, Desember 2014



Tabel 1. Karakteristik 1 Bulan, Januari 2014

Tabel 4. Fungsi Biaya karakteristik 1 Bulan

Pembangkit	Fungsi Biaya (Rp/Jam)
Unit 1	$C_1 = 24.251 + 17.227 P_1 - 0.019 P_1^2$
Unit 2	$C_2 = 7896 - 29.337 P_2 + 0.049 P_2^2$
Unit 3	$C_3 = -8502 + 63.098 P_3 - 0.080 P_3^2$
Unit 4	$C_4 = -2720 + 25.518 P_4 - 0.022 P_4^2$
Unit 5	$C_5 = 3.250 + 15.057 P_4 - 0.008 P_5^2$
Unit 6	$C_6 = -0.489 + 18.952 P_6 - 0.016 P_6^2$
Unit 7	$C_7 = -10370 + 53.846 P_7 - 0.045 P_7^2$

Tabel 5. Fungsi Biaya karakteristik 6 Bulan

Pembangkit	Fungsi Biaya (Rp/Jam)
Unit 1	$C_1 = 25.197 + 14.059 P_1 - 0.010 P_1^2$
Unit 2	$C_2 = -10.491 + 14.378 P_2 - 0.010 P_2^2$
Unit 3	$C_3 = -0.177 + 11.651 P_3 - 0.003 P_3^2$
Unit 4	$C_4 = -2.253 + 13.517 P_4 - 0.008 P_4^2$
Unit 5	$C_5 = 3.242 + 13.289 P_5 - 0.006 P_5^2$
Unit 6	$C_6 = -1.569 + 13.121 P_6 - 0.005 P_6^2$
Unit 7	$C_7 = 29.637 + 13.874 P_7 - 0.007 P_7^2$

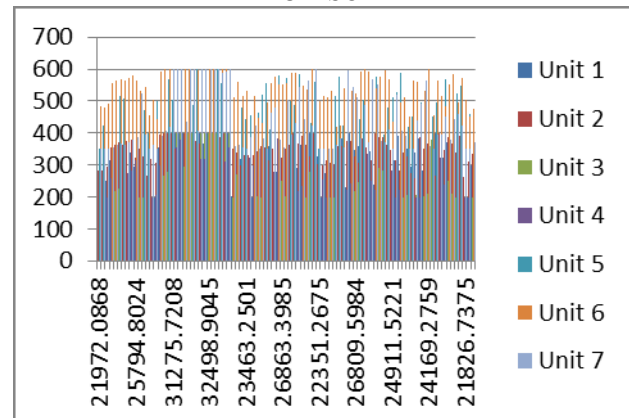
Tabel 6. Fungsi Biaya karakteristik 12 Bulan

Pembangkit	Fungsi Biaya (Rp/Jam)
Unit 1	$C_1 = 4.487 + 12.853 P_1 - 0.007 P_1^2$
Unit 2	$C_2 = -5.155 + 14.038 P_2 - 0.009 P_2^2$
Unit 3	$C_3 = 0.069 + 14.736 P_3 - 0.012 P_3^2$
Unit 4	$C_4 = -6.617 + 13.233 P_4 - 0.008 P_4^2$
Unit 5	$C_5 = 4.623 + 13.068 P_5 - 0.006 P_5^2$
Unit 6	$C_6 = -2.173 + 12.937 P_6 - 0.005 P_6^2$
Unit 7	$C_7 = -3.927 + 12.399 P_7 - 0.005 P_7^2$

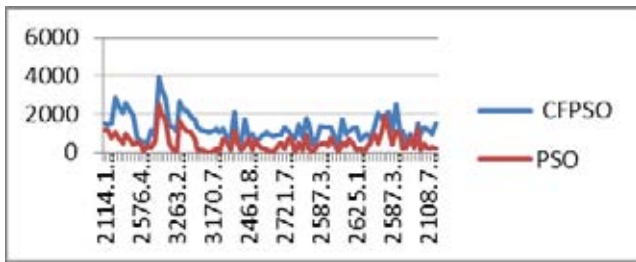
4.2 Hasil Simulasi dengan Metode CFPSO (Constriction Factor Particle Swarm Optimization)

4.2.1 Hasil Pengujian karakteristik 1 Bulan, Bulan Januari 2014

Tabel 7 Hasil Pembebanan Januari 2014 Menggunakan CFPSO



Tabel 8 Hasil penghematan bahan bakar bulan Januari 2014



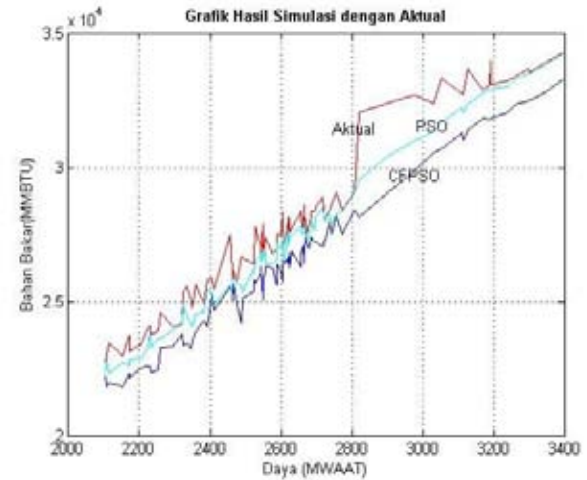
Tabel 9 Hasil Penghematan biaya bahan bakar bulan Januari 2014

Pdemand	CFPSO		PSO	
	Bahan bakar (MMbtu/h)	Biaya (\$/h)	Bahan bakar (MMbtu/h)	Biaya (\$/h)
2114.186708	1483.595446	\$ 3,588.56	1172.758346	\$ 2,834.32
2171.486708	1440.9189	\$ 3,482.41	1143.7278	\$ 2,812.50
2222.797819	1471.354515	\$ 3,585.97	765.6999147	\$ 1,850.54
2548.400125	2834.293209	\$ 6,849.92	1048.175609	\$ 2,533.23
2604.850125	2361.830445	\$ 5,708.07	707.743451	\$ 1,710.48
2654.850125	2645.33546	\$ 4,943.17	509.0693597	\$ 1,230.32
2604.645458	2403.175169	\$ 6,291.35	948.6077693	\$ 2,292.60
2664.645458	2205.195423	\$ 5,529.52	680.8304232	\$ 1,645.67
2717.978792	1868.828838	\$ 4,516.59	410.3756379	\$ 991.80
2525.201292	782.2352405	\$ 1,890.51	548.2499605	\$ 1,373.35
2576.451292	536.8113965	\$ 1,297.37	391.9789965	\$ 947.33
2622.066647	587.3958111	\$ 1,419.62	66.27541188	\$ 160.17
2103.281542	512.1568534	\$ 1,237.78	331.3848534	\$ 800.89
2152.924309	1148.767998	\$ 2,778.34	292.6329964	\$ 707.24
2204.670431	899.3821606	\$ 2,173.63	547.7538606	\$ 1,323.81
2821.24425	3899.639069	\$ 9,424.65	2475.240869	\$ 5,982.21
2902.49425	3335.499032	\$ 8,061.23	1943.143332	\$ 4,696.19
2974.716472	2822.974299	\$ 6,822.56	1707.263699	\$ 4,126.11
3112.150208	1461.736292	\$ 3,572.72	512.1672917	\$ 1,237.81
3192.150208	1277.645855	\$ 3,087.81	170.3286546	\$ 411.65
3243.261319	1060.530122	\$ 2,563.09	65.73982171	\$ 158.88
3054.453292	2627.797753	\$ 6,350.86	1611.453653	\$ 3,894.56
3126.953292	2267.444416	\$ 5,479.96	1306.430716	\$ 3,157.38
3181.397786	2170.269183	\$ 5,245.11	1063.552883	\$ 2,570.39

Pada Tabel 9 menunjukkan hasil simulasi yang telah dilakukan, bahwa metode *Constriction Factor Particle Swarm Optimization* mampu menghasilkan total konsumsi bahan bakar yang lebih kecil bila dibandingkan dengan konsumsi bahan bakar yang ada di PLTU Suralaya. Dilihat dari hasil penghematan bahan bakar dan biaya bahan bakar bervariasi karena memiliki nilai daya yang dibangkitkan berpengaruh dengan panas bahan bakar yang dibutuhkan, untuk menghasilkan uap pada turbin sehingga generator mampu beroperasi dengan maksimal. Metode *Constriction Factor Particle Swarm Optimization* mampu menghasilkan penghematan terbesar pada bulan Januari 2014 saat permintaan daya sebesar 2,821.24425 MW dengan mengoperasikan pembangkit unit 1 sebesar 353.006 MW, unit 2 sebesar 395.4997 MW, unit 3 sebesar 250.4488 MW, unit 4 sebesar 297.6806 MW, unit 5 sebesar 539.0129 MW, unit 6 sebesar 593.5392 MW, unit 7 sebesar 391.9971 MW. Penghematan bahan bakar yang dihasilkan sebesar 3,899.639 MMBtu/h atau 12.1733%. Nilai persentase bahan bakar didapatkan dari persamaan 4.1 [16]. Penghematan biaya yang dihasilkan sebesar 9,424.65\$/h dalam kurs Rupiah 12,251.00 sebesar Rp.115,461,359/jam.

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\text{Selisih Bahan Bakar}}{\text{Penggunaan Bahan Bakar Lapangan}} \times 100\%$$

(4.1)



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Karakteristik Pembangkit 1 Bulan

— Data Aktual, — PSO, — CFPSO

Pada Gambar 4.1 tentang grafik bahan bakar dengan daya menunjukkan hasil simulasi yang dilakukan pada bulan Januari 2014. Pada gambar tersebut terdapat garis warna biru muda, warna biru tua dan warna merah. Garis warna merah merupakan total bahan bakar di PLTU Suralaya sedangkan warna biru muda merupakan hasil simulasi PSO dan warna biru tua merupakan hasil simulasi CFPSO. Pada grafik menunjukkan bahwa CFPSO terlihat perbandingan yang signifikan diantara data lapangan dan PSO. Mampu menghasilkan penghematan bahan bakar sesuai dengan permintaan daya.

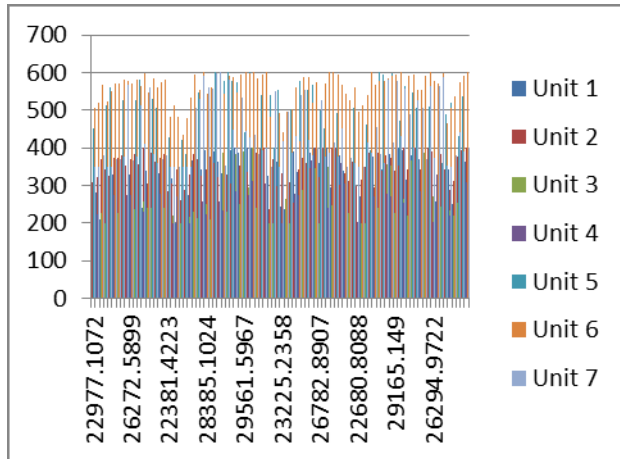
Tabel 10 Hasil Selisih aktual dengan simulasi bahan bakar terbaik 1 bulan

Pdemand (MW)	Pemakaian Bahan Bakar (MMBTU/h)			Penghematan Bahan Bakar (MMBTU/h)			
	Lapangan	CFPSO	PSO	CFPSO	Persentase (%)	PSO	Persentase (%)
2821.24425	32034.2988	28134.66	29559.038	3899.6391	12.17332428	2475.26087	7.726908234
2902.49425	32381.5268	29046.028	30438.384	3335.499	10.3006231	1943.14333	6.00077364

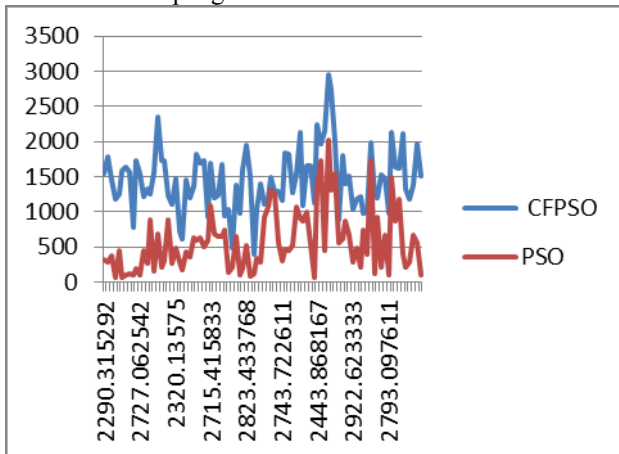
Pada tabel diatas dapat dilihat pembebanan bulan Januari untuk permintaan 2,902.49 MW menggunakan metode CFPSO dengan konsumsi bahan bakar 29,046.028 MMBtu/h dan penghematan bahan bakar sebesar 3,335.499 MMBtu/h dengan penghematan biaya yang dihasilkan sebesar 8,061.23\$/h dalam kurs Rupiah 12,251.00 sebesar Rp.98,758,178.48/jam.

4.2.2 Hasil Pengujian karakteristik 6 Bulan, Bulan Juni 2014

Tabel 11 Hasil Pembebanan Juni 2014 Menggunakan CFPSO



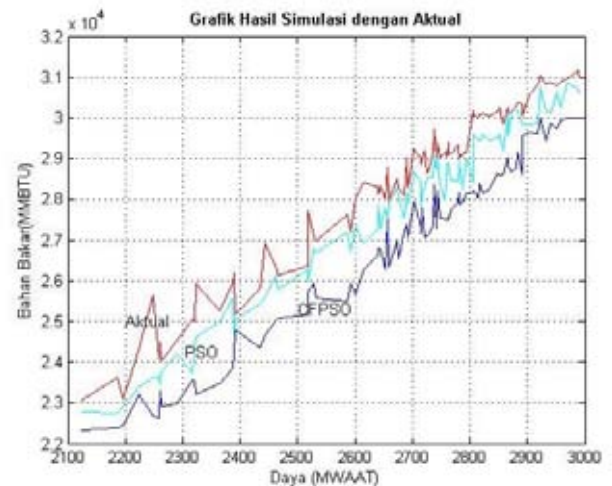
Tabel 12 Hasil penghematan bahan bakar bulan Juni 2014



Tabel 13 Hasil Penghematan biaya bahan bakar bulan Juni 2014

Pemand	CFPSO		PSO	
	Bahan bakar (MMbtu/h)	Biaya (\$/h)	Bahan bakar (MMbtu/h)	Biaya (\$/h)
2290.315292	1852.16784	\$ 3,425.32	314.5471405	\$ 694.14
2364.243863	1784.438675	\$ 3,937.90	277.1338754	\$ 611.58
2435.037514	1457.758805	\$ 3,216.98	374.0560048	\$ 825.47
2516.977042	1186.586272	\$ 2,618.56	74.94667204	\$ 165.39
2591.977042	1253.16142	\$ 2,795.48	459.1248204	\$ 1,013.20
2658.643708	1891.472312	\$ 3,512.06	60.01961183	\$ 132.45
2659.315625	1630.071482	\$ 3,597.24	99.42128226	\$ 219.40
2724.315625	1563.99794	\$ 3,451.43	113.5906062	\$ 250.68
2782.093403	791.300549	\$ 1,724.17	105.875149	\$ 233.65
2852.062542	1734.966202	\$ 3,828.72	192.1201015	\$ 423.97
2727.062542	1551.733256	\$ 3,424.36	104.8366359	\$ 231.35
2782.038097	1211.928651	\$ 2,674.48	452.4790514	\$ 998.52
2641.069083	1326.831875	\$ 2,928.05	275.9283747	\$ 608.92
2716.069083	1262.924511	\$ 2,787.03	883.8173106	\$ 1,950.41
2760.513528	1568.498876	\$ 3,461.35	165.0239759	\$ 364.17
2601.03625	2348.593746	\$ 5,187.88	685.5384456	\$ 1,512.85
2676.03625	1725.245347	\$ 3,807.27	214.743347	\$ 473.90
2742.702917	1736.89246	\$ 3,832.97	310.1311602	\$ 684.40
2186.802417	1244.838212	\$ 2,747.11	682.2911123	\$ 1,547.04
2261.802417	1113.200071	\$ 2,456.61	273.7606712	\$ 604.14
2326.13575	1478.974207	\$ 3,263.80	495.6846075	\$ 1,093.88
2124.339833	731.382277	\$ 1,613.85	278.9262777	\$ 615.53
2196.839833	623.7150192	\$ 1,376.41	167.1335192	\$ 368.53
2287.960944	1452.599282	\$ 3,205.58	433.7240017	\$ 957.14
2692.387917	1197.735899	\$ 2,643.16	366.4746987	\$ 808.74

Hasil Pengujian karakteristik 6 bulan pada bulan Juni menggunakan metode *Constriction Factor Particle Swarm Optimization* mampu menghasilkan penghematan bahan bakar terbesar pada saat permintaan daya sebesar 2,247.96 MW memiliki selisih bahan bakar penghematan Aktual dengan simulasi sebesar 2,957.592 MMBtu/h atau 11.535%. Nilai persentase didapatkan persamaan 4.1. penghematan biaya mampu menghasilkan sebesar 6,526.82\$/h dalam kurs Rupiah 12,029 sebesar Rp 78,511,068.92/jam Sehingga dapat mengoperasikan pembangkit unit 1 sebesar 256.9 MW unit 2 sebesar 299.333 MW, unit 3 sebesar 200 MW, unit 4 sebesar 201.5149 MW, unit 5 sebesar 442.8471 MW, unit 6 sebesar 497.3735 MW, unit 7 sebesar 350 MW. Hasil pengujian dengan karakteristik 6 bulan saat bulan Juni 2014 dapat dilihat pada gambar 4.2.

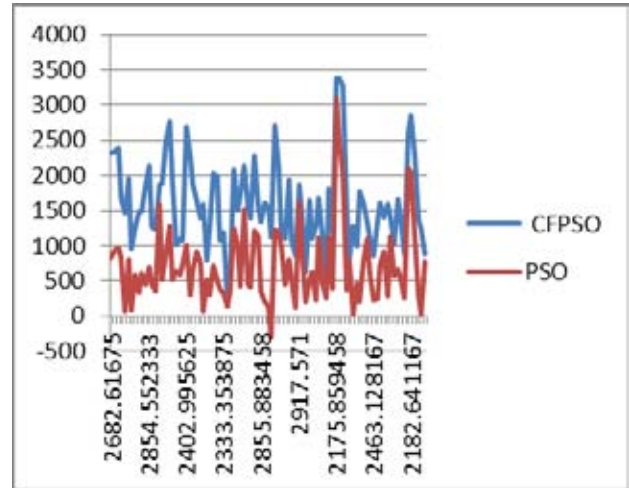


Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Karakteristik Pembangkit 6 Bulan.

— Data Aktual, — PSO, — CFPSO

Pada gambar 4.2 menunjukan grafik daya dengan bahan bakar hasil simulasi yang telah dilakukan pada bulan

Juni 2014, Pada gambar tersebut terdapat garis warna biru muda, warna biru tua dan warna merah. Garis warna merah merupakan total bahan bakar di PLTU Suralaya sedangkan warna biru muda merupakan hasil simulasi PSO dan warna biru tua merupakan hasil simulasi CFPSO. Pada grafik terlihat bahwa CFPSO mampu menghasilkan penghematan bahan bakar sesuai dengan permintaan daya. Kebutuhan bahan bakar di PLTU Suralaya tidak selalu konstan atau stabil. Karena bahan bakar di PLTU Suralaya menggunakan jenis batubara yang berbeda-beda setiap harinya. Jika nilai kalor pada batubara yang digunakan tinggi maka kebutuhan bahan bakar tidak terlalu banyak karena kalor sangat mempengaruhi pembakaran batubara untuk menghasilkan uap. Uap tersebut akan menggerakkan generator untuk menghasilkan daya listrik sesuai permintaan daya.



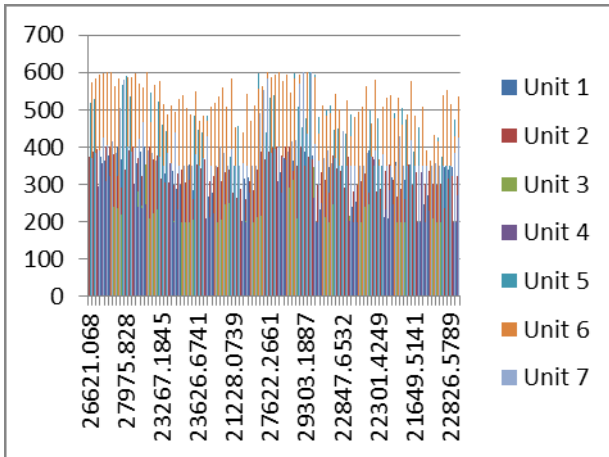
Tabel 14 Hasil Selisih aktual dengan simulasi bahan bakar terbaik 6 bulan

Pemand (MW)	Permintaan Bahan Bakar (MMBTU/h)		Penghematan Bahan Bakar (MMBTU/h)				
	Lapangan	CFPSO	PSO	CFPSO	PSO	PSO	
2247.96983	25638.40167	22688.8088	23613.9186	2957.59287	11.537917	2024.48307	7.86292027
2322.96983	28936.02572	23204.0291	24618.8887	2731.99662	10.5359776	1317.13702	6.078407289

Pada tabel diatas menunjukkan selisih aktual dengan simulasi CFPSO bahan bakar terbaik 6 bulan dengan permintaan daya 2247.96983 MW selisih penghematan sebesar 2957.5928 MMBtu/h dan permintaan daya 2322.96983 MW selisih penghematan sebesar 2731.9966 MMBtu/h.

4.2.3 Hasil Pengujian karakteristik 12 Bulan, Bulan Desember 2014

Tabel. 15 Hasil Pembebanan Desember Menggunakan CFPSO



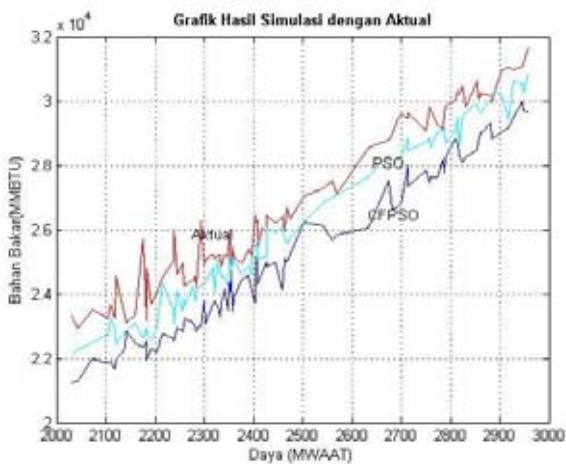
Tabel 16 Hasil penghematan bahan bakar bulan Desember 2014

Tabel 17 Hasil Penghematan biaya bahan bakar bulan Desember 2014

Pemand	CFPSO		PSO	
	Bahan bakar (MMBTU/h)	Biaya (\$/h)	Bahan bakar (MMBTU/h)	Biaya (\$/h)
2682.61675	2331.419671	\$ 4.611.55	828.9411708	\$ 1.639.68
2787.61675	2338.53218	\$ 4.625.62	931.2508802	\$ 1.842.81
2824.283417	2386.670389	\$ 4.720.83	945.8468888	\$ 1.908.86
2818.41375	1477.786134	\$ 3.318.86	830.7324343	\$ 1.643.19
2896.41375	1472.016389	\$ 2.911.64	66.88759258	\$ 1.19.84
2947.880417	1960.001425	\$ 3.876.88	811.1470246	\$ 1.604.45
2785.667625	952.732342	\$ 1.884.49	70.896241	\$ 1.39.64
2860.667625	1258.111066	\$ 2.482.61	586.8256688	\$ 1.168.74
2917.334292	1478.636692	\$ 2.924.74	338.2869819	\$ 6.71.13
2712.885667	1478.636694	\$ 2.924.74	406.5164537	\$ 1.199.69
2787.885667	1843.991042	\$ 3.647.41	436.7391416	\$ 863.87
2854.852333	2146.925143	\$ 4.254.75	762.8897433	\$ 1.500.32
2874.883375	1284.873338	\$ 2.482.14	434.8823884	\$ 859.60
2749.383375	1221.820318	\$ 2.416.17	391.9944183	\$ 696.87
2816.179842	1867.988816	\$ 3.694.81	1897.248016	\$ 3.159.35
2898.813883	1876.636622	\$ 3.711.99	823.5373215	\$ 1.635.86
2633.813883	2479.007475	\$ 4.903.48	883.3539754	\$ 1.767.85
2706.88825	2769.282828	\$ 5.477.64	1288.977028	\$ 2.549.60
2332.083128	1946.838756	\$ 3.847.28	808.4188789	\$ 1.607.62
2487.883128	1818.846774	\$ 3.609.34	647.8659737	\$ 1.281.46
2473.789792	1895.754326	\$ 3.247.40	585.4886241	\$ 1.157.84
2340.485625	1883.778996	\$ 3.243.71	741.1216858	\$ 1.465.84
2402.986625	2488.812623	\$ 5.362.61	1811.888823	\$ 3.699.93
2458.851181	2263.891615	\$ 4.477.98	364.8492153	\$ 692.99
2286.2768	1868.284346	\$ 3.695.47	659.2668464	\$ 1.304.83
2348.7768	1647.738838	\$ 3.259.22	922.4496353	\$ 1.824.61
2484.332056	1393.722985	\$ 2.756.78	787.3283547	\$ 1.498.80
2327.663883	1888.678915	\$ 3.142.21	54.81831481	\$ 107.82
2398.163883	791.3589288	\$ 1.585.29	821.9869288	\$ 1.632.49
2445.719139	1228.753881	\$ 2.430.47	289.9188812	\$ 573.46
2361.838917	2038.189348	\$ 4.015.66	713.5422477	\$ 1.411.39
2387.788917	1996.687758	\$ 3.949.39	803.5622555	\$ 996.85
2487.788339	1874.88664	\$ 3.226.13	378.6563999	\$ 748.89
2333.353875	1186.517982	\$ 2.366.83	317.8311819	\$ 628.67
2385.764589	186.3072743	\$ 368.82	127.3871743	\$ 251.81
2376.367784	822.9742998	\$ 1.634.44	349.8243998	\$ 691.85
2636.9885	2092.282154	\$ 4.138.49	1258.181254	\$ 2.472.88
2872.2385	1495.147282	\$ 2.987.40	994.448182	\$ 1.947.81
2108.808267	1748.634437	\$ 3.454.84	428.764337	\$ 832.15
2256.354883	2138.938907	\$ 4.258.78	1822.193187	\$ 3.610.80
2318.854883	1547.518257	\$ 3.060.99	448.1807873	\$ 886.57
2352.187417	1389.513665	\$ 2.748.46	397.5738647	\$ 786.40
2714.216792	2281.638341	\$ 4.513.88	1218.358941	\$ 2.394.88

2789.216792	1973.503977	\$	3,112.39	1135.768077	\$	2,248.55
2855.883438	1348.548886	\$	2,851.59	358.3784657	\$	693.05
2773.167383	1606.744996	\$	3,178.14	288.1833961	\$	413.83
2831.917383	1887.80741	\$	3,081.34	128.6497104	\$	254.47
2884.139366	1135.388513	\$	2,206.14	299.2181871	\$	(591.84)
2692.639167	2711.329186	\$	5,263.01	1221.172786	\$	2,415.48
2788.889167	2899.82384	\$	4,181.87	1196.82484	\$	2,245.74
2818.000278	1194.11135	\$	2,261.95	988.1138002	\$	1,954.49
2889.843083	1991.203933	\$	2,158.40	488.7285332	\$	891.53
2984.843083	1938.959917	\$	3,837.24	789.5681166	\$	1,881.54
2944.843083	1977.308982	\$	2,138.92	818.8933823	\$	1,828.78
2882.871	866.8125988	\$	1,712.97	117.8498588	\$	233.11
2917.571	1862.896883	\$	2,684.81	1624.897503	\$	3,214.05
2948.682111	1472.178817	\$	2,911.97	938.9238169	\$	1,887.19
2182.544	633.2817117	\$	1,282.63	281.5489117	\$	398.66
2245.846	1648.823542	\$	3,288.98	518.3538419	\$	1,819.37
2306.601596	1101.981548	\$	2,179.72	622.1731481	\$	1,238.66
2396.607417	1274.618247	\$	3,523.18	238.6861488	\$	456.14
2487.889388	1476.836881	\$	3,313.21	1122.817381	\$	2,228.34
2548.911841	1158.63588	\$	2,275.96	486.8848882	\$	923.34
2141.336417	274.8489071	\$	842.86	281.5788071	\$	497.61
2283.826417	1818.388489	\$	3,588.93	1116.738169	\$	2,288.91
2259.391972	1191.694387	\$	2,367.17	396.4733873	\$	772.36
2175.889488	3377.452389	\$	6,680.80	3896.311489	\$	4,124.50
2238.359488	3388.326823	\$	6,702.11	2838.882923	\$	5,885.69

Pada tabel 17 hasil simulasi yang telah dilakukan menggunakan karakteristik 12 bulan, pada bulan Desember 2014 dengan metode CFPSO menghasilkan penghematan terbesar saat permintaan daya sebesar 2,238.359 MW dengan mengoperasikan pembangkit unit 1 sebesar 254.8764 MW, unit 2 sebesar 200 MW, unit 3 sebesar 200 MW, unit 4 sebesar 200 MW, unit 5 sebesar 440.8233 MW, unit 6 sebesar 495.3497 MW dan unit 7 Sebesar 350 MW. Penghematan bahan bakar yang dihasilkan sebesar 3,388.3268 MMbtu/h atau 13.028%. Nilai persentase didapatkan dari persamaan 4.1. Penghematan biaya mampu menghasilkan sebesar 6,702.11\$/h dalam kurs Rupiah 12,667.00 sebesar Rp 84,895,633.15/jam.



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Karakteristik Pembangkit 12 Bulan.

— Data Lapangan, — PSO, — CFPSO

Pada gambar 4.3 menunjukkan grafik daya dengan bahan bakar hasil simulasi yang dilakukan pada bulan Desember 2014. Terlihat bahwa kebutuhan bahan bakar yang digunakan pada bulan tersebut permintaan daya berkisar dari 2,000 MW sampai 3,000 MW. Hasil simulasi yang dilakukan didapatkan perbandingan yang signifikan diantara data

lapangan dan CFPSO. Mampu menghasilkan penghematan bahan bakar sesuai dengan permintaan daya. Sehingga dapat dilihat pembebanan bulan Desember menggunakan metode CFPSO untuk permintaan 2,175.859 MW mendapatkan penghematan konsumsi bahan bakar 3,377.452269 MMbtu/h. Penghematan biaya sebesar 6,680.60\$/h atau sebesar Rp 84,623,167.66/jam.

Tabel 4.18 Hasil Selisih aktual dengan simulasi bahan bakar terbaik 12bulan

Pemadam (MW)	Pemisahan Bahan Bakar (MMBTU/h)		Penghematan Bahan Bakar (MMBTU/h)		
	Lapangan	CFPSO	PSO	CFPSO	PSO
2175.85946	25708.87987	22331.4276	25612.5684	3377.452389	13.13759842
2238.35946	28886.98392	22618.1771	23475.821	3388.326823	13.82878789

Pada tabel 4.18 menunjukkan penghematan terbesar dengan menggunakan metode CFPSO ada pada permintaan daya sebesar 2238.35946 MW memiliki selisih penghematan antara aktual dengan simulasi sebesar 3,388.32682 MMbtu/h. Selanjutnya penghematan ada pada permintaan daya 2175.859 MW memiliki selisih penghematan antara aktual dengan simulasi sebesar 3,377.4522 MMbtu/h.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, menggunakan simulasi *Constriction Factor Particle Swarm Optimization* (CFPSO) nilai karakteristik pembangkit berbeda-beda. Dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian metode CFPSO didapatkan penghematan terbesar bahan bakar terbesar menggunakan karakteristik 1 bulan pada Januari 2014 saat permintaan daya sebesar 2,821.24425 MW dengan mengoperasikan pembangkit unit 1 sebesar 353.006 MW, unit 2 sebesar 395.4997 MW, unit 3 sebesar 250.4488 MW, unit 4 sebesar 297.6806 MW, unit 5 sebesar 539.0129 MW, unit 6 sebesar 593.5392 MW, unit 7 sebesar 391.9971 MW. Penghematan bahan bakar yang dihasilkan 3,899.639 MMbtu/h atau 12.173%. Penghematan biaya yang dihasilkan sebesar 9,424.65h dalam kurs Rupiah 12,251.00 sebesar Rp.115,461,359/jam.
2. Hasil pengujian yang telah dilakukan, metode CFPSO mampu menunjukkan performa yang baik dalam menyelesaikan permasalahan *economic load dispatch*. Hal ini dapat dilihat dari penghematan

biaya bahan bakar sebesar 9,424.65\$/h dalam kurs Rupiah 12,251.00 sebesar Rp. 115,461,359/jam.

5.2 Saran

Saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian ini, yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk sistem-sistem pembangkit yang lain terutama sebagai optimasi biaya pembangkit khususnya menyelesaikan permasalahan *economic load dispatch* dengan mempertimbangkan perhitungan biaya *start up*, *shut down*.
2. Penelitian selanjutnya hendaknya menggunakan metode perhitungan pembebanan unit yang berbeda sebagai perbandingan sehingga mendapatkan penghematan yang lebih baik. Seperti metode SV-MPSO (Simplified Velocity Modified Particle Swarm Optimization), Bee Colony dan lain-lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harifuddin. 2007. "Estimasi Kebutuhan Daya listrik Sulawesi Selatan Sampai Tahun 2017" Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT UNM.
- [2] Ilyas, A.M. 2010. "Optimisasi *Economic Dispatch* Pembangkit Termal Sistem 500 kV Jawa Bali Menggunakan *Modified Improved Particle Swarm Optimization* (MIPSO)" Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. 2010. National Conference: Design and Application of Technology
- [3] D.N. Jeyakumar, T Jayabarathi, T. Raghunathan, "*Particle Swarm Optimization for Various Types of Economic Dispatch Problems*", International Journal of Electrical Power & Energy Systems 28 (2006), pp. 36-42.
- [4] Basuki, Cahyo Adi, "Analisa konsumsi bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga uap dengan menggunakan metode *least square*". Tugas akhir jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2008.
- [5] Luciana, Erlina, "Simulasi perhitungan pembebanan ekonomis pada pusat listrik tenaga diesel dengan metode *Dynamic Programming* (Studi kasus di PT. Arteria Daya Mulia)". Tugas akhir jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2009..
- [6] Rusilawati. Implementasi Metode Taguchi Untuk *Economic Dispatch* Pada Sistem IEEE 26 bus. 2010. Proceedings Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS.
- [7] Shaw, B., Ghoshal, S., Mukherjee, V., dan Ghoshal, S.P. 2011. "Solution of Economic Load Dispatch Problem by a Novel Seeker Optimization Algorithm", International Journal on Electrical Engineering and Informatic, Vol 3, Number 1, 2011.
- [8] Tuegeh, M. 2009. "*Optimal Generator Scheduling based on Particle Swarm Optimization*". Jurusan Teknik Elektro ITS". Seminar Nasional Informatika 2009 (semnas IF 2009).
- [9] Cekmas, C., 2006. "Sistem Tenaga Listrik Contoh Soal dan Penyelesaiannya Menggunakan Matlab". Penerbit Andi Offset, Jl. Beo 38-40, Yogyakarta.
- [10] Violita, A., 2012. "Optimisasi *Economic Dispatch* Pada Sistem kelistrikan Jawa Bali 500 kV menggunakan *Differential Evolutionary Algorithm*" Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Industri, ITS.
- [11] Tussyani, I.W. "Optimasi Pembagian Beban PLTU Suralaya Menggunakan Ant Colony Optimization" Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2013.
- [12] Yamille del Valle, Ganesh Kumar Venayagamoorthy, Salman Mohaghegh, Jean-Carlos Hernandez dan Ronald G. Harley, "Particle Swarm Optimization: Basic Concepts, Variants and Applications in Power Systems", IEEE Transactions on Evolutionary Computer, April (2008) 171-195.
- [13] Ramadhan, B. A. 2012. "Optimisasi Koordinasi DOCR (Directional Overcurrent Relay) Pada Jaringan Transmisi 150 kV menggunakan SV-MPSO (Simplified Velocity Modified Particle Swarm Optimization)" Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- [14] Maickel Tuegeh, Soeprijanto, Mauridhi H Purnomo, "Modified Improved Particle Swarm Optimization For Optimal Generator Scheduling", *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2009 (SNATI 2009)*, Yogyakarta, 20 Juni 2009
- [15] D. Vijayakumar dan R. K. Nema, "Simplified Velocity MPSO for Directional Over Current Relay Coordination", International Journal of Recent Trends in Engineering, Vol 1, No. 3, May 2009
- [16] Syah, K. "Analisis Perbandingan *Economic Dispatch* Pembangkit Menggunakan Metode Lagrange dan CFPSO" Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. 2012.
- [17] Tim Penyusun. "Praktikum Pengolahan Sinyal Digital". EEPS ITS. 2009.
- [18] Santosa, Budi. "Tutorial Particle Swarm Optimization". Teknik Industri ITS.
- [19] Sahu, B., Lall, A., Das, S., Patra, Manoj.T., "Economic Load Dispatch in Power System using Genetic Algorithm". Department of Electrical Engineering KITT University, Department of Electrical Engineering B.P.U.T. *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887) Volume 67– No.7, April 2013
- [20] Loganathan, G., Rajkumar, D., Vigneshwaran, M., Senthikumar, R., "*An Enhanced Time Effective Particle Swarm Intelligence for the Practical Economic Load Dispatch*". College of engineering. *2014 IEEE 2nd International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES)*. 2014.

Simulasi Eliminasi Interharmonisa dan Sub Harmonisa Dengan Filter Aktif *Shunt Cascaded Multilevel Inverter* pada Beban Non Linear

Wahyuni Martiningsih¹⁾, Rocky Alfan²⁾, Ramadhani³⁾
 Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
 Jln. Jend. Sudirman km. 03, Cilegon-Banten. Telp. 0254-395502
 e-mail: y_martiningsih@untirta.ac.id

Abstrak - Penggunaan beban non linear pada industri dapat menimbulkan selain harmonisa juga dapat menimbulkan interharmonisa dan sub harmonisa yang mengganggu kualitas daya. Pada penelitian ini eliminasi interharmonisa dan sub harmonisa menggunakan filter aktif shunt cascaded multilevel inverter lima tingkat. Software MATLAB simulink R2013a digunakan untuk membuat pemodelan dan simulasi filter aktif shunt cascaded multilevel inverter H-bridge lima tingkat pada beban rectifier 3 fasa. mampu mengurangi nilai distorsi individu interharmonisa dan sub harmonisa arus pada fasa R di frekuensi 49 Hz menjadi 0,11% , pada frekuensi 51 Hz menjadi 0,72%. Pada fasa S di frekuensi 49 Hz dapat mengurangi menjadi 0,48% , di frekuensi 51 Hz menjadi 0,65%. Pada fasa T di frekuensi 49 Hz mampu mengurangi menjadi 0,25% , di frekuensi 51 Hz menjadi 0,79%. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan pemasangan filter aktif shunt cascaded multilevel inverter mampu mengurangi nilai distorsi individu sistem sesuai yang diijinkan standar IEEE 519-1992.

Keywords: *interharmonisa, sub harmonisa, filter aktif shunt, cascaded multilevel inverter*

I. PENDAHULUAN

Pada sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linear dan beban non linear. Bentuk gelombang keluaran beban linear memiliki arus yang mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan. Pada beban non linear memiliki bentuk gelombang yang tidak sinusoidal, bentuk gelombang ini tidak menentu dan dapat berubah menurut pengaturan pada parameter komponen yang dipakai sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya [1].

Harmonisa adalah suatu gelombang sinusoidal tegangan atau arus yang berfrekuensi tinggi dimana frekuensinya merupakan kelipatan integer terhadap frekuensi fundamental (frekuensi 50 Hz atau 60 Hz). Nilai frekuensi dari gelombang harmonisa yang terbentuk merupakan hasil kali antara frekuensi fundamental dengan bilangan harmonisanya ($f, 2f, 3f, \dots$). Bentuk gelombang yang terdistorsi merupakan penjumlahan dari gelombang fundamental dan gelombang harmonisa (h_1, h_2, \dots dan seterusnya) pada frekuensi kelipatannya. Makin banyak gelombang harmonisa yang mendistorsi gelombang fundamentalnya maka gelombang tersebut akan semakin mendekati gelombang tidak sinusoidal [1].

Parameter untuk mengukur harmonisa dapat menggunakan THDi (dalam persen) yang menunjukkan persentase jumlah total arus yang terdistorsi oleh harmonisa.

Total Harmonic Distortion (THD) untuk arus didefinisikan dengan Persamaan (1) [3] :

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^n I_h^2}}{I_1} \times 100\% \quad (1)$$

Interharmonisa adalah komponen frekuensi yang bukan kelipatan integer terhadap frekuensi fundamentalnya. Sumber utama dari distorsi gelombang interharmonisa adalah konverter frekuensi statis, motor induksi, dan lain lain. Sinyal pembawa pada saluran tenaga listrik juga dapat dianggap sebagai interharmonisa atau sub harmonisa. Interharmonisa dan sub harmonisa dihasilkan dari proses konversi frekuensi, dan nilainya tergantung dari perubahan beban. Interharmonisa dan sub harmonisa arus dapat membangkitkan resonansi cukup tinggi pada sistem tenaga listrik sebagai akibat adanya perubahan frekuensi interharmonisa menjadi frekuensi yang digunakan dalam sistem tenaga.

Dalam sistem tenaga listrik, interharmonisa memiliki bagian tersendiri yaitu sub harmonisa. Sub harmonisa adalah bagian dari interharmonisa dimana sub harmonisa memiliki frekuensi yang lebih kecil dari frekuensi fundamentalnya. Dengan syarat $f > 0$ Hz dan $f < f_1$. Apabila sistem memiliki frekuensi fundamental 50 Hz, maka frekuensi sub harmonisa berada diantara 0 sampai 50 Hz [4].

Interharmonisa dan sub harmonisa dapat disebut sebagai intermodulasi dari frekuensi fundamental dan komponen harmonisa sistem dengan komponen harmonisa lainnya dan dapat dicari dari kenaikan jumlah beban [5].

Ada dua kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonisa yaitu batas harmonisa untuk arus (THDI) dan batas harmonisa untuk tegangan (THDV). Untuk batas harmonisa tegangan ditentukan dari besarnya tegangan sistem yang terpasang atau dipakai. Batas distorsi tegangan dan arus yang diakibatkan harmonisa yang diijinkan oleh IEEE 519-1992 ditunjukkan pada tabel 1.

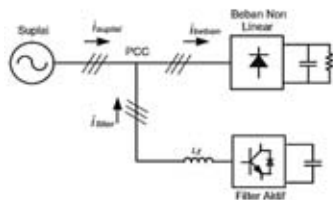
Tabel 1. Batas Harmonisa Tegangan berdasarkan Standar IEEE 519-1992 [3]

Tegangan	Distorsi Tegangan Individu (%)	THD (%)
< 69 kV	3,0	5,0
69,001-161 kV	1,5	2,5
> 161,001 kV	1,0	1,5

Tabel 2 Batas Harmonisa Arus Sesuai Standar IEEE 519-1992 [3]

$\frac{I_2}{I_L}$	Maksimum Distorsi Harmonisa Arus					THD (%)
	Distorsi Harmonisa Individu (dalam %)					
	<11	11 – 16	17 – 22	23 – 35	>35	
<20	4	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20-50	7	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50-100	10	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100-1000	12	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
>1000	15	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Prinsip dasar filter aktif paralel adalah memfilter arus harmonisa dengan menghasilkan arus kompensasi (i_{filter}) yang berbanding secara terbalik dengan arus harmonisa beban (i_{beban}). Saat fasa arus filter aktif *shunt* dan fasa arus beban mempunyai fasa yang sama ataupun fasanya berlawanan pada frekuensi harmonisa maka kedua fasa akan saling meniadakan sehingga jumlah vektor arus menjadi nol pada suplai arus (i_{suplai}) di *point of common coupling* (PCC) jadi arus suplai mendekati sinusoida [8].



Gambar 1 Topologi Filter Aktif Paralel

Konsep *inverter* ini adalah menghubungkan *inverter H-bridge* secara seri untuk mendapatkan tegangan keluaran. Tegangan keluaran adalah jumlah dari tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing tingkat. Jumlah tersebut merupakan tegangan output tingkat $2n + 1$, dengan n adalah jumlah tingkat. Salah satu cara untuk mengimplementasikan metode *Multilevel inverter* adalah menggunakan *inverter full bridge* 1 fasa yang dihubung seri dengan sumber tegangan terpisah. n -level *cascaded H-Bridge*, dimana n adalah jumlah level dari output *Multilevel Inverter* sedangkan H adalah jumlah *inverter full bridge* yang dicascade [9].

$$n = 2H + 1 \tag{2}$$

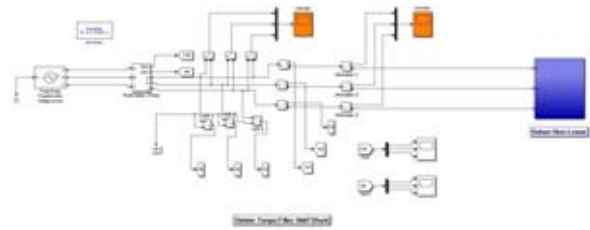
Dengan n adalah jumlah *level multilevel inverter* dan H adalah jumlah *inverter full bridge*

II. METODE PENELITIAN

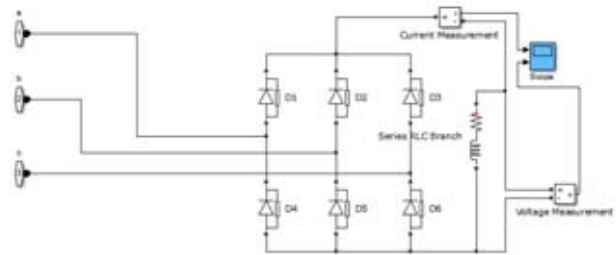
2.1 Perancangan Sistem Tanpa Filter Aktif *Shunt*

Perancangan sistem tanpa filter aktif ini pengukuran tingkat distorsi interharmonisa dan sub harmonisa dilakukan pada tegangan sumber 400 V dengan frekuensi fundamental 50 Hz. Sistem dirancang dengan menggunakan sumber tegangan yang terhubung dengan blok beban non linier (penyearah 3 fasa), blok beban ini didesain sebagai sumber interharmonisa dan sub harmonisa yang berperan untuk

menghasilkan tingkat distorsi interharmonisa dan sub harmonisa arus pada setiap fasanya.



Gambar 2 Sistem Terhubung Beban Non Linear

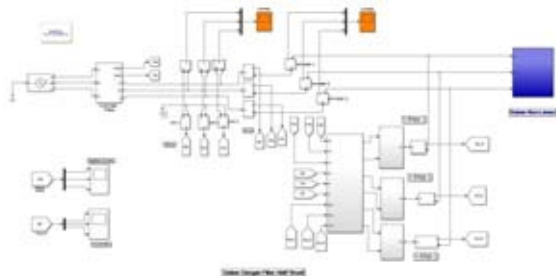


Gambar 3 Perancangan Beban Non Linear *Rectifier* 3 Fasa

2.2 Perancangan Sistem dengan Filter Aktif *Shunt*

Tahap-tahap perancangan filter aktif *shunt* pada *matlab simulink* adalah sebagai berikut:

1. Perancangan filter menggunakan teori daya sesaat (*p-q theory*)
2. Perancangan kontroler
3. Perancangan *cascaded multilevel inverter*, dengan menggunakan jenis *multilevel inverter H-Bridge* 5 tingkat.

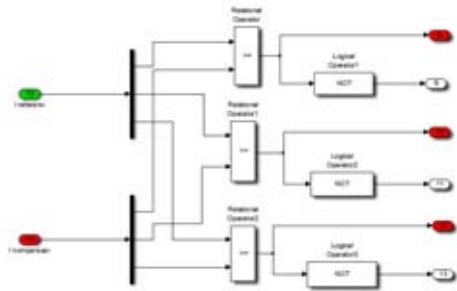


Gambar 5. Sistem dengan Filter Aktif *Shunt*

2.3 Perancangan *Controller*

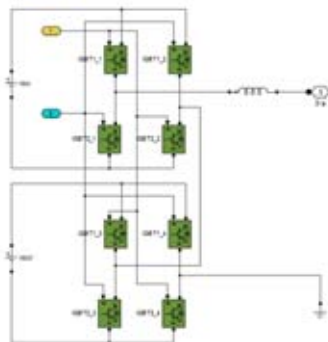
Pada perancangan kontroler digunakan *hysterisis current control* untuk menghasilkan pulsa pensaklaran pada rangkaian inverter. Keluaran rangkaian filtering berupa gelombang arus harmonik sistem (arus referensi) yang akan dibandingkan dengan keluaran dari inverter (arus kompensasi). Hasil dari perbandingan keduanya akan dijadikan masukan kontroler untuk menghasilkan pulsa pensaklaran pada rangkaian inverter. Arus referensi akan dibandingkan dengan arus kompensasi dimana jika selisihnya bernilai positif maka

rangkaian kontrol akan memberikan sinyal untuk menaikkan arus kompensasi. Jika hasil selisih negatif maka rangkaian kontrol akan memberikan sinyal untuk menurunkan arus kompensasi.



Gambar 6. Perancangan *Hysteresis Current Control*

2.4 Perancangan *Cascaded Multilevel Inverter Lima Tingkat*

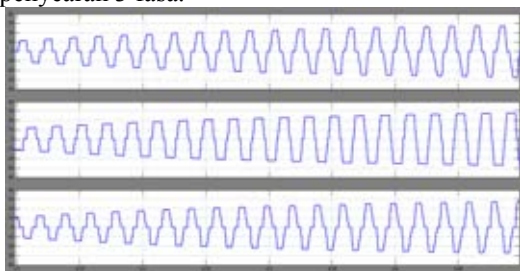


Gambar 7. *Cascaded Multilevel Inverter H-Bridge Lima Tingkat*

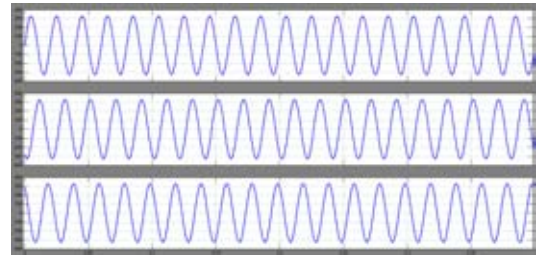
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tingkat Distorsi Sistem Sebelum Dipasang Filter Aktif *Shunt* dengan Beban Penyearah 3 Fasa

Hasil simulasi sebelum pemasangan filter menunjukkan bentuk gelombang arus sistem pada fasa R, S dan T dengan beban penyearah 3 fasa.



Gambar 8. Gelombang Arus Fasa R, S dan T Tanpa Filter Dengan Beban Penyearah 3 Fasa



Gambar 9 Gelombang Tegangan Fasa R, S dan T Tanpa Filter Dengan Beban Penyearah 3 Fasa

Hasil simulasi tersebut memperlihatkan bahwa bentuk gelombang arus mengalami distorsi namun tidak untuk gelombang tegangan. Distorsi tersebut dipengaruhi tingkat interharmonisa dan sub harmonisa arus yang timbul akibat beban penyearah 3 fasa.

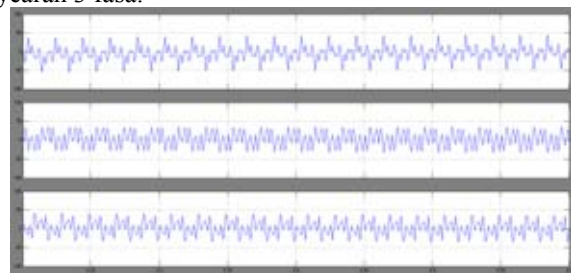
Tabel 3 Nilai Distorsi Interharmonisa-Sub Harmonisa Fasa R, S dan T Dengan Beban Penyearah 3 Fasa

Frekwensi (Hz)	Nilai Distorsi (%)		
	R	S	T
48	9,15	9,95	9,69
49	15,39	17,95	16,78
51	16,88	18,03	15,32
52	9,75	10,24	9,07

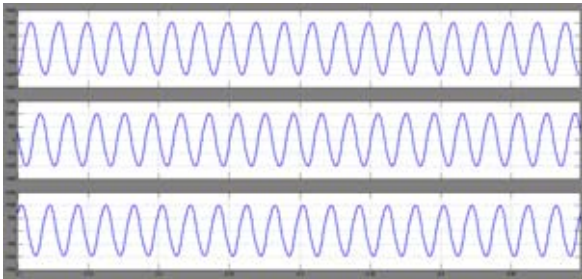
Hasil tersebut memperlihatkan bahwa perlu dilakukan penanggulangan untuk mengurangi nilai distorsi interharmonisa dan sub harmonisa agar sesuai dengan nilai distorsi yang diperbolehkan sesuai dengan standar IEEE 519-1992.

3.2 Tingkat Distorsi Sistem Setelah Dipasang Filter Aktif *Shunt* dengan Beban Penyearah 3 Fasa

Hasil simulasi setelah pemasangan filter menunjukkan bentuk gelombang arus interharmonisa dan sub harmonisa serta arus sistem pada fasa R, S dan T dengan beban penyearah 3 fasa.



Gambar 13 Gelombang Arus Interharmonisa dan Sub Harmonisa Fasa R,S,T



Gambar 14 Gelombang Arus Sumber Setelah Pemasangan Filter Aktif Shunt

Gambar 14 memperlihatkan bahwa gelombang arus sumber berbentuk sinusoidal setelah pemasangan filter aktif, tingkat distorsi interharmonisa dan sub harmonisa dapat tereliminasi.

Tabel 5 Nilai Distorsi Interharmonisa-Sub Harmonisa Fasa R, S dan T

Frekwensi (Hz)	Nilai Distorsi (%)					
	Fasa R		Fasa S		Fasa T	
	Tanpa filter	Dengan filter	Tanpa filter	Dengan filter	Tanpa filter	Dengan filter
48	9,15	0,24	9,95	0,27	9,69	0,26
49	15,39	0,11	17,95	0,48	16,78	0,25
51	16,88	0,72	18,03	0,65	15,32	0,79
52	9,75	0,66	10,24	0,43	9,07	0,66

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Nilai distorsi individu interharmonisa dan sub harmonisa arus pada sistem dengan beban *rectifier* 3 fasa sebelum pemasangan filter aktif *shunt cascaded multilevel inverter* pada fasa R terdapat pada frekuensi 49 Hz = 15,39% , 51 Hz = 16,88%. Pada fasa S terdapat pada frekuensi 49 Hz = 17,95% , 51 Hz = 18,03%. Pada fasa T terdapat pada frekuensi 49 Hz = 16,78% , 51 Hz = 15,31%.
2. Pemasangan filter aktif *shunt cascaded multilevel inverter H-bridge* lima tingkat pada beban *rectifier* 3 fasa mampu mengurangi nilai distorsi individu interharmonisa dan sub harmonisa arus pada fasa R di frekuensi 49 Hz menjadi 0,11% , pada frekuensi 51 Hz menjadi 0,72%. Pada fasa S di frekuensi 49 Hz dapat mengurangi menjadi 0,48% , di frekuensi 51 Hz menjadi 0,65%. Pada fasa T di frekuensi 49 Hz mampu mengurangi menjadi 0,25% , di frekuensi 51 Hz menjadi 0,79%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Warman, Eddy. *Penentuan Faktor Pengali Sistem Pengukuran Analog Untuk Beban Non Linear*. Universitas Sumatera Utara. 2013.
- [2] Sungkowo, Heri. *Perancangan Filter Pasif Single Tuned Filter Untuk Mereduksi harmonisa Pada Beban Non Linear*. Politeknik Negeri Malang. 2013.
- [3] Dani, Irfandi Nu'Man. *Desain Filter Aktif Dengan Skema Fuzzy Logic Controller Untuk Mereduksi Harmonisa*. Universitas Sumatera Utara. 2014

- [4] F. Fuchs, Ewald. *Power Quality in Power Systems and Electrical Machines*. University of Colorado. 2008
- [5] IEEE Interharmonic Task Force. *Interharmonic in Power Systems*. CC02 Voltage Quality Working Group.
- [6] Sandra, Rio. *Penekanan Tegangan Harmonik Dengan Menggunakan Filter Pasif Pada Peleburan Baja Di Industri Baja Krakatau Steel Cilegon*. Sekolah Tinggi Teknik – PLN. 2007.
- [7] Oktantya, Resky. *Desain Filter Aktif Shunt Menggunakan Kontroller Hysterisis Untuk Mengkompensasi Harmonisa Dengan Sumber Tegangan Yang Tidak Ideal*. Jurusan Teknik Elektro FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2010.
- [8] Meliala, Selamat. *Simulasi Filter Aktif Seri Sebagai Kompensasi Harmonisa Pada Sistem Saluran Tegangan Rendah*. Universitas Sumatera Utara. 2011.
- [9] Yuanti, Ari. *Desain Dan Simulasi Filter Daya Aktif Shunt Untuk Kompensasi Harmonisa Menggunakan Metode Cascaded Multilevel Inverter*. Jurusan Teknik Elektro FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2010.

Internet of things: an important paradigm in the application of smart factory

Yusraini Muharni ¹, Hartono ²,

¹ Industrial Engineering Department, Sultan Ageng Tirtayasa University
Cilegon, 42435, Indonesia

Email: yusmuharni@ft-untirta.ac.id

² Electrical Engineering Department, Sultan Ageng Tirtayasa University
Cilegon, 42435, Indonesia.

Email: sallahartono@yahoo.com

Abstract - The globalisation and the need to produce highly customized product lead to a higher proliferation of variants, shorter product life cycle, and closer enterprise networks. A high dimension manufacturing flexibility is required to support short horizon planning and small batch production.

Cyber-physical systems (CPS) is enabling technologies which bring the virtual and physical worlds together to create a truly networked world in which intelligent objects communicate and interact with each other. The smart factory approach is a new dimension of multi-scale manufacturing by using the new ubiquitous/pervasive computing technology and tools. However the opportunity and challenges in application of smart factory need to explore.

Keywords: Cyber physical systems, Internet of things, smart factory, industry 4.0.

I. INTRODUCTION

As the information communication technology (ICT) grown fast, many devices can be connected together. The application of information and communication technology (ICT) to digitize information and integrate systems at all stages of product creation and use (including logistics and supply), both inside companies and across company boundaries. Nowadays, we are being introduced with some new terminology such as smart car, smart house even smart factory. The word smart is to address how the operation of the vehicle or inside the house or the factory can be run successfully with minimal/no operator involved.

The Internet of Things (IoT) can be considered as a global network infrastructure composed of numerous connected devices that rely on sensory, communication, networking, and information processing technologies. [10] The Internet of Things [8] is proposed as an evolution technology since 1999. IoT was developed with the sensing technology and the wireless sensor network technology (WSN for short). Sensing technology, including Radio Frequency Identification (RFID for short), and the WSN technology can help information systems to easily capture the movement and environment of target objects [2]. A wide range of industrial IoT applications have been developed and deployed in recent years. [9]

II. LITERATURE REVIEW

A. Internet of Things (IoT)

The basic idea of this concept is the pervasive presence around us of a variety of things or objects – such as Radio-

Frequency Identification (RFID) tags, sensors, actuators, mobile phones, etc. which, through unique addressing schemes, are able to interact with each other and cooperate with their neighbors to reach common goals [1].

The Internet of Things (IoT) [4] visualizes connecting billions of smart devices to the Internet. It provides a networked infrastructure that enables things to be connected anytime, anyplace, with anything and anyone, ideally using any path, any network and any service [3].

Recently, enabling technologies which bring the virtual and physical worlds together to create a truly networked world in which intelligent objects communicate and interact with each other known as Cyber-physical systems (CPS). Cyber-physical systems represent the next evolutionary step from existing embedded systems. Together with the internet and the data and services available online, embedded systems join to form cyber-physical systems.

TABEL I. INTERNET OF THINGS DEFINITIONS

Ref No	Year	Description	Future Deployment
(3)	2005	A world-wide network of interconnected objects uniquely addressable based on standard communication protocols	
(4)	N/A	Things oriented with Radio-Frequency Identification (RFID) tags	RFID
(5)	2009	Global EPC System to improve object visibility	Standard EPC
(6)	2008	The development of middleware solution for global visibility object in IoT	UID (universal/ubiquitous Identifier) architecture
(7)	2009	The atomic components that will link the real world and digital world	NFC WSN
(8)	2009	An object that can be tracked through space and time throughout its lifetime and that will be sustainable, enhance able and uniquely identifiable	Smart Items

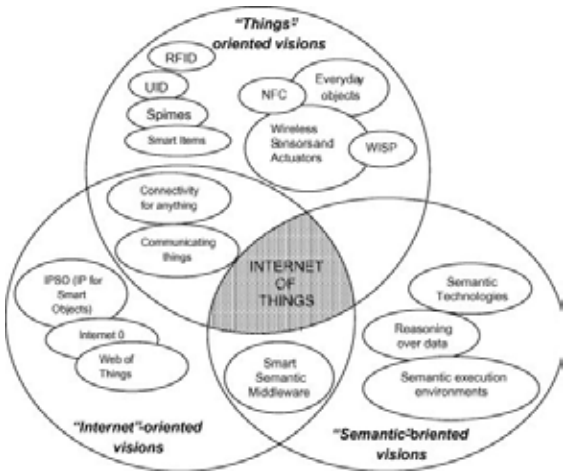


Figure 1. “Internet of Things” paradigm as a result of the convergence of different visions. (L. Atzori)

In Fig. 1, shows how the Internet of things paradigm shall be the result of the convergence of the three main visions addressed above.

TABEL II. INTERNET OF THINGS LAYERS

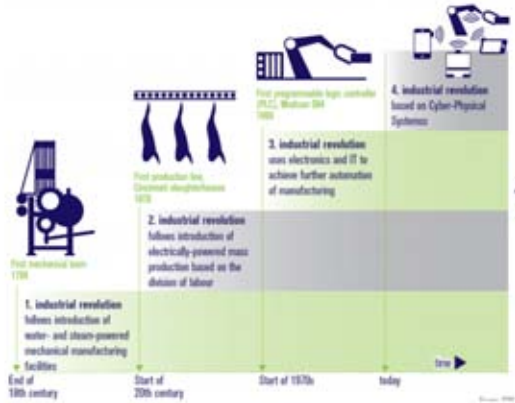
Layers	Description
Sensing Layer	This layer provides existing hardware (RFID, sensors, actuators, etc).
Networking Layer	This layer provides basic networking support and data transfer over wireless or wired network
Service Layer	This layer creates and manages services. It provides services to satisfy user needs
Interface layer	This layer provides interaction methods to users and other applications

B. Industry 4.0

The industrial internet is known as Industry 4.0. Industry 4.0 is a term applied to a group of rapid transformations in the design, manufacture, operation and service of manufacturing systems and products. The 4.0 designation indicates that this is the world's fourth industrial revolution, the successor to three earlier industrial revolutions (see figure 1) that caused quantum leaps in productivity and changed the lives of people throughout the world.

The first industrial revolution was started as the steam machine driven the moving from farming to factory production in the 19th Century. The second one ran from around the 1850s to World War I and began with the introduction of steel, culminating in the early electrification of factories and the first spouts of mass production. Closer to

home is the third industrial revolution that refers to the change from analogue, mechanical, and electronic technology to digital technology.



Source: German research centre for artificial intelligence

Figure 2. The four revolutions in industry [2]

C. Smart Factory

Smart Factory is defined as a factory that context-aware assists people and machines in execution of their tasks. This is achieved by systems working in background, so-called *Calm-systems* and *context-aware applications*. [3] The Smart Factory concept enables the real-time collection, distribution and access of manufacturing relevant information anytime and anywhere. The Smart Factory represents a real time, context-sensitive manufacturing environment that can handle turbulences in production using decentralized information and communication structures for an optimum management of production processes.

The smart factories provide the customers with smart products and services which will be connected to the internet. Then, the smart factories will collect and Analyze data coming from the smart products and related smart applications. [4]

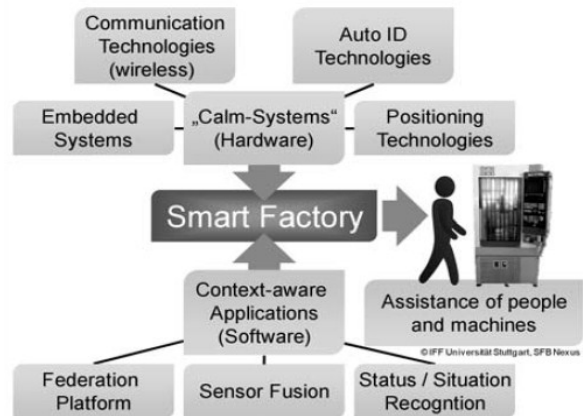


Figure 3. Smart Factory Components. [3]

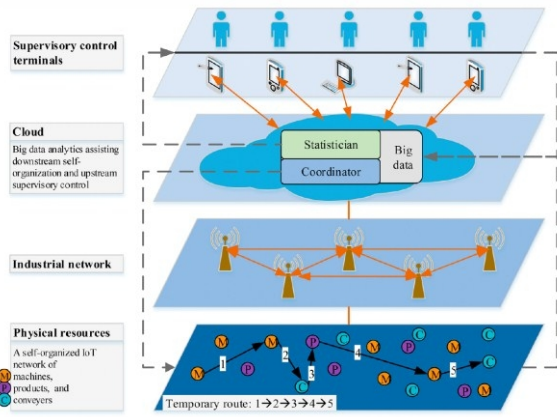


Figure 4. Framework of smart factory for industry 4.0 [17]

III. METHODOLOGY

Based on reviewing the literatures, this paper aims to illustrate the smart factory by presenting the importance of Internet of things concept. As many as 10 journal papers were investigated to find out the relevance of the concepts. A case study of smart factory application focus on electronic plants in Chengdu, China the world’s largest market for automation technology and second only to the European market for programmable logic controllers.

IV. DISCUSSION

A. Data-Driven Manufacturing

The Internet of Things is finding its way into production. Semantic machine-to-machine communication revolutionizes factories by decentralized control. Embedded digital product memories guide the flexible work piece flow through smart factories, so that low-volume, high-mix production is realized in a cost-efficient way. Products control their own manufacturing processes. In other words, their product codes tell production machines what requirements they have and which production steps must be taken next. In this vision of a fourth industrial revolution, the real and the virtual manufacturing worlds will merge.

Factories will then be largely able to control and optimize themselves, because their products will communicate with one another and with production systems in order to optimize manufacturing processes. Products and machines will determine among themselves which items on which production lines should be completed first in order to meet delivery deadlines. Independently operating computer programs known as software agents will monitor each step and ensure that production regulations are complied with.

B. Flexible and Efficient Production

As a result of Industry 4.0, in the future billions of machines, systems, and sensors worldwide will communicate

with each other and share information. This will not only enable companies to make production significantly more efficient, it will give them greater flexibility when it comes to tailoring production to meet market requirements.

C. Self-organizing Factories

Smart factories, which will be at the heart of Industry 4.0, will take on board information and communication technology for an evolution in the supply chain and production line that brings a much higher level of both automation and digitization. It means machines using self-optimization, self-configuration and even artificial intelligence to complete complex tasks in order to deliver vastly superior cost efficiencies and better quality goods or services. Information technology, telecommunications, and manufacturing are merging, as the means of production becomes increasingly autonomous. For the next ten years, the machines will organize themselves to a great extent, delivery chains will automatically assemble themselves, and orders will transform directly into production information and flow into the production process.

D. Vertical and horizontal value chain integration

Integrated vertically (to include every function and the entire hierarchy) and horizontally (linking the suppliers, partners, and distributors in the value chain and transferring data among them seamlessly). One example is leading-edge inventory management systems, which connect retailers, distribution centres, transporters, manufacturers, and suppliers. Each transparently receives data about the others’ supply levels, places and fulfils orders automatically, and triggers maintenance and upgrades. This smooths out the excesses and shortages of a typical supply chain, and enables the chain to compensate for sudden interruptions (such as those from natural disasters) and to easily test new products and services in particular geographic locations.

V. CONCLUSION

This paper presents an overview of internet of things in the application of smart factory. The framework of smart factory is presented to introduce the components required. The smart machines, conveyers, and products communicate and negotiate with each other to reconfigure themselves for flexible production of multiple types of products. However the opportunity and challenges in application of smart factory need to explore.

VI. REFERENCES

- [1] Auto-Id Labs, <<http://www.autoidlabs.org/>>.
- [2] D. Giusto, A. Iera, G. Morabito, L. Atzori (Eds.) The Internet of Things, Springer, 2010. ISBN: 978-1-4419-1673-0.
- [3] D. Lucke, C. Constantinescu, and E. Westkamper, “Smart factory-a step towards the next generation of manufacturing,” in *Proc. The 41st CIRP Conference on Manufacturing Systems, 2008*, pp.116-118.

- [4] F. Shrouf, J. Ordieres, and G. Miragliotta, "Smart factories in industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the internet of things paradigm," in *Proc. IEEM 2014*, pp. 697-701.
- [5] H. Sundmaeker, P. Guillemin, P. Friess, S. Woelffle, Vision and Challenges for Realising the Internet of Things, Technical Report, European Commission Information Society and Media, 2010 . http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IoT_Clusterbook_March_2010.pdf [Accessed on: 2011-10-10].
- [6] INFSO D.4 Networked Enterprise & RFID INFSO G.2 Micro & Nanosystems, in: Co-operation with the Working Group RFID of the ETP EPOSS, Internet of Things in 2020, Roadmap for the Future, Version 1.1, 27 May 2008.
- [7] K. Golembiewski, Driving factories to be smarter and safer, *Manufacturing engineering*, Vol. 157 (2), 212-213, 2016.
- [8] L. Atzori , A. Iera , G. Morabito , The internet of things: A survey, *Comput. Netw.* 54 (15) (2010) 2787–2805.
- [9] L. D. Xu, W. He, and S. Li, "Internet of Things in Industries: A surveys," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol. 10, No. 4, November 2014
- [10] L. Tan and N. Wang, "Future internet: The internet of things," in *Proc. 3rd Int. Conf. Adv. Comput. Theory Eng. (ICACTE)*, Chengdu, China, Aug. 20–22, 2010, pp. V5-376–V5-380
- [11] L. Zheng, H. Zhang, W. Han, X. Zhou, J. He, Z. Zhang, Y. Gu, J. Wang, *Internet of Things Global Technological and Societal Trends*, River Publishers, pp. 141–176.
- [12] P. Waurzyniak, Connecting the smart factory, *Manufacturing Engineering*, Vol. 157 (2) 206-208, 2016
- [13] S. Fang , L. Xu , Y. Zhu , Y. Liu , Z. Liu , H. Pei , J. Yan , H. Zhang , An integrated information system for snowmelt flood early-warning based on internet of things, *Inf. Syst. Front.* 17 (2) (2015) 321–335.
- [14] S. Mayer, R. Verborgh, M. Kovatsch, and F. Mattern, Smart configuration of smart environments, *IEEE Transaction on automation science and engineering*, Vol. 13(3), 1247-1255, 2016
- [15] SY. Wang, JF. Wan, DQ. Zhang, D. Li, CH. Zhang, Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination, *Computer Networks*, Vol. 101, 158-168, 2016
- [16] The EPC global Architecture Framework, EPCglobal Final Version 1.3, Approved 19 March 2009, <www.epcglobalinc.org>.
- [17] Y.D. Li and C. Zhang, Automated vision system for fabric defect inspection using Gabor filters and PCNN, *Springerplus*, Vol. 5, 2016
- [18] <http://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/industry-and-automation/digital-factories-defects-a-vanishing-species.html>

Analisa Kinerja *Sinusoidal* PWM Inverter Pada Beban Motor Induksi Tiga Fasa

Heri Haryanto¹, Vicky Immanuel²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Jurusan Teknik elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Cilegon, 42436 Banten, Indonesia
Email : Heri.Haryanto@ft-untirta.ac.id

² Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,
Cilegon, 42436 Banten, Indonesia
Email : gunners2303@gmail.com

Abstract – PWM (pulse width modulation) is a good technique to use in a control system (control system) at this time . Pulse width modulation are used in a very wide variety of fields , one of which is the induction motor speed control . To generate the signal pulse width modulation (PWM) can be used multiple modulation techniques are as follows : Sinusoidal Pulse Width Modulation, Random PWM, Trapezoidal Pulse Width Modulation, Stair-case delta, Delta-sigma, Selective harmonic PWM, Third Harmonic PWM, Space Vector PWM, and others. This paper will discuss the performance of the inverter sinusoidal modulation techniques to analyze the quality of harmonic distortion (THD) of voltage, current, and response speed and electromagnetic torque of a three phase induction motor.

Keywords: PWM, inverter, sinusoidal modulation, harmonic distorsion, three phase induction motor

I. PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan jenis motor yang paling banyak digunakan di bidang industri dibandingkan motor jenis lain. Hal ini dikarenakan motor induksi memiliki banyak keunggulan. Tetapi terdapat juga suatu kelemahan dari motor induksi yaitu kesulitan dalam mengatur kecepatan. Karena pengaturan kecepatan motor induksi pada dasarnya dapat dilakukan dengan mengubah jumlah kutub motor atau mengubah frekuensi suplai motor. Pengaturan kecepatan dengan mengubah jumlah kutub sangat sulit karena dilakukan dengan merubah konstruksi fisik motor, sehingga pengaturannya akan sangat terbatas sedangkan pengaturan kecepatan motor induksi dengan mengubah frekuensi suplai motor akan jauh lebih mudah tanpa harus merubah konstruksi fisik motor. Pengaturan kecepatan sebuah motor induksi memerlukan inverter yang berfungsi sebagai

sumber catu tegangan dengan frekuensi dan magnitude yang variabel. Tegangan keluaran inverter dapat diatur dengan cara merubah gain inverter. Pengaturan gain inverter dilakukan dengan cara pengaturan sudut penyalan saklar-saklar inverter yang dikenal dengan teknik pengaturan lebar pulsa (teknik modulasi) / PWM_[1]. Pada perkembangan saat ini penelitian tentang teknik modulasi pada inverter sangat penting untuk mengetahui kualitas dari teknik modulasi yang digunakan. Pada umumnya teknik modulasi yang digunakan adalah metode SPWM karena metode ini sangat mudah untuk diimplementasikan, dan pada paper ini akan membahas kinerja teknik modulasi SPWM dengan beban motor induksi tiga fasa dari segi kualitas harmonisa tegangan, arus stator, kecepatan putar motor induksi dan torsi elektromagnetik. Analisa dari kinerja teknik modulasi SPWM ini akan berguna untuk dijadikan pertimbangan sebagai pengaturan kecepatan variabel.

II. KAJIAN LITERATUR

Prinsip kerja dari teknik modulasi SPWM adalah dengan membandingkan gelombang referensi sinusoidal terhadap gelombang segitiga pembawa (*carrier*) berfrekuensi Frekuensi gelombang referensi sinusoidal menentukan frekuensi keluaran *inverter* [2]. Hubungan antara frekuensi referensi dengan frekuensi *carrier* akan mempengaruhi indeks modulasi frekuensi sementara hubungan antara amplitud gelombang referensi dengan

amplitude *carrier* menentukan indeks modulasi amplitude yang mempengaruhi tegangan rms keluaran V_{ab} [3]

$$Ma = \frac{Ar}{Ac} \tag{1}$$

$$Mf = \frac{Fc}{Fr} \tag{2}$$

$$V_{ab_{rms}} = Ma \cdot \sqrt{3} \frac{V_i}{2\sqrt{2}} \quad 0 < Ma \leq 1 \tag{3}$$

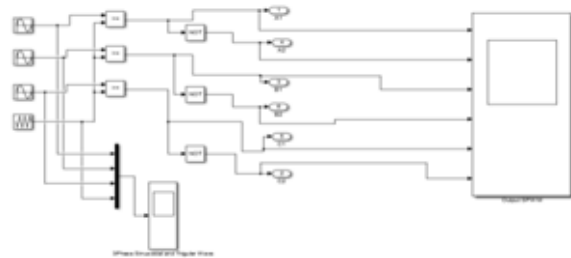
III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan menganalisa metode teknik modulasi dengan metode SPWM. Analisa dilakukan dengan berbagai macam variasi pengujian untuk mengetahui berbagai parameter antara lain sebagai berikut: kualitas distorsi harmonisa tegangan output (THDv) dari *inverter*, distorsi harmonisa arus stator dari motor induksi tiga fasa (THDi), serta respon kecepatan dan torsi. Variasi pengujian yang dilakukan terdiri dari empat pengujian yaitu :

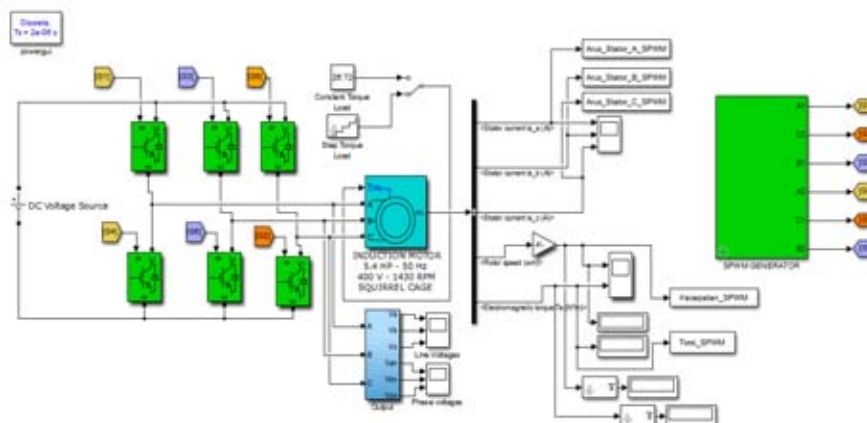
1. Pengujian dengan variasi indeks modulasi amplitude (ma).

2. Pengujian dengan variasi nilai frekuensi *carrier* (*switching*).
3. Pengujian dengan variasi nilai frekuensi fundamental (output).
4. Pengujian dengan variasi torsi beban (TL) pada motor induksi tiga fasa.

Pada gambar 1 dan gambar 2 merupakan blok diagram pada simulasi menggunakan software matlab dan pada tabel 1 merupakan data parameter motor induksi tiga fasa yang digunakan.



Gambar 1. Blok diagram perancangan SPWM generator



Gambar 2 Blok diagram secara keseluruhan SPWM inverter dengan beban motor induksi tiga fasa

Tabel 1 Data spesifikasi dan parameter motor induksi tiga fasa

<i>Rated Power</i>	5.4 HP (4 KW)	<i>Friction Factor</i>	0.002985 N.m.s
<i>Rated Voltage</i>	400 V		
<i>Rated Frequency</i>	50 Hz		
<i>Rated Speed</i>	1430 Rpm		
<i>Torque Nominal (Tm)</i>	26.65 Nm		
<i>Pole Pairs</i>	2 (4 Kutub)		
<i>Stator Resistance (Rs)</i>	1.405 Ω		
<i>Stator Inductance (Lls)</i>	0.005839 H		
<i>Rotor Resistance (Rr)</i>	1.395 Ω		
<i>Rotor Inductance (Llr')</i>	0.005839 H		
<i>Mutual Inductance</i>	0.1722 H		
<i>Moment Of Inertia</i>	0.0131 Kg.m ²		

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Dengan Variasi Indeks Modulasi Amplitude (ma)

Pada pengujian variasi indeks modulasi amplitude ini akan menggunakan variasi indeks modulasi amplitude dari range (0.1-1)

dengan nilai tegangan V_{dc} sebesar 653.19 volt, nilai frekuensi fundamental sebesar 50 Hz, dan nilai frekuensi *carrier* sebesar 2000 Hz, serta nilai torsi beban konstan pada motor induksi tiga fasa dengan nilai (TL) sebesar 26.72 Nm (Torsi nominal). Pemilihan tegangan V_{dc} sebesar 653.19 volt didapatkan dengan persamaan (3) sebagai berikut agar tegangan output yang dicapai dapat mencapai tegangan input motor induksi tiga fasa yaitu 400 volt.

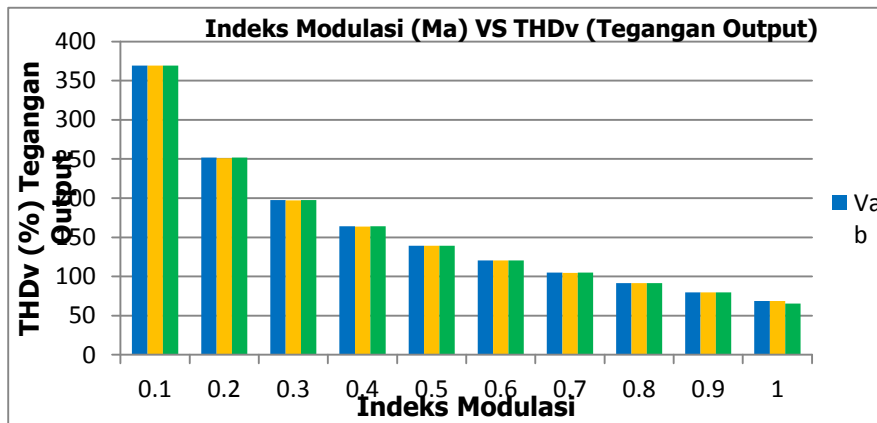
$$V_{ab_{rms}} = M_a \cdot \sqrt{3} \frac{V_i}{2\sqrt{2}}$$

$$400 = 1 \cdot \sqrt{3} \frac{V_i}{2\sqrt{2}}$$

$$400.2 = \sqrt{3} \cdot V_i$$

$$V_i = 653.19 \text{ Volt}$$

Perhitungan diatas menggunakan parameter dengan indeks modulasi sebesar 1 agar tegangan yang dihasilkan oleh output *inverter* mencapai 400 volt, sedangkan untuk nilai distorsi harmonisa tegangan yang ditimbulkan oleh frekuensi *switching* didapatkan dengan menggunakan simulasi matlab yang terlihat pada tabel 2. Berdasarkan pengujian ini akan didapatkan pengaruh yang terjadi antar variasi indeks modulasi amplitude yang digunakan.

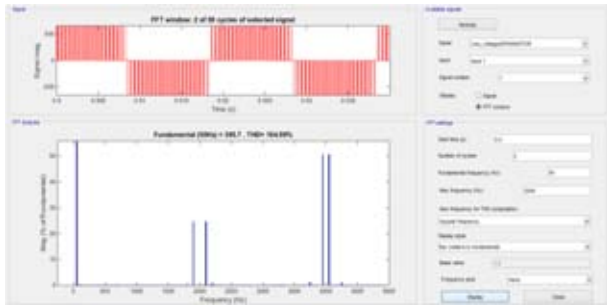


Gambar 3. Grafik Perbandingan indeks modulasi amplitude SPWM terhadap THDv (tegangan output)

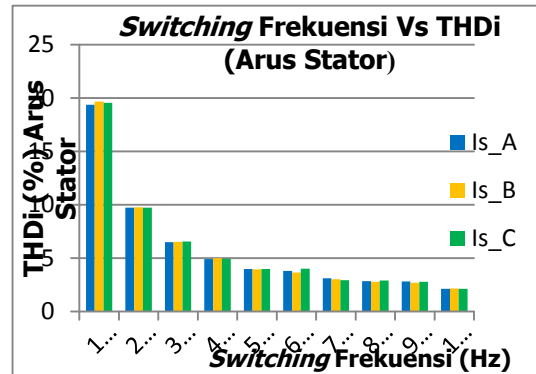
Tabel 2 Pengujian dengan metode SPWM *inverter* terhadap motor induksi tiga fasa (variasi indeks modulasi amplitude range 0.1-1)

Ma	Tegangan Output (THDv (%) dan Fundamental)			Arus Stator (THDi (%) dan Fundamental)			Speed (RPM)	Te (Nm)
	Vab	Vbc	Vca	Is_A	Is_B	Is_C		
0.1	40.28 V (369.38 %)	40.27 V (369.42 %)	40.28 V (369.38 %)	5.90 A (2.36 %)	5.89 A (2.36 %)	5.90 A (2.34 %)	(- 1.71E+04)	0.07
0.2	80.09 V (251.87 %)	80.67 V (250.82 %)	80.09 V (251.87 %)	11.69 A (2.16 %)	11.79 A (2.15 %)	11.78 A (2.15 %)	(- 1.68E+04)	0.28
0.3	119.9 V (197.72 %)	120.1 V (197.34 %)	119.9 V (197.72 %)	17.53 A (1.98 %)	17.56 A (1.98 %)	17.55 A (1.98 %)	(- 1.62E+04)	0.66
0.4	159.5 V (163.97 %)	159.4 V (163.89 %)	159.5 V (163.97 %)	23.3 A (1.84 %)	23.28 A (1.83 %)	23.28 A (1.84 %)	(- 1.52E+04)	1.23
0.5	200 V (139.33%)	199.9 V (139.21 %)	200 V (139.33%)	29.1A (1.68 %)	29.09 A (1.69 %)	29.09 A (1.68 %)	(- 1.36E+04)	2.14
0.6	240 V (120.45 %)	240.1 V (120.47 %)	240 V (120.45 %)	34.43 A (1.59 %)	34.47 A (1.59 %)	34.44 A (1.59 %)	(- 1.03E+04)	3.92
0.7	279.8 V (104.99 %)	280.3 V (104.75 %)	279.8 V (104.99 %)	10.89 A (5.45 %)	10.97 A (5.42 %)	10.93 A (5.43 %)	1344	27.14
0.8	319.6 V (91.65 %)	319.7 V (91.64 %)	319.6 V (91.65 %)	9.43 A (6.79 %)	9.46 A (6.78 %)	9.45 A (6.80 %)	1390	27.14
0.9	360 V (79.58 %)	359.9 V (79.59 %)	360 V (79.58 %)	8.53 A (8.20 %)	8.51 A (8.21 %)	8.52 A (8.20 %)	1417	27.14
1	400.1 V (68.54 %)	399.8 V (68.62 %)	400.1 V (68.54 %)	7.97 A (9.71 %)	7.91 A (9.75 %)	7.94 A (9.71 %)	1435	27.13

motor induksi sebesar 26.72 Nm (torsi nominal).

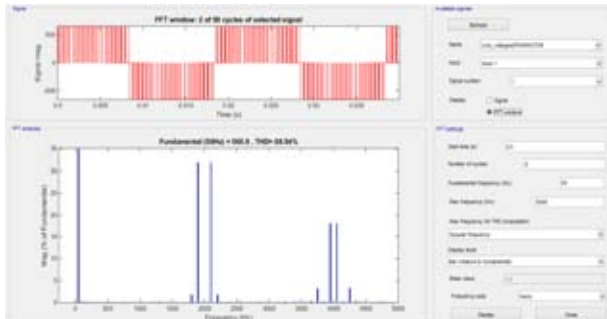


Gambar 4. FFT spektrum harmonisa tegangan Vab dengan indeks modulasi amplitude sebesar 0.7

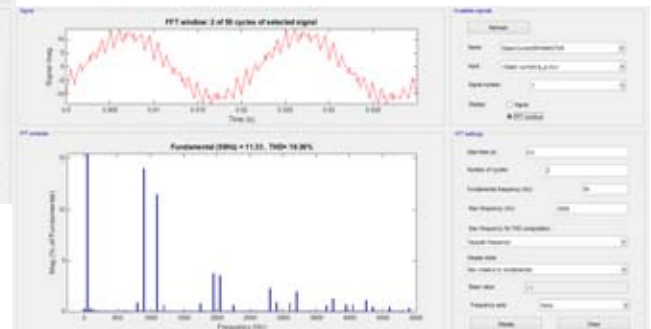


Gambar 6. Grafik Perbandingan *switching* frekuensi SPWM terhadap THDi (arus stator)

Pengujian ini didapatkan hasil pengaruh variasi frekuensi *carrier* terhadap output yang dihasilkan.



Gambar 5. FFT spektrum harmonisa tegangan Vab dengan indeks modulasi amplitude sebesar 1

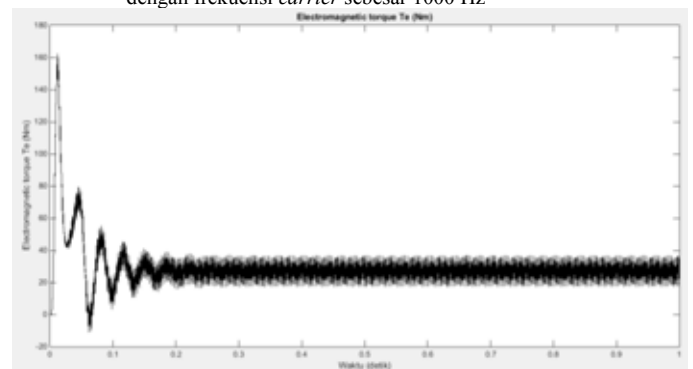


Gambar 7. FFT spektrum harmonisa arus stator (is_A) dengan frekuensi *carrier* sebesar 1000 Hz

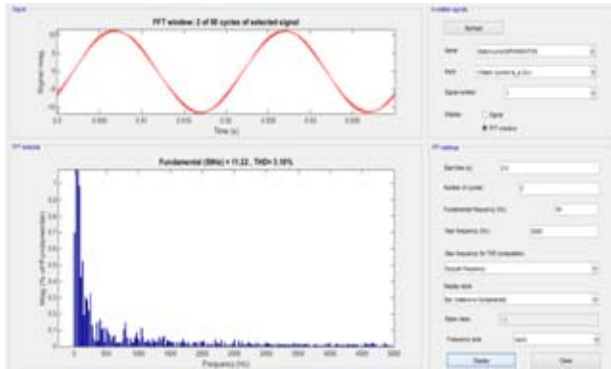
Berdasarkan tabel 2 dan gambar 3. pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa semakin tinggi nilai indeks modulasi amplitude yang digunakan maka nilai harmonisa tegangan output semakin kecil dan nilai tegangan yang dihasilkan semakin besar terlihat pada gambar 4, begitu juga berlaku sebaliknya jika semakin rendah nilai indeks modulasi, nilai distorsi harmonisa tegangan akan semakin besar serta nilai tegangan output akan semakin kecil seperti ditunjukkan pada gambar 5.

4.2 Pengujian Dengan Variasi Nilai Frekuensi *Carrier* (*switching*)

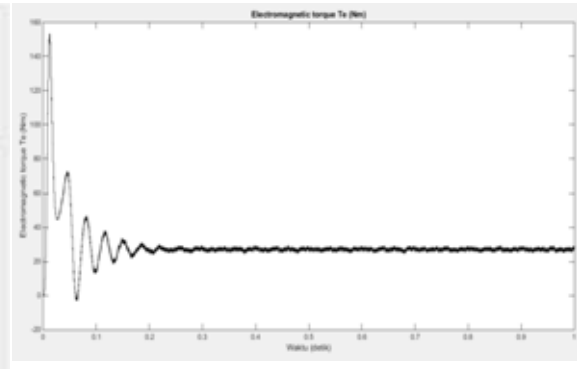
Pada pengujian ini akan dilakukan dengan variasi nilai frekuensi *carrier* (*switching*) dengan range sebesar 1 KHz - 10 KHz dengan parameter nilai tegangan Vdc sebesar 653.19 volt, nilai indeks modulasi amplitude sebesar 1, nilai frekuensi fundamental sebesar 50 Hz, serta nilai torsi beban konstan



Gambar 8 Torsi elektromagnetik kondisi frekuensi *carrier* sebesar 1000 Hz



Gambar 9. FFT spektrum harmonisa arus stator I_{s_A} dengan frekuensi *carrier* sebesar 7000 Hz



Gambar 10. Torsi elektromagnetik kondisi frekuensi *carrier* sebesar 7000 Hz

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada tabel 3 dan gambar 6 terlihat bahwa pengaruh variasi frekuensi *carrier / switching* terdapat pada nilai distorsi harmonisa arus stator bahwa semakin besar nilai frekuensi *carrier* yang digunakan, nilai distorsi arus stator akan semakin kecil dan gelombang yang ditimbulkan akan semakin *sinusoidal*.

Tabel 3. Pengujian dengan metode SPWM *inverter* terhadap motor induksi tiga fasa (variasi frekuensi *carrier* range 1KHz – 10 KHz)

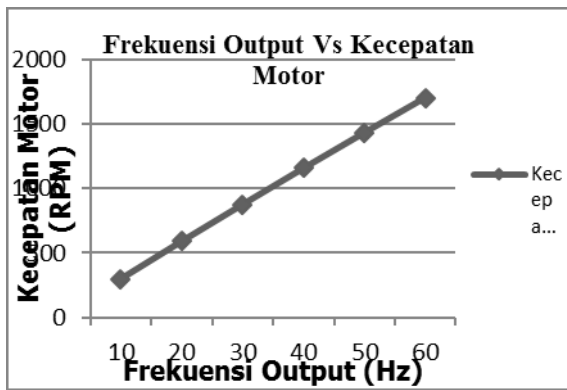
Fc (Hz)	Tegangan Output (THDv (%) dan Fundamental)			Arus Stator (THDi (%) and Fundamental)			Speed (RPM)	Te (Nm) Riak (%)
	Vab	Vbc	Vca	Is_A	Is_B	Is_C		
1000	399.9 V (68.58 %)	399.2 V (68.86 %)	399.9 V (68.58 %)	8.00 A (19.36 %)	7.89 A (19.69 %)	7.94 A (19.56 %)	1434	27.13 (71.76 %)
2000	400.1 V (68.54 %)	399.8 V (68.62 %)	400.1 V (68.54 %)	7.97 A (9.71 %)	7.91 A (9.75 %)	7.94 A (9.71 %)	1435	27.13 (38.92 %)
3000	400.2 V (68.50 %)	399.8 V (68.66 %)	399.7 V (68.66 %)	7.97 A (6.49 %)	7.95 A (6.52 %)	7.90 A (6.56 %)	1434	27.04 (30.76 %)
4000	400.2 V (68.52 %)	399.7 V (68.57 %)	400.2 V (68.52 %)	7.98 A (4.90 %)	7.90 A (4.98 %)	7.94 A (4.93 %)	1435	27.13 (28.67 %)
5000	398.6 V (68.94 %)	399.2 V (68.80 %)	398.6 V (68.94 %)	7.91 A (3.98 %)	7.99 A (3.95 %)	7.96 A (3.96 %)	1434	27.13 (20.49 %)
6000	400.1 V (68.49 %)	400 V (68.54 %)	399.8 V (68.69 %)	8.00 A (3.80 %)	7.99 A (3.65 %)	7.92 A (4.01 %)	1432	27.08 (23.37 %)
7000	400 V (68.70 %)	400 V (68.58 %)	399.9 V (68.54 %)	7.93 A (3.11 %)	7.94 A (3.02 %)	7.94 A (2.91 %)	1433	27.17 (17.66 %)
8000	399.7 V (68.76 %)	400.7 V (68.20 %)	399.7 V (68.76 %)	7.85 A (2.84 %)	8.02 A (2.77 %)	7.95 A (2.88 %)	1435	27.13 (18.20 %)
9000	399.7 V (68.62 %)	400.1 V (68.55 %)	399.8 V (68.63 %)	7.90 A (2.80 %)	7.95 A (2.69 %)	7.92 A (2.76 %)	1436	26.97 (17.38 %)
10K	401 V (68.29 %)	401.1 V (68.18 %)	401 V (68.29 %)	7.91 A (2.10 %)	7.94 A (2.13 %)	7.93 A (2.11 %)	1435	27.13 (10.13 %)

Terlihat pada gambar 8 berlaku sebaliknya semakin kecil nilai frekuensi *carrier*, nilai distorsi harmonisa arus stator (THDi) terbesar dengan kondisi frekuensi *carrier* sebesar 1000 Hz. Sedangkan nilai distorsi harmonisa arus stator (THDi) terendah dengan kondisi frekuensi *carrier* sebesar 10000 Hz. Pengujian variasi frekuensi elektromagnetik yang ditimbulkan akan semakin besar seperti pada gambar 8 dengan nilai sebesar 71.76 %.

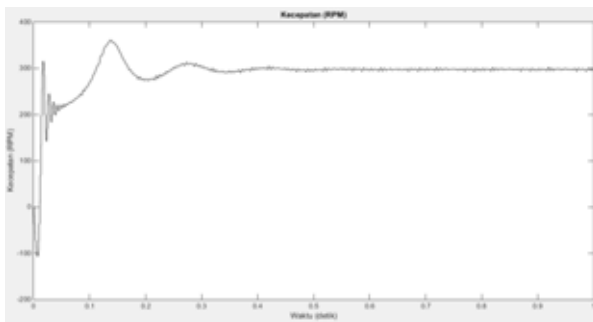
distorsi harmonisa arus stator akan semakin besar seperti pada gambar 8. *carrier* juga akan berpengaruh pada riak dari torsi elektromagnetik motor induksi, semakin besar nilai frekuensi *carrier* maka nilai riak dari torsi elektromagnetik akan rendah seperti pada gambar 10 dengan nilai sebesar 17.66 % dan sebaliknya semakin kecil frekuensi *carrier* maka nilai riak torsi

4.3. Pengujian Dengan Variasi Nilai Frekuensi Fundamental

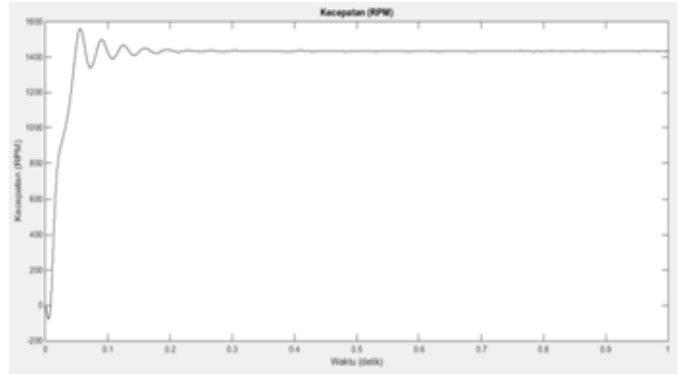
Pada pengujian ini dilakukan dengan kondisi variasi nilai frekuensi fundamental dengan nilai range 10 Hz - 60 Hz. Parameter yang digunakan dalam pengujian ini dengan nilai tegangan Vdc sebesar 653.19 volt, nilai indeks modulasi amplitude sebesar 1, nilai frekuensi *carrier* sebesar 7000 Hz, serta beban torsi konstan pada motor induksi tiga fasa sebesar 26.72 Nm.. Pada pengujian ini akan didapatkan analisa pengaruh dari variasi nilai frekuensi fundamental terhadap kualitas harmonisa tegangan dari *inverter* dan juga kinerja dari motor induksi tiga fasa baik dari segi harmonisa arus stator, kecepatan dan torsi elektromagnetik motor induksi tersebut.



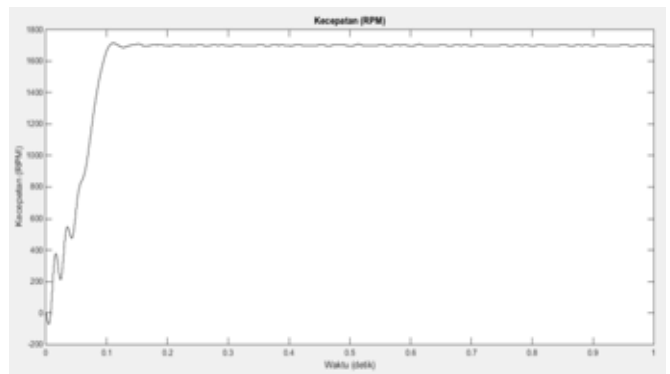
Gambar 11. Grafik Perbandingan antara frekuensi fundamental / output dengan kecepatan motor induksi tiga fasa



Gambar 12 Kecepatan motor induksi tiga fasa dengan frekuensi output sebesar 10 Hz



Gambar 13 Kecepatan motor induksi tiga fasa dengan frekuensi output sebesar 50 Hz



Gambar 14. Kecepatan motor induksi tiga fasa dengan frekuensi output sebesar 60 Hz

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4 didapatkan hasil bahwa saat kondisi frekuensi rendah yang dihasilkan oleh output *inverter* sebesar 10 Hz motor induksi tiga fasa berputar dengan kecepatan 297.6 rpm terlihat pada gambar 13 untuk kondisi frekuensi fundamental motor induksi dengan nilai 50 Hz motor induksi berputar dengan kecepatan 1433 rpm terlihat pada gambar 3.10, dan dengan kondisi frekuensi output tertinggi dari pengujian ini dengan nilai sebesar 60 Hz didapatkan kecepatan motor induksi sebesar 1702 rpm ditunjukkan pada gambar 14. Pada pengujian ini didapatkan bahwa semakin besar frekuensi output akan semakin besar kecepatan putar motor induksi

Tabel 4 Pengujian dengan metode SPWM *inverter* terhadap motor induksi tiga fasa (variasi frekuensi fundamental range 10 Hz - 60 Hz)

F (Hz)	Tegangan Output (THDv (%) dan Fundamental)			Arus Stator (THDi (%) dan Fundamental)			Speed (RPM)	Te (Nm) Riak (%)
	Vab	Vbc	Vca	Is A	Is B	Is C		
10	400.1 V (68.55 %)	400 V (68.54 %)	400.2 V (68.52 %)	20.35 A (1.29 %)	20.32 A (1.28 %)	20.32 A (1.29 %)	297.6	26.81 (79.70 %)
20	399.9 V (68.60 %)	400.2 V (68.50 %)	399.8 V (68.61 %)	10.47 A (2.28 %)	10.5 A (2.32 %)	10.5 A (2.43 %)	590.2	26.86 (38.53 %)
30	399.9 V (68.62 %)	400.1 V (68.57 %)	399.9 V (68.56 %)	7.80 A (3.99 %)	7.74 A (3.90 %)	7.82 A (3.75 %)	877.5	26.71 (29.76 %)
40	399.7 V (68.64 %)	400 V (68.57 %)	400.6 V (68.41 %)	7.5 A (14.69 %)	7.23 A (15.07 %)	7.58 A (13.51 %)	1158	26.54 (39.48 %)

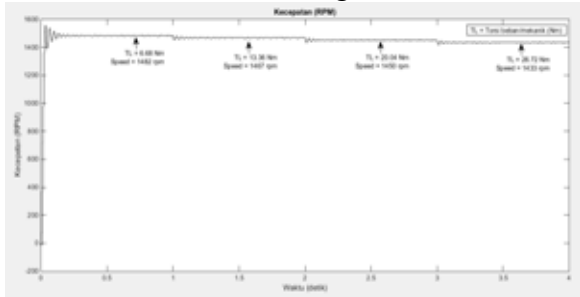
50	400 V (68.70 %)	400 V (68.58 %)	399.9 V (68.54 %)	7.93 A (3.11 %)	7.94 A (3.02 %)	7.94 A (2.91 %)	1433	27.17 (17.66 %)
60	400.7 V (68.54 %)	399.9 V (68.56 %)	399.9 V (68.52 %)	9.13 A (2.86 %)	9.03 A (2.74 %)	9.02 A (2.76 %)	1702	26.85 (22.34 %)

yang dihasilkan, berlaku sebaliknya semakin kecil frekuensi output yang diberikan pada motor induksi maka kecepatan putar motor induksi akan semakin kecil. Hal ini sesuai dengan karakteristik frekuensi dengan Kecepatan pada motor induksi seperti ditunjukkan pada gambar 12.

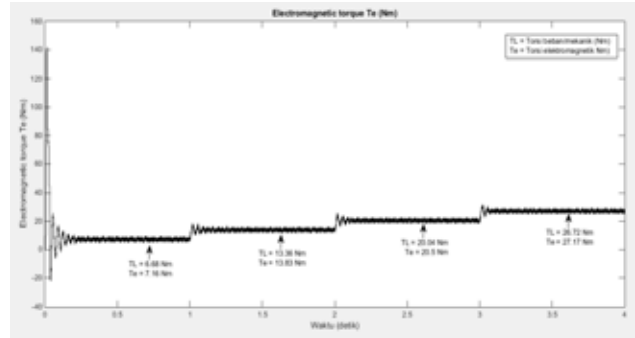
4.4. Pengujian Dengan Variasi Torsi Beban (TL) Pada Motor Induksi Tiga Fasa

Pengujian dengan variasi torsi beban (TL) ini dengan memberikan beban pada motor induksi tiga fasa dengan nilai torsi beban sebesar 0 Nm ; 6.68 Nm; 13.36 Nm; 20.04 Nm; dan 26.72 Nm dengan kondisi variasi

beban berubah setiap selang waktu nya yaitu 0; 0.8; 1.6; 2.4; 3.2; 4 detik. Parameter lainnya seperti tegangan Vdc sebesar 653.19 volt, nilai indeks modulasi sebesar 1, nilai frekuensi *carrier* sebesar 7000 Hz, serta frekuensi fundamental sebesar 50 Hz. Berdasarkan pengujian ini akan terlihat hasil dan pengaruh yang didapatkan dari variasi torsi beban terhadap kualitas output harmonisa tegangan dari *inverter* dan kinerja motor induksi dari segi harmonisa arus stator, kecepatan putar, dan torsi elektromagnetik dari motor induksi tiga fasa. Pada tabel 5 akan menunjukkan hasil pengujian dari simulasi sebagai berikut.



Gambar 15 Kecepatan motor induksi tiga fasa dengan kondisi variasi step torsi beban



Gambar 16. Torsi elektromagnetik motor induksi tiga fasa dengan kondisi variasi step torsi beban

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 5 pengaruh variasi step torsi beban pada motor induksi tiga fasa didapatkan bahwa semakin besar torsi beban (TL) yang diberikan akan semakin besar nilai arus stator yang dihasilkan sedangkan dari segi kecepatan putar, semakin besar nilai torsi beban yang

diberikan maka kecepatan putar motor induksi akan semakin turun seperti ditunjukkan pada gambar 15, pada kondisi tanpa beban (0 Nm) kecepatan putar motor induksi bernilai 1497 rpm dan dengan kondisi beban penuh / torsi nominal (26.72 Nm) kecepatan putar motor induksi berputar dengan nilai 1433 rpm.

Tabel 5 Pengujian dengan metode SPWM *inverter* terhadap motor induksi tiga fasa (variasi torsi beban (TL) berbeda/step)

TL (Nm)	Tegangan Output (THDv (%) dan Fundamental)			Arus Stator (THDi (%) dan Fundamental)			Speed (RPM)	Te (Nm) Riak (%)
	Vab	Vbc	Vca	Is_A	Is_B	Is_C		
6.68	399.9 V (68.74 %)	399.9 V (68.57 %)	399.8 V (68.52 %)	4.43 A (5.86 %)	4.45 A (5.62 %)	4.43 A (5.44 %)	1482	7.16 (63.33 %)
13.36	399.9 V (68.73 %)	399.8 V (68.55 %)	399.8 V (68.54 %)	5.29 A (4.50 %)	5.28 A (4.57 %)	5.28 A (4.70 %)	1467	13.83 (37.45 %)
20.04	399.5 V (68.79 %)	399.9 V (68.48 %)	399.6 V (68.68 %)	6.43 A (3.70 %)	6.52 A (3.75 %)	6.52 A (3.88 %)	1450	20.5 (24.34 %)
26.72	399.5 V	399.8 V	399.7 V	7.92 A	7.94 A	7.96A (3.08 %)	1433	27.17

	(68.77 %)	(68.49 %)	(68.68 %)	(3.13 %)	(3.15 %)	%		(16.30 %)
--	-----------	-----------	-----------	----------	----------	---	--	-----------

Sedangkan untuk nilai torsi elektromagnetik pada tabel 5 terlihat nilai riak yang cukup besar di tunjukkan pada gambar 16.

Riak yang ditimbulkan ini berdasarkan dari segi kualitas harmonisa tegangan output dan harmonisa arus stator.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa besar/kecilnya nilai indeks modulasi amplitude berpengaruh pada nilai harmonisa tegangan, sedangkan untuk variasi frekuensi *carrier* berpengaruh pada nilai harmonisa arus stator dan riak pada torsi elektromagnetik pada motor induksi. Pada metode SPWM ini memiliki kualitas kinerja yang cukup baik dari segi kualitas harmonisa tegangan, arus stator dan juga riak torsi elektromagnetik yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyu, Satiawan., & B.F. Citarsa., & Supriono., *Perbandingan Kinerja Teknik Modulasi Inverter Dua-Level untuk Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fase*, Elektronik Jurnal Arus Elektro Indonesia (eJAEI), 2015.
- [2] Bimal, B, *Modern Power Electronics And AC Drives*, Prentice Hall, 2002.
- [3] Rashid, M, *Power Electronic Handbook Devices, Circuits, And, Applications Third Edition*. Butterworth-Heinemann, 2011.

Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik di Provinsi Banten Menggunakan Software LEAP

Herudin¹, Ri Munarto², dan Untung Darmawan³

¹Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jend. Sudirman KM.03 Cilegon-Banten, Indonesia..

Email: the_roe_dien@yahoo.co.id,

²Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jend. Sudirman KM.03 Cilegon-Banten, Indonesia..

Email: rim_munarto@yahoo.com

³Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jend. Sudirman KM.03 Cilegon-Banten, Indonesia..

Email: untung_darmawan@yahoo.co.id

Abstract - The increased activity of human activities and technological advances will have a major impact on the level of demand for electrical energy in the future. To know and anticipate the demand for electrical energy in the future it is necessary to forecast, as the initial information in the development plans of electric power system. In this research, simulation of electric energy demand projections in Banten province until 2022 using LEAP software (Longe - rage - Energy Alternatives Planning system). Important step in this research is the data to determine the variable projection assumptions and design models on LEAP software is used. From the simulation results known to the average growth in demand for electricity in the province of Banten per year in the public sector amounted to 9.71 % , 7.27% household sector , business and industry , respectively by 21.32 % and 9 , 28 % .

Keywords: Electrical energy, LEAP, Banten

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia, hal ini disebabkan karena hampir semua peralatan kebutuhan manusia menggunakan tenaga listrik sebagai energi konversi dari listrik menjadi gerak. Peningkatan kegiatan manusia terutama dalam bidang ekonomi akan berdampak besar terhadap tingkat permintaan tenaga listrik. Dalam kondisi tersebut maka dibutuhkan keseimbangan antara permintaan dan ketersediaan tenaga listrik, akan tetapi pada kenyataannya jumlah tenaga listrik yang disuplai masih tetap, sedangkan permintaan tenaga listrik disisi pelanggan selalu meningkat setiap waktunya. Akibat yang ditimbulkan apabila tenaga listrik yang tetap tetapi dipaksa melayani pelanggan baru adalah akan muncul masalah pada sistem penyaluran tenaga listrik tersebut.

Proyeksi kebutuhan listrik untuk dimasa yang akan datang sangatlah dibutuhkan, sebagai penunjang dalam upaya pengembangan sistem tenaga listrik, akan tetapi disisi lain suatu pengembangan membutuhkan investasi yang sangat besar dan waktu yang cukup lama, oleh karena itu perlu usaha agar dalam pengembangan sistem tenaga listrik dapat mengimbangi permintaan tenaga listrik yang terus

meningkat, sehingga dapat memenuhi permintaan tenaga listrik tepat pada waktunya. Maka dalam upaya pengembangan jaringan distribusi tenaga listrik perlu dilakukan sedini mungkin sebelum terjadinya peningkatan permintaan tenaga listrik yang lebih besar.

Berangkat dari permasalahan diatas, maka dalam penelitian ini dilakukan simulasi untuk memproyeksi kebutuhan energi listrik di provinsi Banten sampai dengan tahun 2022. Simulasi dilakukan menggunakan software LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System). LEAP merupakan software komputer yang dapat digunakan untuk melakukan analisa dan evaluasi kebijakan dan perencanaan energi.

II. KAJIAN LITERATUR

2.1 Perkiraan Kebutuhan Energi Listrik.

Perkiraan/Proyeksi pada dasarnya merupakan suatu dugaan lebih awal terhadap peristiwa atau kejadian dimasa yang akan datang. Perkiraan bisa bersifat kualitatif, yang artinya tidak berbentuk angka, sehingga peramalan tersebut ditentukan berdasarkan pemikiran yang bersifat intuisi, judgement atau pendapat dan pengetahuan serta pengalaman, dan ramalan bersifat kuantitatif, yang artinya berbentuk angka, dinyatakan dalam bilangan. Perkiraan kuantitatif dibagi menjadi dua, yaitu ramalan tunggal (*point forecast*) dan perkiraan selang (*interval forecast*). Perkiraan tunggal terdiri dari satu nilai saja, sedangkan perkiraan selang adalah ramalan berupa suatu selang (interval) yang dibatasi oleh nilai batas bawah(perkiraan rendah)dan batas atas (ramalan tinggi).

Bila dilihat dari jangka waktu, maka proyeksi kebutuhan listrik dapat dibagi menjadi 4 periode:

- Jangka sangat pendek (harian, mingguan, bulanan dan 1 tahun) bertujuan untuk perencanaan operasi.
- Jangka pendek (1 sampai 5 tahun) bertujuan untuk perencanaan penyaluran.
- Jangka menengah (5 sampai 10 tahun) bertujuan untuk perencanaan pembangkitan.
- Jangka panjang (+ 10 tahun) bertujuan untuk menyusun *master plant* perencanaan.

Perlu diketahui bahwa semakin panjang jangka waktu proyeksi ke depan yang dibuat, akan semakin sulit dan ketidakpastiannya akan semakin besar. Dalam usaha untuk mendapatkan angka proyeksi yang mendekati, perlu dilakukan penelitian/kajian dalam perkembangannya dan terus menerus dilakukan tinjauan terhadap data/angka dan asumsi yang digunakan. Untuk melakukan *review* terhadap hasil proyeksi minimal dilakukan setiap tahun sekali. [3]

2.2. Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Proyeksi

Pertumbuhan kebutuhan energi listrik dari tahun ke tahun pada suatu daerah dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah:

- Data beban historis.
- Pertumbuhan penduduk.
- Pertumbuhan ekonomi (PDRB).
- Kerapatan Beban.
- Sumber-sumber energi alternatif.
- Rencana pengembangan daerah.
- Rencana pengembangan industri.
- Rencana pengembangan pemukiman.
- Faktor geografis.

Apabila faktor-faktor tersebut dapat diperhitungkan seluruhnya maka diharapkan hasil proyeksi akan mendekati kebenaran. Namun tidak semua faktor tersebut dibahas secara mendalam dan digunakan sebagai variabel proyeksi. Sehingga untuk memudahkan perhitungan proyeksi ada beberapa faktor yang diabaikan. [3]

2.3. Model Pendekatan Untuk Perkiraan.

Model yang digunakan dalam perkiraan harus dapat menggambarkan kaitan antara penjualan energi listrik dengan variabel lain yang ada dalam masyarakat seperti variabel pendapatan dan tingkat konsumsi masyarakat.

Untuk merumuskan kaitan tersebut dibuat model pendekatan untuk memudahkan pembuatan perkiraan. Model pendekatan yang dapat digunakan antara lain:

a) Pendekatan Sektorial

Merupakan pendekatan yang menyusun perkiraan tingkat wilayah dan cabang, dengan hasil proyeksi penjualan listrik untuk setiap sektor yaitu, umum, rumah tangga, bisnis, dan industry.

b) Pendekatan Lokasi

Merupakan pendekatan yang menyusun perkiraan pada daerah tersebar (*isolated system*), dimana daerah ini tidak terhubung dengan sistem interkoneksi, dengan hasil proyeksi penjualan tenaga listrik untuk setiap sektor yaitu, umum, rumah tangga, bisnis dan industry.

2.4. Tahapan Perkiraan

Langkah awal dalam melakukan perkiraan adalah tahap pengumpulan data, dimana data tersebut merupakan data masa lalu dari kelistrikan suatu daerah, data yang digunakan untuk perkiraan dengan model DKL 3.01 dan 3.02 antara lain : data jumlah penduduk, jumlah rumah tangga, jumlah pelanggan listrik, konsumsi energi listrik, dan PDRB (produk domestic regional bruto).

Tahapan selanjutnya adalah menetapkan asumsi-asumsi untuk variabel proyeksi kebutuhan energi listrik dengan model DKL 3.01 dan 3.02, seperti: pertumbuhan penduduk, jumlah penghuni tiap rumah tangga, pertumbuhan rasio elektrifikasi, pertumbuhan PDRB, elastisitas pelanggan, elastisitas konsumsi energi, dan konsumsi energi per pelanggan RT baru.

2.4.1. Penetapan Asumsi Variabel Prakiraan

Dalam melakukan perhitungan prakiraan kebutuhan energi listrik diperlukan beberapa variabel perhitungan yang nilainya harus ditentukan terlebih dahulu. Penetapan variabel ini tidak mungkin dilakukan secara pasti sehingga untuk memudahkan perhitungan diperlukan berbagai asumsi.

1. Pertumbuhan.

Pertumbuhan pada tahun perkiraan besarnya dianggap konstan. Nilainya ditentukan dengan mempertimbangkan pola kecenderungan pertumbuhan pada tahun-tahun sebelumnya. Berdasarkan data pada tahun-tahun sebelumnya maka variabel pertumbuhan dapat ditentukan dengan persamaan:

$$r = \left(\frac{P_n}{P_o} - 1 \right) \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

- P_n = jumlah data pada tahun t
 P_o = jumlah data pada tahun t-1

2. Jumlah Penghuni Tiap Rumah Tangga.

Jumlah penghuni tiap rumah tangga diperlukan untuk menentukan jumlah rumah tangga. Jumlah penghuni setiap rumah tangga dapat ditentukan dengan persamaan:

$$Q_t = \frac{P_t}{H_t} \quad (2)$$

Keterangan:

- Q_t = Jumlah Penghuni RT Pada Tahun Ke t
 P_t = Jumlah Penduduk Pada Tahun Ke t
 H_t = Jumlah RT Pada Tahun Ke t

Untuk keperluan perkiraan, jumlah penghuni RT diasumsikan menggunakan jumlah pada tahun terakhir dari data yang digunakan. Jumlah ini digunakan secara konstan pada tahun-tahun perkiraan.

3. Pertumbuhan Rasio Elektrifikasi

Rasio elektrifikasi adalah perbandingan jumlah pelanggan rumah tangga terhadap jumlah rumah

tangga, secara matematis dijelaskan dengan persamaan sebagai berikut,

$$RE_t = \frac{Pel.Rt}{Ht} \quad (3)$$

Keterangan:

- Ret = Rasio Elektrifikasi tahun ke t
- Pel.Rt = Jml Pelanggan RT pada tahun ke t
- Ht = Jumlah RT pada tahun ke t

Besarnya rasio elektrifikasi pada awalnya akan naik dengan cepat, semakin lama semakin lambat dan akan mencapai suatu titik maksimal sebagai batas rasio elektrifikasi sebesar 100%.

Untuk memperkirakan besarnya rasio elektrifikasi pada tahun-tahun mendatang diperlukan variable pertumbuhan yang nilainya dianggap konstan setiap tahunnya. Penetapan pertumbuhan rasio elektrifikasi ini didasarkan atas target yang telah ditetapkan terlebih dahulu pada tahun tertentu sehingga pertumbuhan tiap tahunnya dapat dihitung sebagai berikut,

$$gRE = \frac{RE_{t_n} - RE_{t_0}}{t_n - t_0} \quad (4)$$

Keterangan:

- gRE = Pertumbuhan Rasio Elektrifikasi
- RE_{tn} = Target Rasio Elektrifikasi pada tahun ke_n
- Ret₀ = Rasio Elektrifikasi pada tahun awal
- tn = Tahun target
- t₀ = Tahun awal pengamatan (data terakhir)

4. Pertumbuhan PDRB

Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) dapat didefinisikan menurut pengertian segi produksi adalah merupakan jumlah nilai produksi netto dari barang dan jasa yang dihasilkan oleh berbagai unit produksi dalam suatu region/wilayah dalam jangka waktu tertentu (satu tahun).

Untuk keperluan perhitungan perkiraan diambil PDRB beberapa lapangan usaha yang bersesuaian dengan sektor pemakai tenaga listrik.

- PDRB sektor RT: PDRB total
- PDRB sektor Bisnis: Perdagangan, hotel, restoran + Pengangkutan, komunikasi + Keuangan, persewaan, jasa perusahaan.
- PDRB sektor Umum: Jasa-jasa.
- PDRB sektor Industri: Pertambangan, penggalian + Industri pengolahan + Listrik, gas, air bersih.

PDRB yang digunakan adalah PDRB atas dasar harga konstan, karena PDRB atas dasar harga konstan menunjukkan nilai tambah barang dan jasa yang dihitung menggunakan harga yang berlaku pada tahun tertentu sebagai dasar, sehingga dari PDRB atas dasar

harga konstan dapat diketahui pertumbuhan ekonomi dari tahun ke tahun.

Pertumbuhan PDRB Total tiap tahun dihitung dengan persamaan :

$$g(t) = \frac{PDRB_t}{PDRB_{-t}} - 1 \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

- g(t) = Pertumbuhan PDRB tahun ke t
- PDRB(t) = PDRB tahun ke t
- PDRB(-t) = PDRB tahun ke t-1

Untuk menghitung PDRB total pada tahun-tahun mendatang dapat ditentukan dengan menggunakan pertumbuhan pada tahun terakhir. Penetapan harga pertumbuhan tersebut cukup signifikan untuk memperkirakan PDRB tahun-tahun mendatang.

Untuk menghitung Pertumbuhan PDRB sektor umum, bisnis dan industri, ditentukan dengan menjumlahkan jenis lapangan usaha yang dikelompokkan sesuai dengan sektornya pada tahun tersebut, kemudian menggunakan cara yang sama seperti menghitung PDRB Total untuk menentukan pertumbuhan PDRB persektor.

5. Elastisitas

Elastisitas adalah suatu angka yang menunjukkan berapa besar perubahan suatu nilai akibat terjadinya perubahan nilai yang lain yang keduanya mempunyai hubungan tertentu. Besarnya nilai elastisitas dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\epsilon_{yx} = \frac{\frac{\Delta y}{y}}{\frac{\Delta x}{x}} \quad (6)$$

ϵ_{yx} = Elastisitas Y terhadap x

$\frac{\Delta y}{y}$ = Rata-rata pertumbuhan dalam y

$\frac{\Delta x}{x}$ = Rata-rata pertumbuhan dalam x

Elastisitas dalam perkiraan kebutuhan energi listrik digunakan untuk menentukan jumlah pelanggan dan konsumsi energi. Ada dua buah elastisitas yang digunakan dalam perkiraan kebutuhan energi listrik yaitu:

1. Elastisitas Pelanggan, terdiri dari:

- a. Elastisitas pelanggan bisnis, yaitu nilai yang menunjukkan tingkat pertumbuhan pelanggan bisnis terhadap tingkat pertumbuhan pelanggan RT.
- b. Elastisitas pelanggan umum, yaitu nilai yang menunjukkan tingkat pertumbuhan pelanggan umum terhadap tingkat pertumbuhan pelanggan RT.
- c. Elastisitas pelanggan industri, yaitu nilai yang menunjukkan tingkat pertumbuhan pelanggan industri terhadap tingkat pertumbuhan pelanggan RT.

Sehingga dari persamaan diatas dapat diketahui elastisitas pelanggan persektor dengan persamaan :

$$e_{Pel.S} = \frac{\text{Pertumbuhan Pelanggan Persektor}}{\text{Pertumbuhan Pelanggan RT}} \quad (7)$$

2. Elastisitas Energi, terdiri dari:

- a. Elastisitas energi RT, yaitu nilai yang menunjukkan tingkat pertumbuhan konsumsi energi listrik RT terhadap tingkat pertumbuhan PDRB total.
- b. Elastisitas energi Bisnis, yaitu nilai yang menunjukkan tingkat pertumbuhan konsumsi energi listrik sektor bisnis terhadap tingkat pertumbuhan PDRB total.
- c. Elastisitas energi umum, yaitu nilai yang menunjukkan tingkat pertumbuhan konsumsi energi listrik sektor umum terhadap tingkat pertumbuhan PDRB total.
- d. Elastisitas energi industri, yaitu nilai yang menunjukkan tingkat pertumbuhan konsumsi energi listrik sektor industri terhadap tingkat pertumbuhan PDRB total.

Sehingga dari persamaan diatas dapat diketahui elastisitas energi persektor dengan persamaan :

$$e_{E.S} = \frac{\text{Pertumbuhan Energi Persektor}}{\text{Pertumbuhan PDRB Total}} \quad (8)$$

6. Konsumsi Energi Per Pelanggan RT Baru

Memprakirakan konsumsi energi sektor RT pada tahun mendatang diperlukan suatu asumsi besarnya konsumsi energi per pelanggan RT baru. Harga ini dapat diperoleh dengan menggunakan data konsumsi energi RT dan data pelanggan RT pada tahun tahun sebelumnya yang kemudian dihitung nilai rataratanya. Besarnya konsumsi energi per pelanggan RT dihitung dengan persamaan berikut :

$$UK.RT = \frac{ER_t}{Pel_t} \quad (9)$$

Keterangan :

- UK.RT = konsumsi energi per pelanggan RT
- ERt =konsumsi energi RT pada tahun ke t
- Pel.Rt =pelanggan RT pada tahun ke t

7. Susut Energi dan Faktor Beban

Susut energi merupakan selisih antara energi yang diproduksi/disediakan oleh sistem tenaga listrik dengan energi yang dikonsumsi oleh pelanggan. Sedangkan faktor beban merupakan perbandingan produksi energi pada periode waktu tertentu yang direncanakan terhadap beban puncak yang terjadi pada periode tersebut yang dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$FB_t = \frac{PT_t}{BP_t \cdot JO_t} \quad (10)$$

Keterangan:

- FBt =Faktor pada tahun ke t
- PTt =Total produksi energi pada tahun ke t
- BPt = Beban Puncak pada tahun ke t
- Jot =jam operasional (8760 jam/tahun)

2.4.2. Perhitungan Prakiraan

Setelah diperoleh asumsi perkiraan yang telah dihitung sebelumnya maka untuk selanjutnya dapat dihitung perkiraan kebutuhan energi listrik tiap sektor dengan persamaan-persamaan model DKL 3.01 dan 3.02 yang dapat dijelaskan sebagai berikut ini:

1. Sektor Rumah tangga.

Pelanggan Rumah Tangga

➤ Model DKL 3.01

a. Jumlah Penduduk.

Secara matematis untuk menentukan perkiraan jumlah penduduk adalah sebagai berikut :

$$P_t = P_0 \times (1 + i)^n \quad (11)$$

Keterangan:

- Pt = Jumlah Penduduk Pada Tahun Ke t
- P0 = Jumlah Penduduk Pada Tahun Ke 0
- I = Pertumbuhan Penduduk
- n = Jumlah Tahun

b. Jumlah Rumah Tangga

Secara matematis untuk menentukan perkiraan jumlah rumah tangga adalah sebagai berikut :

$$H_t = \frac{P_t}{Q_t} \quad (12)$$

Keterangan :

- Ht = Jumlah Rumah Tangga Pada Tahun Ke t
- Pt = Jumlah Penduduk Pada Tahun Ke t
- Qt = Jumlah Penghuni Rumah Tangga Pada Tahun Ke t

c. Rasio Elektrifikasi.

Secara Matematis untuk menentukan perkiraan Rasio Elektrifikasi adalah Sebagai Berikut :

$$RE_t = RE_0 \times (1 + g.RE)^n \quad (13)$$

Keterangan :

- Ret = Rasio Elektrifikasi Tahun Ke t
- RE0 = Rasio Elektrifikasi Tahun Ke 0
- g.RE= Pertumbuhan Rasio Elektrifikasi
- n = Jumlah Tahun

d. Pelanggan Rumah Tangga.

Dari rasio Elektrifikasi yang telah diperkirakan serta jumlah rumah tangga yang telah dibuat perkiraannya, jumlah pelanggan rumah tangga dapat ditentukan.

Secara matematik untuk menentukan perkiraan jumlah pelanggan rumah tangga adalah sebagai berikut :

$$Pel.RT = H_t \times RE_t \quad (14)$$

Keterangan :

Pel.RT = Pelanggan Rumah Tangga Tahun Ke t

Ht = Jumlah Rumah Tangga Pada Tahun Ke t

Ret = Rasio Elektrifikasi Pada Tahun Ke t

➤ Model DKL 3.02

a. Jumlah Pelanggan RT

Dari hasil perhitungan elastisitas pelanggan dan pertumbuhan PDRB total, maka Jumlah pelanggan rumah tangga dapat ditentukan.

Secara matematis untuk menentukan perkiraan jumlah pelanggan rumah tangga adalah sebagai berikut:

$$J.Pel RT = PRT_{-1} \left(1 + ePel.RT \times \frac{gE}{100} \right) \quad (15)$$

Keterangan:

PRT₋₁ = Jumlah Pelanggan Rumah Tangga -t

ePel.RT = Elastisitas Pelanggan Rumah Tangga

Ge = Pertumbuhan PDRB Total

b. Konsumsi Energi Rumah Tangga

Perubahan konsumsi energi listrik rumah tangga, diasumsikan dipengaruhi oleh perubahan tingkat PDRB yang ditunjukkan dengan elastisitas energi rumah tangga, delta pelanggan rumah tangga, dan unit konsumsi.

Secara matematis perkiraan konsumsi energi pelanggan rumah tangga total dinyatakan sebagai berikut:

$$E.Listrik RT = E.RT_{-1} \left(1 + eE.RT \times \frac{gE}{100} \right) + \Delta Pel.RT \times UK \quad (16)$$

Keterangan:

E.RT₋₁ = Jumlah Energi Listrik RT -t

gE = Pertumbuhan PDRB Total

ΔPel.RT = Delta Pelanggan Rumah Tangga

UK = Unit Konsumsi (KWh/Pelanggan)

eE.RT = Elastisitas Energi Rumah Tangga

2. Sektor Industri.

a. Pelanggan Industri

Dari hasil perhitungan elastisitas pelanggan dan pertumbuhan PDRB total, maka Jumlah pelanggan Industri dapat ditentukan.

Secara matematis untuk menentukan perkiraan jumlah pelanggan Industri adalah sebagai berikut:

$$J.Pel Industri = PI_{-1} \left(1 + ePel.I \times \frac{gI}{100} \right) \quad (17)$$

Keterangan:

PI₋₁ = Jumlah Pelanggan Industri -t

ePel.I = Elastisitas Pelanggan Industri

g.I = Pertumbuhan PDRB Industri

b. Konsumsi Energi Industri

Perubahan konsumsi energi listrik Industri, diasumsikan dipengaruhi oleh perubahan tingkat PDRB yang ditunjukkan dengan elastisitas energi Industri.

Secara matematis perkiraan konsumsi energi pelanggan Industri total dinyatakan sebagai berikut,

$$E.Listrik Industri = E.I_{-1} \left(1 + eE.I \times \frac{gI}{100} \right) \quad (18)$$

Keterangan:

E.I₋₁ = Jumlah Energi Listrik Industri -t

gI = Pertumbuhan PDRB Industri

eE.I = Elastisitas Energi Industri

3. Sektor Bisnis.

a. Pelanggan Bisnis

Dari hasil perhitungan elastisitas pelanggan dan pertumbuhan PDRB total, maka Jumlah pelanggan Bisnis dapat ditentukan.

Secara matematis untuk menentukan perkiraan jumlah pelanggan Bisnis adalah sebagai berikut:

$$J.Pel Bisnis = PB_{-1} \left(1 + ePel.B \times \frac{gB}{100} \right) \quad (19)$$

Keterangan:

PB₋₁ = Jumlah Pelanggan Bisnis -t

ePel.B = Elastisitas Pelanggan Bisnis

gB = Pertumbuhan PDRB Bisnis

b. Konsumsi Energi Bisnis

Perubahan konsumsi energi listrik Bisnis, diasumsikan dipengaruhi oleh perubahan tingkat PDRB yang ditunjukkan dengan elastisitas energi Bisnis.

Secara matematis perkiraan konsumsi energi pelanggan Bisnis total dinyatakan sebagai berikut

$$E.Listrik Bisnis = E.B_{-1} \left(1 + eE.B \times \frac{gB}{100} \right) \quad (20)$$

Keterangan:

E.B₋₁ = Jumlah Energi Listrik Industri -t

gB = Pertumbuhan PDRB Industri

eE.B = Elastisitas Energi Industri

4. Sektor Umum.

a. Pelanggan Umum

Dari hasil perhitungan elastisitas pelanggan dan pertumbuhan PDRB total, maka Jumlah pelanggan Umum dapat ditentukan.

Secara matematis untuk menentukan perkiraan jumlah pelanggan Umum adalah sebagai berikut,

$$Jumlah Pelanggan Umum = PP_{-1} \left(1 + ePel.U \times \frac{gU}{100} \right) \quad (21)$$

Keterangan:

PU₋₁ = Jumlah Pelanggan Umum -t

ePel.U = Elastisitas Pelanggan Umum

gU = Pertumbuhan PDRB Umum

b. Konsumsi Umum

Perubahan konsumsi energi listrik Umum, diasumsikan dipengaruhi oleh perubahan tingkat PDRB yang ditunjukkan dengan elastisitas energi Umum.

Secara matematis perkiraan konsumsi energi pelanggan Umum total dinyatakan sebagai berikut

$$E_{.List. Bisnis} = E_{.P_{-1}} \left(1 + eE.U \times \frac{gU}{100} \right) \quad (22)$$

Keterangan:

E.U.₁ = Jumlah Energi Listrik Umum -t

gU = Pertumbuhan PDRB Umum

eE.U = Elastisitas Energi Umum

5. Total Kebutuhan Konsumsi Energi.

Perkiraan total kebutuhan energi yang dikonsumsi oleh pelanggan diperoleh dengan menjumlahkan konsumsi energi sektor Rumah Tangga, bisnis, Umum, dan Industri, dengan rumus sebagai berikut:

$$Et = E_{.Rt} + E_{.It} + E_{.Bt} + E_{.Ut} \quad (23)$$

Keterangan:

Et = Total konsumsi energi pada tahun ke t

E.Rt = Konsumsi energi RT pada tahun ke t

E.It = Konsumsi energi industri pd tahun ke t

E.Bt = Konsumsi energi bisnis pada tahun ke t

E.Ut = Konsumsi energi umum pada tahun ke t

6. Total Produksi Energi Listrik dan Beban Puncak

Perkiraan produksi energi listrik total yang harus disediakan merupakan penjumlahan antara rugi-rugi transmisi dan distribusi dan total kebutuhan energi listrik.

Secara matematis produksi energi listrik total dapat dihitung dengan persamaan:

$$Energi \text{ Produksi } (Pt) = \frac{Et}{(1+Lt)} \quad (24)$$

Keterangan:

Lt = Losses tahun ke t

Et = Total kebutuhan konsumsi energi pada tahun t

Sedangkan prakiraan beban puncak merupakan perbandingan antara total produksi energi pada kurun waktu tertentu dengan hasil kali antara faktor beban dan jam operasi pada kurun waktu tertentu, secara umum dapat di rumuskan sebagai berikut,

$$Beban \text{ Puncak } (PL) = \frac{Pt}{(8760 \times LF)} \quad (25)$$

Keterangan:

PL = Beban puncak

Pt = Total energi produksi pada tahun t

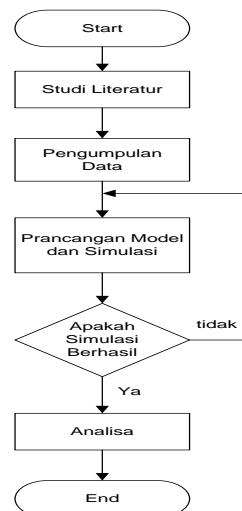
LF = Faktor Beban pada tahun t

III. METODE PENELITIAN

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini. Adapun tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

- Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan studi literature dan melakukan pengumpulan data. Data tersebut merupakan data sekunder yang diperoleh dari PLN Area Pelayanan Jaringan (APJ) dan Badan Pusat Statistik (BPS) yang berada diwilayah Provinsi Banten. Data yang diambil dari PLN meliputi data jumlah pelanggan dan KWh terjual persektor dalam kurun waktu 5 tahun terakhir, kemudian data rugi-rugi (*losses*) dan faktor beban untuk tahun terakhir, sedangkan yang diambil dari BPS adalah data PDRB (Pendapatan Domestik Regional Bruto Provinsi Banten).
- Setelah pengumpulan data maka selanjutnya pengolahan data, yaitu dengan menghitung data intensitas dan data asumsi untuk memproyeksi kebutuhan energi listrik, data asumsi tersebut meliputi data pertumbuhan penduduk, jumlah penghuni rumah tangga, rasio elektrifikasi, pertumbuhan PDRB persektor, elastisitas pelanggan persektor, elastisitas energi persektor, unit konsumsi pelanggan RT dan faktor beban.
- Perancangan model dan Memasukan data Pada LEAP, dilakukan dengan membuat dan memodelkan area proyeksi pada LEAP untuk memproyeksi kebutuhan listrik, kemudian memasukan data hasil pengolahan ke LEAP.
- Analisa hasil proyeksi kebutuhan energi listrik, setelah *software* LEAP menampilkan hasil proyeksi, maka akan dilakukan analisa mengenai hasil proyeksi setiap APJ dan se-provinsi Banten.

Tahapan-tahapan penelitian ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini

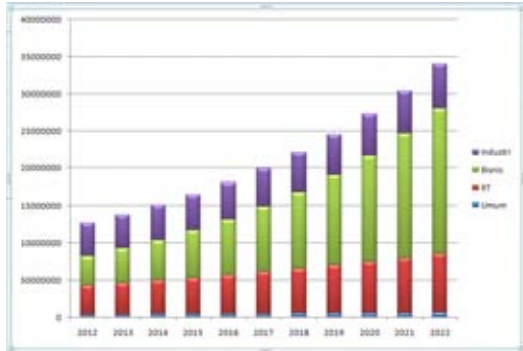


Gambar 1. Tahapan Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil simulasi yang dilakukan diperoleh proyeksi kebutuhan energi listrik di Provinsi Banten untuk setiap APJ sampai dengan tahun 2022. Berikut data-data hasil proyeksi tersebut.

a) APJ Cikokol



Gambar 2. Grafik Penambahan Konsumsi Energi Listrik APJ Cikokol

Tabel 1. Penambahan Konsumsi Energi Listrik APJ Cikokol

Penambahan Konsumsi Energi Listrik Area Cikokol (MWh)				
Tahun	Umum	RT	Bisnis	Industri
2012	3.769,1	39.520,9	39.747,6	43.620,4
2013	3.959,4	42.394,5	46.594,6	44.955,9
2014	4.159,4	45.477,1	54.620,9	46.332,2
2015	4.369,4	48.783,8	64.029,9	47.750,7
2016	4.590	52.330,9	75.059,8	49.212,6
2017	4.821,8	56.135,8	87.989,6	50.719,2
2018	5.065,3	60.217,4	103.146,6	52.272
2019	5.321,1	64.595,8	120.914,7	53.872,3
2020	5.589,8	69.292,5	141.743,5	55.521,6
2021	5.872	74.330,6	166.160,2	57.221,4
2022	6.168,5	79.735,1	194.783	58.973,2
Rata-rata	4.504,9	57.528,5	99.526,4	50.950,1

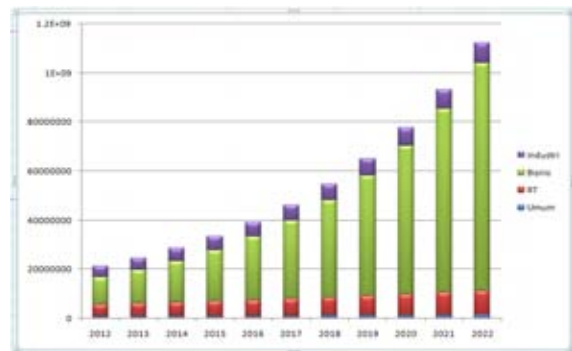
Dari Tabel 1 di atas terlihat bahwa rata-rata penambahan konsumsi energi listrik yang terbesar adalah pada sektor bisnis sebesar 99.526,4 MWh, kemudian yang terendah adalah sektor umum sebesar 4.504,9 MWh. Berikut tabel hasil proyeksi energi produksi dan beban puncak area Cikokol.

Tabel 2. Hasil Proyeksi Energi Produksi dan Beban Puncak Area Cikokol

Hasil Proyeksi Energi Produksi Dan Beban Puncak Cikokol		
Tahun	Energi Produksi (MWh)	Beban Puncak (MW)
2011	2.630,04	468,6
2012	2.776,5	494,7
2013	2.936,07	523,1
2014	3.110,2	554,2
2015	3.301,05	588,2
2016	3.510,6	625,5
2017	3.741,6	666,7
2018	3.996,8	712,2
2019	4.279,9	762,6
2020	4.594,7	818,7
2021	4.945,9	881,3
2022	5.338,8	951,3

Pada Tabel 2 di atas terlihat hasil proyeksi energi produksi dan beban puncak pada area Cikokol, yang mana pada setiap tahunnya selalu meningkat. Pada tahun 2012 jumlah energi yang diproduksi adalah sebesar 2.776,5 MWh dengan beban puncak sebesar 494,7 MW, kemudian pada tahun 2022 meningkat menjadi 5.338,8 MWh dengan beban puncak sebesar 951,3 MW. Antara energi produksi dan beban puncak rata-rata pertumbuhan pertahunnya adalah sebesar 6.65%.

b) APJ Serpong



Gambar 3. Grafik Penambahan Konsumsi Energi Listrik APJ Serpong

Tabel 3. Penambahan Konsumsi Energi Listrik APJ Serpong

Penambahan Konsumsi Energi Listrik Area Serpong (MWh)				
Tahun	Umum	RT	Bisnis	Industri
2012	6.823,6	49.518,7	109.959	46.584,1
2013	7.248,9	53.119,3	136.085,3	49.282,9
2014	7.700,8	56.981,6	168.419,2	52.138
2015	8.180,8	61.124,7	208.435,6	55.158,5
2016	8.690,7	65.569,1	257.959,9	58.354
2017	9.232,4	70.336,6	319.251,2	61.734,6
2018	9.807,94	75.450,7	395.105,3	65.311,1
2019	10.419,2	80.936,6	488.982,3	69.094,7
2020	11.068,7	86.821,4	605.164,5	73.097,6
2021	11.758,6	93.134	748.951,7	77.332,4
2022	12.491,5	99.905,5	926.902,6	81.812,5
Rata-rata	9.361,5	72.081,6	396.837,8	62.718,2

Dari Tabel 3 di atas terlihat bahwa rata-rata penambahan konsumsi energi listrik yang terbesar adalah pada sektor bisnis sebesar 396.837,8 MWh, kemudian yang terendah adalah sektor umum sebesar 9.361,5 MWh. Berikut tabel hasil proyeksi energi produksi dan beban puncak area Serpong

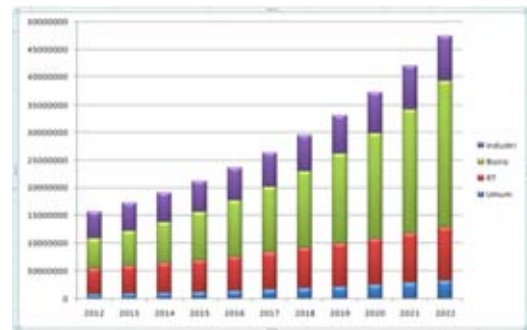
Tabel 4. Hasil Proyeksi Energi Produksi dan Beban Puncak Area Serpong

Data Hasil Proyeksi Energi Produksi Dan Beban Puncak Serpong		
Tahun	Energi Produksi (MWh)	Beban Puncak (MW)
2011	2.371,5	405,5
2012	2.616,9	447,4
2013	2.900,2	495,8
2014	3.229	552,1
2015	3.612,7	617,7
2016	4.063	694,6
2017	4.593,9	785,4
2018	5.222,9	892,9
2019	5.971,5	1.020,9
2020	6.866,2	1.173,9
2021	7.939,6	1.357,4
2022	9.232	1.578,3

Pada Tabel 4 diatas menunjukkan hasil proyeksi energi produksi dan beban puncak pada area Serpong, yang mana pada setiap tahunnya selalu meningkat, seperti pada tahun 2012 jumlah energi yang diproduksi adalah sebesar 2.616,9 MWh dengan beban puncak sebesar 447,4 MW, kemudian pada tahun 2022 meningkat menjadi 9.232 MWh dengan beban puncak sebesar 1.578,3 MW. Antara energi produksi dan

beban puncak rata-rata pertumbuhan pertahunnya adalah sebesar 13,16 %.

c. APJ Cengkareng



Gambar 4. Grafik Penambahan Konsumsi Energi Listrik APJ Cengkareng

Tabel 5. Hasil Proyeksi Energi Produksi dan Beban Puncak Area Cengkareng

Penambahan Konsumsi Energi Listrik Area Cengkareng (MWh)				
Thn	Umum	RT	Bisnis	Industri
2012	8.205,4	46.932,5	52.766,9	47.697
2013	9.429	50.345	62.013,2	50.325,4
2014	10.835,1	54.005,7	72.879,8	53.098,7
2015	12.45,8	57.932,5	85.650,5	56.024,8
2016	14.307,5	62.144,7	100.659,1	59.112,2
2017	16.441,1	66.663,3	118.297,6	62.369,7
2018	18.892,8	71.510,3	139.026,9	65.806,7
2019	21.710,1	76.709,7	163.388,5	69.433,1
2020	24.947,6	82.287,2	192.019,1	73.259,4
2021	28.667,8	88.270,1	225.666,7	77.296,5
2022	32.942,8	94.688,1	265.210,2	81.556,1
Rata-rata	17.056,8	66.920,1	134.325,3	63.270,8

Dari Tabel 5 terlihat bahwa rata-rata penambahan konsumsi energi listrik yang terbesar adalah pada sektor bisnis sebesar 134.325,3 MWh, kemudian yang terendah adalah sektor umum sebesar 17.056,5 MWh. Adapun tabel hasil proyeksi energi produksi dan beban puncak area Serpong dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 6. Hasil Proyeksi Energi Produksi dan Beban Puncak Area Cengkareng

Data Hasil Proyeksi Energi Produksi Dan Beban Puncak Cengkareng		
Tahun	Energi Produksi (KWh)	Beban Puncak (MW)
2011	2.145,3	354
2012	2.324,1	383,5
2013	2.521,8	416,1
2014	2.741,1	452,3
2015	2.984,8	492,5
2016	3.256,2	537,3
2017	3.559,3	587,3
2018	3.898,5	643,2
2019	4.279,1	706
2020	4.707,1	776,7
2021	5.189,6	856,3
2022	5.734,7	946,2

Dari tabel 6 di atas diketahui rata-rata pertumbuhan pertahun antara energi produksi dan beban puncak sebesar 9,35 %.

Adapun untuk daerah lain nya, berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan diperoleh rata-rata pertumbuhan pertahun antara energy yang diproduksi dan kebutuhan beban puncak untuk APJ Cikupa sebesar 7,56 %, APJ Teluk Naga sebesar 8,46 %, APJ Banten Utara 12,83% dan APJ Banten selatan sebesar 9,51 %.

V. KESIMPULAN

1. Dari hasil simulasi diketahui rata-rata pertumbuhan permintaan energi listrik di Provinsi Banten per tahun pada sektor umum sebesar 9,71% , sektor rumah tangga 7,27 %, bisnis dan industri, masing-masing sebesar 21,32% dan 9,28%.
2. APJ Serpong memiliki rata –rata tertinggi pertumbuhan pertahun antara energi produksi dan kebutuhan beban puncak sebesar 13, 16%, sedangkan yang terendah adalah APJ Cikokol sebesar 6,65%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Supranto, J, Metode ramalan Kuantitatif Untuk Perencanaan, Rineka Cipta, Jakarta, 1988.
- [2] Suswanto, Daman, Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Universitas Negeri Padang, 2009.
- [3] Fitrianto, Kurniawan (2008). Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2006-2015 Pada PT. PLN (PERSERO) Unit Pelayanan Jaringan (UPJ) Di Wilayah Kota Semarang Dengan Metode Gabungan, Skripsi UNDIP.
- [4] Dewayana Kaka R (2009), Proyeksi Kebutuhan Dan Penyediaan Energi Listrik di Jawa Tengah Menggunakan Perangkat Lunak LEAP, UNDIP.
- [5] Winarno, Tri, Oetomo. LEAP (Longe-range Energy Alternatives Planning System) Panduan Perencanaan Energi, CAREPI Project, November 2006.
- [6] Winarno, Tri, Oetomo. Perencanaan Energi & Profil Energi, CAREPI project, Maret, 2007.
- [7] Markidakis, Spyros. Metode dan Aplikasi Peramalan Jilid 2, Binarupa Aksara, Tangerang, 2005.
- [8] USER, GUIDE. LEAP (Long-range Energi Alternatives Planning System), SEI 2011.

Analisa Penguatan Sinyal Pada Sistem Komunikasi SKSO Dengan Metode Perataan Penguatan Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA)

Irma Saraswati¹, Herudin², dan Ardian Yuliansyah³

¹ Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jurusan T. Elektro
Jl. Jendral Sudirman Km 3 Cilegon-Banten, Indonesia.
Email: irma.saraswati@gmail.com

² Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jurusan T. Elektro
Jl. Jendral Sudirman Km 3 Cilegon-Banten, Indonesia.
Email: 1he_roe_dien@yahoo.co.id,

³ Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jurusan T. Elektro
Jl. Jendral Sudirman Km 3 Cilegon-Banten, Indonesia.

Abstract - EDFA as an optical amplifier can amplify the signal with the wavelength range 1530-1560 nm. Unevenness reinforcement usually raises the problem to obtain the average characteristics of reinforcement caused by the high cross section on the area around 1531 nm. So in this study using an experimental method for strengthening the EDFA gain flatness. Strengthening flatness can be achieved by adjusting the signal power variation and stuffed pump power. The results showed that 20 m long EDFA can be strengthening an average yield from 25.46 to 29.34 dB, variations in reinforcement from 0.47 to 0.88 dB, noise figure (NF) on average from 4.00 to 4.85 dB, and the variation from 0.09 to 0.12 dB NF to enter power -12.7 dBm and pump power of 20-50 mW and 100-120 mW in the simulation. Spectral hole burning an average of 1530.33 to 1535.04 nm to 1536.61 to 1560.61 nm is greater than the change in signal power of -22.7 dBm and -17.7 dBm to -2.7 dBm. At 20 m long EDFA can produce maximum gain for the signal power of -22.7 dBm to -2.7 dBm and pump power 20 mW to 60 mW (100-120 mW, the simulation).

Keywords: smoothing gain, EDFA, ITU-standard

I. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan arus informasi dan komputersisasi dapat diartikan sebagai berkembangnya permintaan terhadap suatu komunikasi yang berupa data atau sering disebut dengan komunikasi data. Laju pengiriman data berkecepatan tinggi dari teknologi serat optik dapat menggantikan peranan kawat tembaga dan menjadi standar baru bagi pengiriman data. Beroperasinya satelit telekomunikasi palapa, pada sistem komunikasi satelit diikuti oleh penggunaan sistem gelombang micro (berupa frekuensi data) dan kemudian pemakaian SKSO (Sistem Komunikasi Serat Optik) di Indonesia merupakan bukti bahwa Indonesia juga mengikuti dan mempergunakan teknologi ini dibidang telekomunikasi. Pada suatu sistem komunikasi jarak jauh dalam komunikasi SKSO, repeater adalah suatu bagian yang akan memperkuat dan memperbaiki sinyal yang sudah menurun karena jarak yang jauh.

Dalam sistem komunikasi optik, repeater dapat berupa Repeater Elektronik atau berupa Repeater Optik. Repeater elektronik mempunyai beberapa kelemahan karena sinyal pertama-tama mengalami konversi kembali dari listrik ke optik, akibatnya terjadi penurunan pada level daya sinyal yang terkirim. Disamping itu akan sangat kompleks dan mahal untuk sistem yang high speed dan multiwavelength. Untuk mengatasi hal ini, banyak usaha telah dilakukan, sehingga diperoleh suatu repeater yang serba optik, yaitu sinyal optik yang sudah lemah tidak dikonversi lagi ke listrik melainkan langsung diperkuat secara optik (Optical Amplifier) sehingga diperoleh keluaran sinyal optik yang sudah diperkuat. Daya sinyal optik yang hilang akibat losses dapat diperbaiki atau ditingkatkan dayanya dengan penguat pada saluran, sehingga jarak pentransmisiian sinyal dapat diperpanjang. Penguat optik yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah penguat yang terbuat dari serat optik yang intinya berupa bahan silica tunggal atau perpaduan dengan bahan lain seperti aluminium, germanium, dan fluoride yang di-doping dengan unsur kimia dari golongan lantanida yaitu erbium (Er) untuk panjang gelombang sekitar 1550 nm yang dikenal sebagai Erbium Doped Fiber Amplifiers (EDFA). EDFA dapat digunakan untuk pengembangan sistem komunikasi serat optik jarak jauh pada kecepatan tinggi, dan difungsikan sebagai penguat sinyal optik tunggal atau multipleks yang ditempatkan pada sisi kirim (power amplifier), pada saluran (in-line amplifier), dan pada sisi penerima (pre-amplifier).

II. DASAR TEORI

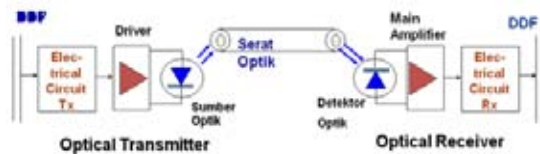
2.1 Dasar Telekomunikasi

Definisi telekomunikasi adalah pertukaran informasi (yang terjadi perubahan menjadi "format informasi") pada hubungan komunikasi jarak jauh yang terjadi secara elektrik atau elektronik. Adapun sistem komunikasi adalah suatu sistem yang terdiri dari berbagai macam perangkat telekomunikasi yang dapat menghubungkan pemakaiannya (umumnya

manusia) dengan pemakai lain, yang lokasinya berjauhan, sehingga kedua pemakai tersebut dapat saling bertukar informasi. Fungsi dari sistem komunikasi adalah mentransmisikan atau mengirimkan berupa data / pesan yang dihasilkan dari sumber informasi ke tujuan, dengan kecepatan tinggi dan seakurat mungkin.

2.2 SKSO

Suatu sistem komunikasi serat optik digunakan untuk menyampaikan suatu informasi yang utuh dan terus-menerus dari sumber (*source*) sampai ke tujuan (*destination*). Secara umum sistem komunikasi memiliki tiga bagian utama yaitu pemancar, media transmisi dan penerima. Pemancar berguna untuk mengubah sinyal asli ke bentuk lain yang sesuai dengan media transmisi. Pada sistem komunikasi gelombang radio atau mikro, sinyal informasi dimodulasikan dengan modulasi amplitudo dan modulasi frekuensi (*modulasi analog*) maupun dengan modulasi digital. Sinyal termulasi ini barulah dapat dikirimkan melalui media transmisi menggunakan antena pemancar yang kemudian diterima pada sebuah penerima yang akan mendemulasi sinyal tersebut menjadi sinyal aslinya. Sistem komunikasi serat optik terdiri atas beberapa bagian yang dapat digambarkan seperti Gambar 2.1 adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1. Sistem Komunikasi Serat Optik

Optical transmitter pada Gambar 2.1 dalam sistem komunikasi serat optik berfungsi sebagai pengubah energi listrik menjadi suatu pulsa-pulsa cahaya dan meneruskan cahaya tersebut ke dalam media kabel *fiber optik*. Energi cahaya yang dibangkitkan berfungsi sebagai gelombang pembawa informasi (*carrier*) untuk dapat diterima oleh *optical receiver*.

2.3 Rugi-Rugi Pada Serat Optik

Pada sistem telekomunikasi serat optik, salah satu karakteristik yang harus dipertimbangkan adalah rugi-rugi daya, yang berarti bahwa daya yang diterima akan selalu lebih kecil dari daya yang dikirimkan. Rugi-rugi serat optik pada dasarnya disebabkan oleh faktor dari dalam (*intrinsic*) dan faktor dari luar serat optik (*ekstrinsik*) faktor intrinsic meliputi rugi-rugi penyerapan dan rugi-rugi hamburan, sedangkan yang termasuk faktor dari luar adalah rugi-rugi sambungan, rugi-rugi konektor dan rugi-rugi kopling antara sumber optik dengan serat maupun antara serat dengan detector optik. Level daya informasi yang ditransmisikan melalui serat optik selalu mengalami penurunan terhadap panjang lintasannya. Penyebab utama penurunan level daya adalah rugi-rugi dalam

serat optik. Rugi-rugi pada serat optik dapat dibedakan macamnya yaitu sebagai berikut:

1. *Scattering* (penghamburan)
2. *Absorption* (penyerapan)
3. Redaman akibat *splicing*
4. Redaman akibat konektor optik

Adapun persamaan untuk menentukan letak adanya gangguan pada saluran transmisi komunikasi optik, yaitu:

$$l_L = I \times 0.2\text{dB} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan : l_L = Letak losses (Km)

I = Panjang kabel optik (Km)

0,2 dB = besarnya nilai losses antar sambungan

Jika pengukuran dilakukan dengan menggunakan cara *power budget* (metode pengukuran) untuk mengetahui nilai daya margin adalah:

$$P_T = P_{LED} - P_{min} \text{ (dari detektor)} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan : P_T = daya total

P_{LED} = daya yang dikirim kedalam serat

P_{min} = daya minimum pada detector

Sehingga didapat persamaan untuk mengetahui nilai margin, yaitu melalui Persamaan (2.3).

$$P_{margin} = P_T - \text{total losses} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.4 EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*)

EDFA bekerja berdasarkan prinsip amplifikasi optis. Prosesnya hampir sama dengan pembangkitan sinar pada laser. Konfigurasi sistem EDFA terdiri atas beberapa meter serat yang di-doping oleh ion-ion *Erbium* (Er^{3+}), pompa laser, *coupler*, dan isolator. Serat yang di-doping ion Er^{3+} bertindak sebagai medium *gain* sehingga bisa memberikan penguatan pada sinyal yang dikenakan padanya. Pompa laser berfungsi untuk menyediakan energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan *fraksional population inversion* pada serat. Adapun sifat-sifat dari *erbium* (Er^{3+}), yaitu:

1. Absorpsi dan Emisi *Cross Section*

Cross section merupakan parameter yang menyatakan kemampuan suatu *ion* untuk mengabsorpsi atau mengis cahaya. Transisi *cross section* adalah suatu transisi antara dua keadaan dari suatu *ion* yang mewakili probabilitas transisi untuk melakukan emisi atau absorpsi cahaya.

2. *Lifetime*

Besarnya nilai *lifetime* berbanding terbalik dengan probabilitas transisi ion-ion dari level tinggi ke level terendah.

3. *Linewidth*

Linewidth adalah pelebaran berkas cahaya dari spectrum emisi yang dihasilkan oleh pancaran akibat spectrum *gain* pada rentang panjang gelombang untuk

gain yang dihasilkan. Pelebaran berkas terjadi karena pelebaran *state* energinya, yaitu masing-masing *state* pada kenyataannya merupakan kumpulan dari banyak tingkatan energi yang jaraknya saling berdekatan.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Disain dan Pemodelan Penguat Sinyal Optik Dengan Sistem EDFA

Untuk dapat menganalisa penguatan sinyal optik, maka harus dibuat suatu disain penguat sinyal dalam *optical amplifier*. Sistem EDFA dapat dimodelkan dengan melakukan beberapa tahap pengujian terhadap komponen-komponen optik itu sendiri. Diantaranya adalah:

1. Pengujian Karakteristik Diode

Laser diode dalam penelitian ini difungsikan sebagai laser pompa EDFA dan mempunyai panjang gelombang 974,6 nm. Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui daya keluaran yang ada pada ujung WDM *coupler* yang akan disambungkan dengan EDFA. Tujuan utama kerakterisasi LD adalah untuk mengetahui kesetabilan daya yang dikeluarkan terhadap arus bias (arus LD) yang diberikan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat ukur OSA (*Optical Spektrum Analyzer*).

2. Pengujian Karakteristik Isolator Optik

Isolator adalah suatu piranti optik yang hanya membolehkan sinyal optik menjalar dalam satu arah dan tidak boleh menjalar untuk arah yang berlawanan. Karakterisasi isolator bertujuan untuk mengetahui rugi-rugi sinyal yang dilewatkan pada isolator.

3. Pengujian Karakteristik WDM Coupler

Wavelength Division Multiplexing (WDM Coupler) merupakan piranti optik yang menggabungkan dua cahaya dengan panjang gelombang yang tidak sama. Kedua cahaya tersebut masuk melalui fiber yang berbeda dan keluar pada satu fiber yang sama. Cahaya yang masuk kedalam WDM *Coupler* ini adalah cahaya yang berasal dari LD dan TLS. Kedua cahaya tersebut selanjutnya keluar melalui satu fiber yang akan dihubungkan dengan EDFA. Peralatan yang digunakan untuk karakterisasi WDM *Coupler* sama seperti untuk karakterisasi *isolator*, yaitu TLS dan OSA. Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui *insertion loss* yang ada pada WDM *Coupler*

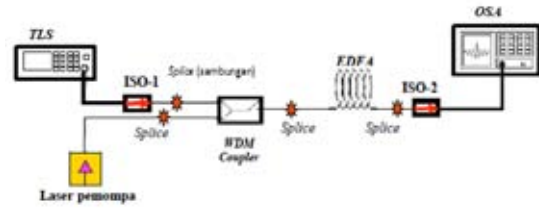
4. Pengujian Karakterisasi Gain dan Noise Figure (NF) Untuk Metode Perataan EDFA

Gain dan *noise figure* (NF) merupakan parameter yang sangat penting dalam komunikasi, karena *gain* menentukan kuatnya sinyal yang ditransmisikan, dan menunjukkan beberapa panjang lintasan transmisi yang dapat dilalui oleh sinyal tersebut, sedangkan *NF* menentukan tingkat kualitas sinyal yang diterima pada sisi penerima. Maka nilai *gain* dan *noise figure* pada EDFA dipengaruhi oleh daya pompa, panjang EDFA, daya sinyal dan panjang gelombangnya, emisi dan absorpsi *cross section*. Nilai emisi dan absorpsi *cross section* berbeda-beda untuk

panjang gelombang. Panjang gelombang yang dipilih sesuai dengan ketentuan standar ITU, yaitu mulai dari 1531,90 nm (195,70 THz) hingga 1560,61 nm (192,10 THz) dengan jarak antara panjang gelombang 200 GHz.

3.2 Disain Setup Eksperiment Perataan Penguatan Sinyal Optik Dengan EDFA

Dari hasil pengujian dari berbagai macam komponen optik tadi, maka didapatkan suatu disain untuk mendapatkan suatu nilai penguatan dengan EDFA pada sistem SKSO maka dilakukan penggambaran *set-up* eksperimen yang dilakukan pada saat penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. Disain Setup Eksperiment Perataan Penguatan Sinyal Optik dengan EDFA

Prinsip kerja disain *setup* eksperimen pada Gambar 3.1 dapat dijelaskan seperti berikut: sumber pompa (laser pemompa) dan sinyal masukkan (input signal) yang dibangkitkan oleh TLS (dapat disebut sebagai generator sinyal *foton*), dilewatkan pada WDM *Coupler* untuk dihubungkan dengan EDFA. Sinyal input yang bersumber dari TLS terlebih dahulu dilewatkan pada ISO-1 (*isolator* ke 1), adapun fungsi dari *isolator* itu sendiri adalah untuk mencegah setiap sinar *foton* yang terpantul kembali (*back reflected light*), agar tidak masuk ke *amplifier* atau sistem EDFA. Energi yang dihasilkan oleh laser pompa yang menjalar sepanjang EDFA akan diabsorpsi oleh *ion-ion erbium* untuk berpindah dari tingkat energi *ground state* ke tingkat *excited state*. Untuk mendapatkan kembali distribusi yang seimbang, ion-ion yang dipompa (terekstisasi) pada tingkat *excited state* (energi tertinggi) dapat kembali pada tingkat *ground state* (energi terendah) secara spontan atau melalui stimulasi (rangsangan) oleh sinyal dari luar. Perpindahan ion-ion dari tingkat *excited state* ke tingkat *ground state* yang dilakukan secara spontan akan menghasilkan emisi yang spontan, dan dikenal sebagai *Amplified Spontaneous Emission (ASE)*. Ion-ion yang kembali ke tingkat *ground state* karena adanya sinyal dari luar (sebagai sinyal perangsang) yang masuk kedalam EDFA dikenal sebagai emisi terstimulasi. Emisi terstimulasi ini akan mengakibatkan penguatan pada sinyal perangsang. Penguatan sinyal terjadi karena cahaya yang dipancarkan pada proses perpindahan dari tingkat *excited state* ke *ground state* yang dilakukan oleh ion-ion tersebut yang mempunyai frekuensi dan fasa yang sama dengan cahaya perangsang.

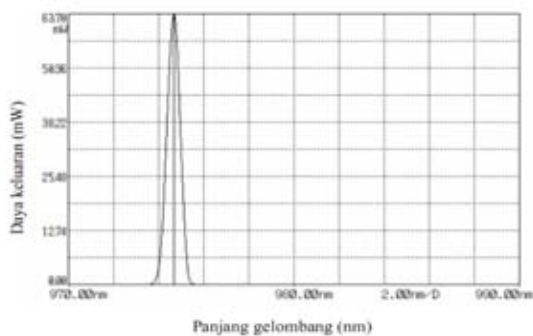
IV. ANALISA DAN HASIL PENGUKURAN

4.1 Hasil Pengukuran Dari Disain *Setup* EDFA

Dari Gambar 3.1 terdapat beberapa karakteristik komponen pendukung EDFA, yaitu karakteristik terhadap komponen aktif dan komponen pasif yang mendukung sistem EDFA. Komponen aktif dalam sistem EDFA adalah laser diode yang berfungsi sebagai laser pemompa EDFA, dan komponen pasif terdiri atas isolator optik dan *WDM Coupler*. Sinyal yang masuk kedalam EDFA adalah sinyal optik yang akan dikuatkan, melalui pengaturan daya sinyal dan daya pompa.

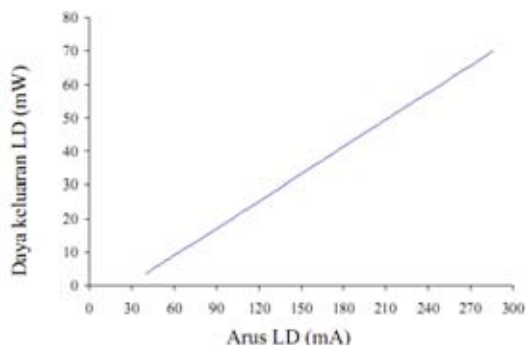
1. Hasil Pengukuran Karakteristik Dioda

Salah satu hasil pengukuran yang menunjukkan pola radiasi dalam keluaran *LD* yang terukur di ujung *WDM Coupler* ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Pola Radiasi *LD* Yang Terukur Diujung *WDM Coupler*

Pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa pola radiasi yang terukur pada ujung *WDM Coupler* tidak mengalami kecacatan dengan panjang gelombang yang sesuai, yaitu sebesar 974,6 nm dan daya puncak pada keluaran dari diode sebesar 63,70 mW, yang artinya keluaran *LD* masih membentuk pola radiasi daya yang menyerupai pola *Gaussian*. Hubungan perubahan arus bias (arus *LD*) terhadap daya keluaran *LD* yang terukur di ujung *WDM coupler* ditunjukkan dalam gambar dibawah ini.



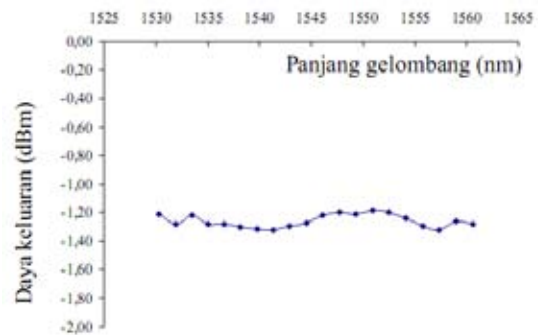
Gambar 4.2. Hasil Karakteristik *LD* Yang Terukur di Ujung Keluaran *WDM Coupler* Pada Alat Ukur OSA

Dari hasil grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 keluaran yang ditimbulkan pada ujung *WDM Coupler* mengalami peningkatan yang stabil dengan skala perubahan arusnya sebesar 10 mA dari mulai 30 mA

sampai 300 mA, dengan lama operasi setiap pengukurannya selama 5 menit yang sesuai dengan ketentuan pada pompa *LD (Laser Diode)* dapat memompa EDFA untuk waktu kurang lebih selama 3 menit, yang ditunjukkan pada kenaikan daya keluaran yang meningkat terhadap arus bias (arus *LD*) yang diberikan. Laser diode dalam penelitian ini difungsikan sebagai laser pemompa pada pompa sinyal dan pompa daya dalam sistem EDFA dan mempunyai panjang gelombang sebesar 974,6 nm.

2. Hasil pengujian Karakteristik Isolator

Hasil karakteristik level daya sinyal untuk daya optik 0 dBm yang berasal dari TLS dan setelah melewati isolator ditunjukkan dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Hasil Karakteristik Level Daya Sinyal Yang Telah Melewati Isolator

Sesuai dengan tujuan utamanya pengujian karakteristik isolator yang bertujuan untuk mengetahui rugi-rugi sinyal yang dilewatkan pada isolator. Berdasarkan pada Gambar 4.3 hasil pengukuran terlihat bahwa *insertion loss* yang diakibatkan oleh *isolator* rata-rata besarnya = $(-1,20) - (-1,45) = 0,25 \approx \pm 0,3$ dBm dengan pola pergerakan daya keluaran yang hamper sejajar dan merata terhadap panjang gelombang, sesuai dengan besarnya penurunan dan kenaikan daya yang ditimbulkan akibat adanya rugi-rugi sinyal yang dilewatkan, rugi-rugi lainnya disebabkan oleh konektor yang terhubung ke TLS dan OSA yang besarnya ± 1 dB. Daya sinyal pada pengujian karakteristik isolator ini ditetapkan 0 dBm dari sumber TLS, dan panjang gelombang diatur mulai dari 1531,90 nm hingga 1560,61 nm dengan skala perubahan sebesar 200 GHz.

3. Hasil Pengujian Karakteristik *WDM Coupler*

Wavelength Division Multiplexing (WDM Coupler) merupakan piranti optik yang menggabungkan dua cahaya dengan panjang gelombang yang tidak sama. Kedua cahaya tersebut masuk melalui *fiber* yang berbeda dan keluar pada satu *fiber* yang sama. Alat ukur yang digunakan dalam eksperimen ini adalah TLS dan OSA. TLS disini berfungsi sebagai pembangkit sinyal yang akan dikuatkan oleh EDFA. Rentang daya sinyal keluaran TLS adalah -20 dBm hingga 0 dBm, dan rentang frekuensi adalah 1520 nm hingga 1700 nm. Daya sinyal yang dikuatkan adalah daya sinyal yang ada

pada sisi masuk EDFA, untuk itu daya keluaran TLS harus dikurangi dengan daya yang hilang pada konektor, isolator, WDM *Coupler*, dan sambungan (*splice*). OSA berfungsi sebagai alat monitor dan alat ukur hasil keluaran sinyal yang telah dikuatkan oleh EDFA. OSA mampu mengukur sinyal pada rentang panjang gelombang 600 nm hingga 1750 nm. Ketelitian OSA untuk menerima panjang gelombang sinyal adalah $\pm 0,05$ nm.



Gambar 4.4. Hasil Karakterisasi Level Daya Sinyal Yang Telah Melewati WDM *Coupler*

Berdasarkan Gambar 4.4 hasil pengukuran terlihat bahwa daya rata-rata yang terukur pada ujung WDM *Coupler* adalah:

Nilai rata-rata keluarannya = $[[-2,623 + (-2,61) + (-2,58) + (-2,62) + (-2,60) + (-2,608) + (-2,60) + (-2,73) + (-2,70) + (-2,70) + (-2,65) + (-2,61) + (-2,60) + (-2,70) + (-2,60) + (-2,599) + (-2,61) + (-2,61) + (-2,65) + (-2,623)] \div 20] = -2,631$ dBm dengan *fluktuasi* sebesar 0,18 dBm.

4.2 Hasil Pengukuran Pada Berkas Sinyal Optik
 Dalam piranti *isolator* sinyal optik yang keluar dari fiber disejajarkan (*collimated*) dengan menggunakan lensa *Graded index* (GRIN) yang selanjutnya melewati piranti *birefringent rutile* (TiO₂). Pasangan berkas sinyal optik *ordinary* dan *extraordinary* yang keluar dari material ini diteruskan melalui *faraday rotator* yang terdiri atas *Yttrium Iron Garnet* (YIG) dan kristal *Y₃Fe₅O₁₂* yang dikelilingi oleh magnet permanen. polarisasi berkas sinyal optik yang melewati *Faraday rotator* sudutnya diputar 45⁰ dari sumbu polarisasi, dan selanjutnya dilewatkan pada piranti *birefringent* kedua yang menggabungkan berkas tersebut untuk dilewatkan pada ujung keluaran *fiber*.

Tabel 4.1
 Hasil Pengukuran Dengan Polarisasi 45⁰

Keterangan	Nilai
Jari-jari inti EDFA (r atau a)	1,55.10 ⁻⁶ m
Indeks bias inti EDFA pada panjang gelombang sinyal (n _{1s})	1,462
Indeks bias cladding EDFA pada panjang gelombang sinyal (n _{2s})	1,444
Indeks bias inti EDFA pada panjang gelombang pompa (n _{1p})	1,469
Indeks bias cladding pada panjang gelombang pompa (n _{2p})	1,451
Panjang gelombang sinyal (λ _s)	1550 nm
Panjang gelombang pompa (λ _p)	980 nm

4.3 Hasil Pengukuran Untuk Absorpsi *Cross Section* Dari Sinyal Optik

Pengukuran ini dilakukan untuk mendapatkan suatu nilai parameter yang menyatakan bahwa kemampuan suatu *ion* untuk mengabsorpsi atau mengemisi suatu cahaya dalam berbagai variasi dari panjang gelombang yang diberikan. Dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3

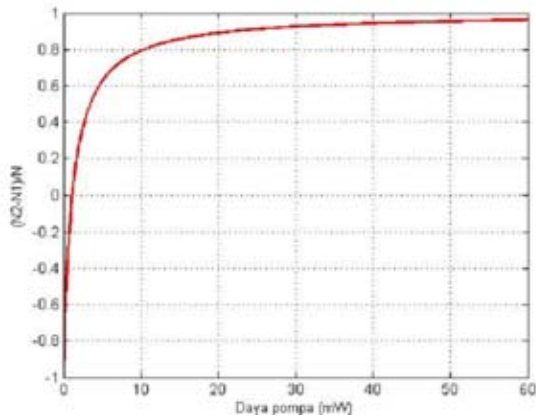
Tabel 4.2
 Nilai *Absorpsi Cross Section* Untuk Sinyal Optik Dengan Antara 1530,33 – 1544,53 Meter

No	Panjang Gelombang (m)	Emisi <i>Cross Section</i> (m ²)
1.	1530,33	3,97.10 ⁻²⁵
2.	1531,90	4,00.10 ⁻²⁵
3.	1533,47	3,76.10 ⁻²⁵
4.	1535,04	3,38.10 ⁻²⁵
5.	1536,61	3,12.10 ⁻²⁵
6.	1538,19	2,90.10 ⁻²⁵
7.	1539,77	2,78.10 ⁻²⁵
8.	1541,35	2,77.10 ⁻²⁵
9.	1542,94	2,73.10 ⁻²⁵
10.	1544,53	2,73.10 ⁻²⁵

Tabel 4.3
 Nilai *Absorpsi Cross Section* Untuk Sinyal Optik
 Dengan Antara 1546,12 – 1560,61 Meter

No	Panjang Gelombang (m)	Emisi <i>Cross Section</i> (m ²)
1.	1546,12	2,73.10 ⁻²⁵
2.	1547,72	2,70.10 ⁻²⁵
3.	1549,32	2,67.10 ⁻²⁵
4.	1550,92	2,64.10 ⁻²⁵
5.	1552,52	2,58.10 ⁻²⁵
6.	1554,13	2,55.10 ⁻²⁵
7.	1555,75	2,49.10 ⁻²⁵
8.	1557,36	2,46.10 ⁻²⁵
9.	1558,98	2,43.10 ⁻²⁵
10.	1560,61	2,31.10 ⁻²⁵

Dari hasil pengukuran diatas dapat menimbulkan *fraksional inverse populasi* terhadap daya pompa untuk daya sinyal dan diperlihatkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.5.



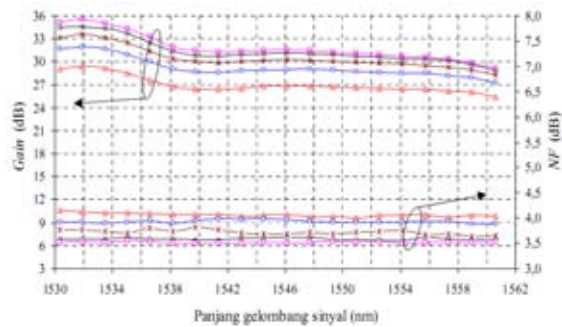
Gambar 4.5. Grafik Yang Ditimbulkan Adanya Fraksional Inversi Populasi Terhadap Daya Pompa Untuk Daya Sinyal -20 dB dan Panjang Gelombang 1531,90

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa nilai *threshold* terjadi pada daya pompa sekitar 1 mW. Nilai *threshold* adalah nilai yang menunjukkan bahwa awal penguatan akan terjadi, dan juga menunjukkan bahwa jumlah ion-ion *erbium* pada level 2 sama dengan jumlah ion-ion *erbium* pada level 1. Ion-ion *erbium* melakukan *absorpsi* pada sinyal -20 dBm ketika daya pompa pada posisi 0 mW. Hasil *absorpsi* ion-ion *erbium* terhadap sinyal ditunjukkan adanya nilai fraksional inversi populasi disekitar -0,8. Nilai inversi populasi satu menunjukkan bahwa ion-ion pada level *ground state* berpindahkan semuanya pada level *excited state*. Kenaikan daya pompa secara linear memberikan

akibat kenaikan nilai inversi populasi naik secara eksponensial pada batas daya pompa tertentu, dan selanjutnya mendekati saturasi untuk kenaikan daya pompa yang lebih tinggi dengan nilai hampir mendekati angka 1 terhadap daya sinyal untuk daya pompa 20-60 mW, dengan panjang gelombang sinyal 1531,90 nm.

4.4 Hasil Pengukuran Dari Karakteristik *Gain* Dan *Noise Figure* (NF) Pada Rentang Panjang Gelombang Untuk Metode Perataan EDFA

Pada subbab ini membahas tentang pengukuran secara grafik dan matematis untuk mendapatkan suatu nilai kerataan pada *Gain* dan *NF* yang diharapkan. Hasil perhitungan dalam bentuk grafik karakteristik *gain* dan *NF* sebagai fungsi panjang gelombang ditunjukkan dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Daya Sinyal Masukan -22,7 dBm Dengan *Gain* dan *NF* Sebagai Fungsi Panjang Gelombang Untuk Panjang EDFA 20 m dan Daya Pompa: Δ = 100 mW, \circ = 110 mW, $*$ = 120 mW, \diamond = 130 mW, dan \square = 140 mW

Dengan hasil pengukuran dengan simulasi penguatan sinyal yang terjadi dapat dilihat dari hasil perbandingan antara hasil perhitungan manual berdasarkan data dari hasil pengujian dilapangan dengan hasil penguatan berdasarkan hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3
 Data-data Perbandingan Hasil Perhitungan dan Simulasi Program

Parameter	Perhitungan Manual	Perhitungan Simulasi
<i>Gain</i> (G)	27,62 dB	28,87027133 dB
<i>Noise Figure</i> (NF)	4,08 dB	4,2010202 dB

Adapun hasil perbandingan hasil penguatan yang telah dilakukan dengan penelitian sebelumnya, yaitu: penguatan sinyal optik yang disebabkan adanya penguatan sinyal pada amplifier dengan menggunakan sistem Raman untuk rentang panjang gelombang C-band, dengan menggunakan metode pengaturan

komposisi *gelas fiber* atau metode intrinsik yang telah dilakukan oleh Bapak Sholeh Hadi Pramono. Metode komposisi gelas fiber dilakukan dengan cara mengkombinasikan elemen-elemen *co-doping* dalam fiber. Elemen yang sering digunakan adalah *aluminium, fluoride, telluride, dan phospat*. Perbandingan ini dapat dilihat melalui data-data pada Tabel 4.4.

Tabel 4.8
Data Perbandingan Antara Penguat Raman Dengan Penguat EDFA

Sistem	Rentang Panjang Gelombang	Hasil
Penguat Raman	C-band dengan menggunakan <i>dual core fiber</i> dengan panjang gelombang (1525 nm – 1555 nm)	G (<i>gain</i>) = <20 dB, variasi G = <0,7 dB, NF = 4 dB P_p 980 nm = 50 mW
Penguat Sistem EDFA yang telah dilakukan	C-band dengan menggunakan <i>single mode</i> , dengan panjang gelombang (1530,33 nm – 1560,61 nm)	G (<i>gain</i>) = 27,62 dB, variasi G = 0,47-0,88 dB, NF = 4,08 dB P_p 980 nm = 100 mW

Terlihat pada hasil data perbandingan yang telah dilakukan bahwa sistem pada *optical amplifier* sebagai penguat sistem komunikasi optik dapat menggunakan sistem EDFA sebagai penguat amplifier yang memiliki besar penguatan yang berlebih dan memiliki

rentang panjang gelombang yang berlebih dibandingkan dengan menggunakan sistem penguat *Raman* atau sering disebut dengan FRA (*Fiber Raman Amplifier*).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang EDFA 20 m dapat menghasilkan penguatan rata-rata 25,46-29,34 dB, variasi penguatan 0,47-0,88 dB, noise figure (NF) rata-rata 4,00-4,85 dB, dan variasi NF 0,09-0,12 dB untuk daya masukan -12,7 dBm dan daya pompa 20-50 mW dan pada simulasi 100-120 mW. Spectral hole burning rata-rata untuk 1530,33-1535,04 nm lebih besar dari 1536,61-1560,61 nm pada perubahan daya sinyal dari -22,7 dBm dan -17,7 dBm menjadi -2,7 dBm. Dengan melihat hasil penelitian yang telah dilakukan, perlu adanya penelitian lanjutan dengan menggunakan kabel serat optik dengan jenis dual mode atau multimode dengan sistem multiplexer berjenis DWDM, untuk dapat melihat pengaruh daya sinyal masukannya terhadap panjang gelombang

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. Telkom. 2006. Overview Sistem Komunikasi Serat Optik (SKSO). TELKOM Training Center, Bandung. 74 hlm.
- [2] Lightwave Test and Measurement Reference Guide. Expo.2000.
- [3] Slide pengajaran. 2009. Dasar Telekomunikasi. Jurusan Teknik Elektro. FT. UNTIRTA. Cilegon.
- [4] PT. Telkom. 2004. Dasar Sistem Komunikasi Optik. TELKOMRisTi (R & D Center), Bandung. 72 hlm.
- [5] Beker, P.C., Olsson, N.A., & Simpson, J.R. (1999). Erbium-doped fiber amplifier fundamentals and technology. USA: Academic Press.
- [6] PT. Telkom. 2004. PL 6- Pengantar Analisis Teknologi. TELKOMRisTi (R & D Center), Bandung. 29 hlm.
- [7] HTTP://www.portal-telkom.com/arinet
- [8] SIEMENS. 2005. Optical Networks : TNMS Core / CDM Operation and Administration. Jerman. 816 hlm.
- [9] Sholeh Hadi. Analisa Penguat Optik Metode Komposisi Gelas Fiber Dengan Penguat RAMAN. Journal.

Klasifikasi Citra Radiografi Panoramik untuk Membedakan Penyakit Kista dan Tumor pada Rongga Mulut dengan Artificial Neural Network algoritma Backpropagation

Chindy Puspita Millasari¹, Ri Munarto², Endi Permata³

¹ Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Cilegon, Indonesia.

Email: chindypuspitamillasari@gmail.com

² Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Cilegon, Indonesia

Email: rim_munarto@yahoo.com

³ Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Cilegon, Indonesia

Email: endipermata@untirta.ac.id

Abstract - The oral cavity is the main door entry of food into our bodies. But too often the oral hygiene becomes less attention, although not rare oral cavity diseases originated from the leftovers stacked and not cleaned. One of the diseases of the oral cavity are often found in Poli Dental Hospitals in Indonesia are cysts and tumors. Determination of cysts and tumors through panoramic image can hardly be distinguished by naked eye, depending on the knowledge and experience of the dentist as well as on the results of the analysis of the radiologist. A panoramic image can show the whole jaw teeth at the back to the front of the teeth into the growth of most tumors and cysts. The preferred solution is to help the process of classifying lesions cysts and tumors with a certain amount of data, but with a relatively shorter time with the aid of a computer (automatic). The purpose of this study was to determine how the classification to distinguish cysts and tumors in the oral cavity which has some similarities clinical characteristics with a series of segmentation with active contour, feature extraction with gray level cooccurrence matrix (GLCM) and classification with artificial neural network, backpropagation using MATLAB software. Artificial Neural Network is used for the information process mimics the performance of the human brain that is the lesson for the system to reduce the error rate. Backpropagation network will be trained three classes of data cysts, tumors and cysts / tumors will then be tested 10 times by doing pole method is exchanging training data and test data. The percentage of success is based on 10 test using artificial neural network, backpropagation amounted to 95.42%. While the percentage of success is based on classification using artificial neural network, backpropagation of 93.89% with a percentage of 95.3% of cysts, tumors of 95.3% and a cyst / tumor the size of 91.08%.

Keywords: Active Contour, Gray Level Cooccurrence Matrix (GLCM), Artificial Neural Network.

I. Pendahuluan

Kesehatan merupakan salah satu hal yang sering terlupakan oleh manusia di zaman serba maju seperti sekarang. Rongga mulut merupakan pintu utama masuknya makanan ke dalam tubuh kita serta merupakan alat pencernaan pertama pada tubuh manusia yakni secara kimiawi. Makanan yang masuk ke dalam tubuh kita melalui rongga mulut haruslah

sehat dan bersih agar terbebas dari kuman dan bibit penyakit. Namun sering kali kebersihan mulut menjadi hal yang kurang diperhatikan, padahal tak jarang penyakit rongga mulut berawal dari sisa-sisa makanan yang tertumpuk dan tidak dibersihkan. Salah satu penyakit rongga mulut yang sering ditemukan pada Poli Gigi Rumah Sakit di Indonesia adalah Kista dan Tumor. Penentuan kista dan tumor melalui citra panoramik sangat sulit dibedakan secara kasat mata, tergantung pengetahuan dan pengalaman dokter gigi serta pada hasil analisis radiolog[1]. Pada penelitian sebelumnya klasifikasi kista dan tumor dengan fungsi histogram dari gray level cooccurrence matrix (GLCM) menggunakan metode support vector machine (SVM) memperoleh presentase akurasi sebesar 63,333% (Cucun:2011). Kemudian penelitian lainnya melakukan penandan lesion kista dan tumor dengan metode active contour memperoleh presentase sebesar 99,69% (Ingrid:2011). Berdasarkan permasalahan yang timbul serta didukung dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya maka solusi yang diinginkan adalah membantu proses pengklasifikasian lesion kista dan tumor dalam jumlah data yang relatif banyak namun dengan waktu yang relatif lebih singkat dengan bantuan komputer (otomatis).

Penelitian ini akan mengklasifikasikan sejumlah data citra radiografi panoramik kista dan tumor yang telah ditentukan pada rongga mulut. Terlebih dahulu citra radiografi panoramik melalui proses preprocessing, melakukan segmentasi dengan active contour dan ekstraksi fitur tekstur menggunakan metode gray level cooccurrence matrix (GLCM). Setelah proses-proses itu dilakukan citra-citra tersebut akan diklasifikasi dengan menggunakan metode artificial neural network, backpropagation. Backpropagation adalah pelatihan jenis terkontrol dimana menggunakan pola penyesuaian bobot untuk mencapai nilai kesalahan yang minimum antara keluaran hasil prediksi dengan keluaran yang nyata[2].

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui cara kerja pengklasifikasian untuk membedakan kista dan tumor pada rongga mulut yang mempunyai kemiripan ciri klinis dengan

serangkaian proses segmentasi dengan active contour, ekstraksi ciri dengan Gray Level Cooccurrence Matrix (GLCM) dan klasifikasi dengan artificial neural network, backpropagation dengan menggunakan software MATLAB.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Kista dan Tumor Rongga Mulut [3]

Kista rongga mulut didefinisikan sebagai benjolan berisi cairan pada mulut yang terjadi pada jaringan epitel. Kista dibedakan ke dalam kista odontogenik, kista non odontogenik, *pseudocysts*, dan kista leher. Kista termasuk lesi yang radiolusen dan ciri klinis dari kista adalah terjadi pembengkakan, kurang sakit (kecuali jika kista telah memasuki tahap infeksi kedua), sehingga penderita kadang tidak menyadari ada kelainan di dalam mulutnya sampai pembengkakan mencapai ukuran tertentu sehingga mengganggu fungsi dan estetis. Karakteristik kista adalah bentuknya yang seragam, tipis, berbatas jelas, berbentuk oval atau bundar seperti balon. Beberapa kista mungkin memiliki batas berlekuk (*scalloped*).

Tumor rongga mulut adalah pertumbuhan jaringan atau organ tidak terorganisasi, umumnya membentuk suatu massa yang jelas dan berada di mulut. Tumor terbagi atas tumor jinak (benign) dan ganas (malignant). Ciri klinis dari tumor jinak adalah onset/permulaan yang tersembunyi dan membahayakan, tidak sakit, tidak bermetastasis dan tidak mengancam nyawa kecuali mengganggu organ vital dengan adanya perluasan secara langsung, berbentuk oval atau bundar dan bertepi halus, lesi yang radiolusen atau radiopak.

B. Preprocessing[4]

Preprocessing bertujuan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasikan oleh manusia/mesin (komputer). Teknik-teknik pengolahan citra mentransformasikan citra menjadi citra dengan kualitas yang lebih baik.

1. Citra Grayscale

Citra grayscale merupakan citra digital yang hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap piksel-nya, dengan kata lain nilai bagian merah = hijau = biru (putra, 2010: 40). Nilai tersebut digunakan untuk menunjukkan tingkat intensitas.

2. Pengaturan Contrast

Pengaturan *contrast* adalah proses perkalian nilai derajat keabuan x dengan nilai perubahan *contrast* $t_{contrast}$. *Contrast* adalah perbedaan gradasi, kecerahan, atau warna antara bidang gelap (shadow) dengan bidang terang, atau warna putih yang mencolok sekali pada objek. Terdapat bermacam-macam jenis *contrast* salah satunya *contrast adjustment*. *Contrast adjustment* merupakan pengaturan *contrast* dengan pengaturan intensitas.

3. Filter Median

Sesuai dengan namanya, Median dari sekumpulan nilai adalah nilai yang berada ditengah dari sekumpulan nilai yang diurutkan. Untuk tujuan melakukan filter median pada sebuah titik pada citra maka yang pertama dilakukan adalah mengurutkan nilai pixel dalam tetangga (termasuk titik

pusatnya) menentukan median dan memasukkan nilai hasilnya pada pixel yang berkorespondensi (titik pusat tetangga) dalam citra yang di-filter.

4. Resize

Resize gambar/citra adalah mengubah ukuran panjang dan lebar gambar. Matlab telah menyediakan fungsi untuk mengubah ukuran gambar. Dapat pula diartikan sebagai proses normalisasi dimensi citra, yaitu proses pembesaran atau pengecilan dimensi citra menjadi dimensi yang telah ditentukan.

C. Segmentasi Active Contour[5]

Segmentasi *active contour* adalah metode segmentasi menggunakan model kurva tertutup yang dapat bergerak melebar ataupun menyempit. Energi yang mempengaruhinya diformulasikan seperti pada persamaan 2.1:

$$E_{snake} = \int_0^1 \{E_{int}(\gamma(s)) + E_{ext}(\gamma(s))\} ds \quad (1)$$

E_{int} adalah energi internal yang dipengaruhi oleh lekuk objek sedangkan E_{ext} adalah energi eksternal yang akan menarik *contour* baik melebar atau menyempit menuju objek yang dikehendaki. Energi internal dituliskan dengan formulasi:

$$E = \frac{1}{2} \int_0^1 \{ \alpha(s) \gamma'(s)^2 + \beta(s) \gamma''(s)^2 \} ds \quad (2)$$

Parameter $\alpha(s)$ dan $\beta(s)$ adalah bobot yang mengontrol pergerakan *snake* di mana suku pertama menyebabkan kurva bergerak seperti membran dan suku kedua menyebabkan kurva bergerak seperti plat yang tipis. Sedangkan energi eksternal diformulasikan:

$$E = |\nabla G(\gamma(s))|^2 \quad (3)$$

Proses pembentukan (deformasi) kontur aktifberlangsung dengan meminimalisir fungsi energi. Untuk kontur aktif yang meminimalisir energinya harus memenuhi persamaan Euler dibawah ini:

$$\alpha \gamma(s) - \beta \gamma''(s) - \nabla E_{ext} = 0 \quad (4)$$

dapat dilihat dengan persamaan keseimbangan:

$$F_{int} + F_{ext} = 0 \quad (5)$$

Dimana F_{int} adalah untuk meregangkan dan membengkokkan sementara F_{ext} adalah untuk menarik *snake* ke arah yang diinginkan.

D. Level Set[6]

Level set adalah metode numerik yang umum untuk perubahan kurva. Persamaan dari *level set*:

$$\psi(x, t = 0) \pm \alpha \quad (6)$$

dengan x adalah suatu posisi, t adalah waktu, dan d adalah jarak dari x terhadap kurva inialisasi (*distance*). Kurva inialisasi berupa sebuah lingkaran dengan titik pusat dan jari-jari tertentu. Posisi x menentukan tanda dari d , tanda d diberi nilai positif bila x menjauh titik pusat kurva inialisasi atau di luar kurva inialisasi, sebaliknya tanda d diberi nilai negatif bila x mendekati titik pusat kurva inialisasi atau di dalam kurva inialisasi. Daerah antara nilai *distance* (d)

positif dan negatif inilah yang menunjukkan dimana kurva berada.

Agar kurva dapat berevolusi maka dilakukan persamaan sebagai berikut :

$$\psi_y^{n+1} = \psi_y^n - \Delta t F \left| \nabla_y \psi_y^n \right| \quad (7)$$

Dimana t adalah waktu dan F adalah *speed function*. F mempunyai tiga faktor yang mempengaruhi pergerakan kurva yang dinyatakan dengan persamaan:

$$F = F_{prop} + F_{curv} + F_{adv} \quad (8)$$

Dimana F_{prop} adalah penambahan konstan pada kurva untuk bergerak searah dengan sudut normal, F_{curv} adalah pengatur bentuk dari kurva, F_{adv} adalah faktor informasi dari gambar. F_{prop} dan F_{curv} dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F_{prop} + F_{curv} = 1 - \epsilon K \quad (9)$$

Dimana ϵK adalah konstanta bernilai antara 1 sampai 5, semakin besar ϵK semakin cepat kurva berevolusi.

E. Gray Level Cooccurrence Matrix[7]

Gray Level Cooccurrence Matrix (GLCM) digunakan untuk mengukur intensitas sari tingkat keabuan dari suatu gambar dengan menghitung jumlah munculnya suatu *pixel* dengan sebuah *pixel* dengan warna abu-abu yang memiliki nilai i muncul secara horizontal dengan *pixel* yang memiliki nilai j dimana kedua *pixel* tersebut berdekatan, jika gambar tersebut adalah gambar biner maka glcm akan menskala gambar tersebut menjadi dua tingkat keabuan.

1. Ekstraksi Ciri Orde 1

Pembacaan histogram dengan absis X menunjuk tingkat keabuan. Tingkat keabuan dimulai dari nol sampai dengan jumlah tingkat keabuan 0-255. Sumbu Y menunjukan frekuensi kemunculan tingkat keabuan pada citra. Beberapa parameter ciri orde pertama, antara lain adalah *mean*, *skewness*, *variance*, *kurtosis* dan *entropy*:

$$Mean = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (10)$$

$$Variance \sigma = \sum_{i=0}^{G-1} (i - \mu)^2 p(i) \quad (11)$$

$$Entropy = - \sum_{i=0}^{G-1} \sum_{j=0}^{G-1} P_{i,j} (\log P_{i,j}) \quad (12)$$

$$Skewness = \frac{1}{\alpha_3} \sum_n (f_n - \mu)^3 p(f_n) \quad (13)$$

$$Kurtosis = \frac{1}{\sigma^4} \sum_n (f_n - \mu)^4 p(f_n) - 3 \quad (14)$$

2. Ekstraksi Ciri Orde 2

Salah satu teknik untuk memperoleh ciri statistik orde dua adalah dengan menghitung probabilitas hubungan ketetanggaan antara dua piksel pada jarak dan orientasi sudut tertentu. Pendekatan ini bekerja dengan membentuk sebuah matriks kookurensi dari data citra, dilanjutkan dengan menentukan ciri sebagai fungsi dari matriks antara tersebut.

Setelah matriks kookurensi didapatkan maka selanjutnya akan dijadikan sebagai faktor pengali dalam perhitungan *contrast*, *homogeneity*, *energy*, *correlation*:

$$Contrast = \sum_{i=0}^{G-1} \sum_{j=0}^{G-1} (i-j)^2 P_{i,j} \quad (15)$$

$$Homogeneity = \sum_{i=0}^{G-1} \sum_{j=0}^{G-1} \frac{1}{1+(i-j)^2} P_{i,j} \quad (16)$$

$$Energy = \sum_i \sum_j P_d^2(i,j) \quad (17)$$

$$Correlation = \sum_i \sum_j \frac{(i - \mu_x)(j - \mu_y) P_d(i,j)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (18)$$

F. Backpropagation[8]

Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyinya. Algoritma *backpropagation* menggunakan *error output* untuk mengubah nilai bobot-bobot dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan *error* ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu. Pada saat perambatan maju, neuron-neuron diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi yang dapat didiferensiasikan, seperti fungsi aktivasi sigmoid, tangsig atau purelin.

Algoritma pelatihan *backpropagation* untuk *artificial neural network* adalah:

Inisialisasi bobot (ambil bobot awal dengan nilai acak yang cukup kecil).

Tetapkan: Maksimum Iterasi, Target *Error*, dan *Learning Rate* (α).

Inisialisasi: Iterasi=0, *MSE*=1.

Kerjakan langkah-langkah berikut selama Iterasi < Maksimum dan *MSE* > Target *Error*:

1. Iterasi=Iterasi+1
2. Tiap-tiap pasangan elemen yang akan dilakukan pembelajaran, kerjakan:

Feedforward:

- a. Tiap-tiap unit *input* ($X_i, i=1,2,3,\dots,n$) menerima sinyal x_i dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan yang ada di atasnya (lapisan tersembunyi).

- b. Tiap-tiap unit pada suatu lapisan tersembunyi ($Z_j, j=1,2,3,\dots,p$) menjumlahkan sinyal-sinyal *input* terbobot

$$z_in_j = b1_j + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (19)$$

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal keluarannya:

$$z_j = f(z_in_j) \quad (20)$$

Dan kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan atasnya (unit-unit *output*).

Langkah (b) dilakukan sebanyak lapisan tersembunyi.

- c. Tiap-tiap unit *output* ($Y_k, k=1,2,3,\dots,m$) menjumlahkan sinyal-sinyal *input* terbobot.

$$y_in_k = b2_k + \sum_{j=1}^p z_j w_{jk} \quad (21)$$

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal keluarannya:

$$y_k = f(y_in_k) \tag{22}$$

Kemudian kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan atasnya (unit-unit *output*).

Backpropagation:

d. Tiap-tiap unit *output* ($Y_k, k=1,2,3,\dots,m$) menerima target pola yang berhubungan dengan pola *input* pembelajaran, hitung informasi kesalahannya:

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_in_k) \tag{23}$$

$$\varphi 2_{jk} = \delta_k z_j \tag{24}$$

$$\beta 2_k = \delta_k \tag{25}$$

Kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan dipergunakan untuk memperbaiki nilai w_{jk}):

$$\Delta w = \alpha \varphi 2_{jk} \tag{26}$$

Hitung juga koreksi *bias* (yang nantinya kan digunakan untuk memperbaiki nilai $b 2_k$):

$$\Delta b 2_k = \alpha \beta 2_k \tag{27}$$

Langkah (d) dilakukan sebanyakjumlah lapisan tersembunyi, yaitu menghitung informasi *error* dari suatu lapisan tersembunyi sebelumnya.

e. Tiap-tiap unit tersembunyi ($Z_j, j=1,2,3,\dots,p$) menjumlahkan delta masukannya (dari unit-unit yang berada pada lapisan di atasnya):

$$\delta_in_j = \sum_{k=1}^m \delta 2_k w_{jk} \tag{28}$$

Kalikan nilai ini dengan turunan dari fungsi aktivasinya untuk menghitung informasi *error*:

$$\delta 1_j = \delta_in_j f'(z_in_j) \tag{29}$$

$$\varphi 1_{ij} = \delta 1_j x_j \tag{30}$$

$$\beta 1_j = \delta 1_j \tag{31}$$

Kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai v_{ij}):

$$\Delta v_{ij} = \alpha \varphi 1_{ij} \tag{32}$$

Hitung juga koreksi *bias* (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai $b 1_j$):

$$\Delta b 1_j = \alpha \beta 1_j \tag{33}$$

f. Tiap-tiap unit *output* ($Y_k, k=1,2,3,\dots,m$) memperbaiki *bias* dan bobotnya ($j=0,1,2,\dots,p$):

$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk} \tag{34}$$

$$b 2_k(\text{baru}) = b 2_k(\text{lama}) + \Delta b 2_k \tag{35}$$

Tiap-tiap unit tersembunyi ($Z_j, j=1,2,3,\dots,p$) memperbaiki *bias* dan bobotnya ($i=0,1,2,\dots,n$):

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \tag{36}$$

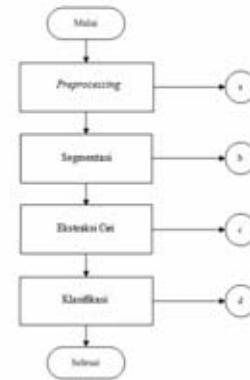
$$b 1_j(\text{baru}) = b 1_j(\text{lama}) + \Delta b 1_j \tag{37}$$

3. Hitung *MSE*.

III. METODE PENELITIAN

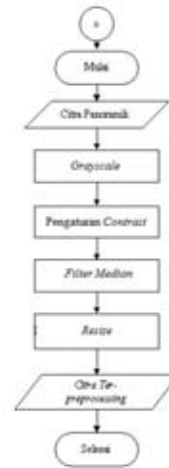
Dalam perancangan penelitian ini akan dibahas pemodelan sistem yang akan dirancang dan ditampilkan menggunakan GUI. Proses dari sistem yang digunakan dalam penelitian ini

adalah melalui beberapa tahap yakni *preprocessing*, *segmentasi*, *ekstraksi*, dan klasifikasi. Citra panoramik akan menjadi *input* dari sistem ini.



Gambar 3.1 Perancangan Sistem Penelitian

A. Preprocessing Citra



Gambar 3.2 Tahap Preprocessing Citra Panoramik

Seperti pada gambar 3.2 tahap *preprocessing* citra panoramik akan melalui empat tahap untuk memperbaiki dan menyiapkan dengan suatu standar tertentu agar sesuai ke tahap-tahap selanjutnya. Adapun tahapannya sebagai berikut:

1. Perubahan citra input menjadi *grayscale* bertujuan untuk menyeragamkan semua format citra input untuk mempermudah dalam pengolahan citra selanjutnya yakni segmentasi dan ekstraksi ciri.
2. Tahap pengaturan *contrast* bertujuan untuk mempertajam bentuk dari *lesion* ini dengan mengatur kontras citra. Karena dasar awal yang terlihat sebagai pembeda kista dan tumor adalah ketika batas atau border dari *lesion* terlihat tegas dan tidak tegas.
3. Median *filter* digunakan untuk citra dengan *noise* bertipe *random* atau acak karena median *filter* memiliki kemampuan untuk mereduksi *noise random* dengan memperhatikan *blurring*.
4. Ukuran citra akan diubah resolusinya secara horizontal dan vertikal citra masukan. Selain itu *resize* ditujukan untuk menyeragamkan ukuran citra tanpa mengurangi

ketajaman gambar, serta untuk mempermudah dan mempercepat pengolahan citra

B. Segmentasi dengan Metode *Active Contour Models*

Setelah serangkaian *preprocessing* terhadap citra radiografi panoramik, tahapan proses penelitian ini akan berlanjut pada segmentasi menggunakan metode *Active Contour Models*. Secara garis besar citra masukan pada daerah *lesion* akan diberi batas pemisah terhadap daerah yang tidak terjangkau, sehingga dapat dilakukan penyeleksian area sel tumor, sel kista, dan kista/tumor dengan daerah yang bebas dari sel-sel tersebut. Sehingga *lesion* akan terpisahkan dan berubah warna menjadi putih. Berikut *flowchart* dari metode *Active Contour Models* :



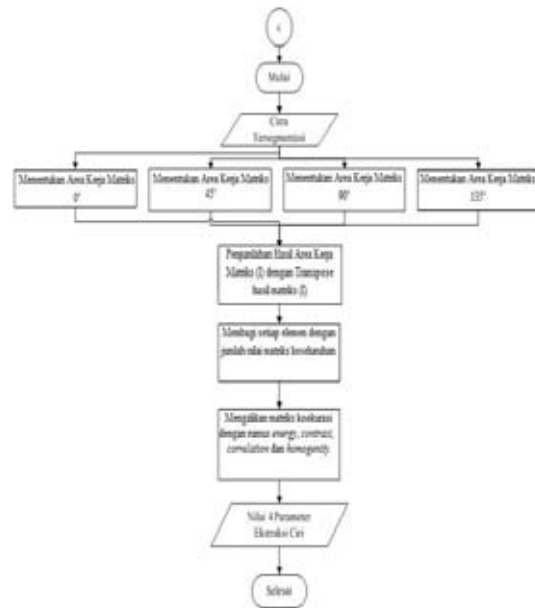
Gambar 3.3 *Flowchart* Metode *Active Contour*

Penandaan ini dilakukan secara interaktif, user akan menandai *lesion* dengan cara membuat satu-persatu rangkaian titik. Titik-titik ini akan saling berhubungan dan terkontrol oleh garis lurus. Citra yang sudah ditandai kemudian akan berubah menjadi citra biner melalui bantuan *levelset*. Pada dasarnya setelah penandaan atau inisialisasi *lesion (fitted image)*, *levelset* akan membantu meminimalisasi energi antara *fitted image* dengan citra aslinya. Sehingga terbentuk dua buah bagian antara daerah yang ditandai dengan daerah yang tidak ditandai. Pada bagian yang terjangkau kista, tumor, dan kista/tumor akan berwarna putih, sementara pada bagian yang sehat akan berwarna hitam.

C. Ekstraksi Fitur Tekstur dengan GLCM (*Gray Level Cooccurrence Matrix*)

GLCM mempunyai dua orde perhitungan untuk mendapatkan sembilan parameter yang dibutuhkan pada penelitian ini. Pada GLCM orde pertama, GLCM akan menghitung langsung rumus nilai rata-rata matriks (*mean*), variasi elemen-elemen matriks kookurasi (*variance*), nilai ketidakberaturan bentuk (*entropy*), tingkat kemiringan kurva histogram (*skewness*) dan tingkat keruncingan kurva histogram (*kurtosis*) berdasarkan nilai histogramnya. Sementara pada GLCM orde dua menggunakan dasar

perhitungan matriks kookurensi(matriks ketetangaan) dan jarak. Berikut *flowchart* metode GLCM (*Gray Level Coocurrence Matrix*) orde 2:



Gambar 3.4 *Flowchart* Metode GLCM (*Gray Level Coocurrence Matrix*) Orde Dua

Flowchart di atas menjelaskan proses perhitungan GLCM dengan proses awal penentuan area kerja matriks kookurensi. Matriks kookurensi ini dapat dihitung menggunakan sudut (θ) dan jarak (d). Sistem ini akan menghitung 4 buah sudut yang telah direduksi dari 8 arah menjadi 0° , 45° , 90° , dan 135° serta dengan jarak $d=1$. Kemudian hasil perhitungan sudut dan jarak akan dijumlahkan dengan matriks transposenya. Hasil penjumlahan matriks akan dihitung nilai rata-ratanya, dengan menjadikan nilai matrik keseluruhan sebagai pembagiannya. Langkah selanjutnya akan menghitung 4 parameter statistik GLCM. Masing-masing ciri ini akan dihitung berdasarkan $p(i,j)$ yang merupakan nilai pada baris i dan nilai pada kolom j matriks kookurensi. Dasar inilah yang akan memunculkan kehomogenan variasi intensitas citra (*homogeneity*), konsentrasi pasangan intensitas (*energy*), ketergantungan linear pixel-pixel bertetangga (*correlation*) dan variasi pasangan tingkat keabuan (*contrast*).

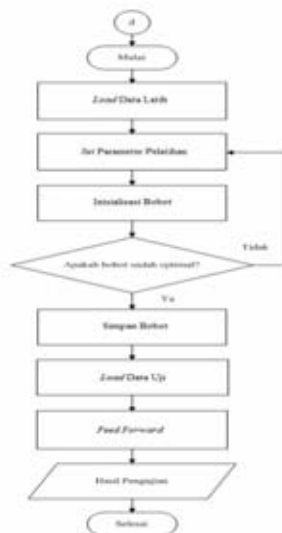
D. Klasifikasi dengan *Artificial Neural Network Backpropagation*

Algoritma yang digunakan adalah *backpropagation* atau propagasi balik, metode ini merupakan yang paling sederhana dan mudah dipahami dari metode-metode yang lain. *Backpropagation* akan merubah bobot biasanya untuk mengurangi perbedaan antara *output* jaringan dan target *output*. Pada penelitian ini digunakan fungsi pelatihan jaringan *Lavenberg-Marquardt (trainlm)*.

Tabel 3.1 Rancangan Arsitektur *Artificial Neural Network* (*Backpropagation*)

Karakteristik	Spesifikasi
Jumlah Neuron Lapisan Input	9
Jumlah Neuron Hidden Layer 1	5
Jumlah Neuron Hidden Layer 2	3
Jumlah Neuron Hidden Layer 3	1
Jumlah Neuron Lapisan Output	3
Fungsi Aktivasi	Tansig-purelin-purelin
Algoritma Training	Trainlm
Set Max. performance	10^{-5}
Set Epoch Maksimum	4000
Set Min. Gradient	10^{-7}
Nilai Mu	0.01
Validation Checks	0

Berikut salah satu contoh rancangan *flowchart* pembelajaran dan pengujian. Langkah-langkah proses pada perancangan ini dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 3.5 Diagram Alir Proses Utama Sistem

Penjelasan mengenai Diagram Alir Proses Utama Sistem:

1. Menentukan data latih, data pengujian dan target data sebagai *input* pada proses *Backpropagation*.
2. Menyetting parameter pelatihan. Kemudian dilanjutkan dengan proses pelatihan.
3. Mendapatkan *output* proses pelatihan yaitu variabel-variabel seperti bobot-bobot awal dan akhir serta bias lapisan.
4. Melakukan pengujian terhadap data-data yang ikut dilatih dengan menggunakan data yang tidak ikut dilatih atau data baru. Sehingga menghasilkan data *error* sebagai pertimbangan keberhasilan.

Berikut penjelasan pelatihan dan pengujian dalam sistem ini:

a. Pelatihan

Pelatihan merupakan sebuah tahap bagaimana suatu *artificial neural network* berlatih, yakni dengan cara melakukan perubahan penimbang (sambungan antar lapisan yang membentuk jaringan melalui masing-masing unitnya), sementara pemecahan masalah baru akan dilakukan jika proses pelatihan selesai. Proses pelatihan dilakukan dengan menggunakan 75 data kista dan tumor, data berupa hasil ekstraksi menggunakan GLCM (*Gray-Level Cooccurrence Matrix*). Pada sistem ini akan digunakan *hiddenlayer* sebanyak 3, masing-masing *hiddenlayer* memiliki : 5 *neuron* pada *hidden layer* 1, 3 *neuron* pada *hidden layer*2, dan 1 *neuron* pada *hidden layer*3. Input dari sistem ini sebanyak 3 kelompok data hasil ekstraksi ciri GLCM dengan 9 parameternya, data ini masing-masing terdiri dari 25 data kista, tumor, dan kista/tumor. Sementara targetnya -1, 0, dan 1 dengan -1 untuk kelas kista, 0 untuk kelas tumor, dan 1 untuk kelas kista/tumor. Proses pelatihan berhenti ketika salah satu syarat untuk penghentian proses pembentukan jaringan terpenuhi. Syarat yang menjadi penentu berhentinya proses pembentukan jaringan *backpropagation* ini antara lain adalah tercapainya jumlah epoch maksimum atau iterasi maksimum, nilai *mu* tidak melebihi maksimal *mu* yang telah diset dan nilai *gradient* minimum tidak kurang dari minimum *gradient*.

b. Pengujian

Proses pengujian akan dilakukan dengan menggunakan 30 citra berbeda yang belum pernah sebelumnya digunakan dalam pelatihan. Ketiga puluh data ini masing-masing mewakili 10 data kista, 10 data tumor dan 10 data kista/tumor. Proses pengujian menggunakan arsitektur yang sama dengan pelatihan. Melalui proses ini dapat dilihat sistem yang telah dibuat berjalan dengan baik atau tidak, serta pada tahap ini pula klasifikasi menjadi 3 kelas akan dilakukan untuk membedakan kista, tumor dan kista/tumor. Pengujian ini akan dilakukan sebanyak 10 kali, adapun sistem pengujiannya adalah:

1. Data pengujian terdiri dari 10 data kista, 10 data tumor dan 10 data kista/tumor. Target yang digunakan sama seperti pelatihan.
2. Data uji nomor urut 1-10 ditukar dengan data pelatihan nomor urut 1-10 dengan target yang sama dengan pelatihan.

3. Data uji nomor urut 11-20 ditukar dengan data pelatihan nomor urut 26-35 dengan target yang sama dengan pelatihan.
4. Data uji nomor urut 21-30 ditukar dengan data pelatihan nomor urut 51-60 dengan target yang sama dengan pelatihan.
5. Data uji nomor urut 1-10 ditukar dengan data pelatihan nomor urut 11-20 dengan target yang sama dengan pelatihan.
6. Data uji nomor urut 11-20 ditukar dengan data pelatihan nomor urut 36-45 dengan target yang sama dengan pelatihan.
7. Data uji nomor urut 21-30 ditukar dengan data pelatihan nomor urut 61-70 dengan target yang sama dengan pelatihan.
8. Data uji nomor urut 1-30 ditukar dengan data pelatihan nomor urut 1-10,26-36, 61-70 target yang sama dengan pelatihan.
9. Data uji nomor urut 1-30 ditukar dengan data pelatihan nomor urut 16-25,41-50,66-75 dengan target yang sama dengan pelatihan.
10. Data uji nomor urut 1-30 ditukar dengan data pelatihan nomor urut 8-17,33-42,58-67 dengan target yang sama dengan pelatihan.

E. Receiver Operating Characteristics (ROC)

ROC merupakan suatu pengukuran dalam uji diagnostic, dalam dunia media pengukuran tersebut digunakan untuk evaluasi tes medis. Berdasarkan hasil pelatihan dan pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian, untuk mengetahui tingkat keakuratan kinerja dari sistem, maka di adakan pendekatan statistikal yang berhubungan dengan keefektifan sistem ini dengan melakukan perbandingan sehingga akan diperoleh empat nilai masing-masing adalah *true positive*, *false negative*, *false positive*, dan *trueneegative*. Berikut parameter yang menentukan dalam keakuratan kinerja sistem:

1. Akurasi, menunjukkan kedekatan nilai hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya.

$$Akurasi = \frac{(TP + TN)}{(TP + TN + FP + FN)} \quad (38)$$

Akurasi Sensitivitas merupakan ukuran yang merepresentasikan nilai dari pixel citra tumor atau kista yang dikenali sebagai tumor atau kista terhadap *false* negatifnya.

$$Sensitivitas = \frac{TP}{P} = \frac{TP}{(TP + FN)} \quad (39)$$

2. Specificitas adalah ukuran yang merepresentasikan nilai dari pixel bukan tumor atau kista yang dikenali bukan citra tumor atau kista terhadap *true* negatifnya.

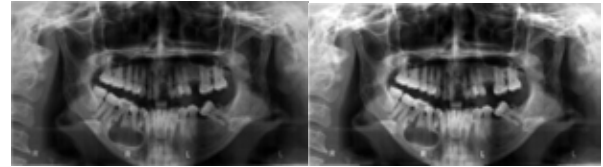
$$Spesificity = \frac{TN}{N} = \frac{TN}{(FP + TN)} \quad (40)$$

Dimana TP merupakan pixel citra tumor atau kista, FP merupakan pixel citra bukan tumor atau kista namun dikenal sebagai tumor atau kista. FN adalah citra tumor atau kista namun tidak dikenali sebagai tumor atau kista, sementara TN

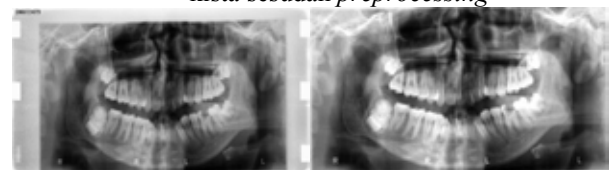
merupakan bukan pixel citra tumor atau kista dan dikenali bukan tumor atau kista.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Preprocessing



Gambar 4.1 Hasil preprocessing data citra panoramik kista; (a) Citra kista sebelum preprocessing (b) Citra kista sesudah preprocessing



Gambar 4.2 Hasil preprocessing data citra panoramik tumor; (a) Citra tumor sebelum preprocessing (b) Citra tumor sesudah preprocessing



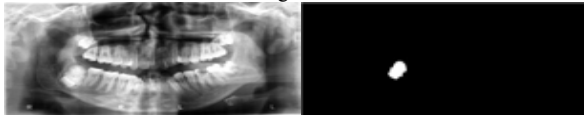
Gambar 4.3 Hasil preprocessing data citra panoramik kista/tumor; (a) Citra kista/tumorsebelum preprocessing (b) Citrakista/tumorsesudah preprocessing

Citra yang telah ter-preprocess akan berubah menjadi citra *grayscale* sehingga terjadi keseragaman. Kemudian dilakukan pengaturan *contrast* karena Citra yang didapat dari rumah sakit terkadang gelap dan kurang jelas. Setelah *contrast* diatur citra terlihat lebih tajam dan jelas. Tahap pelengkap dari preprocessing ini adalah penggunaan *filter median*. Setelah melalui filter median *noise* tersebut hilang, bagian hitam (*radiolusen*) dan bagian putih (*radioopak*) menjadi lebih jelas dan *noise* berkurang. Tahap terakhir adalah perubahan ukuran (*resize* citra). Perubahan ukuran citra ini mempermudah sistem untuk menjalankannya dan menghemat *memory* penyimpanan.

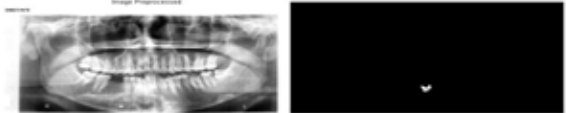
B. Hasil Segmentasi dengan *Active Contour*



Gambar 4.4 Hasil Proses Segmentasi Citra Panoramik Kista



Gambar 4.5 Hasil Proses Segmentasi Citra Panoramik Tumor



Gambar 4.6 Hasil Proses Segmentasi Citra Panoramik Kista/tumor

Pada tahap ini digunakan metode *Active Contour* dan bantuan *level set* untuk merubahnya menjadi citra biner. Daerah *lesion* akan terbagi menjadi warna putih sementara yang lainnya akan berubah menjadi hitam. Hasil segmentasi berupa citra biner ini akan memperlihatkan perbedaan *lesion* dan bagian yang sehat. Perbedaan nilai ini yang akan menjadi dasar citra tersegmentasi ini untuk dirubah menjadi citra biner. Segmentasi ini dapat diterapkan untuk semua kelas citra.

C. Hasil dengan *Gray Level Cooccurrence Matrix (GLCM)*

Nilai parameter seperti *Mean*, *Variance*, *Skewness*, *Kurtosis* dan *Entropy* didapatkan dengan orde 1, perhitungannya dimasukkan ke masing-masing rumus 5 parameter. Kemudian cara kerja GLCM orde 2 adalah dengan menghitung matrik kookurensi dan dijadikan faktor pengali empat nilai parameter.

Tabel 4.1 Hasil Ekstraksi GLCM pada Citra Panoramik Kista, Tumor, dan Keduanya

Ekstraksi	Kista	Tumor	Bukan
Mean	93,4196	101,9565	92,4558
Variance	15079,7659	15559,8120	15016,4769
Skewness	0,5549	0,4099	0,5718
Kurtosis	-1,6914	-1,8255	-1,6730
Entropy	1,1289	1,1985	1,1174
Energy	0,5169	0,4975	0,5196
Contrast	300,9454	355,6877	293,1872
Correlation	0,9900	0,9886	0,9902
Homogeneity	0,9737	0,9670	0,9748

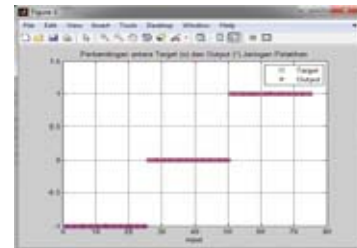
Terlihat dari ketiga tabel di atas perbedaan-perbedaan nilai dari 9 ekstraksi *gray level cooccurrence matrix*(GLCM) berdasarkan nilai rata-rata tiap kelasnya. Terlihat *range* nilai ekstraksi ketiga kelas ini mempunyai nilai yang tidak teralu jauh antara perkelasnya. Jika diklasifikasi secara manual berdasarkan penglihatan nilai-nilai tersebut agak sulit untuk diklasifikasikan. Namun penelitian ini akan mengklasifikasi

ketiga kelas tersebut dengan bantuan *artificial neural network*, *backpropagation*.

Hasil Klasifikasi *Artificial Neural Network*

a. Hasil Pelatihan

Sebelum dilakukan pengujian, jaringan akan dilatih terlebih dahulu dengan sejumlah data. Pelatihan digunakan untuk mendapatkan bobot yang optimal. Selain itu digunakan untuk melatih atau melakukan pembelajaran kepada jaringan. Berikut adalah hasil pelatihan dengan metode *ANN Backpropagation*:

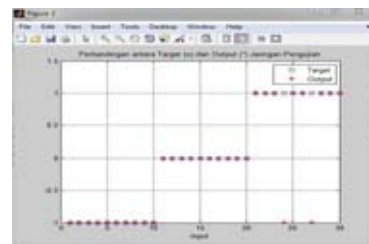


Gambar 4.7 Grafik Target dan Output pelatihan (*training*)

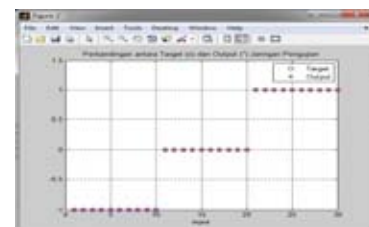
Lingkaran (o) sebagai target dan tanda bintang (*) sebagai *output* yang dihasilkan oleh pelatihan ini. Nilai -1 mewakili kelas kista yang terdiri dari 25 data, nilai 0 mewakili kelas tumor terdiri dari 25 data dan nilai 1 mewakili kelas kista/tumor terdiri dari 25 data. Terlihat bahwa *output* pelatihan seluruhnya telah mengisi target klasifikasi, hal ini berarti *output* pelatihan sudah baik dan bobot yang telah dilatih telah sesuai. Persentase keberhasilannya 100% untuk semua kelas.

b. Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem mengenali kista, tumor dan bukan keduanya. Berikut adalah 2 jenis grafik hasil dari pengujian dengan metode *ten pole*:



(a)



(b)

Gambar 4.8 Kedua jenis grafik perbandingan target dan *output* sepuluh pengujian (a) Jenis grafik pertama (b) Jenis grafik kedua

Berdasarkan Gambar 4.8 menunjukkan perbandingan target dan *output* sepuluh pengujian. Grafik jenis pertama terjadi pada pengujian 1,2,3,5,6,8 dan 9. Jenis grafik ini dapat dilihat bahwa data kelas bukan keduanya dengan nomor urut 4 dan 7 akan menjadi penyebab *output* tidak akan memenuhi target di setiap tempat pertukarannya, baik dikelas kista, tumor dan kista/tumor. Data 4 dan 7 tidak termasuk ke dalam 3 kelas tersebut. Persentase untuk kista dan tumor antara target dan *output* 100%, sementara pada kelas bukan keduanya 80%. Berikut nilai ekstraksi ciri data 4 dan 7:

Tabel 4.2 Nilai ekstraksi ciri data uji 4 dan 7

Mean	92.2090	92.2002
Variance	15000.5031	14999.6211
Skewness	0.5761	0.5763
Kurtosis	-1.6681	-1.6679
Entropy	1.1077	1.1100
Energy	0.5209	0.5207
Contrast	282.6658	283.0274
Correlation	0.9906	0.9905
Homogeneity	0.9759	0.9757

Jika dilihat dari nilai ekstraksi ciri data 4 dan 7 perbedaan yang membuat mereka tidak mencapai target adalah nilai minimal dari kelas kista/tumor yakni nilai *mean* kurang dari 92.2245, nilai *variance* kurang dari 15001,4823, nilai *entropy* kurang dari 1.1100, nilai *energy* 0.5207-0.5209 dan nilai *contrast* kurang dari 283.0000. Kelima nilai ini tidak termasuk dalam limit dimasing-masing kelasnya. Selain 5 nilai tersebut nilai-nilai parameter ekstraksi ciri sudah sama dengan nilai data yang lain. Sementara jenis grafik kedua adalah *output* sepenuhnya memenuhi target yang telah ditentukan yaitu pada pengujian 4, 7 dan 10. Hal ini karena data 4 dan 7 ditukar dengan data pelatihan.

E. Hasil Receiver Operating Characteristics (ROC)

Tabel 4.3 Hasil Akurasi Kelas Kista, Tumor dan Kista/tumor 10

Pengujian	Presentase Akurasi
1	95.3%
2	95.3%
3	95.3%
4	95.7%
5	95.3%
6	95.3%
7	95.7%
8	95.3%
9	95.3%
10	95.7%
Rata-rata	95.42%

Tabel 4.4 Akurasi Kelas Kista, Tumor, Dan Kista/tumor

NO.	Klasifikasi	Akurasi
1.	Kista	95.3%
2.	Tumor	95.3%
3.	Kista/tumor	91.08%
Rata-rata akurasi		93.89%

Berdasarkan tabel 4.4 tingkat akurasi kelas kista dan tumor mengalami kesamaan sebesar 95.3% sementara pada kelas kista/tumor mempunyai nilai akurasi sebesar 91.08%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem ini belum bekerja baik untuk kelas kista/tumor. Penyebabnya adalah bobot-bobot yang sudah dilatih pada pelatihan itu kurang optimal untuk kelas kista/tumor.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan hasil penulisan skripsi ini adalah:

1. Metode segmentasi *active contour* berhasil dilakukan melalui proses penandaan secara manual pada seluruh citra radiografi panoramik berdasarkan ciri khusus dari masing-masing penyakit dibawah pengawasan dokter gigi.
2. Ekstraksi ciri menggunakan *gray level cooccurrence matrix* (GLCM) orde 1 dan 2 ini dilakukan melalui 9 parameter. Pada setiap parameternya kelas kista dan tumor menunjukkan nilai yang relative berbeda sementara kelas kista dan kista/tumor menunjukkan kemiripan nilai ekstraksi ciri.
3. Persentase keberhasilan berdasarkan 10 pengujian menggunakan *artificial neural network, backpropagation* sebesar 95,42%. Sementara presentase keberhasilan berdasarkan perkelasnya menggunakan *artificial neural network, backpropagation* sebesar 93.89% dengan pembagian presentase kista sebesar 95.3%, tumor sebesar 95.3% dan kista/tumor sebesar 91.08%. Hasil presentase di atas menunjukkan sistem ini baik untuk kelas kista dan tumor, sementara kurang baik untuk mengenali kelas kista/tumor.
4. Klasifikasi kista dan tumor mulut serta penentuan diagnosa harus didukung oleh beberapa pemeriksaan oleh dokter dan pengambilan sampel uji laboratorium poli gigi.

B. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Melakukan proses segmentasi menggunakan *active contour* secara otomatis agar dapat mengetahui perbedaan segmentasi secara manual dan otomatis.
2. Mengganti 9 parameter ekstraksi ciri GLCM untuk membuktikan apakah parameter mempunyai pengaruh besar terhadap proses pengklasifikasian.

3. Jaringan dibuat menggunakan algoritma pembelajaran dan pelatihan yang lain agar bisa diketahui algoritma mana yang lebih bagus hasilnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Angkoso, Cucun Very, Ingrid Nurtanio, I Ketut Eddy Purnama dan Mauridhi Hery Purnomo.2011.Analisa Tekstur Untuk Membedakan Kista dan Tumor Pada Citra Panoramik Rahang Gigi Manusia.Paper.Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo, *ISSN: 2088 - 4796*.Bangkalan Madura.
- [2] Pengertian Jaringan Syaraf Tiruan, *Backpropagation*. Diakses pada tanggal 5 Oktober 2015. <https://dindyprajaya.wordpress.com/2014/10/27/backpropagation/>
- [3] Pengertian kista. Diakses pada tanggal 5 Oktober 2015. <http://wanenoor.blogspot.co.id/2012/01/pengertian-penyebab-dan-solusi.html>
- [4] Pengolahan Citra. Diakses pada tanggal 7 Oktober 2015. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/41889/3/Chapter%20II.pdf>
- [5] Nurtanio, Ingrid, I Ketut Eddy Purnama, Mochamad Hariadi, dan Mauridhi Hery Purnomo.2011.*Cyst an Tumor Lesion Segmentation on Dental Panoramic Images using Active Contour Models*.Jurnal *Technology and Science* IPTEK.
- [6] Indriyani, Tutuk, Dwi Ratnasari. Metode *Active Contour* Berbasis *Level Set* Untuk Segmentasi Tingkat Kerusakan Jalan Raya (Studi Kasus Jalan Di Surabaya).Jurnal, Teknik Informatika Institut Teknologi Adhitama Surabaya, *ISBN: 978-602-98569-1-0*.Surabaya.
- [7] Adli, Muhammad Rofiki.2016.Klasifikasi Motif Batik Banten Menggunakan *Support Vector Machine*.Jurnal, *Electrical Department* Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.Cilegon.
- [8] Kusumadewi, Sri.2004.Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab dan *Excel Link*.Yogyakarta:Graha Ilmu.

Pembuatan Generator Pulsa Terprogram Untuk Transduser Ultrasonik Sebagai Peralatan Pemeriksa Cacat Logam

Maulana¹, Rocky Alfan, S.T., M.Sc², dan Ir. Ri Munarto, M.Eng³

¹ Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
Jl. Jenderal Sudirman Km. 3 Cilegon-Banten 42435

Email: maulana842@rocketmail.com

² Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
Jl. Jenderal Sudirman Km. 3 Cilegon-Banten 42435

Email: alfanfteuntirta@yahoo.com

³ Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
Jl. Jenderal Sudirman Km. 3 Cilegon-Banten 42435

Email: rim_munarto@yahoo.com

Abstract - The process of detection of metals such as steel structure is very important in understanding the material conditions in order to be able to take precaution before the occurrence of malfunction of the equipment when in use. Ultrasonic NDT (Ultrasonic Testing (UT)) is a technique that is widely used and more effective for testing flaws (internal flaws) of a metal material compared to other techniques such as, x-radiography and eddy current. Testing results of made NDT-UT equipment in this research (AD9850 DDS testing, testing of the final amplifier circuit, and metal flaw detection) at frequency range of 1 kHz - 1 MHz, the maximum pulse width that can be generated by the AD9850 DDS is 900.0 μ s to 900, 0 ns, and minimum pulse width of 70.0 μ s range up to 100.0 ns. While the results of the testing of the final amplifier circuit is at a frequency of 1 kHz, the amplitude of the pulse generator output can reach -70 volts, but at 1MHz frequency pulse amplitude is raised down to the amount of -10.4 volts. In the process of flaw detection of metal, there is a decrease in the amplitude of the oscillation signal received by the receiving transducer when the detection process performed on the artificial flaws, with a decrease of 0.48 millivolts (in part without artificial flaws detected maximum amplitude of oscillation of 1.68 millivolts and in part with artificial flaws detected maximum amplitude of 1.2 millivolts) on S45C steel and a decrease of 0.24 millivolts (in part without artificial flaws detected maximum amplitude of oscillation of 3.68 millivolts and in part by the artificial flaws detected maximum amplitude was 3.44 millivolts) on ASTM A36 steel so it can be concluded that the pulse generator has been working properly and can detect flaws of a metal.

Keywords: Ultrasonic NDT, AD9850 DDS, amplifier circuit, metal flaw detection

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Inspeksi terhadap struktur material logam seperti baja sangat penting untuk mengetahui kondisi material dan melakukan tindakan preventif sebelum terjadinya kegagalan fungsi peralatan pada saat digunakan. Penurunan fungsi terjadi akibat keretakan, korosi, penyambungan, kelelahan penggunaan material dalam kurun waktu yang lama. Pengujian material dengan metode *Non Destructive Testing* (NDT) adalah pengujian material tanpa menyebabkan kerusakan pada material tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk mendeteksi dan menentukan lokasi, ukuran dan

karakteristik cacat. *Ultrasonic NDT (Ultrasonic Testing (UT))* merupakan salah satu teknik yang digunakan secara luas dan lebih efektif untuk pengujian cacat dalam (*internal defect*) material dibandingkan dengan teknik yang lain seperti, *x-radiography* dan *eddy current* [1].

Ultrasonic Testing (UT) menggunakan media gelombang ultrasonik (gelombang suara) yang mempunyai frekuensi tinggi > 20 kHz. Gelombang ultrasonik dapat ditimbulkan oleh perubahan energi listrik ke energi mekanik dari suatu transduser yang disebut *probe*, melalui efek piezoelektrik. Efek piezoelektrik ini merupakan efek *reversible* artinya bila dapat terjadi perubahan energi listrik ke mekanik, maka perubahan energi mekanik ke energi listrikpun terjadi. Untuk memeriksa tebal bahan dan adanya cacat di dalam suatu bahan dengan gelombang ultrasonik dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu teknik resonansi, teknik transmisi, dan teknik gema[2].

Pada aplikasi NDT dan NDE (*Non-Destructive Evaluation*) gelombang ultrasonik memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan sumber radiasi lain diantaranya *portable*, bahaya radiasi kecil, harga relatif murah, banyak data fisis yang diperoleh, dan penggunaan energi catu daya yang terbilang kecil[3].

Transduser ultrasonik dieksitasi dengan pulsa listrik dan mentransmisikan pulsa ultrasonik ke bahan yang sedang diperiksa. Pulsa ultrasonik merambat dalam material tersebut dan dipantulkan, dibiaskan, disebarkan, atau ditransmisikan. Sinyal tersebut kemudian ditangkap kembali oleh transduser yang sama (mode transceiver) atau transduser lain yang terpisah dan dikonversi ke dalam sinyal listrik. Sinyal ini kemudian dikuatkan, ditapis, dan diionversi ke dalam bentuk digital[4].

Berdasarkan fakta-fakta yang telah diuraikan diatas, pada penelitian kali ini akan dipilih judul “Pembuatan Generator Pulsa Terprogram untuk Transduser Ultrasonik sebagai Peralatan Pemeriksa Cacat Logam” dengan tujuan melakukan peningkatan kinerja pada pembangkit pulsa agar didapat pengaturan generator besaran-besaran pada generator pulsa yang lebih mudah dan stabil, yaitu dengan menggunakan modul DDS AD9850 (modul khusus pembangkitan pulsa berfrekuensi tinggi) yang di-*drive* oleh Arduino Nano

(dimensinya lebih kecil dibandingkan dengan jenis Arduino lainnya seperti Arduino Uno) sehingga didapatkan kestabilan pulsa yang baik dan desain alat dapat lebih kecil. Adapun cara mengatur besaran frekuensi yang dibangkitkan melalui DDS AD9850, yaitu secara terprogram menggunakan *keypad*, lebar pulsa diatur menggunakan potensiometer yang terdapat pada modul DDS AD9850, sedangkan amplitudo pulsa diatur dengan potensiometer yang terdapat pada *power supply* tegangan variabel. Diharapkan dengan metode seperti ini, mampu dihasilkan suatu generator pulsa terprogram yang lebih baik.

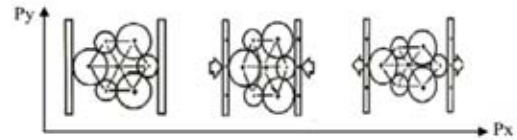
1.2 Tujuan

1. Menentukan desain generator pulsa terprogram yang dapat men-*drive* sensor ultrasonik.
2. Mengetahui pengaruh penguatan pulsa terhadap frekuensi pulsa yang dibangkitkan.
3. Mengetahui kinerja generator pulsa apakah sudah bekerja dengan benar.
4. Mendapatkan data hasil pengujian langsung cacat logam oleh generator pulsa.

1.3 Batasan Masalah

1. Generator pulsa hanya membangkitkan sinyal tegangan berbentuk pulsa (gelombang kotak).
2. Bahan uji yang digunakan adalah baja jenis S45C dan ASTM A36.
3. Metode pengujian menggunakan teknik transmisi.
4. Tidak membahas tentang kecepatan respon dari peralatan yang dibuat maupun peralatan penunjang lain yang digunakan.
5. Pengaturan pada sinyal yang dibangkitkan dilakukan pada amplitudo, frekuensi, dan lebar pulsa.
6. Tidak membahas mengenai respon-respon waktu dari elemen-elemen semikonduktor yang akan digunakan sebagai penyusun rangkaian utama pada pembangkit sinyal, mikrokontroller, maupun pada penguat.
7. Transduser ultrasonik yang digunakan jenis PXR 02 dengan spesifikasi lebar pulsa sebesar 50 μs (20 kHz).

piezoelektrik. Bahan tersebut bersifat seperti kapasitor dengan konstanta dielektrik tertentu yang memiliki perbedaan muatan listrik dalam lapisannya. Pada keadaan setimbang, total permukaan searah sumbu- y adalah nol. Kemudian pada kristal tersebut diberikan gaya searah sumbu-x (F_x). Maka pada kedua permukaan sejajar sumbu-y terjadi perubahan muatan . Efek piezoelektrik pada kristal kuarsa ditunjukkan Gambar berikut[3].



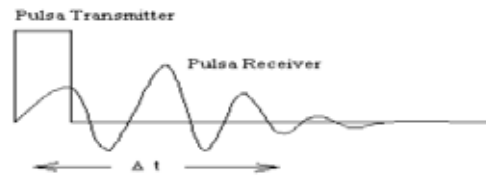
Gambar 2.2 Kristal Piezoelektrik[3]

Vektor polarisasi tersebut adalah:

$$P = P_{xx} + P_{yy} + P_{zz} \dots \dots \dots (1)$$

P_{xx} merupakan vector polarisasi sejajar sumbu-x, P_{yy} vector polarisasi sejajar sumbu-y, dan P_{zz} vector polarisasi sejajar sumbu-z. Pada kristal tersebut dapat dipandang sebagai kapasitor dengan kapasitansi C dan tegangan V .

Material dari transduser mengeluarkan gelombang ultrasonik dan melakukan resonansi secara mekanik disesuaikan dengan frekuensi sinyal yang diperlukan. Pada sistem analisa material, formasi tegangan yang digunakan untuk menggerakkan transduser berupa pulsa *dirac* yang tegangan dan frekuensinya disesuaikan dengan kebutuhan. Pulsa yang dieksitasikan oleh rangkaian pemancar ultrasonik akan diredam oleh material dan akan diperoleh bentuk sinyal seperti ditunjukkan Gambar.



Gambar 2.3 Bentuk Pulsa Eksitasi dan Sinyal yang Dipancarkan Transduser[3].

Dikarenakan pulsa eksitasi yang dipancarkan secara terus-menerus, maka terdapat siklus kerja/*duty cycle* (D) yang besarnya adalah:

$$D = \frac{t_{on}}{T} \dots \dots \dots (2)$$

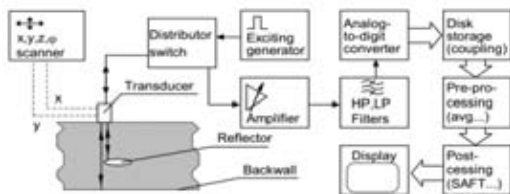
dengan t_{on} adalah waktu nyala dari pulsa eksitasi, dan T adalah periode pulsa eksitasi.

2.1.1 Teknik-tenik Ultrasonic Testing

Untuk memeriksa tebal bahan dan adanya cacat di dalam suatu bahan dengan gelombang ultrasonik dapat

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Konsep Dasar NDT-UT



Gambar 2.1 Diagram Perlengkapan Sistem NDT Ultrasonik[4]

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang akustik frekuensi tinggi yang tidak mampu didengar oleh telinga manusia. Pada sistem elektronik, gelombang ultrasonik pada umumnya dibangkitkan melalui kristal tipis yang bersifat

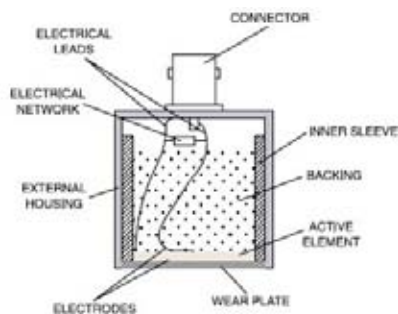
dilakukan dengan tiga cara, yaitu teknik resonansi, teknik transmisi, dan teknik gema[2].

2.1.2 Perambatan Getaran

Perambatan gelombang ultrasonik dapat terbagi menjadi beberapa mode perambatan, yaitu Mode Gelombang Longitudinal (*Pressure Wave*), Mode Gelombang Transversal (*Shear Wave*), Mode Permukaan, Mode Pelat [2]

2.1.3 Transduser Ultrasonik

Transduser merupakan suatu alat yang memiliki kemampuan untuk dapat mengubah suatu besaran fisis ke besaran fisis lainnya. Dalam kasus transduser ultrasonik, maka transduser ini memiliki kemampuan untuk mengubah suatu besaran listrik menjadi besaran mekanik (getaran yang menimbulkan suara) ataupun sebaliknya[5].



Gambar 2.4 Konstruksi Transduser Ultrasonik[5]

Berdasarkan konstruksi penyusunnya, transduser ultrasonik memiliki tiga buah komponen utama, yaitu elemen aktif (piezoelektrik), *backing material* (material penahan), dan *wear plate* (pembungkus). Berdasarkan konstruksi transduser dari gambar 2.4, sinyal tegangan dc berbentuk gelombang kotak diumpungkan ke elemen aktif melalui konektor sehingga sinyal tegangan dapat langsung ditransformasikan menjadi getaran suara.

Adapun transduser yang terdapat saat ini memiliki berbagai macam jenis. Namun secara umum, transduser yang biasa digunakan pada *ultrasonic testing* terdiri dari tiga jenis, yaitu *Angle Beam Transducer*, *Delay Line Transducer*, *Immersion Transducer*[5].

2.2 Pesawat Ultrasonik

Pesawat Ultrasonik Pesawat ultrasonik mempunyai kesamaan dengan osiloskop dimana pengukuran yang dilakukan berdasarkan pengukuran waktu dan tegangan. Pengukuran waktu dipresentasikan pada skala horizontal sebagai pengukuran jarak tempuh gelombang ultrasonik. Pengukuran tegangan dipresentasikan pada skala vertikal sebagai pengukuran amplitudo untuk mengetahui koefisien atenuasi gelombang yang melalui medium tersebut. Skala horizontal dan vertikal ini harus linear agar dan menghasilkan nilai keluaran yang akurat.

2.2.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler sering dikenal dengan sebutan μ C, uC, atau MCU. Terjemahan bebas dari pengertian tersebut bisa dikatakan bahwa mikrokontroler adalah komputer yang berukuran mikro dalam satu *chip IC (integrated circuit)* yang terdiri dari *processor*, *memory*, dan antarmuka yang bisa diprogram. Jadi disebut komputer mikro karena dalam IC atau chip mikrokontroler terdiri dari CPU, *memory*, dan I/O yang mana pengguna bisa mengontrol dengan memrogramnya. I/O juga sering disebut dengan GPIO (*General Purpose Input Output Pins*) yang berarti pin yang bisa diprogram sebagai input atau output sesuai kebutuhan.

2.2.2 DDS AD9850

AD9850 merupakan sebuah piranti terintegrasi tinggi yang menggunakan teknologi tinggi DDS yang terpasang dengan sebuah konverter D/A internal berkinerja dan berkecepatan tinggi dan komparator untuk membentuk pensintesis frekuensi terprogram secara digital dan generator fungsi *clock*.

2.2.3 74HCT04 Hex Inverter

IC 74HCT menyediakan enam buah inverter dengan standar output *push-pull*. Piranti ini didesain untuk beroperasi pada tegangan 4,5 hingga 5 volt. Fungsi boolean yang terdapat pada IC ini adalah

$$Y = \text{NOT } A \dots \dots \dots (3)$$

2.2.4 Penguat Pulsa (Switch Transistor)

Cara yang termudah untuk menggunakan sebuah transistor adalah sebagai sebuah saklar (*switch*), artinya bahwa transistor dioperasikan pada salah satu dari kondisi saturasi atau titik sumbat, tetapi tidak di sepanjang garis-garis beban. Jika sebuah transistor berada pada keadaan saturasi, transistor tersebut seperti sebuah saklar tertutup dari kolektor ke emiter. Jika kolektor tersumbat (*cutoff*), transistor seperti sebuah saklar terbuka.

2.2.5 Power Supply

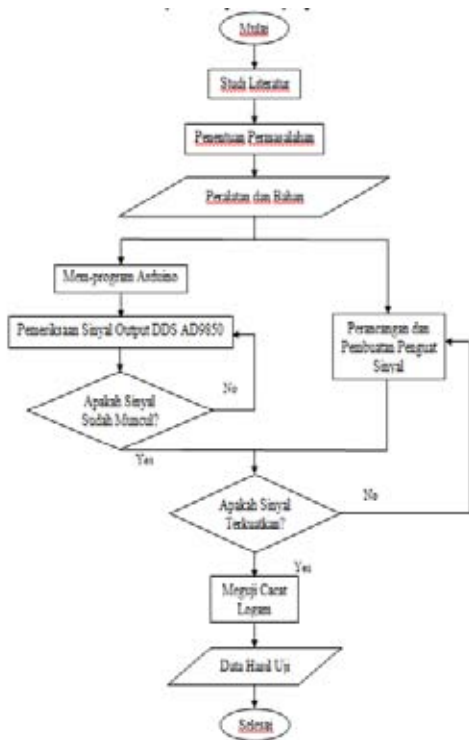
Rangkaian *power supply* dapat dibuat dari sebuah trafo *step-down*, penyearah jembatan, yang terdiri dari empat buah diode, penapis kapasitor, dan hambatan beban. [13]

2.2.6 Regulator Tegangan

Untuk dapat menghasilkan tegangan dc yang lebih baik lagi, dapat pula digunakan IC regulator jenis LM 78XX dengan XX merupakan spesifikasi tegangan regulasi yang ingin didapatkan, sebagai contoh jika diinginkan tegangan teregulasi sebesar 5 volt maka dipilih IC LM7805, atau jika diinginkan tegangan teregulasi sebesar 12 volt dapat dipilih IC LM 7812[12].

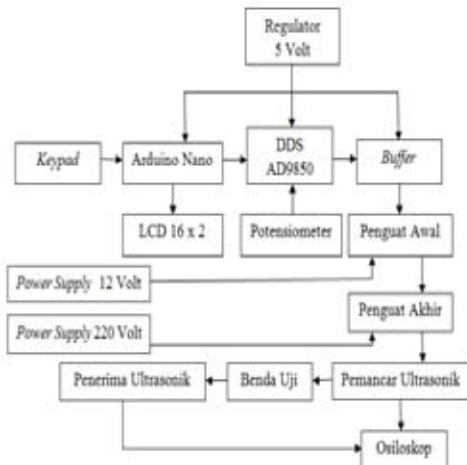
III. METODE PENELITIAN

3.1 Flowchart Penelitian



Gambar 3.1. Flowchart Penelitian

3.2 Perancangan Pembangkitan Sinyal



Gambar 3.2. Blok Diagram Pembangkitan Sinyal HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil penelitian. Hasil penelitian dapat dilengkapi dengan tabel, grafik (gambar), dan/atau bagan.

Pembahasan penelitian memaparkan hasil pengolahan data, menginterpretasikan penemuan secara logis, mengaitkan dengan sumber rujukan yang relevan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Modul DDS AD9850

Tabel 4.1 Data Pengujian Sinyal Keluaran DDS AD9850

Frekuensi yang Diatur	Frekuensi Terbaca di Osiloskop	Lebar Pulsa Minimum	Lebar Pulsa Maksimum
1kHz	1,000 kHz	70,00 μ s	900,0 μ s
10 kHz	10,000 kHz	7,00 μ s	90,00 μ s
100 kHz	99,998 kHz	700,00 ns	9,04 μ s
500 kHz	499,989 kHz	190,00 ns	1,86 μ s
1 MHz	999,977 kHz	100,0 ns	900,0 ns

Tujuan pengujian modul DDS AD9850 yaitu memastikan bahwa amplitudo, frekuensi, dan lebar pulsa yang akan dihasilkan dari proses pembangkitan sinyal telah dapat diatur sehingga dapat disesuaikan dengan transduser yang akan digunakan, dimana sebelum diumpankan ke transduser, sinyal dari DDS AD9850 dikuatkan terlebih dahulu. Pada pengujian terlihat bahwa karakteristik yang dimiliki DDS memiliki lebar pulsa minimum terjadi pada frekuensi 1 MHz dengan lebar pulsa sebesar 100 ns dan lebar pulsa maksimum terjadi pada frekuensi 1 kHz pada lebar pulsa maksimum sebesar 900 μ s.

4.2 Pengujian Rangkaian Penguat Akhir

Tabel 4.2 Data Pengujian Sinyal Keluaran Penguat Akhir

Frekuensi yang Diatur	Frekuensi Terbaca di Osiloskop	Amplitudo Tegangan
1 kHz	1,000 kHz	-70 Volt
10 kHz	10,000 Hz	-70 Volt
100 kHz	99,9980 kHz	-70 Volt
500 kHz	499,988 kHz	-20,4 Volt
1 MHz	999,976 kHz	-10,4 Volt

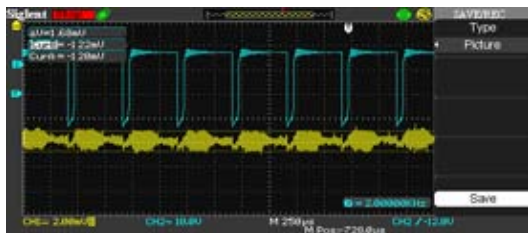
Tujuan pengujian rangkaian penguat akhir yaitu memastikan bahwa amplitudo tegangan dapat dinaikkan dari 0 volt hingga sebesar -220 volt yang mana nantinya tegangan ini dapat digunakan untuk men-drive transduser ultrasonik yang digunakan sebagai pemancar gelombang suara ultrasonic dengan spesifikasi amplitudo yang lebih variatif. Amplitudo awal diset pada -70 volt, sesuai dengan tinggi amplitudo maksimum yang masih dapat tergambar pada layar osiloskop. Akan tetapi, seiring dengan kenaikan frekuensi, maka penguatan juga ikut menurun yang pada akhirnya pada frekuensi 1 MHz, amplitudo sinyal hanya mencapai -10,4 volt.

4.3 Pendeteksian Cacat Logam

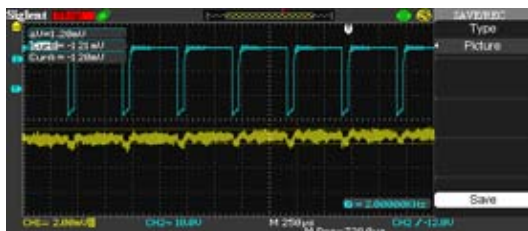
Tabel 4.3 Data Pendeteksian Cacat Logam

Jenis Baja	Amplitudo Sinyal Terima di Lokasi tanpa Cacat	Amplitudo Sinyal Terima di Lokasi dengan Cacat
S45C	1,68 milivolt	1,2 milivolt
ASTM A36	3,68 milivolt	3,44 milivolt

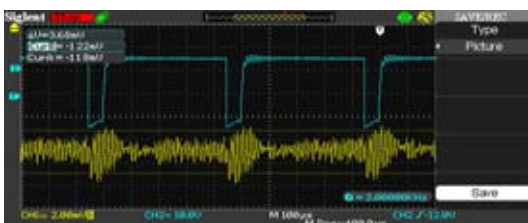
Tujuan pendeteksian cacat logam yaitu sebagai implementasi langsung generator pulsa terprogram untuk melakukan pendeteksian cacat buatan yang terdapat pada logam yang jenis dan bentuk cacatnya telah ditentukan. Hasil dari proses pendeteksian cacat logam secara langsung ini akan membawa pada kesimpulan apakah generator pulsa terprogram sudah dapat bekerja sebagaimana mestinya dan dapat digunakan untuk tujuan aplikatif. Dari data yang telah didapat dari pendeteksian cacat dua jenis baja, dapat terlihat bahwa amplitudo dari sinyal yang diterima pada bagian cacat baja terdeteksi lebih kecil dibandingkan dengan bagian baja tanpa cacat, dengan nilai perbandingan antara bagian dengan cacat dan bagian tanpa cacat sebesar 71,428 % untuk baja jenis S45C dan 93,478 % untuk baja jenis ASTM A36 sedangkan bentuk-bentuk sinyal pada tiap pendeteksian ditunjukkan seperti gambar-gambar berikut ini.



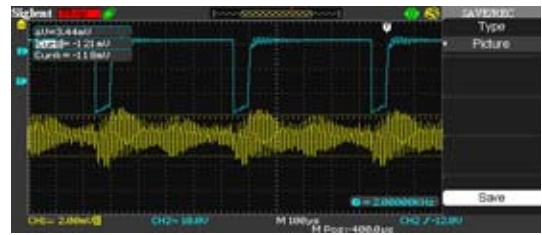
Gambar 4.1. Sinyal Baja S45C di Lokasi tanpa Cacat



Gambar 4.2 Sinyal Baja S45C di Lokasi dengan Cacat

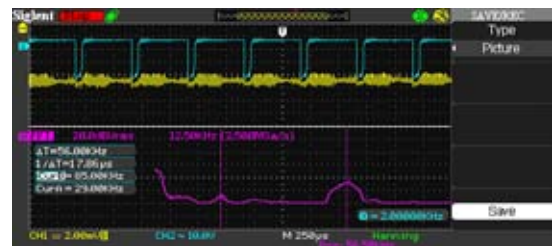


Gambar 4.3 Sinyal Baja ASTM A36 di Lokasi tanpa Cacat



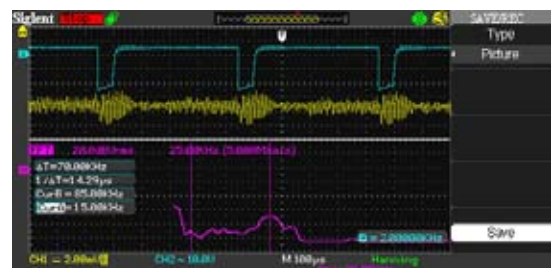
Gambar 4.4 Sinyal Baja ASTM A36 di Lokasi dengan Cacat

Frekuensi pada sinyal yang diterima ketika pendeteksian dilakukan pada baja S45C ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.5 Sinyal Ungu Menunjukkan Frekuensi Sinyal Terima

Dari banyak frekuensi yang diterima,, terdapat amplitudo pada frekuensi 29 kHz, ini frekuensi yang terdekat dengan spesifikasi frekuensi transduser, yaitu sebesar 20 kHz. Frekuensi yang lain dimungkinkan berasal dari luar yang terdapat pada lingkungan atau alat-alat listrik yang digunakan, kemudian masuk ke dalam proses pengukuran. Sedangkan frekuensi pada sinyal yang diterima ketika pendeteksian dilakukan pada baja ASTM A36 ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.6 Frekuensi Sinyal Terima Berwarna Ungu

seperti halnya pada baja S45C, terdapat banyak frekuensi yang diterima dan salah satunya amplitudo yang terdapat pada frekuensi 15 kHz, hal ini yang paling dekat dengan spesifikasi frekuensi transduser, yaitu sebesar 20 kHz, akan tetapi terdapat banyak frekuensi lain yang salah satunya juga memiliki amplitudo yang hampir mengimbangi frekuensi 15 kHz, yaitu frekuensi sebesar 85 kHz. Ini dimungkinkan merupakan frekuensi dari luar yang terdapat pada lingkungan yang berasal dari alat-alat listrik yang digunakan kemudian masuk ke dalam proses pengukuran.

4.4 Pengujian Rangkaian *Power Supply*

4.4.1 Pengujian *Power Supply* 12 Volt

Secara matematis $V_{out} = 16,97$ volt.

Hasil pengukuran pada kondisi sesungguhnya menunjukkan nilai tegangan sebesar 16,16 volt.

Hasil pengujian yang didapatkan menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda dibandingkan dengan hasil perhitungan, perbedaannya hanya sebesar 4,773 %. Hal ini mungkin terjadi disebabkan beberapa faktor, yang pertama yaitu voltmeter menjadi beban ketika melakukan pengukuran tegangan keluaran karena tidak ada voltmeter riil yang memiliki hambatan masukan yang besarnya tak berhingga. Faktor kedua yaitu keakuratan pembacaan dari voltmeter itu sendiri, sehingga tegangan dapat terbaca lebih tinggi ataupun lebih rendah dari nilai yang seharusnya, dimana dalam kasus ini tegangan yang terbaca lebih rendah. Faktor ketiga adalah adanya arus bocor pada kapasitor elektrolit yang digunakan sebagai penghalus *ripple* tegangan keluaran, dan faktor terakhir adalah adanya lintasan-lintasan resistif lain yang tidak terduga yang membentang dari kutub positif ke kutub negatif.

4.4.1 Pengujian *Power Supply* 220 Volt

Secara matematis, tegangan keluaran pada rangkaian ini sebesar $V_{out} = 311,127$ volt.

hasil pengukuran pada kondisi sesungguhnya menunjukkan nilai tegangan sebesar 271,1 volt.

Hasil pengujian yang didapatkan menunjukkan fakta yang tidak jauh berbeda dibandingkan dengan hasil yang didapatkan pada rangkaian *power supply* 12 volt sebelumnya, yaitu adanya perbedaan antara hasil perhitungan dan pengukuran langsung. Besar perbedaan ini adalah 12,865 %, dan jauh lebih besar dibandingkan pada nilai pada rangkaian *power supply* 12 volt. Hal ini mungkin terjadi disebabkan beberapa faktor, yang pertama yaitu karena rangkaian menggunakan dua trafo, maka rugi-rugi pada trafo pertama dan kedua akan menurunkan hasil tegangan yang bisa dibangkitkan oleh rangkaian *power supply* ini. Faktor kedua, voltmeter menjadi beban ketika melakukan pengukuran tegangan keluaran karena tidak ada voltmeter riil yang memiliki hambatan masukan yang besarnya tak berhingga. Faktor ketiga yaitu keakuratan pembacaan dari voltmeter itu sendiri, sehingga tegangan dapat terbaca lebih tinggi ataupun lebih rendah dari nilai yang seharusnya, dimana dalam kasus ini tegangan yang terbaca lebih rendah. Faktor keempat adalah adanya arus bocor pada kapasitor elektrolit yang digunakan sebagai penghalus *ripple* tegangan keluaran, dan faktor terakhir adalah adanya lintasan-lintasan resistif lain yang tidak terduga yang membentang dari kutub positif ke kutub negatif.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian yang telah dilakukan mengenai pembuatan generator pulsa terprogram untuk transduser ultrasonik sebagai peralatan pemeriksa cacat logam membawa pada kesimpulan bahwa :

1. Desain generator pulsa terprogram yang terdiri dari komponen utama, yakni Arduino Nano (yang men-*drive* DDS AD9850), dan rangkaian penguat, dapat digunakan untuk membangkitkan sinyal gelombang kotak yang amplitudo, lebar pulsa, dan frekuensinya dapat diatur sehingga dapat digunakan sebagai peralatan pemeriksa cacat logam.
2. Amplitudo hasil penguatan semakin menurun, yaitu sebesar -10,8 volt ketika frekuensi dinaikkan hingga frekuensi maksimal yang diperbolehkan (1 MHz) sehingga spesifikasi transduser yang dapat di-*drive* oleh generator pulsa terprogram yang telah dibuat harus berada dalam cakupan nilai-nilai tersebut.
3. Hasil dari proses pengujian baja menunjukkan bahwa pada osiloskop telah muncul respon sinyal yang diterima oleh transduser ultrasonik penerima dengan indikasi telah terbacanya frekuensi oleh sinyal pada transduser penerima, yaitu sebesar 29 kHz pada baja S45C dan 15 kHz pada baja ASTM A36 dan kedua frekuensi di atas adalah yang terdekat dengan spesifikasi frekuensi transduser ultrasonik yang digunakan, yaitu sebesar 20 kHz sehingga menjadi indikasi yang kuat bahwa generator pulsa terprogram telah dapat digunakan sebagai peralatan deteksi cacat
4. Data hasil pengujian cacat pada baja jenis S45C menunjukkan persentase sinyal yang diterima pada bagian cacat dan tidak cacat sebesar 71,428 %, sedangkan untuk baja jenis ASTM A36 memiliki persentase sinyal yang diterima pada bagian cacat dan tidak cacat sebesar 93,478 %.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang mungkin dapat diberikan dalam penelitian ini agar dapat menjadi perbaikan di masa yang akan datang, yaitu sebagai berikut:

1. Kotak yang digunakan sebagai *casing* sedapat mungkin harus dapat mengisolasi radiasi-radiasi elektromagnetik yang yang tidak diinginkan yang berasal dari lingkungan luar.
2. Kabel penghubung antara generator pulsa terprogram dan transduser ultrasonik sebaiknya dipilih kabel berkualitas tinggi agar distorsi pada sinyal yang diterima dapat diminimalisir.
3. Guna mendapatkan bentuk sinyal yang lebih bagus, sebaiknya disisipkan rangkaian filter aktif antara transduser penerima dan osiloskop. Selain memilih sinyal yang akan dibaca oleh osiloskop, filter aktif juga akan menguatkan sinyal yang diterima.
4. Aplikasikan sistem pendinginan yang baik pada generator pulsa agar tidak terjadi *overheating* ketika dioperasikan dalam jangka waktu yang lama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Subiyanto L, Sarjono TA. Deteksi Cacat pada Material Baja Menggunakan Ultrasonik Non-Destructive Testing dengan Metode Continuous Wavelet Transform. Seminar Nasional Teknologi

- Informasi & Komunikasi Terapan 2012 (Semantik 2012). 23 juni 2013:466
- [2] Debora F. Pengukuran Ketebalan serta Posisi Cacat pada Sampel Carbon Steel dengan Metode Ultrasonic Testing. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya.1
- [3] Suryono, Kusminarto, Suparta GB. Rancang Bangun Pembangkit Pulsa Ultrasonik untuk Material Padat Berbasis Mikrokontroler. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV HFI Jateng & DIY. 10 Apr 2010;(ISSN 0853-0823:247-251)
- [4] Svilainis L, Puodziunas V. Ultrasonic NDE System: the hardware concept. Kaunas University of Technology, Department of Theoretical Radioengineering. 1998;(ISSN 1392-2114):34-36
- [5] Edwin R. Analisis Sinyal Sistem UT-NDT SONACT-X untuk Pendeteksian Keretakan Tabung CNG. [Skripsi] Depok: Universitas Indonesia;2010
- [6] Sugito H, Suryono, Layla D. Aplikasi Transduser Ultrasonik Jenis Immersion Transducer untuk Karakteristik Media Cair dan Pengukuran Tingkat Kekerasan Permukaan Beton. Berkala Fisika. 2009 Okt 4;12 (ISSN 1410-9662):137-143
- [7] Fathoni MH, Pirngadi H, Rivai M. Perancangan, Pembuatan dan Karakterisasi Transduser Ultrasonik 3,5 MHz untuk Pengujian Bahan Padat. Jurnal Teknik POMITS. 2013;2(ISSN: 2337-3539):306-309
- [8] Berke M. Nondestructive Material Testing with Ultrasonics Introduction to the Basic Principles. Krautkramer. [disitasi 2015 Sept 7] tersedia di: <http://saba.kntu.ac.ir/eecd/ecourses/instrumentation/ultrasonic.pdf>.
- [9] Correia C. Ultrasonic Calibration Details. The E-Journal of Nondestructive Testing. 2008 Okt:1-5
- [10] Syafrudin A, Suryono, Suseno JE. Rancang Bangun Generator Pulsa Gelombang Ultrasonik dan Implementasinya untuk Pengukuran Jarak Antara Dua Obyek. Berkala Fisika. 2008 Apr 2;11(ISSN 1410-9662):29-32
- [11] Analog Devices. CMOS, 125 MHz Complete DDS Synthesizer AD9850. [disitasi 2015 Des 10]:1-20. Tersedia di: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/datasheets/AD9850.pdf>
- [12] Fairchild. LM78XX / LM78XXA 3-Terminal 1 A Positive Voltage Regulator. [disitasi 2016 juni 2]:1-24. Tersedia di: <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/LM/LM7805.pdf>.
- [13] Surjono HD. Elektronika Teori dan Penerapan. Penerbit Cerdas Ulet Kreatif. 2007 [disitasi 2016 juni 1]:28-36. Tersedia di: <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/Herman%20Dwi%20Surjono,%20Drs.,%20M.Sc.,%20MT.,%20Ph.D./Elektronika%20-%20Teori%20dan%20Penerapan-BAB5-sc.pdf>.
- [14] Hary Santoso. Panduan Praktis Arduino untuk Pemula. www.elangsakti.com. 2015 [disitasi 2015 oktober 12]:28-36. Tersedia di: <http://www.elangsakti.com/2015/07/ebook-gratis-belajar-arduino-pemula.html>.
- [15] Diodes Incorporated. 74HCT04 Hex Inverter. [disitasi 2016 Agustus 8]:1-8. Tersedia di: http://www.diodes.com/_files/datasheets/74HCT04.pdf.
- [16] Malvino. Prinsip-prinsip Elektronika. Edisi Ketiga. M. Barmawi, Translator. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1985. 128-129 p.

Perancangan Sistem Monitoring Jaringan di Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Menggunakan PRTG

Rian Fahrizal¹, Heri Haryanto², dan Dwi Meliyani³

Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Banten,
Cilegon, 42435, Indonesia.

¹Email: rian.fahrzal@untirta.ac.id

²Email: elektrojos@yahoo.com

³Email: dwi.meliyani@yahoo.com

Abstract - Network monitoring is used to determine the quality of services in computer networks, network analysis and monitoring traffic and improve network service quality by analyzing the statistics to get traffic characteristics. Statistics provide important information about the quality of network services such as bandwidth usage, CPU load, memory, and disk Free in monitoring Router and computer devices. The data used for the monitoring system is data available from the protocol SNMP (Simple Network Management Protocol) and Netflow to every point of the network. Then, monitoring of IP flows. Both of these data to be operated via software PRTG (Paessler Router Traffic Grapher). The combination of both types of protocols provide a solid foundation for analysis and monitoring of traffic in one application. The results of the monitoring system via SNMP is a router network quality and capacity of the user's computer in the form of 4.1 msec delay, jitter of 15 msec, packet loss <1%, throughput amounted to 1,317 kbit / s, CPU Load of 21.3%, memory usage virtual memory is divided into 36% and 35% Physical memory, Hard Disk usage is divided between the folder system by 48% and 81% of the data folder. And the result is a system monitoring via NetFlow Traffic HTTP generated by Word Wide Web with more users are accessing the site.

Keywords: Network Monitoring , Quality of Service. (QOS), CPU Load , Disk Free, SNMP, Netflow.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada saat ini, pemantauan jaringan menjadi suatu hal yang cukup sulit dilakukan apabila jaringan komputer pada lingkungan intansi sudah menjadi sangat luas dan kompleks dan dimana kesalahannya tidak diketahui oleh pemantau jaringan secara manual dan pemeriksaan jaringan yang terlalu lama.

Perkembangan jaringan memicu semakin dibutuhkannya suatu sistem yang dapat memantau jaringan komputer beserta perangkatnya dalam cakupan luas dan kompleks. Solusi yang dapat digunakan dalam kasus ini adalah dengan menggunakan *Network Monitoring System* atau yang sering disingkat NMS.

NMS sudah menjadi suatu syarat yang mutlak bagi intansi atau perusahaan yang memiliki jaringan

komputer yang topologinya kompleks. Penggunaannya dalam operasi kerja dalam suatu intansi akan sangat membantu administrator jaringan ketika ingin melakukan pengelolaan dan pemeliharaan jaringan. Dalam membangun NMS ini, salah satu cara yang efisien dan efektif adalah dengan menggunakan PRTG (*Paessler Router Traffic Grapher*).

PRTG (*Paessler Router Traffic Grapher*) adalah salah satu aplikasi *Network Monitoring Tools*. Aplikasi ini digunakan untuk memantau penggunaan bandwidth dan banyak parameter jaringan lain melalui SNMP, *Packet Sniffing*, atau *Cisco NetFlow* yang memungkinkan untuk pengukuran traffic berdasarkan alamat IP dan atau protokol. Pengukuran berbasis SNMP hanya berbasis pada port. *Software* ini juga memungkinkan untuk secara cepat mempersiapkan dan menjalankan sebuah proses pemantauan untuk sebuah jaringan tertentu. Dengan PRTG ini maka dengan mudah dapat mengetahui sejumlah data yang mengalir melalui perangkat seperti router dan memantau penggunaan PC serta menganalisa traffic yang dapat dikategorikan ke dalam beberapa jenis protokol. PRTG Traffic Grapher berjalan pada mesin Windows di dalam jaringan selama 24 jam setiap hari dan terus-menerus mencatat penggunaan parameter jaringan [9].

Fakultas teknik untirta saat ini memiliki fasilitas jaringan komputer yang berpusat di ICT dengan kemampuan mengakses Internet dan fasilitas WiFi, jaringan komputer dengan bentuk jaringan *Local Area Network* (LAN). yang saat ini belum memiliki system *Network Monitoring* maka dari itu akan dibuat sebuah System menggunakan *Software* PRTG yang mampu membantu proses *analisis, troubleshooting, maintenance, reporting, dan dokumentasi*. Dengan adanya system ini diharapkan kinerja jaringan di Fakultas teknik untirta dapat menjadi lebih baik.

Pada penelitian ini akan di lakukan perancangan sistem *monitoring* jaringan dengan mengambil data di Laboraturium komputer FT.UNTIRTA yang merupakan bagian dari jaringan ICT FT.UNTIRTA.

II. KAJIAN LITERATUR

2.1 Monitoring jaringan

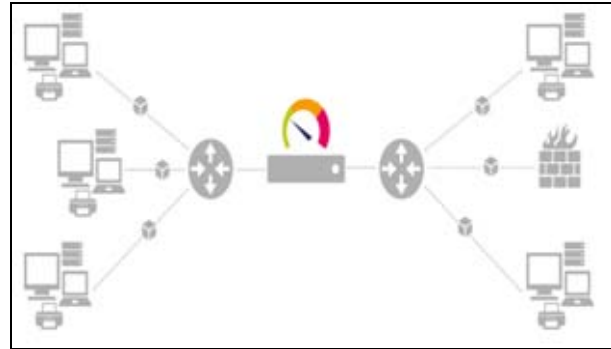
Monitoring jaringan adalah salah satu fungsi dari *management* jaringan yang berguna untuk menganalisa apakah jaringan masih cukup layak untuk digunakan atau perlu tambahan kapasitas. Hasil *monitoring* juga dapat membantu jika *admin* ingin mendesain ulang jaringan yang telah ada. Banyak hal dalam jaringan yang bisa dimonitoring, salah satu diantaranya *load traffic* jaringan yang lewat pada sebuah *router* atau *interface* komputer. *Monitoring* dapat dilakukan dengan standar SNMP, selain *load traffic* jaringan, kondisi jaringan pun harus dimonitoring, misalnya status *up* atau *down* dari sebuah peralatan jaringan. Hal ini dapat dilakukan dengan *utilitas* ping [4]. *Management* jaringan merupakan kemampuan untuk mengontrol dan memonitor sebuah jaringan komputer dari sebuah lokasi. ISO (*The International Organization For Standardiation*) mendefinisikan sebuah model konseptual untuk menjelaskan fungsi *management* jaringan[1]. Hal yang paling mendasar dalam konsep *management* jaringan adalah tentang adanya *manajer* atau perangkat yang memajemen dan *agent* atau perangkat yang dimanajemen [6]. Selain *monitoring* jaringan menggunakan SNMP, ada juga protokol lain yang dapat digunakan, yaitu protokol *NetFlow*. *NetFlow* adalah sebuah protokol untuk mengumpulkan informasi *traffic IP* yang dibuat oleh Cisco, *Cisco IOS NetFlow* secara *efisien* menyediakan layanan untuk aplikasi *IP*, termasuk perhitungan *Traffic* Jaringan, dan pemantauan jaringan berdasarkan penggunaan[8]. sistem *monitoring* merupakan suatu proses untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber daya. Biasanya data yang dikumpulkan merupakan data yang *real time*[2].

2.2 Lapisan Alikasi

Lapisan ini bertanggung jawab dalam rangka menyediakan akses kepada aplikasi terhadap jaringan TCP/IP. Lapisan ini juga memastikan bahwa sebuah data sudah dikemas secara tepat sebelum diteruskan kelapisan berikutnya. Protokol-protokol yang berjalan pada lapisan ini adalah.

2.2.1 Simple Network Management Protocol

Simple Network Management Protocol (SNMP) adalah sebuah "[protokol standar Internet](#)" untuk mengelola perangkat pada [IP](#) jaringan". Perangkat yang biasanya mendukung SNMP termasuk *router*, *switch*, *server*, *workstation*, *printer*, rak *modem* dan banyak lagi[2]. SNMP banyak digunakan dalam [sistem manajemen jaringan](#) untuk [memonitor](#) perangkat jaringan, untuk kondisi yang menjadi perhatian administrative jaringan.

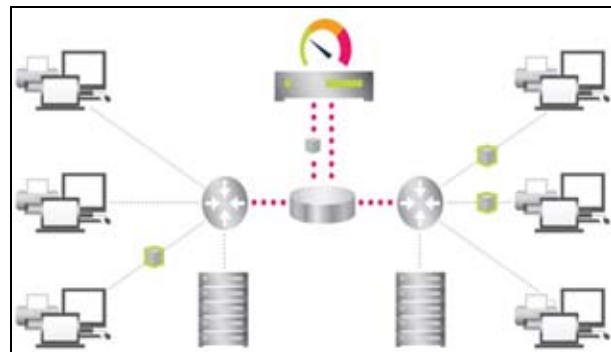


Gambar 2.1 Akuisisi data dengan SNMP [10]

SNMP ini bekerja secara sederhana. Untuk dapat berkomunikasi antara stasiun *management* dan *agen*, maka SNMP memerlukan protokol. Cara yang biasa dipakai SNMP adalah *manajer* dan *agen* saling berkiriman pesan berupa permintaan *manajer* dan jawaban dari *agen* tentang informasi jaringan.

2.2.2 Netflow Protokol

NetFlow adalah mengembangkan protokol jaringan Cisco untuk mengumpulkan informasi lalu lintas dan juga memantau lalu lintas. Ketika lalu lintas dianalisis, gambaran yang jelas tentang jaringan dapat dirumuskan dengan mengetahui aliran datang kearah mana dan dimana ia akan pergi. Menanggapi kebutuhan jaringan baru, *network engineer* merasa penting untuk memahami perilaku jaringan[13].



Gambar 2.2 Data akuisisi netflow [10]

NetFlow telah menjadi standar industri untuk monitoring *traffic*. *Router* dan *switch* yang mendukung *NetFlow* dapat mengumpulkan *traffic IP* pada semua *interface* dimana *NetFlow* diaktifkan. Dalam penggunaan *NetFlow* dibutuhkan suatu *NetFlow collector records* yang dikirimkan dari *router* atau *switch* (*NetFlow exporter*). *NetFlow records* inilah yang nantinya akan dibaca oleh suatu *NetFlow analyzer* untuk danalisa[8].

2.4.1 Quality of Service (QoS)

QoS mengacu pada kemampuan jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik jaringan tertentu melalui teknologi

yang berbeda-beda. QoS menawarkan kemampuan untuk mendefinisikan atribut-atribut layanan jaringan yang disedi akan, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Pada Tabel 1 diperlihatkan kan nilai persentase dari QoS [14].

Tabel 1. Persentase dan Nilai dari QoS

Nilai	Persentase (%)	Indeks
3,8 – 4	95 – 100	Sangat Memuaskan
3 - 3,79	75 – 94,75	Memuaskan
2 – 2,99	50 – 47,75	Kurang Memuaskan
1 – 1,99	25 – 49,75	Jelek

Parameter – Parameter dari Quality of Service (QoS) terdiri dari :

1. Throughput

Throughput yaitu kecepatan (rate) transfer data efektif, yang diukur dalam bps (bit per second). Kategori Throughput diperlihatkan di Tabel 2 [14].

Tabel 2. Kategori Throughput

Kategori Throughput	Throughput (%)	Indeks
Sangat Bagus	100 %	4
Bagus	75 %	3
Sedang	50 %	2
Jelek	< 25 %	1

2. Packet Loss

Packet Loss merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena collision dan congestion pada jaringan. Pada Tabel 3 ditunjukkan nilai indeks dan kategori Packet Loss[14].

Kategori	Packet Loss (%)	Indeks
Sangat Bagus	0 %	4
Bagus	3 %	3
Sedang	15 %	2
Jelek	25 %	1

Tabel 3. Kategori Packet Loss

3. Delay (Latency)

Delay adalah Waktu yang dibutuhkan paket untuk mencapai tujuan, karena adanya antrian, atau mengambil rute yang lain untuk menghindari kemacetan yang di perlihatkan pada Tabel 4[14].

Tabel 4 . Kategori Delay

Kategori	Delay (Latency)	Indeks
Sangat Bagus	<150	4
Bagus	150 msec s/d 300 msec	3
Sedang	300 msec s/d 450 msec	2
Jelek	<450 msec	1

4. Jitter atau Variasi Kedatangan Paket

Jitter diakibatkan oleh variasi - variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket - paket

di akhir perjalanan jitter yang diperlihatkan pada Tabel 5[14].

Tabel 5. Kategori dari Jitter

Kategori	Jitter	Indeks
Sangat Bagus	0 msec	4
Bagus	0 msec s/d 75 msec	3
Sedang	75 msec s/d 125 msec	2
Jelek	125 msec s/d 225 msec	1

2.4.2 Router CPU Load

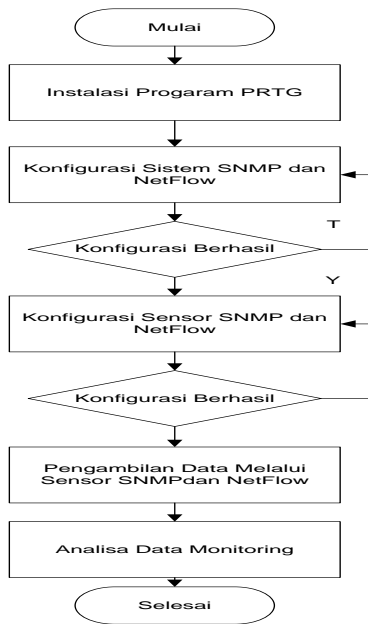
Pada dasarnya router memiliki komposisi perangkat yang hampir sama dengan sebuah pc. Router memiliki processor untuk melakukan processing dan pengolah data, memory (biasanya bentuk flash) untuk penyimpanan dan sistem oprasi, UTP ethernet port, dan lain sebagainya. yang dikhususkan untuk mengirim dan menerima paket Ipv4/Ipv6 dan merupakan perangkat utama telekomunikasi dan internet dunia.

Router dengan cpu load yang tinggi dapat mempengaruhi kinerja jaringan, seperti misalnya penambahan delay sewaktu melakukan processing paket data, paket data di drop oleh router dan lain sebagainya.

III. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

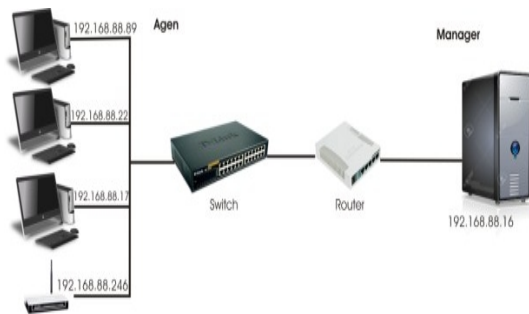
Monitoring sistem ini dikembangkan dengan menggunakan SNMP (Simple Network Management Protocol) dan Neflow Protokol. Untuk itu pada perancangan sistem dibutuhkan pengaktifan protokol SNMP dan Neflow Protokol untuk memperoleh data yang dibutuhkan dan dibuat grafiknya dengan menggunakan PRTG (Paessler Router Traffic Grapher), dimana perangkat lunak ini yang akan bertindak sebagai database untuk mengumpulkan data monitoring. Hubungan antara pengambilan data melalui SNMP dan Neflow Protokol, pengumpulan database dengan PRTG hingga ditampilkan dalam bentuk grafik pada webbrowser dapat dilihat pada gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.1 Flowchart Proses monitoring sistem

III.A.1 Arsitektur Sistem

Desain umum sistem menggambarkan rancang bangun aplikasi monitoring ini. Terdapat 8 client dan router mikrotik RB750 yang terhubung dalam 1 network. Server menjalankan aplikasi server yaitu PRTG untuk memonitor performa sebuah router, Kemudian data hasil monitoring bisa digunakan untuk analisa untuk mengetahui apakah sebuah router masih layak digunakan atau tidak.



Gambar 3.2 Arsitektur Sistem Monitoring

Sistem monitoring terdiri dari Manager dan Agent yang bertugas sebagai agent dalam skripsi ini adalah Router mikrotik RB750 SNMP agent bekerja untuk mengambil variable yang berada pada database variable lain atau sering disebut MIB (*Management Information Base*) dan membuat parameter untuk device tersebut. Pengambilan informasi dari SNMP agent disebut *GET message*, dan message yang menulis variable disebut *SET message*.

Sedangkan yang bertugas sebagai Manager adalah software PRTG, PRTG bertugas untuk mengambil data – data yang diperlukan untuk memonitoring jaringan melalui SNMP agent yang terdapat dalam

masing – masing perangkat jaringan yang bisa di lihat pada gambar 3.3.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Monitoring Jaringan

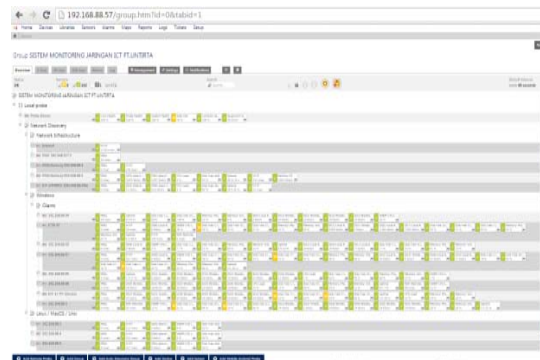
Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem *monitoring* sesuai dengan perancangan sistem yang dibuat. Pengujian ini dilakukan di [laboratorium](#) komputer FT. UNTIRTA pada *router mikrotik RB750 monitoring* aliran *traffic* dari IP address *Network infrastruktur DNS/Gateway/DHCP* : 192.168.88.1 dan perangkat komputer *user*. yang meliputi *monitoring* jaringan berupa *monitoring* Ketersediaan perangkat, *monitoring* penggunaan *bandwidth* dan *traffic*, *monitoring* beban pemakaian *CPU (Central Processing Unit)*, *monitoring* kapasitas *hard disk*, *monitoring* kapasitas *memory*, Dan *monitoring* melalui *NetFlow*.

4.1.1 Pengujian Monitoring Ketersediaan perangkat

Pengujian ini bertujuan untuk melihat perangkat mana saja yang sudah terhubung dengan cara menghubungkan setiap perangkat jaringan yang berada di [laboratorium](#) komputer FT. UNTIRTA pada sistem *monitoring* PRTG.

Untuk melihat perangkat mana saja yang terhubung melalui sistem PRTG bisa dengan dua cara yaitu melalui komputer *server* dan melalui komputer *user*, cara pertama dengan membuka aplikasi PRTG yang berada di *desktop* komputer *server* dan dengan otomatis akan terhubung dengan aplikasi PRTG melalui *web browser*, cara kedua buka aplikasi *web browser* pada komputer *user* ketik alamat ip komputer *server* lalu akan tampil halaman *login* PRTG, setelah *login* pilih *tool device* pada halaman utama maka akan tampil seperti Gambar 4.1.

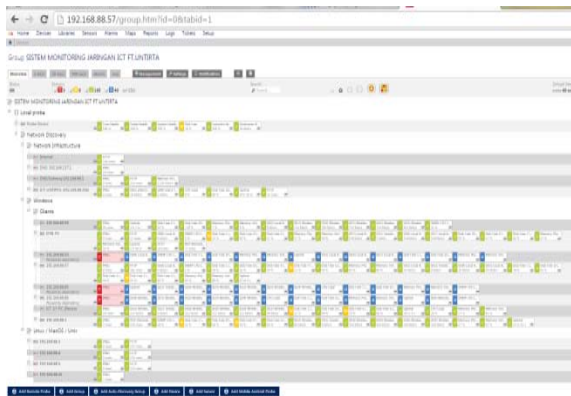
Pengujian ini dilakukan dengan 2 kondisi, yaitu yang pertama pada kondisi semua perangkat jaringan dalam keadaan terhubung “*up*” dan yang kedua pada kondisi sebagian perangkat jaringan dalam keadaan tidak terhubung “*down*”, hal ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana respon aplikasi PRTG saat jaringan dalam kondisi terhubung atau tidak terhubung.



Gambar 4.1 *monitoring* ketersediaan perangkat pada saat terhubung

Parameter *monitoring* ketersediaan perangkat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 ditandai dengan warna, setiap warna pada sensor mengidentifikasi perilaku pada setiap perangkat yang dimonitor yang terdapat di sistem *monitoring*.

Monitoring ketersediaan perangkat bisa dilihat pada tampilan *monitoring* perangkat pada Gambar 4.1 yang termonitoring terdiri dari *router* mikrotik dan 8 komputer *user* yang terdapat di [laboratorium](#) komputer FT.UNTIRTA pada sistem *monitoring* PRTG, setiap perangkat yang dimonitor memiliki masing-masing sensor yang berguna untuk mengetahui aktifitas jaringan dari setiap pern Pada gambar 4.1 menunjukan perangkat yang termonitoring melalui aplikasi PRTG dalam kondisi terhubung hal ini ditunjukkan Pada angka nomor 1 menunjukan warna hijau yang berarti setatus jaringan sedang terhubung atau sensor sedang “*up*”. Pada angka nomor 2 menunjukan Warna kuning yaitu peringatan bahwa jaringan sedang dalam kondisi bermasalah yang berarti status jaringan tersebut akan menuju “*down*” bila tidak ditangani.



Gambar 4.2 *monitoring* ketersediaan perangkat pada saat perangkat tidak terhubung

4.1.2 Pengujian *Monitoring* ketersediaan perangkat melalui sensor ping

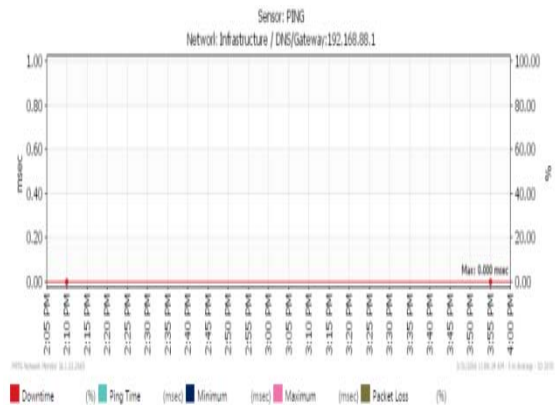
Pengujian ini dilakukan didua perangkat yaitu perangkat pertama berupa *Router Mikrotik* dan yang kedua perangkat komputer *user* hal ini bertujuan untuk menguji ketersediaan perangkat dan untuk mengetahui kualitas suatu *koneksi* jaringan dari masing-masing perangkat. *Monitoring* melalui sensor ping selain digunakan untuk melihat ketersediaan perangkat *monitoring* ini juga bisa digunakan untuk mengetahui kullitas suatu jaringan atau *qos (quality of service)*, parameter *qos* didapat dari nilai ping terendah pada saat *monitoring* yaitu didapat nilai *delay (latency)*, nilai rata-rata ping pada saat *monitoring* didapat nilai *jitter*, dan *packte loss*.

Untuk mengetahui kualitas jaringan pada setiap perangkat yang berada di [laboratorium](#)

komputer FT.UNTIRTA pada sistem *monitoring* PRTG, bisa dilihat melalui tampilan *device* pada aplikasi PRTG maka akan terlihat sensor ping pada tiap-tiap perangkat yang dimonitor, pastikan dahulu sensor dalam keadaan hidup, maka akan melihat data yang terdapat pada masing-masing perangkat yang didapat paramataer brupa *Downtime, ping time, minimum, maximum, dan packet loss*.

4.1.2.1 Pengujian *Monitoring* kualitas jaringan pada Router

Data berupa sebuah *grafik* yang berisikan informasi, pada baris mendatar tertera selang waktu dalam satuan menit, sedangkan pada baris tegak lurus tertera jumlah waktu dalam satuan *millisecond (msec)* dan persen.



Gambar 4.3 Grafik *monitoring* kualitas jaringan selama 2jam pada *Router*

Hasil pengujian menggunakan sensor ping pada Gambar 4.3 pengujian pada perangkat *Router Mikrotik RB750* dapat diketahui nilai kualitas jaringan berupa *delay* sebesar 0 msec, *Jitter* 0 msec, *Packet Loss* 0%. Hal ini bisa dikatakan bahwa semakin kecil nilai yang diperoleh, semakin cepat/stabil koneksi internetnya. semakin cepat/stabil.

4.1.2.2 Pengujian *Monitoring* kualitas jaringan pada komputer user

Data diambil dari 24 data *monitoring* selama 2 jam yang diambil perlima menit dari setiap perangkat yang di monitor, dengan cara yang sama didapat pula hasil dari monitoring ketersediaan perangkat melalui sensor ping, dari perangkat yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengujian kualitas jaringan pada *user*

Pengujian	Delay	Jitter	Packet Loss	Downtime
192.168.88.57	0 msec	0 msec	0 %	0 %
192.168.88.50	0 msec	0 msec	0 %	0 %
192.168.88.10	0 msec	0 msec	0 %	0 %
192.168.88.86	6 msec	19 msec	0 %	0 %
192.168.88.85	7 msec	21 msec	0 %	0 %
192.168.88.3	8 msec	20 msec	<1 %	0 %
192.168.88.99	7 msec	41 msec	<1 %	0 %
192.168.88.31	5 msec	19 msec	<1 %	0 %

Tabel 4.1 didapat nilai kualitas jaringan berupa *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Terkecil terdapat pada perangkat dengan ip 192.168.88.57, 192.168.88.50, 192.168.88.10 dan yang terbesar didapat pada perangkat dengan ip 192.168.88.99 dari pengujian 8 buah perangkat *client*, hal ini menunjukan bahwa semakin besar nilai yang diperoleh maka semakin lambat koneksi internetnya, tetapi semakin kecil nilai yang diperoleh, maka semakin cepat/stabil koneksi internetnya yang diakses dari 8 *Clients* yang dimonitoring.

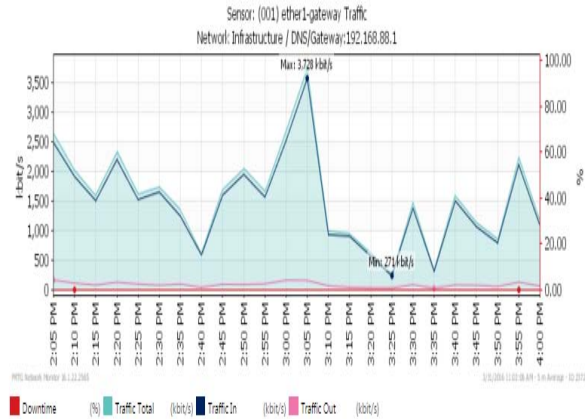
4.1.3 Pengujian Monitoring melalui sensor Bandwidth dan Traffic

Pengujian ini dilakukan didua perangkat yaitu perangkat pertama berupa *Router Mikrotik* dan yang kedua perangkat komputer *user*, hal ini bertujuan untuk mengukur jumlah sebenarnya pada penggunaan *bandwidth* yang digunakan pada jaringan dari masing-masing perangkat, dengan cara menambahkan sensor *bandwidth dan traffic* pada setiap perangkat yang dimonitor. *Monitoring* melalui sensor *Bandwidth* dan *Traffic* bisa digunakan untuk mengetahui kualitas suatu jaringan *qos (quality of service)*, parameter *qos* didapat dari nilai *total traffic* yaitu total keseluruhan nilai *bandwidth* yang terdiri dari *download* dan *upload* yang digunakan, dalam *qos* disebut *Troughput*.

Untuk mengetahui jumlah sebenarnya pemakaian *bandwidth* pada setiap perangkat yang berada di [laboratorium](#) komputer FT.UNTIRTA pada sistem *monitoring* PRTG, bisa dilihat melalui tampilan *device* pada aplikasi PRTG maka akan terlihat sensor *bandwidth* pada tiap-tiap perangkat yang di monitor, pastikan dahulu sensor dalam keadaan hidup, maka didapat nilai dengan melihat data yang terdapat pada masing-masing perangkat yang didapat parameter *Downtime*, *Traffic in*, *Traffic Out*, dan *Traffic total*.

4.1.3.1 Pengujian Monitoring Bandwidth dan Traffic pada Router

Data berupa sebuah grafik yang berisikan informasi, pada baris mendatar tertera selang waktu dalam satuan menit, sedangkan pada baris tegak lurus tertera ukuran *bandwidth* dalam satuan *kilobyte persecond* (kbit/s) dan persentase *downtime*.



Gambar 4.4 Grafik monitoring Bandwidth dan Traffic selama 2jam pada Router

Hasil pengujian menggunakan sensor *Bandwidth* dan *Traffic* didapat data rata-rata nilai *Bandwidth* dari pengujian pada perangkat Router Mikrotik RB750 menunjukan bahwa nilai pada tiap parameter yaitu nilai rata-rata *traffic in* sebesar 1.476 kbit/s, *traffic out* sebesar 90 kbit/s *traffic total* sebesar 1.567 kbit/s. Dari kapasitas *bandwidth* yang diberikan untuk laboratorium komputer FT.UNTIRTA sebesar 2 Mb, hal ini dikatakan bahwa semakin besar nilai *traffic total* yang diperoleh, semakin cepat/stabil koneksi internetnya.

4.1.3.2 Pengujian Monitoring Bandwidth dan Traffic pada komputer user

Data diambil setiap lima menit sekali selama dua jam dari nilai rata-rata 24 data *monitoring* selama 2 jam yang diambil per lima menit dari setiap perangkat yang di monitor. Dengan cara yang sama di dapat pula hasil dari *monitoring bandwidth* dan *traffic*, dari perangkat yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengujian menggunakan Bandwidth

Pengujian	Troughput in	Troughput out	Troughput Total	Downtime
192.168.88.57	37 kbit/s	22 kbit/s	59 kbit/s	0 %
192.168.88.50	25 kbit/s	6 kbit/s	31kbit/s	0 %
192.168.88.10	262 kbit/s	28 kbit/s	289 kbit/s	0 %
192.168.88.86	9 kbit/s	3 kbit/s	12 kbit/s	0 %
192.168.88.85	10 kbit/s	5 kbit/s	15 kbit/s	0 %
192.168.88.3	96 kbit/s	13 kbit/s	109 kbit/s	0 %
192.168.88.99	475 kbit/s	26 kbit/s	501 kbit/s	0 %
192.168.88.31	475 kbit/s	26 kbit/s	501 kbit/s	0 %

Nilai *traffic total* terkecil didapat pada pengujian pada perangkat 192.168.88.85 sebesar 9 *Kbit/s*. Nilai *traffic total* terbesar didapat pada pengujian pada perangkat 192.168.88.99 sebesar 278*Kbit/s*. Jumlah nilai *traffic total* yaitu sebesar 1.317 *kbi/s* yang diakses dari 8 *Clients* yang dimonitoring, Dari kapasitas *bandwidth* yang diberikan untuk

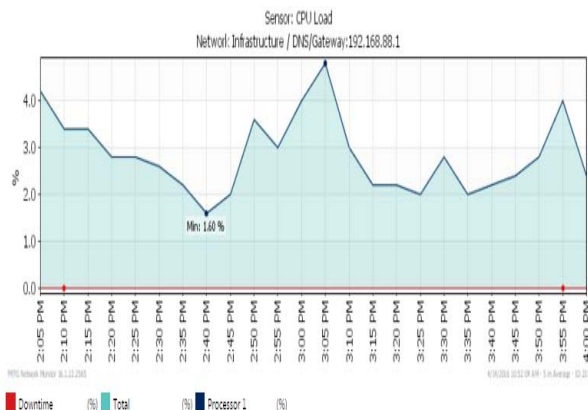
laboratorium komputer FT. UNTIRTA sebesar 2 Mb, hal ini dikatakan bahwa semakin besar nilai *traffic* total yang diperoleh, semakin cepat/stabil koneksi internetnya.

4.1.4 Pengujian Monitoring CPU Load

Pengujian ini dilakukan didua perangkat yaitu perangkat pertama berupa *Router* Mikrotik dan yang kedua perangkat komputer *user* hal ini bertujuan untuk menunjukan penggunaan CPU dari semau *procesor* data total beban dalam persen, dengan cara menambahkan sensor *CPU Load* pada setiap perangkat yang dimonitor. Untuk mengetahui penggunaan CPU pada setiap perangkat yang berada di [laboratorium](#) komputer FT. UNTIRTA pada sistem *monitoring* PRTG, bisa dilihat melalui tampilan *device* pada aplikasi PRTG maka akan terlihat sensor *CPU Load* pada tiap-tiap perangkat yang di monitor, pastikan dahulu sensor dalam keadaan hidup, maka akan melihat data yang terdapat pada masing-masing perangkat yang didapat paramataer *downtime*, *processor*, total.

4.1.4.1 Pengujian Monitoring CPU Load pada Router

Data berupa sebuah *grafik* yang berisikan informasi seputar perangkat jaringan dan penggunaannya. Pada baris mendatar tertera selang waktu dalam satuan menit, sedangkan pada baris tegak tertera besaran kapasitas *processor* dalam %.



Gambar 4.5 *Graffic monitoring CPU Load* selama 2 jam pada *Router*

Hasil pengujian menggunakan sensor *CPU Load* didapat nilai rata-rata *CPU Load* dari pengujian pada perangkat *router Mikrotik RB750* menunjukan bahwa nilai pada tiap parameter yaitu nilai rata-rata beban penggunaan *CPU Load* sebesar 3%, hal ini dikatakan bahwa semakin kecil nilai penggunaan CPU yang diperoleh, maka semakin ringan beban dari penggunaan *processor*.

4.1.4.2 Pengujian Monitoring sensor CPU Load pada komputer user

pada tabel 4.3. data diambil dari nilai rata-rata dari 24 data *monitoring* selama 2 jam yang

diambil per lima menit dari setiap perangkat yang di monitor. Dengan cara yang sama didapat pula hasil dari *monitoring CPU Load*, dari perangkat yang berbeda dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengujian beban CPU

<i>Pengujian</i>	<i>Processor</i>	<i>Total</i>	<i>Downtime</i>
192.168.88.57	74 %	74 %	0 %
192.168.88.50	2 %	2 %	0 %
192.168.88.10	22 %	22 %	0 %
192.168.88.86	10 %	10 %	0 %
192.168.88.85	6 %	6 %	0 %
192.168.88.3	19 %	19 %	0 %
192.168.88.99	22 %	22 %	0 %
192.168.88.31	15 %	15 %	0 %

Berdasarkan pada Tabel 4.3, hasil dari *monitoring* memperlihatkan bahwa performa *CPU* berdasarkan pemakaian dari setiap perangkat diketahui bahwa Nilai *CPU Load* terkecil didapat pada pengujian pada perangkat 192.168.88.50 sebesar 2 %. dan Nilai *CPU Load* terbesar didapat pada pengujian pada perangkat 192.168.88.57 sebesar 74 %. Dari penggunaan *CPU* dari 8 perangkat *user*. Hal ini menunjukan bahwa semakin kecil nilai cpu maka semakin kecil beban dari suatu *CPU*.

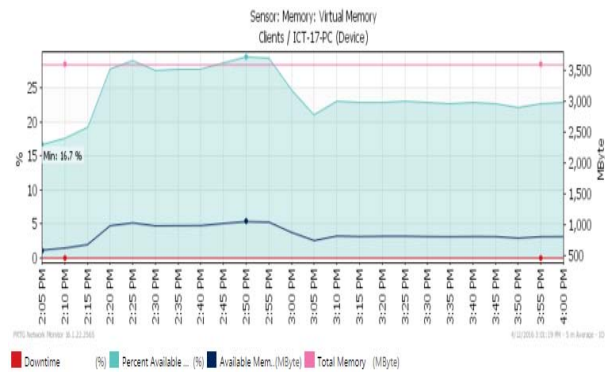
4.1.5 Pengujian Monitoring Memory

Pengujian ini bertujuan untuk menunjukan penggunaan *Memory* dari semau perangkat, dengan cara menambahkan sensor *memory* pada setiap perangkat yang dimonitor. Untuk mengetahui penggunaan *Memory* pada setiap perangkat yang berada di [laboratorium](#) komputer FT. UNTIRTA pada sistem *monitoring* PRTG, bisa dilihat melalui tampilan *device* pada aplikasi PRTG maka akan terlihat sensor *memory* pada tiap-tiap perangkat yang di monitor, pastikan dahulu sensor dalam keadaan hidup, maka kita akan melihat data yang terdapat pada masing-masing perangkat yang didapat parameter *monitoring memory* yang terdapat pada setiap *grafic* yaitu : *Downtime*, *available memory in bytes*, *available memory inpercent*, dan *total memory*. *monitoring memory* dibagi menjadi 2 yaitu *momory virtual* dan *memory physical*.

4.1.5.1 Pengujian Monitoring melalui sensor memory virtual

Data berupa sebuah *grafik* yang berisikan informasi pada baris mendatar tertera selang waktu dalam satuan menit, sedangkan pada baris tegak

tertera besaran kapasitas *memory* dalam satuan *Megabyte* (Mbyte) dan %. Hasil pengujian di bawah ini diambil dari salah satu perangkat dari 8 perangkat *user* yang tersedia. Yaitu diambil dari perangkat dengan IP 192.168.88.31.



Gambar 4.6 *Graffic monitoring memory virtual selama 2jam dari ip 192.168.88.31*

pada Tabel 4.4. data diambil dari nilai rata-rata dari 24 data *monitoring* selama 2 jam yang diambil per lima menit dari setiap perangkat yang di monitor. Dengan cara yang sama didapat pula hasil dari *monitoring Memory*, dari perangkat yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.4

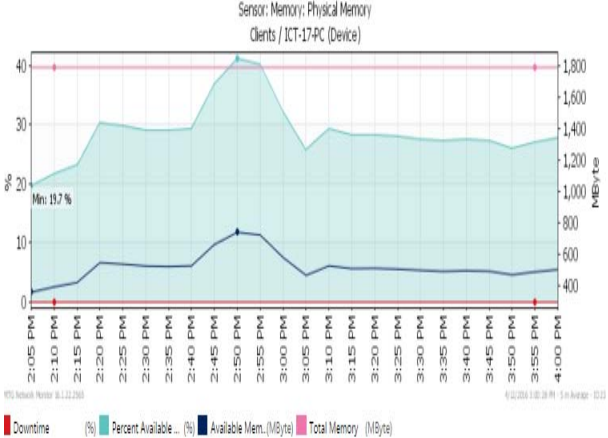
pada Tabel 4.4. data diambil dari nilai rata-rata dari 24 data *monitoring* selama 2 jam yang diambil per lima menit dari setiap perangkat yang di monitor. Dengan cara yang sama didapat pula hasil dari *monitoring memory*, dari perangkat yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Pengujian *memory virtual*

Pengujian	Percent available memory	Available memory	Total	Downtime
192.168.88.57	47 %	837 MByte	1.790 MByte	0 %
192.168.88.50	58 %	1.032 MByte	1.790 MByte	0 %
192.168.88.10	33 %	1.192 MByte	3.583 MByte	0 %
192.168.88.86	50 %	981 MByte	1.981 MByte	0 %
192.168.88.85	42 %	853 MByte	2.013 MByte	0 %
192.168.88.3	29 %	516 MByte	1.790 MByte	0 %
192.168.88.99	9 %	187 MByte	2.013 MByte	0 %
192.168.88.31	24 %	860 MByte	3.581 MByte	0 %

Hasil pengujian menggunakan sensor *memory virtual* pada Tabel 4.4 diketahui bahwa nilai penggunaan *memory virtual* terkecil didapat pada pengujian pada perangkat 192.168.88.3 sebesar 187 *Mbyte* atau dalam persen sebesar 9 % dari total kapasitas sebesar 2.013 *Mbyte* dan nilai *memory virtual* terbesar didapat pada pengujian pada perangkat 192.168.88.10 sebesar 1.192 *Mbyte*, atau dalam persen sebesar 33% dari total kapasitas sebesar 3.583 *Mbyte*.

4.1.5.2 Pengujian *Monitoring memory physical*



Gambar 4.7 *Graffic Monitoring memory virtual selama 2jam pada ip192.168.88.31*

Pada Tabel 4.5. data diambil dari nilai rata-rata dari 24 data *monitoring* selama 2 jam yang diambil per lima menit dari setiap perangkat yang di monitor. Dengan cara yang sama di dapat pula hasil dari *monitoring Memory*, dari perangkat yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Pengujian *memory physical*

Pengujian	Percent available memory	Available memory	Total	Downtime
192.168.88.57	51 %	1.840 MByte	3.579 MByte	0 %
192.168.88.50	59 %	2.124 MByte	3.581 MByte	0 %
192.168.88.10	57 %	4.053 MByte	7.165 MByte	0 %
192.168.88.86	20 %	1.540 MByte	7.310 MByte	0 %
192.168.88.85	13 %	1.034 MByte	8.050 MByte	0 %
192.168.88.3	24 %	858 MByte	3.581 MByte	0 %
192.168.88.99	7 %	571 MByte	7.630 MByte	0 %
192.168.88.31	29 %	516 MByte	1.790 MByte	0 %

Hasil pengujian menggunakan sensor *memory physical* pada Tabel 4.5 diketahui bahwa nilai penggunaan *memory physical* terkecil didapat pada pengujian pada perangkat 192.168.88.99 sebesar 516 *Mbyte* atau dalam persen sebesar 7 % dari total kapasitas sebesar 1.790 *Mbyte* dan nilai *memory physical* terbesar di dapat pada pengujian pada perangkat 192.168.88.10 sebesar 4.053 *Mbyte*, atau dalam persen sebesar 57% dari total kapasitas sebesar 7.165 *Mbyte*.

4.1.6 Pengujian *Monitoring Hard Disk*

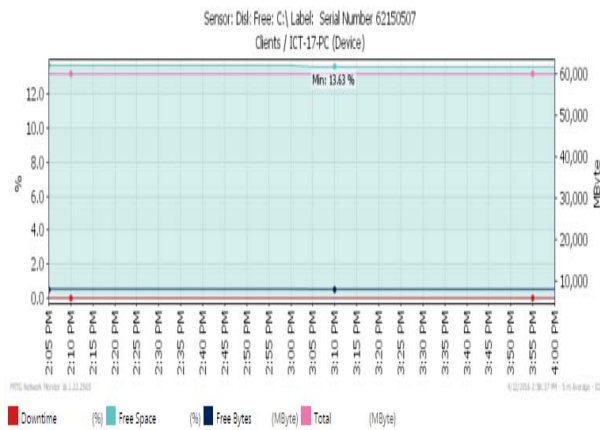
Pengujian ini bertujuan untuk menunjukan penggunaan *Hard Disk* dari semua perangkat, dengan cara menambahkan sensor *Hard Disk* pada setiap perangkat yang dimonitor.

Untuk mengetahui penggunaan *Hard Disk* pada setiap perangkat yang berada di [laboratorium komputer FT.UNTIRTA](#) pada sistem *monitoring* PRTG, bisa dilihat melalui tampilan *device* pada

aplikasi PRTG maka akan terlihat sensor *Hard Disk* pada tiap-tiap perangkat yang di monitor, pastikan dahulu sensor dalam keadaan hidup, maka kita akan melihat data yang terdapat pada masing-masing perangkat yang di dapat parameter *monitoring Hard Disk* yang terdapat pada setiap *grafic* yaitu :*Downtime, Free Space dan Free Bytes, Total. Monitoring Hard Disk* di bagi menjadi 2 yaitu *Hard Disk partisi C (folder sistem)* dan *Hard Disk partisi D (folder data)*.

4.1.6.1 Pengujian Monitoring Hard Disk Partisi C

Data berupa sebuah *grafic* yang berisikan informasi pada baris mendatar tertera Selang waktu dalam satuan menit, sedangkan pada baris tegak tertera besaran kapasitas *Hard Disk* dalam satuan *Megabyte (Mbyte)* dan %. Hasil pengujian dibawah ini diambil dari salah satu perangkat dari 8 perangkat komputer *user* yang tersedia. yaitu diambil dari perangkat dengan ip 192.168.88.31



Gambar 4.8 *Graffic monitoring Hard Disk C* selama 2jam pada ip 192.168.88.31

pada tabel 4.6. data diambil dari nilai rata-rata dari 24 data *monitoring* selama 2 jam yang diambil per lima menit dari setiap perangkat yang di monitor. Dengan cara yang sama di dapat pula hasil dari *monitoring Hard Diskpartisi c*, dari perangkat yang berbeda dapat dilihat pada tabel 4.6

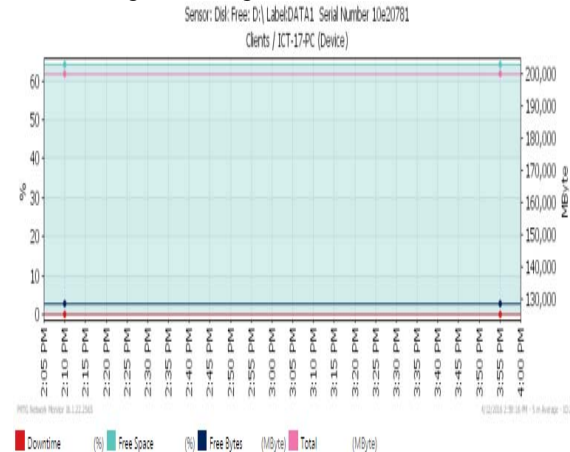
Tabel 4.6 Pengujian *Hard Disk partisi C*

Pengujian	Free Space	Free Byte	Total	Downtime
192.168.88.57	78 %	96.233 MByte	123.913 MByte	0 %
192.168.88.50	77 %	76.910 MByte	99.998 MByte	0 %
192.168.88.10	20 %	24.225 MByte	120.888 MByte	0 %
192.168.88.86	71 %	71.195 MByte	99.998 MByte	0 %
192.168.88.85	52 %	52.261 MByte	99.998 MByte	0 %
192.168.88.3	14 %	8.193 MByte	59.900 MByte	0 %
192.168.88.99	59 %	58.924 MByte	99.998 MByte	0 %
192.168.88.31	14 %	8.193 MByte	59.900 MByte	0 %

Hasil pengujian menggunakan *Hard Disk partisi c* pada tabel 4.6 diketahui bahwa nilai kapasitas *Hard Disk partisi c* yang masih tersedia didapat nilai terkecil didapat pada pengujian pada perangkat 192.168.88.3 sebesar 8.193 Mbyte atau 14% dari total kapasitas sebesar 59.900 Mbyte. dan nilai kapasitas *Hard Diskpartisi c* yang masih tersedia didapat nilai terbesar didapat pada pengujian pada perangkat 192.168.88.57 sebesar 96.233 Mbyte atau 78% dari total kapasitas sebesar 123.913 MByte.

4.1.6.2 Pengujian Monitoring Hard DiskPartisi D

pada tabel 4.7. data diambil dari nilai rata-rata dari 24 data *monitoring* selama 2 jam yang diambil per lima menit dari setiap perangkat yang di monitor. Dengan cara yang sama di dapat pula hasil dari *monitoring Hard Diskpartisi D*, dari perangkat yang berbeda dapat dilihat pada tabel 4.7



Gambar 4.9 *Graffic monitoring Hard Disk partisi D* selama 2jam pada ip 192.168.88.31

Tabel 4.7 Pengujian *Hard Diskpartisi D*

Pengujian	Free Space	Free Byte	Total	Downtime
192.168.88.57	91 %	54.497 MByte	59.898 MByte	0 %
192.168.88.50	55 %	76.547 MByte	138.474 MByte	0 %
192.168.88.10	94 %	439.890 MByte	476.938 MByte	0 %
192.168.88.86	92 %	189.232 MByte	205.237 MByte	0 %
192.168.88.85	96 %	196.707 MByte	205.237 MByte	0 %
192.168.88.3	64 %	128.295 MByte	200.000 MByte	0 %
192.168.88.99	>99 %	204.256 MByte	205.237 MByte	0 %
192.168.88.31	64 %	128.295 MByte	200.000 MByte	0 %

Hasil pengujian menggunakan *Hard Disk partisi D* pada tabel 4.7 diketahui bahwa nilai kapasitas *Hard Disk partisi D* yang masih tersedia didapat nilai terkecil didapat pada pengujian pada perangkat 192.168.88.50 sebesar 76.547 Mbyte atau 55% dari total kapasitas sebesar 138.474 Mbyte. dan nilai kapasitas *Hard Disk partisi D* yang masih tersedia didapat nilai terbesar didapat pada pengujian pada perangkat 192.168.88.99 sebesar 204.256 Mbyte atau >99% dari total kapasitas sebesar 205.237MByte.

4.1.7 Pengujian Monitoring melalui NetFlow

Data diambil diambil per 5 menit dari setiap perangkat yang di monitor. *Monitoring* jaringan pada *router mikrotik RB750* monitoring aliran trafik dari *IP address Network infrastruktur DNS/Gateway/DHCP* : 192.168.88.1 yang berada di *laboratorium* komputer FT.UNTIRTA

Tabel 4.8 Monitoring Top Connections

Pos	Source IP	Destination IP	Protocol	Bytes	Percentage
1	192.168.88.57	192.168.88.255	UDP	4331 MByte	26 %
2	192.168.88.10	192.168.88.10	TCP	1.667 MByte	13 %
3	192.168.88.10	192.168.88.10	TCP	1.548 MByte	12 %
4	192.168.88.255	192.168.88.57	TCP	1.223 MByte	9 %
5	192.168.88.10	192.168.88.57	UDP	738 MByte	6 %
6	192.168.88.10	192.168.88.57	TCP	639 MByte	5 %
7	192.168.88.57	192.168.88.57	UDP	639 MByte	5 %
8	192.168.88.57	192.168.88.57	TCP	639 MByte	5 %
9	192.168.88.117.200	192.168.88.57	UDP	449 MByte	3 %
10	192.168.88.117.200	192.168.88.57	TCP	377 MByte	3 %
11	192.168.88.57	192.168.88.57	UDP	377 MByte	3 %
12	192.168.88.57	192.168.88.57	TCP	377 MByte	3 %
13	192.168.88.57	192.168.88.57	TCP	377 MByte	3 %
14	192.168.88.57	192.168.88.57	TCP	377 MByte	3 %
15	192.168.88.57	192.168.88.57	TCP	377 MByte	3 %
Other				58 MByte	<1 %

Tabel 4.8 Menunjukkan hasil *capture monitoring* jaringan pada *router mikrotik RB750* monitoring aliran trafik dari *IP address Network infrastruktur DNS/Gateway/DHCP* : 192.168.88.1 yang berada di *laboratorium* komputer FT.UNTIRTA menggunakan *PRTG Network monitor*. Hasilnya yaitu *Top Connection* yang menunjukkan *protocol, traffic percentage, source* dan *destination port* yang menunjukkan paket apa saja yang melewati jaringan

yang kita awasi dan dipisah berdasarkan protokol ataupun *port* yang digunakan. di ketahui bahwa pengguna *bandwidth* sebesar 268 Mbyte sedang mengakses *video* melalui *Facebook*.

Tabel 4.9 Monitoring Top Talkers

Pos	Source IP	Destination IP	Bytes	Percentage
1	192.168.88.57	192.168.88.255	4.830 MByte	36 %
2	192.168.88.10	192.168.88.10	1.667 MByte	13 %
3	192.168.88.10	192.168.88.10	1.548 MByte	12 %
4	192.168.88.255	192.168.88.57	1.223 MByte	9 %
5	192.168.88.117.200	192.168.88.57	831 MByte	6 %
6	192.168.88.57	192.168.88.57	738 MByte	6 %
7	192.168.88.57	192.168.88.57	738 MByte	6 %
8	192.168.88.57	192.168.88.57	639 MByte	5 %
9	192.168.88.57	192.168.88.57	639 MByte	5 %
10	192.168.88.57	192.168.88.57	639 MByte	5 %
11	192.168.88.57	192.168.88.57	639 MByte	5 %
12	192.168.88.57	192.168.88.57	639 MByte	5 %
13	192.168.88.57	192.168.88.57	639 MByte	5 %
14	192.168.88.57	192.168.88.57	639 MByte	5 %
15	192.168.88.57	192.168.88.57	639 MByte	5 %
Other			0 Byte	<1 %

Hasilnya yaitu *top talkers* yang menunjukan *traffic percentage, source* dan *destination port* yang menunjukan paket apa saja yang melewati jaringan yang kita awasi dipisah berdasarkan protokol ataupun *port* yang digunakan pada Tabel 4.9 akan diketahui apa yang diakses oleh seorang pengguna jaringan dan berapa kapasitas *bandwidth* yang digunakan.

Pada Tabel 4.9 dapat di ketahui bahwa pengguna dengan IP 192.168.88.60 sedang mengakses *video facebook* dengan penggunaan *bandwidth* sebesar 6.003 Kbyte

Tabel 4.20 Monitoring Top Protocol

Pos	Channel	Bytes	Percentage
1.	HTTPS	5,537 MByte	42 %
2.	NetBIOS	4,830 MByte	36 %
3.	OtherUDP	2,936 MByte	22 %
Other		0 Byte	< 1 %

Kebanyakan aplikasi yang digunakan didalam *monitoring* jaringan pada *router mikrotik RB750* monitoring aliran trafik dari *IP address network infrastruktur DNS/Gateway/DHCP* : 192.168.88.1 yang berada di *laboratorium* komputer FT.UNTIRTA, adalah penggunaan protokol WWW (traffic web: HTTP, HTTPS) sebesar 42% , *NetBios* sebesar 36% dan 22% dari penggunaan *bandwidth* harian Juga banyaknya perpindahan data dari satu *user* ke *user* yang lain menjadikan protokol UDP menjadi jenis yang kedua paling besar menggunakan alokasi *bandwidth*.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian pada *monitoring* router mikrotik RB750 didapatkan nilai pada tiap paramater yang diambil pada tanggal 15 maret 2016 sebagai berikut : *delay* sebesar 0 msec, *jitter* sebesar 0 msec, *packet Loss* sebesar 0 %, *Troughput* rata-rata sebesar 1.567 kbit/s dari kapasitas *Bandwidth* yang di berikan sebesar 2 Mb. Dan *CPU Load* sebesar 3%.

Dan hasil pengujian melalui *NetFlow* didapatkan hasil sebagai berikut : User/pengguna yang mengakses internet di laboratorium FT.UNTIRTA pada pukul 14:05 samapai 16:00 wib tanggal 15 maret 2016 pengaksesan internet rata-rata yaitu melalui www (Traffic web : HTTP,HTTPS).

2. Hasil pengujian pada *monitoring user* di laboratorium FT.UNTIRTA didapatkan nilai pada tiap paramater yang diambil pada tanggal 15 maret 2016 sebagai berikut : *delay* sebesar 4,1 msec, *jitter* sebesar 15 msec, *packet Loss* sebesar <1%, dan *Troughput* rata-rata sebesar 1.317 kbit/s dari kapasitas *Bandwidth* yang di berikan sebesar 2 Mb, *CPU Load* sebesar 21,3%, penggunaan *memory* yang di bagi dua yaitu *memory virtual* sebesar 6.458 Mbyte atau 34,8 % dari kapasitas total *memory virtual* sebesar 18.541 Mbyte, dan pada *memory physical* sebesar 12.536 Mbyte atau 29,3 % dari kapasitas total *memory physical* sebesar 42.686 Mbyte, penggunaan *hard disk* yang di bagi dua yaitu folder sistem sebesar 396.134 Mbyte atau 54,6% dari kapasitas total *hard disk* folder sistem sebesar 729.593 Mbyte dan folder data sebesar 1.417.718 Mbyte atau 83,8% dari kapasitas total *hard disk* data sebesar 1.691.021 Mbyte .
3. Dari hasil yang didapat dari parameter yang telah diuji dapat diketahui jaringan yang berada di *laboratorium* FT.UNTIRTA masih di katakan bagus.

5.2 Saran

Saran untuk pengembangan penelitian seanjutnya adalah:

Jaringan yang dipantau pada skripsi ini terbatas di area *laboratorium* komputer FT.UNTIRTA maka untuk penelitian yang selanjutnya disarankan untuk memonitoring satu jaringan LAN yang ada di ICT FT.UNTIRTA

Daftar Pustaka

- [1]. Nugroho Muazam, Affandi Achmad, Rahardjo Djoko Suprajitno, *Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Jaringan Menggunakan SNMP (Simple Network Management Protocol) dengan Sistem Peringatan Dini dan Mapping Jaringan* Jurnal Tkenik POMITS Vol. 3, No. 1, (2014) ISSN: 2337-3539
- [2]. Ohara GJ, 2005, *Aplikasi Sistem Monitoring Berbasis Web untuk Open Cluster*, Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Bandung.
- [3]. Prasetyo Imam, *Pengenalan Monitoring Jaringan Komputer*, Ilmu Komputer.com.
- [4]. Mirza FawaidusMS, Yuliana Mike, Winarno Idris, *Sistem Monitoring Jaringan Menggunakan BREW (Binary Runtime Environment For Wireless*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS: Surabaya
- [5]. Bobanto William S, Arie S. M. Lumenta, Najoaan Xaverius, 2014, *Analisis Kualitas Layanan Jaringan Internet (Studi Kasus PT. Kawanua Internetindo Manado)*, e-journal Teknik Elektro dan Komputer.
- [6]. Pradikta Reza, Affandi Achmad, Setijadi Eko, 2013, *Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Jaringan dengan Menggunakan Simple Network Management Protocol*, Jurnal Tkenik POMITS Vol. 2, No. 1.
- [7]. Stiawansyah Agus, Irwansyah, Ependi Usman, *Analisa Kinerja Jaringan Pusat Internet Pedesaan Berbasis VSAT di Kabupaten Muara Enim*, Universitas Bina Darma: Palembang.
- [8]. Setiawan Benny, Wellem Haeman Thoeophilus, 2013, *Pengukuran Performens Open Switch pada Virtual Network Traffic Monitoring Berbasis Port Monitoring*. Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana: Salatiga.
- [9]. PRTG. Tersedia dari <https://www.paessler.com> [URL dikunjungi pada 9 Maret 2015]
- [10]. List of Available Sensor Types. Tersedia dari https://www.paessler.com/manuals/prtg/available_sensor_types. [URL dikunjungi pada Maret 2015]
- [11]. Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Pos dan Telekomunikasi, 2004, *Persyaratan Teknis Standar Router Direktorat Jenderal Pos dan Telekomunikasi*, 255, DIRJEN.
- [12]. Praditya Rendy, *Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Trafik dan Performa Server Permainan Komputer*, Jurusan Sistem Informasi, STIKOM: Surabaya.
- [13]. Puska Matti, 2014, *Practical analysis of flows with IPFIX*, Helsinki Metropolia University of Applied Sciences, Bachelor of Engineering, Information Technology
- [14]. Yasonasa Gea Juliman, 2009, *Analisis Trafik Menggunakan MRTG Berbasis SNMP pada Jaringan Kampus Universitas Sumatra Utara*, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sumatra Utara: Medan.
- [15]. Salah Rahmat lubis, 2014, *Analisa Quality of Service (QOS) Jaringan Intenet di SMK*

- Telkom Medan*, Fakultas teknik, Universitas Sumatra utara, Medan.
- [16]. Bahtiar Afwan, *Monitoring jaringan dengan PRTG Traffic Grapher di PT.PLN (Persero)*
- Distribusi JATENG dan DIY*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Perancangan Sistem Kendali Kecepatan Berbasis Arduino Pada Motor Induksi Satu Fasa

Rocky Alfanz¹, Wahyuni Martiningsih², dan Suwanda³

- ¹ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl.Jendral Sudirman Km. 03, Kota Cilegon, Banten
Email: rocky.alfanz@untirtal.ac.id
- ² Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl.Jendral Sudirman Km. 03, Kota Cilegon, Banten
- ³ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl.Jendral Sudirman Km. 03, Kota Cilegon, Banten
Email: suwanda10@gmail.com

Abstract - Single phase induction motors are often used in daily life especially on home appliances, because it technical and economic privileges than the other motors. However, the rotational speed of it is very difficult to control. The solutions to fix this problem is adjust it polarity, outside resistivity, voltage supply and grid frequency. Adjusting the motor speed by changes it frequency can be done without changes the construction of motor and wide scope if control. In this research the design of rotary speed of single phase induction motor by adjusting the voltage frequency supply using MOSFET IRFP 460. Arduino as switching trigger gate MOSFET with open loop system. This device can be used to control the induction motor speed by adjusting the voltage frequency supply direct to motors. DC voltage source from full bridge rectifier is inverted to AC voltage. Frequency can be controlled from 19,56 Hz to 61,64 Hz with 5,24 Hz modulation width. Motor speed can be controlled from 493 rpm on 19.56 Hz to 1800 rpm on 61.64 Hz.

Keywords: Induction Motor, Speed, Arduino Microcontroler, MOSFET, Frequency

I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi membawa dampak yang signifikan dalam kehidupan masyarakat terbukti dengan banyaknya peralatan rumah tangga dan industri yang menggunakan hasil pengembangan teknologi berupa penggunaan motor induksi satu fasa. Penggunaan motor induksi satu fasa ini karena didasarkan pada kelebihan yang dimilikinya dibandingkan dengan jenis motor lain. Kelebihan motor induksi antara lain, memiliki efisiensi yang relatif tinggi, konstruksi yang sederhana dan kuat, serta mudah dan murah dalam proses perawatannya. Sedangkan kelemahan motor induksi satu fasa adalah sulit dalam mengatur kecepatan putarnya. Oleh karena itu diperlukan suatu peralatan untuk mengendalikan kecepatan putar motor sebagai salah satu metode untuk meningkatkan efisiensi kerja dari motor induksi tersebut[1].

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengendalikan kecepatan putar motor induksi, salah satunya adalah dengan cara mengatur frekuensi sumber[2].

Kecepatan motor induksi (N_s) dirumuskan seperti berikut :

$$N_s = \frac{120f}{p} \tag{1}$$

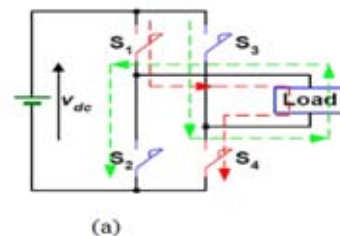
N_s adalah kecepatan sinkron, f adalah frekuensi, dan p adalah jumlah kutub, sehingga pengaturan kecepatan dapat dilakukan dengan mengatur frekuensi tegangan masukan (f)

atau dengan merubah jumlah kutub (p). Pengaturan kecepatan dengan merubah kutub hanya dapat menghasilkan variasi sedikit dan tidak praktis. Sedangkan pengaturan kecepatan dengan merubah frekuensi sumber dapat menghasilkan perubahan kecepatan dengan rentang yang lebar, perubahan kecepatan yang halus, dan tanggapan pengaturan yang tepat[1].

Motor induksi satu fasa dioperasikan pada sistem tenaga satu fasa yang banyak digunakan terutama pada penggunaan peralatan rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, pompa air, mesin cuci, pendingin ruangan dan sebagainya, hal ini dikarenakan motor induksi satu fasa memiliki daya keluaran yang rendah[2].

Voltage source inverter (VSI) berfungsi untuk mengubah tegangan arus searah menjadi tegangan bolak-balik satu fasa. Inverter satu fasa dapat dijumpai dalam topologi setengah jembatan dan jembatan penuh. Inverter jenis ini banyak digunakan pada perangkat pengaturan kecepatan dan UPS satu fasa[3].

Prinsip kerja inverter dapat dijelaskan dengan menggunakan 4 sakelar seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Bila sakelar S_1 dan S_4 dalam kondisi on maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kiri ke kanan, jika yang hidup adalah sakelar S_2 dan S_3 maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kanan ke kiri. Inilah prinsip arus bolak balik (AC) pada satu periode yang merupakan gelombang sinus setengah gelombang pertama pada posisi positif dan setengah gelombang kedua pada posisi negatif[4].



Gambar 1. Prinsip Kerja Rangkaian Inverter [5]

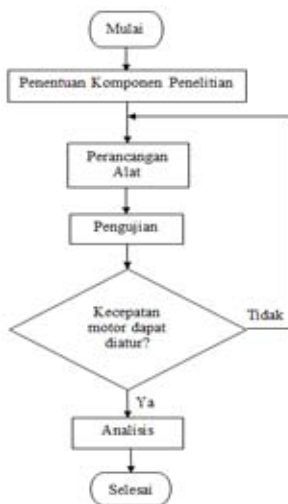
Untuk mengatur frekuensi keluaran (f) dapat dilakukan dengan mengubah-ubah waktu pensaklaran (T) sesuai persamaan (2) berikut [4].

$$f = \frac{1}{T} \tag{2}$$

Pada penelitian ini dirancang sistem pengaturan kecepatan putaran motor induksi satu fasa dengan merubah frekuensi dalam lup terbuka. Perubahan frekuensi diperoleh dari inverter satu fasa yang besarnya tergantung dari pensaklaran *gate* MOSFET. Pemicuan MOSFET dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler Arduino. Dengan adanya alat ini diharapkan pengaturan kecepatan putar motor induksi satu fasa dapat dilakukan dengan mudah dan sederhana.

II. METODE PENELITIAN

Perancangan sistem kendali kecepatan berbasis arduino pada motor induksi satu fasa dilakukan melalui beberapa tahapan. Gambar 2. merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.1 Instrumen Penelitian

Perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada perancangan sistem kendali kecepatan motor induksi satu fasa adalah sebagai berikut :

1. Perangkat Keras (*Hardware*)

Alat dan komponen utama yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

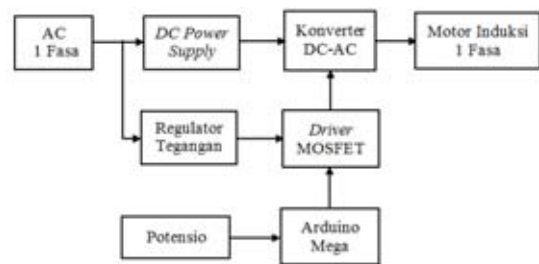
- a. Motor Induksi Satu Fasa
- b. Lampu Pijar 10 watt
- c. Arduino Mega2560
- d. Papan PCB
- e. Transformator *Step-down*
- f. MOSFET IRFP 460
- g. IC Optocoupler TLP 250
- h. LM 7809, dan LM 7818
- i. Multimeter Digital
- j. Osiloskop Digital
- k. Tachometer
- l. Laptop

2. Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak yang digunakan untuk pemrograman mikrokontroler Arduino dan perancangan rangkaian yang dibuat pada penelitian ini yaitu, Arduino IDE, dan Ni Circuit Design.

2.2 Perancangan Penelitian

Susunan perangkat keras perancangan sistem kendali kecepatan motor induksi satu fasa pada penelitian ini terdiri atas 8 bagian utama, yaitu *DC power supply*, regulator tegangan, rangkaian penggerak MOSFET, mikrokontroler Arduino Mega, potensiometer, konverter DC-AC menggunakan MOSFET IRFP460 dan motor induksi satu fasa. Diagram blok perancangan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Blok Perancangan Kendali Kecepatan Motor Induksi 1 Fasa

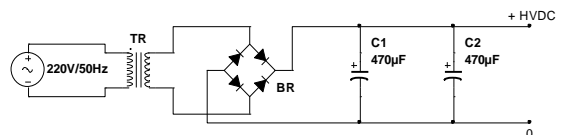
2.2.1

an Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancang

1. Penyearah (*DC Power Supply*)

Rangkaian Penyearah (*DC power supply*) yang digunakan merupakan penyearah jembatan penuh dengan menggunakan dioda *bridge* yang dihaluskan oleh kapasitor polar.



Gambar 4. Rangkaian Penyearah (*DC Power Supply*)

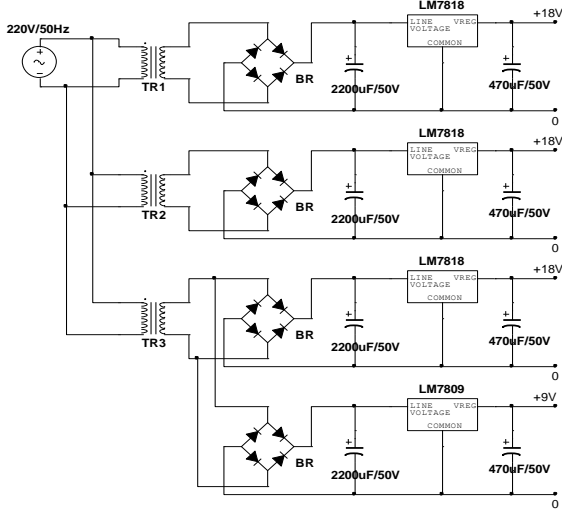
Berikut adalah daftar komponen yang digunakan pada rangkaian *DC power supply* :

- a. Trafo 500 VA : 1 buah
- b. Dioda Bridge 20 A : 1 buah
- c. Kapasitor Polar 470uF/400V : 2 Buah

2. Regulator Tegangan

Rangkaian regulator tegangan yang dirancang terdiri dari rangkaian dengan keluaran DC sebesar 9 volt, dan 18 volt. *IC regulator* yang digunakan yaitu IC LM7809 untuk menghasilkan tegangan 9 volt DC dan IC 7818 untuk menghasilkan tegangan 18 volt DC. Tegangan keluaran 9 volt

digunakan untuk catu daya mikrokontroler arduino dan tegangan 18 volt digunakan untuk pemicuan *gate* MOSFET melalui IC TLP 250.



Gambar 5. Rangkaian Regulator Tegangan

Berikut adalah daftar komponen yang digunakan pada rangkaian regulator tegangan :

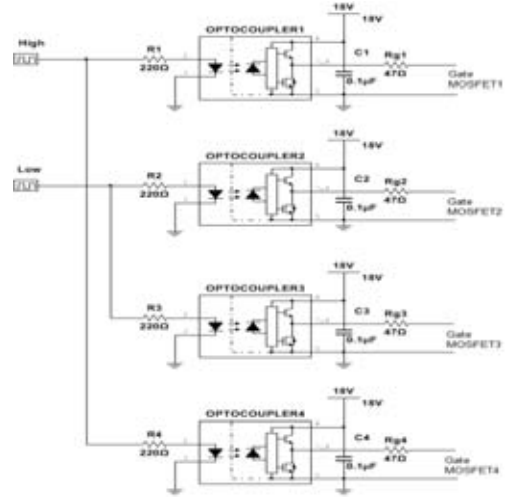
- a. Trafo 2 A : 3 buah
- b. Dioda Bridge 5 A : 1 buah
- c. Dioda Bridge 2 A : 3 buah
- d. Kapasitor Polar 2200uF/50V : 4 buah
- e. Kapasitor Polar 470uF/50V : 4 buah
- f. IC LM7818 : 3 buah
- g. IC LM7809 : 1 buah

3. *Driver* MOSFET

Rangkaian *driver* berfungsi sebagai rangkaian isolasi atau pemisah antara tegangan rangkaian kontrol yang berupa tegangan rendah DC terhadap tegangan rangkaian daya, dan berguna untuk melindungi rangkaian kontrol bilamana terjadi gangguan ataupun kesalahan pada rangkaian daya, yang mungkin dapat merusak sistem control[4].

Berikut adalah daftar komponen yang digunakan pada rangkaian *driver* MOSFET :

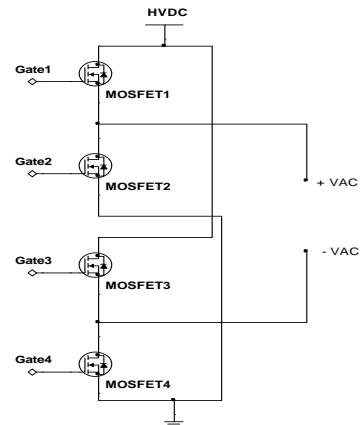
- a. IC TLP250 : 4 buah
- b. Kapasitor Polar 0,1uF/50V : 4 buah
- c. Resistor 330 Ohm : 4 buah
- d. Resistor 50 Ohm : 4 buah



Gambar 6. Rangkaian *Driver* MOSFET TLP 250

4. Konverter DC-AC

Rangkaian konverter DC-AC yang dirancang adalah inverter jembatan penuh satu fasa yang dirancang menggunakan 4 buah MOSFET tipe IRFP460 yang diproduksi oleh International Rectifier, dengan tegangan *breakdown drain source* $V_{(BR)DSS}$ adalah 500 volt dan kemampuan arus drain maksimal $I_{D(maks)}$ sebesar 8 A[6]. IRFP460 mempunyai tegangan *threshold* 4 volt, dan akan bekerja optimal jika diberikan tegangan pada *gate*-nya diatas 10 V. Sinyal pemicuan dari mikrokontroler Arduino hanya mampu memberikan sinyal picu sebesar 5 V. Oleh karena itu diperlukan rangkaian *driver* untuk mengaktifkan MOSFET. Pada perancangan ini digunakan rangkaian *driver* MOSFET berupa IC TLP250 dengan tegangan picu sebesar 18 V.



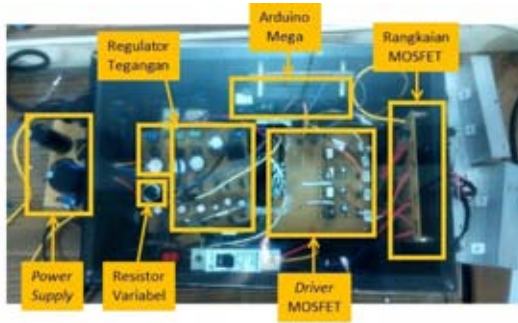
Gambar 7. Rangkaian Inverter Satu Fasa Jembatan Penuh

2.2.2 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pada perancangan perangkat lunak digunakan untuk pemrograman Arduino Mega 2560 menggunakan bantuan *software* Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang menggunakan bahasa pemrograman C++.. Perancangan program ini menggunakan *software* Arduino

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan kendali kecepatan motor induksi satu fasa pada penelitian ini terbagi menjadi lima bagian utama, yaitu mikrokontroler arduino mega, rangkaian *DC power Supply*, rangkaian regulator tegangan, rangkaian *driver* MOSFET dan rangkaian konverter DC – AC satu fasa. Pengujian dilakukan perbagian pada setiap rangkaian. Selanjutnya dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan.



Gambar 8. Implementasi Sistem Kendali Kecepatan Motor Induksi

1. Pengujian DC Power Supply

Tabel 1. merupakan hasil pengukuran *DC power supply*.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran *DC Power Supply*

Tegangan AC Input	Tegangan DC	
	Pengukuran	Perhitungan
155,46 V	216,6 V	219,85 V

Setelah melakukan pengukuran maka dapat dibandingkan antara hasil pengukuran dengan hasil perhitungan. Sehingga dapat diperoleh persentase kesalahan yang telah dihasilkan oleh *DC power supply* ini sebesar 1,48 %. Maka persentasi keakurasian untuk *output* pada rangkaian *DC power supply* tegangan ini sebesar 98,52%.

2. Pengujian Regulator Tegangan

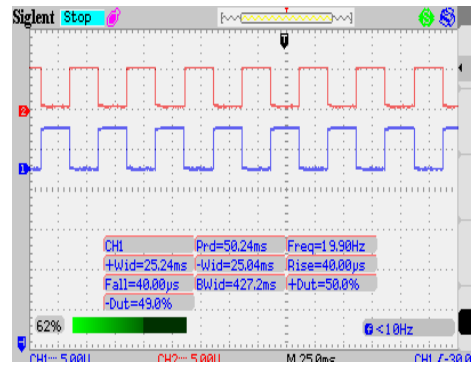
Pada rangkaian regulator tegangan ini digunakan untuk mengatur tegangan catudaya mikrokontroler arduino sebesar 9 V dan catudaya rangkaian *driver* MOSFET TLP250 sebesar 18 V.

Dari hasil pengukuran tegangan yang dilakukan sebanyak lima kali pada rangkaian regulator tegangan yang berfungsi sebagai pengatur tegangan DC diperoleh tegangan rata-rata sebesar 9 V dan 18 V. Pada rangkaian ini, kestabilan tegangan yang dihasilkan sudah sesuai dengan perancangan yang diinginkan.

3. Pengujian Sinyal Picu Mikrokontroler Arduino

Pengujian sinyal pemucuan bertujuan untuk mengetahui bentuk sinyal yang dihasilkan oleh mikrokontroler Arduino, sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Untuk mengetahui

bentuk sinyal pemucuan keluaran mikrokontroler Arduino dilakukan pengujian menggunakan osiloskop digital.

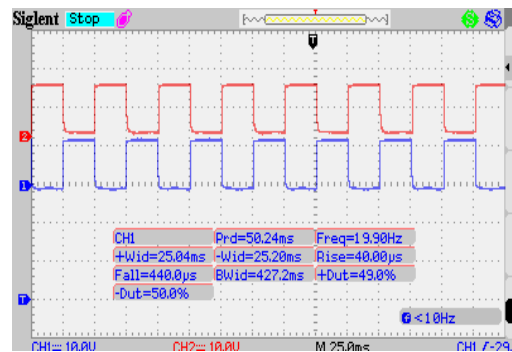


Gambar 9. Gelombang Sinyal Pemucuan Mikrokontroler Arduino

Dari hasil pengujian tersebut terlihat keluaran arduino memiliki bentuk sinyal kotak yang berlawanan ketika sinyal keluaran PIN 10 *high* maka sinyal keluaran PIN 11 *low*. Keluaran sinyal pemucuan dari mikrokontroler Arduino memiliki tegangan 5 volt, sinyal keluaran dari mikrokontroler digunakan untuk pemucuan *gate* MOSFET melalui rangkaian *driver* MOSFET.

4. Pengujian Driver MOSFET

Sinyal pemucuan dari Arduino sebesar 5 volt dikuatkan oleh rangkaian *driver* MOSFET menjadi 18 volt menggunakan *optocoupler* TLP 250. Berikut adalah hasil sinyal keluaran *driver* MOSFET seperti terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Gelombang Sinyal Pemucuan *Driver* MOSFET TLP250

5. Pengujian Tegangan Keluaran Tanpa Beban

Tabel di bawah ini adalah hasil pengujian tegangan keluaran dari konverter DC-AC.

Tabel 2. Data Pengujian Konverter DC-AC Tanpa Beban

No.	Frekuensi (Hz)	Tegangan DC Input (volt)	Tegangan AC Output (volt)
1	19,56	229	224
2	25,44	229,16	224
3	30,33	228,52	224
4	35,22	228,5	224
5	41,09	225,92	220
6	45	225,34	220
7	49,9	224,92	220
8	54,79	224,54	220
9	61,64	224,32	216

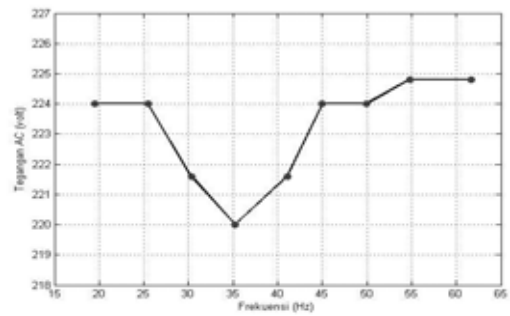
Dari pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa alat yang dirancang dapat menghasilkan tegangan keluaran AC dengan frekuensi yang dapat diatur dari frekuensi 19,56 Hz sampai dengan frekuensi 61,64 Hz. Tegangan keluaran AC mengalami penurunan dari tegangan masukan DC. Terjadinya penurunan tegangan ini karena adanya rugi-rugi yang terjadi karena proses penyaklaran yang dilakukan oleh MOSFET.

6. Pengujian Kecepatan Motor Induksi Satu Fasa

Perancangan alat ini bertujuan untuk dapat mengatur kecepatan motor induksi satu fasa dengan merubah frekuensi tegangan suplai ke motor, maka dilakukan pengujian dengan beban berupa motor induksi satu fasa. Motor induksi yang digunakan mempunyai daya 45 watt. Pada pengujian ini tegangan input konverter DC-AC dibuat konstan, kemudian frekuensinya dirubah-rubah dari 19,56 Hz sampai dengan 61,64 Hz.

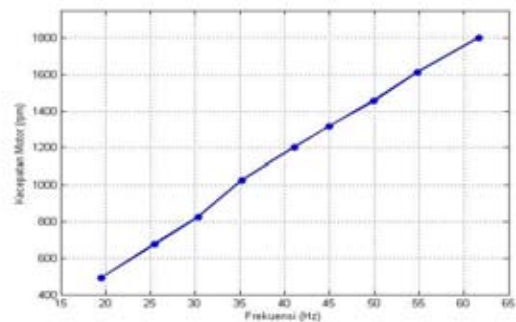
Tabel 4. Data Pengujian Kecepatan Motor Induksi Satu Fasa

Frekuensi (Hz)	Tegangan DC Input (V)	Tegangan AC Output (V)	Arus (A)	Kecepatan (rpm)
19,56	225,54	224	0,22	493
25,44	222,48	224	0,21	676
30,33	221,76	221,6	0,2	826
35,22	222,64	220	0,19	1026
41,09	222,44	221,6	0,18	1202
45	225,32	224	0,18	1318
49,9	224,42	224	0,18	1455
54,79	226,28	224,8	0,18	1613
61,64	226,22	224,8	0,18	1800



Gambar 11. Perubahan Frekuensi Terhadap Tegangan AC Keluaran pada Pengujian Kecepatan Motor Induksi

Dari grafik Gambar 11. terlihat bahwa tegangan yang dihasilkan selama pengujian kecepatan motor secara keseluruhan mengalami kenaikan dibanding-kan dengan tegangan keluaran tanpa beban. Pada frekuensi 30,33 Hz dan 41,09 Hz mengalami penurunan tegangan yang tidak begitu signifikan. Adanya penurunan ini terjadi karena tegangan yang dihasilkan belum stabil. Adanya perubahan frekuensi tidak begitu berpengaruh terhadap tegangan keluaran pada pengujian dengan beban motor induksi.



Gambar 12. Grafik Perubahan Frekuensi Terhadap Kecepatan Motor Induksi

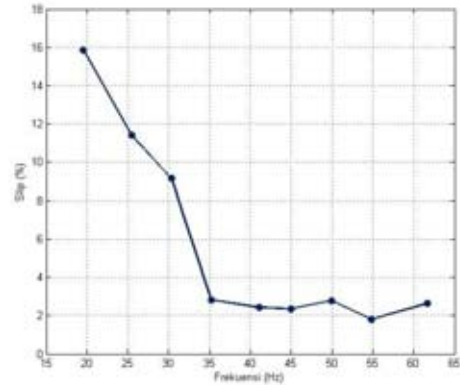
Berdasarkan Gambar 12. terlihat bahwa perubahan frekuensi mengakibatkan perubahan kecepatan putaran motor. Perubahan kecepatan putaran motor sebanding dengan perubahan frekuensi. Semakin besar frekuensi yang diberikan maka kecepatan putaran motor semakin tinggi begitu pula sebaliknya. Hal ini sesuai dengan rumus yang diberikan pada persamaan (1) dimana adanya perubahan frekuensi menyebabkan perubahan kecepatan putaran pada motor induksi.

Kecepatan sinkron (Ns) merupakan kecepatan motor yang dihasilkan melalui perhitungan berdasarkan frekuensi sumber motor, sedangkan kecepatan rotor (Nr) adalah kecepatan yang dihasilkan oleh rotor hasilnya berdasarkan pengukuran. Setelah didapatkan nilai kecepatan sinkron kemudian dicari besarnya slip antara kecepatan sinkron dan kecepatan rotor.

Tabel 5. Kecepatan Sinkron (Ns) dan Slip pada Motor

Frekuensi (Hz)	Kecepatan Rotor (rpm)	Kecepatan Sinkron (rpm)	Slip (%)
19,56	493	586	15,87
25,44	676	763	11,4
30,33	826	910	9,13
35,22	1026	1056	2,84
41,09	1202	1232	2,43
45	1318	1350	2,37
49,9	1455	1497	2,8
54,79	1613	1643	1,82
61,64	1800	1849	2,65

Ini terjadi karena seiring dengan penurunan frekuensi maka terjadi juga penurunan impedansi pada kumparan motor karena adanya reaktansi induktif (X_L) pada kumparan motor.



Gambar 14. Pengaruh Perubahan Frekuensi terhadap Slip

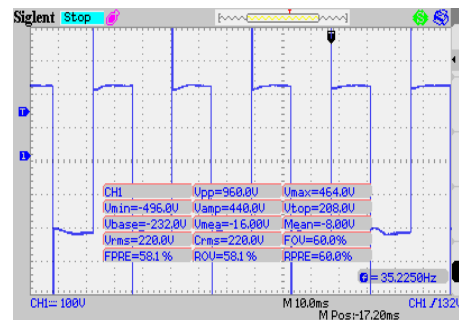
Tabel 6. Perbandingan Kecepatan Motor Hasil Perancangan dan Jala-jala PLN

Sumber	Frek. (Hz)	Teg. (volt)	Kec. (rpm)	Arus (A)	Slip (%)
PLN	49,9	227	1463	0,18	2,27
Perancangan	49,9	224	1455	0,18	2,8
Selisih	0	3	8	0	0,53

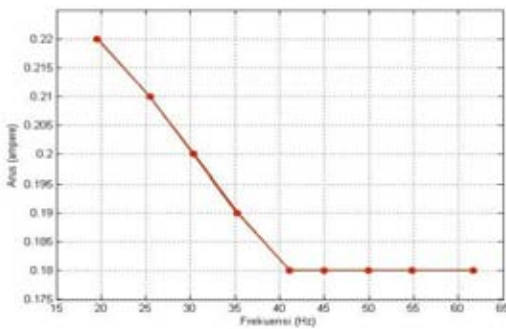
Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 14. terlihat bahwa perubahan frekuensi berpengaruh terhadap slip yang dihasilkan, pada frekuensi rendah slip yang dihasilkan cenderung lebih besar dibandingkan dengan frekuensi yang mendekati frekuensi *rating* motor.

Dari Tabel 6. terlihat pada frekuensi yang sama, dari hasil perancangan adanya penurunan tegangan sebesar 3 volt atau 1,32 % dari sumber jala-jala PLN dan penurunan kecepatan sebesar 8 rpm atau 0,54 % , untuk slip yang dihasilkan dari perancangan mengalami kenaikan sebesar 0,53 % dari slip yang dihasilkan pada jala-jala PLN. Untuk arus motor terjadi kenaikan pada pengujian hasil perancangan sebesar 0,03 ampere atau sebesar 16,67 % dari sumber jala-jala PLN. Terjadinya kenaikan arus pada pengujian hasil perancangan karena rugi-rugi yang dihasilkan oleh tegangan yang berupa gelombang kotak. Kerugian yang cukup signifikan adalah berupa panas yang dirasakan pada motor. Semakin panas motor maka arus yang ditarik oleh motor semakin besar.

Bentuk gelombang yang dihasilkan pengujian kecepatan motor induksi seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 15. Bentuk Gelombang Keluaran Pengujian Kecepatan Motor pada Frekuensi 35,22 Hz



Dari hasil perancangan alat dan pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa alat ini dapat digunakan untuk mengatur kecepatan motor induksi satu fasa dengan perubahan frekuensi, motor induksi dapat berputar dengan baik namun menghasilkan bunyi dengung dan motor cepat panas dikarenakan bentuk gelombang tegangan yang dihasilkan masih bentuk gelombang kotak belum mendekati gelombang sinus seperti sumber tegangan yang dihasilkan oleh jala-jala PLN. Jika dibandingkan antara hasil perancangan dengan sumber tegangan jala-jala PLN pada frekuensi yang sama, kecepatan motor yang dihasilkan perbedaannya tidak begitu besar.

Gambar 13. Pengaruh Perubahan Frekuensi terhadap Arus Beban

Dari grafik pada Gambar 13. terlihat bahwa perubahan frekuensi mempengaruhi pada arus stator motor yang dihasilkan, terjadi kenaikan arus pada frekuensi yang rendah.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR PUSTAKA

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap hasil perancangan sistem kendali kecepatan berbasis arduino pada motor induksi ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini telah dapat merealisasikan perancangan konverter DC-AC dengan menggunakan komponen *switching* MOSFET yang dapat mengeluarkan tegangan AC sesuai dengan tegangan DC yang dimasukkan dengan frekuensi yang dapat diatur dari 19,56 Hz sampai 61,64 Hz dengan kenaikan 5,24 Hz.
2. Kecepatan motor yang dapat diatur mulai dari 493 rpm pada frekuensi 19,56 Hz sampai dengan 1800 rpm pada frekuensi 61,64 Hz dengan perubahan kecepatan rata-rata 163 rpm.
3. Pada pengujian frekuensi yang sama antara sumber jala-jala PLN dan alat yang dirancang terjadi perbedaan kecepatan putaran motor sebesar 8 rpm, kecepatan motor pada jala-jala PLN sebesar 1463 rpm sedangkan kecepatan motor hasil perancangan sebesar 1455 rpm.

B. Saran

Pada perancangan sistem kendali kecepatan pada motor induksi satu fasa ini, penulis memberikan saran untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian ini yaitu:

1. Untuk menghasilkan unjuk kerja yang baik perubahan frekuensi diikuti pula dengan perubahan tegangan menggunakan sistem kendali *close loop* agar didapat pengaturan kecepatan motor yang lebih handal.
2. Menggunakan komponen *switching* yang memiliki rating daya yang lebih besar misalnya menggunakan komponen IGBT.
3. Menambahkan filter pada keluaran konverter DC-AC agar didapatkan bentuk gelombang yang mendekati gelombang yang dihasilkan oleh jala-jala PLN.

- [1]. Kumolo, D. (2014). Pengaruh inverter sebagai Alat Pengendali Frekuensi terhadap Unjuk Kerja Motor Induksi Tiga Fasa Sangkar Tupai. Yogyakarta: Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi UGM.
- [2]. Suhendra, D. (2014). Perancangan Alat Pengontrolan Frekuensi dalam Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Satu Fasa Menggunakan Kontrol PID. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.
- [3]. Rashid, MH. (2011). Power Electronic : Circuit, Devices, and Applications Third Edition. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- [4]. Windy, M. (2010). Kendali Variabel Voltage variable Frekuensi pada motor Induksi Satu Fasa Berbasis Mikrokontrol ATMEGA8535. Semarang: Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.
- [5]. Internalis, B. (2007). Pengaruh Variasi Tegangan DC Chopper dan Variasi Frekuensi Inverter pada Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa 1 Hp Berbasis Mikrokontroler At89S51/52. Semarang: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- [6]. Vishay Siliconix. Power MOSFET IRFP460. Tersedia dari : <http://www.alldatasheet.com>. [URL dikunjungi pada 31 Januari 2016]

Perancangan Sistem Kendali Suhu Induction Furnace Berbasis Arduino

Romi Wiryadinata¹, Andri Ramdoni², dan Wahyuni Martiningsih³

¹ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl.Jendral Sudirman Km. 03, Kota Cilegon, Banten
Email: wiryadinata@untirta.ac.id

² Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl.Jendral Sudirman Km. 03, Kota Cilegon, Banten
Email: andri.ramdoni19@gmail.com

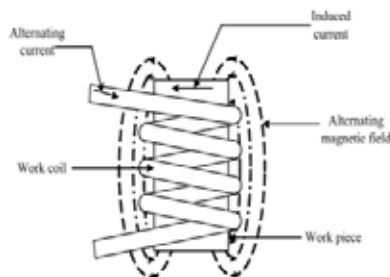
³ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl.Jendral Sudirman Km. 03, Kota Cilegon, Banten
Email: yuni_elektro@yahoo.com

Abstract - Induction heating is a heating process without making any direct contact to the material which will be melted. An induction heater using high frequency AC voltage for heating a material which has a conductive characteristic by using magnetic field produced by work coil. Because of this indirect heating, the melting material will not be contaminated. This heating technique is very efficient due to the heat produced by the material itself so that can prevent heat leakage possibility. An induction heater has a dependability with frequency, voltage, current, and the shape of material which will be melted. Each factor has an influence to a heat characteristic. In this design the induction furnace temperature controlling device has been made. Induction furnace temperature can be controlled by adjusting the frequency of the inverter. The main component of this device is a frequency controlled full bridge inverter which adjusted from 10 to 160 kHz. The output of the inverter is controlled by Arduino Mega2560.

Keywords: Induction Furnace, Arduino, Inverter Full Bridge, Frequency.

I. PENDAHULUAN

Pemanas induksi yaitu timbulnya panas pada logam yang terkena induksi medan magnet, hal ini disebabkan karena pada logam timbul arus Eddy atau arus pusar yang arahnya melingkar melingkupi medan magnet terjadinya arus pusar akibat dari induksi magnet yang menimbulkan fluks magnetik yang menembus logam, sehingga menyebabkan panas pada logam[1].



Gambar 1 Prinsip Kerja Pemanas Induksi

Induksi magnet adalah kuat medan magnet akibat adanya arus listrik yang mengalir dalam konduktor. Pemanasan induksi juga disebut sebagai proses pemanasan non-kontak yang menggunakan listrik frekuensi tinggi untuk menghasilkan panas yang konduktif secara elektrik[2].

Arus Eddy memiliki peranan yang paling dominan dalam proses pemanasan induksi. Panas yang dihasilkan pada material sangat bergantung kepada besarnya arus Eddy yang diinduksikan oleh lilitan penginduksi. Ketika lilitan dialiri oleh arus bolak-balik, maka akan timbul medan magnet di sekitar kawat penghantar. Medan magnet tersebut besarnya berubah-ubah sesuai dengan arus yang mengalir pada lilitan tersebut. Jika terdapat bahan konduktif disekitar medan magnet yang berubah-ubah tersebut, maka pada bahan konduktif tersebut akan mengalir arus yang disebut arus Eddy[3].

Inverter satu fasa jembatan penuh terdiri atas dua inverter setengah jembatan. Susunan ini menghasilkan rating daya yang lebih tinggi daripada inverter setengah jembatan. Dengan tegangan *input* DC yang sama, tegangan *output* maksimum yang dihasilkan dua kali tegangan *output* inverter setengah jembatan[4].

Resonansi adalah proses bergetarnya suatu benda dikarenakan ada benda lain yang bergetar, hal ini terjadi karena suatu benda bergetar pada frekuensi yang sama dengan frekuensi benda yang terpengaruhi. Resonansi pada rangkaian AC (*Alternating Current*) merupakan keadaan dimana reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif memiliki nilai yang sama ($XL = XC$)[5].

Frekuensi resonansi dapat dihitung menggunakan persamaan matematika berikut ini :

$$Fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

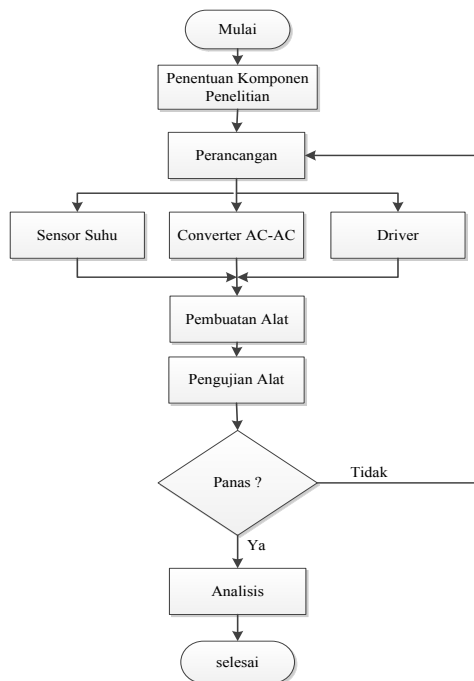
Termokopel merupakan sensor yang paling umum digunakan untuk mengukur suhu, dan data logger adalah suatu alat rekam elektronik yang dapat merekam data. Fungsi utama data logger suhu salah satunya adalah untuk memonitor suhu secara terus-menerus [6]. Mikrokontroler akan membaca nilai

ADC yang kemudian akan disimpan sementara dan diolah melalui perhitungan sehingga akan digunakan untuk menampilkan nilai dari suhu yang dihasilkan dari rangkaian sensor[7].

Pada penelitian ini dirancang sistem pengaturan suhu pada *induction furnace* dengan mengubah nilai frekuensi. Perubahan frekuensi diperoleh dari *inverter full bridge* tergantung dari pensaklaran *gate* MOSFET. Pemicuan MOSFET dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega.

II. METODE PENELITIAN

Perancangan sistem kendali suhu *induction furnace* dilakukan melalui beberapa tahapan. Gambar 2. merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.1 Instrumentasi Penelitian

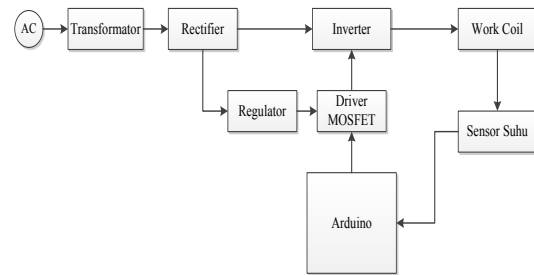
Perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada perancangan sistem kendali kecepatan motor induksi satu fasa adalah sebagai berikut :

1. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - Alat dan komponen utama yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :
 - a. Arduino Mega2560
 - b. Papan PCB
 - c. Transformator *Step-down*
 - d. MOSFET IRFP 460
 - e. IC Optocoupler HCPL 3120
 - f. LM 7809,7805, dan LM 7818
 - g. Multimeter Digital
 - h. Tang Ampere
 - i. Osiloskop Digital
 - j. Thermocouple tipe K
 - k. Modul MAX 31855
1. Laptop
2. Perangkat Lunak (*Software*)

1. Perangkat lunak yang digunakan untuk pemrograman mikrokontroler Arduino dan perancangan rangkaian yang dibuat pada penelitian ini yaitu, Arduino IDE, Matlab, dan *NI Circuit Design* 13.

2.2 Perancangan Penelitian

Susunan perangkat keras perancangan sistem kendali suhu *induction furnace* terdiri atas 7 bagian utama, yaitu *rectifier*, regulator tegangan, rangkaian *Driver* MOSFET, mikrokontroler Arduino Mega, *inverter full bridge*, *work coil*, dan sensor suhu.. Diagram blok perancangan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.

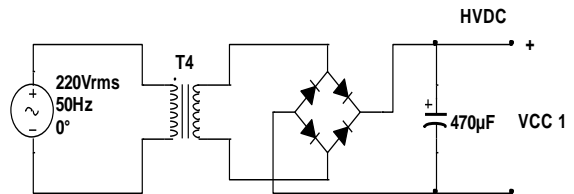


Gambar 3. Diagram Blok Perancangan Kendali Suhu *Induction Furnace*

2.2.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

1. Penyearah (*Rectifier*)

Rangkaian Penyearah (*rectifier*) yang digunakan merupakan penyearah jembatan penuh dengan menggunakan dioda *bridge* yang dihaluskan oleh kapasitor polar.



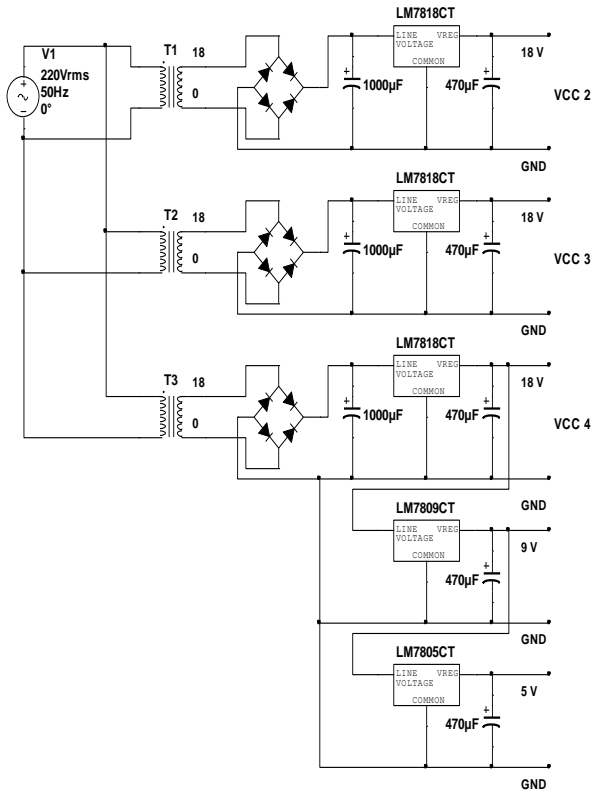
Gambar 4. Rangkaian Penyearah (*Rectifier*)

Berikut adalah daftar komponen yang digunakan pada rangkaian *power supply* :

- a. Trafo : 1 buah
- b. Dioda Bridge 20 A : 1 buah
- c. Kapasitor Polar 470uF/400V : 1 buah

2. Regulator Tegangan

Rangkaian regulator tegangan yang dirancang terdiri dari rangkaian dengan keluaran DC sebesar 9 volt, dan 18 volt. *IC regulator* yang digunakan yaitu IC LM7809 untuk menghasilkan tegangan 9 volt DC, IC 7818 untuk menghasilkan tegangan 18 volt DC dan LM7805 untuk menghasilkan tegangan 5 volt. Tegangan keluaran 9 volt digunakan untuk catu daya mikrokontroler Arduino, 5 volt digunakan untuk sensor, dan tegangan 18 volt digunakan untuk *driver* MOSFET HCPL 3120.



Gambar 5. Rangkaian Regulator Tegangan

Berikut adalah daftar komponen yang digunakan pada rangkaian regulator tegangan :

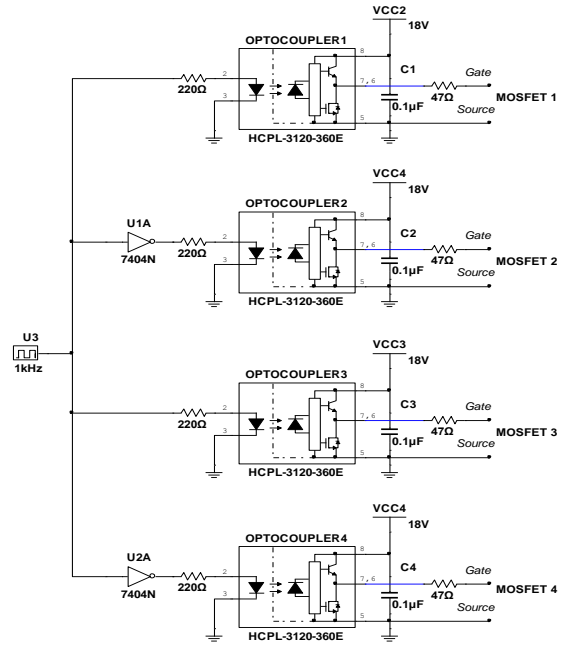
- a. Trafo 2 A : 2 buah
- b. Trafo 500 mA : 1 buah
- c. Dioda Bridge 3 A : 2 buah
- d. Dioda Bridge 1 A : 1 buah
- e. Kapasitor Polar 1000uF/50V : 3 buah
- f. Kapasitor Polar 470uF/16V : 2 buah
- g. Kapasitor Polar 470uF/10V : 1 buah
- h. Kapasitor Polar 470uF/25V : 3 buah
- i. IC LM7818 : 1 buah
- j. IC LM7809 : 1 buah
- k. IC LM7805 : 1 buah

3. Driver MOSFET

Berikut adalah daftar komponen yang digunakan pada rangkaian driver MOSFET :

- a. IC HCPL 3120 : 4 buah
- b. Kapasitor Polar 0,1uF/50V : 4 buah
- c. Resistor 330 Ohm : 4 buah
- d. Resistor 50 Ohm : 4 buah

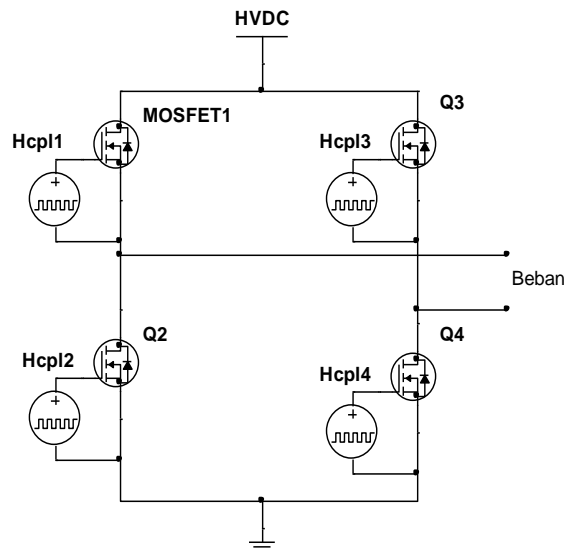
Rangkaian driver berfungsi sebagai rangkaian isolasi atau pemisah antara tegangan rangkaian kontrol yang berupa tegangan rendah DC terhadap tegangan rangkaian daya, dan berguna untuk melindungi rangkaian control apabila terjadi gangguan ataupun kesalahan pada rangkaian daya, yang mungkin dapat merusak sistem control.



Gambar 6. Rangkaian Driver MOSFET HCPL 3120

4. Inverter Full Bridge

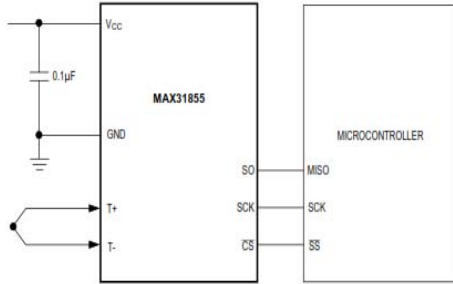
1. Rangkaian konverter DC-AC yang dirancang adalah inverter jembatan penuh satu fasa yang dirancang menggunakan 4 buah MOSFET tipe IRFP460 yang diproduksi oleh International Rectifier, dengan tegangan *breakdown drain source* $V_{(BR)DSS}$ adalah 500 volt dan kemampuan arus drain maksimal $I_{D(maks)}$ sebesar 8A. IRFP460 mempunyai tegangan *threshold* 4 volt, dan akan bekerja optimal jika diberikan tegangan pada *gate*-nya di atas 10V. Sinyal pemecuan dari mikrokontroler Arduino hanya mampu memberikan sinyal picu sebesar 5 V. Oleh karena itu diperlukan rangkaian driver untuk mengaktifkan MOSFET. Pada perancangan ini digunakan rangkaian driver MOSFET berupa IC HCPL 3120 dengan tegangan picu sebesar 18 V.



Gambar 7. Rangkaian Inverter Full Bridge

5. MAX 31855

Untuk membaca suhu terukur adalah dengan menjumlahkan tegangan pada kedua sambungan (junction) tersebut kemudian melihat tabel referensi termokopel yang dikeluarkan oleh *National Institute of Standards and Technology* (NIST), dimana setiap tegangan keluaran termokopel menunjukkan suhu tertentu. Diperlukan rangkaian penguat dan pengkondisi sinyal agar keluaran dari rangkaian ini dapat dibaca. Rangkaian pengkondisi sinyal menggunakan MAX 31855.



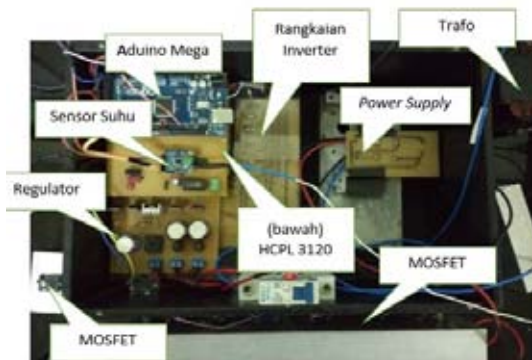
Gambar 8 Pin Out MAX 31855

2.2.2 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Pada perancangan perangkat lunak digunakan untuk pemrograman Arduino Mega 2560 menggunakan bantuan software Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang menggunakan bahasa pemrograman C++.. Perancangan program ini menggunakan software Arduino 1.5.8.

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan kendali suhu *induction furnace* pada penelitian ini terbagi menjadi tujuh bagian utama, yaitu mikrokontroler arduino mega, rangkaian *rectifier* sebagai *power supply*, rangkaian regulator tegangan, rangkaian *driver* MOSFET, rangkaian *inverter full bridge* dan sensor suhu. Pengujian dilakukan perbagian pada setiap rangkaian. Selanjutnya dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan.



Gambar 9 Implementasi Sistem Kendali Suhu Induction Furnace

1. Pengujian Rectifier

Tabel 1 merupakan hasil pengukuran *rectifier* dengan tegangan input yang berbeda .

Tabel 1 Data Hasil Pengukuran *Power Supply*

No	Tegangan	
	Input (AC)	Output (DC)
1	110	156.23
2	32	45.5
3	25	35.35
4	18	25.5
5	12	17.21

2. Pengujian Regulator Tegangan

Pada rangkaian regulator tegangan ini digunakan untuk mengatur tegangan catudaya mikrokontroler arduino sebesar 9 V, sensor sebesar 5 volt, dan catudaya rangkaian *driver* MOSFET HCPL 3120 sebesar 18 V.

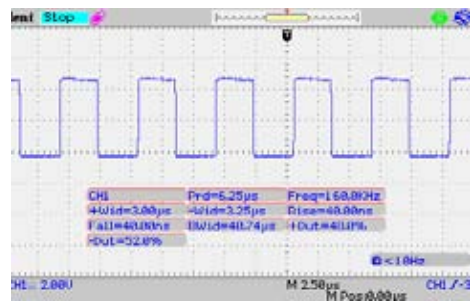
Tabel 2 Data Pengukuran Regulator Tegangan

No	7818	7809	7805
1	18	9.1	4.96
2	18	9	5.01
3	18.2	9	5
4	17.9	9	5.03
5	17.9	9	5

Dari hasil pengukuran tegangan yang dilakukan sebanyak lima kali pada rangkaian regulator tegangan yang berfungsi sebagai pengatur tegangan DC diperoleh tegangan rata-rata sebesar 9 V dan 18 V. Pada rangkaian ini, kestabilan tegangan yang dihasilkan sudah baik sesuai dengan perancangan yang diinginkan.

3. Pengujian Sinyal Picu Mikrokontroler Arduino

Pengujian sinyal pemicuan bertujuan untuk mengetahui bentuk sinyal dan frekuensi yang dihasilkan oleh mikrokontroler Arduino Mega. sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Untuk mengetahui bentuk sinyal pemicuan keluaran mikrokontroler Arduino dilakukan pengujian menggunakan osiloskop digital.

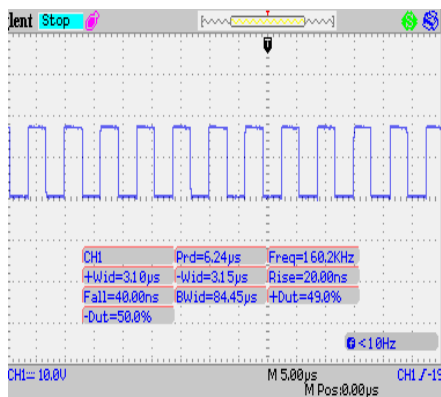


Gambar 10. Gelombang Sinyal Pemicuan Mikrokontroler Arduino

Dari hasil pengujian tersebut terlihat keluaran arduino memiliki bentuk sinyal kotak yang berasal dari PIN 11. Pengujian bentuk sinyal keluaran Arduino dilakukan dari 10 kHz sampai 160 kHz. Keluaran sinyal pemicuan dari mikrokontroler Arduino memiliki tegangan 5 volt, sinyal keluaran dari mikrokontroler digunakan untuk pemicuan *gate* MOSFET melalui rangkaian *driver* MOSFET HCPL 3120.

4. Pengujian Driver MOSFET

Sinyal pemicuan yang digunakan pada rangkaian *driver* MOSFET sebesar 18 volt menggunakan *optocoupler* HCPL 3120. Berikut adalah hasil sinyal keluaran *driver* MOSFET seperti terlihat pada Gambar 10.



Gambar 11. Gelombang Sinyal Pemicuan *Driver* MOSFET HCPL 3120

5. Pengujian Tegangan Keluaran Tanpa Beban

Tabel di bawah ini adalah hasil pengujian tegangan keluaran *Inverter Full Bridge*.

Tabel 3. Data Pengujian Konverter DC-AC Tanpa Beban

No.	Frekuensi (kHz)	Tegangan DC Input (v)	Tegangan AC Output (v)
1	20	155	153,47
2	60	47	46,25
3	160	47	45,25
4	40	35	34,35
5	60	37	36,45
6	160	36	35,36
7	40	25	23,6
8	60	25	24,45
9	160	25	23

Pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa alat yang dirancang dapat menghasilkan

tegangan keluaran AC dengan frekuensi yang dapat diatur dari frekuensi 10 kHz sampai dengan frekuensi 160 kHz.

6. Pengujian Modul MAX 31855

Pengujian kinerja dari rangkaian pengkondisian sinyal *thermocouple* ini dilakukan pada kondisi suhu ruang.



Gambar 12 Suhu Terukur MAX 31855

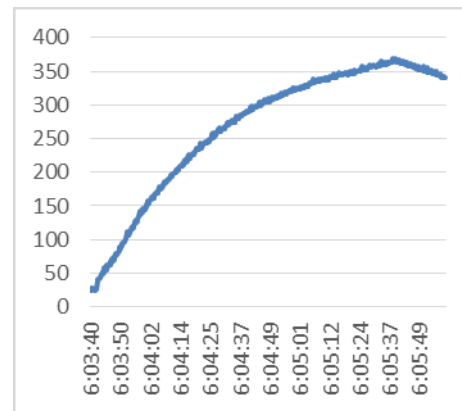
7. Pengujian Pemanasan Logam

Tabel 3. merupakan hasil pengujian dengan beban aluminium dengan ketebalan 1 mm.

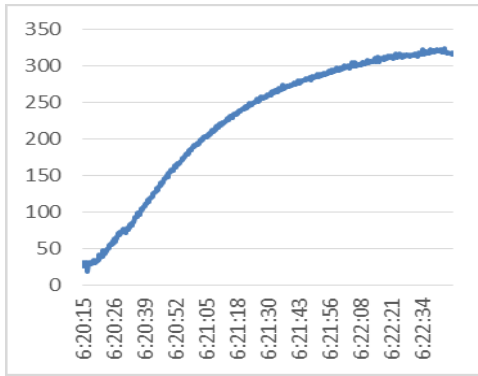
Tabel 4. Kenaikan Suhu pada Frekuensi 71,25 kHz

No	V		A	Suhu (°C)		Waktu (s)
	Vs	Koil		Awal	Maks	
1	32	0,875	12,48	28	368,75	118
2	25	0,778	10,59	30	324,75	140
3	18	0,624	9,28	31.6	242	145
4	12	0,438	6,98	31	186,25	184

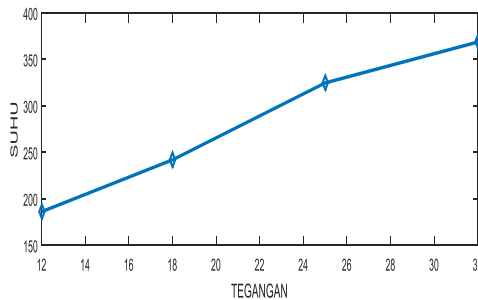
Dari Tabel 4 terlihat bahwa tegangan berpengaruh pada nilai arus yang mengalir pada koil, pada suhu maksimal yang dihasilkan oleh pemanas induksi juga berubah tergantung arus yang mengalir, dan kecepatan pemanasan juga dipengaruhi oleh nilai arus. Dari tabel 4 suhu maksimal 368,75 dalam waktu 118 detik.



Gambar 13 Grafik Kenaikan Suhu pada 32 V

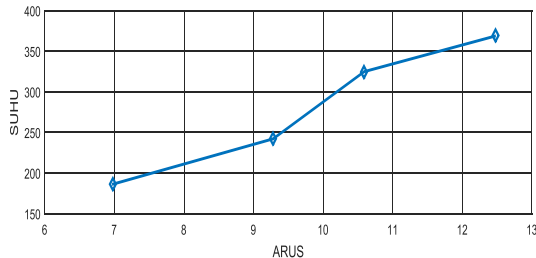


Gambar 14 Grafik Kenaikan suhu pada 25 V



Gambar 15 Grafik Tegangan Terhadap Suhu

Berdasarkan (Tabel 4) nilai arus yang mengalir pada koil berubah mengikuti tegangan sumber, dan berikut (Gambar 16) grafik nilai arus yang mengalir pada koil terhadap suhu logam.



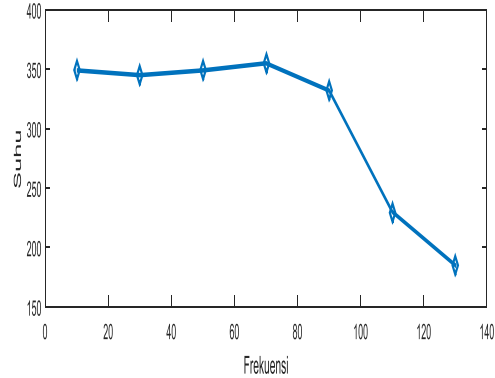
Gambar 16 Grafik Arus Terhadap Suhu

Pengujian kenaikan suhu juga dilakukan dengan mengubah frekuensi inverter, dengan perubahan frekuensi sebesar 20kHz. Pengujian dilakukan dari frekuensi 10kHz sampai 130 kHz.

Tabel 5 Frekuensi Terhadap Kenaikan Suhu

No	f (kHz)	V Coil	A	Suhu		Waktu (s)
				Awal	2ax	
1	10	0,834	11,19	27,5	354	200
2	30	1,23	16,09	28	345	158
3	50	1,1	20,12	28	349	158
4	70	0,98	24,50	28	355	163
5	90	0,818	23,8	29	332	159
6	110	0,617	18,81	30	230	160
7	130	0,435	16,08	32	185	189

Tabel 5 menunjukkan pada setiap kenaikan frekuensi, diperoleh arus dan suhu maksimal pemanasan yang berbeda. Arus maksimal tercapai pada saat terjadi resonansi. Nilai induktansi dari koil sebesar 1,452 uH dan nilai kapasitor sebesar 3,39 uF, maka diperoleh nilai frekuensi resonansi sebesar 71,4 kHz. Dari Tabel 5 nilai arus maksimal tercapai pada frekuensi 70 kHz saat mendekati resonansi.



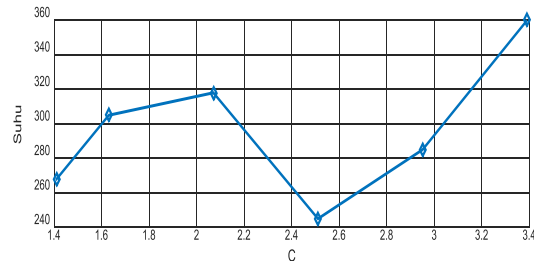
Gambar 17 Grafik Frekuensi Terhadap Suhu

Pengujian perubahan nilai kapasitor terhadap kenaikan suhu pada logam. Pengujian dilakukan menggunakan frekuensi inverter sebesar 70 kHz dengan mengurangi nilai kapasitor dan diperoleh hasil seperti pada (Tabel 6).

Tabel 6 Kapasitor Terhadap Kenaikan Suhu

No	C (uF)	V Koil	A	Suhu		Waktu (s)
				Awal	Max	
1	3,39	0,98	23,8	29	360	159
2	2,95	0,791	20,19	27	285	144
3	2,51	0,872	20,72	28	245	125
4	2,07	0,812	21,84	30	318	135
5	1,63	0,96	21,84	27	305	135
6	1,41	0,96	20,41	32	268	140

Dari tabel 6 pengurangan nilai kapasitor mempengaruhi nilai suhu yang tercapai, dengan maksimal suhu tertinggi pada nilai C = 3,39 uF.



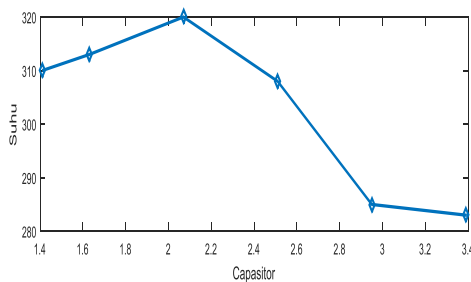
Gambar 18 Grafik C Terhadap Suhu pada 70kHz

Pengujian perubahan kapasitor terhadap kenaikan suhu juga dilakukan pada frekuensi 90 kHz. Pengujian dilakukan dengan cara menaikkan nilai kapasitor dan di peroleh hasil pada tabel 6

Tabel 7 Kapasitor Terhadap Kenaikan Suhu

No	C (uF)	V Koil	A	Suhu		Waktu (s)
				Awal	Max	
1	1,41	0,848	25,61	32	310	150
2	1,63	0,882	26,41	31,5	313	150
3	2,07	0,851	27,31	28,5	320	150
4	2,51	0,821	24,91	27,75	308	150
5	2,95	0,811	21,51	30,25	285	150
6	3,39	0,809	21,04	30	283	150

Dari Tabel 7 nilai arus maksimal saat koil pemanas diberi kapasitor 2,07 uF. Berdasarkan persamaan (1) frekuensi 90 kHz terjadi resonansi saat nilai kapasitor 2,154 uF. Berikut grafik perubahan suhu terhadap nilai kapasitor.



Gambar 19 Grafik C Terhadap Suhu pada 90kHz

Dari gambar 17, 18 dan 19 suhu maksimal pemanasan logam terjadi pada saat rangkaian mengalami resonansi. Rangkaian yang digunakan pada penelitian ini, capasitor dirangkai seri dengan koil. Pada saat mencapai resonansi nilai impedansi pada rangkaian sangat kecil, karena $XL + XC = 0$ maka nilai arus yang mengalir pada koil mencapai nilai maksimal. Berdasarkan gambar 15, suhu sebanding dengan nilai tegangan input.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap *hardware* perancangan sistem kendali suhu *induction Furnace* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini diperoleh sebuah AC-AC Converter yang digunakan sebagai sumber *induction furnace* dengan frekuensi 10kHz sampai 160kHz, dengan pengaturan frekuensi menggunakan Arduino dan tegangan keluaran inverter sama dengan tegangan *input* DC.
2. Perubahan tegangan input mempengaruhi nilai arus dan suhu maksimal yang tercapai. Pada tegangan sumber 32 volt AC suhu maksimal yang dapat dicapai sebesar 364 °C. Pada tegangan 18 volt DC diperoleh suhu maksimal sebesar 186 °C. Perubahan frekuensi mempengaruhi nilai arus suhu pemanasan. Pada frekuensi 70kHz diperoleh suhu sebesar 355 °C, dan arus sebesar 24,50 A.
3. Pada penelitian ini koil dihubung seri dengan kapasitor, sehingga membentuk rangkaian resonsi

seri. Suhu yang dapat dicapai oleh pemanas sebanding lurus dengan dengan nilai arus. Nilai arus maksimal tercapai saat terjadi resonansi. Perubahan frekuensi dan capasitor mempengaruhi suhu pemanasan yang dicapai, dan difrekuensi tertentu mencapai nilai arus maksimal.

B. Saran

Pada perancangan sistem kendali suhu *induction Furnace* ini, penulis memberikan saran untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian ini yaitu:

1. Untuk menghasilkan suhu yang lebih tinggi menggunakan tegangan inpput yang lebih besar, dengan frekuensi kerja yang lebih tinggi.
2. Menggunakan trafo *Matching* pada keluaran inverter untuk menaikkan nilai arus yang mengalir ke koil.
3. Menggunakan komponen *switching* yang memiliki rating daya yang lebih besar dari pada MOSFET yaitu IGBT

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wandes Jepri N (2015). Rancang Bangun Pemanas Induksi Berdaya Rendah Menggunakan Selenoid Coil Berbasis Mikrikontroler Atmega 8535. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- [2] U. Kulkarni, S. Jadhav, and M. Magadam, "Design and Control of Medium Frequency Induction Furnace for Silicon Melting," vol. 3, no. 4, pp. 269–276, 2014.
- [3] S. S. Aung, H. P. Wai, and N. N. Soe, "Design Calculation and Performance Testing of Heating Coil in Induction Surface Hardening Machine," World Acad. Sci. Eng. Technol., vol. 2, no. 6, pp. 416–420, 2008.
- [4] Rashid, MH. (2011). Power Electronic : Circuit, Devices, and Applications Third Edition. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- [5] Kirubakaran D, Reddy S Rama. Comparison Of Parallel Resonant Inverter and Series Resonant Inverter For Induction Heating. Chennai : Jerusalem College of Engineering.
- [6] S. Wardoyo, A. P. Habibie, R. Wiryadinata, and A. Termokopel, "Wireless Data Logger Suhu Multi Channel Menggunakan Labview," vol. 5, no. 2, 2016.
- [7] R. Wiryadinata, W. F. Putra, and Alimuddin, "Prototipe ATG sebagai Alat Ukur Volume, Suhu dan Massa Jenis pada Tangki Timbun BBM," NCIEE, vol. 3, p. 19, 2016.

Analisa Citra X-Ray Tulang Vertebra Spinal Menggunakan Komparasi Pixel Biner Untuk Deteksi Osteoporosis

Wiyono¹, ¹Budi Nugroho², Siswo Wardoyo³ dan Teguh Firmansyah⁴

¹ T. Elektronika, Akademi Teknologi Warga Surakarta
Jl. Raya Solo – Baki KM 2, Kwarasan, Kec. Grogol, Solo Baru Kab. Sukoharjo Jawa Tengah
Email: wiyono1967@gmail.com,

² T. Elektronika, Akademi Teknologi Warga Surakarta
Jl. Raya Solo – Baki KM 2, Kwarasan, Kec. Grogol, Solo Baru Kab. Sukoharjo Jawa Tengah

³ T. Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Raya Jakarta Km. 05, Serang – Banten 42182.
Email: siswo@untirta.ac.id

⁴ T. Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Raya Jakarta Km. 05, Serang – Banten 42182

Abstract - *Osteoporosis is one of the degenerative diseases are diseases that arise as a result of the aging process. Reduction of bone mass occurs first in the spine (spinal vertebrae). This study determines the number of pixels of binary image of an X-ray image of a normal spinal bones and osteoporosis. The imagery used is 10 images osteoporosis and 10 normal image of Orthopaedic Hospital Surakarta. Determining the value of the image pixel utilizing image processing theory with the help of Matlab program. The results showed for normal spinal image has a white pixel value for 6849 up to 13 957 for the image of vertebral osteoporosis pixel value of 616 up to 6343. Pixel value is generated by using a value of 0.65 threshold so under threshold calculated value of 0 if the above values are calculated threshold 1. Thus spinal analysis using comparative pixel values of white and black can be used as a new method of detection of osteoporosis is considered a representation of value density or density.*

Keywords: Osteoporosis, pixel binary image, the image of x-ray

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pendidikan dan kesehatan, menjadi alasan bertambah lamanya waktu hidup (*long life time*) seseorang, dari rata-rata usia 60-an menjadi 70-an. Disisi lain, waktu hidup yang lebih lama mengakibatkan semakin banyaknya penyakit yang disebabkan karena, proses penuaan (*ageing process*) diantaranya *osteoporosis* (Isbagio, 2006). Sementara itu, pendeteksian dini secara klinis adanya *osteoporosis* sulit dilakukan. Di negara maju, pendeteksian ini banyak dilakukan dengan menggunakan alat bernama *Dual Energy X-ray Absorptiometry* (DEXA) *scan*.

Kebanyakan rumah sakit umum di Indonesia, pendeteksian *osteoporosis* menggunakan DEXA sangat sulit untuk dilaksanakan, karena harga alat dan operasional yang mahal. Oleh karena itu biasanya dilakukan pendeteksian dengan pembacaan X-Ray (Radiologi) secara langsung (manual) yang relatif murah dan terjangkau oleh pasien. Tapi cara ini juga memiliki kerugian, yaitu subyektivitas penilaian oleh tenaga medis/dokter sangat tinggi karena tenaga medis/dokter hanya menggunakan mata telanjang dalam membaca citra hasil X-Ray (Radiologi). Untuk itu diperlukan

dukungan penelitian untuk dapat mengoptimalkan perangkat yang sudah ada, sehingga kegunaan dan akurasi keputusan diagnosanya tinggi.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Osteoporosis

Menurut World Health Organization (WHO, 2003), *osteoporosis* didefinisikan sebagai penyakit skeletal sistemik yang memiliki karakteristik massa tulang rendah, dan perubahan mikro arsitektur dari jaringan tulang akibat meningkatnya fragilitas tulang, sehingga meningkatkan kerentanan terhadap patah tulang. *Osteoporosis* juga lebih dikenal dengan keropos tulang (Isbagio, 2006, Litbang Depkes, 2006).

Osteoporosis berasal dari kata *osteo* yang artinya tulang, sedangkan *porous* berarti batang. *Osteoporosis* adalah penyakit yang ditandai berkurangnya massa tulang, sehingga menyebabkan kondisi tulang menjadi rapuh, keropos dan mudah patah (James Johnson, 2005). Tulang merupakan jaringan hidup, selalu berubah-ubah sesuai dengan beban dan tekanan yang diterima, selalu ada penggantian-penggantian dari sel yang rusak di seluruh bagian tulang. Akan tetapi, pada usia lanjut lebih banyak terjadi kerusakan daripada perbaikannya, sehingga mengakibatkan berkurangnya jaringan tulang secara bertahap.

Osteoporosis mengakibatkan patah tulang yang paling sering adalah pada tulang punggung (*Vertebra Spinalis*). Apabila seseorang telah mengalami *osteoporosis* akut pada *Vertebra Spinalis* maka akan mengakibatkan pinggang menjadi bungkuk.



Gambar 1 Bagian Tulang Vertebra Spinalis

Osteoporosis dapat mengakibatkan patah tulang, bagian paling sering adalah pada punggung (*vertebra spinalis, torakalis, lumbalis*), paha (leher *femur, trochanterica*), dan lengan bawah (*distal radius*). Penderita *osteoporosis* akut memiliki kemungkinan lebih besar mengalami patah tulang, meskipun dari tekanan yang kecil, sehingga perlu perhatian sejak dini supaya tidak menjadi masalah kesehatan yang serius.

Osteoporosis umumnya terjadi ketika seseorang berumur lebih dari 45 tahun dan khususnya pada perempuan (80%) dibandingkan dengan laki-laki (20%). Secara umum dipercaya bahwa foto sinar-X dapat mendeteksi *osteoporosis* apabila defisit mineral tulangnya mencapai >30% (Thandra, 2009).



Gambar 2. Tulang normal dan tulang *osteoporosis* (Thandra, 2009).

2.2 Pengolahan Citra

Agar citra yang mengalami gangguan mudah diinterpretasi (baik oleh manusia maupun mesin), maka citra tersebut perlu dimanipulasi menjadi citra lain yang kualitasnya lebih baik. Bidang studi yang menyangkut hal ini adalah pengolahan citra (*image processing*).

Pengolahan citra bertujuan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin (dalam hal ini komputer). Teknik-teknik pengolahan citra mentransformasikan citra menjadi citra lain. Jadi, masukannya adalah citra dan keluarannya juga citra, namun citra keluarannya mempunyai kualitas lebih baik daripada citra masukan [10].

2.3 Citra Biner

Citra biner merupakan citra dengan setiap piksel hanya dinyatakan dengan sebuah nilai dari dua kemungkinan yaitu 0 dan 1. Nilai 0 menyatakan warna hitam dan nilai 1 menyatakan warna putih. Oleh karena hanya ada dua kemungkinan warna, maka hanya diperlukan satu bit per *pixel*. Citra jenis ini banyak dipakai dalam pemrosesan citra, misalnya untuk kepentingan memperoleh tepi bentuk suatu objek. Gambar 3 menunjukkan perbedaan antara citra berskala keabuan dengan citra biner [8].

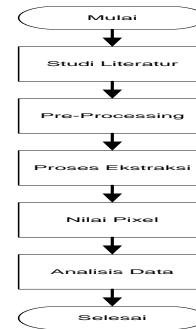


Gambar 3 Perbedaan citra berskala keabuan dengan citra biner

III. METODE PENELITIAN

Data citra yang digunakan adalah 5 citra *osteoporosis* dan 5 citra normal dari Rumah Sakit Ortopedi Surakarta. Disamping itu kita gunakan pula data sekunder dari internet dengan alamat <http://www.ahlibedahorthopedic.com>.

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini seperti dilihat pada Gambar 4.



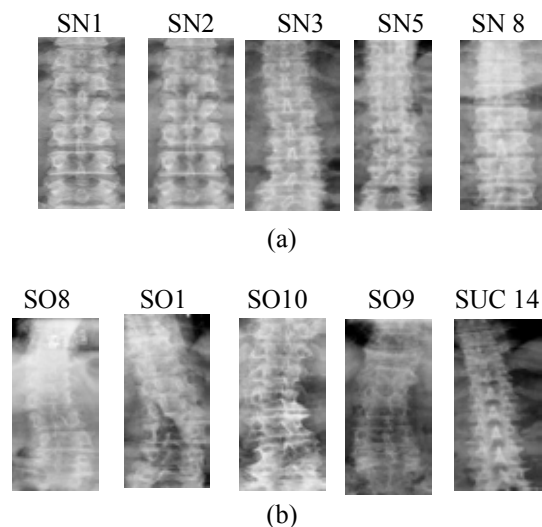
Gambar 4 Diagram alir penelitian

Metode penelitian menjelaskan rancangan kegiatan, ruang lingkup atau objek, bahan dan alat penelitian, tempat, teknik pengumpulan data, definisi operasional variable penelitian, dan teknik analisis.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

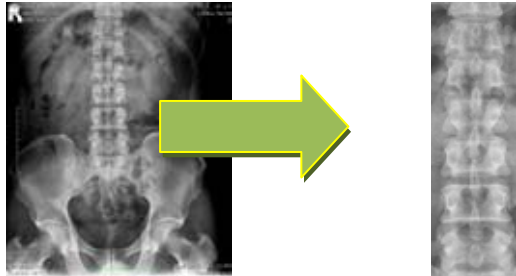
3.1 Hasil pre-processing

Citra masukan berupa citra X-Ray yang diambil dari Rumah Sakit Ortopedi Surakarta dengan resolusi 624 x 762 *pixels* dan format citra JPEG. Sampel yang digunakan adalah 5citra vertebra spinal normal dan 5 citra vertebra spinal *osteoporosis*. Sampel yang digunakan terlihat seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 (a). Citra Vertebra normal dan (b) *osteoporosis*

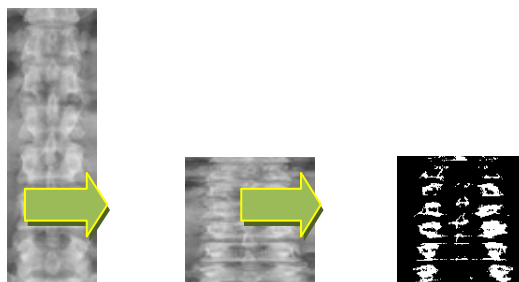
Terdapat 30 citra latih dan 58 citra uji sehingga total sebanyak 88 citra *X-Ray* tulang vertebra untuk pelatihan dan pengujian secara *non-realtime*. Semua citra latih memiliki format JPEG dengan resolusi 624 x 762 *pixel* yang kemudian dilakukan *cropping* manual oleh *user* pada bagian *Region of Interest* (ROI) dengan ukuran 134 x 415 *pixels*.



Gambar 6 Hasil Pre-processing citra vertebra

3.2 Hasil ekstraksi ciri

Ekstraksi ciri yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan metode *thresholding* berkisar antara 129 (batas bawah) sampai 156 (batas atas).



Gambar 7 Hasil Ekstraksi ciri citra vertebra

Hasil *thresholding* pada citra normal dan *osteoporosis* terlihat seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai pixel putih tulang vertebra normal

Citra Input	Hasil Ekstraksi	Nilai Pixel
		6.849
		9.984

		10.641
		13.957
		10.488

Tabel 2 Nilai pixel tulang vertebra *osteoporosis*

Citra Input	Hasil Ekstraksi	Nilai Pixel
		3.995
		6.343
		1.483
		616
		1.685

PERNYATAAN

3.3 Pembahasan Hasil Penelitian

Input citra yang digunakan merupakan seluruhnya memiliki format JPEG dengan resolusi dibikin yang sama terhadap semua sampel yaitu 134 x 415 *pixel* yang merupakan hasil *cropping* manual oleh *user* pada bagian *Region of Interest* (ROI) dari citra yang semula berukuran 624 x 762 *pixel*.

Selanjutnya citra tersebut dilakukan proses ekstraksi yang menghasilkan nilai *pixel* putih dari masing-masing sampel citra adalah 6.849 sampai dengan 13.957 untuk citra tulang vertebra normal dan 616 sampai dengan 6.343 untuk citra tulang vertebra *osteoporosis*. Nilai *pixel* tersebut diperoleh dengan menggunakan nilai ambang 0,65 dari ambang maksimal 1, sehingga *pixel* yang berada dibawah 0,65 dihitung 0 dan *pixel* diatas 0,65 dihitung 1. Dari hasil yang didapat terlihat citra tulang *osteoporosis* memiliki *pixel* putih yang lebih kecil dibandingkan dengan *pixel* citra tulang normal, sehingga hasil hitung *pixel* tersebut dianggap merupakan nilai densitas (kepadatan) dari citra tulang yang diuji.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat dihitung nilai *pixel* putih dari masing-masing sampel citra adalah 6.849 sampai dengan 13.957 untuk citra tulang vertebra normal dan 616 sampai dengan 6.343 untuk citra tulang vertebra *osteoporosis*.

Dengan dapat dihitungnya dua kelompok *pixel* putih tersebut maka dapat disimpulkan bahwa metode analisis tulang vertebra menggunakan pengolahan citra dapat digunakan untuk identifikasi *osteoporosis* tulang vertebra spinal.

Penelitian ini dibiayai dengan: Dana DIPA Kopertis Wilayah VI Jawa Tengah pada Akademi Teknologi Warga Surakarta pada skim Penelitian Dosen Pemula Tahun Anggaran 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. WHO, (2003), Prevention and Management of *Osteoporosis*, WHO Technical Report Series No. 921.
- [2]. Sri, Cahyaningsih. (2005). Identifikasi *Osteoporosis* pada Berbagai Kelompok Umur dengan Morfometri Femur dan Metakarpal menggunakan thresholding. *Journal Kedokteran*. Vol. 26 No.4 Oktober- Desember. Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin : Makassar.
- [3]. Antya, Abidin, Zainal. (2009). Analisa Kerapatan Trabecular Bone Berbasis Graph Berbobot Pada Citra Panorama Gigi Untuk Identifikasi *Osteoporosis*. Vol. 7, No. 3 Januari. *Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Surabaya*. Surabaya.
- [4]. Delimayanti, M.K.(2010). Perancangan dan Implementasi Pengolahan Citra Medis X-ray Pendeteksi Tingkat *Osteoporosis* Pada Proximal Femur. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Masyarakat PNJ(SNP2M PNJ) 22 November 2010*. EE36-EE42. Depok.
- [5]. Donny. (2008). "Analisis Tekstur Citra X-Ray Tulang Tangan, Tulang Lutut, Dan Tulang Rahang Untuk Deteksi *Osteoporosis*". Tesis, Program Pascasarjana, Universitas Brawijaya : Malang
- [6]. Eri D. Nasution. (2003). *Lebih Lengkap Tentang Osteoporosis*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- [7]. Ika Nugrahanti. (2009). "Pengembangan Metode Analisis Parameter Sinyal Ultrasonic Untuk Prediksi *Osteoporosis*". *Jurnal Teknologi Vol. 6, No. 13 Januari*. Institut Teknologi Bandung.
- [8]. Isbagio, H., (2006), "Osteoarthritis dan *Osteoporosis* Sebagai Masalah Muskuloskeletal Utama Warga Usia Lanjut di Abad 21", *Journal Universitaria*, Vol.5 No.6.
- [9]. Lin, etal. (1999). "Fractal Analysis of Proximal Femur Radiographs: Correlation with Biomechanical Properties and Bone Mineral Density". *Osteoporosis International Journal*. (1999) 9: 516-524.
- [10]. Wardoyo, S., 2009, Identifikasi Tandatangan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan, Tesis Program Studi Teknik Elektro, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Analisis Penerapan Sistem Informasi Pengendalian Pembangunan Daerah di Provinsi Banten

Supriyanto¹, Anggoro S. Pramudyo², dan Siswo Wardoyo³

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Cilegon, Indonesia

¹Email: supriyanto@untirta.co.id

²Email: pramudyo@untirta.ac.id

³Email: siswo@untirta.ac.id

Abstract – Information and communication technology has changed human life style. Most of human activities were supported by the technology including the governance of district government. This is done in order to make government services efficiently and its achievements can be known by the society. Governments that use ICT in their community services can give better value to the society both locally and globally. Furthermore, their community increase trust to the governance. Banten Province has developed much information system to give better services. However, the systems are partially run by each department. There is no integrated information system that can supply valid information to Governor as the decision maker. This research analyzes the need of information system to control the development achievement in Banten Province. The result shows that the government leader has high support on the use of ICT on government services. The existing network infrastructure in internal Banten Province is ready on supporting the development of the integrated information system.

Keywords: information system, Banten Province, development, government

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi atau ICT (Information and Communication Technology) membawa dampak positif dan negatif bagi kehidupan manusia. Namun secara nyata teknologi ini telah mampu menghubungkan jutaan manusia dari berbagai belahan dunia. Ia juga telah mampu mengubah pola hidup manusia secara pribadi maupun institusi.

Menyadari peran pentingnya teknologi ini dalam penyampaian informasi kepada publik, maka pemerintah Indonesia melalui UU No. 23 Tahun 2014 [1] telah mewajibkan kepada Pemerintah Daerah untuk menyediakan informasi pembangunan dan keuangan daerah. Informasi tersebut dikelola dalam sebuah sistem informasi Pemerintahan Daerah. Hal ini dimaksudkan agar publik dapat melihat perkembangan pembangunan yang dicapai oleh Pemerintah Daerah dan pengelolaan keuangan daerah terhindar dari praktik korupsi.

Untuk itu sebuah Pemerintah Daerah perlu membangun sebuah sistem informasi sebagaimana amanat UU tersebut. Sistem informasi ini kemudian dinamakan Sistem Informasi Pengendalian Pembangunan Daerah (SIPPD). SIPPD merupakan suatu sistem aplikasi yang berbasis web untuk

konsumsi pimpinan Daerah dan publik yang memberikan informasi tentang pencapaian pembangunan yang meliputi penyerapan anggaran dari masing-masing SKPD (Satuan Kerja Perangkat Daerah), pelaporan keuangan dan hasil-hal pembangunan yang dicapai. Pengelolaan SIPPD oleh sebuah Pemerintahan Daerah sesuai dengan prinsip-prinsip penyelenggaraan pemerintahan, sebagai berikut:

- 1) *Good Governance* (tata kelola pemerintahan), yaitu pengelolaan dan kepengurusan pemerintahan yang baik bebas Korupsi, Kolusi dan Nepotisme (KKN) untuk menciptakan penyelenggaraan pemerintahan yang solid, bertanggung jawab, efektif dan efisien, dengan menjaga keserasian interaksi yang konstruktif di antara domain negara, swasta dan masyarakat;
- 2) *Integrity* (integritas), yaitu suatu kesatuan perilaku yang melekat pada prinsip-prinsip moral dan etika, terutama mengenai karakter moral dan kejujuran, yang dihasilkan dari suatu sistem nilai yang konsisten;
- 3) *Quality and accountability* (mutu dan akuntabilitas), yaitu suatu tingkatan kesempurnaan, merupakan karakteristik pribadi yang mampu memberikan hasil yang melebihi kebutuhan atau pun harapan, dan sebuah bentuk tanggungjawab untuk suatu tindakan, keputusan dan kebijakan yang telah mempertimbangkan mengenai aturan, pemerintahan dan implementasinya, dalam pandangan hukum dan tata kelola yang transparan;
- 4) Pemerataan pembangunan yang berkeadilan, yaitu upaya mewujudkan peningkatan kualitas hidup dan kesejahteraan masyarakat untuk mengurangi tingkat kemiskinan, kesenjangan antarwilayah, dan kesenjangan sosial antarkelompok masyarakat, melalui pemenuhan kebutuhan akses pelayanan sosial dasar termasuk perumahan beserta sarana dan prasarannya, serta memberikan kesempatan berusaha bagi seluruh lapisan masyarakat untuk menanggulangi pengangguran dengan menyeimbangkan pengembangan ekonomi skala kecil, menengah, dan besar.
- 5) Penggunaan data dan informasi yang terintegrasi (satu data dan informasi Banten) yang akurat, terbaharukan dan dapat dipertanggungjawabkan. Dokumen tersebut terdiri dari data dan informasi spasial (keruangan) dan a-spasial (non keruangan).

Pemerintah Daerah Provinsi Banten menyadari sepenuhnya amanat UU No. 23 serta berkeinginan untuk menyelenggarakan pemerintahan yang memenuhi lima prinsip di atas. Untuk itu dalam pernyataan misi kelima Pemerintah Provinsi Banten 2012 – 2017 disebutkan bahwa “Peningkatan Mutu dan Kinerja Pemerintahan Daerah yang Berwibawa Menuju Tata Kelola Pemerintahan yang Baik dan Bersih” [2]. Misi ini ditujukan untuk meningkatkan kinerja penyelenggaraan pemerintahan daerah yang efektif, efisien, dan akuntabel dalam rangka meningkatkan pelayanan publik. Meningkatkan pengendalian pembangunan dan mengembangkan sistem pengawasan. Pengendalian tersebut akan dilakukan melalui pemanfaatan teknologi informasi dalam rangka peningkatan pelayanan kepada masyarakat untuk meningkatkan daya saing daerah.

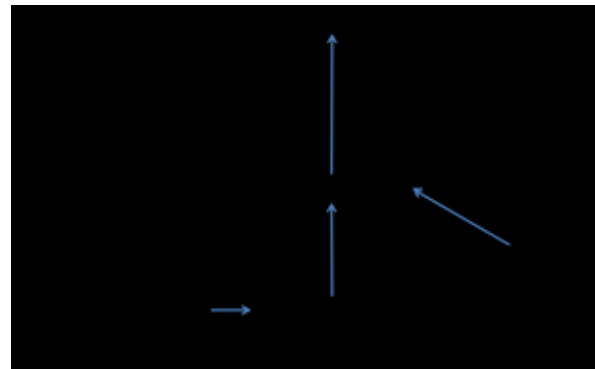
Sebagai implementasi misi kelima tersebut, Pemerintah Daerah Provinsi Banten berencana membangun sebuah Sistem Informasi Pengendalian Pembangunan Daerah (SIPPD). SIPPD diyakini dapat membantu proses pencapaian misi kelima Provinsi Banten. Dengan SIPPD laporan masing-masing SKPD di lingkungan Pemerintah Daerah Provinsi Banten dapat terkendali dan termonitor termasuk di dalamnya laporan keuangan SKPD. Pengendalian pencapaian pembangunan yang dilaporkan oleh SKPD terkait dapat digunakan oleh pimpinan dalam proses perencanaan dan pengambilan keputusan. Agar proses pembangunan sistem informasi ini sesuai dengan amanat UU No. 23 dan memenuhi prinsip penyelenggaraan pemerintahan yang baik, maka diperlukan adanya kajian terhadap keadaan *existing* Pemerintah Daerah Provinsi Banten serta daerah lain yang sudah menerapkannya. Kajian ini diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi positif dalam membangun SIPPD yang sesuai untuk Pemerintah Daerah Provinsi Banten..

II. KAJIAN LITERATUR

Peraturan Pemerintah No. 39 Tahun 2006 tentang Tata Cara Pengendalian dan Evaluasi Pelaksanaan Rencana Pembangunan [3] mendefinisikan bahwa pengendalian adalah serangkaian kegiatan manajemen yang dimaksudkan untuk menjamin agar suatu program/kegiatan yang dilaksanakan sesuai dengan rencana yang ditetapkan. Sementara rencana adalah proses untuk menentukan tindakan masa depan yang tepat, melalui urutan pilihan, dengan memperhitungkan sumber daya yang tersedia. Pengendalian pelaksanaan program dan kegiatan merupakan tugas dan fungsi yang melekat pada masing-masing Kementerian/Lembaga/ SKPD. Dalam hal Pemerintah Daerah, Gubernur melakukan pengendalian pelaksanaan dekonsentrasi dan tugas pembantuan yang meliputi pelaksanaan program dan kegiatan, serta jenis belanja.

Kepala SKPD yang merupakan unit yang bertanggungjawab terhadap pelaksanaan tugas pemerintahan di bidang tertentu di daerah provinsi,

maka Kepala SKPD melakukan pemantauan pelaksanaan dekonsentrasi yang meliputi pelaksanaan program dan kegiatan sesuai dengan tugas dan kewenangannya. Kegiatan pemantauan tersebut dilakukan terhadap perkembangan realisasi penyerapan dana, realisasi pencapaian target keluaran dan kendala yang dihadapi. Hasil pemantauan dilaporkan dalam bentuk laporan triwulanan yang kemudian disampaikan kepada Kepala Daerah melalui Kepala Bappeda. Kepala Bappeda menerima laporan dari semua SKPD dan mengemasnya menjadi laporan triwulanan yang disampaikan kepada Menteri Dalam Negeri. Laporan triwulanan ini kemudian dianalisis untuk menilai kemajuan pelaksanaan rencana serta mengidentifikasi permasalahan yang memerlukan tindak lanjut. Alur pelaporan laporan triwulanan tersebut dapat digambarkan dalam bentuk diagram seperti Gambar 1.



Gambar 1 Alur Laporan Triwulanan Pemda

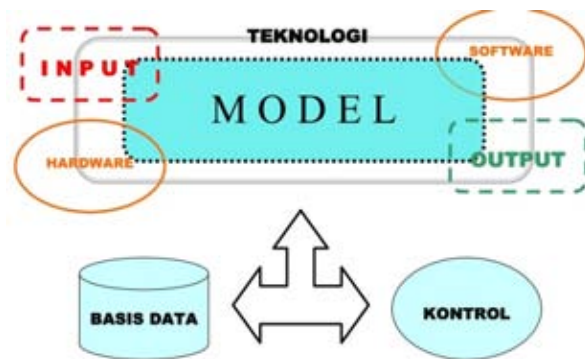
Jika melihat alur pelaporan pada Gambar 1, maka terlihat keperluan waktu dalam proses tersebut. Dengan asumsi semua laporan diterima pada hari terakhir, maka laporan dari SKPD Kab./Kota akan sampai di tangan Kepala Bappeda Provinsi setelah 15 hari kerja. Laporan SKPD Provinsi akan sampai ke tangan Kepala Bappeda Provinsi dalam waktu 5 hari kerja. Dalam hal kejadian yang memerlukan respon cepat, maka waktu 5 – 15 hari tersebut adalah waktu yang cukup lama.

Dalam Pasal 17 PP No. 39 disebutkan bahwa Kementerian menyediakan informasi Pengendalian dan Evaluasi Rencana yang diperlukan oleh pelaku pembangunan mengenai perkembangan pelaksanaan rencana pembangunan sesuai dengan peraturan perundang-undangan. Dalam penjelasan PP tersebut juga disebutkan bahwa pelaporan pelaksanaan pembangunan harus dilakukan kepada masyarakat baik secara aktif maupun pasif. Pelaporan secara aktif dimaksudkan agar setiap unit organisasi menyebarluaskan informasi kepada masyarakat luas melalui media cetak/elektronik. Sedangkan pelaporan secara pasif dimaksudkan agar setiap organisasi perlu mengembangkan media penyebaran informasi melalui situs informasi sehingga dapat diakses oleh masyarakat luas.

A. Sistem Informasi

Secara umum, Sistem Informasi adalah suatu sistem yang menyediakan informasi untuk manajemen pengambilan keputusan/kebijakan dan menjalankan operasional dari kombinasi orang-orang, teknologi informasi dan prosedur-prosedur yang terorganisasi. Dari definisi tersebut dapat diketahui bahwa suatu sistem informasi sangat diperlukan oleh pengambil keputusan (*decision maker*) [4]. Dengan tersedianya sistem informasi, maka kebijakan yang diambil akan lebih akurat. Keakuratan sebuah keputusan dapat dipengaruhi oleh ketersediaan data pendukung. Jika data pendukung tidak ada, maka referensi keputusan akan menjadi lemah. Sebaliknya dengan sistem informasi, data dapat tersedia dengan cepat, akurat dan tepat. Melalui layar monitor, pengambil keputusan dapat mempelajari data-data terkait dan kemudian memutuskannya dengan tepat dan cepat. Sistem pengambilan keputusan dengan dukungan sistem informasi biasanya dikenal dengan DSS (*decision support system*) atau sistem pendukung keputusan. Sistem ini dapat menyimpan, mengambil, mengubah, mengolah dan mengkomunikasikan informasi yang diterima dengan menggunakan sistem informasi atau peralatan sistem lainnya.

Dalam mendukung proses pengambilan keputusan, sebuah sistem informasi berfungsi untuk meningkatkan aksesibilitas data secara efektif dan efisien kepada pengguna. Selain itu sistem ini juga berfungsi untuk mengidentifikasi kebutuhan pendukung sistem pengambilan keputusan serta mengembangkan proses perencanaan yang efektif. Berdasarkan fungsinya, maka sebuah sistem informasi paling tidak harus terdiri atas beberapa komponen sebagaimana pada Gambar 2. Komponen tersebut meliputi input, output, teknologi dan basis data.



Gambar 2 Komponen Sistem Informasi

B. SIPPD

Sistem Informasi Pengendalian Pembangunan Daerah (SIPPD) merupakan aplikasi perangkat lunak yang dapat digunakan oleh Pemerintah Daerah untuk proses pembuatan laporan pembangunan (dokumen monitoring) yang biasa dilaksanakan oleh Bappeda [5]. Laporan tersebut menjadi data dan informasi bagi pimpinan dalam proses pengambilan keputusan. Selain itu dokumen laporan yang terkumpul dapat

menjadi referensi dalam penyusunan rencana pembangunan Daerah pada tahun-tahun berikutnya. Penyediaan data dan informasi pembangunan dalam SIPPD dapat memberikan informasi bagi pimpinan, namun juga bagi masyarakat, dan pemerintah daerah lain. Gambar 3 menunjukkan alur pemanfaatan informasi yang dapat disampaikan melalui SIPPD.



Gambar 3 Aliran Data dan Informasi

Sebagai sebuah lembaga pemerintah yang harus dikelola dengan baik menuju good governance, Pemerintah Daerah perlu menyusun rencana pembangunan. Penyusunan rencana pembangunan daerah dan pengendaliannya diatur dalam Permendagri No 54 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 8 Tahun 2008 Tentang Tahapan, Tata cara Penyusunan, Pengendalian, Dan Evaluasi Pelaksanaan Rencana Pembangunan Daerah [6]. Penyusunan rencana pembangunan daerah menggunakan data dan informasi perencanaan pembangunan daerah, serta rencana tata ruang. Data dan informasi yang diperlukan adalah:

- a. penyelenggaraan pemerintahan daerah;
- b. organisasi dan tatalaksana pemerintahan daerah;
- c. kepala daerah, DPRD, perangkat daerah, dan pegawai negeri sipil daerah;
- d. keuangan daerah;
- e. potensi sumber daya daerah;
- f. produk hukum daerah;
- g. kependudukan;
- h. informasi dasar kewilayahan; dan
- i. informasi lain terkait dengan penyelenggaraan pemerintahan daerah.

Data dan informasi tersebut, selanjutnya dikompilasi secara terstruktur berdasarkan aspek geografis, aspek kesejahteraan masyarakat, aspek pelayanan umum, dan aspek daya saing daerah untuk memudahkan pengolahan serta analisis secara sistematis, dalam rangka penyusunan rencana pembangunan daerah. Rencana kerja pembangunan daerah (RKPD) merupakan akumulasi dari Rencana Strategis Kecamatan dan Rencana Strategis Satuan Kerja Perangkat Daerah Daerah (Renstra SKPD). RKPD terbagi dalam dua tahap yaitu Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD)

dan Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah (RPJPD).

III. METODE PENELITIAN

A. Metode Metode Pengumpulan Data

Dalam melakukan Kajian Penyusunan Sistem Informasi Pengendalian Pembangunan Daerah, digunakan metode pengumpulan data sebagai berikut:

1. Studi Dokumen

Studi dokumen adalah metode pengumpulan data yang tidak ditujukan langsung kepada subjek penelitian. Studi dokumen adalah jenis pengumpulan data yang meneliti berbagai macam dokumen yang berguna untuk bahan analisis. Dokumen yang digunakan dibedakan menjadi tiga, yaitu dokumen primer, dokumen sekunder, dan dokumen pendukung.

2. Wawancara

Wawancara merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui tatap muka dan tanya jawab langsung antara pengumpul data maupun peneliti terhadap nara sumber atau sumber data. Wawancara yang dilaksanakan adalah wawancara terstruktur dan tidak terstruktur.

- a. Wawancara terstruktur artinya peneliti telah mengetahui dengan pasti apa informasi yang ingin digali dari responden sehingga daftar pertanyaannya sudah dibuat secara sistematis.
- b. Wawancara tidak terstruktur adalah wawancara bebas, yaitu peneliti tidak menggunakan pedoman wawancara yang berisi pertanyaan yang akan diajukan secara spesifik, dan hanya memuat poin-poin penting masalah yang ingin digali dari responden.

B. Metode Analisa Data

Dalam studi ini akan menggunakan beberapa metode analisis data, di antaranya analisis deskriptif, yaitu suatu teknik analisa yang digunakan untuk mendiskripsikan data-data dan informasi yang dikumpulkan dengan topik kajian. Studi kualitatif diskriptif dapat dilakukan beberapa tahap kegiatan yakni :

- 1. Metode Identifikasi. Kegiatan ini dilakukan setelah semua informasi dan data terkumpul yang didasarkan atas beberapa fokus studi. Identifikasi ini dilakukan berdasarkan poin-poin penting, hal-hal yang menarik, kesamaan informasi dan pandangan narasumber.
- 2. Metode Kategorisasi, yaitu pengelompokkan data berdasarkan hasil identifikasi yang disandingkan dalam sebuah matriks yang didasarkan fokus studi serta sumber informasi. Kategorisasi juga dilakukan sebagai dasar penyusunan kerangka kerja logis.

Metode Interpretasi/penafsiran, yang dilakukan setelah pengaitan hubungan antardata. Interpretasi juga dilakukan dengan disertai teori-teori yang relevan. Sesuai kaidah penelitian kualitatif, melalui metode

analisis yang dipilih, tenaga ahli dapat membuat interpretasi dan dapat mempunyai kekuatan argumentasi didasarkan data yang diperoleh dari lapangan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. SDM IT Pemerintah Daerah Provinsi Banten

SKPD di lingkungan Pemerintah Provinsi Banten yang bertugas mengelola Jaringan dan atau sistem informasi adalah Dinas Perhubungan, Komunikasi dan Informasi yang dikenal dengan Dishubkominfo. Selain mengelola sistem komunikasi dan informasi, SKPD ini juga mengelola perhubungan. Dengan kata lain, pengelolaan IT di Provinsi Banten merupakan sub bagian dari Dishubkominfo. Menurut data dari Dishubkominfo, SDM bidang komunikasi dan informasi seperti pada Tabel 1.

TABEL 1 DATA SDM IT DI PEMERINTAH PROVINSI BANTEN

No.	Bidang Kerja	Jumlah Staf
1	Server Administrator	1 Orang
2	Network Administrator	1 Orang
3	Technical Support	4 Orang
4	Programmer	2 Orang
5	Web Design	1 Orang
6	Pengelola Media Sosial	2 Orang

Jika memperhatikan Tabel 1 tentang jumlah SDM TIK yang ada di Dishubkominfo, jumlah tersebut terlalu sedikit untuk ukuran Provinsi Banten secara keseluruhan. Namun, jumlah tersebut tidak menjadi hambatan jika pembangunan SIPPD dapat dikerjakan oleh pihak luar. Operator di Dishubkominfo diperankan sebagai pengelola utama di level Provinsi setelah SIPPD terbangun. Sementara pengisian data dapat dilakukan oleh personil di masing-masing SKPD terkait.

Dalam hal pengumpulan dan pendokumentasian data dan informasi, Provinsi Banten telah memiliki PPID (Pejabat Pengelola Informasi dan Dokumentasi) Provinsi Banten berdasarkan Perda No. 8 Tahun 2012 [7] yang bertugas:

- a. mengkoordinasikan dan mengkonsolidasikan pengumpulan bahan informasi dan dokumentasi dari SKPD di lingkungan pemerintah provinsi banten;
- b. menyimpan, mendokumentasikan, menyediakan dan member pelayanan informasi kepada publik;
- c. melakukan verifikasi bahan informasi publik;
- d. melakukan pemutakhiran informasi dan dokumentasi;
- e. menyediakan informasi dan dokumentasi untuk diakses oleh masyarakat;
- f. melakukan inventarisasi informasi yang dikecualikan untuk melakukan uji konsekuensi oleh Tim Pertimbangan;
- g. membuat laporan pelayanan informasi, yang mencakup:

1. jumlah permohonan informasi publik yang diterima;
2. waktu yang diperlukan dalam memenuhi setiap permohonan informasi publik;

Dengan pertimbangan bahwa implementasi SIPPD bukan saja persoalan TIK, namun lebih pada persoalan dokumentasi, maka peran PPID atau petugas pendokumentasian laporan di setiap SKPD menjadi bagian yang penting. Jika selama ini PPID Provinsi Banten telah melakukan tugasnya dengan baik, maka diyakini implementasi SIPPD di Provinsi Banten akan berjalan dengan baik walaupun SDM TIK masih sedikit.

B. Infrastruktur IT Provinsi Banten

Menurut Master Plan Infrastruktur Informasi Provinsi Banten yang tertera dalam Peraturan Gubernur Banten No 34 Tahun 2008 tentang Rencana Induk Pengembangan Sistem Informasi dan Telematika (RIP-SITEL) Pemerintah Provinsi Banten [8] [9] dan presentasi Kepala Seksi Sarana Telekomunikasi dan Diseminasi Informasi Dishubkominfo Provinsi Banten [10], kondisi infrastruktur informasi di Provinsi Banten adalah sebagai berikut:

1. Sudah tersedia Data Center sebagai Pusat Manajemen Data Pemerintah (Government Data Management Center) dengan kapasitas yang masih terbatas. Terdapat Dua Data Center yaitu pertama berfungsi sebagai Data Center Utama di Gedung Cyber Jakarta dan kedua Data Recovery Center (DRC) di TechnoPark Batam. Sedangkan Local Data Center (LDC) terdapat di Dishubkominfo.
2. Sudah tersedia Jaringan informasi global (Internet) dalam portal informasi Banten akan tetapi belum menyediakan fitur pertukaran data (interoperabilitas). Jaringan Wide Area Network (WAN) di KP3B untuk memfasilitasi SIMDA KEUANGAN Online dengan menggunakan Radio Wireless Frekuensi 5,8 GHz antargedung di lingkungan KP3B (22 Gedung) dan di luar KP3B (Bandiklat, BPBD, BPAD, RSUD Banten, DBMTR). Jaringan Virtual Private Network (VPN) BANTEN untuk mengamankan interkoneksi jaringan WAN KP3B dan Jaringan SKPD / UPT di luar KP3B yang terhubung dengan SIMDA KEUANGAN menggunakan Internet. User VPN saat ini 500 user. Telah dipersiapkan hingga 1000 user.
3. Sudah tersedia intranet akan tetapi belum didukung oleh framework aplikasi intranet untuk mengintegrasikan semua aplikasi back office dan intragovernment. Untuk mendukung sistem telah tersedia beberapa server yaitu Web Server, Mail Server, Application Server, Backup Server, dan CCTV Server.
4. Sudah tersedia jalur fisik pertukaran data dan informasi baik internet maupun intranet. Bandwith yang tersedia adalah 150 Mbps Lokal dan 150

Mbps Internasional, untuk mendukung SKPD-SKPD di lingkungan Provinsi Banten. Bandwidth sebesar 50 Mbps Lokal dan Internasional di peruntukkan di Gedung Dishubkominfo, sedangkan 100 Mbps Lokal dan Internasional diperuntukkan bagi SKPD di lingkungan KP3B.

5. Belum ada standarisasi meta data untuk data sharing dan pengamannya untuk situs-situs yang dibangun oleh SKPD. Network Operating Control (NOC) tersedia di Dishubkominfo.

C. Sistem Informasi di Provinsi Banten

Pada rencana TIK tahun 2008, telah terakomodir kebutuhan sistem informasi di sebgaaian besar SKPD yang ada di Provinsi Banten. Namun, perlu dilakukan assessment terhadap rencana tersebut, apakah sudah terbangun semua sistem informasi yang direncanakan tersebut dan bagaimana status ketersediaan informasinya. SIPPD belum tercantum dalam rencana induk tersebut sehingga kesiapan pembangunan SIPPD Provinsi Banten dari sisi RIP SITEL memang belum dipersiapkan. Namun, jika mengacu pada data yang harus tersedia dalam SIPPD sebagaimana diatur pada Permendagri No 8 Tahun 2014, yaitu umum, sosial budaya, sumber daya alam, infrastruktur, ekonomi, keuangan daerah, politik, hukum, dan keamanan; dan insidensial, sebagian besar data sudah termasuk dalam sistem informasi yang direncanakan.

Dengan kata lain, apabila sistem informasi yang direncanakan tersebut sudah terbangun dan tersedia informasi yang diinginkan, maka pembangunan SIPPD menjadi sangat terbantu. Hal ini karena informasi yang diperlukan dalam SIPPD sebagian besar telah terpublikasi dalam sistem informasi tersebut. Hal yang perlu dilakukan adalah klasifikasi data dan integrasi semua sistem informasi yang terkait dengan SIPPD yang akan dibangun.

Setelah dilakukan kajian terhadap laman-laman di Pemprov Banten dapat diberikan pendapat sebagai berikut:

1. Semua laman web SKPD telah terintegrasi dengan domain utama yaitu <http://bantenprov.go.id>.
2. Informasi yang ditampilkan perlu diupdate secara berkala.
3. Pengguna memerlukan waktu yang cukup lama untuk membuka laman-laman tersebut.

D. Korelasi SIPPD dengan Prestasi Daerah

Organisasi yang baik pada umumnya menerapkan manajemen organisasi yang disebut POAC (Planning, Organizing, Actuating dan Controlling). Dalam rangka implementasi manajemen POAC, setiap pemerintah daerah telah menetapkan rencana pembangunan daerah seperti RPJMD (Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah). Rencana tersebut kemudian dilaksanakan oleh SKPD di lingkungan Pemda terkait. Pelaksanaan rencana pembangunan daerah oleh SKPD perlu dikendalikan, maka muncullah istilah pengendalian pembangunan.

Pengendalian pembangunan dapat dilakukan dengan berbagai cara, namun pemerintah telah mengeluarkan PP No 39 Tahun 2006 tentang Tatacara Pengendalian dan Evaluasi Pelaksanaan Rencana Pembangunan. Secara umum alur pengendalian rencana pembangunan sebuah provinsi diatur dalam Pasal 7 dan pasal 8. Kepala SKPD menyusun laporan triwulanan dalam rangka pelaksanaan tugas dekonsentrasi. Laporan ini disampaikan pada Gubernur melalui Kepala Bappeda lima hari setelah triwulan yang bersangkutan berakhir. Kemudian Kepala Bappeda Provinsi menyusun laporan triwulanan Provinsi dengan menggunakan laporan triwulanan SKPD Provinsi dan laporan dari Kab/Kota untuk disampaikan ke Menteri Dalam Negeri dan Menteri Keuangan.

Dalam rangka meningkatkan kualitas perencanaan, pengendalian dan evaluasi pembangunan daerah perlu didukung oleh ketersediaan data dan informasi pembangunan daerah yang akurat, mutakhir, dan dapat dipertanggungjawabkan serta dalam rangka mengoptimalkan pemanfaatan data dan informasi pembangunan daerah, pemerintah daerah perlu mengumpulkan dan mengisi data pembangunan daerah dalam Sistem

Informasi Pembangunan Daerah. Dengan kata lain pemerintah dalam hal ini Menteri Dalam Negeri menginginkan proses pengendalian pembangunan daerah dilakukan dengan menggunakan sebuah sistem informasi.

Penggunaan sistem informasi diyakini dapat meningkatkan kualitas perencanaan pembangunan daerah. Kualitas perencanaan pembangunan dapat meningkat jika didukung oleh ketersediaan informasi yang akurat, mutakhir dan dapat dipertanggungjawabkan. Penyediaan data ini menjadi lebih cepat dan akurat jika menggunakan teknologi informasi. Dengan sistem informasi, tidak perlu lagi seorang pengambil keputusan disibukkan dengan pencarian informasi, namun dia dapat memperoleh informasi *real time* menggunakan komputer di ruangnya atau di manapun dia berada. Namun keyakinan ini perlu dibuktikan dengan kajian. Sub bab ini mengkaji korelasi antara penggunaan sistem informasi perencanaan pembangunan dengan prestasi daerah yang ditunjukkan dengan pencapaian opini laporan keuangan dan BPK RI.

Dari hasil kajian terhadap daerah-daerah yang sudah mengimplementasikan SIPP, diperoleh data seperti pada Tabel 2. Lima daerah yang sudah mengimplementasikan SIPP yaitu Kab. Musi Banyuasin, Kota Surakarta, Kab. Katingan, Kab. Jember dan Kab. Purworejo pada tahun 2016 menerima penilaian laporan keuangan dengan opini WTP atau Wajar Tanpa Pengecualian. WTP merupakan peringkat opini tertinggi yang dikeluarkan oleh BPK-RI.

TABEL 2 OPINI KEUANGAN DAERAH YANG MENGIMPLEMENTASIKAN SIPP

No	Daerah	Nama SIPP	Opini Keuangan
1	Kab. Musi Banyuasin	http://sipp.mubakab.go.id	WTP
2	Kota Surakarta	http://admpembangunan.surakarta.go.id/aplikasipengendalian/simdabangda_v2/sec_users/	WTP
3	Kabupaten Katingan	http://sipp-katingan.simda.net/	WTP
4	Kab. Jember	http://sippd-bappekabjember.web.id/simep/	WTP
5	Kab. Purworejo	http://sippd.purwo rejokab.go.id/simdabangda/	WTP

Keterangan:

WTP: Opini Wajar Tanpa Pengecualian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa terkait dengan pembangunan SIPP di Provinsi Banten dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pimpinan Pemerintah Provinsi Banten mempunyai keinginan (*good will*) untuk menjadikan tata kelola dan layanan publik di Provinsi Banten dapat dilakukan menggunakan teknologi komunikasi dan informasi.
2. Sebagian besar PNS di lingkungan Provinsi Banten berpendidikan S1 dan S2 yang menunjukkan kesiapannya untuk menerima istem layanan berbasis TIK.
3. Infrastruktur Jaringan dan komunikasi di lingkungan Pemerintah Provinsi Banten yang dikelola oleh Dishubkominfo telah menunjukkan kesiapannya dalam pembangunan SIPP.
4. Sebagian besar SKPD telah memiliki aplikasi sistem informasi dalam melakukan pelayanan pada masyarakat, namun perlu ada assessment terhadap kondisi terkini dan kesiapannya untuk diintegrasikan dalam SIPP.
5. SIPP dapat membantu Provinsi Banten untuk memperoleh WTP.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Undang-Undang No. 23 Tahun 2014 Tentang Pemerintahan Daerah.
- [2] <http://bantenprov.go.id/> akses terakhir pada 8 Juni 2016.
- [3] Peraturan Pemerintah No. 39 Tahun 2006 tentang Tata Cara Pengendalian dan Evaluasi Pelaksanaan Rencana Pembangunan.
- [4] Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 8 Tahun 2014 Tentang Sistem Informasi Pembangunan Daerah.
- [5] Dhoni Yohanes dan Septia Lutfi (tanpa tahun), Pengembangan Sistem Informasi Pengendalian

- Pembangunan Daerah Pada Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Jawa Tengah.
- [6] Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 54 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 8 Tahun 2008 Tentang Tahapan, Tatacara Penyusunan, Pengendalian, dan Evaluasi Pelaksanaan Rencana Pembangunan Daerah.
- [7] Peraturan Daerah Provinsi Banten No. 8 Tahun 2012 tentang Tata Kelola Keterbukaan Informasi Publik Dalam Penyelenggaraan Pemerintahan Daerah.
- [8] Peraturan Gubernur Banten No. 34 Tahun 2008 tentang Rencana Induk Pengembangan Sistem Informasi dan Telematika (RIP-SITEL) Pemerintah Provinsi Banten.
- [9] Peraturan Gubernur Banten No. 35 Tahun 2008 tentang Rencana Induk dan Standarisasi Penyelenggaraan Digital Government Service (DGS) Pemerintah Provinsi Banten.
- [10] Darr el Salam, Dukungan Pemerintah Provinsi Banten Melalui Dishubkominfo Dalam Pengelolaan Data Berbasis Teknologi Informasi. 2016.

Rancang Bangun *Wireless Power Transfer* (WPT) menggunakan Metode *Magnetic Resonator Coupling*

Bambang Sudibya¹, Wiyono², Siswo Wardoyo³, Teguh Firmansyah⁴

¹Sekolah Tinggi Teknologi Adisucipto. Yogyakarta. Indonesia.

²Akademi Teknologi Warga Surakarta. Indonesia.

^{3,4}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon, Indonesia.

¹Email: sudibyo_martono@yahoo.co.id

Abstract – Magnetically coupled coils have been widely used for a variety of applications requiring contactless or wireless power transfer (WPT). In this paper, the wireless power transfer (WPT) using Magnetic Resonator Coupling. In this study successfully designed WPT with a voltage to 5 volts. To be able to transmit power is wireless resonator coupling methods used. If the Tx and Rx is positioned to face each other, a maximum voltage of 4.7 volts at a distance of 1 cm. Meanwhile, if the Tx and Rx positioned side by side, the resulting voltage of 3.5V.

Keywords: WPT, Tx, Rx

I. PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu kebutuhan utama manusia. Semakin kompleksnya kebutuhan manusia terhadap berbagai jenis perangkat listrik, mulai dari *smart-phone* sampai dengan perangkat rumah tangga, mengakibatkan kebutuhan kabel listrik (*wire*) untuk penghubung catu daya meningkat. Menurut (Meyer : 2010), kabel listrik (*wire*) adalah sebuah media yang digunakan menyalurkan daya listrik ke berbagai tempat. Kabel listrik terdiri dari pembungkus kabel (*isolator*) berbahan karet dan penghantar listrik (*konduktor*) yang terbuat dari bahan tembaga.

Meningkatnya penggunaan kabel listrik (*wire*) dapat meningkatkan biaya pengeluaran. Selain itu, yang paling berbahaya, penggunaan kabel listrik (*wire*) sebagai penghubung catu daya secara berlebihan dapat mengakibatkan terjadinya hubungan arus-pendek (*short-circuit*) yang dapat menyebabkan kebakaran. Ketergantungan manusia terhadap penggunaan kabel listrik sebagai penghubung perangkat listrik terhadap catu daya, mendorong penelitian ini untuk mencari solusi agar dapat mentransmisikan power secara nirkabel (*wireless*), sehingga dapat lebih efisien dan efektif.

Di dunia penelitian, sebuah perangkat yang mampu memiliki kemampuan mentransmisikan daya listrik nirkabel dinamakan *wireless power transfer* (WPT). Secara istilah WPT didefinisikan sebagai suatu sistem pengiriman daya listrik, dimana daya listrik tersebut ditransmisikan dari suatu sumber listrik menuju ke beban listrik tanpa melalui suatu konduktor (biasanya berupa kabel) melainkan secara nirkabel (*wireless*). Fokus utama penelitian yaitu meniadakan

keberadaan kabel sebagai konduktor, sehingga sistem yang baru ini dapat lebih praktis dan efisien dimana keberadaan kabel yang terkadang menyulitkan dalam instalasi dan memiliki harga yang cukup mahal dapat diminimalisasi bahkan dihilangkan.

Keunggulan yang akan diperoleh dari penggunaan WPT diantaranya menjadikan sebuah perangkat listrik lebih sederhana, mudah dipergunakan (tidak memerlukan pertukaran baterai), ramah lingkungan, sangat aman, dan lebih murah. Metode transmisi power secara nirkabel (*wireless*), terdiri dari 2 jenis yaitu menggunakan gelombang radio dan menggunakan prinsip *coupling* magnetik :

a. Gelombang radio (*Mirowave*)

Seperti dikemukakan (Meyer : 2010), gelombang radio dikenal efektif dalam mentransmisikan informasi (berupa suara/data) tetapi akan sangat buruk jika digunakan untuk mentransmisikan daya listrik secara nirkabel (*wireless*). Hal ini karena radiasi yang dihasilkan oleh gelombang radio menyebar ke segala arah sehingga akan banyak daya yang terbuang percuma ke udara daripada daya yang sampai ke penerima.

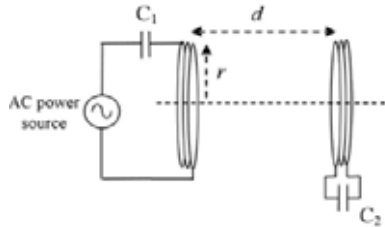
b. Prinsip *coupling* magnetik

Menurut (Meyer : 2010), prinsip *coupling* magnetik dilakukan dengan merubah daya listrik menjadi gelombang magnet. Melalui gelombang magnet inilah power dari catu daya ke perangkat penerima dikirimkan secara nirkabel (*wireless*). Setelah sampai pada sisi penerima, gelombang magnet tersebut kemudian dirubah kembali menjadi daya listrik. Penggunaan prinsip ini memungkinkan terjadinya transfer daya listrik secara nirkabel (*wireless*) meskipun terdapat penghalang antara pemancar dan penerima, sehingga mudah diterapkan dimanapun dan sangat efektif serta efisien.

II. KAJIAN LITERATUR

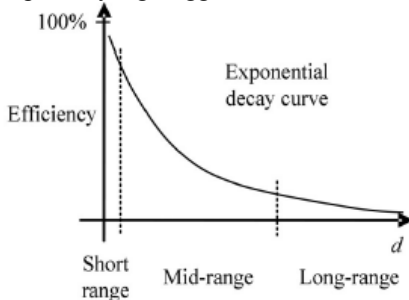
Magnetic resonators merupakan salah satu metode *Wireless Power Transfer* (WPT) atau transfer daya nirkabel. Sebuah resonator magnetis dapat diperoleh dengan menggabungkan sebuah kumparan dan sebuah kapasitor. Menurut (Ki Young Kim : 2009), resonator ini pertama kali dipergunakan oleh Nikola Tesla untuk transfer daya nirkabel. Percobaan Nikola Tesla

tersebut mempergunakan dua buah resonator magnetis yang digabungkan dan dijadikan sebagai unit pengirim (*transmitter*) dan unit penerima (*receiver*) seperti terlihat pada Gambar 1. Melalui percobaan ini, Nikola Tesla menunjukkan bahwa transfer daya nirkabel yang optimum terjadi saat resonator berada pada frekuensi resonansinya.



Gambar 1. Percobaan Nikola Tesla untuk transfer daya nirkabel (Ki Young Kim : 2009),

Sementara itu, (Chi Kwan : 2012) telah berhasil menunjukkan kurva karakteristik efisiensi transfer daya nirkabel terhadap jarak, terlihat pada Gambar 2.2. Semakin jauh jarak antara unit pengirim (*transmitter*) dan unit penerima (*receiver*), maka nilai efisiensi akan berkurang secara eksponensial, atau dengan kata lain terjadi loss power yang tinggi.



Gambar 2. Kurva karakteristik efisiensi transfer daya nirkabel (Chi Kwan : 2012)

Penelitian (Seung-Hwan Lee : 2011) berhasil membuat model matematik nilai efisiensi transfer daya nirkabel (*wireless*), seperti terlihat pada pers. (2.1) dibawah ini.

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{R_L}{\omega_0^2 M^2 (1 + \omega_0^2 C_2^2 R_L^2)} R_1 + \frac{R_L}{\omega_0^2 R_2^2} R_2} \quad (2.1)$$

Dari persamaan terlihat bahwa :

R = Resistansi (Ω), C = Kapasistansi (F),

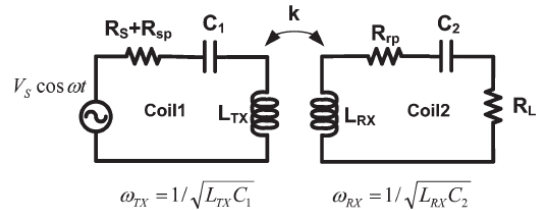
L = Induktansi (H), M = *Mutual coupling*

antara dua buah **magnetic resonator**.

Terlihat dari persamaan yang diusulkan (Seung-Hwan Lee : 2011) bahwa secara tidak langsung nilai efisiensi transfer daya nirkabel berhubungan dengan mutual coupling (M) dari **magnetic resonator**. Untuk itu, pada penelitian ini diusulkan penggunaan **Multi-Magnetic Resonator**, berfungsi sebagai **repeater** yang dapat menurunkan *loss magnetik* sehingga meningkatkan efisiensi transmisi. Kemudian ditambahkan penguat yang berguna untuk memperluas jangkauan (*coverage*) area. Salah satu fokus penelitian WPT ini adalah peningkatan efisiensi dengan peningkatan jarak. Penelitian mengenai

peningkatan efisiensi WPT ini dilakukan oleh (B. Choi, 2008). Selain itu, beberapa penelitian WPT mulai banyak diterapkan, khususnya pada perangkat dengan aplikasi *low-power*, diantaranya *portable mobile phone charging* (Y. Jang, 2008)-(Y. Hori, 2010) dan *mobile laptop charging* (Dukju Ahn, 2013). Sebagai *state of the art*, pada penelitian ini diusulkan perancangan WPT dengan antenna *loop* yang berbahan aluminium. Penggunaan antenna loop ini diharapkan meningkatkan efisiensi transmisi. Sebagai analisa, penelitian ini memaparkan perubahan nilai efisiensi terhadap jarak antara Tx dan Rx

Induksi resonansi magnetik menggunakan *magnetic coupling* merupakan fenomena yang terjadi pada kopling induksi yaitu peristiwa perpindahan energi listrik dari suatu tempat ke tempat lain yang memiliki frekuensi resonansi alami yang sama. Frekuensi resonansi alami dalam hal ini merupakan rangkaian resonator LC yang terdiri dari komponen kapasitif dan induktif. Gambar 3. merupakan sistem umum dari sistem transfer daya listrik tanpa kabel berdasarkan prinsip induksi resonansi magnetik.



Gambar 3. Rangkaian ganti induksi resonansi magnetik (Dukju Ahn, 2013).

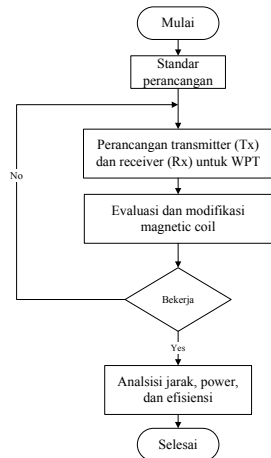
Sebagai penghasil sinyal frekuensi resonansi, komponen kapasitif dan induktif saling mengisi energi secara bergantian sehingga menghasilkan sinyal osilasi berfrekuensi tertentu. Sementara itu, rangkaian LC juga berfungsi sebagai penangkap energi dari pemancar berupa sinyal frekuensi resonansi, rangkaian ini terdiri dari rangkaian kombinasi komponen induktif (L) dan kapasitif (C) antara *transmitter* dan *receiver* yang memiliki nilai frekuensi resonansi yang sama sehingga disebut rangkaian resonansi.

III. METODE PENELITIAN

Metodologi perancangan WPT menggunakan metode *magnetic coupling* dengan antenna loop berbahan aluminium ini terlihat pada Gambar 4 dibawah ini. Berdasarkan teori resonansi gelombang, jika gelombang bergetar diterapkan didekat sistem LC penerima dengan frekuensi getaran yang sama frekuensi resonansi sistem LC penerima tersebut, maka sistem LC penerima tersebut akan ikut bergetar dan menghasilkan energi dalam bentuk gelombang listrik sinusoidal berfrekuensi sama dengan frekuensi resonansi sistem LC itu dengan amplitude gelombang yang dihasilkan akan mencapai titik maksimum.

Pada saat transmitter dari alat transfer daya tanpa kabel menghasilkan getaran elektromagnetik berfrekuensi tertentu dan terpancar ke ruang sekitar

melalui antenna transmitter maka beberapa penerima terhubung ke beban yang memiliki frekuensi resonansi yang sama dengan frekuensi dari getaran gelombang magnetik yang dihasilkan oleh transmiter akan terinduksi pada jarak tertentu dan menghasilkan arus ke beban.



Gambar 4. Metode penelitian WPT

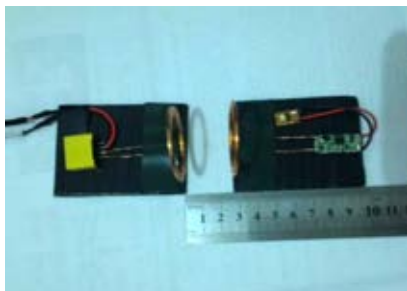
Nilai efisiensi antara *transmitter* dan *receiver* memenuhi persamaan (Dukju Ahn, 2013) :

$$\eta = \frac{R_L |I_2|^2}{(R_S + R_{SP}) |I_1|^2 + (R_L + R_{r,p}) |I_2|^2}$$

Selain itu, (Dukju Ahn, 2013) menyebutkan bahwa nilai efisiensi ini akan maksimum saat terjadi frekuensi osilasi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip dasar induksi elektromagnetik adalah pada saat arus bolak balik melewati suatu kumparan, disekitar kumparan tersebut akan menghasilkan suatu medan magnet. Jika pada kondisi ini diletakkan suatu kumparan lain di dekat kumparan tersebut, maka medan magnet dari kumparan yang pertama akan timbul juga di sekitar kumparan yang kedua. Ini merupakan alasan kenapa pengiriman energi tanpa kabel dapat terjadi diantara kedua kumparan tersebut. Sama seperti yang telah diuraikan sebelumnya, resonansi bersama adalah suatu keadaan khusus dari pengiriman energi tanpa kabel. Letak dari kekhususannya adalah semua kumparan yang digunakan untuk beresonansi bersama beroperasi pada kondisi resonansi. Hasil perancangan terlihat pada Gambar 5.



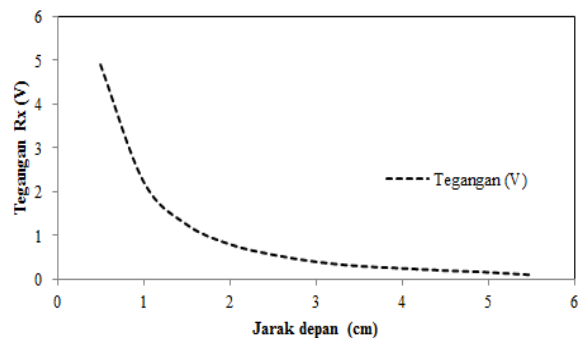
Gambar 5. WPT yang diposisikan berhadapan

Hasil pengukuran terlihat pada Tabel 1. Dibawah ini, semakin jauh maka nilai tegangan akan semakin berkurang bahkan mendekati nilai nol.

Tabel 1. Nilai tegangan terhadap jarak

Jarak (cm)	Tegangan (V)
0.5	4.9
1	2.23
1.5	1.25
2	0.8
2.5	0.56
3	0.4
3.5	0.3
4	0.25
4.5	0.2
5	0.16
5.5	0.1

Pada gambar 6 memperlihatkan nilai tegangan terhadap jarak. Terihat bahwa grafik menunjukan perbandingan terbalik antara jarak dan tegangan.



Gambar 6. Nilai tegangan dan Jarak

Sementara itu pada Gambar 7 memperlihatkan, WPT yang diposisikan bersampingan.



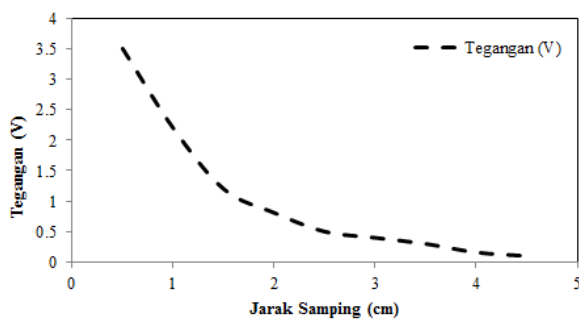
Gambar 6. WPT yang diposisikan bersampingan

Hasil pengukuran terlihat pada Tabel 1. Dibawah ini, semakin jauh maka nilai tegangan akan semakin berkurang bahkan mendekati nilai nol.

Tabel 1. Nilai tegangan terhadap jarak

Jarak (cm)	Tegangan (V)
0.5	3.5
1	2.2
1.5	1.2
2	0.81
2.5	0.5
3	0.4
3.5	0.3
4	0.16
4.5	0.1

Pada gambar 7 memperlihatkan nilai tegangan terhadap jarak. Terlihat bahwa grafik menunjukan perbandingan terbalik antara jarak dan tegangan.



Gambar 7. Nilai tegangan dan Jarak

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa, maka dapat diambil kesimpulan,

1. Rancang bangun rangkaian penerima dalam sistem pengiriman daya listrik tanpa kabel telah berhasil menunjukkan suatu perbaikan dalam hal jarak dan tegangan keluaran.
2. Rangkaian LC pada sisi penerima tidak harus sama dengan atau identik dengan sisi pemancar, akan tetapi harus memiliki nilai frekuensi resonansi yang sama.
3. Frekuensi resonansi pada rangkaian penerima harus didesain agar memiliki besar yang sedikit lebih tinggi dari sisi pemancar.
4. Pada penelitian ini berhasil dirancang WPT dengan tegangan mencapai 5 volt. Untuk dapat mentransmisikan power secara wireless dipergunakan metode resonator coupling. Jika Tx dan Rx diposisikan saling berhadapan, tegangan maksimal sebesar 4.7 volt pada jarak 1 cm. Sedangkan jika Tx dan Rx di posisikan bersampingan, tegangan yang dihasilkan sebesar 3.5v.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] X. Liu and S.Y. R. Hui, "Simulation study and experimental verification of a contactless battery charging platform with localized charging features," IEEE Trans. Power Electron., vol. 22, no. 6, pp. 2202–2210, Nov. 2007.
- [2] Y. Hori, "Future vehicle society based on electric motor, capacitor and wireless power supply," in Proc. 2010 Int. Power Electron. Conf. (IPEC), Sapporo, Japan, Jun. 21–24, pp. 2930–2934.
- [3] K. Sugimori and H. Nishimura, "A novel contact-less battery charger for electric vehicles," in Proc. 29th Annu. IEEE Power Electron. Spec. Conf., May. 1998, vol. 1, pp. 559–564.
- [4] Chi Kwan Lee, W. X. Zhong, and S. Y. R. Hui. "Effects of Magnetic Coupling of Nonadjacent Resonators on Wireless Power Domino-Resonator Systems". IEEE Trans. Power Electron., vol. 27, no. 4, pp. 1905-1916, April 2012.

Design Roof-Top Solar Photovoltaic For Optimal Production Of Electrical Energy

Retno Aita Diantari¹, Isworo Pujotomo²

College of Engineering – PLN (Foundation for Education & Welfare PT. PLN (Persero)), Jakarta, Indonesia
 PLN Building, Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng, Jakarta 11750
 retno_aita@yahoo.co.id, isworop@yahoo.com

Abstract - In the future, the greater of the consumption energy, the use of diverse energy sources can not be avoided. Therefore, assessment of the various sources of energy technologies continue to be developed. Photovoltaic technologies that convert solar energy directly into electrical energy using semiconductor devices called solar cells. Solar energy apart easily obtained from natural, environmentally friendly too which does not produce CO₂ emissions to become a mainstay in the world of technology. The problem is how to use solar panels to get optimal production of electrical energy as solar panels are generally placed at a certain position without change. The design of this solar cells, built at roof over an area of 50 m² has a power output of 6 kWp with the installation of solar panels with a slope of 6 degrees which can produce electrical energy about 10,006.7 kWh per year. It is connected to the grid (grid connected) without battery. For the manufacture of solar investment of Rp. 445.453.328, - where the investment already include the cost of maintenance and life cycle costs over 25 years.

Keywords: renewable energy, solar power plant design, electric energy optimization.

Keywords: information system, Banten Province, development, government

1. INTRODUCTION

Indonesia has very good conditions for the development of photovoltaic solar power systems due mainly to the high mean daily radiation and the high number of sunny days in most parts of the country. For this reason, the government and companies working in the sector are developing policies and investing in photovoltaic solar power systems. One of the best features of rooftop solar PV systems is that they can be permitted and installed faster than other types of renewable power plants. They are clean, quiet, and visually unobtrusive. Users won't even know that the rooftop plants are working there. Keeping in view the impending shortfalls in conventional power generating sources and growing demand of energy, it is important to go for non conventional sources.

The problem is how to use solar panels to obtain optimal power output. The solar panels are generally placed at a certain position with no change (Pruit, 2001), for example, solar panels faced upwards. By positioning the panel facing upward and if the panel considered that the object has a flat surface, the panel will receive maximum solar radiation when the sun is perpendicular to the second panel area. By the time

the sun is not perpendicular to the plane makes an angle q panel or the panel will receive less radiation by a factor of $\cos q$. By decreasing the radiation received by the panel will obviously reduce the electrical energy released by the panel. In fact, this energy can be reduced by half if $q = 60^\circ$. Therefore, the need for setting the direction of the solar cell panel that is always perpendicular to the direction of the sun. Setting the direction of the solar cell panel is less effective if done manually by humans.

II. COMPONENTS OF SOLAR PV SYSTEM

Solar PV system includes different components depended on your system type, site location and applications. The major components for solar PV system are solar charge controller, inverter, battery bank, auxiliary energy sources and loads (appliances).

Major Components of PV System.

1. PV Module.
2. Solar Charge Controller.
3. Inverter.
4. Battery Bank.
5. Load.

2.1. Solar PV Module.

It is an assembly of photovoltaic (PV) cells, also known as solar cells. To achieve a required voltage and current, a group of PV modules (also called PV panels) are wired into large array that called PV array. A PV module is the essential component of any PV system that converts sunlight directly into direct current (DC) electricity. PV modules can be wired together in series and/or parallel to deliver voltage and current in a particular system requires.

2.2. Solar Charge Controller.

It is charge controller that is used in the solar application and also called solar battery charger. Its function is to regulate the voltage and current from the solar arrays to the battery in order to prevent overcharging and also over discharging. There are many technologies have been included into the design of solar charge controller. For example, MPPT charge controller included maximum power point tracking algorithm to optimize the production of PV cell or module. Solar charge controller – regulates the voltage and current coming from the PV panels going to

battery and prevents battery overcharging and prolongs the battery life.

2.3. Inverter.

Inverter converts DC output of PV panels or wind turbine into a clean AC current for AC appliances or fed back into grid line. Inverter is a critical component used in any PV system where Alternative Current (AC) power output is needed. It converts Direct Current (DC) power output from the solar arrays or wind turbine into clean AC electricity for AC appliances. Inverter can be used in many applications. In PV or solar applications, inverter may also be called solar inverter. To improve the quality of inverter's power output, many topologies are incorporated in its design such as Pulse-width modulation is used in PWM inverter.

2.4. Battery.

In stand-alone photovoltaic system, the electrical energy produced by the PV array cannot always be used when it is produced because the demand for energy does not always coincide with its production. Electrical storage batteries are commonly used in PV system. The primary functions of a storage battery in a PV system are:

1. Energy Storage Capacity and Autonomy: to store electrical energy when it is produced by the PV array and to supply energy to electrical loads as needed or on demand.
2. Voltage and Current Stabilization: to supply power to electrical loads at stable voltages and currents, by suppressing or smoothing out transients that may occur in PV system. Supply Surge Currents: to supply surge or high peak operating currents to electrical loads or appliances.

2.5. DC-DC Converter.

DC-DC converters are power electronic circuits that convert a DC voltage to a different DC voltage level, often providing a regulated output. The key ingredient of MPPT hardware is a switch-mode DC-DC converter. It is widely used in DC power supplies and DC motor drives for the purpose of converting unregulated DC input into a controlled DC output at a desired voltage level. MPPT uses the same converter for a different purpose, regulating the input voltage at the PV MPP and providing load matching for the maximum power transfer. There are a number of different topologies for DCDC converters.

2.6. Load.

Load is electrical appliances that connected to solar PV system such as lights, radio, TV, computer, refrigerator, etc.

III. CALCULATION OF DESIGN SOLAR PV POWER PLANT

3.1. Design of Solar PV Power Plant

Based on the geographic location of STT-PLN 6°11 LS 104°49 BT, the angle of incidence of solar radiation the sun with low (21 December) is 60,3° (source www.satellite-calculations.com).

3.1.1. Calculation of Power Generated

Roof of the building of STT-PLN has assumed 50 m² will be used for a solar panels to supply power, then to calculate the solar generated power (Watt Peak) can be calculated using the following formula:

$$P_{\text{Watt Peak}} = \text{Area array} \times \text{PSI} \times \eta_{\text{PV}} \quad \dots(3.1)$$

With the array area is 50 m², Peak Sun Insolation (PSI) is 1000 W/m² and solar panel efficiency is 17% for using solar panels type monocrystal having an efficiency of 15% - 17% at a temperature of 25 °C then:

$$\begin{aligned} P_{\text{Watt Peak}} &= 50 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0.17 \\ &= 8.750 \text{ Wp} \end{aligned}$$

3.1.2. Determining Solar PV Power Plant System

Solar PV Power Plant which will be built on the roof of the building STT-PLN planned to supply electrical energy STT-PLN building within a span of 07.00 a.m until 04.00 p.m. Under these conditions, in this study the solar system to be built is a solar system that is connected to the unit, the merger is done on the consumer side (after kWh meters). Figure 3.1 shows the wiring diagram of solar power generating systems to be built on the roof of the building STT-PLN. Systems connected to the electricity network, consisting of component arrays of solar panels and inverters.

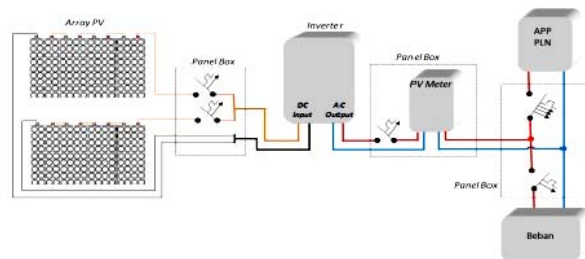


Figure 3.1 Wiring diagram Solar PV Power Plant System

3.1.3. Calculating Total Solar Panels

Specifications Solar Panels used are:

Table 3.1 Specifications of Solar Panels

Model	SFM 130
Power	130 W
Peak Voltage	34.56 V
Peak Current	3.77 A
Open Circuit Voltage	42 V
Short Circuit Current	3.92 A
Compaint Size	1076 X 806 X 35 mm
Weight	8 kg

Solar Cell Efficiency	17%
Solar Cells	125*83.3
Number of Cells	72 pcs

The solar panels used are the type of monocrystal solar panel. The solar panel has a maximum output power (P_m) of 130 Wp per panel. So based on these specifications, the number of solar panels required for solar to be built can be calculated by using the following formula:

$$\begin{aligned} \text{Number of Solar Panels} &= \frac{P_{\text{watt peak}}}{P_m} \dots(3.2) \\ &= \frac{8.750 \text{ W}}{130 \text{ W}} \\ &= 67.30 \\ &\approx 68 \text{ Solar Panels} \end{aligned}$$

However, because of the preparation of the array with the number of solar panels by 68 panels that hard to do, then the number of solar panels to construct the array will be converted into 64 panels. So that the peak output solar power plant be built with the number of solar panels 64 panels is equal to:

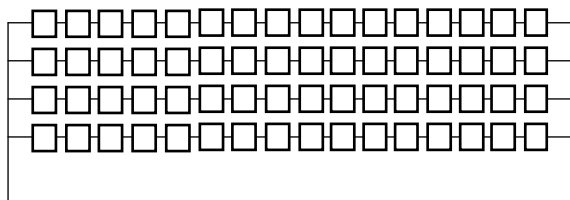
$$\begin{aligned} P_{\text{watt peak}} &= P_{\text{max}} \times \text{Number of solar panels} \dots(3.3) \\ &= 130 \text{ W} \times 64 \\ &= 8.320 \text{ Watt peak} \end{aligned}$$

And the value of P_{watt peak} are 8.320 Watts, require extensive array area:

$$\begin{aligned} \text{Area Solar PV Power Plant} &= \frac{P_{\text{Watt peak}}}{PSI \times \eta_{PV}} \dots(3.4) \\ &= \frac{8.320 \text{ watt}}{1000 \text{ W/m}^2 \times 0.17} \\ &= 48.94 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

From the panel of 64 panels that make up the circuit panel 4 series (string) which is connected in parallel with the first series consists of 16 panels are connected in series.

Solar panels are used as a reference is the solar panel to the specifications V_m = 34.56 V, I_m = 3.77 and P_m = 130 W per panel (specifications can be seen in Table 3.1). With these specifications, the large V_m, I_m, and P_m in the array can be calculated as follows: V_m array is 34.56 x 16 = 552.96 V, I_m array is 3.77 A x 4 = 15.08 A and P_m array is 522.96 V x 15.08 = 8338.63 Watt.



$$V_m = 552.96 \text{ V}; I_m = 15.08 \text{ A}$$

Figure 3.2 Solar Array Design at STT-PLN Building

3.1.4. Calculation of Capacity Inverter

In the selection of inverters, pursued his capacity approaching capacity serviced power / load. This is so the efficiency of the inverter becomes maximum.

Solar array which will be built on the roof of the building STT-PLN has P_m at 8.320 Watt solar panels. In this system uses a centralized three-phase inverter configuration (central inverter).

Table 3.2 Technical Data Inverter SMC SMC 8000TL
Technical Data SMC 8000TL

Input Values	
P _{dc} max	8250 W
V _{dc} max	700 V
V _{dc} Mpp	333-500 V
I _{dc} max	25 A
Output Values	
V _{ac} nom	230 V
f _{ac} nom	50/60 Hz
P _{ac} nom	8000 W
I _{ac} max	35 A

Source : SMA,2011

By considering the losses in the system where the loss occurred solar panels, inverters and solar panel installations that include losses due to radiation levels of 2.5%, the losses due to the panel temperature of 16.3%, the losses due to the quality of the panel 1.6%, unfortunate-loss due to mismatch of 2%, the losses due to wiring 1.2%, the losses at 3.5%, the inverter output power that can be generated system are:

$$\begin{aligned} \text{Losses} &= \text{Output Power panel} \times 27.1\% \\ &= 8320 \text{ Watt} \times 27.1\% \\ &= 2254.72 \text{ Watt} \end{aligned}$$

So the output power of the system is:

$$\begin{aligned} P_{\text{Out}} &= \text{Total Power panels installed} - (\text{Losses}) \\ &= 8320 \text{ Watt} - 2254.72 \text{ Watt} \\ &= 6065.28 \text{ Watt peak} \end{aligned}$$

3.2. Solar Panel Installation

3.2.1. Support Rack

Solar Panel which will be built on the roof of the building STT-PLN planned consists of 4 arrays. Where the installation of one array consists of 16 panels which will be divided into two parts rack buffer, with one rack buffer will consist of 8 panels as shown below. Buffer rack is made of steel UNP size of 80.40, size angle iron of 50.50.5, and iron plate size of 150 x 150 with a thickness of 10 mm.

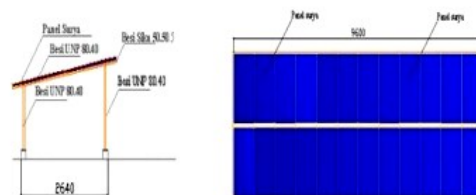


Figure 3.3. Support Rack

3.2.2. Preparation of Panel

Preparation of solar panels on the rack support is very important to avoid shading by constructing solar panels horizontally (landscape). A large number of rows in the preparation of 2-5 rows of solar panels due consideration of the factors of wind and shadow. So the length and width of a buffer shelf with 2 rows of solar panels are as follows:

$$P_{array} = (N \times P_{panel}) + (N-1) \times C \quad \dots(3.5)$$

$$L_{array} = (R \times L_{panel}) + (R-1) \times C \quad \dots(3.6)$$

If the above formula is converted to the data obtained in the above then:

$$P_{array} = (8 \times 1.076m) + (8-1) \times 0.02 m = 8.748 m$$

$$L_{array} = (2 \times 0.806m) + (2 - 1) \times 0.02m = 1.632 m$$

3.2.3 Installation of Distance Between Array Solar Panel

To avoid shadow effects that can be caused by the panel, then the installation of the array should be spaced. The distance between the array can be calculated by :

$$d = W \times \left[\frac{\sin \beta}{\tan \alpha} + \cos \beta \right] \quad \dots(3.7)$$

$$= 1.632 \times \left[\frac{\sin 6}{\tan 60.3} + \cos 6 \right]$$

$$= 1.72 m$$

Solar panels installed on the roof of the building STT-PLN facing north because of the geographical location of the building STT-PLN is in the southern hemisphere with a slope of panels 6° (Foster et al, 2010) that the power output can be maximized throughout the year. The number of arrays that will be built on the roof of the building STT-PLN by 4 array with the number of panels per array 16 and the minimum distance of 1.72 m each array.

3.3 Analysis of Cost Solar PV Power Plant

The cost of solar energy is different from the energy costs for conventional plants. This is because the cost of solar energy is influenced by the high initial investment costs with the costs of maintenance and low operating.

3.3.1. Cost of Investment

Initial investment costs for solar to be built on the roof of the building STT-PLN includes costs such as costs for solar components, the cost of solar panels and shelves buffer solar installation costs. The totally cost for this Solar PV Power Plant components consist of fees for the purchase of solar panels and inverters : Rp.410.845.000,-

3.3.2. Cost of Maintenance and Operations

Maintenance and operational costs per year for generally accounted for 1-2% of the total cost of

investment (Lazou and Papatsoris, 2000; Abdel-Ghani, 2008). As for the cost of maintenance and operations (M) per year for solar to be constructed as follows:

$$M = 1\% \times \text{investment cost} \quad \dots(3.8)$$

$$= 0.01 \times \text{Rp. } 410.845.000,-$$

$$= \text{Rp. } 4.108.450,- / \text{ year}$$

3.3.3. Calculation of Life Cycle Costs

Life Cycle Cost which will be built on top of the building STT-PLN, determined by the present value of the current of the total cost of solar systems consisting of initial investment costs (C) and long-term costs for maintenance and operational (M_{PW}). So that the life cycle costs in this study can be calculated with the following formula:

$$L_{CC} = C + M_{PW} \quad \dots(3.9)$$

Solar PV Power Plant on this research, it is assumed to operate for 25 years. The amount of the discount rate (i) that is used to calculate the present value in this study was 11%. The determination of the discount rate refers to the interest rate bank loans as of June 2011, ie an average of 10.77% (Vibiznews, 2011). Large current value (present value) for the maintenance and operational costs (M_{PW}) PLTS during the project life of 25 years with a discount rate of 11% is calculated by the following formula:

$$P = M \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad \dots(3.10)$$

$$M_{PW} (A_{11\%, 20}) = \text{Rp. } 4.108.450,- \left[\frac{(1+0.11)^{25} - 1}{0.11(1+0.11)^{25}} \right]$$

$$= \text{Rp. } 4.108.450,- \left[\frac{12,585}{1,494} \right]$$

$$= \text{Rp. } 34.608.328,-$$

Based on the initial investment cost (C) and the calculation of the M_{PW} life cycle costs for solar to be built during the project life of 25 years is:

$$L_{CC} = C + M_{PW}$$

$$= \text{Rp. } 410.845.000,- + \text{Rp } 34.608.328,-$$

$$= \text{Rp. } 445.453.328,-$$

3.4 Calculating kWh Solar Production

Based on the radiation data for the Jakarta area, the annual energy that can be produced Solar PV Power Plant are:

$$\text{Energy} = \text{maximum output power system} \times \text{daily radiation} \times 365$$

$$= 6.078,86 \text{ Wp} \times 4.51 \text{ kWh/m}^2/\text{day} \times 365$$

$$= 10006715,39 \text{ Wh/year}$$

$$= 10006,71539 \text{ kWh/year}$$

$$\approx 10006,76 \text{ kWh/year}$$

$$\text{Proceeds from sale of electricity}$$

$$= 10006,76 \text{ kWh/year} \times 25 \text{ year} \times \text{Rp. } 3.000,-/\text{kWh}$$

$$= \text{Rp. } 750.507.000,-**$$

**assumed price of solar electricity \$ 0.25 / kWh with exchange rate of \$ 1 = Rp 12,000, -

IV. CONCLUSION

1. The optimal design of solar power plant can be done on the roof at STT-PLN's building
2. The solar cells used in photovoltaic plants convert sunlight directly into electrical energy. Planning large facilities is a very complex process, however. This causes a problem, however, because increasing the distance between modules means fewer installed modules and thus less overall output. Planning engineers therefore have to make technical and economic compromises for a large number of parameters, while still meeting customer requirements regarding aspects such as minimum output or cost limits.

REFERENCES

- [1]. A.uzzi, K. Lovegrove, E. Filippi, H. Fricker and M. Chandapillai, "A 10 MWe Base-Load Solar Power Plant" Siemens Power Generation, 207 Jalan Tun Razak, 50400 Kuala Lumpur (Malaysia),(1997)
- [2]. Hemakshi Bhoje, Gaurang Sharma, "An Analysis of One MW Photovoltaic Solar Power Plant Design", International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering Vol. 3, Issue 1, January 2014
- [3]. Hua Lan, Zhi-min Liao, Tian-gang Yuan, Feng Zhu, "Calculation of PV Power Station Access", ELSEVIER., (2012).
- [4]. Imran Hamid, M dan Anwari Makbul, 2010, Single Phase Photovoltaic Inverter Operation Characteristic in Disributed Generation System.
- [5]. Konings, Peter. "Advanced Training for Trainers in Photovoltaics and Bioenergy". 4-8 maret 2014.
- [6]. Mevin Chandel, G. D. Agrawal, Sanjay Mathur, Anuj Mathur, "Techno-Economic Analysis of Solar Photovoltaic power plant for garment zone of jaipur city." ELSEVIER., (2013).
- [7]. P. J. van Duijsen, Simulation Research, The Netherlands, "Modeling Grid Connection For Solar and Wind Energy", Frank Chen, Pitotech, Taiwan.
- [8]. Souvik Ganguli1, Sunanda Sinha2, "Design of A 11 KWp Grid Connected Solar Photovoltaic Plant On 100", TUTA/IOE/PCU, (2010).
- [9]. "Solar Photovoltaics Fundamentals, Technologies and Application" by Chetan Singh Solanki,2nd Edition 2012
- [10]. Tiberiu Tudorache1, Liviu Kreindler1, "Design of A Solar Tracker System For PV Power Plants", Acta Polytechnica Hungarica, (2010)



ISBN 978-602-98211-0-9



9 786029 821109

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (UNTIRTA)

Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Kota Cilegon, Banten. Phone: 0254-395502 ext. 15, Fax: 0254-395440
Email panitia: nciee@untirta.ac.id