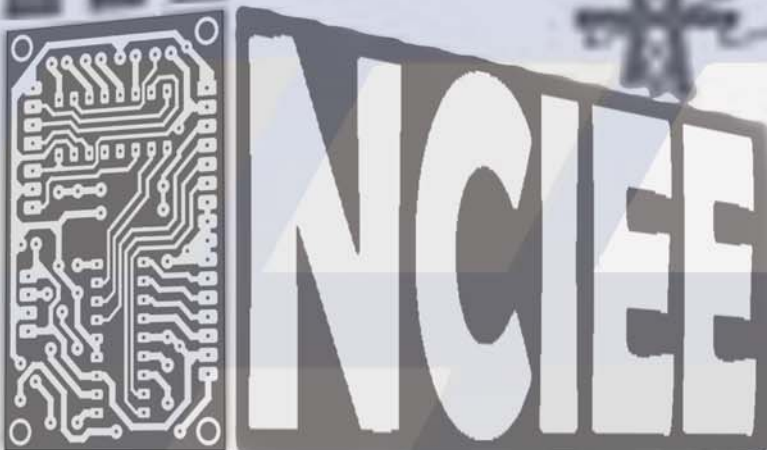




**The 2nd National Conference
on Industrial Electrical and Electronics
Cilegon, 18 October 2012**

PROCEEDINGS



Susunan Panitia

➤ **Penanggung Jawab**

Ketua Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

➤ **Pengarah**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

➤ **Ketua Pelaksana**

Romi Wiryadinata

➤ **Komite Program**

- Dr. Eng. Wahyu Widada, M.Sc. (LAPAN)
- Prof. Dr. Ir. Kudang Boro Seminar, M.Sc. (IPB)
- Prof. Dr. Salama Manjang, M.T. (UNHAS)
- Dr. Alimuddin, M.M., M.T. (UNTIRTA)
- Ir. Wahyuni Martiningsih, M.T. (UNTIRTA)
- Muhammad Iman Santoso, S.T., M.Sc. (UNTIRTA)

➤ **Komite Pelaksana**

- Suhendar
- Siswo Wardoyo
- Herudin
- Anggoro Suryo Pramudyo
- Rocky Alfanz
- Rian Fahrizal
- Andri Suherman
- Ri Munarto
- Yeni Apriyeni
- Asisten Laboratorium Teknik Elektro

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://snte.untirta.ac.id> - <http://elektro.ft-untirta.ac.id>

Sambutan Ketua Panitia

Assalamu'alaykum warahmatullah wabarakaatuh

Alhamdulillahirobil'alamin Puji Syukur Kami Panjatkan kehadirat Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan lindungan-Nya, pada kesempatan kali ini kita dapat bertemu pada 2nd National Conference on Industrial Electrical and Electronics (NCIEE) 2012.

Hadirin yang berbahagia, 2nd NCIEE 2012 merupakan seminar nasional yang ke-2 dilaksanakan oleh Jurusan Teknik Elektro FT-Untirta yang insyaAllah akan dilaksanakan rutin setiap 2 tahun sekali.

Pada kesempatan kali ini, ijin kami mengucapkan terima kasih atas sambutan yang luar biasa dari berbagai pihak, tercatat sekitar 40 Penulis telah berpartisipasi untuk menuangkan ide ke dalam bentuk makalah. Demi menjaga kualitas makalah yang akan dipresentasikan sekaligus diterbitkan pada prosiding, maka Panitia telah melakukan blind review terhadap semua makalah yang diterima, berdasarkan hasil review dari tim reviewer, sebanyak 22 Makalah yang dinyatakan diterima untuk dipresentasikan.

Panitia juga sangat berbahagia, karena sambutan terhadap 2nd NCIEE 2012 kali ini tidak hanya muncul dari kalangan akademisi namun juga dari kalangan praktisi. Tulisan atau makalah yang masuk juga sangat bervariasi mulai dari bidang kendali, instrumentasi dan elektronika, telekomunikasi, komputer, maupun ketenagaan.

Hadirin yang terhormat, dengan terselenggaranya NCIEE 2012 ini, Panitia memberikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr.Eng Anto Satrio Nugroho atas kesediaannya untuk menjadi key-note speaker. Ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya juga Panitia haturkan kepada seluruh pihak sehingga acara seminar ini dapat terselenggara seirama dengan milad jurusan Teknik Elektro FT-Untirta yang ke-30.

Demi kesuksesan pelaksanaan 2nd NCIEE 2012 ini, Panitia telah melakukan segala persiapan semaksimal mungkin, meskipun demikian apabila ada kekurangan yang terjadi, Panitia mohon maaf yang sebesar-besarnya. Untuk itu panitia sangat terbuka untuk menerima kritik dan saran yang membangun sebagai masukan untuk NCIEE mendatang. Selanjutnya kami ucapkan terima kasih dan selamat mengikuti 2nd National Conference on Industrial Electrical and Electronics (NCIEE) 2012

Wassalamu'alaykum warrahmatullah wabarakaatuh

Cilegon, 18 Oktober 2012
Ketua Panitia

Romi wiryadinata, M.Eng.

Sambutan Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah kita sampaikan kehadiran Allah SWT Tuhan Yang maha Kuasa, atas limpahan rakhmat dan karunia-Nya kita dapat dipertemukan kembali dalam suasana yang berbahagia, dalam forum ilmiah Temu Seminar Nasional Call Papers "The 2nd National Conference on Industrial Electrical and Electronics (NCIEE)" Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (UNTIRTA).

Seminar Nasional Call Papers NCIEE untuk pertama kalinya diadakan pada Tahun 2010 dan berlanjut menjadi kegiatan rutin dua tahunan Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA, sehingga pada kesempatan kali ini NCIEE diadakan untuk yang kedua kalinya. Tema yang diusung pada NCIEE kali ini adalah Tiga Dekade Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA "Sinergi Perguruan Tinggi dan Industri dalam Pengembangan Riset untuk Membangun Kemandirian Bangsa".

Kami menyadari bahwa sebagai bagian dari komunitas akademisi Perguruan Tinggi yang ada di Indonesia, merasa terpanggil untuk turut berkontribusi dalam memperkuat industri yang menjadi salah satu tulang punggung perekonomian dan pembangunan bangsa ini. Bahkan letak geografis di kawasan mayoritas industri baja, JTE akan selalu berupaya membenahi, dan memperbaiki diri untuk terus melakukan inovasi dalam aktivitas riset untuk penemuan baru yang mendukung industri baja.

Kegiatan rutin dua tahunan NCIEE ditujukan guna memperluas pengetahuan bidang elektro dan penerapannya di industri, meningkatkan kemampuan para dosen dalam menyerap, meningkatkan wawasan penelitian dan menerapkan hasilnya untuk kebutuhan industri, dan membangun kemitraan antara perguruan tinggi dan industri di bidang penelitian elektro se-Indonesia.

Untuk yang akan datang, NCIEE diharapkan dapat menjadi wadah kegiatan rutin yang diikuti oleh seluruh dosen guna mempublikasikan karya penelitiannya sehingga dapat lebih memperkuat eksistensi Jurusan Teknik Elektro yang mampu memberikan manfaat nyata bagi perkembangan teknologi di Indonesia. Selain itu, kegiatan dan Temu Seminar Nasional seperti ini akan terus mendorong Bidang Teknik Elektro untuk lebih meningkatkan perannya serta menentukan arah kebijakan pembangunan nasional. Di samping itu, kegiatan seperti ini diharapkan akan mampu menjadi sarana untuk menjalin kerjasama antar-bidang Teknik

Elektro se-Indonesia sehingga dapat bersinergi dan berkolaborasi melaksanakan riset yang bermanfaat dan menumbuhkembangkan perekonomian, perteknologian, dan pembangunan serta kemandirian bangsa Indonesia.

Kami menyampaikan terima kasih kepada seluruh Dosen & Praktisi, Para Delegasi dan Peserta yang hadir berkontribusi dan berpartisipasi dalam Seminar Nasional NCIEE II Tahun 2012. Penghargaan yang setinggi-tingginya kami sampaikan juga kepada seluruh Panitia Pelaksana dan rekan Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa atas suksesnya acara ini.

Akhirnya kami mohon maaf lahir dan bathin atas segala keterbatasan dan kekurangan terselenggaranya kegiatan ini.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Cilegon, 18 Oktober 2012

Ketua Jurusan Teknik Elektro,

Suhendar, S.Pd., M.T.

Daftar Isi

Teknologi Biometrics dalam e-KTP Anto Satriyo Nugroho, Dr. Eng	1
Analisa Penerangan Lampu Jalan Kabupaten Aceh Utara Lhoksukon Asri	4
Pengembangan Teknologi Tepat Guna : Penggunaan Kolektor Sel Surya Sebagai Teknologi Pengering Hasil Panen Irnanda Priyadi, Dedi Suryadi, Zulman Efendi	11
Sistem Telemetry Sensor Berbasis Radio Transceiver Dilengkapi Telecommand Pengendali Servo Iwan Tirta, Ri Munarto, Romi Wiryadinata	20
Desain Dan Implementasi Wajan Bolic Untuk Aplikasi Dvb-S Wahyu Pamungkas, Eka Wahyudi, Gilang Aditya Pratama	33
Implementasi Customer Relationship Management Untuk Meningkatkan Keunggulan Bersaing Biro Perjalanan Wisata Haryanto Tanuwijaya	39
Studi Pengukuran Geomagnetic Induced Current (GIC) Akibat Geomagnetic Storm Pada Transformator Daya Ri Munarto, Wahyu Wijayanto	49
Sistem Kendali Stacker Menggunakan PLC Pada Direct Reduction Plant Arya Prasetyo Habibie, Siswo Wardoyo	62
Perancangan Sistem Presensi Dosen Jurusan Teknik Elektro Untirta Menggunakan Radio Frequency Identification (RFID) Berbasis Personal Computer Endi Permata	71
Desain dan Layout Pembangkit Pulsa Clock Non-overlapping untuk ADC Pipeline 1- bit/stage pada Aplikasi Kamera Kecepatan Tinggi Erma Triawati Ch, Hamzah Afandi, Atit Pertiwi	80
Deteksi Gangguan Kualitas Daya Pada Beban Tanur Busur Listrik Menggunakan Transformasi Wavelet Wahyuni Martiningsih, Mochamad Ashari , Adi Soeprijanto	86
Sinyal RF pada sistem Hybrid Fiber Coaxial (HFC) Untuk layanan TV-kabel dan Internet Harumi Yuniarti, Bambang Cholis S.	90
Perancangan Mysql Cluster Menggunakan Mikrotik Rb750 Sebagai Node Database Management Peran Bintang Sihite, M. Iman Santoso, Anggoro Suryo Pramudyo	95

Studi dan Desain Proses Pemilihan Opsi Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio untuk Layanan 4G di Indonesia	104
Umar Ali Ahmad, Heroe Wijanto, Rina Pudji Astuti	
Studi Kelayakan Penerapan Proxy Cache Server Lusca Dan Proxy Cache Server Squid Pada Laboratorium Komputer Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	112
Sandy Lazuardy, Suhendar, Rian Fahrizal	
Kontrol Terintegrasi PSS-AGC Pada Generator Sinkron Untuk Stabilitas Sistem Tenaga Listrik	124
Muhamad Haddin, Soebagio, Adi Soeprijanto, Mauridhi Hery Purnomo	
Perancangan Robot Penjelajah dengan Sistem Skid Steering Menggunakan Telecommand Sebagai Kendali Manual	129
Frandi Adi Kaharjito, Alimuddin, Romi Wiryadinata	
Perancangan Concurrent Multiband Power Amplifier Kelas E	140
Gunawan Wibisono, Ferri Julianto, Teguh Firmansyah	
Perancangan Mikrostrip Butler Matriks 4 x 4 Untuk Aplikasi Smart Antena	145
Yenniwarti Rafsyam, Nuhung, Teguh Firmansyah	
Pembelokan Roket Di Ujung Launcher	150
Wiganti Takariyadi	
Studi Perancangan Jaringan Komunikasi Serat Optik Dwdm L Band Dengan Penguat Optik Edfa	155
Sri Danaryani, Syamsul El Yumin, Iwan Krisnadi	
Perancangan Antena Mikrostrip Dual Band untuk Aplikasi Wi-LAN & LTE	161
Herudin	

Teknologi Biometrics dalam e-KTP

Anto Satriyo Nugroho, Dr. Eng

Sejak tahun 2011, pemerintah Indonesia melalui Kementerian Dalam Negeri telah mulai menjalankan Program Penerapan Kartu Tanda Penduduk berbasis Nomer Induk Kependudukan (NIK) secara nasional bagi 172 juta penduduk wajib KTP pada tahun 2011. Pada tahun 2011 ditargetkan 197 Kabupaten/Kota dan pada tahun 2012 ditargetkan 300 Kabupaten/Kota di Indonesia telah dilakukan pendataan dan penerbitan e-KTP. Dengan e-KTP diharapkan dapat diwujudkan dokumen identitas penduduk yang tunggal dan absah melalui proses identifikasi ketunggalan sidik jari secara terpusat (nasional). Identitas ketunggalan ini sangat penting, karena banyak sekali kasus kriminalitas yang memanfaatkan KTP palsu. Misalnya serangan teroris terhadap hotel JW Marriott pada tanggal 17 Juli 2009, dan pengeboman rekening bank 25 Juli 2009 yang memakai kartu identitas palsu. Diberitakan juga bahwa sepanjang tahun 2008, di DKI Jakarta telah disita 88.000 KTP palsu. Selama ini pembuatan KTP palsu sangat mudah, karena tidak ada sarana untuk memastikan keunikan pemohon. Dengan e-KTP, hal ini tidak mungkin terjadi lagi karena setiap penerbitan e-KTP akan melalui proses identifikasi ketunggalan dengan dukungan teknologi biometrics. Hanya penduduk yang lolos uji identifikasi ketunggalan saja yang akan menerima e-KTP. Uji identifikasi ketunggalan ini ditunjang oleh teknologi biometrics. Teknologi biometrics didefinisikan sebagai metode otomatis untuk melakukan verifikasi ataupun mengenali identitas seseorang yang masih hidup berdasarkan karakteristik fisiologi ataupun perilaku ybs. Dalam penerbitan e-KTP, 3 informasi biometrics direkam dari tiap penduduk, yaitu sidik jari, iris dan wajah. Ketiga data ini dipadukan untuk menjamin ketunggalan identitas penduduk yang direkam. Dalam paparan ini dibahas dua teknologi utama: fingerprint identification dan iris recognition system.

Sidik jari memiliki 3 level informasi, dimana informasi keunikan tiap individu direpresentasikan pada level kedua, yaitu sebagai titik-titik minutiae. Titik minutiae adalah titik dimana ridge terputus. FBI menetapkan model koordinat minutiae berdasarkan termination dan bifurcations, yaitu tiap minutia dinotasikasikan berdasarkan class, koordinat x dan y, dan sudut yang dibentuk oleh garis ridge dan sumbu horizontal pada titik minutia tersebut. Dalam proses matching, untuk menyatakan bahwa dua buah sidik jari berasal dari jari yang sama harus dipenuhi beberapa syarat, antara lain kesesuaian konfigurasi pola global antara kedua buah sidik jari, kesesuaian

kualitatif (qualitative concordance), yaitu minutiae yang bersesuaian harus identik, faktor kuantitatif, yaitu banyaknya minutiae bersesuaian yang ditemukan harus memenuhi syarat minimal (guideline forensik di AS mensyaratkan minimal 12 minutiae), detail minutiae yang bersesuaian harus identik [1]. Sebuah sistem pengenalan sidik jari terdiri dari beberapa modul inti sbb.

1. Segmentasi : modul yang berfungsi untuk memisahkan citra sidik jari dari background, sehingga pemrosesan tahap berikutnya bisa difokuskan hanya pada citra sidik jari tsb.
2. Ekstraksi fitur : modul yang berfungsi untuk menemukan titik-titik minutiae dari citra sebuah sidik jari.
3. Matching : modul yang berfungsi untuk menemukan kemiripan minutiae antara dua buah sidik jari . Dalam tahap ini, algoritma harus mengasumsikan bahwa citra sidik jari yang dipadankan telah mengalami distorsi informasi akibat proses translasi, rotasi, scaling. Selain itu, proses pemadanan ini harus mampu mengantisipasi seandainya tidak semua titik minutiae dari jari yang sama akan lengkap terdapat pada citra yang

dipadankan. Algoritma yang dipakai dalam fase ini misalnya generalized Hough Transformation.

Selain sidik jari, iris dimanfaatkan sebagai modality biometrics e-KTP. Tekstur iris manusia berasal dari proses chaotic morphogenetic selama perkembangan embrio, dan memiliki ciri yang mampu dipakai untuk identifikasi seseorang. Penelitian di bidang iris recognition sangat dipengaruhi oleh John Daugman yang telah mematenkan temuannya di tahun 1994. Dalam paparan ini dibahas teknik pengenalan iris yang dikembangkan oleh Daugman [2]. Sistem identifikasi yang memanfaatkan iris, terdiri dari berbagai modul sebagai berikut:

1. Segmentasi & lokalisasi.

Bagian pertama ini berfungsi untuk mengekstrak area iris dan memisahkan informasi pupil dan sclera. Hasil dari fase ini adalah citra iris yang berbentuk “donat”.

2. Iris unwrapping

Iris yang berbentuk “donat” ini kemudian dibuka dan diubah bentuknya menjadi segi empat memakai teknik rubber-sheet model yang dikembangkan oleh Daugman.

3. Ekstraksi fitur

Ekstraksi fitur dilakukan dengan memanfaatkan quadrature 2D Gabor wavelet filtering dan mengekstrak fase dari response yang diperoleh. Selanjutnya fase tersebut diubah ke informasi yang terdiri dari 2 bit, mengkodekan kuadran dimana fase tersebut berada. Tahap ini disebut dengan Phase Quadrant Demodulation. String bit yang diperoleh disebut dengan Iris Codes.

4. Iris matching

Iris code yang diperoleh dari dua buah iris selanjutnya dilakukan pemadanan. Proses pemadanan ini berlangsung dengan cepat dan efisien, karena hanya memakai fungsi XOR untuk menentukan derajat kemiripan dua buah iris.

Teknologi pengenalan iris ini masih relatif baru dibandingkan teknologi pengenalan sidik jari. Akan tetapi potensinya sangat besar, dan memiliki berbagai kelebihan di bandingkan sidik jari. Antara lain keutuhan informasi pada iris lebih baik dibandingkan sidik jari, karena pola ridge sidik jari dapat rusak karena terkikis dalam melakukan pekerjaan sehari-hari. Menurut Daugman, dalam area 1 mm² dapat diekstrak informasi setidaknya 3.2 bit, yang dapat diinterpretasikan sebagai 266 spot unik dari sebuah iris. Angka ini jauh lebih besar dibandingkan biometrics yang lain, yang berkisar 15-30 spot. Fakta ini mengindikasikan bahwa iris sangat bagus dipakai untuk identifikasi keunikan dan ketunggalan seorang individu dibandingkan dengan biometrics yang lain. Biometrics yang direkam dalam e-KTP relatif lengkap, dan saling melengkapi satu dengan yang lain untuk mengidentifikasi ketunggalan penduduk. Dari sisi skala populasinya, maka proyek biometrics ini merupakan terbesar kedua di dunia setelah India.

Setelah e-KTP berhasil diwujudkan, database yang terintegrasi ini dapat dimanfaatkan oleh berbagai layanan bermanfaat bagi masyarakat. Misalnya untuk pemilu, layanan perbankan, layanan kesehatan, lamaran kerja, penerbangan, penginapan karena tiap individu dapat dipastikan identitasnya. Pengembangan teknologi ini, maupun pemanfaatan dan pengelolaan data-data e-KTP ini memerlukan dukungan jangka panjang dari seluruh komponen pelaku teknologi di Indonesia. Akademisi dapat berpartisipasi dalam riset terkait teknologi e-KTP, misalnya biometrics, chip, dan sisi sekuriti. Kalangan industri pun akan dapat ikut meraih manfaatnya, dengan pengembangan berbagai teknologi yang mendukung dan memanfaatkan e-KTP seperti misalnya e-KTP Reader. E-KTP reader kelak akan diperlukan oleh perbankan, kepolisian, perhotelan, dan berbagai institusi yang lain, untuk memastikan identitas seseorang dengan data biometrics yang tersimpan dalam chip e-KTP. Diharapkan hal ini dapat menjadi landasan kegiatan R&D jangka panjang, baik di

perguruan tinggi maupun industri untuk mengoptimalkan manfaat yang dapat diperoleh dari e-KTP.

REFERENCES

- [1] D.Maltoni, D.Mario, A.K. Jain, S. Prabhakar, Handbook of Fingerprint Recognition 2nd Edcs., Springer, 2009
- [2] J. Daugman, "New methods in iris recognition." IEEE Trans. Systems, Man, Cybernetics B 37(5), pp 1167-1175

Anto Satriyo Nugroho menyelesaikan studi S1 (B.Eng), S2 (M.Eng) dan S3 (Dr.Eng), pada tahun 1995, 2000 dan 2003, di Dept. of Electrical & Computer Engineering, Nagoya Institute of Technology, Japan, atas beasiswa STMDP-II (S1) yang dirintis Pak Habibie, dan beasiswa Monbukagakusho (S2, S3). Sejak tahun 2003 sampai tahun 2007 bekerja sebagai visiting professor di School of Computer & Cognitive Science, dan School of Life System Science & Technology. Pada tahun 2003-2007 menjadi peneliti pada Institute for Advanced Studies in Artificial Intelligence, Chukyo University. Pada tahun 1999 mendapat penghargaan sebagai pemenang pertama kompetisi prediksi meteorologi yang diselenggarakan oleh NeuroComputing Technical Group, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (IEICE), Japan. Pada bulan April 2007, bekerja kembali di Pusat Teknologi Informasi dan Komunikasi, BPP Teknologi Indonesia. Penghargaan lain yang diraih antara lain Satya Lencana Karya Satya dari Presiden Republik Indonesia, untuk pengabdian 20 tahun sebagai Pegawai Negeri Sipil. Tahun 2011 mendapat penghargaan sebagai Pegawai Berdedikasi Satya Karya Teknologi Tingkat I Utama BPPT. Pada tahun 2012 bertugas sebagai Chief Engineer R&D Program Rekomendasi dan Konsultasi Penerapan SIAK e-KTP di BPPT, dan juga sebagai anggota tim teknis e-KTP Kementerian Dalam Negeri RI. Riset yang saat ini dilakukan mengenai teori dan aplikasi pattern recognition dan image processing, dengan target aplikasi pada multimodal biometrics (fingerprint & iris recognition) dan computer aided diagnosis untuk mendeteksi status Malaria dari citra microphotograph.

Analisa Penerangan Lampu Jalan Kabupaten Aceh Utara Lhoksukon

Asri

Fakultas Teknik Elektro Universitas Malikussaleh – Lhokseumawe
asri_200671@yahoo.co.id

Abstrak — Jalan merupakan sarana lalu lintas yang dilewati oleh kendaraan roda dua dan roda empat. Sementara lampu jalan merupakan alat penerangan yang harus mempunyai standar untuk penerangan pada suatu objek. Lampu jalan jika tidak mempertimbangkan penempatannya akan mempengaruhi kualitas pencahayaan yang dibutuhkan. Kabupaten Aceh Utara dengan Ibu Kota Lhoksukon yang merupakan salah satu jalur lalu lintas yang menghubungkan Ibu Kota Provinsi Aceh dan Sumatera Utara termasuk antar kota dan kabupaten dalam provinsi Aceh. Hasil penelitian untuk dua buah lampu yang dipasang pada tinggi 6,5 meter memiliki iluminasi 9,6 lux dan lampu dengan ketinggian 8 meter diperoleh nilai iluminasi sebesar 8,5 lux, perbandingan dari tiga buah lampu yang dipasang pada ketinggian 7 meter dengan kemiringan masing-masing adalah 60°, 70°, dan 75° didapatkan iluminasi masing-masing lampu adalah 10 lux, 6 lux dan 5,5 lux, sehingga lampu jalan yang memenuhi standar iluminasi yaitu lampu jenis mercury 150 Watt yang dipasang pada tiang antara 6 – 9,5 meter dengan sudut kemiringan 0 – 55°.

Kata kunci — Iluminasi, Luminasi, Intensitas Cahaya.

I. PENDAHULUAN

Lampu Penerangan Jalan merupakan salah satu fasilitas pelengkap jalan yang berfungsi untuk memberi penerangan sebaik-baiknya bagi pengguna akses jalan khususnya untuk mengantisipasi situasi aktifitas dan perjalanan di malam hari bahkan untuk semampunya menyerupai kondisi di siang hari. Akan tetapi dalam pemasangannya lampu jalan tentu saja harus disesuaikan dengan kondisi jalan dan spesifikasi yang tepat dengan fungsi penerangannya tersebut serta dengan tidak mengenyampingkan fungsi dan keindahan tata ruang dalam suatu wilayah perkotaan.

Pemasangan lampu jalan diberbagai Daerah perkotaan termasuk dalam wilayah Kabupaten Aceh Utara, terkesan sangat tidak beraturannya tata letak maupun jenis lampu yang terpasang bahkan dalam satu titik lokasi jalan yang sama sekalipun, tampak jelas sekali bahwa pemasangan lampu jalan selama ini sekedar hanya untuk memenuhi fungsi penerangan jalan tanpa diimbangi oleh fungsi penerangan yang baik dan benar untuk memperoleh manfaat secara maksimal.

Pemasangan lampu jalan yang tidak mempertimbangkan posisi ketinggian serta arah dan kemiringan lampu akan mempengaruhi kualitas pencahayaan yang dibutuhkan pada suatu jalan apalagi untuk jalur jalan arteri khususnya di sepanjang jalan nasional dari Kecamatan Syamtalira Bayu hingga Lhoksukon yang merupakan salah satu jalur lalu lintas penting yang menghubungkan Ibu Kota Provinsi Aceh dan Sumatera Utara termasuk antar kota dan kabupaten dalam provinsi Aceh, yang menurut ketentuan spesifikasi penerangan jalan perkotaan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, untuk tipe jalur jalan seperti ini harus mencukupi kuat cahaya (iluminasi) sebesar 11 lux sampai 20 lux.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

Lampu Penerangan Jalan adalah bagian dari bangunan pelengkap jalan yang dapat diletakkan/dipasang di kiri/kanan jalan dan atau di tengah (dibagian median jalan) yang digunakan untuk menerangi jalan maupun lingkungan di sekitar jalan yang diperlukan termasuk persimpangan jalan (*intersection*), jalan layang (*interchange, overpass, fly over*),

jembatan dan jalan dibawah tanah (*underpass*, terowongan). Sistem penerangan jalan yang dimaksud adalah suatu unit lampu penerangan jalan lengkap yang terdiri dari sumber cahaya (lampu/lumener), elemen-elemen optik (pemantul/reflector, pembias/refractor, penyebar/diffuser). Elemen-elemen elektrik (konektor ke sumber tenaga/power supply, dll), struktur penopang yang terdiri dari lengan penopang, tiang penopang vertikal dan pondasi tiang lampu

1) Satuan Penerangan Sistem International

- Tingkat/Kuat Penerangan (Iluminasi-Lux), didefinisikan sebagai jumlah arus cahaya yang jatuh pada suatu permukaan seluas 1 (satu) meter persegi sejauh 1 (satu) meter dari sumber cahaya 1 (satu) lumen.
- Intensitas Cahaya adalah arus cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya dalam satu kerucut (“cone”)
- Luminasi adalah permukaan benda yang mengeluarkan/memantulkan intensitas cahaya yang tampak pada satuan luas permukaan benda tersebut, dinyatakan dalam Candela per meter persegi (Cd/m^2). Luminasi yang baik pada penerangan luar sebaiknya cukup untuk melihat benda dengan jelas pada jalan itu tidak kurang dari jarak 40 meter.
- Lumen adalah unit pengukuran dari besarnya cahaya (arus cahaya).

2) *Perbandingan Kemerataan Pencahayaan (Uniformity Ratio)*. Uniformity Ratio adalah perbandingan harga antara nilai minimum dengan nilai rata-rata atau nilai maksimumnya dari suatu besaran kuat penerangan atau luminasi pada suatu permukaan jalan. Uniformity Ratio 3:1 berarti rata-rata nilai kuat penerangan/luminasi adalah 3 (tiga) kali nilai kuat penerangan/luminasi pada suatu titik dari penerangan minimum pada permukaan/perkerasan jalan. Keseragaman tingkat luminasi berpengaruh langsung terhadap kenyamanan penglihatan, maka makin seragam dan makin merata luminositasnya makin nyaman.

3) *Pandangan Silau dan Pandangan Silhouette*. Pandangan Silau adalah pandangan yang terjadi ketika suatu cahaya/sinar terang

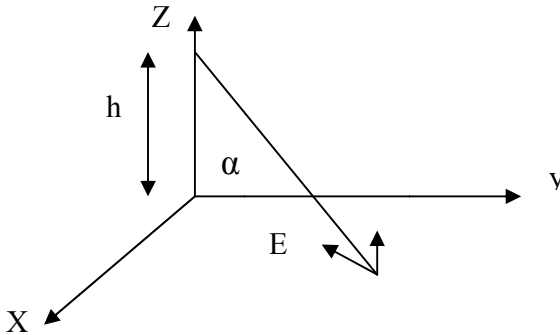
masuk di dalam area pandangan/penglihatan pengemudi yang dapat mengakibatkan ketidaknyamanan pandangan bahkan ketidakmampuan pandangan jika cahaya tersebut datang secara tiba-tiba. Batas derajat kesilauan penerangan harus dihindari dan derajat kesilauan ini dipengaruhi oleh penampang jalan, susunan penerangan dan jenis lampu. Pandangan Silhouette adalah pandangan yang terjadi pada suatu kondisi dimana objek yang gelap berada di latar belakang yang sangat terang, seperti pada kondisi lengkung alinemen vertikal yang cembung, persimpangan yang luas, pantulan dari perkerasan yang basah, dan lain-lain. Kedua pandangan ini harus diperhatikan dalam perencanaan penempatan/pemasangan lampu penerangan jalan kota. Warna cahaya penerangan juga mempengaruhi jarak penglihatan.

B. Jenis Lampu Penerangan Jalan

- 1) *Lampu Tabung Fluorescent (TL) Tekanan Rendah*. Lampu ini digunakan untuk jalan kolektor dan lokal, memiliki efisiensi penerangan cukup tinggi (65 lumen/watt) dengan warna yang dihasilkan baik serta harga terjangkau, tetapi berumur pendek rata-rata umur rencana pemakaian adalah 10.000 jam, biasa digunakan dengan kekuatan daya 20 – 40 watt, jenis lampu ini masih dapat digunakan untuk hal-hal yang terbatas.
- 2) *Lampu Gas Merkury Tekanan Tinggi*. Lampu ini digunakan untuk jalan kolektor lokal dan persimpangan, efisiensi rendah sehingga kurang ekonomis (rata-rata efisiensi 55 lumen/watt), umur pemakaian cukup panjang atau rata-rata perencanaan mencapai 14.000 jam, ukuran lampu kecil sehingga mudah dalam pengontrolan cahayanya, jenis lampu ini masih dapat digunakan secara terbatas.
- 3) *Lampu Gas Sodium Tekanan Rendah*. Lampu jenis ini digunakan untuk jalan kolektor lokal persimpangan, penyebarangan, terowongan, tempat peristirahatan (rest area), efisiensinya sangat tinggi (efisien rata-rata 140 lumen/watt), perkiraan umur pemakaian cukup panjang, ukuran lampu besar sulit untuk mengontrol cahayanya dan untuk mereduksi kesilauannya, cahaya lampu sangat buruk karena berwarna kuning, jenis

lampu ini dianjurkan untuk penggunaannya karena faktor efisiensinya yang sangat tinggi.

4) *Lampu Gas Sodium Tekanan Rendah*. Lampu ini digunakan untuk jalan tol, arteri, kolektor persimpangan besar/luas dan interchange, efisiensi tinggi, umur sangat panjang rata-rata perkiraan dapat mencapai 21.000-27.000 jam.



Gambar 1. Intensitas Penerangan

Nilai intensitas penerangan lampu sebagaimana posisi pada Gambar diatas dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$E = \frac{\phi \cos a}{R^2} \quad (1)$$

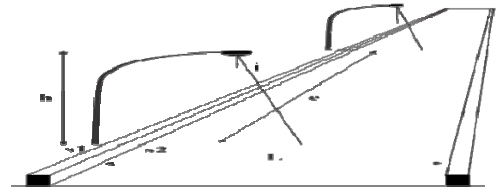
sedangkan $R^2 = x^2 + y^2 + h^2$

dimana :

- E = kuat cahaya (iluminasi)
- ϕ = fluks cahaya
- h = tinggi posisi lampu pada tiang
- x = lebar jalan
- y = panjang jalan
- R = luas jalan
- cos a = sudut kemiringan lampu

1. Jarak interval tiang lampu(e) :
 - a. Jalan Arteri, jarak interval sebesar 3 – 3,5 ukuran tinggi tiang (H)
 - b. Jalan Kolektor, jarak interval sebesar 3,5 – 4 H
 - c. Jalan Lokal, jarak interval sebesar 5 – 6 H Minimum jarak interval tiang adalah 30 meter.
2. Jarak Tiang Lampu ke tepi Perkerasan (s1) minimum 0,7 meter

3. Jarak dari Tepi Perkerasan ke titik Penerangan terjauh (s2) minimum L 12 (12 kali lebar badan jalan)
4. Sudut Inklinasi (i) pencahayaan penerangan $20^0 - 30^0$



Gambar 2. Perencanaan dan Penempatan lampu penerangan jalan

Dimana :

- H = Tinggi tiang Lampu
- L = Lebar badan jalan, termasuk median jika ada
- e = Jarak interval antar tiang lampu
- s1+s2= Proyeksi kerucut cahaya lampu
- s1 = Jarak tiang lampu ke tepi perkerasan
- s2 = jarak dari tepi perkerasan ke titik penyinaran terjauh
- i = sudut inklinasi pencahayaan /penerangan

Penataan lampu penerangan jalan juga mengikuti ketentuan-ketentuan yang disarankan sesuai spesifikasi penerangan jalan perkotaan oleh Direktorat Bina Marga dan pembinaan jalan Kota, sebagaimana berikut :

- 1) Posisi Lampu di Kiri atau di Kanan Jalan, disarankan untuk ukuran lebar jalan (L) yang kurang dari ukuran 1,2 kali ukuran tiang lampu (H), atau dirumuskan dengan “ $L < 1,2 H$ “
- 2) Posisi Lampu di Kiri dan Kanan Jalan berselang-seling, digunakan untuk kondisi badan jalan yang berukuran lebih dari 1,2 H dan kurang dari 1 H. atau dirumuskan dengan “ $1,2 H < L < 1,0 H$ “
- 3) Posisi Lampu di Kiri dan Kanan Jalan saling berhadapan, digunakan pada badan jalan yang berukuran lebih dari 1,6 H dan kurang dari 2,4 H, atau dengan rumus “ $1,6 H < L < 2,4 H$ “
- 4) Sedangkan penggunaan untuk Posisi Lampu pada Median jalan yaitu dengan rumus “ $3L < 0,8 H$ “

Keterangan : H = Tinggi tiang lampu (meter), L = Lebar badan Jalan (meter)

meter dengan sudut kemiringan pemasangan 60° dan lebar jalan (x) 12,8 meter dengan rata-rata intensitas/iluminasi penerangan jalan (E) yaitu :

$$E = \frac{\phi}{R^2} \cos \alpha$$

III. METODE PENELITIAN

A. Persiapan Data Tiang Listrik

Untuk studi penerangan lampu jalan diperlukan data-data sebagai berikut :

- 1) Jumlah tiang listrik sebagai penopang lampu disepanjang jalan nasional di Kecamatan Syamtalira Bayu 51 tiang
- 2) Jumlah tiang listrik sebagai penopang lampu sepanjang jalan nasional di Kecamatan Samudera 63 tiang
- 3) Jumlah tiang listrik sebagai penopang lampusepanjang jalan nasional di Kecamatan Syamtalira Aron 125 tiang
- 4) Jumlah tiang listrik sebagai penopang lampusepanjang jalan nasional di Kecamatan Tanah Pasir dan Tanah Luas 87 tiang
- 5) Jumlah tiang listrik sebagai penopang lampusepanjang jalan nasional di Kecamatan Lhoksukon 244 tiang

B. Persiapan Data Lampu Jalan

- 1) Lampu Jalan di Kecamatan Syamtalira Bayu Syamtalira Bayu 32 Unit.
- 2) Lampu Jalan di Kecamatan Samudera sebanyak 42 unit.
- 3) Lampu Jalan di Kecamatan Syamtalira Aron 70 unit.
- 4) Lampu Jalan di Kecamatan Tanah Pasir dan Tanah Luas 50 unit.
- 5) Lampu Jalan di Kecamatan Lhoksukon 137 unit.

C. Persiapan Data pengukuran Titik Iluminasi

- 1) Titik A, adalah titik pada bagian kiri jalan atau bagian jalan yang terdekat dengan posisi lampu.
- 2) Titik C, adalah titik pada bagian jalan yang paling jauh atau berseberangan dengan posisi penempatan lampu penerangan jalan.

IV. HASIL PENELITIAN

Untuk tiang listrik nomor tiga Lampu Mercury 150 Watt di Kecamatan Syamtalira Bayu dengan panjang jalan (y) 20 meter, posisi lampu penerangan pada ketinggian delapan

Dimana:

$$R^2 = x^2 + y^2 + h^2$$

$$R^2 = 12,8^2 + 20^2 + 8^2$$

$$R^2 = 163,84 + 400 + 64$$

$$R^2 = 627,84$$

Maka :

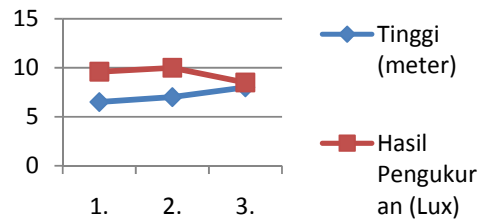
$$E = \frac{12000}{627,84} \cos 60$$

$$E = 19,11 \cdot 0,5$$

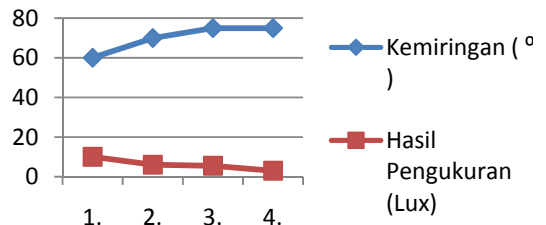
$$E = 9,5 \text{ lux}$$

Tabel 1. Pengaruh Tinggi Tiang Terhadap Hasil Pengukuran iluminasi

No	Lokasi Lampu	Tinggi (mtr)	Kemiringan (°)	Lebar Jalan (mtr)	Hasil Pengukuran (Lux)	Hasil Perhitungan (Lux)
1.	Kec. Samudera Tiang	6,5	60	12,8	9,6	9,9
2.	Kec. Sy. Aron Tiang	7	60	12,5	10	9,9
3.	Kec. Sy. Bayu Tiang No. 3	8	60	12,8	8,5	9,5



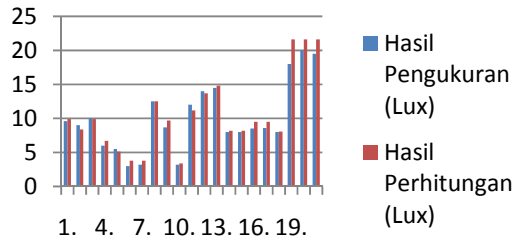
Gambar 3. Grafik Kuat Penerangan terhadap tinggi tiang lampu



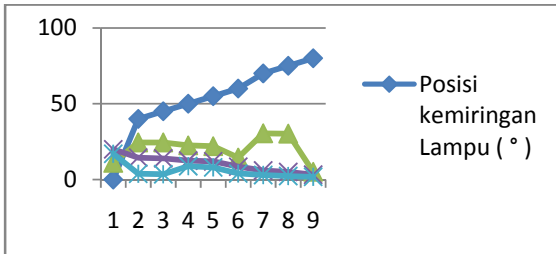
Gambar 4. Grafik Kuat Penerangan terhadap kemiringan lampu

Tabel 2. Pengaruh Kemiringan lampu

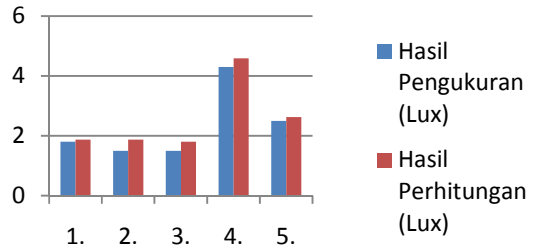
No	Lokasi Lampu (kecamatan)	Tinggi (mtr)	Kemiringan (°)	Lebar Jalan (mtr)	Hasil Pengukuran (Lux)	Hasil Perhitungan (Lux)
1.	Sy. Aron Tiang No. 57	7	60	12,5	10	9,9
2.	Sy. Aron Tiang No. 56	7	70	12,5	6	6,7
3.	Sy. Aron Tiang No. 59	7	75	12,5	5,5	5,13
4.	Lhoksukon Tiang No. 110	7	75	19	3	3,8



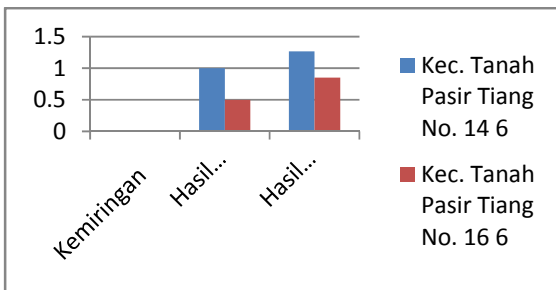
Gambar 8. Grafik Titik Pengukuran iluminasi berdasarkan Tinggi lampu.



Gambar 5. Grafik Titik Pengukuran iluminasi berdasarkan kemiringan lampu



Gambar 9. Grafik Perbandingan Pengukuran dan Perhitungan Iluminasi Lampu TL



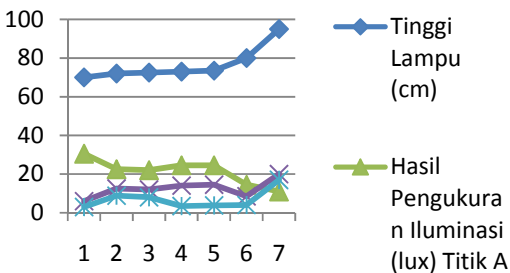
Gambar 6. Grafik Perbandingan Pengukuran dan Perhitungan Iluminasi Lampu HE

* Hasil Pengukuran dari 28 titik sampel lampu Jalan

- memenuhi standar = 8 titik = 28,6%
- Tidak memenuhi Standar = 20 titik = 71,4%

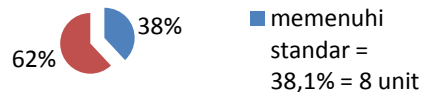


Gambar 10. Grafik Hasil Pengukuran 28 titik sampel yang memenuhi Standar Iluminasi.



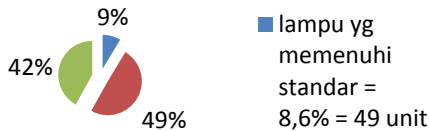
Gambar 7. Grafik Perbandingan Pengukuran dan Perhitungan Iluminasi Lampu Mercury.

* Hasil Pengukuran pada 21 titik sampel lampu Mercury



Gambar 11. Grafik Pengukuran lampu Mercury memenuhi Standar Iluminasi

* Perkiraan Iluminasi yang terpenuhi dari sepanjang jalan nasional Syamtalira Bayu hingga Lhoksukon



Gambar 12. Grafik Perkiraan Lampu Jalan yang memenuhi Standar Iluminasi

Tabel 3. Titik Pengukuran iluminasi berdasarkan kemiringan lampu

No	Nama Lokasi	Posisi kemiringan Lampu (°)	Hasil Pengukuran Iluminasi (lux)		
			Titik A	Titik B	Titik C
1	Kec. Lhoksukon Tiang No. 102	0	11	20	17
2	Kec. Syamt. Bayu Tiang No. 2	40	24,5	14,5	3,8
3	Kec. Syamt. Bayu Tiang No. 30	45	24,5	14	3,5
4	Kec. Syamt. Bayu Tiang No. 29	50	22,5	12,5	8,8
5	Kec. Syamt. Bayu Tiang No. 31	55	22	12	8
6	Kec. Syamt. Bayu Tiang No. 3	60	14,5	8,5	4
7	Kec. Syamt. Aron Tiang No. 56	70	30,5	6	3
8	Kec. Syamt. Aron Tiang No. 55	75	30,3	5	2,3
9	Kec. Samudera Tiang No. 14	80	5,1	3,2	1,8

Tabel 4. Titik Pengukuran iluminasi berdasarkan Tinggi lampu

No	Nama Lokasi	Tinggi Lampu (cm)	Hasil Pengukuran Iluminasi (lux)		
			Titik A	Titik B	Titik C
1	Kec. Syamt. Aron Tiang No. 56	70	30,5	6	3
2	Kec. Syamt. Bayu Tiang No. 29	72	22,5	12,5	8,8
3	Kec. Syamt. Bayu Tiang No. 31	72,5	22	12	8
4	Kec. Syamt. Bayu Tiang No. 30	73	24,5	14	3,5
5	Kec. Syamt. Bayu Tiang No. 2	73,5	24,5	14,5	3,8
6	Kec. Syamt. Bayu Tiang No. 3	80	14,5	8,5	4
7	Kec. Lhoksukon Tiang No. 102	95	11	20	17

V. KESIMPULAN

- 1) Kuat Cahaya (iluminasi-lux) jenis lampu mercury sepanjang jalan Nasional Kabupaten Aceh Utara dengan sudut inklinasi 0 – 55° memenuhi standar.
- 2) Kuat penerangan memenuhi standar ada 8 titik lampu, dengan nilai iluminasi antara 10 lux hingga 20 lux.
- 3) Tidak memenuhi persyaratan iluminasi berjumlah 12 titik lampu dengan nilai pengukuran 0,5 lux sampai 6 lux
- 4) Lampu mercury 150 watt yang terpasang pada tiang dengan posisi sudut kemiringan antara 40° hingga 55°
- 5) Iluminasi sepanjang jalan Nasional dari Syamtalira Bayu hingga Lhoksukon secara umum masih kurang memadai karena sedikitnya jumlah lampu mercury yang terpasang.

- 6) Lima Kecamatan sepanjang jalan nasional dari Syamtalira Bayu hingga Lhoksukon, mempunyai standar iluminasi yaitu Kecamatan Syamtalira Bayu dan Samudera.
- 7) Tidak memenuhi persyaratan iluminasi berjumlah 12 titik lampu dengan nilai pengukuran 0,5 lux sampai 6 lux
- 8) Jenis lampu TL dan HE tidak mencapai standar iluminasi
- 9) Posisi kemiringan pengaruh yang besar terhadap nilai iluminasi penerangan jalan yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harten,P.van., Setiawan E, 1980. *Instalasi Listrik Arus Kuat II*. Bina Cipta Bandung
- [2] Muhaimin, 2001, *Teknologi Pencahayaan*, PT. Refika Aditama, Bandung
- [3] Philips. 1996. *Katalog Lampu, Almatu dan Komponen*. PT. Philips Ralin Electronic. Jakarta
- [4] Subagya Sastrosoegito, 1992, *Spesifikasi Lampu Penerangan Jalan Perkotaan*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Pembinaan Jalan Kota, Jakarta
- [5] Suratman.M, 2001, *Kamus Elektronika*. Pustaka Grafika
- [6] Sulasno, 2001, *Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang

Pengembangan Teknologi Tepat Guna : Pergunaan Kolektor Sel Surya Sebagai Teknologi Pengering Hasil Panen

Irnanda Priyadi¹, Dedi Suryadi², Zulman Efendi³

¹Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro, Universitas Bengkulu,

²Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin, Universitas Bengkulu,

³Fakultas Pertanian Jurusan Teknologi Ilmu Pertanian, Universitas Bengkulu,
Jl. Raya Kandang Limun, Bengkulu, Telp. (0736) 21170

Abstrak — Pemanfaatan energi matahari sebagai salah satu sumber energi alternatif beberapa tahun terakhir mulai banyak dikaji oleh para peneliti terutama setelah semakin tingginya harga bahan mentah minyak di pasaran dunia. Salah satunya adalah kajian mengenai kolektor surya. Kolektor surya dapat digunakan sebagai alat pengering hasil panen. Namun penggunaan kolektor surya masih terkendala dengan kondisi cuaca. Penelitian-penelitian untuk mengatasi berbagai kendala yang dihadapi kolektor surya masih terus dilakukan terutama untuk mengatasi kendala ketergantungan terhadap waktu penggunaan kolektor surya. Dalam penelitian ini kolektor surya di hybrid-kan ke penggunaan teknologi sel surya. Hal ini didasarkan bahwa penggunaan teknologi sel surya untuk kondisi krisis energi saat ini dalam analisa ekonomi teknik tidak lagi merupakan teknologi yang mahal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan teknologi tepat guna kolektor sel surya yang merupakan penggabungan teknologi kolektor surya dan teknologi sel surya sebagai teknologi pengering hasil panen yang dapat diaplikasikan kapan saja di seluruh wilayah Indonesia yang memiliki potensi panas matahari yang cukup terutama pada daerah-daerah pesisir pantai, pulau-pulau kecil yang terisolir dan daerah di sekitar kawasan timur Indonesia. Dalam jangka panjang teknologi tepat guna yang dihasilkan ini akan dikembangkan sebagai teknologi pengering dengan bermacam aplikasi dan biaya yang lebih ekonomis. Luaran dari penelitian ini adalah teknologi tepat guna penggunaan kolektor sel surya sebagai teknologi pengering hasil panen.

Kata kunci — teknologi tepat guna, kolektor sel surya, teknologi pengering hasil panen

I. LATAR BELAKANG

Usaha-usaha untuk mendapatkan energi alternatif telah lama dilakukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber daya minyak bumi. Pemanfaatan minyak bumi sebagai sumber energi yang tidak dapat diperbaharui diperkirakan akan habis dalam waktu yang tidak lama jika pola pemakaian seperti sekarang ini yang justru semakin meningkat dengan meningkatnya industri maupun transportasi. Selain itu dari berbagai penelitian telah didapat gambaran bahwa kualitas udara telah semakin mengawatirkan akibat pembakaran minyak bumi.

Pemanfaatan energi terbarukan seperti energi matahari memiliki prospek yang sangat baik untuk dikembangkan, terutama di Indonesia. Hal

ini disebabkan karena posisi strategis negara Indonesia yang terletak di sekitar garis khatulistiwa (bidang datar ekuator). Sehingga memungkinkan sebagian wilayah di Indonesia mendapat penyinaran matahari rata-rata sebesar 4,5 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 10% (Sumber : <http://www.energiterbarukan.net>). Data lain menyebutkan bahwa hasil pantauan didapat nilai radiasi harian terendah adalah di Darmaga, Bogor - Jawa Barat dengan intensitas 2,558 kWh/m² dan tertinggi di Waingapu, Nusa Tenggara Timur dengan intensitas 5,747 kWh/m². (Sumber : Ditjen Listrik & Pengembangan Energi). Berdasarkan data tersebut, Indonesia memiliki potensi untuk mengembangkan energi matahari menjadi sumber energi thermal.

Indonesia juga memiliki sumber daya alam yang berlimpah, terutama dari hasil hutan, hasil pertanian dan hasil laut. Pengolahan hasil alam (hasil panen) idealnya dilakukan dengan menggunakan teknologi tinggi sehingga hasil panen dapat bertahan lama. Tetapi di sebagian daerah terpencil yang jauh dari sentuhan teknologi dan tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN, pengolahan hasil panen tersebut masih dilakukan dengan cara sederhana. Untuk mengeringkan hasil pertanian dan hasil laut, langsung mengandalkan panas terik matahari.

Metode pengeringan seperti ini yaitu dengan cara dijemur akan menyebabkan hasil panen akan menjadi lebih cepat bau, tidak segar dan menyebabkan munculnya kuman-kuman penyakit. Karena itu perlu diupayakan metode pengeringan lain yang dapat menghasilkan produk hasil panen yang berkualitas baik, segar dan higienis dengan merancang suatu sistem pengeringan yang bebas dari kontraksi lingkungan luar yang higienis dengan memanfaatkan kondisi thermal dari energi matahari.

Belum banyak digunakannya kolektor sel surya sebagai teknologi pengering hasil panen disebabkan karena teknologi sel surya ini masih dianggap sebagai teknologi yang rumit dan mahal. Namun demikian, hingga saat ini teknologi tepat guna penggunaan kolektor sel surya yang murah dan mudah dibuat sebagai teknologi pengering masih terus diteliti.

Oleh karena itu, pengembangan teknologi tepat guna kolektor sel surya sebagai teknologi pengering hasil panen menjadi sangat penting. Melalui penelitian ini akan diperoleh desain teknologi tepat guna kolektor sel surya sebagai alat pengering hasil panen yang dapat dirancang sendiri dengan modal yang lebih ekonomis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kolektor Sel Surya

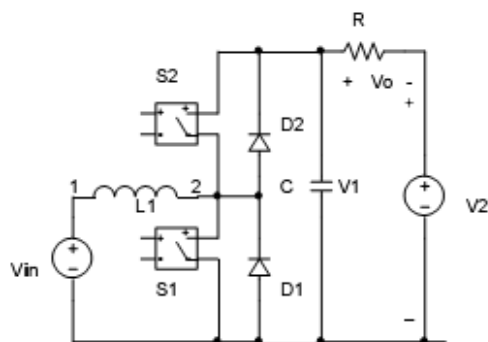
Kolektor surya merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengumpulkan dan meneruskan energi matahari yang masuk dan diubah menjadi energi thermal. Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya, kolektor surya dengan absorber

terbuat dari pipa kuningan mampu menghasilkan titik maksimum suhu keluaran mencapai 67°C pada waktu titik puncak grafik pancaran sinar matahari berada antara pukul 11.00 WIB hingga pukul 13.00 WIB (Priyadi, 2006). Energi thermal yang dihasilkan ini tidak selamanya bernilai konstan. Sehingga apabila potensi energi thermal yang dihasilkan ini digunakan untuk aplikasi alat pengering, sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca. Untuk mengatasi kendala ini energi thermal yang dihasilkan dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan teknologi sel surya sehingga dapat disimpan dan digunakan sewaktu-waktu.

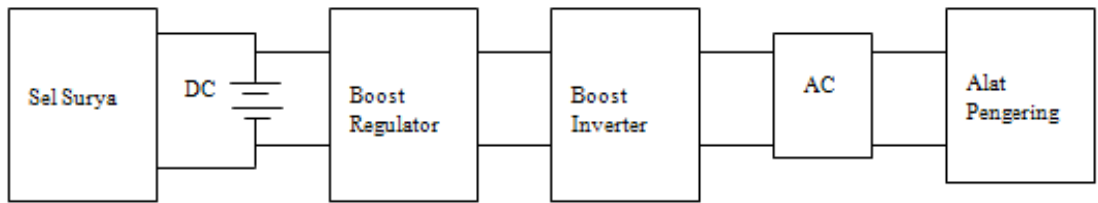
B. Inverter

Sel surya mentransformasikan energi matahari menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan sel surya ini masih dalam bentuk energi listrik arus searah. Karena aplikasi alat pengering membutuhkan sumber energi listrik arus bolak balik maka antara sel surya dan alat pengering diperlukan penambahan inverter.

Inverter adalah suatu rangkaian elektronika daya yang dapat mengubah sumber arus (tegangan) searah (DC) menjadi sumber arus (tegangan) bolak balik (AC). Rangkaian inverter dapat dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan kriteria tertentu. Untuk aplikasi peralatan rumah tangga perancangan rangkaian inverter sel surya dilakukan menggunakan booster regulator (DC-DC konverter) ditambah booster inverter (PWM) (Akhter, 2006).



Gambar 2.3. Rangkaian booster inverter



Gambar 2.4. Diagram blok konversi sel surya untuk alat pengering

Persamaan untuk tegangan output :

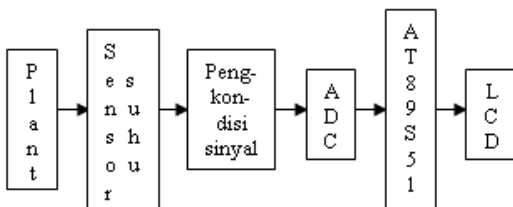
$$V_o = V_1 - V_2 = \frac{V_m}{1-D} - \frac{V_m}{D}$$

$$\frac{V_o}{V_m} = \frac{2D-1}{D(1-D)}$$

Dimana $D = \text{duty cycle}$

C. Pengontrol Suhu

Dalam bidang teknologi aplikasi, sistem instrumentasi yang berbasis mikrokontroller telah dipergunakan secara luas karena merupakan bagian dari proses kontrol. Suhu (thermal) merupakan salah satu besaran fisis yang sering dipakai sebagai parameter suatu sistem kontrol baik hanya untuk sistem monitoring saja atau untuk proses pengendalian lebih lanjut. Dalam sistem pengontrolan suhu pada mesin pengering kayu dapat digunakan mikrokontroller seri AVR buatan ATMEL.



Gambar 2.5. Rancangan Perangkat Keras

D. Sensor Suhu (SHT 11)

Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk merubah suatu besaran fisis menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu. Sensor yang digunakan dalam sistem kontrol ini yaitu sensor SHT 11 yang mampu mendeteksi nilai suhu dan kelembaban tertentu.

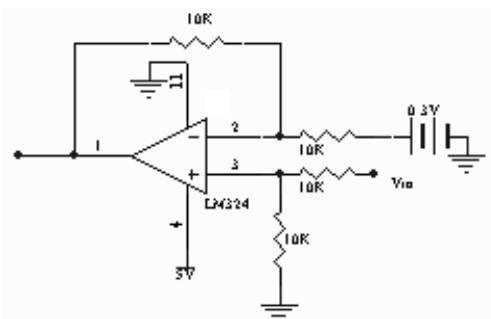
SHT 11 adalah sebuah single chip sensor suhu dan kelembaban relatif dengan multi modul sensor yang outputnya telah dikalibrasikan secara digital. Dibagian

dalamnya terdapat kapasitif polimer sebagai elemen untuk sensor kelembaban relative dan sebuah pita regangan yang digunakan sebagai sensor temperatur. Output kedua sensor digabungkan dan dihubungkan pada ADC 14 bit dan sebuah interface serial pada satu chip yang sama.

Untuk sistem pengkabelan SHT 11 membutuhkan supply tegangan 2.4 dan 5.5 V. SCK (Serial Clock Input) digunakan untuk mensinkronkan komunikasi antara mikrokontroller dengan SHT 11. DATA (Serial Data) digunakan untuk transfer data dari dan ke SHT 11.

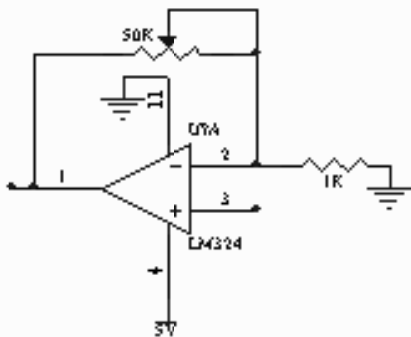
E. Pengkondisi Sinyal

Pengkondisi sinyal berfungsi untuk menguatkan tegangan keluaran sensor suhu SHT 11 agar mampu diproses pada peralatan selanjutnya dalam hal ini oleh ADC 0804. Untuk dapat mengatur agar masukan ADC sebesar 0V pada suhu ruang, ditambahkan sebuah penguat differensial dengan konfigurasi sebagai berikut :



Gambar 2.6. Penguat Differensial.

Keluaran penguat differensial dikuatkan lagi dengan rangkaian penguat non inverting dengan konfigurasi seperti pada gambar



Gambar 2.7. Penguat non_inverting.

F. Analog to Digital Converter (ADC 0804)

Perancangan untuk rangkaian ADC digunakan *mode free running*. Mode ini dipilih karena waktu konversi ADC jauh lebih cepat terhadap tingkat perubahan suhu dari plant, sehingga setiap kali suhu berubah, ADC selalu telah selesai melakukan konversi data sehingga data sudah valid untuk dicuplik.

Untuk ADC 0804 dengan jumlah bit sebesar 8 bit dan $V_{ref} = 5V$ maka resolusinya :

Masukan tegangan analog ADC yang berasal dari keluaran pengkondisi sinyal saat full scale dengan nilai sebesar V_x dapat dihitung sebagai berikut:

$$(\Delta V) = 5 \times 2^{-8} = 19,53mV.$$

$$V_x = 5 \left(\frac{1}{2^1} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} + \frac{1}{2^4} + \frac{1}{2^5} + \frac{1}{2^6} + \frac{1}{2^7} + \frac{1}{2^8} \right) \\ = 5 \frac{255}{256} = 4,9804 \text{ v}$$

G. Mikrokontroler (AVR)

Mikrokontroler AVR sudah menggunakan konsep arsitektur Harvard yang memisahkan memori dan bus untuk data dan program, serta sudah menerapkan single level pipelining. Selain itu Mikrokontroler AVR juga

mengimplementasikan RISC (Reduced Instruction Set Computing) sehingga eksekusi instruksi dapat berlangsung sangat cepat dan efisien. Salah satu seri Mikrokontroler AVR yang banyak menjadi andalan saat ini adalah tipe ATtiny2313 dan ATmega8535. Seri ATtiny2313 banyak digunakan untuk sistem yang relatif sederhana dan berukuran kecil. Berikut adalah feature-feature Mikrokontroler seri ATtiny2313.

- Kapasitas memori Flash 2 Kbytes untuk program
- Kapasitas memori EEPROM 128 bytes untuk data
- Maksimal 18 pin I/O, 8 interrupt, 8-bit timer, Analog komparator, On-chip oscillator, Fasilitas In System Programming (ISP)

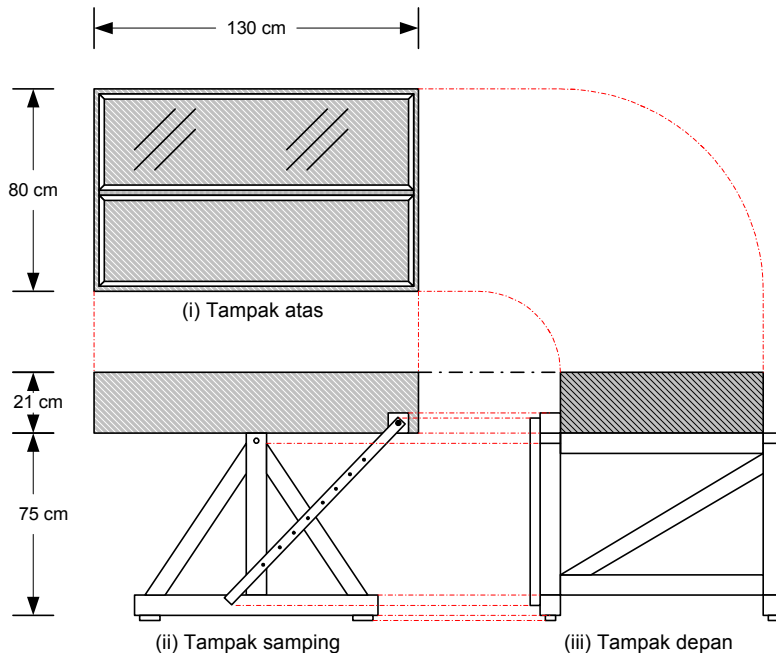
III. METODOLOGI

A. Desain Modul Pengering

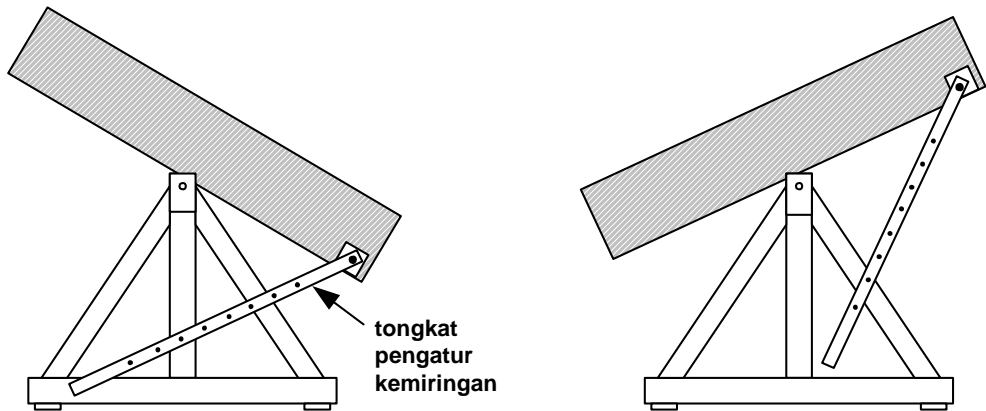
Mengacu pada ukuran standar panel surya yang digunakan yaitu berukuran 128 cm × 40 cm, maka di rancang modul pengering dengan ukuran panjang 130 cm, lebar 80 cm dan untuk kaki penyangga dari modul berukuran 100 cm seperti yang terlihat pada Gambar 3.1.

B. Pergerakan modul pengering

Modul pengering dioperasikan di bawah sinar matahari, pada bagian atas modul pengering posisi kemiringannya dapat diatur, hal ini bertujuan agar modul pengering mendapatkan sinar matahari yang optimal sesuai sudut datang radiasi sinar matahari. Pengaturan posisi kemiringan dari modul pengering masih bersifat manual yaitu dengan mengubah panjang pendeknya tongkat pengatur kemiringan yang terdapat pada kaki penyangga modul pengering seperti yang terlihat pada Gambar 3.2.

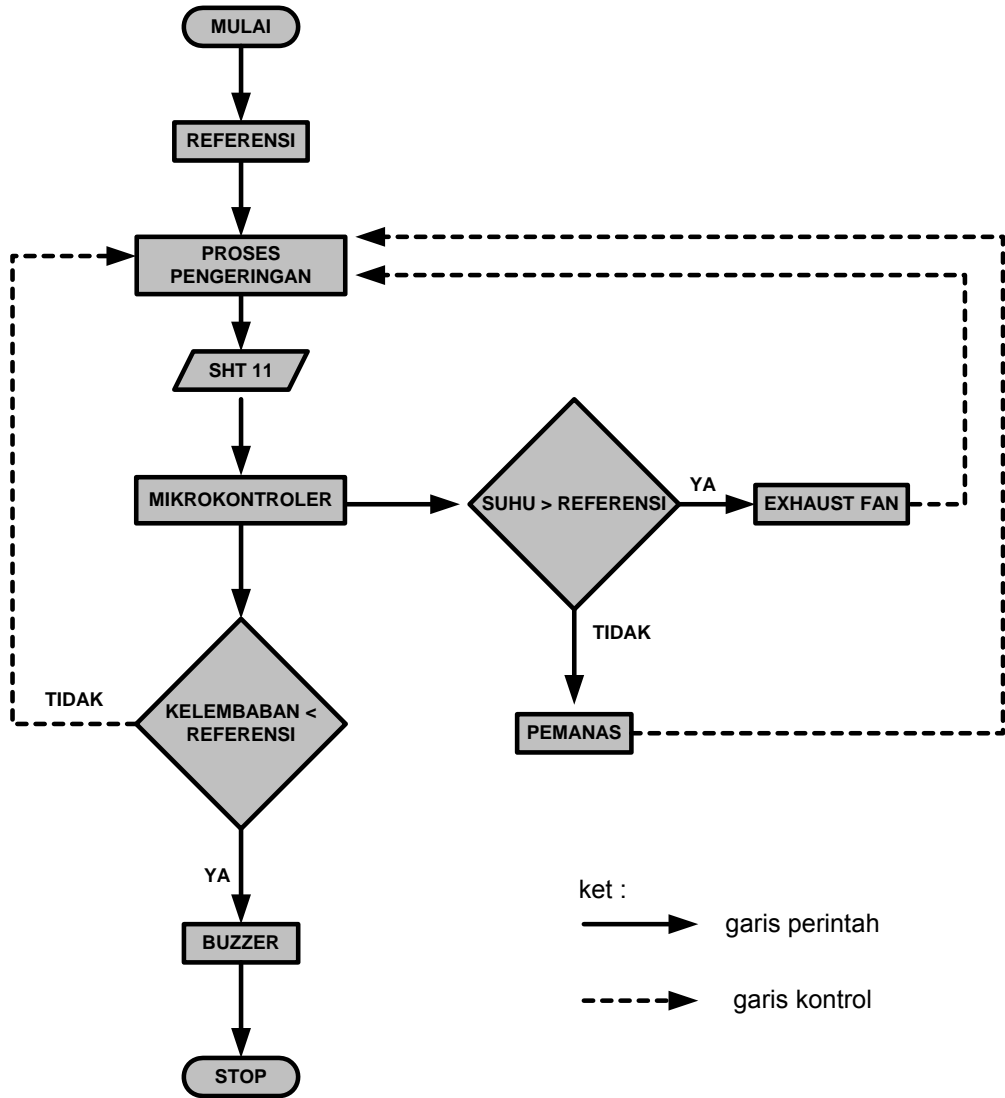


Gambar 3.1. Modul Pengering



Gambar 3.2. Pergerakan Modul Pengering

C. Diaram Alir Kerja Sistem Pengering



Tabel 3.1. Perubahan nilai kelembaban saat pengeringan pisang sale

Hari ke	Nilai kelembaban				
	60 menit	120 menit	180 menit	240 menit	300 menit
Pertama	66%	63%	60%	55%	52%
Kedua	45%	42%	40%	37%	31%
Ketiga	27%	26%	23%	20%	19%

Pada flowcart yang terlihat di gambar., masukkan nilai suhu dan kelembaban yang diinginkan melalui *Keypad* dan dilihat dari tampilan pada LCD yang terdapat pada modul pengering sebagai nilai referensi. Ruang pengering akan memanfaatkan radiasi panas matahari untuk proses pengeringan bahan yang ingin dikeringkan. Panas yang terperangkap pada ruang pengering akan diterima juga oleh sensor sehingga data ini akan diinput ke mikrokontroler. Mikrokontroler akan mengkalkulasikan data yang masuk dari sensor, bila suhu tinggi dari nilai referensi, Mikrokontroler akan mengendalikan *exhaust fan* untuk membuang udara panas dan lembab dari dalam ruang pengering ke luar, lembab yang dimaksudkan disini adalah udara basah yang disebabkan menguapnya air yang terkandung didalam bahan yang dikeringkan akibat dari suhu yang meningkat. Sebaliknya bila suhu rendah, mikrokontroler akan mengendalikan pemanas untuk menyebarkan panas tambahan. Pada parameter kelembaban, bila nilai kelembaban yang terdapat pada ruang pengering lebih besar dari nilai referensi maka proses pengeringan akan tetap berjalan, namun bila nilai kelembaban lebih kecil nilai kelembaban referensi, maka proses pengeringan telah selesai dengan ditandai bunyi *buzzer*.

Dari hasil proses pengeringan pisang, diperoleh tingkat proses waktu pengeringan yang lebih cepat dibanding dengan pengeringan pisang secara tradisional. Proses pengeringan pisang sale dilakukan dalam waktu 3 hari dengan waktu rata-rata pengeringan selama 5 jam untuk setiap harinya hingga didapat pisang sale dengan tingkat kelembaban 20%. Pengurangan nilai kelembaban pada saat proses pengeringan pisang berlangsung dapat dilihat pada Tabel 3.1. dan Gambar 3.3.

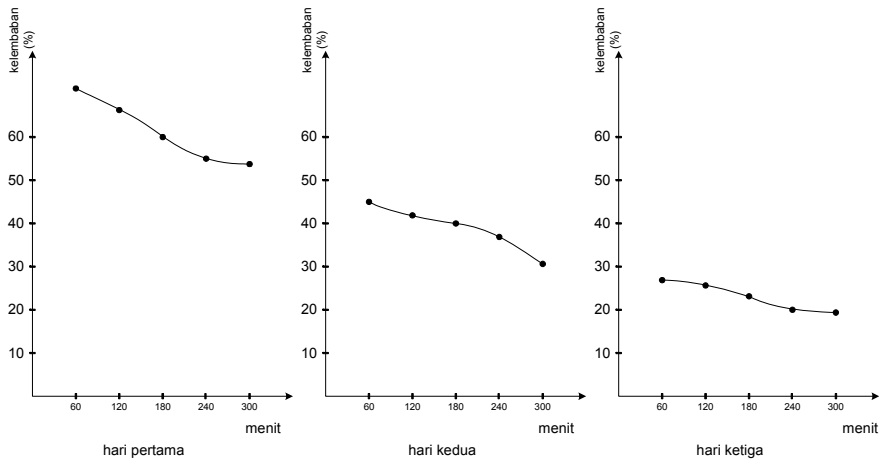
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian alat pengering sampel yang digunakan untuk pengeringan adalah pisang yang diolah hingga menjadi produk pisang sale. Ruang pengering mampu menghasilkan panas suhu hingga 70⁰ C. Suhu ini didapat tanpa bantuan panas dari alat pemanas sedangkan bila menggunakan bantuan alat pemanas, maka panas yang terjadi pada ruang pengering dapat

mencapai suhu hingga lebih dari 80⁰ C. Pada pengeringan tradisional dengan sistem penjemuran langsung dibawah sinar matahari umumnya akan memerlukan waktu 4 hingga 7 hari dengan asumsi proses pengeringan berlangsung pada siang hari. Penggunaan modul pengering bila menggunakan sinar matahari, maka proses pengeringan akan berlangsung selama 3 hari hingga kadar kelembaban mencapai 20% untuk pisang sale. Bila modul sel surya mampu menyimpan energi listrik ke baterai maka proses pengeringan pisang sale bisa mencapai waktu kurang dari 3 hari. Hal ini disebabkan karena pada malam hari alat pengering tetap dapat berfungsi setelah mendapat suplai energi dari baterai.

A. Analisa Perancangan

Panel surya yang berdaya 20 WP cukup optimal untuk mengisi satu baterai bertegangan 12 volt dan berdaya 5 Ah, namun panel surya ini tidak cukup optimal untuk mengisi baterai bertegangan 12 volt dan berdaya 10 Ah (dua buah baterai), hal ini dikarenakan daya panel surya yang cukup kecil dengan asumsi cuaca di musim penghujan. Energi listrik yang tersimpan pada baterai tersebut cukup untuk menjalankan semua aplikasi pengontrolan pada modul pengering kecuali untuk menyuplai listrik ke pemanas dengan waktu 10 jam. Mikrokontroler AVR 8535 dapat melakukan kontrol pada proses pengeringan dimana mikrokontroler secara cepat mengontrol perubahan suhu dan kelembaban yang terjadi pada ruang pengering. Data suhu dan kelembaban ini diinputkan oleh SHT 11 yang bertindak sebagai sensor pada ruang pengering dan ditampilkan pada layar LCD. Mikrokontroler dapat menjalankan proses kontrolnya dengan mengacu pada nilai suhu dan kelembaban referensi yang diinputkan pada *keypad*. Nilai referensi ini digunakan oleh mikrokontroler untuk menjalankan sistem kontrol dimana setiap terjadi perubahan nilai suhu, AVR melakukan tugas dengan mengontrol pengaktifan dan menonaktifkan *exhaust fan* dan pemanas supaya suhu dan kelembaban tetap berada pada nilai referensi.



Gambar 3.3. Grafik perubahan nilai kelembaban terhadap waktu pada proses pengeringan pisang sale

V. KESIMPULAN

- A. Penggunaan modul sel surya sebagai sumber energi penggerak alat pengering tenaga surya memungkinkan alat pengering dapat dioperasikan selama 24 jam dalam 1 hari.
- B. Semakin besar kapasitas modul sel surya yang digunakan akan berpengaruh terhadap kinerja alat pengering terutama dalam pemilihan jenis baterai dan hair dryer yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Astutik, Heni Mudi, 2003, **Pengaruh Suhu Dan Lama Pengeringan Pisang Terhadap Mutu Sale Pisang**, <http://digilib.itb.ac.id/>
- Ananim, 2009, **Tutorial AVR 8535**, Micron123, <http://www.micron123.com>
- Biro Pusat Statistik, 2003, **Bengkulu Dalam Angka**, BPS Propinsi Bengkulu, Bengkulu
- Braguy, S. et al., **Fish Drying : An Adaptable Technology**, Sustainable Fisheries Livelihoods Programme Bulletins, <http://www.sflp.org/eng/007/publ/131.htm>
- C. Rivas, A. Rufer, 2000, **P.W.M. Current Converter for Electric Energy Production Systems from Fuel-Cells**, EPF
- Damayanti, D, 2005, **Ikan Pelebaran, Melebarkan Usaha Perikanan di Bengkulu**,
- Dedi Suryadi, *“Perancangan Sistem Pengontrolan Pneumatic Dengan Bantuan PLC”*, Lab.Dinamika PPAU-IR ITB, 2006
- Ekadewi A. Handoyo, Philip Kristanto, Suryanty Alwi, **Disain Dan Pengujian Sistem Pengering Ikan Bertenaga Surya**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra
- Fellows, P. J. 10090, **Food Processing Technology**, Principles and Practice. Ellis Horwood Limited, West Sussex, England
- I. Priyadi, Asdim, Faisal Hadi, 2005, **Studi Penggunaan Plat Tembaga (Cu) sebagai Sumber Energi Listrik Tenaga Surya**, Lap Penelitian, Univ. Bengkulu
- I. Priyadi, 2006, **Rancang Bangun Kolektor Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif Masyarakat Kota Bengkulu**, Lap. Penelitian, Univ. Bengkulu

- K. Abdullah, 2003, **Fish Drying Using Solar Energy**, Lectures and Workshop Exercises on Drying of Agricultural and Marine Products, ASEAN SCNCER, pp. 159-183
- J. S. McDonald, 1997, **Temperature Control Using a Microcontroller : An Interdisciplinary Undergraduate Engineering Design Project**, Department of Engineering Science Trinity University San Antonio
- Lingga, Wardhana, 2006, **Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega 8535**, ANDI, Yogyakarta
- Maman Suherman, 2009, **Indonesia Targetkan Ekspor Ikan Empat Juta Ton**, <http://www.sekneg.ri.go.id>, accessed 11 April 2009,
- Muhammad H.Rashid, 2004, **Power Electronics, Circuits, Devices, and Application** – Third Edition., Prentice-Hall of India
- N. I. Supardi, I. Priyadi, 2007, **Pengembangan Teknologi Tepat Guna Pembangkitan Listrik Tenaga Angin Skala Kecil**, Lap. Penelitian, Univ. Bengkulu
- N. Mohan, T.M. Undeland, W.P. Robbins, 1995, **Power Electronics: Converters, Applications and Design**, John Wiley & Sons, US-New York
- Nurhadi, Imam dan Puspita, Eru, 2006, **Aplikasi SHT11 Sebagai Sensor Suhu Dan Kelembaban**, Erlangga, Jakarta.
- R. Akhter, A. Hoque, 2006, **Analysis of a PWM Boost Inverter for Solar Home Application**, Proceeding of World Academy of Science, Engineering, and Technology
- Sertu Alim Senina Sinamo, **Mengenal Solar Cell Sebagai Energi Alternatif**, <http://buletinlitbang.dephan.go.id>
- Sullivan, R. Kevin, 2006, **Battery Basics and Battery Service**, www.autoshop101.com, accessed March 13
- S. Yilmaz, **Temperature Control Applications by means of a pic16f877 Microcontroller**, University of Kocaeli, Electronics and Communications Research and Application Center-EHSAM , Turkey
- Zulman E, 2006, **Making-Up of Fish Added Value at Fisherman Society through Processing Practice of Fish Nugget**, Jurnal Ilmiah Pengembangan dan Penerapan Ipteks, Dharma Rafflesia. Vol.1 No1, Dec 2006, p 61-65

Sistem Telemetri Sensor Berbasis Radio *Transceiver* Dilengkapi *Telecommand* Pengendali Servo

Iwan Tirta¹, Ri Munarto², Romi Wiryadinata³

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia

¹iwantirta7777@gmail.com, ²rim_munarto@yahoo.com, ³romi_wiryadinata@yahoo.com

Abstrak — Telemetri dan *telecommand* dilakukan karena kondisi tempat yang tidak memungkinkan untuk dapat melakukan pengukuran dan pengendalian secara langsung. Proses pengiriman informasi jarak jauh dapat dilakukan secara *wireline* maupun *wireless*. Penelitian ini membuat alat yang memiliki fungsi untuk telemetri sensor dan *telecommand* servo dengan sistem *wireless* menggunakan radio *transceiver* YS-1020UA. Sensor yang digunakan terdiri dari sensor suhu, sensor kelembaban, sensor tekanan, sensor kompas, sensor ultrasonik, *accelerometer*, *rate gyroscope*, LDR (*Light Dependent Resistor*), dan GPS (*Global Positioning System*). Pengujian telemetri sensor dan *telecommand* servo menggunakan software emulasi terminal yang berfungsi menampilkan informasi data telemetri sensor dan *telecommand* servo. Hasil pengujian menunjukkan data telemetri dan *telecommand* masih dapat terbaca hingga jarak 560 m di area terbuka, namun pada jarak 580 m kondisi data rusak.

Kata kunci — Telemetri, *Telecommand*, Sensor Radio *Transceiver*.

I. PENDAHULUAN

Pengukuran jarak jauh atau sering dikenal dengan telemetri serta perintah jarak jauh (*telecommand*) dilakukan karena kondisi tempat yang tidak memungkinkan untuk dapat melakukan pengukuran dan pengendalian alat secara langsung.

Telemetri menggunakan modulasi FSK (*Frequency Shift Keying*) telah diaplikasikan diberbagai penelitian, seperti perancangan telemetri suhu pada tahun 2005 menggunakan pemancar dan penerima yang memiliki jangkauan transmisi data di area terbuka hingga 700 m [1]. Penelitian berikutnya, perancangan sistem telemetri suhu dan kelembaban menggunakan modulasi FSK berhasil memonitoring suhu dan kelembaban sampai jarak maksimum tanpa halangan sejauh 250 m [2]. Sistem telemetri dan *telecommand* sangat dibutuhkan pada payload roket, seperti perancangan *telecommand* dan *ground segment* pada tahun 2010 dengan bentuk data yang ditampilkan di *ground segment* terdiri dari 5 data sensor (tekanan, suhu, kelembaban, *accelerometer*, dan kompas) [3].

Berbeda dengan sebelumnya, penelitian ini mengembangkan jenis sensor yang digunakan, seperti sensor suhu, sensor

kelembaban, sensor tekanan, sensor kompas, sensor ultrasonik, sensor percepatan (*accelerometer*), sensor kecepatan sudut (*rate gyroscope*), sensor cahaya, dan GPS (*Global Positioning System*). *Telecommand* digunakan untuk mengendalikan aktuator berupa motor servo. Pengolah data telemetri dan *telecommand* menggunakan mikrokontroler AT Mega 128. Software emulasi terminal yang digunakan adalah RF Interterm yang berfungsi untuk membaca serta menyimpan data pengukuran dalam bentuk *notepad* dari proses telemetri. Matlab digunakan untuk menampilkan data dalam bentuk grafik.

II. LANDASAN TEORI

A. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer yang dikemas menjadi sebuah *chip* yang di dalamnya sudah terdapat mikroprosesor, I/O, memori, dan ADC (*Analog to Digital Converter*) [4].

ADC atau A/D (*Analog to Digital Converter*) berfungsi untuk merubah besaran analog yang berupa tegangan ke dalam bentuk tegangan digital. Mikrokontroler yang sudah dilengkapi ADC yang berjumlah 8 *channel* dengan mode 10 bit memiliki jangkauan nilai bit 0 sampai

dengan 1024 sehingga perhitungan hasil konversi ADC sebagai berikut:

$$HA = \frac{V_{out} \times 1024}{V_{ref}} \quad (1)$$

HA adalah hasil konversi ADC, V_{out} adalah tegangan keluaran sensor yang masuk ke *pin* ke ADC dalam satuan volt, dan V_{ref} adalah tegangan referensi dalam satuan volt.

Perhitungan kenaikan tegangan tiap bit-nya untuk ADC dengan n sebagai mode bit ADC:

$$V_{bit} = \frac{V_{ref}}{ADC_{maks}} \quad (2)$$

V_{bit} adalah kenaikan tegangan tiap bit dalam volt, V_{ref} adalah tegangan referensi dalam volt, ADC_{maks} adalah jangkauan maksimum ADC dengan mode 10 bit sehingga besar ADC_{maks} sama dengan 1024.

B. Sensor

Sensor merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk mendeteksi ataupun mengukur ukuran dari sebuah objek penelitian, yaitu dengan mengubah besaran fisis menjadi suatu sinyal listrik.

1) Suhu

Prinsip kerja sensor suhu adalah merubah besaran panas menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisis besarnya. Perhitungan suhu dari keluaran sensor yang linier dengan cara mengalikan hasil ADC dengan kenaikan tegangan tiap bit agar diperoleh tegangan keluaran sensor, setelah itu dibagi dengan sensitifitas sensor yang telah dikuatkan [5]. Berdasarkan referensi tersebut maka persamaan yang digunakan untuk menghitung suhu dari keluaran sensor yang memiliki keluaran linier sebagai berikut:

$$T = HA_{gain} \times \frac{T_{maks}}{ADC_{maks}} \quad (3)$$

T adalah suhu dalam °C, T_{maks} adalah suhu maksimum pengukuran, HA_{gain} adalah hasil ADC yang telah dikuatkan ke dalam jangkauan 1024, ADC_{maks} adalah jangkauan maksimum ADC 10 bit sebesar 1024.

2) Kelembaban

Kelembaban udara merupakan suatu besaran yang menunjukkan banyaknya kandungan uap air di udara. Kelembaban relatif merupakan salah satu jenis dari kelembaban. Persamaan yang digunakan untuk menghitung kelembaban relatif dari keluaran sensor yang memiliki keluaran linier sebagai berikut:

$$RH = HA \times \frac{RH_{maks}}{ADC_{maks}} \quad (4)$$

RH adalah *relative humidity* atau kelembaban relatif dalam satuan %RH, HA adalah hasil ADC, RH_{maks} adalah kelembaban relatif maksimum pengukuran, ADC_{maks} adalah jangkauan maksimum ADC 10 bit sebesar 1024.

3) Tekanan

Tekanan udara luar umumnya disebut tekanan atmosfer. Ketinggian nol dari permukaan laut tekanannya 1 atm = 76 cmHg = 1,01325x10⁵ Pa (pascal). Semakin tinggi suatu tempat, tekanan udaranya semakin kecil. Setiap kenaikan 10 m, maka tekanan turun 1 mmHg atau 0,1 cmHg [6].

Persamaan yang digunakan untuk menghitung tekanan dari keluaran sensor [7]:

$$P = \frac{V_{out} - V_{off}}{S} \quad (5)$$

P adalah tekanan dalam kPa. V_{out} adalah tegangan keluaran sensor tekan dalam volt, V_{off} adalah tegangan *offset* atau tegangan pada tekanan 0 kPa dalam volt, S (sensitifitas) atau sama dengan $\Delta V/kPa$ adalah kenaikan tegangan tiap 1 kPa.

4) Kompas

Kompas adalah alat navigasi yang biasanya digunakan untuk menentukan arah mata angin dalam bentuk derajat. Kompas terbagi menjadi 2 macam, yaitu kompas analog dan kompas digital.

Kompas analog adalah kompas yang memiliki sebuah jarum penunjuk magnetis yang bebas menyelaraskan dirinya dengan medan magnet bumi secara akurat.

Kompas digital bentuknya dapat berupa sensor kompas. Sensor kompas adalah kompas yang dilengkapi dengan sensor yang memiliki

sensitifitas untuk mendeteksi medan magnet bumi dan memiliki arah mata angin yang dibagi dalam bentuk derajat, yaitu utara (0°), timur (90°), selatan (180°) dan barat (270°).

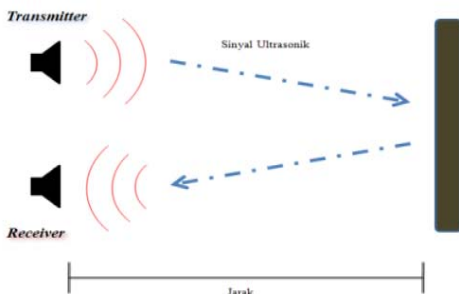
5)GPS

GPS adalah kepanjangan dari *Global Positioning System* yang merupakan sistem yang digunakan untuk menentukan posisi dan navigasi secara global dengan bantuan satelit. Garis lintang (*latitude*) adalah garis yang diukur berdasarkan ekuator sebagai titik nol (0° s/d 90° positif kearah utara dan 0° s/d 90° negatif kearah selatan),sedangkangaris bujur (*longitude*) diukur berdasarkan titik nol di Greenwich nol (0° s/d 180° mengarah ke timur dan 0° s/d 180° mengarah ke barat),titik 180° dari kedua bujur ini berada disekitar samudra pasifik [8].*Altitude* adalah ketinggian dari atas permukaan laut dalam satuan meter.

6)Ultrasonik

Bunyi ultrasonik adalah bunyi yangfrekuensinya lebih besar dari 20 kHz (20 kHz getaran tiap detiknya). Bunyi memiliki cepat rambat di udara sebesar 340 m/s[9].

Prinsip kerja dari sensor ultrasonik dapat ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung jarak dari sensor ultrasonik [10]:

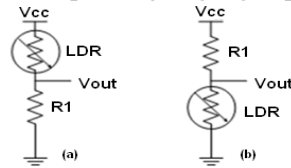
$$L = \frac{TOF \times c}{2} \quad (6)$$

L adalah jarak ke objek dalam satuan meter, TOF (*Time Of Flight*) adalah waktu pantul dalam *second*, dan c adalah cepat rambat bunyi di udara 340 m/s.

7)Cahaya

LDR(*Light Dependent Resistor*) dapat digunakan untuk membaca intensitas

penerangan (iluminasi). Berikut (Gambar 2) adalah rangkaian pembagi tegangan pada LDR.



Gambar 2.Rangkaian Pembagi Tegangan LDR.

Besar tegangan keluaran pada Gambar 2. (a) berbanding lurus dengan intensitas penerangan (iluminasi). Persamaan untuk menghitung besar tegangan keluaran:

$$V_{out} = \frac{R1}{R1 + R_{LDR}} \times V_{cc} \quad (7)$$

V_{out} adalah tegangan keluaran LDR dalam volt, R_{LDR} adalah resistansi LDR dalam Ω , $R1$ adalah resistansi pada $R1$ dalam Ω , V_{cc} adalah tegangan masukan dalam volt.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung iluminasi dari keluaran LDR yang terintegrasi ke mikrokontroler:

$$E = \frac{HA \times V_{bit}}{\Delta V / lux} \quad (8)$$

Variabel E adalahintensitas penerangan (iluminasi) dalam satuanlux, HA adalah hasil ADC, V_{bit} adalah kenaikan tegangan tiap bit dalam satuan volt, $\Delta V/lux$ adalah kenaikan tegangan tiap 1 lux.

8)Rate Gyroscope

Rate gyroscope adalah sebuah sensor yang digunakan untuk mengukur rotasi benda, benda dikatakan berotasi jika benda tersebut bergerak pada sumbunya [11].

Berdasarkan *datasheet*,persamaan yang digunakan untuk menghitung tegangan keluaran dari sensor *rate gyroscope* sebagai berikut:

$$V_{out} = V_o + (Sv \times \omega) \quad (9)$$

V_{out} adalah tegangan keluaran dalam satuan V, V_o adalah tegangankeluaran statis (saat kecepatan sudut nol)dalam V, Sv (*scale factor*)adalahfaktor skala dalam satuan V/(deg/s), dan ω adalahkecepatan sudut atau *angular velocity* dalam satuan deg/s.

Keluaran dari sensor tidak murni nilai dari sensor tetapi ada *noise*, *bias*, dan *drift* dari sensor yang terbawa dan dikuatkan juga sampai pada *output* sistem [12].Tingkat eksitasi atau percepatan dari sensor tidak mempengaruhi *bias*

[13]. *Noise* yang disebabkan karena perubahan temperatur disebut dengan *drift noise* yang memiliki frekuensi rendah, sehingga untuk mengurangi *noise* tersebut digunakan *low pass filter*[11]. Pengkondisi sinyal LPF (*Low Pass Filter*) yang berfungsi melewatkan sinyal pada frekuensi rendah agar keluaran sensor *rate gyroscope* lebih stabil. Rangkaian LPF yang digunakan adalah rangkaian LPF orde 1. Perhitungan frekuensi *cut-off* untuk orde 1 (kutub tunggal) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (10)$$

f_c adalah frekuensi *cut-off*. R adalah nilai resistansi yang digunakan. C adalah nilai kapasitansi yang digunakan.

9) Accelerometer

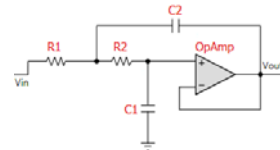
Accelerometer yang diletakan di permukaan bumi dapat mendeteksi percepatan 1 g (ukuran gravitasi bumi) pada titik vertikalnya, untuk percepatan yang dikarenakan oleh pergerakan horisontal, maka *accelerometer* akan mengukur percepatannya secara langsung ketika bergerak secara horisontal.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung percepatan dari keluaran sensor *accelerometer* sebagai berikut [14]:

$$a = \frac{V_{out} - V_{off}}{S} \quad (11)$$

Variabel a adalah percepatan benda dalam satuan g (gravitasi), V_{out} adalah tegangan keluaran sensor *accelerometer* dalam satuan volt, V_{off} adalah tegangan *offset* dalam satuan volt, S atau sama dengan $\Delta V/g$ adalah sensitifitas sensor atau kenaikan tegangan keluaran sensor tiap 1 g atau sama dengan $9,8 \text{ m/s}^2$.

Tegangan *offset accelerometer* dipengaruhi oleh orientasi sensor dan percepatan statis tiap sumbu akibat gaya gravitasi bumi. Percepatan yang bernilai positif memiliki sinyal keluaran yang terus meningkat di atas tegangan *offset*, sedangkan untuk percepatan yang bernilai negatif sinyal keluaran akan semakin menurun di bawah tegangan *offset*[15]. Pengujian *accelerometer* menggunakan rangkaian LPF orde 2 seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian *Low Pass Filter* Orde 2.

Berdasarkan (Gambar 3) maka perhitungan frekuensi *cut-off* untuk orde 2 (kutub 2) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R1C1R2C2}} \quad (12)$$

f_c adalah frekuensi *cut-off*. $R1$ dan $R2$ adalah nilai resistansi yang digunakan. $C1$ dan $C2$ adalah nilai kapasitansi yang digunakan.

B. Servo

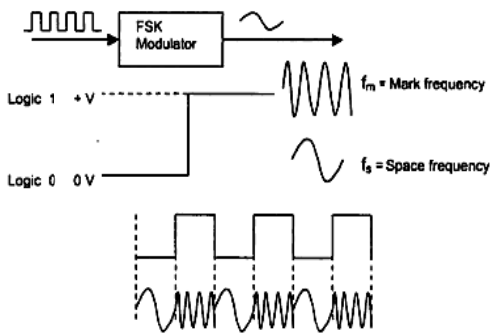
Lebar pulsa motor servo kurang lebih antara 1 ms sampai 2 ms dengan periode pulsa sebesar 20 ms. Misalnya sebuah pulsa 1,5 ms akan memutar motor servo pada posisi 90° (posisi netral) [16].

C. Radio Transceiver

Radio *transceiver* adalah perangkat pemancar sinyal radio yang memiliki fungsi ganda yang terdiri atas dua bagian, yaitu *transmitter* dan *receiver* yang dirancang secara terintegrasi yang menggunakan metode komunikasi *half-duplex*.

1) Transmisi Data

Modulasi GFSK (*Gaussian Frekuensi Shift Keying*) merupakan jenis modulasi FSK (*Frekuensi Shift Keying*) yang mewakili biner 1 atau 0. Teknik FSK adalah mengubah pulsa-pulsa biner menjadi gelombang harmonis sinusoidal, logika 0 diubah menjadi f_s (*space frequency*) dan logika 1 diubah menjadi f_m (*mark frequency*) [17]. Diagram blok *modulator* FSK dan bentuk frekuensi f_s dan f_m untuk beberapa logika 0 dan 1 seperti Gambar 4.

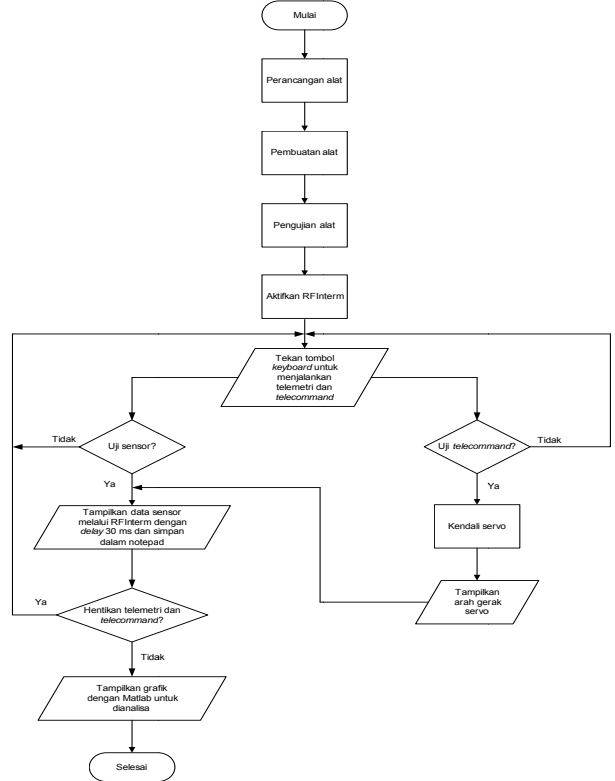


Gambar 4. Diagram Blok Modulator FSK dan Bentuk Frekuensi f_s dan f_m [17].

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini seperti Gambar 6.

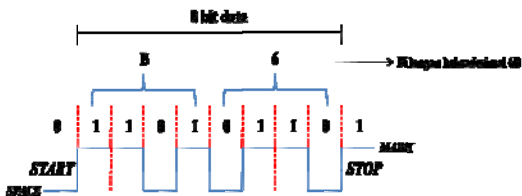


Gambar 6. Flowchart Penelitian.

2) Format Data

Format data serial asinkron terdiri dari *start* bit (logika 0 sebagai tanda mulai), 8 bit data (0 atau 1), dan *stop* bit (logika 1 sebagai tanda akhir).

Contoh, karakter huruf *k* memiliki bentuk heksadesimal 6B. Saat dikirimkan, karakter huruf *k* akan diubah ke dalam bentuk biner 8bit menjadi 11010110. Berikut (Gambar 5) merupakan contoh pengiriman karakter huruf *k* pada komunikasi serial tak sinkron.



Gambar 5. Pengiriman Karakter Huruf *k* pada Komunikasi Serial Asinkron.

Dalam sistem komunikasi data dikenal suatu rumusan kesalahan laju bit (*bit error*) yang terjadi selama pentransmisian data antara terminal pengirim dan terminal penerima, rumusan tersebut dikenal dengan BER (*Bit Error Rate*). Kesalahan yang terjadi selama proses pentransmisian data antara data masukan dan keluaran dengan cara membandingkan antara data masukan total yang dikirim dengan jumlah data keluaran yang rusak [18]. Persamaan yang digunakan untuk menghitung BER sebagai berikut:

$$BER = \frac{\text{Jumlah_bit_error}}{\text{Jumlah_total_bit_kirin}} \quad (13)$$

Tahap perancangan alat bertujuan mencari unsur yang diperlukan pada penelitian ini, baik dalam bentuk *software* seperti Matlab dan RFInterm ataupun *hardware* seperti sensor dan motor servo. Alat dibuat berdasarkan unsur-unsur yang telah diperoleh dari tahap perancangan alat. Pengujian alat menggunakan RFInterm untuk membaca data telemetri sensor serta melakukan *telecommand* servo. Data hasil dari telemetri sensor disimpan menggunakan RF Interm dalam bentuk *notepad* selanjutnya dimodelkan dalam bentuk grafik menggunakan Matlab untuk dianalisa akurasi. Penelitian ini dilengkapi dengan *telecommand* yang digunakan untuk mengendalikan aktuator berupa motor servo.

B. Instrumen Penelitian

1) YS-1020UA

Radio *transceiv* yang digunakan jenis YS-1020UA untuk sistem pengiriman data secara *wireless* dalam jarak ± 500 m pada *baudrate* 9600 bps.

2) Mikrokontroler ATmega128

Mikrokontroler ATmega128 digunakan pada penelitian ini memiliki beberapa fungsi, diantaranya sebagai pengolah data sensor dan pengatur jalur komunikasi serial antara telemetri sensor dan *telecommand* servo.

3) Sensor Suhu LM35D

Sensor suhu yang digunakan pada penelitian ini adalah LM35D. Keluaran sensor suhu LM35D merupakan faktor skala linier terhadap suhu sebenarnya sebesar $10\text{mV}/^\circ\text{C}$, dengan jangkauan maksimum yang dapat diukur antara 0°C s/d 100°C .

4) Sensor Kelembaban HSM-20G

Sensor kelembaban HSM-20G memiliki rentang tegangan *output* DC sampai 3,2 V dengan rentang penyimpanan RH (*Relative Humidity*) antara 0 sampai 90 %RH.

5) Sensor Tekanan MPX5500D

Sensor MPX5500D digunakan pada penelitian ini untuk mendeteksi tekanan udara Rentang pengukuran tekanan 0 s/d 500 kPa.

6) Sensor Kompas CMPS03

Sensor kompas CMPS03 yang digunakan pada penelitian ini berfungsi untuk mengetahui arah. Arah utara pada *mode* 8 bit CMPS03, ditunjukkan dengan data 255 dengan resolusi 1,41176 derajat/bit.

7) FV-M8 GPS Receiver

Penelitian ini menggunakan GPS *receiver* FV-M8 dengan *interface* ke *port* serial yang digunakan untuk memantau koordinat bumi berdasarkan garis lintang utara dan selatan (*latitude*), koordinat bumi berdasarkan garis bujur timur dan barat (*longitude*), dan ketinggian dari atas permukaan laut (*altitude*) dalam satuan meter.

8) Sensor Ultrasonik SRF04

Sensor SRF04 dapat digunakan untuk mengetahui jarak mulai dari 3 cm sampai ± 3 m.

9) Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)

LDR digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui iluminasi cahaya yang besarnya berbanding lurus dengan besar tegangan keluaran LDR. Resistansi LDR sebesar $20\text{M}\Omega$ dalam keadaan gelap dan resistansi sebesar $140\text{k}\Omega$ dalam keadaan 10 lux.

10) Sensor Rate Gyroscope JPN ENC-03JA

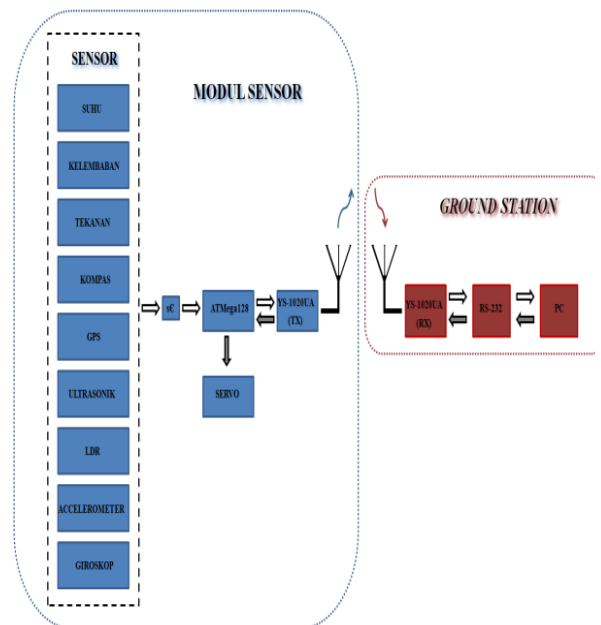
Sensor *rate gyroscope* JPN ENC-03JA 1 *axis* digunakan untuk mengetahui kecepatan sudut. Besar tegangan keluarannya $\pm 1,35\text{V}$ saat kecepatan sudut nol. Saat diputar searah dengan jarum jam (CW) *rate gyroscope* akan bernilai positif.

11) Sensor Accelerometer MMA7260Q

Sensor *accelerometer* MMA7260Q digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui percepatan. Penelitian ini menggunakan *mode* percepatan $\pm 6\text{g}$ atau sama dengan $\pm 60\text{m/s}^2$.

C. Perancangan Penelitian

Alat yang dibuat bekerja seperti diagram blok sistem pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Blok Sistem.

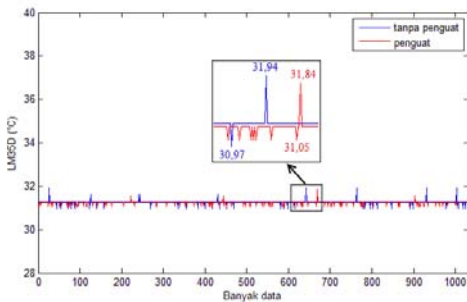
Sensor yang bertegangan keluaran DC analog (sensor suhu, kelembaban, tekanan, LDR, *accelerometer*, dan *rate gyroscope*) harus melewati *signal conditioning* (OpAmp, LPF, pembagi tegangan) sebelum masuk ke mikrokontroler yang tujuannya untuk mengkondisikan tegangan sesuai yang diinginkan. Perubahan sinyal analog ke sinyal digital membutuhkan ADC (*Analog to Digital Converter*) yang terdapat pada mikrokontroler ATmega128. Data sensor ditransmisikan menggunakan radio *transceiver* hingga diterima di *ground station* dan diteruskan secara serial menggunakan jalur RS-232 untuk ditampilkan melalui komputer menggunakan RFIterm.

Proses pengiriman perintah secara serial menggunakan PC, perintah akan dikirim kembali menggunakan radio *transceiver* di *ground station* dan diterima oleh radio *transceiver* yang terdapat pada modul sensor yang terintegrasi ke mikrokontroler untuk mengendalikan servomenggunakan sinyal PWM.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian LM35D (Sensor Suhu)

Perbandingan data suhu tanpa penguat dan dengan menggunakan penguat seperti pada Gambar 8.



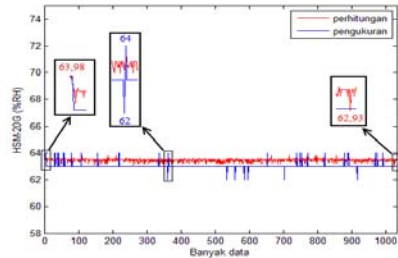
Gambar 8. Grafik Pengujian LM35D Menggunakan Matlab.

Suhu sebenarnya adalah 31 °C sehingga berdasarkan grafik pada Gambar 8 selisih suhu rata-rata yang dihitung dengan Matlab sebesar 0,2844 °C (tanpa penguat) dan 0,2309 °C (penguat) dari suhu yang diinginkan. Hasil pengujian tanpa menggunakan penguat memiliki selisih suhu yang lebih besar dari suhu

sebenarnya dan bentuk kurvanya kurang stabil, sedangkan hasil pengujian dengan menggunakan penguat memiliki selisih suhu yang lebih kecil dari suhu sebenarnya dan memiliki bentuk kurva yang lebih stabil sehingga suhu dengan menggunakan penguatan memiliki ketelitian yang lebih tinggi.

B. Pengujian HSM-20G (Sensor Kelembaban)

Data pengujian kelembaban HSM-20G dalam bentuk grafik seperti Gambar 9.

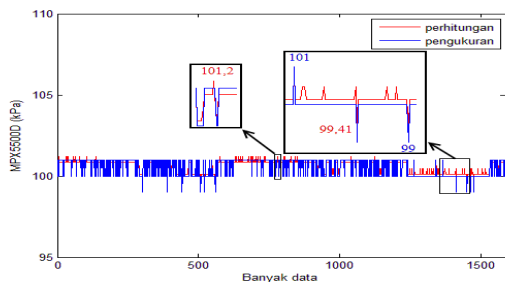


Gambar 9. Grafik Pengujian HSM-20G Menggunakan Matlab.

Grafik pada Gambar 9 membandingkan antara hasil perhitungan (tanpa pembulatan) menggunakan (persamaan 4) dengan hasil pengukuran (pembulatan). Nilai rata-rata hasil perhitungan yang dihitung menggunakan Matlab sebesar 63,4815 %RH sedangkan nilai rata-rata hasil pengukuran sebesar 63,0233 %RH sehingga selisih kelembaban sebesar 0,4582 %RH. Nilai hasil pengukuran yang ditampilkan pada RFIterm adalah nilai dengan pembulatan sehingga akan terdapat selisih kelembaban terhadap hasil perhitungan (tanpa pembulatan).

C. Pengujian MPX5500D (Sensor Tekanan)

Perbandingan data tekanan hasil pengukuran dengan tekanan hasil perhitungan seperti Gambar 10.

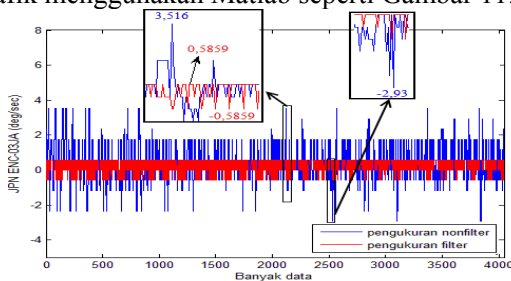


Gambar 10. Grafik Pengujian MPX5500D Menggunakan Matlab.

Grafik pada Gambar 10 membandingkan antara hasil perhitungan (tanpa pembulatan) menggunakan (persamaan 5) dengan hasil pengukuran (pembulatan) yang masih terdapat selisih tekanan. Nilai rata-rata hasil perhitungan yang dihitung menggunakan Matlab sebesar 100,569 kPa sedangkan nilai rata-rata hasil pengukuran sebesar 100,551 kPa sehingga selisih tekanan sebesar 0,018 kPa.

D. Pengujian JPN ENC-03JA (Rate Gyroscope)

Perbandingan data kecepatan sudut hasil pengukuran menggunakan LPF dengan pengukuran *nonfilter* dengan kecepatan sudut yang diinginkan digambarkan dalam bentuk grafik menggunakan Matlab seperti Gambar 11.

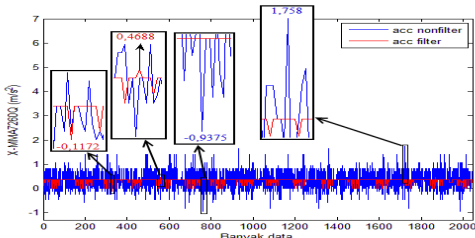


Gambar 11. Grafik Pengujian JPN ENC-03JAMenggunakan Matlab pada Kondisi Statik.

Gambar 11 adalah grafik yang menunjukkan antara hasil pengukuran kecepatan sudut *nonfilter* dengan hasil pengukuran *filter* menggunakan LPF orde 1 dengan frekuensi *cut-off* 1 Hz dengan hasil kecepatan sudut yang diinginkan dengan selisih kecepatan sudut rata-rata yang dihitung dengan Matlab sebesar 0,445104 deg/s (*nonfilter*) dan 0,33122 deg/s (*filter*) dari kecepatan sudut yang diinginkan.

E. Pengujian MMA7260Q (Accelerometer)

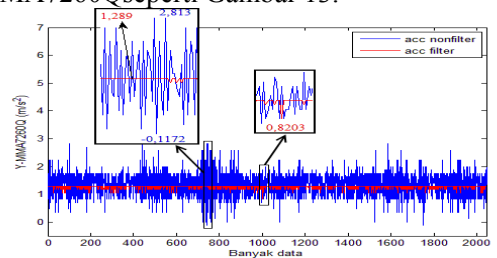
Data pengujian percepatan sumbu X MMA7260Qseperti Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Pengujian Sumbu X MMA7260QMenggunakan Matlab.

Gambar 12 adalah grafik pengujian sumbu X MMA7260Q yang menunjukkan antara hasil pengukuran percepatan *nonfilter* dengan hasil pengukuran *filter* menggunakan LPF orde 2 dengan frekuensi *cut-off* 1,94 Hz dengan percepatan rata-rata yang dihitung dengan Matlab sebesar 0,331152 m/s² (*nonfilter*) dan 0,320916 m/s² (*filter*).

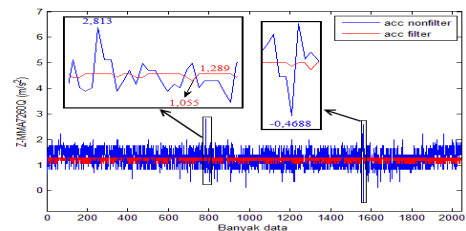
Pengujian berikutnya adalah sumbu Y MMA7260Qseperti Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Pengujian Sumbu Y MMA7260QMenggunakan Matlab.

Gambar 13 adalah grafik pengujian sumbu Y MMA7260Q dengan percepatan rata-rata yang dihitung dengan Matlab sebesar 1,35935 m/s² (*nonfilter*) dan 1,26504 m/s² (*filter*).

Pengujian terakhir adalah pengujian sumbu Z accelerometerMMA7260Qseperti Gambar 14.

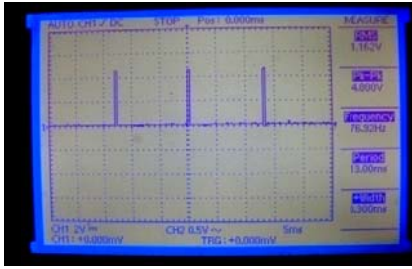


Gambar 14. Grafik Pengujian Sumbu Z MMA7260QMenggunakan Matlab.

Gambar 14 adalah grafik pengujian sumbu Z MMA7260Q dengan percepatan rata-rata yang dihitung dengan Matlab sebesar 1,2831 m/s² (*nonfilter*) dan 1,23884 m/s² (*filter*).

F. Pengujian SRF04 (Sensor Jarak)

Pengukuran pulsa padain *echo* SRF04 jarak 5 cm (penggaris) dengan menggunakan osiloskop digital seperti Gambar 15.



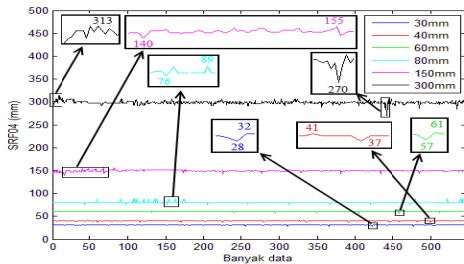
Gambar 15. Bentuk Tegangan Pin Echo SRF04 Jarak 5 cm.

Berdasarkan bentuk pulsa pada Gambar 15 menunjukkan lebar pulsa pin echosebesar 0,3 ms, sehingga dengan menggunakan (persamaan 6) dengan v kecepatan suara di udara sebesar 340 m/s atau sama dengan 0,34 m/ms maka dapat dihitung jarak yang ditempuh sebesar 0,051 m atau sama dengan 51 mm, perhitungannya sebagai berikut:

$$L = \frac{TOF \times c}{2}$$

$$L = \frac{0,3ms \times 0,34m / ms}{2} = 0,051m = 51mm$$

Hasil pengukuran jarak menggunakan sensor SRF04 digambarkan dalam bentuk grafik menggunakan Matlab seperti Gambar 16.



Gambar 16. Grafik Pengujian SRF04 Menggunakan Matlab.

Perbandingan hasil pengukuran jarak menggunakan penggaris dengan pengukuran jarak menggunakan SRF04 yang dihitung menggunakan Matlab (Gambar 16) dijelaskan pada TABEL I.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN SRF04

No	Penggaris (mm)	Rata-rata Pengukuran (mm)	Selisih (mm)	Error (%)
1	30	31,20	1,20	4
2	40	39,89	0,11	0,28
3	60	60,08	0,08	0,13
4	80	79,95	0,05	0,06
5	150	149,78	0,22	0,15
6	300	298,87	1,13	0,38
Rata-rata			0,47	0,83

G. Pengujian LDR (Sensor Cahaya)

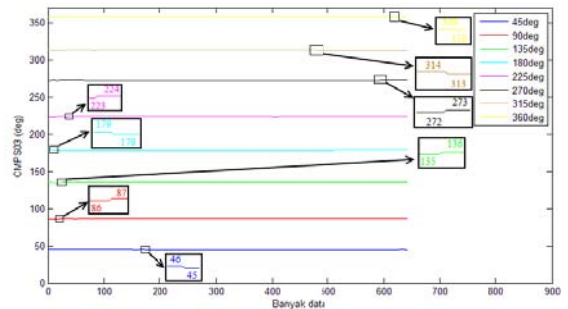
Data hasil pengujian iluminasi menggunakan LDR seperti pada TABEL II.

TABEL II
HASIL PENGUJIAN LDR

No	V _{lampu} (volt)	V _{out} LDR (volt)	Pengukuran (lux)	Luxmeter (lux)	Selisih (lux)	Error (%)
1	14,05	1,411	973,10	967	6,1	0,63
2	12,33	0,842	580,69	590	9,31	1,58
3	9,89	0,493	340	312	28	8,97
4	7,75	0,218	150,34	122	28,34	23,23
5	6,91	0,119	82,07	80	2,07	2,59
Rata-rata					14,764	7,4

H. Pengujian CMPS03 (Sensor Kompas)

Pengukuran data arah dibandingkan dengan arah pada kompas analog (Gambar 17).



Gambar 17. Grafik Pengujian CMPS03 Menggunakan Matlab.

Perbandingan hasil pengukuran arah menggunakan kompas analog dengan hasil rata-rata pengukuran arah menggunakan CMPS03 pada Gambar 17 dijelaskan pada TABEL III.

TABEL III
HASIL PENGUJIAN CMPS03

No	Arah Mata Angin	Rata-rata Pengukuran (degree)	Kompas Analog (degree)	Selisih (degree)	Error (%)
1	Timur Laut	45,2628	45	0,2628	0,584
2	Timur	86,9565	90	3,0435	3,382
3	Tenggara	135,964	135	0,964	0,714
4	Selatan	178,21	180	1,79	0,994
5	Barat Daya	223,949	225	1,051	0,467
6	Barat	272,157	270	2,157	0,799
7	Barat Laut	313,697	315	1,303	0,414
8	Utara	358,974	360	1,026	0,285
Rata-rata				1,4497	0,9548

I. Pengujian GPS

Data hasil pengujian *latitude* GPS FV-M8 pada 7 titik pengujian(TABELIV).

TABEL IV
HASIL PENGUJIAN *LATITUDE* GPS FV-M8

Titik Uji	Pengukuran	Google Earth	Selisih	Error (%)
1	559,1465°S	559,133°S	0,0135°S	0,0024
2	559,0604°S	559,061°S	0,0006°S	0,0001
3	559,0791°S	559,079°S	0,0001°S	0,00002
4	559,0873°S	559,088°S	0,0007°S	0,0001
5	559,0651°S	559,079°S	0,0139°S	0,0025
6	559,0766°S	559,076°S	0,0006°S	0,0001
7	559,0741°S	559,064°S	0,0101°S	0,0018
Rata-rata			0,0056°S	0,001

Data hasil pengujian *longitude* GPS FV-M8 pada 7 titik pengujian(TABEL V).

TABEL V
HASIL PENGUJIAN *LONGITUDE* GPS FV-M8

Titik Uji	Pengukuran	Google Earth	Selisih	Error (%)
1	10602,5775°E	10602,592°E	0,0145°E	0,00014
2	10602,3829°E	10602,394°E	0,0111°E	0,0001
3	10602,3616°E	10602,365°E	0,0034°E	0,00003
4	10602,3309°E	10602,330°E	0,0009°E	0,000008
5	10602,2405°E	10602,296°E	0,0555°E	0,0005
6	10602,2638°E	10602,268°E	0,0042°E	0,00004
7	10602,2982°E	10602,248°E	0,0502°E	0,0005
Rata-rata			0,0199°E	0,00019

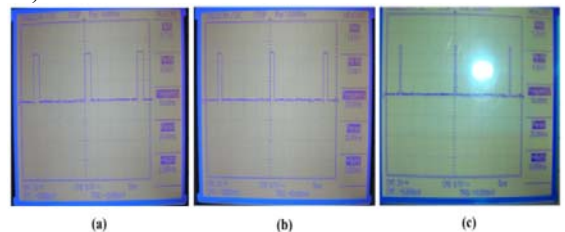
Data hasil pengujian *altitude* GPS FV-M8 pada 7 titik pengujian dapat dilihat pada TABEL VI.

TABELVI
HASIL PENGUJIAN *ALTITUDE* GPS FV-M8

Titik Uji	Pengukuran (m)	Google Earth (m)	Selisih (m)	Error (%)
1	54,3	53	1,3	2,45
2	59,2	50	9,2	18,4
3	55,3	51	4,3	8,43
4	57,1	50	7,1	14,2
5	57,4	55	2,4	4,36
6	55,4	58	2,6	4,48
7	57,7	61	3,3	5,41
Rata-rata			4,31	8,25

J. Pengujian Servo

Bentuk sinyal motor servo pada saat *horn* diputar sebanyak 3 arah putaran (Gambar 18).



Gambar 18. Sinyal Motor Servo
(a).Arah *Horn* Kiri (180°), (b).Arah *Horn* Tengah (90°), (c).Arah *Horn* Kanan (0°).

Hasil keseluruhan dari pengujian motor servo dapat dilihat pada TABEL VII.

TABEL VII
HASIL PENGUJIAN MOTOR SERVO

No	Sudut	Lebar Pulsa	Arah <i>Horn</i>
A	180°	2,3 ms	Kiri
B	90°	1,6 ms	Tengah
C	0°	0,6 ms	Kanan

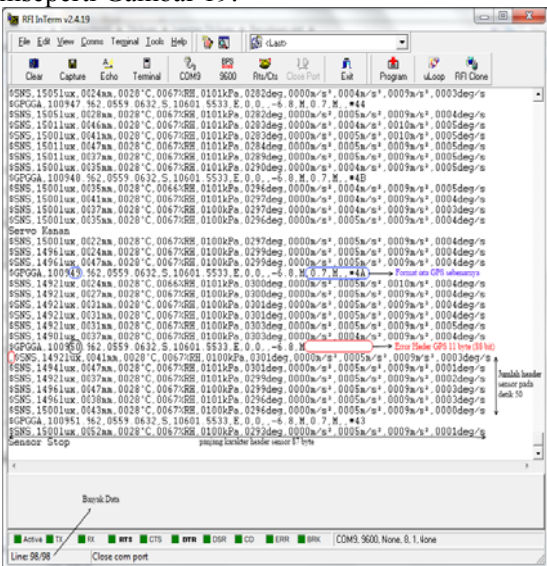
K. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem merupakan pengujian gabungan antara telemetri sensor dengan *telecommand* servo yang dilakukan pada jarak yang telah ditentukan. Data GPS dengan *header* \$GPGGA memiliki format sebagai berikut:

SGPGGA,GGAI,GGAA,GG3,GG4,GG5,GG6,GG7,GG8,GG9,GG10,GG11,GG12,GG13,*CH
 SGPGGA : Header GPS
 GGA1 : UTC (Unit Time Clock) dalam format hhmmss.ss, hh = jam, mm = menit, ss.ss = detik
 GGA2 : Latitude dalam format dddmm.mmm, d = derajat (0 - 90°), m = menit
 GGA3 : Arsh dari Latitude (N = North, S = South)
 GGA4 : Longitude dalam format dddmm.mmm, d = derajat (0 - 180°), m = menit
 GGA5 : Arsh dari Longitude (E = East, W = West)
 GGA6 : Indikator kualitas GPS (0 = penentuan tidak valid, 1 = penentuan GPS, 2 = penentuan DGPS)
 GGA7 : Jumlah satelit yang digunakan (0 - 12 satelit)
 GGA8 : HDOP (Horizontal Dilution Of Precision) untuk akurasi dari posisi horizontal
 GGA9 : Altitude atau referensi ketinggian dari atas permukaan laut
 GGA10 : Satuan dari Altitude (M = meter)
 GGA11 : Penipahan geoid
 GGA12 : Satuan dari penipahan geoid (M = meter)
 GGA13 : Age of differential correction (tidak digunakan)
 CH : Checksum

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan di 9 titik pengujian. Hal tersebut bertujuan untuk melihat pengaruh jarak pengukuran terhadap kualitas data yang diterima di *ground station*.

Pengujian keseluruhan sistem menggunakan RFInterm pada titik uji 1 dengan jarak 100 m seperti Gambar 19.



Gambar 19. Pengujian Keseluruhan Sistem pada Titik Uji 1 Menggunakan RFInterm Jarak 100 m.

Berdasarkan *datasheet*, radio *transceiver* YS-1020UA dirancang untuk sistem pengiriman data secara *wireless* dalam jarak maksimal ±500m dengan BER (*Bit Error Rate*) = 10⁻³ pada *baudrate* 9600 bps. Perhitungan *Bit Error Rate* datadilakukan dengan membandingkan antara data masukan total yang dikirim dengan jumlah data keluaran yang rusak pada detik tertentu (berdasarkan waktu pada GPS). Berdasarkan (Gambar 19) data telemetri mengalami *error* pada detik 50 (lingkaran berwarna hitam) dari 98 total data keseluruhan pada pengujian jarak 100 m, *error* terdapat pada *header* GPS sebanyak 11 *Byte* (88 bit), seharusnya format data GPS sebenarnya seperti

format data GPS yang dilingkari garis berwarna biru, sedangkan *error* pada *header* sensor sebanyak 1 *Byte* (8 bit). Panjang data GPS per *header* terdiri dari 65 *Byte* (520 bit) tiap satu detiknya, sedangkan panjang data sensor per *header* terdiri dari 87 *Byte* (696 bit) dan terdiri dari beberapa *header* tiap satu detiknya, untuk pengujian pada detik 50 *header* sensor berjumlah 6 buah sehingga besar BER data sensor dan GPS pada detik 50 sebagai berikut:

$$BER = \frac{\text{Jumlah_bit_error}}{\text{Jumlah_total_bit_kirim}} = \frac{(\text{GPS_Error} + \text{Sensor_Error})}{[(\text{Panjang_Data_GPS} + (\text{Panjang_Data_Sensor} \times \text{Total_Header_1detik}))]} = \frac{(88 + 8) \text{ bit}}{[520 + (696 \times 6)] \text{ bit}} = \frac{96 \text{ bit}}{[520 + 4176] \text{ bit}} = 0,02 = 20 \cdot 10^{-3}$$

Hasil perhitungan BER jarak pengukuran 100 m pada detik 50 sebesar 20.10⁻³. Nilai BER pada pengujian jarak 100 m lebih besar dari BER normal 10⁻³ (*datasheet* YS-1020UA) karena perhitungan BER hanya dihitung pada detik 50 saja.

Pengukuran pada titik-titik uji selanjutnyadilakukan pada jarak 200 m, 300 m, 400 m, 500 m, 520 m, 540 m 560 m, dan titik uji 9 jarak 580 m dengan metode perhitungan BER yang sama, hasilnya yang diperoleh datamasihdapat terbaca hingga jarak560 m di area terbuka, namun pada jarak 580 m kondisi data rusak parah.

V. PENUTUP

A.Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengujian LM35D tanpa penguatan memiliki selisih suhu rata-rata0,2844°C dari suhu sebenarnya sedangkan dengan penguatan 0,2309°C. Selisih kelembaban rata-rata HSM-20G dengan kelembaban hasil perhitungan 0,4582 %RH. Selisih tekanan rata-rata MPX5500D dengan hasil perhitungan 0,018 kPa. Selisih kecepatan sudut rata-rata JPN ENC-03JA dari kecepatan sudut yang diinginkan 0,445104 deg/s (*nonfilter*) dan 0,33122 deg/s (*filter*). Selisih percepatanrata-rata sumbu X MMA7260Q sebesar 0,331152 m/s²

(*nonfilter*) dan $0,320916 \text{ m/s}^2$ (*filter*) dari percepatan yang diinginkan, sumbu Y $1,35935 \text{ m/s}^2$ (*nonfilter*) dan $1,26504 \text{ m/s}^2$ (*filter*), dan sumbu Z $1,2831 \text{ m/s}^2$ (*nonfilter*) dan $1,23884 \text{ m/s}^2$ (*filter*). Selisih jarak rata-rata SRF04 dengan penggaris $0,47 \text{ mm}$ dengan *error* rata-rata $0,83 \%$. Selisih iluminasi rata-rata LDR dengan luxmeter $14,764 \text{ lux}$ dengan *error* rata-rata $7,4 \%$. Selisih arah rata-rata CMPS03 dengan kompas analog $1,4497 \text{ degree}$ dengan *error* rata-rata $0,9548 \%$. Pengukuran *latitude* GPS FV-M8 memiliki selisih rata-rata *latitude* $0,0056^\circ \text{S}$ dari *latitude* google earth dengan *error* rata-rata $0,001 \%$. *Longitude* sebesar $0,0199^\circ \text{E}$ dengan *error* rata-rata $0,00019 \%$. *Altitude* sebesar $4,31 \text{ m}$ dengan *error* rata-rata $8,25 \%$.

2. Selain dengan penguatan, *error* pada keluaran sensor analog dapat diperkecil dengan menggunakan *filter*.
3. Data telemetri sensor dan *telecommand* servo masih dapat terbaca hingga jarak 560 m di area terbuka, namun pada jarak 580 m kondisi data rusak parah.

B. Saran

Penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu terdapat beberapa saran sebagai berikut:

1. Penggunaan GPS dapat dikembangkan dengan akurasi posisi yang lebih kecil agar pengukuran posisi lebih presisi.
2. Penggunaan *filter* dapat dikembangkan lagi agar nilai data sensor lebih mendekati nilai sesungguhnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [3] Sukiswo. (2005). *Perancangan Telemetri Suhu dengan Modulasi Digital FSK-FM*. Skripsi Teknik Elektro FTI UNDIP. Semarang.
- [4] Kurniawan, D. (2008). *Telemetri Suhu Dan Kelembaban Dengan Menggunakan Modulasi FSK*. Yogyakarta.
- [5] Iriyanto, K. R. (2010). *Perancangan Telecommand dan Ground Segment untuk Payload Roket*. Tugas Akhir D-III Teknik Komputer Universitas Komputer Indonesia. Bandung.
- [6] Budiharto Widodo. (2008). *Membuat Sendiri Robot Cerdas*. Penerbit PT Elex Media Komputindo. Jakarta.
- [7] Kemalasari dan Purnomo, M. H. (2009). *Analisa Kadar Glukosa Darah Berdasarkan Perbedaan Temperatur Antara Tragus dan Antihelix*. PENS ITS. Surabaya.
- [8] Mundilarto dan Istiyono, E. (2006). *FISIKA 2 SMP Kelas VIII*. Penerbit Quadra. Bogor.
- [9] Reodique Ador. (2007). *Implementing Auto-Zero for Integrated Pressure Sensors*. Application Note 1636. Freescale Semiconductor.
- [10] Marito, N. I. (2008). *Sistem Navigasi Helikopter Berdasarkan Data Posisi Secara Telemetri*. Skripsi Teknik Elektro FT UI. Jakarta.
- [11] Supomo, T. (2007). *Inti Sari Fisika SMP*. Penerbit Pustaka Widyatama. Yogyakarta.
- [12] Hani Slamet. (2010). *Sensor Ultrasonik SRF05 Sebagai Memantau Kendaraan Bermotor*. Jurnal Teknologi. Yogyakarta.
- [13] Priswanto. dkk. (2009). *Analisa Sensor Rate Gyroscope untuk Mendeteksi Gerak Rotasi Roket*. Proceedings of CITEE 2009. UGM. Yogyakarta.
- [14] Wiryadinata, R., dkk. (2009). *Design and Testing of Six DOF IMU v2.1 Carried in Vehicle for INS Algorithm*. Proceedings of CITEE 2009. UGM. Yogyakarta.
- [15] Kapaldo, A. J. (2005). *Gyroscope Calibration and Dead Reckoning for an Autonomous Underwater Vehicle*. Thesis report. Virginia.
- [16] Tuck Kimberly. (2007). *Implementing Auto-Zero Calibration Technique for Accelerometers*. Application Note 3447. Freescale Semiconductor.
- [17] Gani, R., Wahyudi, dan Setiawan, I. (2011). *Perancangan Sensor Gyroscope dan Accelerometer untuk Menentukan Sudut dan Jarak*. Tugas Akhir Teknik Elektro. UNDIP. Semarang.
- [18] Andrianto, H. (2008). *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATMEGA16 Menggunakan Bahasa C (Codevision AVR)*. Penerbit INFORMATIKA. Bandung.

- [19] Zuhail dan Zhanggischuan. (2004). *Prinsip Dasar Elektroteknik*. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- [20] Kurniawan, H. A. (2007). *Kinerja Modulasi Digital dengan Metode PSK (Phase Shift Keying)*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.

Desain Dan Implementasi Wajan Bolic Untuk Aplikasi Dvb-S

Wahyu Pamungkas, Eka Wahyudi, Gilang Aditya Pratama

Program Studi D3 Teknik Telekomunikasi

Akademi Teknik Telkom Sandhy Putra Purwokerto

Abstrak — Secara umum penggunaan antena parabola yaitu untuk menangkap siaran televisi dari satelit. Pada awalnya siaran melalui antena parabola masih menggunakan sistem analog yang kemudian berubah menjadi format digital setelah menggunakan sistem MPEG2 (Motion Pictures Expert Group Versi 2). Salah satu aplikasi untuk siaran televisi digital adalah DVB-S (Digital Video Broadcasting-Satellite), DVB-S merupakan teknologi yang digunakan untuk menampilkan siaran televisi digital dari satelit. Karena jarak antara stasiun bumi dan satelit yang sangat jauh maka dibutuhkan antena yang berdiameter cukup besar untuk dapat menangkap sinyal dari satelit. Dengan alasan mahalnya antena parabola dengan bahan dasar alumunium maka dirancang sebuah antena yang terbuat dari wajan yang dikenal dengan sebutan antena Wajan Bolic. Pada perancangan antena wajan bolic yaitu menggunakan wajan berbahan dasar seng drum dengan diameter 3.9 feet dan menggunakan LNB (Low Noise Block) jenis C-Band yang dipointing pada satelit Palapa C2 untuk siaran TVOne menggunakan aplikasi DVB-S sebagai digital satellite receiver yang nantinya akan ditampilkan dalam siaran digital pada komputer. Dengan hasil strength = 70% dan quality = 47% yang di dapat menggunakan Satelit Meter, maka penggunaan wajan berdiameter 3.9 feet bisa digunakan untuk menangkap sinyal dari satelit dan sebagai solusi terhadap mahalnya biaya antena parabola.

Kata kunci — Wajan Bolic, DVB-S dan LNB.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada perkembangan teknologi saat ini, antena parabola dengan segala perlengkapannya menjadi salah satu perangkat *hardware* yang bisa diklasifikasikan kedalam barang mewah karena harganya yang cukup mahal, kemunculan antena parabola di dorong dengan kurang puasnya penonton akan siaran yang diterima di dalam negeri baik dari segi mutu siaran maupun kualitas gambar. Hal tersebut yang membuat antena parabola mulai banyak digunakan, selain itu harganya yang cukup mahal membuat antena parabola menjadi lambang kemakmuran tersendiri bagi yang memilikinya. Secara garis besar penggunaan antena parabola adalah untuk menangkap siaran TV dari satelit yang berupa sinyal *downlink* yang dipancarkan oleh satelit. Saluran yang siap disalurkan melalui antena parabola adalah saluran yang sudah menempati *transponden-transponden* pada satelit. Setelah antena menerima sinyal dari satelit, sinyal

tersebut disalurkan ke dekoder/receiver yang dihubungkan langsung dengan televisi/perangkat lain seperti komputer dengan menggunakan *hardware* tambahan, sehingga siaran dapat ditayangkan. Saat pertama muncul, siaran melalui antena parabola ini masih menggunakan sistem analog dengan satu *transponden* dan masih berkapasitas satu saluran siaran. Setelah itu, baru digunakan MPEG2 pada *receiver*-nya yang menyebabkan sistem menjadi *digital* yang salah satu perbedaannya adalah satu *transponden* dapat menampung 15 sampai 25 saluran.

Salah satu aplikasi untuk siaran *digital* yang saat ini sedang berkembang adalah DVB-S (Digital Video Broadcasting-Satellite), DVB-S merupakan perangkat tambahan untuk menampilkan siaran TV *digital*, aplikasi ini merupakan alat media penerima siaran satelit atau *Digital Satellite Receiver* yang merupakan media inputan siaran TV *digital* dari satelit yang berupa sinyal *downlink* yang diterima oleh antena parabola dan kemudian ditampilkannya berupa siaran *digital*.

Untuk dapat mengimplementasikan layanan tersebut secara umum dibutuhkan *hardware* berupa LNB (*Low Noise Block*) *C-Band*/*Ku-Band*, LNB (*Low Noise Block*) yang digunakan oleh penulis dalam proyek penelitian ini adalah LNB jenis *C-Band*, mengapa harus *C-Band* karena jenis yang paling banyak dinikmati di wilayah Indonesia, dan khususnya di daerah Pulau Jawa karena LNB jenis *C-Band* kecil pengaruhnya terhadap curah hujan dan cocok untuk daerah Indonesia yang mempunyai curah hujan tinggi. *DVBWorldCard* USB 2.0 sebagai media penerima siaran satelit atau *Digital Satelit Receiver*. Antena Parabola sebagai media penerima siaran TV *digital* dari satelit dan Kabel *Coaxial* sebagai penghubung antara *DVB Card* USB dengan Antena Parabola.

Namun dalam implementasinya terdapat permasalahan, yaitu salah satunya adalah diperlukannya antena parabola yang cukup besar sebagai media penerima siaran TV *digital* dari satelit, dan karena mahalnya biaya antena parabola yang harus dibeli maka masih banyak kalangan masyarakat belum bisa menikmati fasilitas tersebut.

B. Sistem Komunikasi Satelit.

Satelit secara umum merupakan suatu ungkapan yang mewakili semua objek yang mengitari bumi dengan revolusi dan periode tertentu, diantaranya yaitu bulan, meteor dan benda angkasa lainnya.

Dalam menstransmisikan sistem komunikasi dalam sebuah komunikasi satelit ada dua elemen dasar yang berperan penting didalamnya adalah :

- a. Stasiun Bumi (*Ground Segment*).
- b. Satelit (*Space Segment*).

Stasiun bumi akan mengirimkan sinyal informasi ke arah satelit dengan menggunakan frekuensi yang dinamakan frekuensi *uplink* dan sebaliknya satelit sebagai *repeater* (penerus) tunggal di luar angkasa akan meneruskan sinyal informasi ke arah tujuan dengan menggunakan frekuensi *downlink* dengan masing-masing besaran frekuensi *uplink* dan *downlink* mengikuti aturan yang distandarisasi ITU-T dengan besarnya frekuensi sesuai dengan *Band*-nya seperti tampak pada tabel 1

Tabel 1 Frekuensi menurut pita *Band*.

<i>Band</i>	<i>Up-link</i> (GHz)	<i>Down-link</i> (GHz)	<i>Bandwidth</i> (MHz)
C	5.9 - 6.4	3.7 - 4.2	500
X	7.9 - 8.4	7.25-7.75	500
Ku	14 - 14.5	11.7-12.2	500
Ka	27 - 30	17 - 20	Not fixed

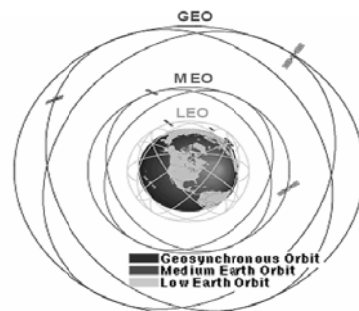
C. Orbit Satelit.

Orbit Stasioner : Merupakan sebuah orbit yang menempatkan satelit untuk terus tetap berada pada posisinya mengacu pada sebuah titik atau lokasi dan satelit yang ditempatkan pada orbit stasioner kebanyakan bergerak dari arah timur ke barat mengikuti pergerakan rotasi bumi, seperti terlihat pada gambar 2 Berdasarkan ketinggian orbit stasioner ini dibedakan menjadi :

- a. *Low Earth Orbit* (LEO)
- b. *Medium Earth Orbit* (MEO)
- c. *Geostationery Earth Orbit* (GEO).

D. DVB-S (*Digital Video Broadcasting Satellite*).

Merupakan *project* DVB yang pengiriman sinyal DVB melalui satelit. DVB-S merupakan perangkat tambahan dalam komputer atau media lain untuk menampilkan siaran TV *digital*, aplikasi ini merupakan alat media penerima siaran satelit atau *Digital Satellite Receiver* yang merupakan media inputan dari siaran TV *digital* dari satelit yang berupa sinyal *downlink* yang diterima oleh antena parabola yang kemudian ditampilkan di komputer atau media lain.



Gambar 1. Orbit lintasan dari satelit (LEO, MEO, GEO)

DVB-S yang digunakan oleh penulis adalah jenis DVB Card. DVB Card merupakan sebuah card yang dipasang pada sebuah komputer yang berfungsi sebagai Digital Satellite Receiver atau penerima siaran digital melalui satelit dan High Speed Internet melalui satelit atau internet kecepatan tinggi menggunakan satelit. DVB Card mempunyai 2 jenis yaitu DVB Card USB dan DVB Card PCI. DVB Card USB adalah DVB Card yang menggunakan media kabel USB sebagai media koneksi atau disebut juga DVB external, sedangkan DVB Card PCI adalah DVB Card yang dipasang pada slot PCI komputer atau disebut juga DVB Internal. Untuk penggunaan DVB Card dalam penelitian ini memakai jenis DVB Card World USB.

E. Antenna

Antena adalah perangkat yang berfungsi untuk mengubah gelombang elektromagnetik dari media kabel ke udara atau sebaliknya dari media udara ke kabel. Karena antena merupakan perantara dari media kabel ke udara atau sebaliknya maka antena harus mempunyai sifat yang tepat (match) dari media pencatunya. Secara umum antena terbagi yaitu :

- 1) Directional.
- 2) Omni Directional.

Jenis-jenis Antena :

- 1) Antena Isotropic.
- 2) Antena Dipole..
- 3) Antena Yagi.
- 4) Antena Parabola.
- 5) Antena Sectoral.

Antena yang dipakai pada proyek penelitian ini adalah jenis Antena Parabola. Pada dasarnya antena parabola merupakan antena yang pengarahan sinyalnya difokuskan pada titik focus (feedhorn) dengan ketinggian tertentu dan mempunyai penguatan antena yang tergantung dari diameter dan frekuensi. Pada prinsipnya penguatan pada antena parabola antara 18 sampai 28 dBi yang bekerja untuk jarak menengah atau jarak jauh.

Ada 4 jenis antena parabola yang populer digunakan yaitu :

- 1) Focal Point Feed (Prime Focus).
- 2) Cassegrain.
- 3) Gregorian.

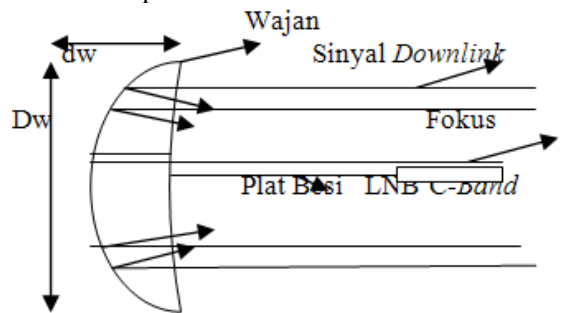
4) Antena Offset.

Adapun prinsip kerja antena wajan bolic seperti antena parabola lainnya, yaitu menempatkan bagian sensitif antena pada titik focus parabola (wajan) sehingga semua gelombang elektromagnetik yang mengenai wajan akan terkumpul dan diterima oleh bagian sensitif tersebut.

Antena wajan bolic untuk aplikasi DVB-S terdiri dari 3 bagian utama yaitu:

- 1) Reflector berbentuk parabola menggunakan wajan.
- 2) Tabung sensitif antena (LNB C-Band).
- 3) Kabel coaxial.

Adapun gambar rancangan antena wajan bolic seperti di bawah ini :



Gambar 2. Konfigurasi antena wajan bolic untuk aplikasi DVB-S.

Keterangan Gambar 2 adalah sebagai berikut:

- Dw : Diameter wajan.
- dw : Kedalaman wajan.
- Fw : Focus wajan.

Rumus perhitungannya sebagai berikut :

- 1) Menentukan focus wajan (Fw) menggunakan rumus di bawah ini :

$$F = \frac{Dw^2}{16 \times dw} \dots \dots \dots (1)$$

F : Jarak titik focus dari center wajanbolic (cm).

Dw : Diameter wajan (cm).

dw : Kedalaman wajan (cm).

- 2) Menentukan sudut pancaran (Beamwidth) menggunakan rumus di bawah ini :

$$BW = \frac{3 \times 10^9}{F} \times 57,29}{Dw} \times \sqrt{Eff} \dots \dots \dots (2)$$

BW: Beamwidth (°).

- f : Frekuensi (Hz).
- Dw : Diameter wajan (m).
- Eff: Karena menggunakan wajan berbahan dasar seng *drum* diasumsikan efisiensi adalah 0.4.
- 3) Menghitung *gain* menggunakan rumus di bawah ini :

$$G = 10 \log \text{Eff} + 20 \log f + 20 \log Dw + 20.4 \dots \dots \dots (3)$$
 - G : *Gain* antena wajan (dB).
 - Eff : Efisiensi.
 - F : Frekuensi (GHz).
 - Dw : Diameter wajan (m).

F. Pointing Antena Parabola

Pengertian umum dari pointing sendiri yaitu bagaimana antena parabola bisa tepat menghadap ke satelit yang dituju, agar sinyal yang dipancarkan satelit tepat mengenai bagian sensitif antena (*feed horn*) setelah sinyal tersebut dipantulkan melalui *reflector*. Penempatan posisi antena stasiun bumi, baik stasiun bumi pemancar maupun penerima memegang peranan penting dalam komunikasi satelit, sebab penyimpangan arah sedikit saja akan menyebabkan penurunan *gain* yang cukup besar (*antena gain roll-off*), oleh karena itu antena stasiun bumi harus diletakan pada posisi yang tepat dan berada pada daerah cakupan satelit. Hal ini bertujuan selain agar dapat tepat mengarah ke satelit yang dituju, juga supaya rugi-rugi yang mungkin terjadi khususnya rugi-rugi pancaran antena dapat diminimalkan dan daya yang dipancarkan atau yang diterima menjadi lebih optimal.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode praktik langsung dengan menggunakan wajan yang didesain ulang sehingga memenuhi persyaratan teknis sebagai antena Digital Video Broadcasting (DVB-S). Langkah awal adalah dengan mendesain kecekungan antena wajan *bolic* yang digunakan dengan memperhatikan diameter antena dan titik fokus antena parabola.

Antena parabola yang didesain kemudian diuji untuk parameter signal strength dan nilai BER untuk 3 stasion televisi yang dijadikan acuan untuk diukur. Pengukuran menggunakan alat ukur Satelit Meter yang mampu

menampilkan signal strength untuk C/N dan nilai BER.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perancangan antena wajan *bolic* untuk aplikasi DVB-S terdapat beberapa *point* yang akan di analisa yaitu sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan *focus*, *gain* dan *beamwidth* pada antena wajan *bolic* untuk aplikasi DVB-S untuk diameter wajan 1,2 m dan kedalaman 20 cm seperti pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil perhitungan *focus*, *gain* dan *beamwidth* menggunakan antena wajan *bolic*.

Parameter	Keterangan
<i>Focus</i>	45 cm
<i>Gain</i>	30,06 dBi
<i>Beamwidth</i>	2,25°

Namun pada percobaan antena wajan *bolic* terdapat perbedaan pada titik *focus* setelah dipointing ke satelit Palapa C2 untuk siaran TVOne, titik *focus* yang di dapat adalah 47 cm.

Untuk analisa *focus*, *gain* dan *beamwidth* adalah sebagai berikut :

- a) Perbedaan titik *focus* dilapangan dengan perhitungan matematis bisa disebabkan karena :
 - Permukaan wajan yang tidak merata sehingga memungkinkan beberapa pantulan yang kurang tepat.
 - Secara teori perbedaan perhitungan titik *focus* disebabkan karena kondisi satelit yang sebenarnya bergeser dari posisinya di orbit. Ada istilah satelit itu bergerak dalam stasiun *keeping box*-nya, yang menyebabkan sinyal yang diterima di stasiun bumi dibawah akan ikut berubah turun dan naik sesuai perubahan / pergeseran satelit di atas.
- b) *Gain* yang di dapat pada perancangan antena wajan *bolic* adalah 30,05 dBi. Mencari nilai penguatan (*gain*) antena sebenarnya dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik antena yang dipergunakan stasiun bumi sehingga dapat dicari nilai *side lobe*-nya. Semakin tinggi *gain* dari sebuah antena akan lebih bagus, karena semakin

besar nilai *gain* maka semakin tinggi pula nilai G/T-nya (asumsi T tetap). Semakin besar nilai G/T berarti semakin baik kualitas penerimaannya. Untuk mendapatkan harga G/T yang besar dapat dilakukan dengan cara:

- Memperbesar penguatan antena.
- Menggunakan penerima dengan temperatur derau yang rendah.

c) Untuk nilai *beamwidth* yang di dapat pada perancangan antena wajan *bolic* adalah 2,25°. Harga *beamwidth* pada perancangan ini sebenarnya tidak terlalu dibutuhkan seperti *gain* dan *focus* karena nilai *beamwidth* dikhususkan untuk perancangan antena sebagai Tx.*Beamwidth* (lebar berkas) sendiri merupakan harga penguatan pada posisi sudut sesuai pengarahannya di mana *gain* akan bernilai setengah dari nilai maksimumnya. Semakin lebar diameter antena maka semakin kecil nilai *beamwidth*, artinya berkas sinyal yang dipancarkan akan semakin *kohern*. Nilai *beamwidth* juga merupakan parameter untuk mencari nilai *side lobe*.

2. Hasil *strength* dan *quality* DVB World menggunakan antena wajan *bolic* dan parabola solid 6 feet yang diarahkan pada satelit Palapa C2 untuk siaran TVOne seperti tampak pada tabel 20.

Tabel 3 Alokasi *strength* dan *quality* untuk DVB World menggunakan antena wajan *bolic* dan parabola solid 6 feet.

Jenis Antena	Alokasi minimal untuk mendapatkan siaran dari hasil percobaan	<i>Strength</i> dan <i>quality</i> yang didapat setelah tepat mengarah ke satelit Palapa C2 untuk siaran TVOne
Wajan <i>Bolic</i> 3,9 feet	<i>Strength</i> = 60 % <i>Quality</i> = 40 %	<i>Strength</i> = 70 % <i>Quality</i> = 47 %
Antena solid 6	<i>Strength</i> = 60 %	<i>Strength</i> = 79 %

feet	<i>Quality</i> = 40 %	<i>Quality</i> = 60 %

3. Adapun percobaan menggunakan perangkat DVB lain dengan antena wajan *bolic* sebagai perbandingan seperti di bawah ini :

Tabel 4 Alokasi *strength* dan *quality* DVB menggunakan antena wajan *bolic*.

DVB (receiver)	Alokasi minimal untuk mendapatkan siaran dari hasil percobaan	<i>Strength</i> dan <i>quality</i> yang didapat setelah tepat mengarah ke satelit Palapa C2 untuk siaran TVOne
SM merek <i>Tri Max</i> 2200	<i>Strength</i> = 60 % <i>Quality</i> = 25 %	<i>Strength</i> = 70 % <i>Quality</i> = 42 %
Receiver pada TV (matrik)	<i>Strength</i> = 65 % <i>Quality</i> = 50 %	<i>Strength</i> = 73 % <i>Quality</i> = 64 %

Dengan hasil percobaan di atas perancangan antena wajan *bolic* bisa digunakan untuk menangkap sinyal dari satelit dan menampilkannya dalam bentuk siaran *digital*.

IV. KESIMPULAN

1. Untuk mendapatkan siaran C-Band dari satelit bisa menggunakan antena yang berdiameter kurang dari 6 feet yaitu menggunakan antena wajan *bolic* dengan diameter 3,9 feet.
2. Untuk dapat menangkap sinyal *downlink* dari satelit secara maksimal, penempatan antena wajan *bolic* ditempatkan pada tempat yang terbuka (tanpa memperhitungkan tinggi rendah-nya antena terpasang). Karena sinyal *downlink* dari satelit sangat sensitif yang apabila mengenai benda/materi apapun akan terpantul.
3. Angka nol yang terdapat pada LNB harus tepat mengarah ke barat atau timur menggunakan kompas untuk dapat

merespon polarisasi dari suatu siaran satelit.

4. Penggunaan antena wajan *bolic* untuk aplikasi DVB-S menjadi solusi murah untuk dapat menikmati layanan *broadcasting* dari satelit.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aditama, Cyberindo. *Artikel Antena Parabola, Perangkat Rumit Penangkap Siaran Via Satelit*. Edisi 14/Thn.III/23 Juli 2001.
- [2] Clark, Arthur C. 1945. *Extra Terrestrial Relay*. Inggris.
- [3] Elbert, Bruce R. 2000. *The Satellite Communication Ground Segment and Earth Station Handbook*. Artech House. London.
- [4] ETSI EN 300 744. "*Digital Video Broadcasting (DVB), struktur Framing, channel coding dan modulation for digital terrestrial television*". (DVB-T). modulasi untuk televisi terrestrial digital "T". (DVB-T).
- [5] ETSI EN 301 192: "*Digital Video Broadcasting (DVB); DVB spesifikasi untuk penyiaran data*". (DVB-DATA).
- [6] Freeman, Roger L. 1981. *Telecommunication Transmission Handbook*. John Willey & Sons, Inc. New York.

Implementasi Customer Relationship Management Untuk Meningkatkan Keunggulan Bersaing Biro Perjalanan Wisata

Haryanto Tanuwijaya

Jurusan S1 Sistem Informasi STIKOM Surabaya

Abstrak — Biro perjalanan wisata merupakan sebuah usaha jasa yang bergerak di bidang pariwisata. Kompetisi antar biro perjalanan wisata semakin meningkat seiring dengan perkembangan pariwisata yang semakin pesat. Untuk memenangkan persaingan bisnis tersebut, biro perjalanan wisata harus meningkatkan layanan kepada para pelanggan sebagai upaya meningkatkan kepuasan dan loyalitas pelanggannya guna memperoleh keunggulan bersaing. Untuk mewujudkan hal tersebut, biro perjalanan wisata dapat memanfaatkan teknologi informasi dalam manajemen pelanggan dan perusahaannya yang dikenal dengan Customer Relationship Management. Melalui implementasi Customer Relationship Management akan terjadi interaksi perusahaan dalam semua aspek daur hidup pelanggan mulai dari marketing, sales, acquisition, fulfillment, hingga retention. Meskipun kenyataan menunjukkan tingkat kesulitan cukup tinggi dalam implementasi Customer Relationship Management. Namun demikian Customer Relationship Management perlu dan sangat sesuai untuk diimplementasikan dalam biro perjalanan wisata sebagai strategi keunggulan kompetitif untuk memenangkan persaingan bisnis.

Kata kunci — Customer Relationship Management, Keunggulan Bersaing, Biro Perjalanan Wisata

I. PENDAHULUAN

Pariwisata merupakan salah satu tumpuan peningkatan ekonomi nasional di masa yang mendatang. Berdasarkan laporan [1], pariwisata merupakan salah satu industri besar yang berkembang pesat sehingga mampu menyerap lebih dari 254 juta tenaga kerja di seluruh dunia pada tahun 2011. Dilaporkan pula bahwa pada tahun 2011 pariwisata telah menghasilkan 9,1% dari GDP global dan diperkirakan naik 2,8% pada tahun 2012. Untuk meningkatkan kunjungan wisata khususnya ke Indonesia, dibutuhkan sarana penunjang yang merupakan bagian penting dalam industri pariwisata yaitu biro perjalanan wisata.

Biro perjalanan wisata merupakan sebuah usaha jasa yang bergerak di bidang pariwisata. Kompetisi antar biro perjalanan wisata semakin meningkat seiring dengan perkembangan pariwisata yang semakin pesat. Dengan tingkat persaingan bisnis yang semakin ketat, banyak biro perjalanan wisata mengalihkan fokus aktivitas pemasarannya dari pencarian pelanggan baru ke aktivitas usaha untuk mempertahankan dan meningkatkan loyalitas pelanggan lama. Haryono dalam [2]

menyatakan bahwa kualitas layanan sangat penting karena dapat dijadikan alat untuk mendiferensiasi produk perusahaan dengan produk pesaing. Selain itu kualitas layanan pada pelanggan akan berdampak pada peningkatan kepuasan dan loyalitas pelanggan [3], sedangkan loyalitas pelanggan merupakan salah satu sumber membangun keunggulan kompetitif bagi perusahaan jasa [4]. Oleh karena itu, biro perjalanan wisata harus meningkatkan kualitas layanan kepada para pelanggannya untuk memperoleh keunggulan bersaing guna memenangkan persaingan bisnis.

Untuk memenuhi kualitas layanan kepada pelanggan, biro perjalanan wisata dapat memanfaatkan teknologi informasi dalam manajemen pelanggan dan perusahaannya yang dikenal dengan Customer Relationship Management [5]. CRM merupakan strategi yang menitikberatkan pada semua hal yang terkait dengan fokus pada pelanggan [6] dan jika diimplementasikan secara tepat dapat membantu memperbaiki kepuasan pelanggan, meningkatkan loyalitas pelanggan, meningkatkan pendapatan, pertumbuhan, dan memperbaiki efisiensi pemasaran perusahaan [7].

Meskipun telah banyak studi tentang penerapan CRM pada berbagai jenis perusahaan, namun apakah CRM juga sesuai dan dibutuhkan untuk diimplementasikan pada biro perjalanan wisata sebagai bagian dari strategi keunggulan kompetitif guna memenangkan persaingan antar biro perjalanan wisata? Studi ini bertujuan mempelajari secara konseptual apakah implementasi CRM pada biro perjalanan wisata dapat meningkatkan keunggulan bersaing perusahaan sehingga dapat dijadikan salah satu strategi dalam memenangkan persaingan bisnis.

II. LANDASAN TEORI

Customer Relationship Management

Customer Relationship Management (CRM) didefinisikan [8] sebagai sebuah kombinasi dari proses bisnis dan teknologi pendukung yang bertujuan untuk menjalin hubungan dengan pelanggan dimana *features* CRM berfokus pada pelanggan. CRM merupakan strategi bisnis inti yang memadukan proses dan fungsi internal serta jaringan eksternal untuk menciptakan dan menyampaikan nilai kepada pelanggan untuk mendapatkan keuntungan [9]. CRM menjadi sebuah strategi bisnis untuk memilih dan mengelola hubungan dengan pelanggan guna mengoptimalkan nilai-nilai perusahaan dalam jangka panjang [2]. Tujuan setiap strategi CRM adalah untuk mengembangkan hubungan yang menguntungkan dengan pelanggan [9] dan untuk menciptakan keunggulan kompetitif secara terus menerus terhadap merek, produk, layanan bahkan perusahaan itu sendiri, secara relatif dibandingkan dengan merek produk atau perusahaan pesaing [10].

Thompson (2006) dalam [2] menyatakan bahwa CRM membutuhkan filosofi bisnis yang dibangun berdasarkan budaya *customer-centric* yang mendukung pemasaran, penjualan, dan pelayanan efektif yang dapat didukung dengan teknologi informasi. CRM digambarkan oleh [11] berupa interaksi perusahaan dalam semua aspek daur hidup pelanggan mulai dari *sales*, *acquisition*, *fulfillment* hingga *retention* seperti tampak pada Gambar 1.

Suroso (2004) dalam [12] menyatakan bahwa keuntungan perusahaan yang menerapkan CRM

adalah perusahaan dapat menggunakan respon dari pelanggan untuk mengidentifikasi peluang pemasaran baru, meningkatkan efisiensi melalui otomatisasi, mampu memberikan respon yang lebih cepat dan baik pada pelanggannya, serta mendapatkan informasi yang dapat dibagi dengan rekan bisnis perusahaan tersebut. Oleh karena itu, penerapan CRM sangat penting bagi perusahaan karena dapat meningkatkan hubungan baik dan memuaskan pada pelanggan yang tercermin dari *customer profitability*, *customer retention* dan *relationship*.

Keunggulan Bersaing Biro Perjalanan Wisata

Biro perjalanan wisata dikatakan memiliki keunggulan bersaing apabila memiliki produk, layanan, dan jasa lainnya yang lebih baik dan tidak mampu dilakukan oleh para pesaingnya. Studi Rajiv (2001) dalam [13] menemukan bahwa pemberian layanan yang lebih baik kepada konsumen memperkuat dan menunjang hubungan jangka panjang dengan konsumen. Dalam studi ini juga ditemukan bahwa pemberian layanan yang baik kepada konsumen dapat meningkatkan kepuasan dan loyalitas konsumen yang berdampak pada pencapaian keunggulan bersaing.

Di era globalisasi sekarang ini, keunggulan kompetitif tidak dapat dicapai dengan hanya mengandalkan sumberdaya fisik saja, namun biro perjalanan wisata harus mampu menggabungkan dan mendayagunakan sumberdaya fisik dan konseptual berupa data dan informasi [2]. Sumber daya konseptual membantu biro perjalanan wisata untuk mengenal lebih dekat para pelanggannya sehingga dapat menjalin hubungan jangka panjang dengan pelanggannya.

Dengan demikian, untuk memperoleh keunggulan kompetitif berkelanjutan, biro perjalanan wisata perlu memfokuskan sumberdaya informasi kepada pelanggannya untuk memperoleh kepuasan dan loyalitas pelanggan. Hal ini merupakan salah satu sumber membangun keunggulan bersaing perusahaan [4].

III. METODE PENELITIAN

Strategi Customer Relationship Management

Dalam menerapkan strategi CRM, mengacu pada [14], biro perjalanan wisata dapat menetapkan dan melaksanakan 5 (lima) program sebagai berikut.

1. Customer Service

Dalam meningkatkan layanan kepada pelanggan, program *customer service* ini dibagi menjadi 2 (dua) jenis, yaitu layanan reaktif dan layanan proaktif. Layanan reaktif adalah layanan kepada pelanggan dalam menghadapi masalah yang membutuhkan bantuan biro perjalanan wisata sesuai dengan kontak yang telah disepakati. Sedangkan layanan proaktif merupakan layanan yang diberikan biro perjalanan wisata yang secara proaktif melakukan kontak dengan para pelanggannya untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi pelanggan, mengurangi keluhan pelanggan dan memperoleh masukan dari para pelanggannya sehingga dapat memberikan solusi yang memuaskan pelanggan.

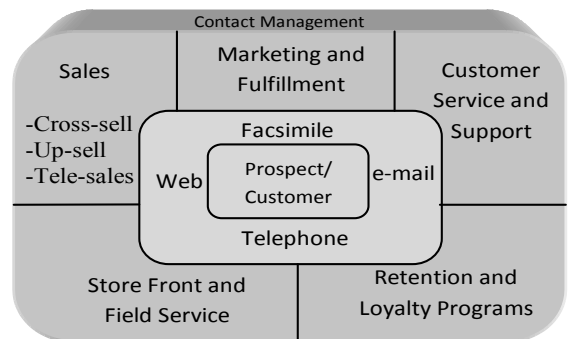
2. Loyalty Programs

Program ini dimaksudkan untuk memberikan penghargaan kepada pelanggan biro perjalanan yang loyal. Penghargaan diberikan kepada pelanggan yang telah melakukan upaya khusus untuk dapat menggunakan jasa biro perjalanan wisata dalam melakukan perjalanan wisata. Penghargaan juga diberikan kepada pelanggan atas loyalitasnya sehingga berupaya memperkenalkan biro perjalanan wisata kepada keluarga, rekan atau kolega bisnis dan teman-teman lainnya.

3. Customization

Program *customization* dilakukan biro perjalanan wisata dengan menciptakan layanan untuk pelanggan secara individu, misalnya sistem informasi tentang paket wisata sesuai dengan hobi dan kegemaran wisata pelanggan atau kebutuhan anggota keluarga atau kerabat pelanggan. Tersedianya

informasi bagi pelanggan bisnis sehingga dapat meningkatkan citra pelanggan di mata rekan bisnis mereka. Informasi lain dapat berupa jadwal perjalanan wisata yang sedang atau akan dilakukan, tanya jawab secara *online*, informasi perubahan jadwal, informasi situasi tempat wisata yang akan dikunjungi, dan lain-lain yang dapat diakses pelanggan melalui berbagai media seperti telepon genggam, laptop, komputer tablet, dan lain-lain. *Customization* bertujuan membantu biro perjalanan wisata memperoleh informasi tentang kebutuhan-kebutuhan pelanggan yang bermanfaat untuk menyesuaikan produk, jadwal dan lain-lain sesuai dengan harapan pelanggan.



Gambar 1. Menggambarkan aplikasi utama dalam sistem *Customer Relationship Management* mencakup semua daur hidup pelanggan.

4. Reward Program

Program ini dijalankan untuk memberikan penghargaan kepada pelanggan potensial berupa manfaat lain selain produk dan atributnya. *Reward* yang diberikan didasarkan pada tingkat keuntungan yang diberikan seorang pelanggan kepada biro perjalanan wisata. *Reward* yang diberikan kepada pelanggan harus spesifik, *tangible*, mudah dilaksanakan, dan bermanfaat bagi pelanggan. Tujuan dari strategi *reward* ini untuk lebih mengenal dan menjalin hubungan yang lebih erat antara pelanggan dengan biro perjalanan wisata.

5. Community Building

Penerapan program *community building* bertujuan untuk membangun jejaring dengan pelanggan agar terjadi pertukaran informasi yang berkaitan dengan produk dan layanan biro perjalanan wisata dengan para pelanggan. Program ini membawa dampak terciptanya hubungan prospektif melalui produk dan layanan wisata yang ditawarkan kepada pelanggan secara personal. Dengan demikian, pelanggan telah terikat sehingga merasa berat bila ingin meninggalkan biro perjalanan wisata yang dianggap telah banyak membantu pelanggan mendapatkan tempat-tempat wisata yang ingin dikunjunginya. Program ini perlu dikelola dengan baik untuk mengembangkan hubungan yang lebih baik dengan pelanggan-pelanggan loyal dan potensial.

Kerangka Kerja Customer Relationship Management

Pertimbangan penting dalam mengimplementasikan CRM adalah kesiapan biro perjalanan wisata untuk melakukan perubahan paradigma yang cukup mendasar, yaitu: dari perusahaan berorientasi produk ke orientasi pelanggan, dari perusahaan berbasis struktur menjadi berbasis proses, dan dari perusahaan tidak mementingkan informasi menjadi semakin memanfaatkan *information literacy* [14]. Agar dapat mengembangkan informasi tersebut dalam membangun hubungan dengan pelanggan, maka terdapat 7 (tujuh) komponen kerangka kerja CRM yang perlu dimiliki perusahaan sebagai berikut.

1. Membangun Basisdata Pelanggan.

Membangun basisdata tentang aktivitas pelanggan merupakan langkah awal yang perlu dilakukan biro perjalanan wisata. Basisdata pelanggan merupakan aset utama perusahaan yang dapat dihitung performanya sebagaimana *financial performance*. Selain itu basisdata pelanggan dapat dijadikan ukuran nilai perusahaan sekarang dan perkiraan performa perusahaan di masa mendatang.

2. Analisis Data.

Basisdata pelanggan dianalisis untuk mengenal setiap pelanggan dalam basisdata dan mengetahui apa saja yang didapatkan dari para pelanggan yang menghasilkan keuntungan pada perusahaan.

3. Seleksi Pelanggan

Berdasarkan analisis basisdata pelanggan, biro perjalanan wisata menyeleksi pelanggan yang akan menjadi sasaran program-program pemasaran.

4. Target Pelanggan

Biro perjalanan wisata melakukan penargetan (*targeting*) menggunakan *portofolio* metode pemasaran langsung dan pengembangan komunikasi dengan pelanggan melalui media internet.

5. Hubungan Pemasaran

6. Pelaksanaan program ini bertujuan memperluas daerah operasi penjualan dan penawaran produk dan layanan wisata sehingga dapat memberi kepuasan pelanggan yang lebih tinggi dibanding pesaing. Perluasan pasar sangat penting dalam mendukung strategi keunggulan bersaing biro perjalanan wisata.

7. Privasi

Aktivitas pengembangan hubungan biro perjalanan wisata dengan pelanggan telah meningkatkan kemampuan perusahaan untuk memberikan produk dan layanan yang sesuai dan sejumlah informasi yang dibutuhkan untuk memberikan produk dan layanan tersebut kepada pelanggan.

8. Metrics

CRM memberikan penekanan lebih pada pengembangan pengukuran berpusat pada pelanggan dan memberikan gagasan tentang bagaimana menjalankan kebijakan dan program CRM.

Tahapan Customer Relationship Management

Berdasarkan 3 (tiga) tahapan CRM yang dikemukakan oleh [8], maka tahapan dalam implementasi CRM pada biro perjalanan wisata adalah sebagai berikut.

1. *Acquisition*

Biro perjalanan wisata berupaya mendapatkan pelanggan baru dengan mempromosikan paket-paket wisata dan jasa layanan perjalanan wisata kepada masyarakat.

- Penawaran produk yang beragam yang disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan.
- Melakukan penawaran dengan sebaik-baiknya berdasarkan basis pengetahuan terhadap pelanggan.
- Memberikan pelayanan yang memuaskan dan secara proaktif memberikan tanggapan kepada pelanggan.

2. *Enhancement*

Biro perjalanan wisata meningkatkan hubungan dengan pelanggan melalui penjualan produk paket wisata dan layanannya secara *up-selling* dan *cross-selling*. Menawarkan kemudahan kepada pelanggan dengan harga jual yang lebih rendah dari para pesaing.

3. *Retention*

Dalam upaya mempertahankan pelanggan yang menguntungkan, biro perjalanan wisata fokus pada kemampuannya dalam beradaptasi pada kebutuhan dan kemauan pelanggan, bukan pada kemauan pasar.

- Memberdayakan basis pengetahuan tentang pelanggan untuk membangun pelayanan yang adaptif.
- Memberikan motivasi insentif kepada sumber daya manusia (SDM) untuk melakukan pemeliharaan pelanggan.

Implementasi Aplikasi Customer Relationship Management

Untuk mengimplementasikan strategi CRM, biro perjalanan wisata perlu melakukan 4 (empat) tahapan yang kemukakan [15] sebagaimana tampak pada Gambar 2.

Biro perjalanan wisata memulai tahapan pertama yaitu mendefinisikan visi, misi, nilai dan budaya perusahaan. Misi yang dibuat meliputi kombinasi dari tujuan ekstrinsik (misalnya penghargaan), intrinsik (misalnya pembelajaran, kepuasan pekerjaan), dan tujuan transenden (misal kepuasan akan

pemenuhan kebutuhan pelanggan, memperlakukan pelanggan secara manusiawi). Tahap kedua adalah bagaimana merancang strategi CRM itu sendiri. Bagaimana pola perusahaannya berhubungannya dengan pelanggan terbaik dengan tingkat kualitas tertinggi untuk jangka panjang sebagai sebuah strategi.

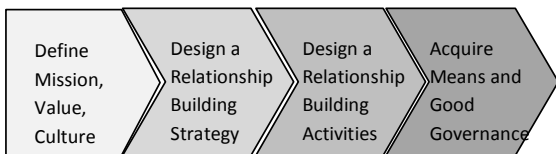
Pada tahap ketiga adalah merancang dan mengimplementasikan serangkaian praktek CRM pada biro perjalanan wisata dengan membangun bagan aktivitas hubungannya dengan pelanggan sebagai bagian strategi CRM dalam mendukung pemasaran perusahaan. Tahap terakhir adalah mengadakan sarana dan sumber daya dengan efektif demi keberhasilan implementasi CRM, antara lain perangkat keras, perangkat lunak, *website*, intranet, ekstranet, data mining, dan lain-lain.

Untuk memperoleh hasil yang maksimal dalam mengimplementasikan CRM, [16] menjabarkan 6 (enam) langkah yang dimulai dari proses *collecting*, *storing*, *accessing*, *analyzing*, *marketing*, dan *enhancing*. Masing-masing langkah tersebut yang dibahas lebih detail sebagai berikut.

- Collecting* adalah proses pengumpulan informasi pelanggan dengan mengidentifikasi dan mengkategorikan perilaku (*behavior*) pelanggan. Tujuan proses ini adalah untuk mendapatkan keseluruhan informasi yang dibutuhkan biro perjalanan wisata terhadap pelanggannya. Biro perjalanan wisata dapat memperoleh data-data pelanggan termasuk keluarga, kerabat dan sanak familinya melalui form isian sewaktu registrasi atau form isian keanggotaan.
- Storing* adalah proses penyimpanan seluruh informasi pelanggan hasil *collecting* tersebut ke dalam basis data. Sebaiknya biro perjalanan wisata memiliki basis data terpusat dengan tujuan agar semua sistem mengakses basis data yang sama, menghindari terjadinya redundansi data, dan lebih efisien.
- Accessing* adalah proses pengaksesan informasi pelanggan. Tujuan proses ini adalah mendistribusikan informasi kepada

seluruh pengguna dalam format yang sederhana.

4. *Analyzing* adalah proses menganalisis perilaku pelanggan. Dalam proses ini, biro perjalanan wisata menganalisis atau mempelajari pola-pola perilaku pelanggan untuk menghasilkan profil pelanggan yang diinginkan. Informasi ini akan berguna untuk menentukan strategi promosi atau penjualan dalam menjaring pelanggan baru.
5. *Marketing* adalah proses meningkatkan upaya pemasaran yang lebih efektif untuk memperoleh pelanggan yang paling menguntungkan bagi biro perjalanan wisata. Inti dari proses ini adalah bagaimana memperoleh efek pareto yaitu 20 persen pelanggan mampu memberikan keuntungan 80 persen pada biro perjalanan wisata. Keuntungan dalam hal ini tidak hanya dari segi finansial, namun juga citra, prestasi, hubungan dengan lingkungan, dan lain sebagainya.
6. *Enhancing* adalah proses meningkatkan pengalaman pelanggan. Langkah ini dilakukan untuk mengurangi protes atau keluhan pelanggan terhadap produk dan layanan biro perjalanan wisata. Hasil proses ini sangat penting bagi biro perjalanan wisata karena hasil dari proses inilah yang menjadi tujuan biro perjalanan wisata perlu mengimplementasikan CRM.



Gambar 2. Menggambarkan 4 tahapan melakukan implementasi strategi *Customer Relationship Management*.

IV. PEMBAHASAN

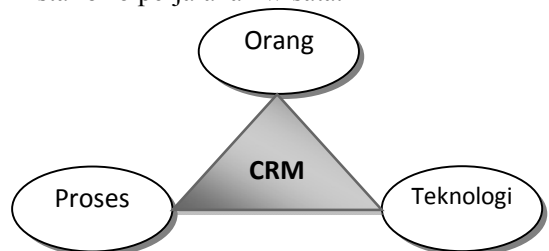
Implementasi CRM pada biro perjalanan wisata menjadikan biro perjalanan wisata sebagai perusahaan jasa yang berfokus pada pelanggan. Konsekuensi dari hal tersebut adalah biro perjalanan wisata membutuhkan prosespekerjaan baru, perubahan dan perbaikan

struktur dan budaya organisasi. Hoskin (2001) dalam [6] mengingatkan pemahaman konsep CRM sangat penting karena tanpa pemahaman yang benar akan konsep CRM dapat menjadi hambatan bagi biro perjalanan wisata dalam memformulasikan dan mengimplementasikan CRM.

Aspek Penting Customer Relationship Management

Dalam proses implementasi CRM, berdasarkan [14] terdapat 3 (tiga) aspek penting yang perlu dibenahi biro perjalanan wisata seperti tampak pada Gambar 3, yaitu: aspek orang, aspek proses dan prosedur, dan aspek sistem dan teknologi.

1. Aspek Orang. Pada aspek ini yang penting diperhatikan adalah perubahan *knowledge*, *skill* dan *attitude* SDM tentang pelayanan kepada pelanggan. Dimulai dengan melakukan sosialisai visi dan misi implementasi CRM kepada seluruh staf dan rekanan biro perjalanan wisata, yang selanjutnya melakukan pelatihan dan pendampingan kepada seluruh staf agar lebih siap dalam proses implementasi CRM.
2. Aspek proses dan prosedur. Pada aspek ini, biro perjalanan wisata harus mendefinisikan layanan kepada pelanggan secara rinci. Hal ini dimaksudkan agar staf yang berhubungan langsung dengan pelanggan memiliki aturan jelas tentang tatacara melayani pelanggannya. Hal lain yang tidak kalah penting yang harus dilakukan biro perjalanan wisata adalah menghubungkan antara kepuasan pelanggan dengan kinerja setiap stafnya sehingga proses pelayanan pelanggan menjadi sistem yang dijalankan oleh seluruh staf biro perjalanan wisata.



Gambar 3. Menggambarkan tiga pilar *Customer Relationship Management*.

3. Aspek sistem dan teknologi. Pada aspek sistem dan teknologi, biro perjalanan wisata dapat memilih model implementasi CRM yang sesuai dengan kondisi perusahaan, misalnya apakah model CRM analitik atau operasional, CRM *hosted* atau *in-house*. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan sistem dan teknologi antara lain, kemampuan anggaran perusahaan, kemampuan SDM teknologi informasi, pengembangan CRM ke depan, dan lain sebagainya.

Dampak Implementasi CRM pada Biro Perjalanan Wisata

Berdasarkan dampak dari implementasi CRM seperti yang dikemukakan [17], maka dampak implementasi CRM pada biro perjalanan wisata khususnya terhadap pelanggan, staf administrasi dan manajemen, cabang, dan perusahaan secara keseluruhan dijabarkan sebagai berikut.

a. Pelanggan

Pelanggan memperoleh hak akses informasi tentang program-program wisata, jadwal perjalanan wisata, biaya perjalanan wisata, kelebihan tempat wisata, dan kesempatan memperoleh promo produk perjalanan wisata. Pelanggan memiliki hak akses ke biro perjalanan wisata dengan seluruh layanan yang tersedia melalui internet dengan berbagai media atau perangkat komunikasi yang mereka miliki.

Sumber daya teknologi menjadi bagian integral proses belajar pelanggan selama mengikuti program atau paket perjalanan wisata yang diselenggarakan biro perjalanan wisata. Pengalaman seperti ini merupakan hal yang sangat berharga bagi pelanggan dalam berinteraksi dengan biro perjalanan wisata yang berdampak pada kepuasan dan loyalitas mereka sebagai pelanggan biro perjalanan wisata.

b. Staf Administrasi

Dampak implementasi CRM pada administrasi biro perjalanan wisata adalah terbentuknya kemandirian para staf administrasi

dalam memberikan layanan kepada pelanggan. Biro perjalanan wisata dapat memberdayakan suatu tim kerja administrasi yang memikirkan peningkatan layanan administrasi perusahaan kepada pelanggan. Dengan demikian, para staf administrasi akan menjadi lebih fokus, produktif, lebih dekat dengan pelanggan, dan memperoleh kepuasan kerja yang lebih tinggi.

c. Staf pemandu wisata

CRM mampu memberikan nilai tambah kepada para pemandu wisata sebagai rekanan biro perjalanan wisata dalam memberikan layanan kepada pelanggan. Dalam sistem ini, layanan administrasi dan layanan staf pemandu ataupun lainnya merupakan satu kesatuan layanan yang utuh sehingga tidak ada perbedaan atau ketimpangan di antara mereka.

Hubungan antara pemandu, supir kendaraan, dan staf lainnya dengan pelanggan, merupakan layanan yang dinamis berdasarkan sumber daya dan strategi yang dimiliki perusahaan untuk meningkatkan kepuasan pelanggan dalam perjalanan wisatanya.

d. Advancement

Dalam penyelenggaraan paket perjalanan wisata yang berkualitas namun terjangkau bagi masyarakat, biro perjalanan wisata dapat melakukan kerjasama dengan komunitas tertentu yang tumbuh subur di masyarakat. Dengan kerjasama ini maka diharapkan biro perjalanan wisata dapat menggalang dana untuk kebutuhan operasional perusahaan. Tujuan lain dari kegiatan ini adalah memperkenalkan visi dan misi perusahaan kepada komunitas sebagai donatur yaitu dukungan perusahaan terhadap upaya pemerintah memperkenalkan tempat wisata kepada calon wisatawan mancanegara. Keberhasilan dari program ini dapat diukur dari seberapa sering komunitas tersebut menggunakan jasa biro perjalanan wisata dalam kegiatan sosial kunjungan wisata sebagai wujud kepedulian terhadap

pengembangan biro perjalanan wisata di masa mendatang.

Dengan penerapan CRM, para donatur sebagai anggota komunitas secara individu dapat terkoneksi ke perusahaan melalui berbagai media sebagai sarana berhubungan antara mereka dengan biro perjalanan wisata. Pendekatan CRM mengidentifikasi, memilih, dan menghasilkan daftar komunitas dan donatur sasaran dengan informasi terkini untuk membangun konstitusi yang terus memberikan sumbangan bagi pengembangan institusi. Bagi komunitas, sumbangan ini menjadi investasi yang tak terkirakan nilainya bagi pengembangan pariwisata di negara yang dicintainya. Masyarakat yang menghargai pandangan ini akan tergerak hatinya sehingga bergabung mengembangkan biro perjalanan wisata.

Melalui penerapan CRM, maka seluruh *stakeholders* biro perjalanan wisata dapat terlibat dalam penggalangan dana bagi perusahaan. Dengan bantuan teknologi dapat diketahui kontribusi terakhir dari komunitas dan para donatur yang dapat digunakan sebagai informasi bagi penggalangan dana berikutnya. Tujuan utamanya adalah untuk menarik perhatian komunitas dan masyarakat agar berinisiatif memberikan kontribusi bagi pengembangan perusahaan di masa yang akan datang.

e. Perusahaan

CRM memberikan kerangka konseptual dan struktural baru pada biro perjalanan wisata untuk mengarahkan seluruh aktivitas perusahaan untuk menarik dan mempertahankan pelanggannya. Pelanggan biro perjalanan wisata memperoleh keuntungan dari peningkatan akses terhadap informasi dan layanan antara lain sebagai berikut.

1. Pelanggan dan pengguna jasa layanan wisata, para staf, pimpinan dan rekanan perusahaan dapat mengakses dan memperbaharui informasi dari setiap perangkat yang terhubung ke

internet dari dan dimana saja di dunia ini.

2. Integrasi seluruh file basis data perusahaan dari proses yang saling berkaitan antara pelanggan, keuangan, rekanan, pengguna jasa layanan wisata dan sistem sumber daya manusia biro perjalanan wisata.
3. Memperoleh layanan sesuai kebutuhan pelanggan dengan struktur yang lebih fleksibel dari sistem.
4. Sistem administrasi yang terintegrasi dengan produk layanan, informasi, komputasi keuangan dan sistem komunikasi dengan pelanggan dan pengguna jasa layanan wisata.

Yang terpenting adalah kemampuan biro perjalanan wisata beserta seluruh personel dengan perangkat yang dimilikinya, mampu memberikan layanan sesuai harapan *stakeholder* sebagai pelanggannya. Mengacu pada apa yang dikemukakan oleh [18], untuk memperoleh suatu keunggulan kompetitif yang kuat dan bertahan dalam jangka panjang, biro perjalanan wisata harus memiliki suatu kelebihan dalam *skill* dan kapabilitas yang dimiliki oleh para karyawannya [19]. Dengan demikian seluruh produk dan layanan perusahaan dapat difokuskan pada pelanggan yang dilayaninya, bukan berfokus pada penyelesaian sistem administrasi saja.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pembahasan yang telah disampaikan maka dapat disimpulkan bahwa Customer Relationship Management perlu dan sangat sesuai untuk diterapkan pada biro perjalanan wisata sebagai strategi keunggulan bersaing dalam memenangkan persaingan bisnis antar biro perjalanan wisata. CRM merupakan strategi bisnis yang berorientasi pada pelanggan yang bertujuan dengan meningkatkan kepuasan dan loyalitas pelanggan sehingga berdampak pada peningkatan daya saing dan profit perusahaan.

Implementasi CRM harus dilakukan dengan tepat agar dapat membantu memperbaiki

kepuasan pelanggan, meningkatkan loyalitas pelanggan, meningkatkan pendapatan, pertumbuhan, dan memperbaiki efisiensi pemasaran perusahaan. Hal tersebut tercermin pada *customer profitability*, *customer retention* dan *relationship*. Selain itu, implementasi CRM juga memberi dampak positif yaitu peningkatan motivasi SDM biro perjalanan wisata untuk meningkatkan kualitas layanan kepada seluruh pelanggannya.

Implementasi CRM memiliki tingkat kesulitan yang cukup tinggi yang dapat mengakibatkan timbulnya biaya tinggi bagi perusahaan. Menurut [6], implementasi CRM untuk mengelola hubungan dengan pelanggan tidak menjamin akan memberikan hasil yang memuaskan. Oleh karena itu, dibutuhkan penentuan yang cermat akan sistem dan teknologi yang digunakan dalam implementasi CRM berdasarkan *best practice* yang telah dilakukan para pakar. Selain itu, untuk meminimalisasi kesalahan dalam implementasi CRM, maka dukungan dan komitmen pimpinan biro perjalanan wisata sangat dibutuhkan dalam kaitan hubungan strategi CRM dengan perencanaan strategik perusahaan ke depan. Studi [19] dan [20] membuktikan bahwa kesuksesan implementasi CRM ditentukan oleh isu internal organisasi dan kemampuan untuk mengakses informasi yang relevan. Untuk mendukung kesuksesan implementasi CRM, perlu adanya perubahan dalam organisasi dalam mengelola informasi tentang pelanggan. Oleh karena itu, perusahaan biro perjalanan wisata tidak boleh hanya sekedar tahu banyak tentang perilaku pelanggan, tetapi manajemen harus dapat memanfaatkan pengetahuan tersebut untuk menghasilkan keuntungan bagi perusahaan.

UNGKAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada semua pihak khususnya biro-biro perjalanan wisata atas bantuan data dan informasi yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada

program studi S1 Sistem Informasi dan bagian PPM STIKOM Surabaya atas dukungannya sehingga sehingga dapat mempresentasikan hasil penelitian ini dalam prosiding ini.

REFERENSI

- [1] The World Travel & Tourism Council *.Travel and Tourism, World Economic Impact 2012*, 2012.
- [2] Haryanto Tanuwijaya, "Implementasi Customer Relationship Management Dalam Meningkatkan Keunggulan Bersaing Perguruan Tinggi," *prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Informasi 2012 (SNASTI 2012)*, Surabaya, 2012, pp. OSIT 69-76.
- [3] P. Kotler dan K.F.A. Fox, *Strategic Marketing for Educational Institutions*. New Jersey: Prentice-Hall, 1985.
- [4] S.G. Bharadwaj, P.R. Varadarajan, dan J. Fahy, "Sustainable Competitive Advantage in Service Industries: A Conceptual Model and Research Propotions," *Journal Marketing*, vol. 57, pp. 83-99, October 1993.
- [5] N.W. Wisswani, "Kajian Potensi Implementasi Customer Relationship Management di Lingkungan Politeknik Negeri Bali," *Teknologi Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 79-83, 2010.
- [6] L. Ellitan dan L. Anatan, "Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Implementasi Customer Relationship Management: Sebuah Usulan Kerangka Kerja Konseptual," *Seminar Nasional Sistem dan Informatika 2006*, Bali, 2006, pp. 59-66.
- [7] B. Goldenberg, "What is CRM? What is an e-customer? Why you need them now?" *Proceedings of DCI Customer Relationship Management Conference*, Boston, June 2000.
- [8] R. Kalakota dan M. Robinson, *e-Business 2.0: Roadmap for Success*. Canada: Addison -Wasley Pearson Education, 2001.
- [9] F. Buttle, *Customer Relationship Management: Concept and Tools*, Elsevier, Oxford, 2007

- [10] F. Rangkuti, *Measuring Customer Satisfaction*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2003.
- [11] O'Brien. 2004. *Introduction to Information System*. McGrawHill.
- [12] I.W. Adisaputra dan H. Tanuwijaya, "Implementasi Customer Relationship pada Biro Perjalanan Wisata (Studi Kasus Pada Bali Star Island)," prosiding *Seminar Nasional Teknologi dan Informasi 2009 (SNASTI 2012)*, Surabaya, 2009, pp. 260–266.
- [13] T.G.R. Sukawati, "Pengaruh Strategi Diferensiasi Terhadap Kepuasan Pelanggan Pita Maha A Tjampuhan Resort & Spa di Ubud," *Buletin Studi Ekonomi*, vol. 12, no. 1, pp. 70-87, 2007.
- [14] Sony Santosa, "Penerapan Customer Relationship Marketing Serta Kualitas Produk Untuk Meningkatkan Loyalitas Pelanggan," *Manajerial*, vol. 2, no. 2, Desember 2010.
- [15] L.G. Renart, dan C. Cabre, "How To Improve A CRM Strategy," Working paper, IESE Business School-University of Navarra, Spain, May 2007.
- [16] Vinnocrm. (9 Agustus, 2012). 6 Langkah Implementasi Software CRM (2009). [Online]. Diakses dari: <http://software-vinnocrm.blogspot.com>.
- [17] G.B. Grant dan G. Anderson. *Customer Relationship Management: A Vision for Higher Education*. A Publication of EDUCAUSE and NABOSU. Jossey-Bass Inc, 2002.
- [18] C. Brewster, P. Dowling, Grobler, P. Holland, dan S. Warnich, *Contemporary Issues in HRM: Gaining a Competitive Advantage*. Oxford, University Press: Southern Africa, 2000.
- [19] D.K. Rigby, F.F. Reichheld, dan P. Schefter, "Avoid the four perils of CRM," *Harvard Business Review*, vol. 80, no. 2, pp. 101-109, 2002.
- [21] Ernst and Young, "Eighth Annual Special Report on Technology in Banking and Financial Services," Press Release Archive Canadian Fact Sheet, 2001.
- Haryanto Tanuwijaya** was born in Samarinda, East Kalimantan. The author's educational background is S.Kom degree in Information Systems from STIKOM Surabaya College, Indonesia, 1993 and M.MT degree in Technology Management from Sepuluh Nopember Institute of Technology, Indonesia, 2002. This author earned Doctor in Strategic Management from University of Airlangga Indonesia in 2012. He was the Director of STIKOM Surabaya College. He is currently the Head of development and implementation of information technology, STIKOM Surabaya, and a senior lecturer of STIKOM Surabaya College. He wrote a book entitled *Information System: Concept, System, and Management* (Yogyakarta, Indonesia: Graha Ilmu, 2005), and *Production and Operations Management* (STIKOM Press, 2012). His research and teaching interests include Strategic Information Systems, IT Governance, IT Audit, Information Systems Security Management, Customer Relationship Management, Integrated Information Systems and Decision Support Systems.

Studi Pengukuran *Geomagnetic Induced Current (GIC)* Akibat *Geomagnetic Storm* Pada Transformator Daya

Ri Munarto¹, Wahyu Wijayanto²

¹ Staf Pengajar di Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon

² Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon

¹ri_munarto@yahoo.com, ²wahyu_a88@yahoo.com

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya arus *Geomagnetic Induced Current (GIC)* yang terjadi di Indonesia. Arus *GIC* yang terjadi karena *Geomagnetic Storm* memiliki karakteristik frekuensi $< 0,1\text{Hz}$. *Time derivative* komponen medan magnet bumi (dB/dt) digunakan untuk memprediksi besarnya arus *GIC*. Arus *GIC* memberikan dampak negative terhadap peralatan listrik khususnya trafo, hal ini karena saat trafo terinjeksi arus *GIC* akan mengalami kejenuhan (*half cycle saturated*) yang akan menyebabkan *losses* meningkat. Arus *GIC* yang terjadi di Indonesia, didapat nilai terendah $0,2\text{ A}$ dan tertinggi adalah $2,4\text{ A}$. Saturasi akan lebih cepat terjadi saat trafo dalam keadaan berbeban penuh, terlebih jika kurangnya perawatan trafo.

Kata kunci — *GIC*, *Geomagnetic Storm*, trafo

I. PENDAHULUAN

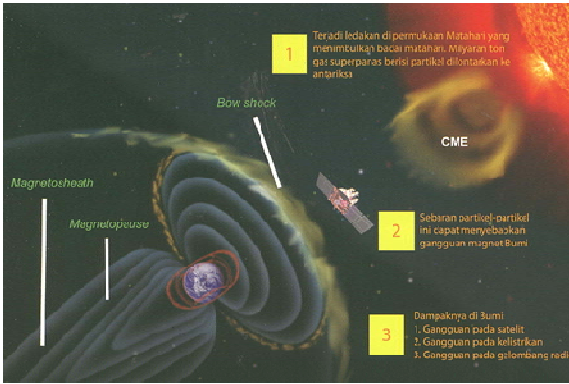
Gangguan pada sistem tenaga listrik tidak saja disebabkan oleh hal-hal yang terjadi didalam bumi (internal), tetapi juga bisa disebabkan dari luar bumi (eksternal). Gangguan eksternal disebabkan oleh aktivitas matahari yang terus berlangsung dalam periode siklusnya yakni dengan puncak siklus 11-13 tahun. Saat berada pada puncak siklusnya, matahari secara intens mengeluarkan energi partikelnya (angin surya/*solar wind*) yang disebabkan oleh aktivitas matahari berupa *CME (Coronal Mass Ejections)* dengan kecepatan 20-2000 km/s, yang saat berinteraksi dengan medan magnet bumi akan mengakibatkan gelombang kejut (*shock wave*) atau yang disebut badai geomagnetik (*geomagnetic storm*) yang semakin intens dengan IMF (*Interplanetary Magnetic Field*) medan magnet antar planet yang mengarah ke selatan [1]. Aktivitas matahari terjadi karena periode rotasi matahari untuk daerah ekuator dan kutubnya berbeda. Di ekuator, untuk satu kali rotasi membutuhkan waktu 25 hari. Sedangkan untuk daerah kutub, satu kali rotasi membutuhkan waktu 36 hari. Perbedaan kecepatan rotasi untuk daerah dengan lintang yang berbeda di matahari ini dinamakan sebagai rotasi diferensial. Adanya rotasi diferensial diyakini menyebabkan terpuntirnya medan magnet matahari sehingga menjadi tidak stabil.

Ketidakstabilan medan magnet di permukaan matahari ini menimbulkan beberapa fenomena di matahari seperti *sunspot*, *flare*, dan *Coronal Mass Ejection*.

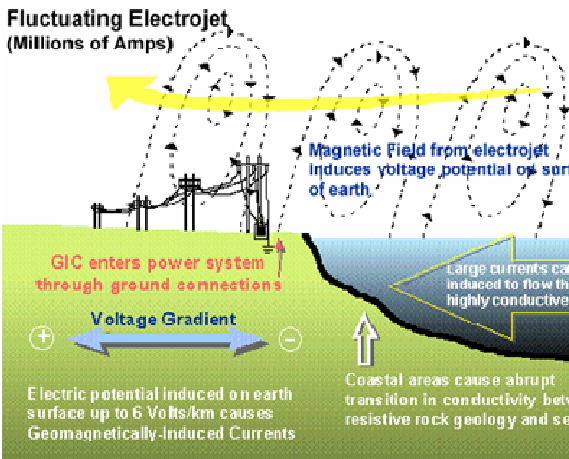
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Geomagnetic Induced Current (GIC)*

Gangguan badai geomagnetik yang disebabkan *Coronal Mass Ejection (CME)* kadangkala dapat terjadi secara ekstrim. Peristiwa ini sering menyebabkan rusaknya peralatan teknologi tinggi untuk pemantau cuaca antariksa seperti satelit, sistem navigasi, komunikasi HF, dan juga gangguan pada trafo listrik. Energi partikel dari angin matahari yang sangat tinggi, berinteraksi dengan magnetosphere bumi dan terjadi sistem *coupling* antara magnetosphere dan ionosphere yang menghasilkan arus ionosphere atau arus elektrojet, arus ini menghasilkan medan magnet yang membuat terjadinya badai geomagnet yang semakin besar, fluktuasi medan magnet ini menginduksikan tegangan di permukaan bumi yang dikenal sebagai *ESP (Earth Surface Potential)*[2]. Deskripsi peristiwa *CME* pada Gambar 1, dan arus *GIC* yang terjadi pada gambar 2.



Gambar 1. Aktivitas Matahari Berupa CME



Gambar 2. Arus GIC Akibat ESP

Arus GIC yang mengalir melalui *ground* trafo dan masuk kedalam belitan-belitan trafo menyebabkan gangguan pada trafo seperti saturasi akibat membesarnya *exciting current*, meningkatnya rugi-rugi trafo, harmonisa serta over heating trafo, terutama apabila perawatan trafo yang kurang baik dan umur trafo yang relatif sudah lama.

B. Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik statis yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik bolak-balik (arus dan tegangan) dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain pada frekuensi yang sama melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Pada saat trafo dalam keadaan tak terbeban akan mengalirkan arus primer I_0 (arus eksitasi) yang juga sinusoid dan

menimbulkan fluks (Φ) yang sefasa dan juga berbentuk sinusoid. Fluks yang sinusoidal ini akan menghasilkan tegangan induksi e_1 (Hukum Faraday) dengan persamaan:

$$e_1 = -N \frac{d\Phi}{dt} = -N \omega \Phi_{max} \cos \omega t \quad (1)$$

Pada saat trafo terbeban, I_2 mengalir pada kumparan sekunder, dimana $I_2 = V_2 / Z_L$ dengan $\theta_2 =$ faktor kerja beban. Arus beban I_2 ini akan menimbulkan gaya gerak magnet (ggm) $N_2 I_2$ yang cenderung menentang fluks (Φ_m) bersama yang telah ada akibat arus pemagnetan (I_m). Agar fluks bersama itu tidak berubah nilainya, pada kumparan primer harus mengalir arus I_2' , yang menentang fluks yang dibangkitkan oleh arus beban I_2 , sehingga keseluruhan arus yang mengalir pada kumparan primer menjadi :

$$I_1 = I_0 + I_2' \quad (2)$$

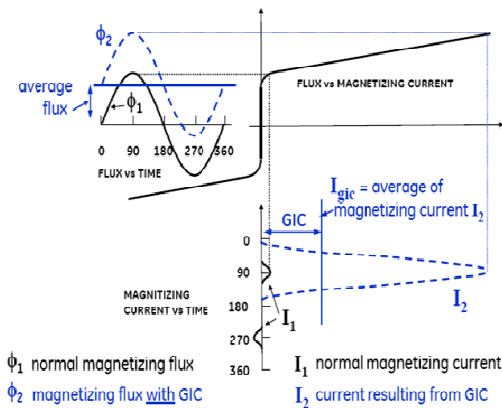
C. Saturasi Transformator Akibat GIC

Arus searah pada belitan transformator menyebabkan pergeseran titik kerja pada kurva magnetisasi transformator. Titik puncak gelombang fluks magnetik transformator umumnya dirancang mendekati *knee point* magnetisasi. Pergeseran titik kerja kurva magnetisasi transformator menyebabkan transformator mengalami kejenuhan dalam setengah siklus magnetisasinya. Karena mengalami kejenuhan setengah siklus, transformator menarik arus magnetisasi yang besar dan asimetris, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Efek ini dikenal sebagai kejenuhan setengah siklus setengah gelombang [3] [4], dan merupakan penyebab dari hampir semua permasalahan yang terjadi pada peralatan dan operasi jaringan selama kejadian GIC. Pada saat arus dc (*GIC*) mengalir kedalam trafo atau bisa disebut dengan dc *offset*, fluks yang ditimbulkan oleh arus dc akan merubah fluks

yang ada pada trafo [5] [6], dimana fluks itu adalah fluks bersama yang bersifat fluks ac, sehingga terjadi peningkatan arus magnetisasi pada trafo yang akan semakin intens dengan besarnya arus *GIC*, karena inti besi pada trafo memiliki kurva B-H non-linear. Dengan memperhatikan gambar 3, dapat dituliskan persamaan:

$$\Phi_{total} = \Phi_{ac} + \Phi_{dc} \quad (3)$$

GIC Causes Transformer Saturation



Gambar 3. Saturasi Pada Trafo

Arus eksitasi yang dihasilkan saat terinjeksi oleh arus gic adalah penjumlahan antara arus eksitasi ac dengan arus eksitasi dc.

D. Analisis Derivative Komponen Medan Magnet Dengan Regresi Linear

Analisis regresi linear digunakan untuk mencari koefisien tertinggi antara beberapa komponen medan magnet bumi saat terjadi badai geomagnetik. Besarnya arus *GIC* dapat dihitung melalui pendekatan regresi linear atau *Least Square*, dimana metode ini digunakan untuk mencari nilai faktor K dalam mencari nilai *GIC* [7]. Secara umum rumus dari persamaan regresi linear adalah sebagai berikut:

$$Y = a + bX \quad (4)$$

Dimana:

Y = Variabel terikat (peubah tak bebas)

X = Variabel bebas (peubah bebas)

a = Intersep atau konstanta

b = Koefisien regresi/slope

Setelah didapatkan persamaan regresi, maka langkah selanjutnya adalah mencari koefisien korelasi yang dirumuskan sebagai berikut:

$$r = \frac{\sum (xi - \bar{x})(yi - \bar{y})}{\sqrt{\sum (xi - \bar{x})^2 \sum (yi - \bar{y})^2}} \quad (5)$$

Dimana :

n = banyaknya data ke *n*

yi = nilai peubah tak bebas *y* ke *i*

xi = nilai peubah bebas *x* ke *i*

Dengan menggunakan metode ini, didapat sebuah koefisien korelasi yang paling tinggi untuk dimasukkan kedalam persamaan:

$$GIC = K \cdot \frac{d\Phi}{dt} \quad (7)$$

Dimana:

GIC = Geomagnetically Induced Current (A)

K = Linear coefisien

$\frac{d\Phi}{dt}$ = Time Derivative components (nT/time)

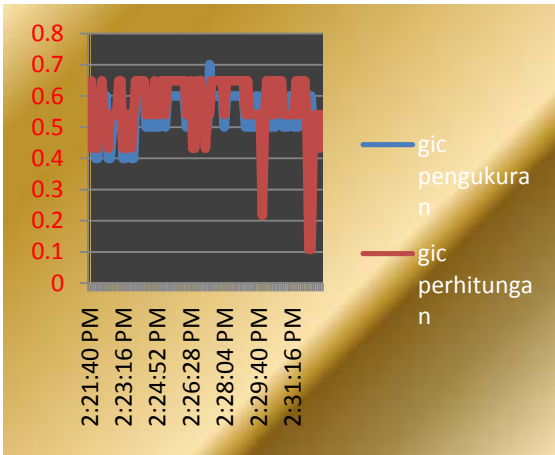
E. Data Yang Digunakan

Data yang digunakan adalah data komponen time derivative medan magnet yang diambil dari alat pengukur medan magnet bumi yaitu Magnetometer MB-162C.

Data pada tanggal 2 maret 2011, diolah dengan analisis regresi linear dengan menggunakan persamaan (5), dan diperoleh besar korelasi seperti pada tabel 3.

Dengan menggunakan persamaan (7), didapat nilai K adalah sebesar K=-0,88527 A t/nT, dengan t=6s, konstanta ini kemudian dimasukkan pada tabel pengukuran *GIC* di GI Cawang pada tanggal 3 Maret 2011, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa baiknya metode yang digunakan dalam analisis ini, dan hasilnya terlihat pada tabel 4 dibawah ini.

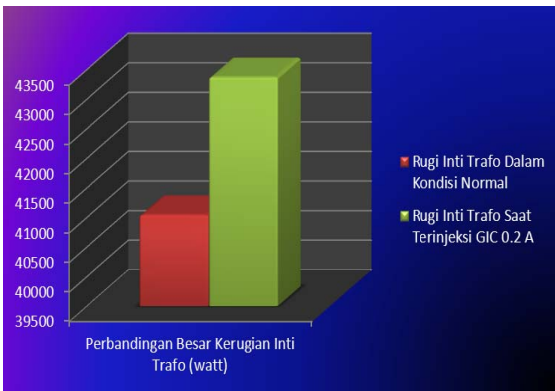
Dari tabel diatas didapat perbandingan nilai arus GIC pengukuran dengan GIC hasil perhitungan, seperti pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Perbandingan GIC Perhitungan Dan Pengukuran

F. Analisis Rugi-rugi Inti Trafo

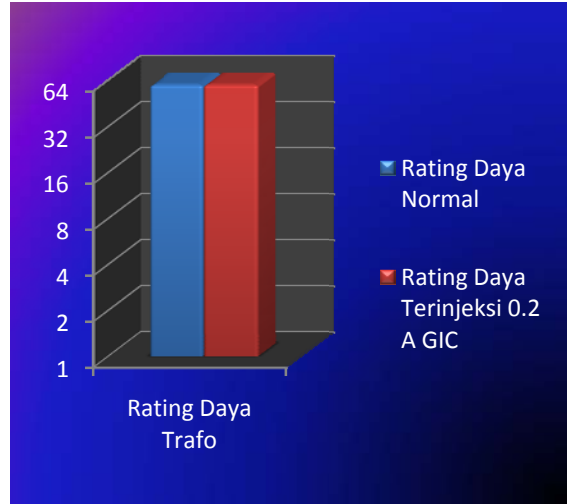
Saat terinjeksi arus GIC, terjadi peningkatan losses pada trafo, dibawah ini merupakan grafik perbandingan rugi-rugi inti trafo saat kondisi normal dengan saat terinjeksi GIC 0,2A.



Gambar 5 Grafik Rugi Inti Trafo

Dalam keadaan normal trafo , rugi-rugi trafo adalah sebesar 41,402 watt, namun saat terinjeksi 0,2 A GIC rugi inti trafo adalah sebesar 43,373 watt.

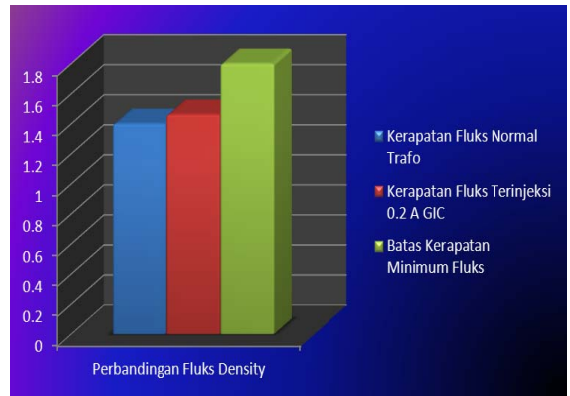
G. Analisa Rating Daya Trafo



Gambar 6 Grafik Rating Daya Trafo

Dalam keadaan normal trafo , daya trafo adalah sebesar 60 MVA, namun saat terinjeksi 0,2 A GIC daya trafo adalah sebesar 60,044 MVA.

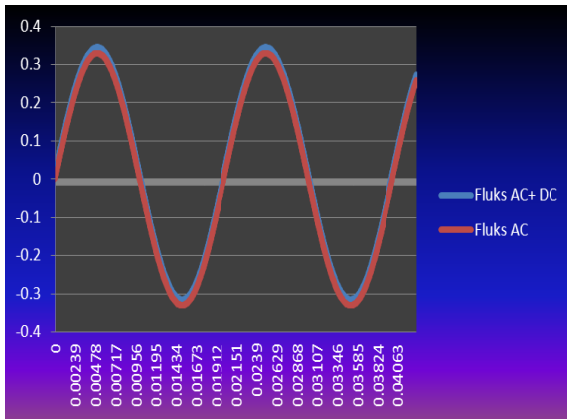
H. Analisis Kerapatan Fluks Inti Trafo



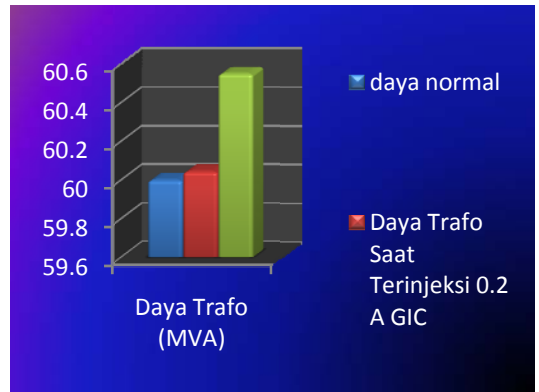
Gambar 7. Grafik Kerapatan Inti Trafo

Saat kondisi normal, kerapatan fluks inti trafo adalah 1,4 T, namun saat terinjeksi 0,2 A GIC, kerapatan fluks adalah 1,46T.

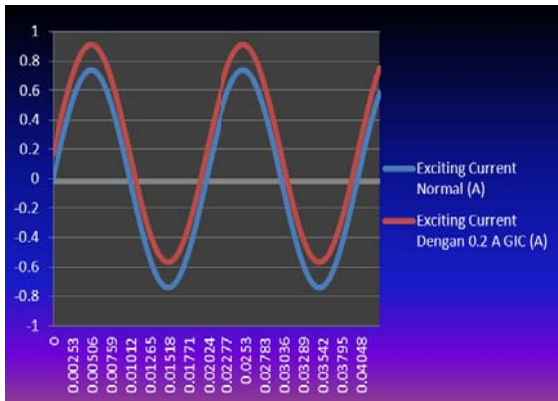
I. Analisis Fluks Trafo dan arus eksitasi



K. Analisis Rating Daya Trafo

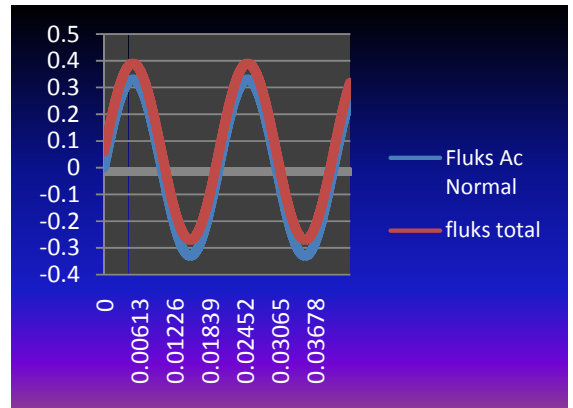


Saat terinjeksi 0,8 A GIC, rating Daya Trafo adalah 60,5 MVA.

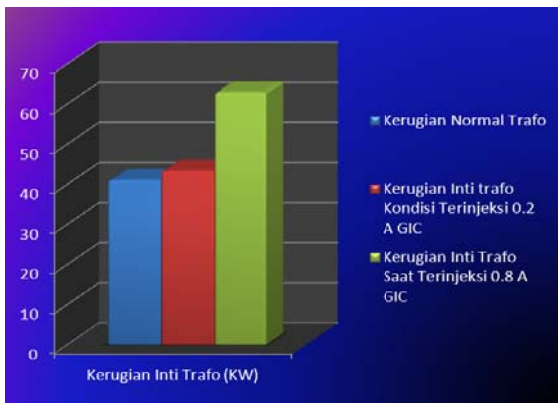


Terjadi pergeseran fluks dan exciting current pada trafo saat terinjeksi 0,2 A GIC.

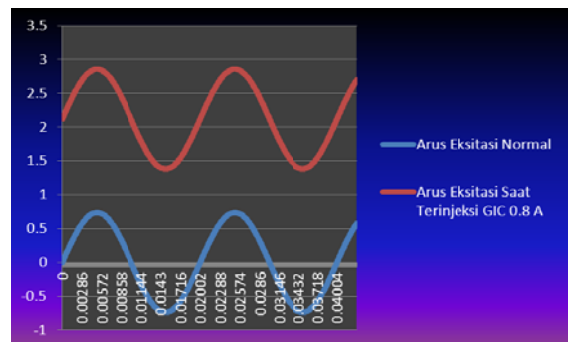
L. Analisis Fluks Dan Arus Eksitasi



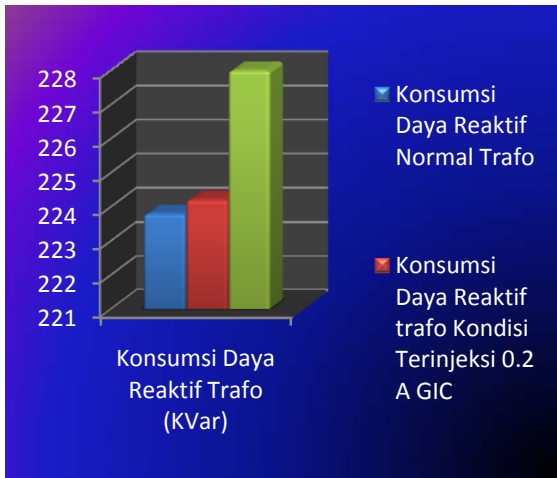
J. Analisis Rugi Inti 0,8 A GIC



Saat terinjeksi 0,8 A GIC rugi inti adalah sebesar 62.891 watt



M. Analisis Daya Konsumsi Daya reaktif Trafo Beban Penuh



Daya normal Reaktif Trafo Saat Beban Penuh adalah $Q_{trafo} = 223.794,24 \text{ VAR} \approx 223,79 \text{ KVAR/fasa}$

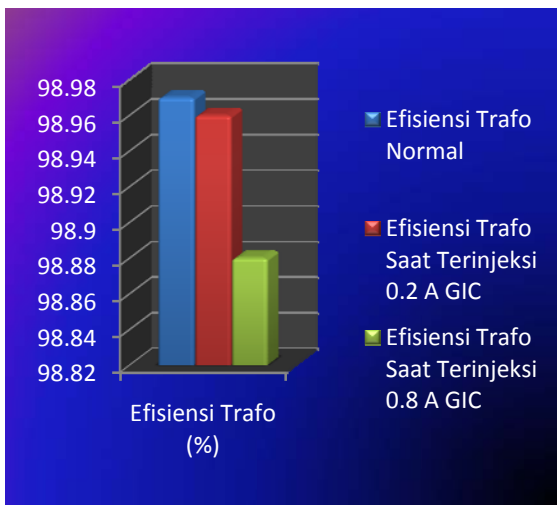
Daya Reaktif Trafo Saat Terinjeksi 0,2 A GIC adalah

$$Q_{trafo} = 224.205,38 \text{ VAR} \approx 224,2 \text{ KVAR/fasa}$$

Daya Reaktif Trafo Saat Terinjeksi 0,8 A GIC adalah:

$$Q_{trafo} = 228.000,88 \text{ VAR} \approx 228 \text{ KVAR/fasa}$$

N. Efisiensi Trafo



Untuk menganalisis batas maksimum arus *GIC* cukup sulit, karena masih membutuhkan data kurva magnetisasi yang cukup kompleks. Namun kurva tersebut tidak seluruhnya dipublikasikan bebas oleh vendor-vendor perusahaan, akan tetapi untuk keseluruhan batas maksimumnya, arus *GIC* yang merubah arus eksitasi trafo dibatasi tidak lebih dari 30% arus primer trafo. Bersumber dari literatur yang ada, untuk dapat mengetahui batas arus eksitasi akibat arus dc *GIC*, bisa diambil dari standar ketetapan EPRI (*Electric Power Research Institute*), dimana standar ketetapan ini juga digunakan oleh *North American Electric Reliability Council* (NERC) untuk mengestimasi pengaruh arus eksitasi akibat arus *GIC* [8] Rumus yang digunakan adalah:

$$S = V \times (I_{exc \text{ normal}} + 2,8 I_{dc})$$

Dimana:

S = Daya tanpa beban

$I_{exc \text{ normal}}$ = arus eksitasi normal trafo (tanpa dc) (A)

I_{dc} = arus dc *GIC* (A)

Dari persamaan diatas didapat besar maksimum arus *GIC* adalah sebesar 24,5A. Salah satu pola operasi yang dianjurkan pada saat terjadi badai geomagnetik adalah melakukan pembatasan pembebanan bagi trafo. Jika arus *GIC* yang mengalir pada netral melebihi 24,5 A/phase, disarankan untuk tidak membebani (memadamkan) trafo daya.

KESIMPULAN

1. Saturasi akan lebih cepat terjadi saat trafo dalam keadaan berbeban penuh, terlebih jika kurangnya perawatan pada trafo.
2. Arus *GIC* yang terjadi di Indonesia, didapat nilai terendah 0,2 A dan tertinggi adalah 2,4A.

DAFTAR PUSTAKA

[1] *Geomagnetic Storms Can Threaten Electric Power Grid. American*

- Geophysical Union.1997. Earth in Space, Vol. 9, No. 7, March 1997, pp.9-11.
- [2] Nagatsuma, *Geomagnetic storm*, Japan.The Geophysycal.
- [3] Kappenman, John G. *Geomagnetic Disturbances and Impacts upon Power System Operation*. Grigsby/Electric Power Generation, Transmission, and Distribution.
- [4] Barnes, P.R.,et al,. *Electric Utility Industry Experience with Geomagnetic Disturbance*.1991, National Laboratory Power Systems Technology Program Oak Ridge.
- [5] *Electric Power Grid Vulnerability to Geomagnetic Storms An Overview*. John Kappenman.
- [6] Kim.D.H,et al,.,*A Study on the Method to Evaluate a Safety of the Transformer under a GIC Condition*. The International Conference on Electrical Engineering,2009.
- [7] Balma.Peter. *Geomagnetic Induced Currents (GIC) and The Effects onTransformers*. March 8, 2010.
- [8] Egorov. Sergei. *Calculation models for estimating DC currents impact on power transformers*. Royal Institute of Technology Department of Electromagnetic Engineering Teknikringen Stockholm, Sweden.
- [9] Marketos.Philip,et al,. *Effect Of Dc Voltage On Ac Magnetisation Of Transformer Core Steel*. *Journal of ELECTRICAL ENGINEERING*, VOL 61. NO 7/s, 2010, 123-125.
- [10] Pukkinen.Antti. *Modeling of geomagnetically induced current in high-voltage power transmission systems*. June,2008.
- [11] Taksu.nabuo,et al,. *An Experimental Analysis of Dc Excitation Of Transformers By Geomagnetically Induced Currents*. *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 9, No. 2, April 1994

Tabell1.Data Komponen Geomagnet Bumi 2Maret 2011

No	Data Time Derivative Komponen Medan Magnet (nT)				
	dH/dt	dZ/dt	dY/dt	dX/dt	GIC (A)
1	-0.12208	-0.02035	-0.112633843	-0.049	0.1
2	-0.081386667	0	-0.122213527	0.04748	0
3	-0.12208	0.020347	-0.098014866	-0.0742	0.1
4	-0.12208	-0.12208	-0.134780091	-0.01033	0.1
5	-0.12208	0.081387	-0.14305762	0.00256	0.1
6	-0.12208	-0.28485	-0.053414882	-0.15114	0.1
7	0	0	0.02246234	-0.03847	0
8	-0.12208	0	-0.105359933	-0.06173	0.1
9	-0.12208	0.162773	-0.098086892	-0.07389	0.1
10	-0.24416	-0.10173	-0.21783215	-0.11088	0.2
11	-0.24416	-0.06104	-0.211016487	-0.12282	0.2
12	0	0.040693	-0.367879435	0.642458	0
13	-0.12208	-0.16277	-0.069538078	-0.12577	0.1
14	0	-0.12208	0.10457454	-0.18457	0
15	-0.12971	0	-0.029809123	-0.20903	0.1
16	0	-0.04069	0.031968417	-0.05532	0.1
17	-0.24416	-0.10173	-0.167452941	-0.19834	0.2
18	-0.12208	-0.12208	-0.079580165	-0.1061	0.1
19	-0.12208	-0.10173	-0.046173449	-0.16312	0.1
20	0	0.101733	-0.031034835	0.05304	0
21	-0.12208	-0.14243	-0.206215202	0.112245	0.1
22	-0.249246667	-0.06104	-0.153075036	-0.23264	0.2
23	-0.12208	0.325547	0.516078686	0.336561	0.1
24	-0.12208	-0.12208	-0.079580165	-0.1061	0.1
25	0	-0.10173	-0.046173449	-0.16312	0
26	0	0.935947	1.564975949	0.96648	0
27	-0.12208	-0.12208	-0.134780091	-0.01033	0.1
28	-0.12208	0.081387	-0.14305762	0.00256	0.1
29	-0.12208	-0.28485	-0.053414882	-0.15114	0.1
30	0	0.203467	-0.01489089	0.025731	0
31	0.24416	0	0.211363392	0.122853	0.1
32	-0.12208	0.081387	-0.14305762	0.00256	0.1
33	-0.12208	-0.28485	-0.053414882	-0.15114	0.1
34	-0.12208	0.203467	0.196472502	0.148584	0.1
35	-0.12208	0.081387	-0.14305762	0.00256	0.2
36	0	-0.28485	0.052042447	-0.08964	0
37	-0.12208	-1.28184	0.089722944	-0.15334	0.1
38	-0.12208	0.101733	-0.157755876	0.027644	0.1
39	0	-0.14243	-8.20292E-05	0.00014	0
40	0	0.040693	-0.067293825	0.115492	0
41	-0.12208	0.040693	0.278063811	0.007818	0.1
43	-0.12208	0.101733	-0.194730435	0.091818	0.1
44	-0.12208	-0.08139	-0.05331375	-0.15113	0.1
45	0	0.142427	-0.02994855	0.051496	0

No	Data Time Derivative Komponen Medan Magnet (nT)				
	dH/dt	dZ/dt	dY/dt	dX/dt	GIC (A)
46	0	-0.24416	0.007437172	-0.01295	0
47	0	0.06104	-0.037150533	0.064353	0
48	-0.12208	0.12208	0.059670098	-0.10292	0.1
49	0	-0.16277	0.007418361	-0.01279	0
50	0	-0.02035	-0.074521039	0.12839	0
51	0	0.36624	-0.059311562	0.102993	0
52	0	-0.06104	-0.066431827	0.115896	0
53	0	-0.32555	0.029379765	-0.05152	0
54	0	0.142427	0.014874859	-0.0257	0
55	0	0.040693	-0.007470566	0.012814	0
56	0.24416	0.162773	0.204602963	0.13406	-0.1
57	-0.12208	-0.14243	-0.076579482	-0.11184	0.1
58	-0.12208	0.06104	-0.105747605	-0.06087	0
59	-0.12208	0.081387	0.145672117	0.236897	0.1
60	-0.12208	-0.04069	-0.120564931	-0.03476	0.1
61	-0.12208	-0.10173	-0.142957989	0.004351	0.1
62	0	0.020347	0.029445363	-0.05177	0
63	0	0.223813	-0.029437356	0.051753	0
64	-0.12208	0.12208	0.021957252	-0.03879	0.1
65	0	0.081387	-0.043890298	0.077547	0
66	0	0.06104	-0.014330752	0.025769	0
67	-0.12208	-0.04069	0.077062806	0.111688	0.1
68	0	0.162773	-0.193469092	0.095652	0
69	-0.12208	0.101733	0.049238049	0.162892	0.1
70	-0.12208	-0.04069	-0.03471692	-0.18874	0.1
71	0	0.06104	0.04349276	-0.07794	0
72	0	0.203467	-0.01458838	0.025904	0
73	0	-0.04069	-0.057867742	0.103849	0
74	0	-0.02035	-0.014153712	0.025904	0
75	0	-0.06104	0.014351334	-0.026	0
76	0	-0.26451	0.036035765	-0.06463	0
77	0	-0.14243	-0.007246092	0.012737	0
78	-0.12208	-0.14243	0.242055114	0.067373	0.1
79	-0.12208	-0.04069	-0.099383786	-0.07244	0.1
80	-0.12208	-0.08139	-0.099099709	-0.07275	0.1
81	0	0.020347	-0.086831081	0.155924	0
82	0	0.081387	-0.071651042	0.129604	0
83	0	-0.02035	-0.050143369	0.091562	0
84	-0.12208	-0.04069	0.228307397	0.091104	0.1
85	0	0.081387	-0.128387791	-0.01977	0
86	-0.12208	0	0.007088911	-0.01297	0.1
87	0	-0.06104	-0.035168121	0.065013	0
88	-0.12208	0.12208	0.106501412	-0.19489	0.1
89	-0.12208	-0.06104	-0.06381393	-0.13681	0.1
90	-0.12208	0.040693	0.171654892	-0.05724	0.1
91	-0.12208	-0.18312	-0.142742933	0.005194	0.1
92	-0.12208	-0.04069	0.085008733	0.09822	0.1

No	Data Time Derivative Komponen Medan Magnet (nT)				GIC (A)
	dH/dt	dZ/dt	dY/dt	dX/dt	
93	0	0	-0.135400888	-0.00739	0
94	0	-0.14243	0.007085501	-0.01277	0
95	-0.12208	0.12208	0.05682353	0.149804	0.1
96	0	-0.10173	-0.049927294	0.090839	0
97	-0.12208	0.203467	-0.092901527	-0.08471	0.1
98	0	0.020347	-0.014248212	0.026074	0
99	-0.12208	-0.06104	0.071704567	0.123496	0.1
100	-0.12208	-0.06104	-0.078635828	-0.11055	0.1
101	0	0.040693	-0.049746052	0.091297	0
102	-0.12208	0.040693	0.13542254	0.006302	0.1
103	-0.12208	0.020347	-0.092984781	-0.08436	0.1
104	-0.12208	-0.06104	0.100122251	0.071362	0.1
105	-0.12208	-0.04069	-0.028175631	-0.20104	0.1
106	-0.12208	0.874907	-0.1724756	0.580188	0.1
107	-0.12208	-0.54936	0.015951951	-0.29409	0.1
108	0	-0.89525	0.098942178	-0.18271	0
109	-0.12208	0.42728	0.008013397	0.240773	0.1
110	-0.12208	0.081387	-0.078987183	-0.11017	0.2
111	-0.12208	0.081387	0.050846111	0.162322	0.1
Σ	-7.907223	-1.40392	-1.3674437	1.022078	7

Tabel 2. Data Komponen Derivative Medan Magnet 3 Maret 2011

No	Data Komponen Medan Magnet 3 Maret 2011				GIC (A)
	dH/dt	dZ/dt	dY/dt	dX/dt	
1	-0.48832	-0.20347	0	-0.19805	0.5
2	-0.73248	-0.36624	0.279451	0.206075	0.6
3	-0.6104	-0.3052	0.350896	0.206075	0.5
4	-0.48832	-0.24416	0.280717	0.16486	0.4
5	-0.48832	-0.24416	0.280717	0.206075	0.4
6	-0.6104	-0.36624	0.421075	0.206075	0.6
7	-0.73248	-0.36624	0.279451	-0.22405	0.6
8	-0.6104	-0.20347	0.232876	0.118492	0.5
9	-0.6104	-0.24416	0.279451	0.007378	0.6
10	-0.48832	0	-0.84109	0.062996	0.4
11	-0.6104	0	-0.66521	-0.03519	0.4
12	-0.6104	0	0.217866	-0.19782	0.5
13	-0.6104	1.2208	-0.96444	0.127445	0.5
14	-0.6104	0	0.219979	0.13366	0.5
15	-0.73248	0	-1.26322	-0.06329	0.6
16	-0.73248	-0.73248	0	0.035187	0.6
17	-0.48832	0.48832	0.664153	-0.07037	0.4
18	-0.48832	-0.48832	-0.42107	0.105561	0.4
19	-0.6104	-0.6104	-0.52634	-0.13362	0.5
20	-0.6104	0.6104	0	-0.07087	0.5
21	-0.48832	0	-0.0636	-0.07087	0.4
22	-0.6104	-0.48832	-0.84425	-0.06329	0.4

23	-0.73248	0	0.632401	-0.06329	0.6
24	-0.73248	0.73248	-1.43289	-0.06329	0.6
25	-0.73248	1.46496	-0.1063	-0.06329	0.6
26	-0.73248	-2.92992	-2.00392	-0.06329	0.6
27	-0.73248	0	0.633971	-0.06329	0.6
28	-0.6104	-1.2208	-0.527	-0.06329	0.5
29	-0.6104	-1.2208	-0.527	-0.06329	0.5
30	-0.6104	0	0.263975	-0.07595	0.6
31	-0.6104	-0.6104	-0.30983	-0.07595	0.5
32	-0.73248	-0.73248	-0.37179	-0.07595	0.6
33	-0.6104	-0.6104	-0.30983	-0.07595	0.5
34	-0.6104	-0.6104	-0.30983	-0.07595	0.5
35	-0.73248	-0.73248	-1.27261	-0.07595	0.6
36	-0.73248	0.73248	0	-0.07595	0.6
37	-0.6104	-0.6104	-0.30983	-0.07595	0.5
38	-0.73248	-0.73248	-0.37179	-0.07595	0.6
39	-0.73248	0.73248	0	-0.07595	0.6
40	-0.73248	0.73248	0	-0.07595	0.6
41	-0.73248	-0.73248	-0.37179	-0.07595	0.6
43	-0.73248	-0.73248	-0.37179	-0.07595	0.6
44	-0.73248	-0.73248	-0.37179	-0.07595	0.6
45	-0.73248	1.46496	-0.25495	-0.07595	0.6
46	-0.73248	-1.46496	-0.25166	-0.07595	0.6
47	-0.73248	-0.73248	0	-0.07595	0.6
48	-0.6104	2.4416	-0.31718	-0.06329	0.5
49	-0.6104	0	0.413794	-0.06329	0.5
50	-0.73248	0	0.496553	-0.06329	0.6
51	-0.48832	0	0.413794	-0.06329	0.5
52	-0.48832	0	0.413794	-0.06329	0.5
53	-0.73248	0	0.496553	-0.07595	0.6
54	-0.73248	0	0.496553	-0.07595	0.6
55	-0.73248	0	0.496553	-0.07595	0.6
56	-0.6104	0	-0.48981	-0.07595	0.6
57	-0.48832	-0.6104	-0.32048	-0.06329	0.5
58	-0.6104	0	0.205118	-0.06329	0.5
59	-0.6104	-0.85456	-0.44867	0.088661	0.7
60	-0.73248	-0.73248	-0.38458	0.088661	0.6
61	-0.73248	-0.73248	-0.38458	0.088661	0.6
62	-0.73248	-2.19744	1.11415	-0.07595	0.6
63	-0.73248	-2.19744	1.11415	-0.07595	0.6
64	-0.73248	-0.73248	-0.38458	-0.07595	0.6
65	-0.73248	0	0.246142	-0.07595	0.6
66	-0.6104	0	0.205118	-0.07595	0.5
67	-0.73248	-1.46496	-0.63319	-0.07595	0.6
68	-0.73248	-1.46496	0.633187	-0.07595	0.6
69	-0.73248	-1.46496	-0.63319	-0.07595	0.6
70	-0.73248	-1.46496	-0.63319	-0.07595	0.6
71	-0.73248	0.73248	0	-0.07595	0.6
72	-0.73248	0.73248	0	-0.06329	0.6

73	-0.73248	0.73248	0	-0.06329	0.6
74	-0.73248	0.73248	0	-0.06329	0.6
75	-0.73248	0.73248	0	-0.07595	0.6
76	-0.6104	0.6104	0	-0.07595	0.5
77	-0.73248	0.73248	0	-0.07595	0.6
78	-0.6104	-0.6104	-0.32048	-0.07595	0.5
79	-0.6104	-0.6104	-0.32048	-0.06329	0.5
80	-0.6104	-0.6104	-0.32048	-0.06329	0.5
81	-0.6104	-1.46496	-0.63319	0.088661	0.6
82	-0.6104	0.73248	0	0.088661	0.6
83	-0.6104	0.6104	0	0.088661	0.5
84	-0.24416	-1.2208	-0.5309	-0.07595	0.5
85	-0.6104	-1.2208	0	-0.07595	0.5
86	-0.73248	-1.46496	-0.63707	-0.07595	0.6
87	-0.73248	-1.46496	0	-0.07595	0.6
88	-0.6104	-1.2208	-0.5309	-0.07595	0.5
89	-0.73248	-1.46496	-0.63707	-0.07595	0.6
90	-0.6104	-1.2208	-0.5309	-0.07595	0.5
91	-0.73248	-1.46496	-0.63707	-0.07595	0.6
92	-0.73248	-1.46496	-0.63707	-0.07595	0.6
93	-0.73248	-1.46496	-0.63707	-0.07595	0.6
94	-0.6104	-1.2208	0	-0.06329	0.5
95	-0.6104	1.2208	-0.32718	-0.06329	0.5
96	-0.6104	-1.2208	0	-0.06329	0.5
97	-0.6104	1.46496	-0.39261	-0.07595	0.6
98	-0.6104	1.46496	-0.39261	-0.07595	0.6
99	-0.6104	1.2208	-0.32718	-0.07595	0.5
100	-0.73248	1.46496	-0.39261	-0.07595	0.6
101	-0.6104	-1.2208	0	-0.06329	0.5
102	-0.73248	1.46496	-0.39261	-0.06329	0.6
103	-0.73248	1.46496	-0.39261	0.088661	0.6
104	-0.73248	1.46496	-0.39261	0.088661	0.6
105	-0.6104	1.2208	-0.32718	0.088661	0.5
106	-0.12208	1.2208	-0.32718	-0.07595	0.5
107	-0.12208	1.46496	-0.39261	-0.07595	0.6
108	-0.48832	-1.2208	0	-0.07595	0.5
109	-0.6104	1.2208	-0.32718	-0.07595	0.5
110	-0.6104	-0.6104	-1.0605	-0.07595	0.5
111	-0.48832	-0.6104	-1.0605	-0.07595	0.5

Tabel 3. Hasil Korelasi

Besarnya Koefisien Korelasi			
dH/dt	dX/dt	dY/dt	dZ/dt
0,839	0,269	0,148	0,062

Tabel 4. Tabel pengukuran GIC 3 Maret 2011

no	<i>GIC</i> Terukur(A)	K (At/nT)	Komponen dH/dt	<i>GIC</i> Hasil Perhitungan (A)	Selisih (A)
1	0,5	-0,88527	-0.48832	0,43322	0,06770
2	0,6	-0,88527	-0.73248	0,56484	-0,04844
3	0,5	-0,88527	-0.6104	0,54036	-0,04037
4	0,4	-0,88527	-0.48832	0,43229	-0,3223
111	0,5	-0,88527	-0,6104	0,54036	-0,04037
	Σ= 60,9			Σ=63,00770030	

Tabel 5. Tabel Hasil Pengukuran *GIC*

Waktu Pengukuran	Lokasi Pengukuran	<i>GIC Max</i> (A)	<i>GIC Average</i> (A)
2 Maret 2011	GI Cawang Lama	0,2	0,06
3–4 Maret 2011	GI Cawang Lama	0,8	0,5
14 April 2011	GI Tasikmalaya	0,4	0,09
30 Juni-1 Juli 2011	GI Tasikmalaya	0,4	0,15
30 September 2011	GI Tasikmalaya	0,9	0,4
30 September – 1 Oktober 2011	GI Tasikmalaya	1,5	0,4
12 Juli 2011	GI Unggaran	0,2	0,17
28-29 Juli 2011	GI Paiton	2,4	0,6
14 September 2011	GI Kiliran	1,9	1,45
15 – 16 September 2011	GI Garuda Sakti	1,6	1,10

Sistem Kendali *Stacker* Menggunakan PLC Pada *Direct Reduction Plant*

Arya Prasetyo Habibie¹, Siswo Wardoyo²

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

¹aprasetyohabibie@gmail.com, ²siswo@ft-untirta.ac.id

Abstrak — *Stacker* merupakan suatu peralatan yang berfungsi sebagai sarana transfer material pellet dari pelabuhan PT. KBS ke stock yard DR-Plant serta dari stock yard 3 dan 4 ke stock yard 1 dan 2. Availability dari *stacker* mutlak diperlukan dalam menunjang kelangsungan proses produksi di DR-Plant karena jika transfer pellet ke stock yard terhambat, maka suplai pellet ke yang akan direduksi ke Reactor HYL-III maupun HYL-I juga terganggu dan pada akhirnya akan mempengaruhi kelangsungan proses produksi di BSP, SSP 1, serta SSP 2 (steel making). Melihat dari fungsi tersebut, *stacker* memerlukan perangkat sistem kendali yang mampu menanganinya dengan baik, sehingga digunakan perangkat dengan keandalan yang tinggi dan mampu memenuhi tugas pengendalian, yaitu perangkat PLC. Dalam pengendaliannya *stacker* menggunakan PLC Allen Bradley RS Logix 5000. Selain perangkat pengendalian, agar *stacker* dapat terhubung dengan PLC maka diperlukan perangkat komunikasi yang handal dan tidak memerlukan pengkabelan yang rumit, yaitu dengan memanfaatkan jaringan wifi. Bentuk pengendalian yang dikendalikan oleh PLC adalah sistem interlock-nya, yang menggabungkan parameter-parameter pada *stacker* menjadi suatu sistem. Selain menangani sistem interlock, PLC juga memiliki banyak manfaat diantaranya wiring relatif sedikit, konsumsi daya lebih rendah, pelacakan kesalahan lebih sederhana dan masih banyak lainnya.

Kata kunci — *stacker*, PLC, interlock, wifi.

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi terutama dibidang kendali otomatis yang telah banyak memegang peranan penting dalam banyak sistem peralatan canggih saat ini. Peralatan canggih tersebut diantaranya adalah pesawat ruang angkasa, peluru kendali, sistem pengemudi pesawat dan sebagainya.

Disamping itu kendali otomatis telah menjadi bagian yang penting dan terpadu dari proses-proses dalam pabrik dan industri modern. Misalnya kendali otomatis perlu sekali dalam kontrol numerik dan mesin alat-alat bantu di industri manufaktur. Hal ini juga perlu sekali dalam operasi industri seperti pengendalian tekanan, suhu, kelembapan, viscositas, dan arus dalam proses industri.

Karena kemajuan dalam teori dan praktik kendali memberikan kemudahan dalam mendapatkan performansi dari sistem dinamik, mempertinggi kualitas dan menurunkan biaya produksi, mempertinggi laju produksi, meniadakan pekerjaan-pekerjaan rutin dan

membosankan yang harus dilakukan oleh manusia dan sebagainya, maka sebagian besar insinyur dan ilmuwan sekarang harus mempunyai pemahaman yang baik dalam bidang kendali.

Direct Reduction Plant atau pabrik besi spons (PBS) memegang peranan penting dalam penyediaan bahan baku dari bijih pelet menjadi besi spons. Yang menarik saya disini adalah model peralatan *stacker* yang berfungsi sebagai sarana transfer material pellet dari pelabuhan PT. KBS ke stock yard DR-Plant serta dari stock yard 3 dan 4 ke stock yard 1 dan 2. Availability dari *stacker* mutlak diperlukan dalam menunjang kelangsungan proses produksi di DR-Plant karena jika transfer pellet ke stock yard terhambat, maka suplai pellet ke yang akan direduksi ke Reactor HYL-III maupun HYL-I juga terganggu dan pada akhirnya akan mempengaruhi kelangsungan proses produksi di BSP, SSP 1, serta SSP 2 (steel making). Selain itu peralatan ini telah menggunakan pengendali terbarunya yaitu menggunakan PLC Allen

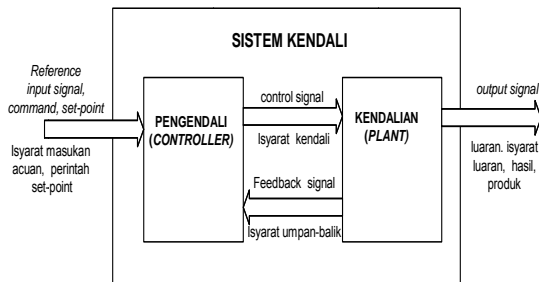
Bradley RSLogix 5000 dengan perintah komunikasi WIFI.

Oleh karenanya penulis menganggap penting membahas hal ini karena saat ini proses pengendalian dengan menggunakan PLC telah menjadi hal yang utama dalam dunia industri. Selain itu sistem kontrol berbasis PLC memiliki kehandalan yang sangat baik dan mudah perawatannya

II. DASAR TEORI

B.1 Sistem Kendali

Secara konseptual, konfigurasi dari sistem kendali dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.1. Selain isyarat luaran (output signal) dan isyarat kendali (control signal) suatu sistem kendali sering dilengkapi (walau pun tidak harus demikian) dengan isyarat umpan-balik (feedback signal) yang dalam operasinya dibandingkan dengan suatu isyarat masukan acuan (reference input signal) atau perintah (command) atau set-point.



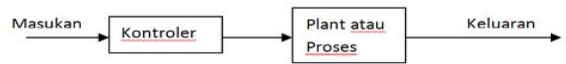
Gambar 2.1 Konfigurasi dasar sistem kendali

Agar pengendali dapat menghasilkan isyarat kendali yang mengendalikan kendalian sampai menghasilkan luaran yang diharapkan. Sistem kendali demikian biasa dikategorikan sebagai Sistem Kendali dengan Umpan-Balik (Feedback Control Systems).

B.1.1 Sistem Kendali Loop Terbuka

Suatu sistem yang keluarannya tidak mempunyai pengaruh terhadap aksi kontrol disebut sistem kontrol loop terbuka. Dengan kata lain, sistem kontrol loop terbuka merupakan sistem kontrol dimana keluaran tidak memberikan efek terhadap besaran masukan,

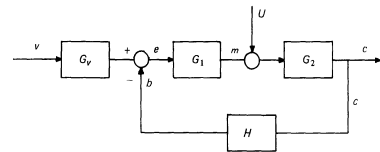
sehingga variabel yang dikontrol tidak dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan.



Gambar 2.2 Diagram blok loop terbuka

B.1.2 Sistem Kendali Loop Tertutup

Sistem kendali umpan balik seringkali disebut sebagai sistem kendali loop tertutup adalah Sistem yang mempertahankan hubungan yang ditentukan antara keluaran dan beberapa masukan acuan, dengan membandingkannya dan dengan menggunakan perbedaan sebagai alat kontrol dinamakan sistem kontrol umpan balik. Praktisnya, istilah kontrol umpan balik dan kontrol loop tertutup dapat saling dipertukarkan penggunaannya.

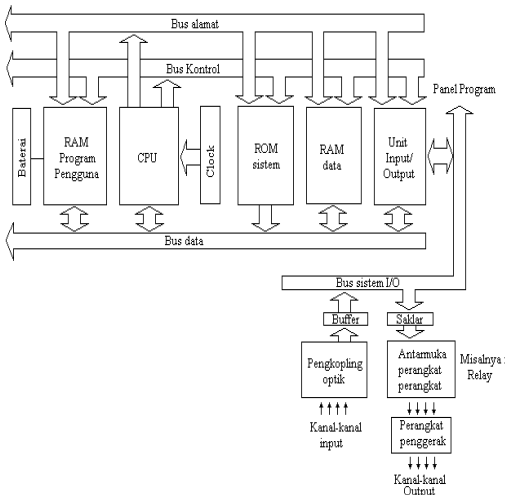


Gambar 2.3 Diagram blok loop tertutup

B.2 Programmable Logic Control (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan perangkat special-purpose dengan keandalan tinggi. PLC berupa komputer mikro yang digunakan untuk memenuhi tugas pengendalian secara logika, berdasarkan program yang telah ditentukan.

PLC menerima sinyal input dari peralatan sensor berupa sinyal on off. Apabila input berupa sinyal analog, maka dibutuhkan input analog modul yang mengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital. Sinyal ini akan dikirim ke *Central Processing Unit* untuk diproses sesuai dengan program yang telah dibuat. Hasil pemrosesan berupa sinyal keluaran digital yang dikirim ke modul output untuk menjalankan aktuator. Jika aktuator membutuhkan sinyal analog, maka dibutuhkan analog output modul.



Gambar 2.4 Arsitektur PLC

B.3 Wireless Fidelity (WIFI)

Komunikasi nirkabel atau tanpa kabel (wireless) telah menjadi kebutuhan dasar atau gaya hidup baru masyarakat informasi. LAN nirkabel yang lebih dikenal dengan jaringan *wifi* menjadi teknologi alternatif dan relatif lebih mudah untuk diimplementasikan di lingkungan kerja (SOHO / Small Office Home Office), seperti di perkantoran, laboratoium PC, dan sebagainya. Instalasi perangkat jaringan *wifi* lebih fleksibel karena tidak membutuhkan penghubung kabel antar PC.

Jaringan *wifi* adalah jaringan PC dimana media transimisnya menggunakan udara. Berbeda dengan jaringan LAN konvensional yang menggunakan kabel sebagai media transmisi sinyalnya. Saat ini di kota – kota besar di Indonesia sudah banyak yang menggunakan jaringan *wireless* LAN.

B.4 Motor AC

Motor arus bolak-balik (motor AC) ialah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus bolak-balik (listrik AC) menjadi tenaga gerak yaitu tenaga mekanik, dimana tenaga gerak itu berupa putaran dari pada rotor.

Perputaran motor ditimbulkan karena adanya medan magnet (Flux) yang berputar, dihasilkan dalam kumparan statornya dan rotor mendapat arus yang terinduksi sebagai akibat adanya medan putar (rotating magnetic field) yang dihasilkan oleh arus rotor tadi. Medan putar

pada stator akan memotong konduktor-konduktor pada rotor sehingga terjadi arus. Arus ini menyebabkan adanya medan magnet pada rotor dan rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator.

B.5 Sensor Proximity Switch

Proximity switch adalah sensor berbahan logam, gelas atau cairan, prinsip kerjanya yaitu ketika obyek (besi, baja, glass atau cairan) dekat dengan permukaan jarak operasinya maka akan dideteksi. Jarak tersebut akan menghasilkan sinyal listrik dalam rangkaiannya kemudian dikuatkan untuk mensaturasikan transistor outputnya. Bila terjadi saturasi maka *switch output* terjadi.



Gambar 2.5 Proximity Switch

B.6 Limit Switch

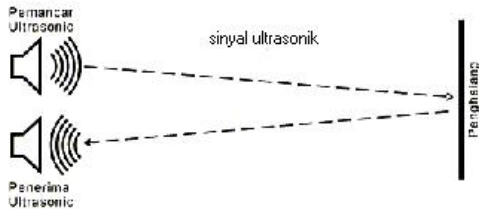
Limit switch adalah salah satu sensor yang akan bekerja jika pada bagian actuator nya tertekan suatu benda, baik dari samping kiri ataupun kanan, mempunyai *micro switch* dibagian dalamnya yang berfungsi untuk mengontakkan atau sebagai pengontak, gambar batang yang mempunyai roda itu namanya actuator lalu diikat dengan sebuah baud, berfungsi untuk menerima tekanan dari luar, roda berfungsi agar pada saat *limit switch* menerima tekanan , bisa bergerak bebas, kemudian mempunyai tiga lubang pada *body*-nya berfungsi untuk tempat dudukan baud pada saat pemasangan di mesin.



Gambar 2.6 Macam – macam limit switch

B.7 Sensor Ultrasonik

Gelombang ultrasonik adalah gelombang dengan besar frekuensi diatas frekuensi gelombang suara yaitu lebih dari 20 KHz. Seperti telah disebutkan bahwa sensor ultrasonik terdiri dari rangkaian pemancar ultrasonik yang disebut *transmitter* dan rangkaian penerima ultrasonik yang disebut *receiver*. Sinyal ultrasonik yang dibangkitkan akan dipancarkan dari *transmitter* ultrasonik. Ketika sinyal mengenai benda penghalang, maka sinyal ini dipantulkan, dan diterima oleh *receiver* ultrasonik. Sinyal yang diterima oleh rangkaian *receiver* dikirimkan ke rangkaian mikrokontroler untuk selanjutnya diolah untuk menghitung jarak terhadap benda di depannya (bidang pantul).



Gambar 2.7 Prinsip kerja ultrasonik

III. PEMBAHASAN

C.1 Gambaran Umum Stacker

Stacker merupakan suatu peralatan yang berfungsi sebagai sarana transfer material pellet dari pelabuhan PT. KBS ke *stock yard* DR-Plant serta dari *stock yard* 3 dan 4 ke *stock yard* 1 dan 2.



Gambar 3.1 Bagian-bagian stacker

Adapun bagian – bagian *stacker* adalah sebagai berikut :

1. Travel Unit : Merupakan unit yang menggerakkan *stacker* di stock yard hingga jarak terjauh yaitu 300 m *stacker* bergerak bolak – balik dari arah barat ke timur, sistem ini digerakkan oleh 8 buah motor AC Asinkron yang dilengkapi dengan *gearbox*, *turbo coupling* dan *motor breaker*. Dengan 4 buah motor disisi utara dan 4 buah motor disisi selatan.
2. Boom Conveyor Belt : penerus yang melintang sepanjang boom *stacker*, berfungsi mendistribusikan bahan baku ke stockyard 1 dan 2



Gambar 3.2 Travel Unit

3. Hoisting Unit : Unit penggerak naik turun boom belt conveyor pada level yang ditentukan, unit ini digerakkan secara auto dan manual. Digerakkan dengan 2 (dua) motor penggerak dan di lengkapi dengan 7 (tujuh) limit switch yang mengirim sinyal bila boom belt conveyor berada pada posisi levelnya. Susunan limit switch tersusun dari bawah ke atas, antara lain :
 1. Emergency limit switch atas.
 2. Level 4.
 3. Level 3.
 4. Level 2.
 5. Level 1.
 6. Emergency limit switch bawah.

Alat pelengkap lainnya *Magnetic Limit Switch* terdapat pada ujung bagian bawah *boom belt conveyor*. Alat ini dilengkapi 2 (dua) bentuk panjang dan pendek. Kegunaan yang panjang untuk mengirim sinyal auto, agar *boom conveyor* naik ke level yang lebih tinggi dan bila menyentuh pellet berarti *stacker* menyentuh stop

bar bagian barat, sedangkan yang pendek berfungsi mengirim sinyal *emergency stop*, jika alat ini menyentuh pellet maka *stacker* berhenti (stop).

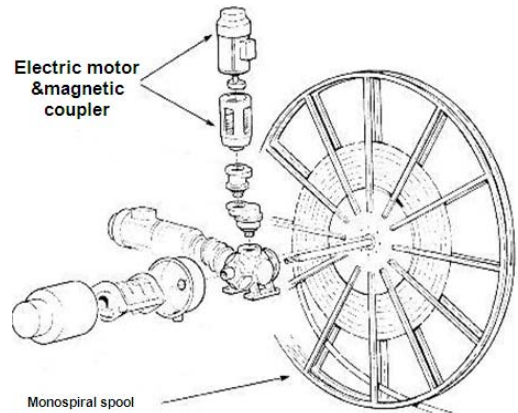
4. Slewing Motion : Sistem pemutar boom belt conveyor dari stockyard 1 ke stockyard 2 atau sebaliknya dan berputar 180°, mekanik penggeraknya 2 (dua) motor slewing motion. Data teknis *stacker* :

- Ketinggian boom dari ujung rail 12,50 meter.
- Speed hoisting unit 4.00 meter / min.
- Speed Travel unit 15.60 meter / min.
- Time Slewing motion sampai 180° 8.00 minute.



Gambar 3.3 Slewing Motion

5. Cable Reeling Drum : merupakan bagian dari *stacker* yang digunakan untuk menggulung kabel power 6 KV, sehingga apabila *reclaimer* bergerak kabel tersebut tidak mengganggu gerak dari *stacker*. Jenis *spool* adalah jenis *monospiral spool* dengan *drive system unit* pada *cable reel* untuk kabel power dan kabel kontrol dengan sistem *Magnetic Coupler* seperti pada gambar 4 di bawah. Lengkap dengan *cable medium voltage 6 kV 200m*.



Gambar 3.4 Cable Reeling Drum

C.2 Sistem Interlock

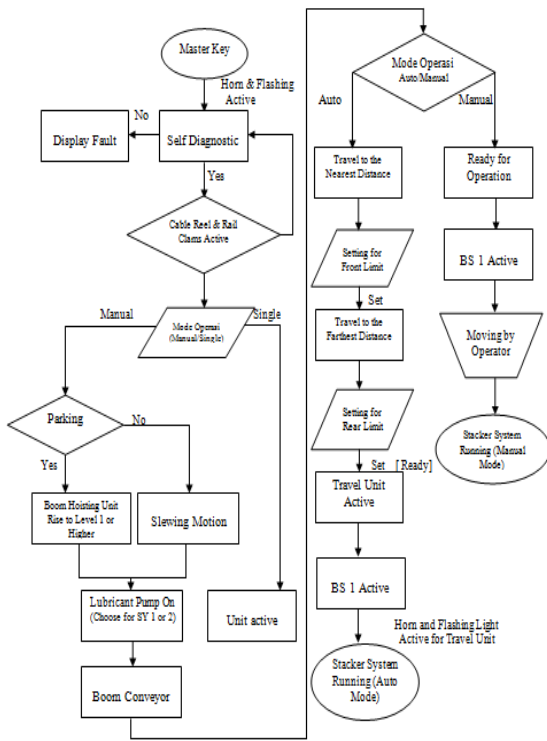
Sistem *interlock* merupakan suatu aturan/prosedur penguncian yang digunakan, dengan cara mengkoordinasikan kerja dari parameter-parameter dalam suatu sistem. Fungsi *interlock* disini merupakan sebagai pengaman dari unit *stacker*, dengan analogi, sebelum unit *stacker* siap beroperasi maka konveyor BS.01 tidak akan berjalan. Jika fungsi *interlock* ini tidak ada maka akan terjadi penumpukan material pada konveyor.

Pada saat awal pengoperasian *stacker*, terlebih dahulu harus menjalankan sistem *interlock* yaitu bagian-bagian/area yang terhubung dengan *stacker* yang terdiri dari *boom conveyor* dan beberapa konveyor yaitu dengan urutan konveyor BS.01 , BS.00 dan BSN.01 yang akan digunakan untuk menyalurkan material bijih pellet pelabuhan KBS ke *stockyard* 1 dan 2, sehingga proses pengiriman bijih pellet tersebut tidak mengalami masalah. Apabila sistem *interlock* tidak digunakan maka masalah yang dapat terjadi yaitu adanya penumpukan bijih pellet pada salah satu bagian ketika proses pengiriman bijih pellet sedang berlangsung.

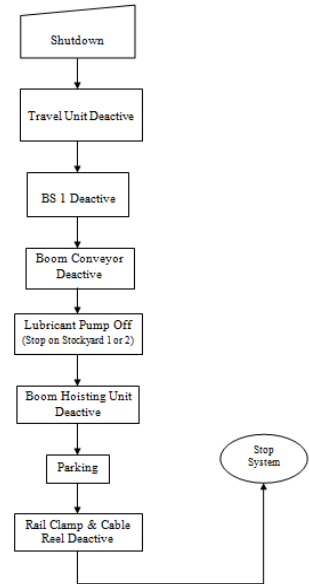
Pada saat menghentikan pengoperasian *stacker*, sistem *interlock* juga harus dijalankan agar material bijih pellet yang akan dikirim dapat sampai ke tempat tujuan terlebih dahulu sehingga tidak ada material bijih pellet yang tertinggal pada salah satu bagian dan tidak mengalami penumpukan.

C.2.1 Sistem Interlock pada Stacker

Sistem *interlock* juga digunakan untuk mengoperasikan *stacker* karena *stacker* memiliki bagian-bagian unit yang saling berhubungan sehingga pada saat pengangkutan dan pengiriman bijih pellet dari kapal ke area stockyard 1 dan 2 tidak terjadi masalah. Melalui *flowchart* yaitu pada gambar 3.5 akan dijelaskan bagaimana sistem *interlock* pada saat mengaktifkan *stacker* dan pada gambar 3.6 akan dijelaskan bagaimana mengnonaktifkan (shutdown) *stacker*. Sistem *interlock* ini dapat berjalan baik pada saat mode operasi manual maupun saat mode operasi otomatis, namun sistem *interlock*-nya akan memiliki kondisi yang berbeda pada saat mode operasi manual maupun pada saat mode operasi otomatis.



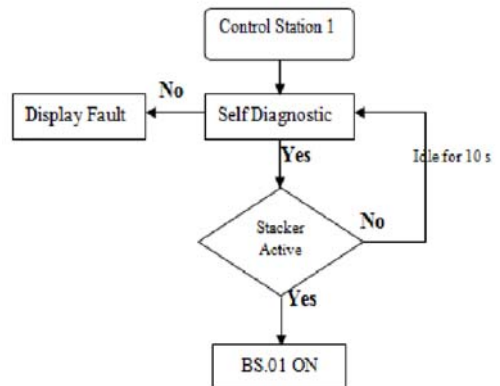
Gambar 3.5 Flow chart untuk mengaktifkan *stacker*



Gambar 3.6 Flow chart untuk mengnonaktifkan *stacker*

C.2.2 Sistem Interlock pada Control Station 1

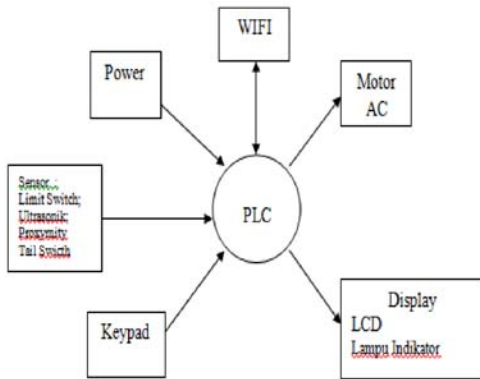
Pada *control station 1*, sistem interlock disini akan mengidentifikasi sinyal – sinyal yang diterima oleh *control station 1* apakah *stacker* sudah dalam keadaan normal/aktif atau sedang shutdown dan pada *stockyard* mana yang masih kosong dan yang sudah terisi penuh, jika *stacker* normal/aktif dan *boom conveyor* sudah berada pada *stockyard* yang kosong maka dari pusat control station 1 akan memerintahkan agar conveyor BS.01 aktif.



Gambar 3.7 Flow chart pada control station 1

C.3 Pengendalian Stacker Menggunakan PLC Allen Bradley RSLogix 5000

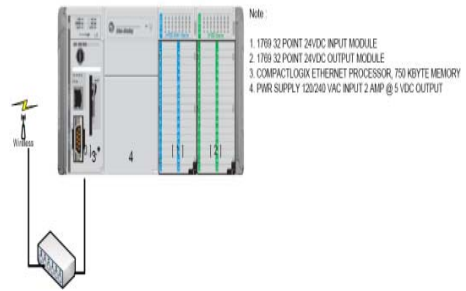
Semua operasi yang dilakukan *stacker* sudah dikendalikan oleh PLC Allen Bradley RSlogix 5000, baik sistem kendali bagian-bagian unitnya maupun komunikasi yang digunakan *stacker*. Pada sistem kendali bagian-bagian unitnya, PLC digunakan untuk mengkoordinasikan pergerakan motor dan pengaturan mode operasinya yang dimana digunakan sensor untuk memberikan masukan kepada PLC berupa sinyal analog maupun digital. Sedangkan penggunaan PLC pada sistem komunikasi yaitu komunikasi antara control station 1 dengan *stacker* yang dapat saling berkomunikasi, dimana sistem komunikasinya sudah menggunakan teknologi *wifi*.



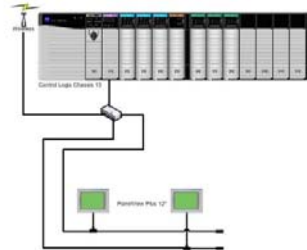
Gambar 3.8 Diagram block sistem stacker

C.3.1 Konfigurasi PLC Allen Bradley RS Logix 5000

Dalam pengendaliannya PLC terhubung dengan beberapa *device* sebagai masukan maupun sebagai keluarannya yang terdapat pada modul I/O untuk menerima sinyal dan mengirimkan sinyal berupa sinyal analog maupun sinyal digital. Modul input digunakan untuk menerima sinyal dari sensor (limit switch, proximity switch, tail switch dan sensor ultrasonik) menjadi logika 0 dan 1 yang akan dikirim ke CPU. Sedangkan modul output digunakan untuk menerima sinyal yang telah diproses CPU, dipakai untuk mengoperasikan actuator (Motor, LCD dan lampu indikator).



Gambar 3.9 Konfigurasi PLC pada control station 1



Gambar 3.10 Konfigurasi PLC pada stacker

C.3.2 Jaringan Komunikasi wifi

Beberapa sinyal atau perintah yg ada didalam komunikasi radio antara *stacker* dan control station I antara lain :

1. Sinyal *Emergency Shutdown* untuk Stacker : Sinyal ini dapat di monitor di *control station* I melalui komunikasi radio antara *stacker*. Di *control station* I terdapat lampu indikasi panel yg berwarna merah untuk mengindikasikan *stacker* dalam kondisi normal atau *shutdown*.
2. Sinyal *permissive* conveyor BS-1 : Sinyal / perintah ini diperoleh dari control station I yg kemudian akan dimonitor di *stacker* untuk BS-1
3. Sinyal Proses *Stacker* : Sinyal-sinyal ini akan dimonitor di control station I melalui lampu indikasi di panel yg terdapat di control station I.

C.3.3 Sistem Keamanan (Safety Device)

Pemanfaatan sensor merupakan peran terpenting dalam sistem keamanan seperti sensor *limit switch* yang digunakan pada bagian *travel unit* dan conveyor. Dimana pada bagian *travel unit*, *limit switch* ini terletak dibagian ujung-ujung dari *stacker* yaitu pada sebelah barat dan timur *stacker*. Sensor *limit switch* ini berfungsi

sebagai pengukur jarak tempuh dari *stacker*, sehingga *stacker* dapat beroperasi bolak-balik berdasarkan setpoint jarak tempuh yang telah dimasukan. Sedangkan pada bagian *conveyor* terletak dibagian sisi karena fungsi dari *limit switch* pada *conveyor* yaitu sebagai operasi mematikan laju dari *conveyor* apabila bagian *belt conveyor* tidak sesuai kedudukannya atau posisinya menjadi miring yang disebabkan adanya putaran dan getaran dari *conveyor* tersebut.

C.3.4 Sensor

Bagian lain yang dikontrol oleh PLC adalah sensor, pada *stacker* ada beberapa sensor yang dikendalikan diantaranya adalah sensor ultrasonic, tail switch, dan proximity switch. Ketiganya memiliki fungsi yang berbeda, sensor ultrasonik berfungsi mendeteksi material yang ada di *boom conveyor*, jika sudah tidak ada material maka *boom conveyor* akan berhenti. Selanjutnya *tail switch* berfungsi untuk mendeteksi ketinggian material pellet dan akan memberikan input pada *hoisting unit* untuk menaik atau menurunkan level ketinggiannya, sensor ini berada diujung *boom conveyor*. Dan sensor *proximity switch* akan mendeteksi lempengan yang ada di *hoisting unit* yang nantinya akan mentransmisikan hoisting untuk berhenti pada setiap levelnya, sensor ini berjumlah 4 yang berarti ada 4 level ketinggian.

C.4 Analisa Perbandingan Sistem Kendali PLC dengan Kontaktor Relay.

Penggantian sistem kontrol pada *stacker* dengan sistem kontrol berbasis PLC (*Programable Logic Control*) yang lebih handal dan lebih mudah perawatannya. Kelebihan dari penggunaan PLC ini antara lain :

Tabel 3.1 Perbandingan sistem kontrol dengan PLC dan konvensional.

No	Sistem PLC	Sistem Konvensional
1	Wiring relatif sedikit	Wiring relatif kompleks
2	Spare part mudah	Spare part sulit

3	Perawatan relatif mudah dan membutuhkan waktu yang cepat	Perawatan relatif sulit dan membutuhkan waktu yang lama
4	Pelacakan kesalahan sistem lebih sederhana	Pelacakan kesalahan sistem sangat kompleks
5	Konsumsi daya relatif rendah	Konsumsi daya relatif lebih tinggi
6	Dokumentasi gambar sistem lebih sederhana dan mudah dimengerti	Dokumentasi gambar sistem lebih rumit dan susah dimengerti
7	Modifikasi sistem lebih sederhana dan cepat	Modifikasi sistem lebih rumit dan membutuhkan waktu yang lama

IV. Kesimpulan

Dari hasil kerja praktek yang telah dilakukan di area pabrik besi spons PT. Krakatau Steel maka dapat ditarik kesimpulan yaitu :

1. *Stacker* memiliki peranan penting dalam proses distribusi bahan baku bijih pellet, mulai dari pelabuhan KBS hingga sampai ke *stockyard*.
2. Sistem kontrol pada *stacker* dengan sistem kontrol berbasis PLC (*Programable Logic Control*) yang lebih handal dan lebih mudah perawatannya.
3. PLC yang digunakan adalah PLC Allen Bradley RS Logix 5000
4. Sistem *interlock* merupakan sistem keamanan suatu perangkat atau instalasi agar setiap perangkat yang terhubung dalam fungsinya dapat bekerja sesuai urutan dan kebutuhannya.
5. Jaringan komunikasi *wifi* berperan sebagai komunikasi antara *control station 1* dengan beberapa conveyor yang mendukung proses *stacking* dan *stacker* itu sendiri. Jaringan ini akan member sinyal yang diantaranya sinyal *emergency shutdown* untuk *stacker*, sinyal *permissive conveyor* BS.01, dan sinyal kontrol *stacker*.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. (2008). *Motor Listrik Arus Bolak-Balik (AC)*. Cilegon : PUSDIKLAT PT. Krakatau Steel
- [2] Anonim. (2011). *Panduan Singkat Operator Untuk Pengoperasian Unit Stacker Pabrik Besi Spons PT.Krakatau Steel*. Cilegon : PT. Krakatau Information Technology.
- [3] Laksono, Edi. (1997). *Teknik Kontrol Automatik.. Terjemahan Modern Control Engineering*, oleh Katsuhito Ogata, Edisi Kedua. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- [4] Petruzella, Frank D. (2001). *Elektronik Industri*. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- [5] Sukarman, Muhtadan. (2007).*Simulasi Sistem Interlock Pengaman Operasi Mesin Berkas Elektron (MBE) Dengan Perangkat Lunak Bascom 8051*. Yogyakarta : BATAN.

Perancangan Sistem Presensi Dosen Jurusan Teknik Elektro Untirta Menggunakan *Radio Frequency Identification (RFID)* Berbasis *Personal Computer*

Endi Permata

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl.Jendral Sudirman KM.3 Cilegon 42435, Telp : (0254) 395502

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu aplikasi absensi dosen berbasis personal computer (PC) dan menggunakan implementasi teknologi Radio Frequency Identification (RFID). RFID yang merupakan singkatan dari Radio Frequency Identification yang merupakan teknologi identifikasi baru yang dalam pengoperasiannya terjadi kontak antara transponder (tag) atau divais pembawa data yang terbuat dari silikon chip dilengkapi sebuah radio antena kecil dan reader yang terhubung dengan sistem komputer. Kontak antara RFID tag dengan reader tidak dilakukan secara kontak langsung atau mekanik melainkan dengan pengiriman gelombang elektromagnetik. Dalam hal sistem absensi dengan menggunakan RFID maka para dosen tidak perlu direpotkan lagi untuk melakukan absensi secara manual dengan menulis di buku catatan jam datang dan jam pulang. Karena dengan menggunakan RFID, para dosen jurusan teknik elektro untirta hanya dengan mendekatkan kartu tag RFID masing-masing dosen ke pembaca (reader) RFID, identitas mereka akan terdata secara otomatis.

Kata kunci — Radio Frequency Identification (RFID), Sistem Absensi, Dosen

I. PENDAHULUAN

Tuntutan akan kehadiran perangkat lunak identifikasi otomatis semakin tinggi di dunia modern saat ini. Kebutuhan implementasi tadi merentang luas, mulai dari kebutuhan pendataan kehadiran karyawan di kantor, kartu akses kendali (*access control*) untuk memasuki ruangan khusus, kartu kredit, *smart card*, kartu tol, dan kartu multi guna lainnya. Sebagian dari implementasi ini sudah diwujudkan namun masih memiliki peluang untuk perbaikan dan pengembangan.

Otomasi pun mulai banyak dilakukan seiring dengan penemuan-penemuan baru di bidang teknologi. Contoh sistem absensi yang populer di masa lalu adalah absensi dengan menggunakan kartu berlubang (*punched card*). Setiap karyawan memiliki kartu absensi yang harus dimasukkan ke dalam mesin setiap datang atau pulang ke dan dari tempat kerja. Mesin yang berupa mesin mekanik kemudian memberi tanda semacam stempel atau lubang pada kartu berdasar jam kedatangan dan kepulangan pada hari bersangkutan. Kartu-kartu ini kemudian

harus direkapitulasi manual untuk pengolahan data.

Dengan berjalannya waktu, pada beberapa tahun terakhir sistem absensi sidik jari mulai populer digunakan. Integritas data yang tinggi, yaitu pendataan tidak bisa dititipkan, menjadi keunggulan utama sistem absensi ini. Pendataan yang sudah berbasis komputer juga telah membuat rekapitulasi data dapat dilakukan otomatis. Salah satu kekurangan sistem ini yang cukup mengganggu adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengenali sidik jari. Satu kali identifikasi memakan waktu 5 hingga 10 detik. Itupun jika identifikasi berhasil dilakukan tepat satu kali. Hal ini terjadi karena ternyata tidak semua jari 'layak dibaca'. Pengguna sistem identifikasi sidik jari sulit untuk langsung sukses terdata oleh sistem dengan cepat saat menaruh jarinya pada sensor. Pada kebanyakan kasus, pengguna harus meletakkan jarinya pada sensor beberapa kali karena sistem kesulitan mengenali sidik jari dari *database* yang dimiliki. Kesulitan ini biasanya terjadi karena jari pengguna atau sensor yang kotor. Kesulitan ini sering membuat antrian panjang orang-orang yang harus

melakukan absen saat jam datang atau jam pulang, terutama pada kantor dengan banyak karyawan.

Dari beberapa teknologi identifikasi, RFID menjadi teknologi yang menarik perhatian saat ini. Seperti halnya penemuan-penemuan lain, RFID memiliki kelebihan dan kekurangan. Menurut Lahiri (2005), kelebihan-kelebihan yang dimiliki RFID adalah identifikasi yang dapat dilakukan dilakukan tanpa kontak fisik (*Contactless*), data dapat ditulis ulang (*rewritable data*), transmisi data tidak harus tegak lurus. Kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh RFID menawarkan banyak kemungkinan pengembangan sistem identifikasi. Berbeda dengan sistem identifikasi sidik jari yang hanya didedikasikan untuk absensi

Dari uraian yang telah di jelaskan diatas, melalui penelitian ini, penulis ingin menjawab permasalahan otomasi manajemen kehadiran pegawai dengan mengembangkan perangkat lunak pengelola data kehadiran dosen teknik elektro menggunakan RFID. Dimana sebelumnya Jurusan Teknik Elektro para dosen melakukan absensi secara manual dengan menulis di buku catatan jam datang dan jam pulang. Absensi ini diperlukan untuk jurusan untuk merecord para dosen yang hadir dan yang tidak hadir guna kepentingan arsip jurusan. Dengan mengetahui permasalahan tersebut maka penulis mencoba untuk membuat *prototype* absensi berbasis *personal computer* dimana tiap-tiap dosen mempunyai tag yang telah ditentukan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Teknologi RFID

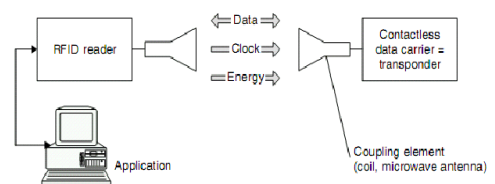
Teknologi *Radio Frequency Identification* (RFID) adalah satu sistem identifikasi yang menggunakan gelombang radio dimana pengambilan data secara otomatis. *Radio Frequency Identification* (RFID) merupakan metode identifikasi otomatis, yang menyimpan dan mengirim data secara nirkabel dengan menggunakan *tag* RFID atau *transponder*. Sistem RFID sendiri umumnya terdiri dari 2 bagian besar komponen yaitu transponder (*tag*) dan reader (sensor RFID). *Tag* RFID biasanya mengandung minimal dua bagian. Yang pertama adalah *integrated circuit* (IC) untuk menyimpan

dan memproses informasi, memodulasi dan demodulasi sinyal dengan frekuensi radio, dan fungsi tambahan lainnya. Kemudian kedua adalah antena untuk menerima dan mentransmisikan sinyal. Untuk mendukung teknologi pengambilan data, RFID memiliki kelebihan sebagai berikut:

- Tingkat keamanan yang tinggi, karena *tag* sangat sulit diduplikasi
- Ringan, dapat digunakan pada binatang atau kendaraan

B. Sistem RFID

Dua komponen utama pada sistem RFID adalah *tag* (*transponder*) dan *reader* (biasa dikenal sebagai sensor RFID). Namun, kedua komponen itu saja tidak cukup membuat sistem RFID dapat berfungsi. Satu elemen lain yang diperlukan Sistem RFID adalah *middleware* atau *software* atau sering disebut juga dengan aplikasi. Fungsi dari *software* di sini adalah sebagai elemen pengolah data yang dapat bekerja otomatis. Gambar 1 memperlihatkan sistem RFID.



Gambar 1 Komponen sistem Rfid

Dengan panduan Gambar 1 berikut adalah gambaran singkat cara kerja Sistem RFID. RFID *reader* selalu dalam kondisi siap untuk membaca kehadiran *transponder* dimana reader atau sensor RFID memberikan *supply* dan sinyal trigger pada tag (*transponder*). Koil pada sensor rfid akan memancarkan medan magnet dengan frekuensi yang konstan. Koil pada tag menerima *energy* yang dipancarkan oleh sensor RFID. Energi tersebut digunakan sebagai *supply* dan sinyal trigger tersebut akan mengaktifkan tag (yang secara otomatis akan memancarkan *sequential* data melalui koil pada tag). Data tersebut merupakan ID yang telah dimodulasi sesuai dengan teg tersebut. Informasi tersebut akan diterima oleh sensor RFID dan kemudian di-*encoding* sehingga sensor akan mendapatkan ID dari tag tersebut. Ketika suatu tranponder masuk ke dalam jangkauan gelombang radio

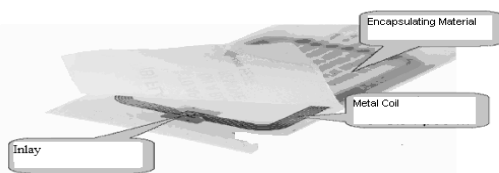
dari *reader*, *transponder* langsung mengirimkan data yang dibawa secara nirkabel. *RFID reader* segera menerima data yang dikirimkan lalu melewati data itu ke aplikasi atau *software* untuk dilakukan pengolahan.

1) *Tag RFID* adalah devais yang dibuat dari rangkaian elektronika dan antena yang terintegrasi di dalam rangkaian tersebut. Rangkaian elektronik dari tag *RFID* umumnya memiliki memori sehingga tag ini mempunyai kemampuan untuk menyimpan data. Memori pada tag secara dibagi menjadi sel-sel. Beberapa sel menyimpan data *Read Only*, misalnya *serial number* yang unik yang disimpan pada saat tag tersebut diproduksi. Sel lain pada *RFID* mungkin juga dapat ditulis dan dibaca secara berulang

Tag atau *Transponder* diturunkan dari kata *transmitter* dan *responder*. Seperti telah dituliskan sebelumnya, *transponder* sering juga disebut dengan tag. Cara kerja tag adalah sesuai dengan turunan kata dari *transponder* tadi. Tag *RFID* akan memancarkan (*transmit*) data yang dibawa ketika merespon (*respond*) kehadiran gelombang radio dari *reader*. Tag *RFID* dapat dibedakan berdasar beberapa karakteristik. Pertama berdasar sumber catu daya dan kedua berdasar kemampuan penulisan ulang data. Selain dua karakteristik tersebut, Bhatt dan Glover (2006) menambahkan beberapa pembeda pada tag *RFID* diantaranya, karakter fisik tag, antarmuka frekuensi kerja (*air interface*) tag dan kapasitas penyimpanan.

Spesifikasi Tag passive

- Tidak memiliki sumber energi sendiri (tanpa Battery)
- Modulasi akan aktif setelah tag menerima gelombang elektromagnetik dari reader
- Jarak baca 10 cm – 10 cm (tergantung dari type tag dan antenna dari reader)
-



Gambar 2. Bagian - bagian tag RFID

Bagian – bagian dari Tag *RFID*

a) *Inlay*

Merupakan bagian inti/utama dari tag *RFID* dimana adalah sebuah *chip* yang terletak dalam sebuah *tag* yang berfungsi sebagai penyimpan data atau menyimpan informasi. Dimana informasi yang di simpan adalah berisi ID/serial number

b) *Metal Coil*

Sebuah komponen yang terbuat dari kawat aluminium yang berfungsi sebagai antena yang dapat beroperasi pada frekuensi 13,56 MHz. Jika sebuah *tag* masuk ke dalam jangkauan *reader* maka antena ini akan mengirimkan data yang ada pada *tag* kepada *reader* terdekat

c) *Encapsulating Material*

Encapsulating Material adalah bahan yang membungkus *tag* tersebut dapat disesuaikan dengan kondisi dilapangan.

Label *tag* *RFID* yang tidak memiliki baterai antenalah yang berfungsi sebagai pencatu sumber daya dengan memanfaatkan medan magnet dari pembaca (*reader*) dan memodulasi medan magnet, yang kemudian digunakan kembali untuk mengirimkan data yang ada dalam *tag* label *RFID*. Data yang diterima *reader* diteruskan ke *Database host* komputer. *Tag reader* meminta isi yang dipancarkan oleh signal RF. *Tag* merespon dengan memancarkan kembali data *resident* secara lengkap meliputi serial nomor urut yang unik. *Tag* *RFID* terbuat dari *microchip* dengan dasar bahan dari silikon yang mempunyai kemampuan fungsi identifikasi sederhana yang disatukan dalam satu desain. Kemampuan *tag* *RFID* untuk membaca dan menulis (*read/write*) menyimpan pada *storage* untuk mendukung enkripsi dan kontrol akses.

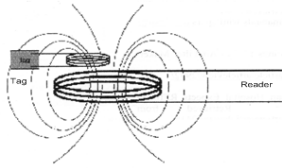
Berdasar cara pencatutan daya, *tag* *RFID* dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

a. *Tag* Aktif, catu dayanya diperoleh dari baterai yang perlu diisi ulang atau *discharge*, tetapi memiliki jangkauan yang lebih jauh. Kelemahan *RFID* tipe ini adalah harganya mahal dan ukurannya besar, karena fungsinya lebih kompleks.

b. *Tag* Pasif, catu dayanya diperoleh dari *RFID reader*. Fungsinya lebih sederhana, ukurannya lebih kecil dan ringan, dan harganya jauh lebih murah. Kelemahannya adalah *tag*

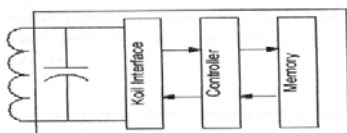
hanya dapat mengirimkan informasi dalam jarak dekat dan RFID reader harus menyediakan daya tambahan.

Pada tag pasif, data ID tersebut merupakan data bawaan dari pabrik sehingga tidak dapat di ubah. Sedangkan pada read-write tag, data ID-nya dapat di ubah sesuai kemauan pengguna. Hal ini berlaku pula untuk sensor RFID, ada sensor yang hanya dapat membaca ID dari tag, dan ada pula sensor yang dapat membaca dan menulis tag dengan data ID. Mekanisme yang terjadi pada tag dan sensor RFID dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. Induksi tag dan reader

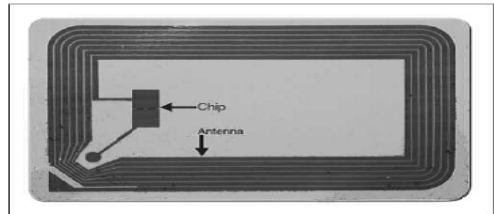
Proses transfer energi antara tag dan sensor dapat diasumsikan seperti proses induksi yang terjadi pada transformator, dengan koil pada sensor sebagai kumparan primer dan koil pada tag sebagai kumparan sekunder. Sensor memancarkan gelombang dengan frekuensi yang konstan melalui koil yang di milikinya. Dengan adanya gelombang tersebut maka timbul medan magnet di sekitar koil sensor. Medan magnet tersebut akan menginduksikan koil yang dimiliki tag. Karena gelombang yang dipancarkan oleh sensor adalah gelombang AC maka medan magnet yang terjadi di sekitar koil sensor juga berubah – ubah besarnya. Dengan medan magnet yang berubah – ubah tersebut, maka pada koil (tag) timbul medan listrik. Medan listrik ini nantinya akan digunakan sebagai supply energi yang terdapat pada tag, untuk memancarkan kode ID yang terdapat pada tag tersebut gambar 4 dibawah ini memperlihatkan blok diagram yang terdapat di dalam tag.



Gambar 4. Blok Diagram Tag

Pada tag secara umum terdapat tiga bagian utama yaitu koil interface, controller dan

memory. Koil interface berfungsi mengubah data dari bentuk analog menjadi digital ataupun sebaliknya sehingga mampu di olah oleh controller. Pada saat koil (tag) terinduksi, timbul sumber listrik yang mampu untuk mensupply controller dan memory. Dengan energi listrik tersebut maka controller dapat membaca ID yang terdapat pada memory. Kemudian data tersebut di ubah dari bentuk digital ke analog (dalam koil interface). Lalu di pancarkan melalui koil. Di dalam tag tidak terdapat sumber energi, sehingga tag baru dapat beroperasi ketika terdapat energi listrik yang timbul akibat induksi pada koil.



Gambar 5. Penampangan Tag RFID

Tag RFID telah sering dipertimbangkan untuk digunakan sebagai barcode pada masa yang akan datang. Pembacaan informasi pada tag RFID tidak memerlukan kontak sama sekali. Karena kemampuan rangkaian terintegrasi yang modern, maka tag RFID dapat menyimpan jauh lebih banyak informasi dibandingkan dengan barcode.

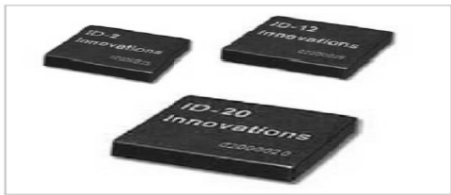
Tabel 1 Perbedaan utama antara teknologi barcode dengan RFID

Sistem	Barcode	RFID
Transmisi data	Optik	Elektromagnetik
Ukuran data	1 – 100 byte	128 – 8096 byte
Modifikasi data	Tidak bisa	Bisa
Posisi pembawa data	Kontak cahaya	Tanpa kontak
Jarak Komunikasi	Beberapa meter	Dari cm sampai meter
Supseptibilitas	Debu	Dapat diabaikan
Lingkungan		
Pembacaan jamak	Tidak bisa	Bisa

2) Modul Reader ID-12. Tag RFID adalah komponen solid yang tidak praktis untuk dirancang sendiri. Modul reader ID-12 dari Innovations Electronic dimana ID – 12 merupakan salah satu sensor RFID yang kecil dan telah memiliki internal antena. ID – 12 hanya mampu berfungsi sebagai reader, dilengkapi dengan kemampuan untuk menulis ID pada read – write tag. Sensor ini mampu

mengenali tag tipe EM4001 atau sejenisnya. ID – 12 (saat membaca tag) mengeluarkan gelombang dengan frekuensi 125 Khz. Format data yang dihasilkan dapat dipilih dalam bentuk ASCII ataupun Wiegand 26. Data ASCII berbentuk serial dengan baud rate 9600 bps. 8 bit data, none parity.

Meskipun berupa modul yang masih perlu dirakit, kebanyakan rangkaian inti ID-12 yang diperlukan untuk fungsi pembacaan tag RFID telah tersedia dalam modul. Sangat sedikit rangkaian luar yang diperlukan untuk menjalankan fungsi standar



Gambar 6. Bentuk fisik modul ID seri

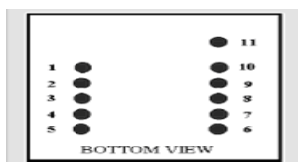
Innovations Electronic mengeluarkan beberapa produk modul ID, yaitu ID-2, ID-12 dan ID-20. Salah satu pembeda dari seri ini adalah rentang jarak bacanya seperti terlihat pada Tabel 2. 2

Tabel 2 Karakteristik fisik dan operasi seri modul ID

Parameters	ID-2	ID-12	ID-20
Read Range	NA (no internal antenna)	12+ cm	10+ cm
Dimensions	21 mm x 19 mm x 6 mm	26 mm x 26 mm x 7 mm	40 mm x 40 mm x 9 mm
Frequency	125 khz	125 khz	125 khz
Card Format	EM 4001 or compatible	EM 4001 or compatible	EM 4001 or compatible
Encoding	Manchester 64-bit, modulus 04	Manchester 64-bit, modulus 04	Manchester 64-bit, modulus 04
Power Requirement	5 VDC @ 13mA nominal	5 VDC @ 30mA nominal	5 VDC @ 65mA nominal
I/O Output Current	+/-200mA PK	-	-
Voltage Supply Range	+4.8V through +5.4V	+4.8V through +5.4V	+4.8V through +5.4V

(Sumber Datasheet ID Series)

Reader yang digunakan adalah reader ID-12 series. ID-12 ini memiliki jumlah pin 11. Pin – pin tersebut memiliki fungsi masing - masing untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini



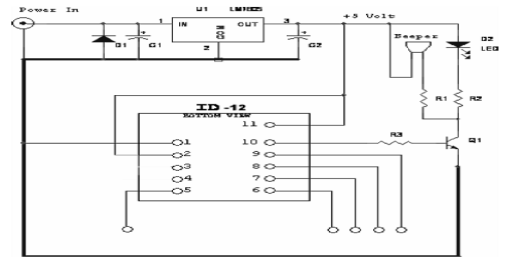
Gambar 7. Pin ID-12

Keterangan dari pin-pin dan output format data dari ID-12 adalah sebagai berikut

Tabel 3. Keterangan pin dan output format data

Pin No.	Description	ASCII
Pin 1	Zero Volts and Tuning Capacitor Ground	GND 0V
Pin 2	Strap to +5V	Reset Bar
Pin 3	To External Antenna and Tuning Capacitor	Antenna
Pin 4	To External Antenna	Antenna
Pin 5	Card Present	No function
Pin 6	Future	Future
Pin 7	Format Selector (+/-)	Strap to GND
Pin 8	Data 1	CMOS
Pin 9	Data 0	TTL (to IC UART)
Pin 10	3.1 kHz Logic	Beeper / LED
Pin 11	DC Voltage Supply	+5V

* Requires 4K7 Pull-up resistor to +5V

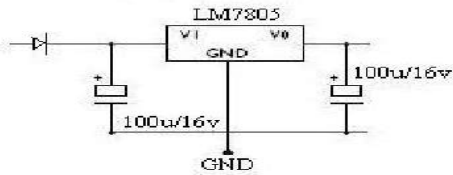


Gambar 8. Rangkaian ID – 12

Agar ID-12 dapat difungsikan sebagai reader RFID, maka diperlukan beberapa komponen yang lain, komponen – komponen itu adalah sebagai berikut :

- Power supply
- Kapasitor 100µF/16 V
- Regulator LM7805
- Led
- Buzzer 2,7 KHz

Pada rangkaian reader, ID-12 membutuhkan sumber tegangan 5-10 volt, sumber tegangan ini berfungsi untuk mengaktifkan regulator (LM7805), tetapi sebelum arus listrik mengalir dari sumber tegangan menuju regulator, arus listrik dilewatkan pada dioda terlebih dahulu, ini bertujuan agar tegangan yang akan masuk regulator potensial / kutub positif atau negatifnya tidak terbalik. Tegangan yang masuk regulator harus positif. Rangkaian regulator ini bertujuan untuk memberikan supply tegangan pada reader ID-12 sebesar lebih kurang 5 volt, karena ID -12 dapat aktif bila diberi tegangan antara 4,6 volt – 5,4 volt. Berikut adalah rangkaian regulator yang digunakan :



Gambar 9. Rangkaian regulator

Keluaran (VO) dari regulator (LM7805) yang bernilai lebih kurang 5 volt, terhubung dengan pin pada ID-12. Pin yang terhubung itu adalah pin 2 (reset) dan pin 11 (+5V). Bila format data yang diinginkan adalah berbentuk ASCII, maka pin 7 (+/-) juga dihubungkan pada keluaran dari regulator. Keluaran dari regulator ini juga berfungsi untuk memberikan sumber tegangan pada buzzer dan LED. Buzzer dan LED dipasang secara paralel. Input dari buzzer dan LED memperoleh sumber tegangan yang berasal dari regulator dan kaki yang lain dari buzzer dan LED terhubung pada kaki collector dan transistor. Terdapat sebuah resistor yang di pasang seri dengan LED. Ketika terdapat tag pada daerah baca reader (saat reader membaca tag), buzzer akan mengeluarkan suara dan LED akan menyala.

Melalui pin 11 ID-12 akan aktif bila diberi tegangan sebesar 5 volt, tegangan sebesar 5 volt tersebut berasal dari keluaran regulator. Ketika terdapat tag di daerah baca ID-12 transistor akan aktif. Tag disini berfungsi untuk memberikan trigger pada ID-12, sehingga pin 10 pada ID-12 dapat mengeluarkan arus listrik yang dibutuhkan transistor (pada saat itu juga buzzer akan mengeluarkan suara dan LED akan menyala). Ketika tag terdeteksi oleh ID-12, data dari tag dapat terbaca. Data dari tag dapat dilihat software komputer, dalam perancangan ini software yang digunakan untuk melihat data dari tag "hyperterminal". Format data yang digunakan yaitu dengan menggunakan format data dalam bentuk ASCII, yaitu dengan menghubungkan pin 7, pada pin 8 pada (DB9), dan pin 9 dihubungkan pada (DB9). Koneksi yang digunakan antara reader dan komputer yaitu dengan menggunakan komunikasi secara serial

C. Data format

Ada 2 macam format data yang dapat dipilih pada ID-12 yaitu data ASCII dan wiegand 26

bit. Pemilihan format data ini ditentukan oleh pin format selector (+/-). Apabila selector mendapat logic '1', maka format data yang dipilih adalah wiegand 26 bit. Sedangkan jika pin format selector mendapat logic '0', maka format data yang dipilih adalah ASCII

- Output format – Serial ASCII 9600,8,1

02	10 ASCII Data Characters	Checksum	CR	LF	03
----	--------------------------	----------	----	----	----

Gambar 10. Format ASCII

Serial ASCII yang keluar melalui pin DO memiliki format seperti gambar di atas. Data diawali dengan 02_H dan di akhiri dengan 03_H. *Checksum* adalah hasil dari 'exclusive OR' dari 5 binary data byte (10 ASCII data characters). *Checksum* terdiri dari 2 byte, yaitu *checksum* data ID ganjil dan *checksum* data ID genap. Data *checksum* yang pertama merupakan hasil *checksum* dari data ID ganjil dan data *checksum* yang kedua merupakan hasil *checksum* dari data ID genap

- Output format – Wiegand 26

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
P	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	P
Even Parity (E)												ODD Parity (O)														

P = Parity Start Bit dan Stop Bit

Gambar 11. Format wiegand

III. METODE PENELITIAN

Demi terwujudnya tujuan penelitian seperti yang diharapkan, peneliti menggunakan beberapa metode sebagai berikut :

A. Studi Pustaka

Data mengenai sistem yang dirancang ini dikumpulkan fakta dan data teoritis dari buku-buku referensi serta dari bacaan lainnya yang berhubungan dengan masalah penelitian yaitu tentang *Radio Frequency Identification* (RFID) dan juga manajemen basis data dan juga situs-situs internet yang mendukung penelitian ini. Baik secara tekstual dari referensi yang ada (manual book peralatan, jurnal ilmiah pendukung dll) maupun secara visual (setting peralatan, pembacaan alat ukur dll).

B. Perancangan dan Pengujian Alat

Penelitian dilakukan langsung terhadap objek penelitian dengan mewujudkan alat absensi dosen jurusan teknik elektro untirta dengan menggunakan RFID dan melakukan berbagai pengujian terhadap objek penelitian yaitu dengan cara membagikan kartu rfid kepada para dosen jurusan teknik elektro dan juga melakukan pengujian *hardware* alat dan *software*, hingga tercipta sistem absensi yang diinginkan. Adapun pengujian yang dilakukan adalah :

- Pengujian komunikasi serial menggunakan RS232 untuk mengetahui apakah komunikasi serial menggunakan RS232 dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Pengujian yang dimaksud adalah pengujian komunikasi antara tag RFID, Reader RFID, dan *Personal Computer* yang berfungsi untuk melihat nomor ID dari tiap-tiap Tag RFID. Pengujian dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas *Hyperterminal*. Fasilitas ini terdapat di semua versi Windows, dan terdapat pada *Communication*. Fasilitas *Hyperterminal* digunakan untuk melihat konektivitas antara hardware dalam hal ini tag RFID, Reader RFID, dan *Personal Computer*. Dari pengujian diatas kemudian nomor tag id yang didapat selanjutnya ditentukan nomor tag id untuk para Dosen Jurusan Teknik Elektro Untirta
- Mengukur tegangan pada modul reader ID-12, Pada pengujian ini adalah mengukur catu daya tegangan reader RFID. Alat yang digunakan adalah avo meter digital dimana dilakukan pengukuran dengan cara menghubungkan avo meter dengan reader. Hasil pengujian didapat nilai rata – rata 5,046 VDC, sehingga *reader* RFID dapat bisa dioperasikan dengan baik karena reader membutuhkan *rating* tegangan kerja +/- 5 VDC.
- Pengujian frekuensi pada reader, Pada pengujian ini adalah mengukur frekuensi kerja dari *Reader* RFID dengan tujuan menyesuaikan frekuensi kerja yang tertera pada *Datasheet*. Frekuensi kerja dari *Reader* RFID yang digunakan untuk komunikasi *wireless* antara pembaca RFID dengan tag RFID.

- Pengujian pembacaan reader terhadap posisi tag, pada pengujian ini jarak rata – rata terjauh yang mampu dideteksi oleh reader adalah 4,95 cm. Jarak rata – rata terjauh tersebut dicapai oleh tag dengan posisi 1 yaitu posisi tag didekatkan di atas reader. Sedangkan untuk posisi 2 nilai rata ratanya 1,7 cm, posisi tiga di data nilai rata-rata 1,9 cm dan posisi 4 didata dengan nilai 1,7 cm. Dengan membandingkan ke empat nilai rata – rata tersebut, diketahui bahwa posisi tag terhadap reader sangat menentukan jarak yang mampu dideteksi oleh reader RFID. Berdasarkan hasil pengujian didapat bahwa jarak terjauh reader dapat membaca tag adalah dengan posisi tag di atas reader.
- Pengujian pembacaan reader terhadap tag yang di beri penghalang yaitu Pada pengujian ini digunakan beberapa media penghalang, seperti buku, kayu, air, dan logam. Dari hasil pengujian di atas di dapat nilai yang paling tertinggi adalah dengan nomor tag "810002A9143E" dan nilai terendah "810002E6781D" maka dengan hasil pengujian dapat di ambil kesimpulan bahwa penghalang tidak mempengaruhi pembacaan *reader* terhadap tag kecuali benda logam. Yang mempengaruhi adalah jarak baca *reader* terhadap tag

C. Uji Publik (Diskusi dan Wawancara)

Hasil penelitian sementara disampaikan kepada Ketua Jurusan Teknik Elektro Untirta dan Dekan Fakultas Teknik UNTIRTA, dengan harapan akan mendapat masukan – masukan berharga untuk meningkatkan kualitas hasil penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan program *Microsoft Visual Basic* versi 6.0. Alasan peneliti mengapa menggunakan *Microsoft Visual Basic* versi 6.0 karena menawarkan kemudahan dalam pembuatan aplikasi berbasis windows dengan mudah dan cepat, dimana menghasilkan program akhir berekstensi .EXE yang sifatnya *executable* atau dapat langsung dijalankan. Selain itu pula dengan menggunakan Visual Basic 6 kita bisa menghasilkan berbagai macam jenis program. Dari aplikasi yang mengintegrasikan

database, jaringan, office automation, dan web application. Pada penelitian ini program Microsoft Visual Basic versi 6.0 mengintegrasikan database dan merancang system absensi Dosen Jurusan Teknik Elektro Untirta menggunakan RFID.

Pada implemmentasi *Software* utama tampilannya adalah sebagai berikut:



Gambar 12. Tampilan *Software* Utama

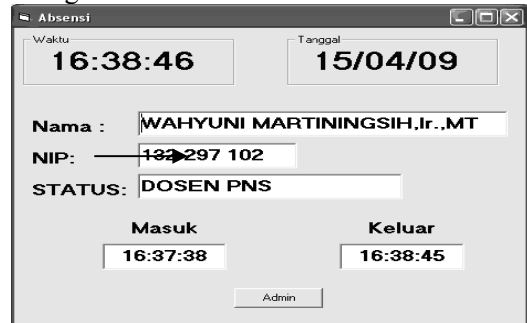
Pada implementasi *software* utama ini adalah pertama kali program akan menampilkan tampilan waktu dan tanggal sesuai dengan *clock* yang ada di admin *Personal Computer* di Jurusan Teknik Elektro Untirta. Selanjutnya program utama akan menunggu data dari *Reader* RFID.

Pada implementasi *software* utama ini adalah pertama kali program akan menampilkan tampilan waktu dan tanggal sesuai dengan *clock* yang ada di admin *Personal Computer* di Jurusan Teknik Elektro Untirta. Selanjutnya program utama akan menunggu data dari tag yang didekatkan ke *Reader* RFID. Bila ada kemudian di-check data dikomunikasi *serial* antara *Personal Computer* dan *Reader* RFID. Bila ada, maka dicek apakah nomor kartu tag dari RFID ada di database **absensi.mdb**. Selanjutnya bila nomor kartu tag RFID ada di database maka program akan menampilkan Nama Dosen, Nomor Induk Pegawai (NIP), Status, dan juga merecord waktu masuk kerja dari dosen yang bersangkutan.



Gambar 13. Tampilan Program ketika Kartu Tag RFID terdeteksi

Bila dosen tersebut akan pulang maka kartu tag RFID didekatkan ke *reader* RFID, selanjutnya program akan *me-record* waktu pulang kerja dari dosen yang bersangkutan.



Gambar 14. Tampilan Program ketika Kartu Tag RFID terdeteksi untuk waktu pulang kerja

Menu admin pada perancangan ini adalah berfungsi untuk staf admin jika ingin melihat data absensi dosen tentang waktu masuk dan waktu pulang kerja dari dosen yang bersangkutan dan juga bisa berfungsi untuk penambahan user.

Menu admin pada perancangan ini adalah berfungsi untuk staf admin jika ingin melihat data absensi dosen tentang waktu masuk dan waktu pulang kerja dari dosen yang bersangkutan dan juga bisa berfungsi untuk penambahan user.



Gambar 15. Tampilan Program Login Staff

Admin

Bila *staff admin* ingin melihat data dari absensi para dosen akan muncul menu yaitu user dan pass. Pada menu dan user tersebut hanya pihak *staff admin* yang diberi otoritas oleh Jurusan Teknik Elektro Untirta untuk melihat data dari absensi Dosen. Di menu absensi, staff admin dapat melihat database dan *record* absensi dari para Dosen Jurusan Teknik Elektro Untirta, dan bila staff admin butuh merekap jumlah kehadiran dari para Dosen telah disediakan *menu print* dari printer yang aktif di *Personal Computer* Jurusan.

Nama	NIP	Waktu masuk	Waktu keluar	Tanggal
IRMA SARASWATI.S.S	132310849	09:46:12	13:03:33	03/04/09
M.SADIKIN.ST.MT	132282205	09:46:20	13:03:41	03/04/09
ENDI PERMATA.ST	132310201	09:46:23	11:49:15	03/04/09
DIDIK ARIBOWO	-	09:46:26	-	03/04/09
HERI HARYANTO.ST	132304224	09:46:30	-	03/04/09
RI MUNARTO.H.M.Eng	132306453	08:10:25	15:55:29	06/04/09
IRMA SARASWATI.S.S	132304263	08:59:20	15:55:24	06/04/09
M.SADIKIN.ST.MT	132282205	08:59:25	15:55:19	06/04/09
ENDI PERMATA.ST	132310201	08:59:29	15:55:11	06/04/09
HARTONO.ST.MT	132300660	08:59:40	12:48:45	06/04/09
HERI HARYANTO.ST	132304224	08:59:43	15:55:06	06/04/09
DIDIK ARIBOWO	-	08:59:46	15:55:00	06/04/09
RIAN FAHRIZAL.ST	132310849	08:59:53	-	06/04/09
M.OTONG.ST	132310202	08:59:56	15:54:53	06/04/09
WAHYUNI MARTINING	132297102	08:59:59	10:28:23	06/04/09
RI MUNARTO.H.M.Eng	132306453	14:45:16	18:46:46	07/04/09
ENDI PERMATA.ST	132310201	15:40:12	15:40:19	07/04/09
IRMA SARASWATI.S.S	132304263	16:06:38	-	07/04/09
HARTONO.ST.MT	132300660	16:06:58	-	07/04/09
M.OTONG.ST	132310202	16:07:08	18:34:30	07/04/09
HERI HARYANTO.ST	132304224	16:07:15	-	07/04/09
M.SADIKIN.ST.MT	132282205	16:07:19	-	07/04/09
WAHYUNI MARTINING	132297102	18:35:00	-	07/04/09
RI MUNARTO.H.M.Eng	132306453	08:10:11	16:03:35	08/04/09
WAHYUNI MARTINING	132297102	10:55:15	15:59:19	08/04/09
M.SADIKIN.ST.MT	132282205	13:18:01	13:32:53	08/04/09
IRMA SARASWATI.S.S	132304263	13:33:04	15:40:43	08/04/09

Gambar 16. Tampilan Program Database Absensi

Di menu data, staff admin dapat melihat database dan record dari para Dosen Jurusan Teknik Elektro Untirta yaitu Nama Dosen, NIP, No_kartu tag RFID, dan Status dari dosen yang bersangkutan. Bila staff admin ingin menginputkan kartu baru dan nama dosen yang belum terecord di database telah disediakan menu tambah untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Nama	NIP	No. Kartu	Status
HERI HARYANTO.ST	132 304 224	810001DFFFA0	DOSEN PNS
ENDI PERMATA.ST	132 310 201	8100027D8779	DOSEN PNS
RI MUNARTO.H.M.Eng	132 306 453	81000199465F	DOSEN PNS
WAHYUNI MARTINING	132 297 102	8100028B878F	DOSEN PNS
HARTONO.ST.MT	132 300 660	8100019B4E50	DOSEN PNS
IRMA SARASWATI.S.S	132 304 263	81000286ADA8	DOSEN PNS
M.OTONG.ST	132 310 202	810002384AF1	DOSEN PNS
HERUDIN.ST	132 318 803	810002A9143E	DOSEN PNS
M.SADIKIN.ST.MT	132 282 205	810002E6781D	DOSEN PNS
DIDIK ARIBOWO	-	810002BD6AB4	DOSEN CPNS

Gambar 17. Tampilan Program Database Data

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan sistem absensi dan pengujian sistem absensi menggunakan RFID maka di ambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Pada pengujian 10 kartu Tag RFID didapatkan nomor kartu yang berbeda untuk 10 orang Dosen Jurusan Teknik Elektro Untirta yang selanjutnya tiap-tiap 10 orang dosen tersebut di-record data absensi selama 1 bulan.

2. Pada pengujian pembacaan reader terhadap posisi tag rfid pembacaan tag dapat dilakukan dari berbagai macam arah terhadap reader RFID. Akan tetapi untuk perancangan absensi dosen didesain agar pembacaan tag dilakukan dari bagian atas reader RFID. Hal ini dimaksudkan agar jarak yang mampu dideteksi oleh reader RFID merupakan jarak yang optimal
3. Pada menu admin pada perancangan ini adalah berfungsi untuk staf admin jika ingin melihat data absensi dosen tentang waktu masuk dan waktu pulang kerja dari dosen yang bersangkutan dan juga bisa berfungsi untuk penambahan user bagi pengembangan absensi menggunakan RFID ini dan data yang ter-record sewaktu-waktu diperlukan, telah disediakan menu print untuk mem-print data yang telah ter-record.
4. Media penghalang tidak mengganggu pendeteksian reader terhadap tag kecuali untuk media logam reader tidak dapat mendeteksi tag karena logam yang dapat bersifat elektromagnetis. Kendala utama dari pendeteksian ini hanyalah berupa jarak baca reader terhadap tag

DAFTAR PUSTAKA

Aksin, M. 2005. **Desain Elektronika Seri Radio Frekuensi**. Effhar & Dahara Prize, Semarang

Cooper, William, 1994, **Instrumen Elektronik dan Penguatan**, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Hall, Douglas,1986, **Microprocessors and Interfacing Programming and Hardware**, Mc.Graw-Hill, Singapore.

Malvino Hadi Gunawan, 1994, **Prinsip-Prinsip Elektronika**, Edisi kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta

Prasetya, Retna. 2004, **Visual Basic 6.0** . Penerbit Andi Offset, Yogyakarta

Peter R. Rony, 1992, **Logic & Memory Experiments Using TTL Integrated Circuit**, Mc.Graw-Hill, Singapore.

Desain dan Layout Pembangkit Pulsa *Clock Non-overlapping* untuk ADC Pipeline 1-bit/stage pada Aplikasi Kamera Kecepatan Tinggi

¹Erma Triawati Ch, ²Hamzah Afandi, ³Atit Pertiwi

Teknik Elektro, Universitas Gunadarma

Jln. Margonda Raya No. 100 Depok, Jawa Barat, 16424

¹ermach@staff.gunadarma.ac.id, ²hamzah@staff.gunadarma.ac.id, ³atit@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak — ADC pipeline pada setiap stage membutuhkan komponen pendukung yaitu op-amp, komparator, saklar kapasitor, dan pembangkit clock. Pada tulisan ini hanya membahas komponen pembangkit clock (generator pulsa) yang sangat penting untuk proses konversi analog ke digital. Pada tahap pengambilan sampel dan mengalikan maka ADC membutuhkan pulsa clock ke mode yang tidak berpotongan (*lapping*). Tulisan ini merupakan bagian dari penelitian yang bertujuan mendesain ADC yang mampu mendukung kamera kecepatan tinggi 10.000 frames/s. Dari studi dan analisa literatur didapatkan bahwa untuk mendukung kinerja kamera tersebut maka desain ADC yang sesuai adalah dari sisi kecepatan minimal memiliki konversi 80 MSPS, dari sisi resolusi minimal 8-bit dan diharapkan dari sisi biaya desain tidak terlalu tinggi. Melihat dari permasalahan spesifikasi ADC di atas, maka pemilihan jenis ADC yang sesuai adalah pipeline, hal ini dikarenakan ADC pipeline memiliki konsumsi daya kecil, sebab kebutuhan komponen pendukung di pipeline lebih sedikit. Topologi yang sesuai untuk mendukung kinerja kamera kecepatan tinggi adalah 1-bit/stage, karena komposisi rangkaian pendukung untuk topologi 1-bit/stage lebih sedikit, sehingga mempengaruhi dari sisi konsumsi daya dan area layout. Pada tulisan ini merupakan hasil penelitian yang merupakan kinerja lebih lanjut setelah desain pembangkit pulsa *Clock Non-overlapping* secara perhitungan manual sudah didapatkan, maka selanjutnya pada penelitian ini dibuat rangkaian dan layoutnya dengan berbantuan tools Mentor Graphics 0,35 um. Pada proses phase sampling dan multiplying pada ADC memerlukan pulsa clock dengan mode yang tidak bersinggungan (*lapping*). Lebar perioda clock *Non-overlapping* disesuaikan dengan waktu konstans pada proses sampling dan multiplying. Dengan menggunakan frekuensi clock 80MHz atau sama dengan 12,5ns, dengan 6,25ns perioda tinggi dan 6,25ns perioda rendah, sehingga diperlukan 4 macam clock yang berbeda periodanya, dengan fase tiap sinyal dan lebar perioda berbeda yang didasarkan pada fungsi pulsa clock. Jumlah total perioda tiap pulsa sama dengan 12,5ns atau sama dengan frekuensi 80MHz.

Kata kunci — *sampling, multiplying, pembangkit pulsa, Non-overlapping, layout*

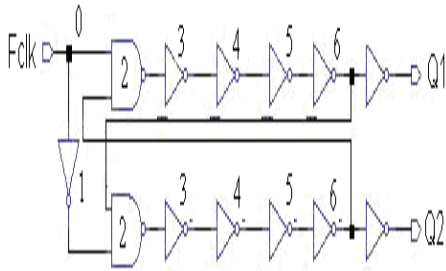
I. PENDAHULUAN

ADC (*Analog to Digital Converter*) merupakan salah satu komponen utama dalam sistem pengolahan sinyal digital. Sesuai namanya ADC berfungsi untuk mengkonversi sinyal analog (*kontinu*) menjadi sinyal digital (*diskrit*). Proses digitalisasi dilakukan melalui sampling dan kuantisasi. Kecepatan sampling akan menentukan jumlah sample persatuan waktu (*detik*). Sedang kuantisasi menentukan resolusi jumlah bit yang digunakan untuk mengkodekan nilai setiap sampelnya. Phase

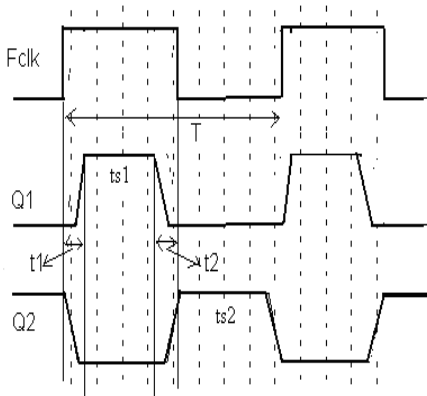
sampling dan multiplying pada ADC memerlukan pulsa clock dengan mode yang tidak bersinggungan (*lapping*), dengan memanfaatkan tunda (*delay*) suatu gerbang NOT dan NAND didapatkan penundaan perioda frekuensi masukan (Fclk), dengan membalik Fclk dan mengalikan umpan-balik terhadap masukan didapatkan perbedaan perioda Q1 dan Q2 seperti tampak pada gambar 1.

Bentuk gelombang keluaran tampak pada gambar 2. Frekuensi clock dengan perioda (T) dibagi menjadi dua (T/2) dengan duty-cycle 50%, ts1 adalah waktu settling op-amp untuk

proses sampling di mana lebar perioda ($T/2-t1-t2$) dan $ts2$ adalah waktu settling op-amp untuk proses multiplying di mana lebar perioda ($T/2-t3$).



Gambar 1. Rangkaian pembangkit Pulsa Clock Non-Overlapping

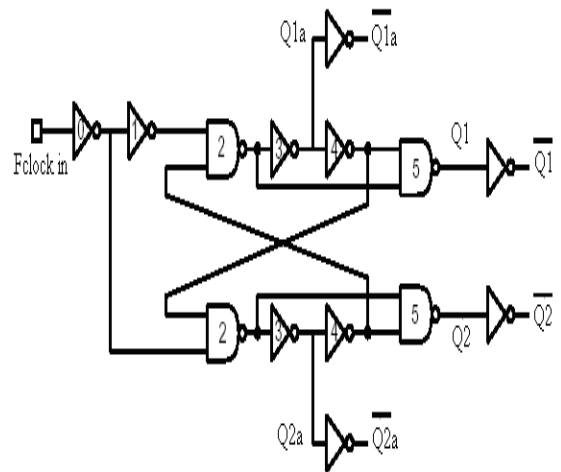


Gambar 2. Bentuk Pulsa Keluaran Non-Overlapping

waktu antara Q1a dengan Q1 dimana delay dipergunakan untuk membuka lebih dulu proses sampling untuk mereduksi sinyal yang bergantung dengan pengisian muatan (charge injection), t_{nov} adalah waktu non-overlap interval selama phase mana yang aktif.

Tabel 1. Delay Pada Clock Non-Overlapping

$ts1$	$\frac{T}{2} - t_r - t_2 - t_3 - t_4 + t_1 + t_f$
$ts2$	$\frac{T}{2} - t_f - t_1 - t_2 - t_3 - t_4 + t_r$
t_{lag}	$t_4 + t_5$
t_{nov}	$\min(t_2, t_2 + t_3 - t_5)$



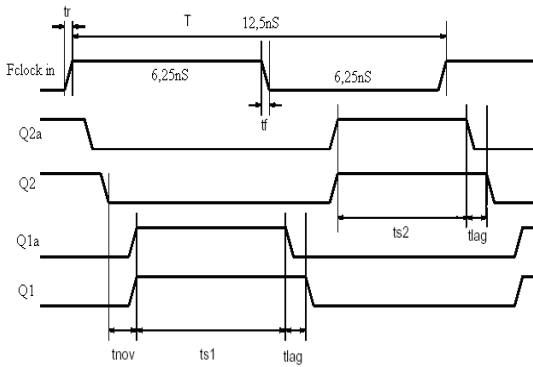
Gambar 3. Rangkaian Unit Clock Non-Overlapping

II. DESAIN PEMBANGKIT PULSA CLOCK NON-OVERLAPPING

Lebar perioda clock non-overlapping disesuaikan dengan waktu konstans pada proses sampling dan multiplying dengan nilai resistansi R_{on} pada tiap saklar MOS yang digunakan sehingga dapat ditentukan perbedaannya, dengan menggunakan frekuensi clock 80MHz atau sama dengan 12,5ns dengan 6,25ns perioda tinggi dan 6,25ns perioda rendah.

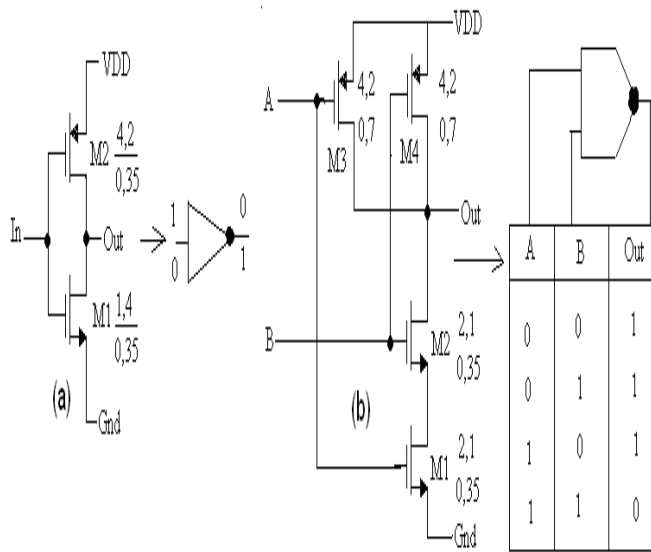
Sehingga diperlukan 4 macam clock yang berbeda periodanya ($Q1, Q2, Q1a, Q2a$), seperti pada tabel 1 dan gambar 3. $ts1$ adalah waktu settling op-amp pada ADC pipeline untuk phase sampling ($\Phi1$) dan $ts2$ adalah waktu settling op-amp untuk phase multiplying ($\Phi2$), t_{lag} adalah

Bentuk gelombang keluaran pembangkit clock non-overlapping pada gambar 4 dengan fase tiap sinyal dan lebar perioda berbeda yang di dasarkan pada fungsi pulsa clock. $Q1$ dan $Q1a$ untuk fase sampling dan $Q2$ dan $Q2a$ untuk fase multiplying, jumlah total perioda tiap pulsa sama dengan 12,5ns atau sama dengan frekuensi 80MHz.

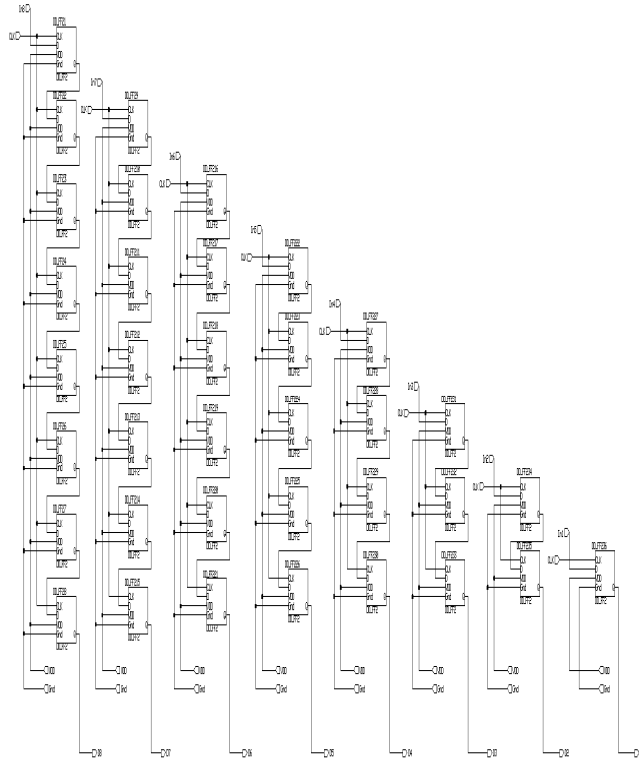


Gambar 4. Bentuk Gelombang Clock Non-Overlapping.

Delay dapat dipergunakan dari gerbang NOT dan NAND seperti pada gambar 5 dengan memanfaatkan logika gerbang tersebut dapat disusun gerbang D-FF sehingga dapat diperuntukkan sebagai unit delay pada proses penyeragaman keluaran digital ADC pada gambar 6. Delay yang dihasilkan sama dengan $6,25\text{ns} \times 8$ atau sebesar 50ns merupakan proses konversi satu sinyal masukan dari stage (N-1) sampai stage (N-8).



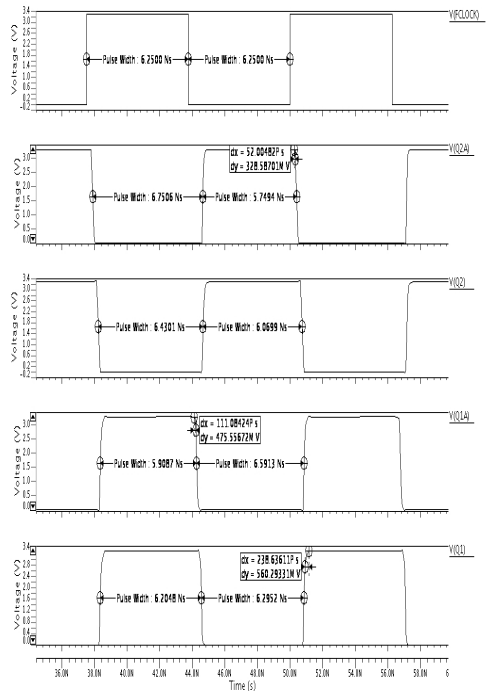
Gambar 5. (a) Gerbang NOT (b) Gerbang Nand



Gambar 6. Unit Delay DOUT Dengan D-FF

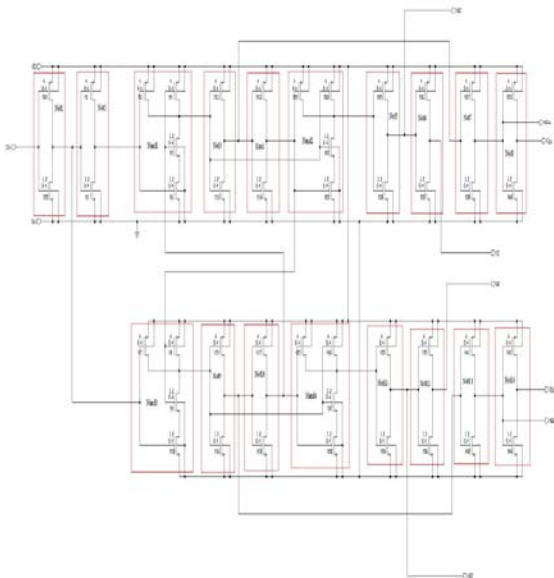
III. SIMULASI DAN PEMBAHASAN DESAIN RANGKAIAN PEMBANGKIT PULSA CLOCK NON-OVERLAPPING.

Simulasi yang dilakukan terhadap desain rangkaian Pembangkit Pulsa Clock Non-Overlapping dengan menggunakan perangkat lunak simulasi mentor graphic dengan teknologi AMS 0,35 μ m CMOS proses. Simulasi di titik beratkan pada karakteristik Pembangkit Pulsa Clock Non-Overlapping yang di aplikasi ke dalam ADC pipeline. Hasil simulasi tersebut yaitu:

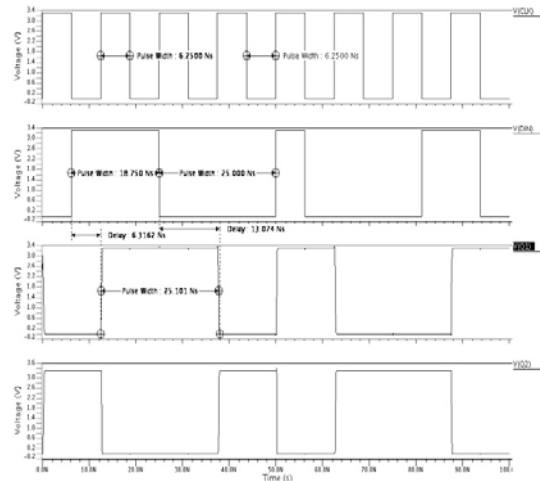


Gambar 7. Hasil Simulasi Clock Non-Overlapping 2 Fase

Hasil simulasi pada gambar 7 menunjukkan perioda Q1 dan Q1a digunakan sebagai clock phase sampling. Q1a lebih dulu menutup sebesar 111,08 pS (t_{lag}), hal ini untuk menjadikan muatan di C1 dan C2 tidak mengalami penurunan dan menghilangkan efek crossing saklar. Q2 dan Q2a digunakan sebagai clock phase multiplying dan terdapat perbedaan waktu yang diharapkan sama dengan t_{lag} agar sama waktunya pada saat stage selanjutnya. Selisih waktu antara Q1 dan Q2 adalah t_{nov} sebesar 52 pS difungsikan untuk menjaga muatan di C1 dan C2 supaya tidak berubah saat pergantian saklar dari phase sampling ke multiplying. Rangkaian pembangkit clock non-overlapping seperti pada gambar 8.

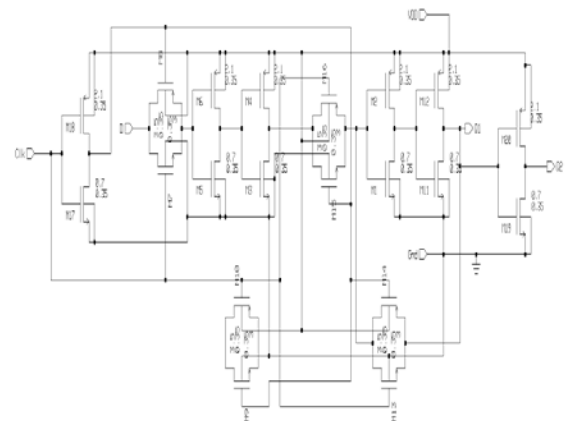


Gambar 8. Rangkaian Pembangkit Clock Non-Overlapping Dua Fase



Gambar 9. Hasil Simulasi Unit Delay (DFF).

Bentuk gelombang pada Gambar 9 merupakan hasil simulasi unit delay (D flip-flop) dari rangkaian pada gambar 10. Tundaan waktu yang dihasilkan tergantung kondisi clock yang masuk, DFF diaktifkan dengan penyulutan tepian positif, dan tundaan waktu pada gambar diatas sebesar 6,3nS yang sama dengan waktu setengah clock, karena stage 7 (MSB) lebih dulu bekerja dari pada stage 0 maka digunakan fungsi tundaan waktu DFF, sehingga keluaran MSB sama dengan LSB.

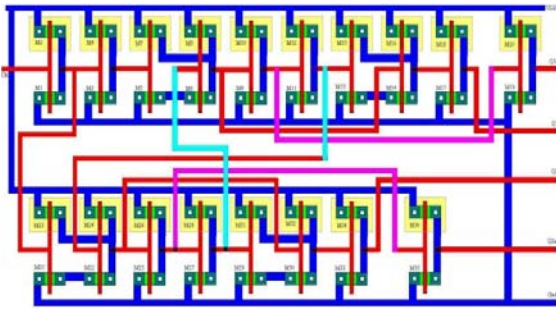


Gambar 10. Rangkaian Delay D-FF

IV. DESAIN LAYOUT CLOCK NON OVERLAPPING

Sesudah desain rangkaian Pembangkit Clock Non-Overlapping disimulasikan selanjutnya

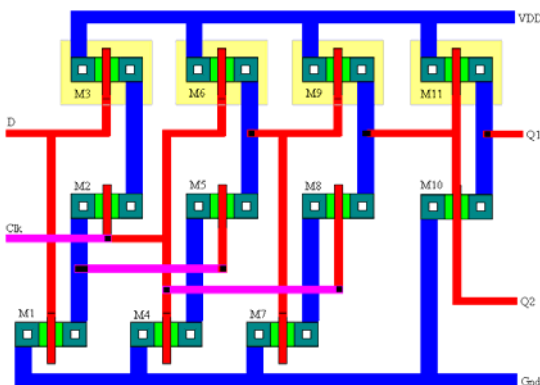
dibuat layoutnya dengan simulator mentor graphics 0,35 μm , seperti tampak pada gambar 11 berikut.



Gambar 11. Desain Layout Clock Non-Overlapping.

Fungsi clock non-overlapping digunakan secara bersamaan antar stage sehingga pada ADC pipeline 8-bit hanya di desain satu kali seperti pada gambar 11 yang merupakan desain layout komponen Clock Non-Overlapping. Cakupan areanya adalah $125\mu\text{m} \times 60\mu\text{m}$, hal didasarkan nilai parameter W dan L untuk unit Saklar Kapasitor dengan $W < 4\mu\text{m}$.

Rangkaian clock non-overlapping membutuhkan rangkaian Delay yang dibangun dengan menggunakan gerbang NOT dan NAND sehingga dengan memanfaatkan logika gerbang tersebut dapat disusun gerbang D-FF sehingga dapat diperuntukkan sebagai unit delay pada proses penyeragaman keluaran digital ADC. Desain layout Delay seperti gambar 12 di bawah ini. Cakupan area layout delay $125\mu\text{m} \times 60\mu\text{m}$ dengan diisi 2 D-FF hal ini didasarkan nilai parameter W dan L untuk unit Saklar Kapasitor dengan $W < 4\mu\text{m}$.



Gambar 12. Desain Lay-Out Delay (DFF).

V. KESIMPULAN

Desain Clock non-overlapping dengan 3 fase pulsa (sampling, amplifying, hold) terdapat perbedaan perioda di mana lebar perioda tiap fase mendekati 4ns. Desain unit delay (D-FF) menghasilkan delay setengah perioda frekuensi masukan. Desain layout komponen Clock Non-Overlapping cakupan areanya adalah $125\mu\text{m} \times 60\mu\text{m}$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, "Parameter Ruler Design CMOS AMS 0,35 μm ," Mentor Graphics Corporation.. <http://www.mentor.com/ams.html>, 2008.
- [2] A. Shabra and Hae-Seung Lee, "Over sampled pipelined A/D converter with mismatch shaping," *Journal of IEEE Solid State Circuit*, vol. 37, no. 5, May 2002.
- [3] A. Shabra and H.-S. Lee, "A 12-bit mismatch-shaped pipeline A/D converter," in *Dig. Tech. Papers, 2001 Symp. VLSI Circuits*, July 2001, pp. 211–214
- [4] Razavi., "Design of Analog CMOS Integrated Circuits". McGraw Hill, University of California, Los Angeles, 2001.
- [5] D. Schroder, "Semiconductor material and device characterization," volume Chapter 8. John Willey and Sons Inc, 1990.
- [6] Jacob Baker and D. E. Boyce, "CMOS Circuit Design, Layout and Simulation." IEEE Press on Microelectronic Systems, 1998.

Deteksi Gangguan Kualitas Daya Pada Beban Tanur Busur Listrik Menggunakan Transformasi Wavelet

Wahyuni Martiningsih, Mochamad Ashari, Adi Soeprijanto

Abstrak — *Paper ini merepresentasikan tentang deteksi gangguan pada sistem kelistrikan dengan beban tanur busur listrik dengan transformasi wavelet. Discrete wavelet transform (DWT) disini digunakan untuk mendeteksi dan menganalisa adanya gangguan yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas daya. Pada penelitian ini gangguan yang diamati adalah gangguan tegangan. Hasil simulasi dekomposisi dengan bantuan Matlab menunjukkan bahwa wavelet mampu mendeteksi adanya gangguan tegangan. Gangguan sinyal tegangan VA antara $t=603-703$, VB antara $t = 630-704$ dan VC terjadi $t= 630 - 703$ dan $t=966-975$.*

Kata kunci — *tanur busur listrik, gangguan tegangan, transformasi wavelet.*

I. PENDAHULUAN

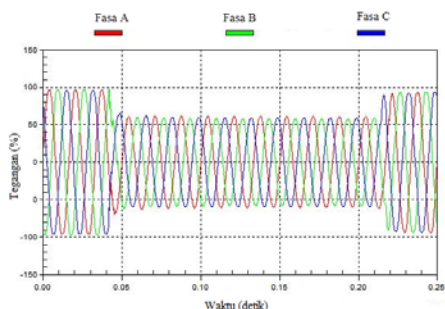
Tanur busur listrik (TBL) merupakan bagian dari industri peleburan baja yang berfungsi untuk melebur bahan-bahan baku seperti besi tua (*scrap*), besi spon (*spon iron*), batu kapur (*limestone*) dan bahan campuran lainnya menjadi baja. Jenis TBL yang digunakan adalah TBL arus bolak-balik tiga fasa, yang tiap fasanya terhubung dengan satu elektroda. Ketiga elektroda ini menghasilkan busur listrik (*arc*) sebagai sumber energi untuk peleburan.

Dalam proses peleburan, elektroda akan bergerak naik dan turun melalui suatu sistem kontrol elektroda (*electrode control system*) untuk menghasilkan busur listrik yang stabil. Untuk menjaga kestabilan busur listrik tersebut, maka sistem kontrol elektroda secara otomatis memerintahkan elektroda untuk bergerak naik dan turun untuk menjaga jarak (*gap*) antara ujung elektroda dan bahan baku yang berfungsi sebagai beban, agar jarak antara ujung elektroda dan muatan tetap stabil sesuai dengan nilai acuan impedansi (*impedance reference/setpoint*) yang telah ditentukan. Jarak antara ujung elektroda dan muatan yang bersifat penghantar, akan mempengaruhi besar arus listrik yang mengalir pada elektroda, yang pada akhirnya berpengaruh pada daya busur listrik (*arc power*) yang dihasilkan. Sehingga apabila arus listrik tersebut stabil pada ketiga fasa elektroda, maka

busur listrik dan daya yang dihasilkan juga stabil. Dengan operasi TBL sebagai beban non linier yang akan menyebabkan masalah kualitas daya dalam sistem tenaga termasuk di dalamnya dip tegangan, distorsi harmonisa dan flicker [1-5]. Operasi normal dari TBL dapat dibagi dalam dua tahap, yaitu tahap peleburan dan pemurnian.

Harmonisa yang diakibatkan oleh TBL tergantung pada tahap proses peleburan, pada proses tersebut menimbulkan tegangan harmonisa ketiga dan menghasilkan distorsi harmonisa total (THD) yang sangat berubah-ubah dengan cepat. Selama proses pemurnian, furnace menghasilkan tegangan harmonisa ketiga dan kelima dan THD yang lebih konsisten. Arus harmonisa dihasilkan bila tegangan dari busur dikenakan pada elektroda dan impedansi trafo *furnace* dan arus harmonisa ini diinjeksikan kembali ke sistem.

Tanur busur listrik juga menyebabkan adanya distorsi tegangan, yaitu tegangan *sag*, *swell*, harmonisa tegangan yang dapat mempengaruhi kualitas daya pada beban yang lain. Tegangan *sag* didefinisikan sebagai penurunan secara mendadak tegangan suplai antara 90 % sampai 10% dari tegangan nominal dengan durasi antar 0,5 *cycle* sampai 1 menit. Tegangan *swell* adalah kenaikan tegangan suplai secara mendadak antara 110 % sampai 180 % dengan durasi antara 10 ms sampai 1 menit. Gambar dari tegangan *sag* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sag Tegangan

II. TRANSFORMASI WAVELET

Wavelet dapat digunakan sebagai alat *tools* untuk melakukan dekomposisi sinyal ke dalam komponen frekuensi yang berbeda. Masing-masing komponen dapat diuraikan dengan menggunakan resolusi skala yang tepat. Dalam analisis wavelet, sinyal dapat dipisahkan menjadi aproksimasi dan detail.

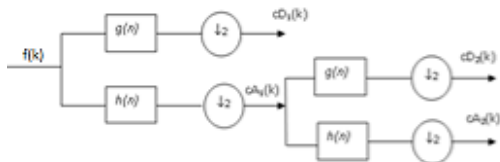
2.1 Multiresolution analysis (MRA) dan Dekomposisi

Koefisien transformasi *wavelet* diskrit dari suatu gelombang dapat diperoleh dengan menerapkan DWT yang diberikan oleh persamaan (1)

$$DWT(m, n) = \sum_k f(k)\psi^*(k) \tag{1}$$

$$\psi^*(m, n) = \frac{1}{\sqrt{a_0^m}} \sum_k \psi^*\left(\frac{k-nb_0a_0^m}{a_0^m}\right) \tag{2}$$

dengan a_0^m dan $nb_0a_0^m$ adalah faktor penskalaan dan faktor pergeseran. Dengan asumsi $a_0 = 2$ dan $b_0 = 1$ representasi dari setiap sinyal $f(k)$ pada tingkat berbagai resolusi dapat dikembangkan dengan menggunakan MRA. [6]



Gambar 2. Skematik dari Dekomposisi Wavelet

Gambar 2. Menunjukkan suatu sinyal $f(k)$ yang dilewatkan melalui *low pass filter* $h(n)$ dan *high pass filter* $g(n)$. Setelah itu setengah dari sinyal tersebut dieliminasi. Level pertama dari dekomposisi sinyal, menghasilkan $cA_1(k)$ yaitu koefisien wavelet dari aproksimasi dan $cD_1(k)$

adalah detail, seperti yang dijelaskan dengan persamaan berikut:

$$cA_j(k) = \sum_n h(2k-n)cA_{j-1}(n) \tag{3}$$

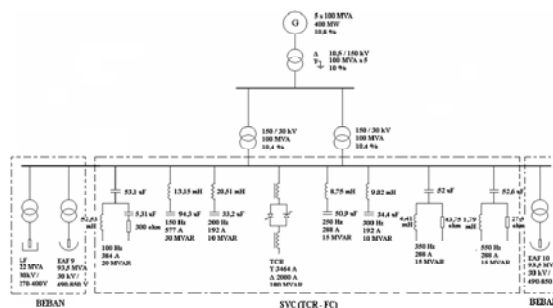
$$cD_j(k) = \sum_n g(2k-n)cA_{j-1}(n) \tag{4}$$

dengan $cA_j(k)$ adalah koefisien aproksimasi dan $cD_j(k)$ adalah koefisien detail pada level- j .

Dengan cara yang sama, perhitungan koefisien aproksimasi ($cA_2(k)$) dan detail ($cD_2(k)$) adalah dekomposisi pada level 2 dari koefisien wavelet aproksimasi ($cA_1(k)$) pada level 1, dan seterusnya.

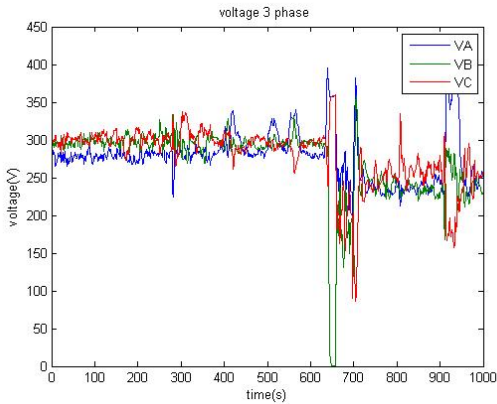
III. REPRESENTASI SISTEM KELISTRIKAN TBL

Sistem tenaga listrik (STL) terdiri dari komponen-komponen tenaga listrik yang membentuk suatu sistem terpadu dan terhubung. Tiga komponen penting yang membentuk STL antara lain pembangkitan, transmisi dan beban. Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data hasil pengukuran tegangan dari sistem kelistrikan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Representasi Sistem Kelistrikan dari TBL

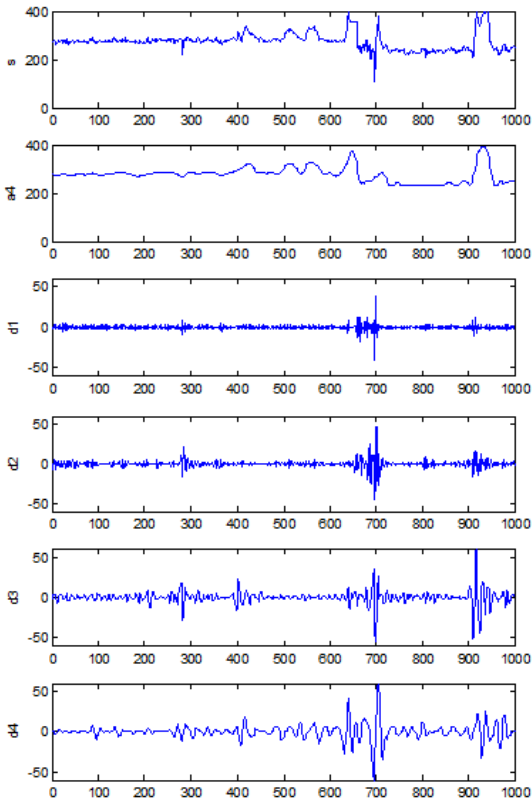
Data tegangan hasil pengukuran tersebut merupakan data tegangan dari salah satu beban (TBL) selama 50 menit atau 30.000 data, tetapi pada penelitian ini data yang digunakan hanya untuk 1000 data.



Gambar 4. Sinyal Tegangan dari V_A , V_B dan V_C

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

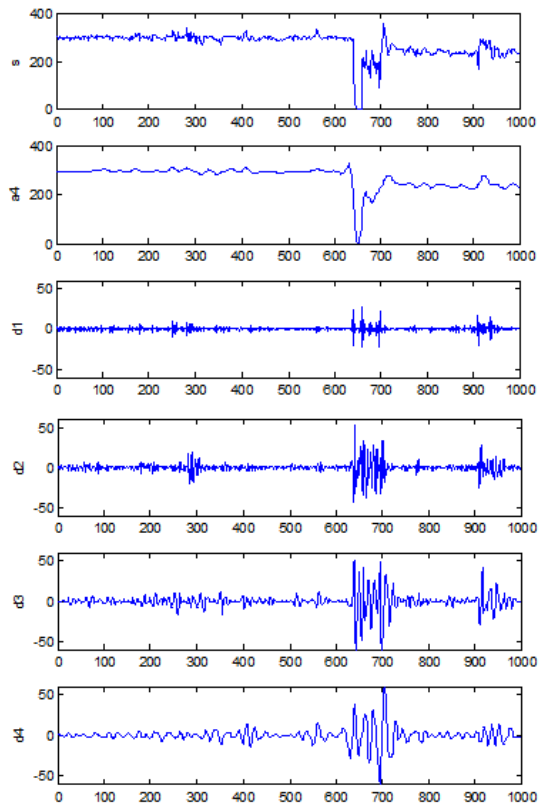
Pada penelitian ini mempresentasikan teknik dekomposisi sinyal multiresolution untuk mendeteksi adanya gangguan kualitas daya pada sistem kelistrikan dengan beban TBL. Sinyal yang akan diamati atau dianalisis dengan menggunakan discrete wavelete transform (DWT) adalah dinyal dari Gambar 5, yaitu sinyal V_A , sinyal V_B dan Sinyal V_C .



Gambar 6. DWT dari Sinyal V_A

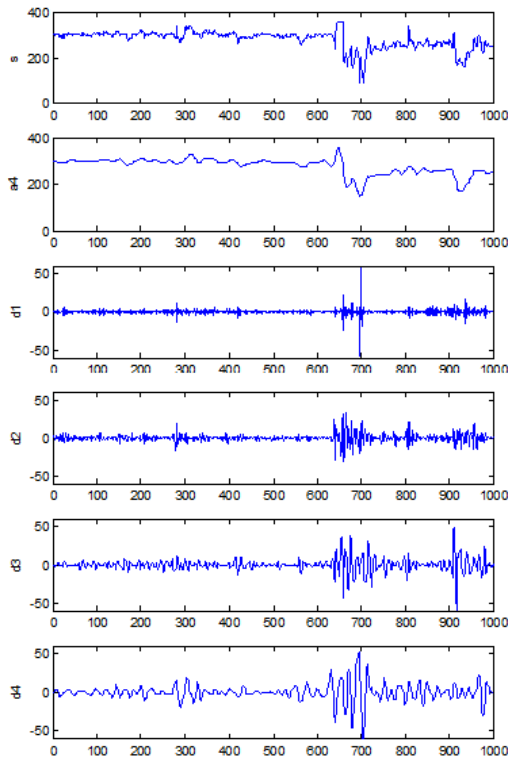
Gambar 6. menunjukkan hasil dekomposisi dari sinyal V_A dengan menggunakan wavelet Db4, terlihat dari detail level 4 (d4) terjadi gangguan pada $t= 639-703$ detik, nilai yang tinggi dari koefisien transformasi wavelet (39,6141 pada $t=639$ dan -85,2488 pada $t=703$) mengindikasikan adanya gangguan kualitas daya.

Hasil dekomposisi sinyal V_B ditunjukkan pada gambar 7. terlihat dari detail level 4 (d4) terjadi gangguan antara $t= 630-704$ detik, nilai yang tinggi dari koefisien transformasi wavelet (38,1633 pada $t=639$ dan 87,1517 pada $t=704$).



Gambar 7. DWT dari Sinyal V_B

Begitu juga dengan hasil yang diperoleh dengan mendekomposisi sinyal tegangan V_C , seperti yang terlihat pada gambar 8. Gangguan mulai terlihat antara $t= 630-703$ dengan koefisien wavelet sebesar 28,12788 pada $t = 630$, dan 50,7380 pada $t= 693$ dan yang tertinggi sebesar 80,1800 pada $t= 703$. Kemudian sinyal menunjukkan kembali ke kondisi normal, dan muncul gangguan lagi antara $t=966 - 975$.



Gambar 8. DWT dari signal V_C

V. KESIMPULAN

Transformasi wavelet mampu mendeteksi adanya gangguan dan mampu mendeteksi kapan terjadinya gangguan tersebut. Pada penelitian ini gangguan yang diamati adalah gangguan tegangan yang dapat mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas daya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Benoit Boulet, Gino Laili and Mark Ajersch, *Modeling and Control of an Electric Arc Furnace*, Proceedings of the American Control Conference, June, 2003.
- [2]. I.Vervenne, K. Van Reusel, R. Belmans, *Electric Arc Furnace Modelling from a "Power Quality" Point of View*, 9th International Conference, Electrical Power Quality and Utilisation, Barcelona, 9-11 October 2007.
- [3]. M.H. Haque, *Compensation of Distribution System Voltage Sag by DVR and D-Statcom*,

IEEE Porto Power Tech Conference 10th-13th September, 2001.

- [4]. A.Jaya Laxmi, G.Tulasi Ram Das, K.Uma Rao, K.Sreekanthi, K. Rayudu, *Different control strategies for Unified Power Quality Conditioner at load side*, IEEE, ICIEA 2006.
- [5]. Zainal Salam, Tan Perng Cheng, Awang Jusoh, *Harmonics Mitigation Using Active Power Filter : A Technology Review*, *Elektrika*, vol. 8, No. 22, pp. 17-26, 2006.
- [6]. Yu Chen, "Harmonic Detection in Electric Power System Based on Wavelet Multi-resolution Analysis", International Conference on Computer Science and Software Engineering, vol. 5, pp. 1204-1207, 2008.
- [7]. M. Sushama, G. Tulasi Ram Das, A. Jaya Laxmi, "Detection, Clasifikation and Localisation, and Controlling of Voltage Swells using IUPQC Through Wavelet Based Neural Network", *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 2005-2009.
- [8]. Sudipta Nath, Arindam Dey, Abhijit Chakrabarti, "Detection of Power Quality Disturbances using Wavelet Transform", *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 49, pp.869-873, 2009.

Wahyuni Martiningsih, Mahasiswa Program Doktor di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Mulai 1992-sampai sekarang aktif sebagai Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (email: yuni_elektro@yahoo.com).

Mochamad Ashari, sebagai Profesor bidang Power Electronics di Jurusan Teknik Elektro Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya Indonesia (email: soebagio@ee.its.ac.id)

Adi Soeprijanto sebagai Profesor bidang Power System Simulation di Jurusan Teknik Elektro Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya Indonesia (email: adisup@ee.its.ac.id)

Sinyal RF pada sistem Hybrid Fiber Coaxial (HFC) Untuk layanan TV-kabel dan Internet

Harumi Yuniarti¹, Bambang Cholis S².

Teknik Industri FTI Universitas Trisakti, Jl. Kyai Tapa Grogol, Jakarta.

harumiwo@yahoo.com¹, bcholis@yahoo.com²

Abstrak — Hybrid Fiber Coaxial (HFC) merupakan evolusi teknologi jaringan TV-kabel (Ca-TV) maupun internet berbasis kabel koaksial sebagai media transmisi untuk aplikasi layanan broadcast yang lebih cepat. Teknik ini merupakan penggabungan pemanfaatan fiber optik dengan kabel coaxial yang dilengkapi dengan komponen pendukung seperti Hub, Fiber node, Splitter, Tap, Amplifier, dsb. Optimalisasi teknologi HFC pada jaringan ini dapat ditunjukkan dari hasil pengukuran spektrum sinyal RF (Radio Frekuensi) yang ditransmisikan, yaitu dengan penggunaan alat ukur sinyal RF. Dari pengukuran spektrum sinyal ini ditunjukkan untuk nilai SNR terbaik pada komponen Tap (memenuhi nilai standard perusahaan), hal tersebut telah dianalisis pada area pengguna (pelanggan) untuk layanan prima.

Kata kunci — jaringan HFC, Headend, Sinyal RF, SNR.

I. PENDAHULUAN

Pada dasarnya Hybrid Fiber Coaxial (HFC) adalah suatu perangkat yang digunakan untuk jaringan telekomunikasi dan merupakan penggabungan dari teknologi fiber optik, optoelektronik dan teknologi kabel koaksial tradisional sehingga merupakan suatu teknologi "hybrid". Saat ini penggunaan HFC dalam jaringan telekomunikasi mendapat perhatian yang besar karena secara teoritis memungkinkan penyediaan berbagai service secara sekaligus (*multiservice*) seperti telephony, internet, cable TV-kabel dan *Video-on-Demand* (VoD) dengan kecepatan transmisi data yang lebih tinggi dan harga yang terjangkau oleh pemakai. Jaringan HFC dapat diterapkan melalui pemanfaatan jaringan TV-kabel, ataupun dengan membangun infrastruktur TV-kabel yang baru dengan teknologi HFC. Dalam upaya untuk memenuhi keinginan pelanggan (consumer) akan layanan Internet yang lebih cepat dan murah, salah satu faktor yang memainkan peran penting adalah *bandwidth* (lebar pita). Sebagai perbandingan, jaringan kabel telepon memiliki *bandwidth* yang rendah sehingga mempunyai kecepatan yang rendah sedangkan jaringan TV-kabel menyediakan *bandwidth* yang sangat lebar

sehingga menawarkan kecepatan yang lebih tinggi. Dengan memanfaatkan keunggulan dari jaringan TV-kabel ini, pemakai Internet dapat memperoleh kecepatan sambungan 500-1000 kali lebih cepat dari pada modem dial-up biasa dan 100-200 kali lebih cepat dari pada sambungan ISDN yang ada saat ini. File-file yang biasanya membutuhkan waktu beberapa menit untuk di-*download* dapat dilakukan dalam waktu yang jauh lebih singkat. Hal ini menunjukkan potensi besar yang dimiliki jaringan untuk penyediaan pelayanan multimedia.

Dengan segala keunggulan tersebut beberapa hambatan yang dihadapi pada implementasi jaringan TV-kabel sebagai *multiservice provider* adalah kebanyakan TV-kabel menggunakan sistem *full coaxial cable* dengan kelemahan-kelemahan berikut:

- Rentan terhadap berbagai macam gangguan seperti stasiun radio.
- Faktor umur dan perubahan temperatur secara terus-menerus
- Penguatan *noise* yang merambat pada *node-node* yang ada pada jaringan.
- Pengaruh medan elektromagnet yang kuat sehingga dapat mempengaruhi perangkat

elektronik pada pesawat terbang yang melalui daerah tersebut, dll.[2]

Untuk mengetahui kinerja layanan ini dilakukan pengamatan secara langsung pada *obyek* dan analisis hasil pengamatan yaitu antara lain mengetahui selisih daya (loss), SNR serta spektrum-spektrum sinyal down-stream, upstream dan forward yang ditunjuk-kan pada Tap.

II. SISTEM JARINGAN HYBRID FIBER COAXIAL

Sebagai pusat layanan informasi dari jaringan HFC (*hybrid fiber coaxial*), dimana sinyal dari berbagai sumber (seperti satelit, sinyal off air) diterima dan diubah dalam bentuk transmisi sinyal RF, dan segmentasi jaringan HFC ini dikelompokkan menjadi 4 bagian dengan fungsi masing-masing, diantaranya adalah *Optical Transport Link* (jaringan transport optic) yaitu hubungan antara *headend* dengan *distribution Hub*, *Optical Distribution Link* (jaringan distribusi fiber) yaitu untuk menghubungkan *distribution Hub* dengan *fiber node*, *Coaxial Distribution Link* (jaringan distribusi koaksial) untuk mendistribusikan sinyal RF yang membawa layanan jaringan HFC dari fiber node kelokasi pelanggan dan sebaliknya, *Tap Amplifier* (penguatan pada Tap), serta *Drop* yaitu penghubung terakhir antara Tap dengan pelanggan.

Pada gambar 1, saat sinyal-sinyal telah siap untuk diantarkan maka sinyal-sinyal tersebut digabungkan dalam sebuah kabel *single* dan siap untuk dikirim melalui jaringan. *Headend* ini terdiri atas beberapa bagian, antara lain adalah *receiver*, *demodulator/ decoder*, *modulator* dan *combiner*, berikut uraian fungsi dari masing-masing bagian :

1) *Receiver*: Fungsi *receiver* disini adalah sebagai penerima sinyal yang berasal dari stasiun bumi sebelum diteruskan ke modulator. Sedangkan fungsi stasiun bumi ialah menangkap sumber sinyal yang berasal dari satelit. Pada masing-masing receiver ini terjadi pemilahan sinyal untuk memilih satu channel yang diinginkan karena sinyal yang diterima dari satelit masih terdiri dari banyak *channel*.

Sinyal tersebut kemudian diteruskan ke *modulator*.

2) Demodulator: *Demodulator / Decoder* sebagai sumber sinyal yang merupakan sinyal *off-air*, sebelum sinyal RF *broadcast* yang diterima oleh antena tersebut dimasukkan ke *modulator* maka sinyal tersebut dipisah terlebih dahulu berdasarkan *channelnya*.

3) Modulator: *Modulator* sinyal-sinyal sumber di *headend* yang berbentuk sinyal *baseband*, sebelum dikirim ke *combiner* harus dimodulasikan dulu ke dalam sinyal pembawa RF. Oleh karena itu sinyal-sinyal sumber ini harus dilewatkan ke sebuah *modulator* yang menempatkan komponen *baseband audio dan video* pada sinyal pembawa RF.

4) Combiner: *Combiner* mengacu pada proses dari penempatan berbagai sinyal-sinyal RF dalam sebuah kabel tunggal untuk pendistribusian melalui jaringan. Sebelum sinyal-sinyal tersebut digabungkan terlebih dahulu dilakukan terjadi proses "*scrambling*" (pengacakan) sinyal untuk mencegah akses dari pihak-pihak yang tidak diinginkan.

A. Distribution Hub

Distribution Hub (DH) mempunyai fungsi mendistribusikan signal ke beberapa lokasi dengan media fiber optik. Untuk jaringan HFC yang kecil cukup menggunakan satu atau dua *distribution Hub*. Sedangkan untuk jaringan HFC yang cukup besar, *Distribution Hub* terbagi atas *Main Hub* (MH) dan *Sub Hub* (SH). Di dalam DH signal yang datang dikuatkan dan dipecah (*splitted*) dengan level yang disyaratkan oleh *Optical Distribution Network* (ODN). Di dalam DH terdapat Penerima optik, *Electrical splitter*, *Driver Amplifier*, dan *Optical amplifier*. [1]

B. Fiber Node

Fiber node terdiri atas optoelektronik dan *power inserter*, berfungsi untuk mengubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik, kemudian didistribusikan ke jaringan koaksial atau sebaliknya.

Sebagaimana yang telah disebutkan diatas, fiber node adalah node pada jaringan di mana sinyal optik dari trunk fiber diubah menjadi sinyal listrik untuk diteruskan ke kabel coax atau sebaliknya. Fiber node ini terdiri atas alat optoelektronik dan *power inserter*. Alat

optoelektronik adalah alat yang mengkonversikan sinyal cahaya ke sinyal listrik atau sebaliknya. Sedangkan *power inserter* adalah *interface* yang menghubungkan catu daya luar dengan node. Jadi, daya disalurkan ke dalam node melalui *power inserter*. Salah satu feature dari *power inserter* adalah *surge suppression* untuk melindungi kabel dari arus yang naik secara tiba-tiba (*surge*) dan tegangan yang berlebih (*overvoltage*). *Optoelektronik* pada jaringan HFC terdiri atas tiga bagian yaitu *Transmitter*, *Receiver* dan Penguat RF. [1]

C. Kapasitas informasi jaringan HFC

Berikut kapasitas informasi yang dapat dimanfaatkan pada jaringan HCF, adalah :

- 1) Kanal televisi standar mempunyai spektrum RF 6 MHz.
- 2) Sistem kabel tradisional dengan *bandwidth down-stream* 400 MHz (50 - 450 MHz) bisa menyalurkan 60 kanal TV analog sedangkan untuk sistem HFC dengan *bandwidth downstream* 700 MHz (50 - 750 MHz) bisa menyalurkan 110 kanal TV analog.
- 3) Satu kanal TV *downstream* bisa digunakan untuk data kecepatan 27 Mbps dengan modulasi 64QAM dan bisa ditingkatkan sampai kecepatan 36 Mbps dengan modulasi 128QAM.
- 4) Kanal *upstream* bisa mengirim data 500 kbps - 10 Mbps dari pelanggan-pelanggan menggunakan modulasi 16QAM atau QPSK (bergantung pada besar spektrum yang dialokasikan untuk layanan). [3]

III. STRUKTUR SISTEM JARINGAN HYBRID FIBER COAXIAL

Pada gambar 4, ditunjukkan struktur kabel (HFC) dan gambar 5, Simbol jaringan HFC, berikut diuraikan arti dari simbol-simbol sistem jaringan *hybrid fiber coaxial*, setiap simbol dari perangkat mempunyai arti/maksud tersendiri, yaitu :

- 1) *Fiber optik*: Untuk mengirimkan sinyal RF dari arah hub ke sisi *customer* melalui media kabel optik ke dalam *fiber node* dan mentransmisikan sinyal data dan *video stream* analog dan digital berupa transmisi cahaya. .

- 2) *Node*: Alat yang berfungsi menerima suatu spektrum sinyal FDM (*Frequency Division Multi-plexing*) yang dimodulasikan secara linier kemudian merubah nya dalam bentuk sinyal RF kemudian menggabungkannya dalam satu atau lebih jalur distribusi koaksial.
- 3) *Kabel koaksial*: Menstransmisikan sinyal data dan *video stream* analog dan digital yang berupa sinyal RF (elektrik).
- 4) *Splitter 3-way*: Alat untuk membagi sinyal RF masuk menjadi 3 output, karena splitter ini mampu-nyai simbol S-3, artinya *splitter 3-way* yang mempunyai pembagi kanal sebanyak 3 output. *Splitter 3-way* ini digambarkan dengan simbol seperti gambar 6.
- 5) *Tap*: Tap adalah alat pembagi sinyal RF dari jaringan distribusi ke masing-masing *port* untuk koneksi ke *customer*. Perangkat tap ini mempunyai simbol kotak dan lingkaran yang artinya simbol yang mempunyai bentuk kotak mempunyai kanal 4 output, dapat dilihat pada gambar 7 diatas, sedangkan untuk simbol lingkaran mempunyai kanal 2 output, dapat dilihat pada gambar-8. Tap 2 kanal (Gambar 8) mempunyai angka atau nilai seperti pada gambar-7, nilai 17, 14, 8 yang artinya setiap tap mempunyai nilai *losses* berdasarkan angka yang tercantum pada tap.
- 6) *Terminated*: Terminated adalah jalur terakhir yang menunjukkan sinyal RF tersebut tidak akan melanjutkan pada tap berikutnya.

IV. LAYANAN DAN JENIS SINYAL RF PADA SISTEM HYBRID FIBER COAXIAL

Pada sistem HFC ini mempunyai jenis sinyal RF (Radio Frekuensi) dan juga layanan yang tersedia untuk pelanggan. Pada setiap jenis sinyal RF menunjukkan masing-masing layanan, dibawah ini akan dijelaskan mengenai jenis sinyal RF dan juga layanannya, yaitu : Sinyal yang dikirim dari Headend ke Pelanggan disebut sinyal *Downstream*, sedangkan sinyal yang dikirim dari Pelanggan ke Headend disebut *Upstream* (sinyal *reverse*), spektrum sinyal RF dan nilai daya dapat dilihat dengan menggunakan alat ukur *Wavetek (SDA-5000)*

- 1) *Sinyal Forward* : sinyal forward memiliki tingkatan level sinyal antara *Low* dan *Hi*, yang menunjukkan *Low* (rendah) dan *Hi* (tinggi). Standart nilai *Lo/Hi* yang biasa dipakai untuk menunjukkan baik/layak nya suatu sinyal $Low/Hi = 36dBmv / 48dBmv$. Sinyal forward (gambar 9) untuk menunjukkan layanan TV kabel pada pelanggan.
- 2) *Sinyal Downstream*: Pada sinyal downstream terdapat juga standart nilai untuk menunjukkan baik/ layak nya suatu sinyal untuk pelanggan, nilai standart tersebut **berkisar** antara -15 dBmv sampai +15dBmv (disetting melalui *console cable modem*). Sinyal downstream ini untuk menunjukan layanan Internet yang terdapat pada pelanggan dan sinyal ini adalah sinyal dari hub menuju ke modem (Rx). Contoh sinyal downstream yang baik/layak untuk layanan Internet dapat dilihat pada gambar 10.

Untuk perhitungan sinyal *downstream* ini, terlebih dahulu sinyal input yang masuk pada amplifier di setting dengan sinyal level output 38 dBmv, sehingga sinyal yang masuk ke modem pelanggan diharapkan memenuhi dengan standart berkisar +15 dBmv sampai -15dBmv (disetting melalui *console cable modem*), hasil ini didapat setelah dikurangi besarnya loss pada kabel *feeder/trunk*, kabel drop, tap, splitter, dan *ground block*. [5]

Berikut adalah skema sinyal *downstream* sampai ke modem pelanggan :

- 1) *Sinyal Upstream*: Sinyal upstream untuk menunjukkan layanan internet tetapi berbeda arah sinyal yang dikirimkan, sinyal upstream ini mengirim kembali dari modem internet sampai menuju node. Standard nilai yang dimiliki sinyal upstream ini adalah 35 dBmv sampai 58 dBmv, lihat gambar 11.
- 2) *Signal to Noise Ratio*: *Signal to noise ratio* sering disingkat dengan SNR, adalah ukuran yang digunakan dalam ilmu teknik untuk mengukur berapa banyak sinyal yang telah rusak oleh kebisingan. Dalam istilah teknis SNR membandingkan tingkat sinyal yang diinginkan dengan tingkat kebisingan, semakin tinggi rasio, semakin sedikit kebisingan nya. SNR didefinisikan sebagai

kekuatan rasio antara sinyal yang diinginkan dengan kebisingan (sinyal yang tidak diinginkan)

Jika sinyal dan kebisingan diukur diimpedansi, maka SNR dapat diperoleh dengan menghitung kuadrat dari amplitudo rasio, didapat rumus sebagai berikut :

$$SNR = \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}} = \left(\frac{A_{\text{signal}}}{A_{\text{noise}}} \right)^2 \dots\dots(1)$$

Dimana

P: Daya rata-rata

A: adalah *root mean square* (RMS) amplitudo, karena banyak sinyal yang sangat luas memiliki *dynamic range*.

SNR sering dinyatakan dengan menggunakan logaritma desibel skala. Dalam desibel SNR didefinisikan sebagai : [2.]

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}} \right) \dots\dots\dots(2)$$

- 3) *Hasil pengamatan Sinyal RF pada alat ukur Wavetek*: Pada alat ukur Wavetek (alat ukur spektrum sinyal RF) akan diamati tiga jenis hasil sinyal RF yang terdapat pada setiap Tap yaitu: sinyal upstream, sinyal forward dan sinyal downstream.[5.], dapat ditunjukkan pada gambar 12.

Pada halaman terakhir ditunjukkan salah satu hasil pengamatan dan pengukuran Daya SNR pada Modem dan Tegangan pada Tap disajikan dalam bentuk grafik (grafik-1 dan grafik-2)

Pada grafik 1, hasil grafik daya noise dan Rx yang dihasilkan adalah cenderung semakin naik untuk Daya Rx pada setiap modem, hal tersebut diperlukan daya maksimal untuk mendistribusikan sinyal dari node sampai ke modem, agar sinyal yang sampai pada modem pelanggan dapat diterima optimal baik untuk layanan Internet maupun TV-kabel.

Pada grafik 2, terlihat grafik naik-turunnya suatu daya untuk setiap Tap, begitu pula terjadi pada sinyal forward low, sinyal forward Hi, sinyal downstream, sinyal upstream. Hal tersebut menunjukkan untuk setiap Tap mempunyai nilai daya (standard perusahaan)

yang dinyatakan baik untuk diterima dan diteruskan kembali masuk kedalam modem pelanggan.

Dari hasil pengamatan dan perhitungan rata-rata yang diamati di beberapa lokasi pada Tap dan Modem pengguna adalah sbb :

- 1) SNR: (40,8 s/d 42,2) dB, dengan hasil terbaik : 41 dB
- 2) Daya Rx (downstream) : (2,6 s/d 12,7) dBmv, dengan hasil terbaik : 4,7 dBmv.
- 3) Selisih Daya Loss : (6,3 s/d 13,7) dBmv

Berikut adalah contoh perhitungan sinyal upstream dari pelanggan ke headend :

Misal dari Modem : 50 dBmv
Insertion loss splitter : 1 dBmv
Groundblok loss 1 dBmv
Cable drop loss : 9 dBmv
Cable loss : 1,5 dBmv

Pada salah satu Tap (lokasi), terbaca: 20 dBmv.

Maka, Input: $(50 - 1 - 1 - 9)$ dBmv = 39 dBmv
Output: (input Tap - Tap Loss) = $(39 - 20)$ dBmv = 19 dBmv

Contoh perhitungan besar loss yang diambil dari pengukuran salah satu Tap sbb :

Untuk Daya downstream pada Modem : 16,3 dBmv dan Daya Rx: 2,6 dBmv
Selisih Daya Loss antara Tap dan Modem = $(16,3 \text{ dBmv} - 2,6 \text{ dBmv}) = 13,7 \text{ dBmv}$.

Dari perhitungan dapat diketahui besar loss yang berada pada jalur antara Tap dan Modem pelanggan adalah 13,7 dBmv.

6) *Analisis hasil pengukuran:* Dari pengamatan pada beberapa lokasi (menggunakan alat ukur spektrum sinyal RF) untuk layanan prima, sinyal Upstream dinyatakan baik/layak untuk menransmit balik, jika mempunyai telemetri 9 s/d 10 dBmv pada Tap, berarti sinyal yang ditransmit kembali ke node mempunyai bentuk sinyal yang baik/layak setelah melewati beberapa losses yang berada pada kabel drop dll, sinyal Dwonstream masih bisa dinyatakan baik/layak untuk mengakses internet (-15 dBmv s/d 15 dBmv) dan sinyal Forward menunjukkan masih memenuhi persyaratan untuk layanan TV-kabel (- 10 dBmv s/d 10

dBmv). Beberapa pengamatan diperoleh perbedaan nilai SNR, hal tersebut diperkirakan karena pengaruh faktor pengguna internet yang tidak kontinue, juga komponen pendukung yang tidak bekerja dengan baik, konektivitas jaringan/kabel bahkan jarak dan overload pengguna (trouble shooting) sehingga mempengaruhi kualitas penerimaan/ layanan.

V. KESIMPULAN

Pemanfaatan teknologi HFC (hy-brid Fibre coaxial) untuk layanan TV-kabel dan internet dapat ditunjukkan dari kualitas spektrum sinyal RF yang ditrans-misikan. Faktor kontinuitas pengguna dan konektivitas jaringan serta kinerja kom-ponen-komponen pendukung sistem ini sangat berpengaruh pada kualitas layanan prima. Hal tersebut dapat dikontrol dan dideteksi dengan menggu-nakan alat ukur sinyal RF dengan mengamati sinyal-sinyal upstream, down-stream dan forward yang dikirim, yaitu ditunjukkan dari penerimaan terbaik pada nilai SNR 41 dB yang cenderung stabil pada komponen Tap, daya Rx: 4,7 dBmv pada Modem, serta nilai loss antara Tap dengan Modem cukup kecil (memenuhi nilai standard perusa-haan).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kristian Ginting, Robby.2003. “*Sistem Jaringan Hybrid Fiber Coaxial (HFC)*”, Jakarta : PT.Fist Media , Tbk (Manual Book).
- [2] Mengenal-jaringan-hfc-hybrid-fiber-coax.(online), <http://adhyprynt6.blogspot.com/2010/01/mengenal-jaringan-hfc-hybrid-fiber-coax.html>.
- [3] Hibrid Fiber Koaksial.(online),
- [4] <http://sinauonline.50webs.com/Artikel/Hybrid%20Fiber%20CoAxial%20HFC.html>, diakses 24 Jan- 2012, jam 12.00 wib.
- [5] *Jaringan Fiber Coaxial.* (online), http://sikathabis.multiply.com/journal/item/1695/jaringanHybrid_Fiber_Coax, diakses 20 Januari 2012, jam 10.00 wib.
- [6] Surawinata, Rangga. 2011, “*Makalah Kerja Praktek dan TA*”, Jakarta: PT. First Media, Tbk (buku Makalah).

Perancangan Mysql Cluster Menggunakan Mikrotik Rb750 Sebagai Node Database Management

Peran Bintang Sihite¹, M. Iman Santoso², Anggoro Suryo Pramudyo³

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

¹peran_bintang@yahoo.co.id, ²iman_manusia_biasa@yahoo.com, ³pramudyo3@yahoo.com

Abstrak - Penggunaan system informasi sudah tidak asing bagi sebagian besar masyarakat. Dengan adanya system informasi yang kompleks, dibutuhkan system penyimpanan database untuk menunjang berjalannya system informasi tersebut. Dalam prakteknya, system informasi itu ketika diakses oleh client kadang terjadi kegagalan. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan di atas, dengan menggunakan teknologi database cluster. Dengan menggunakan metode clustering master-master performa sebuah database akan meningkat karena penanganan arus data dari client tidak ditangani oleh 1 server saja. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan fitur load-balancing yang terdapat di mikrotik routerboard 750. Dengan menggunakan teknologi database cluster diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang terjadi di dalam system informasi.

Kata kunci : Database cluster, MySQL cluster master-master, mikrotik, query.

I. Pendahuluan

A.1 Latar Belakang

Di era yang serba digital saat ini, penggunaan sistem informasi sudah tidak asing bagi sebagian besar masyarakat, baik itu bertujuan menginformasikan data kepada *client* maupun sekedar untuk promosi diri atau organisasinya. Dengan adanya sistem informasi yang kompleks itu dibutuhkan penyimpanan *database* untuk menunjang berjalannya sistem informasi tersebut.

Dalam praktiknya sistem informasi itu ketika diakses oleh *user* kadang terjadi kegagalan. Hal itu dikarenakan di sisi *server* terjadi *failure*. Kegagalan atau *failure* itu sendiri disebabkan karena *server crash*, atau bahkan yang lebih parah mati total dan tidak ada *backup* dari *server* lain yang langsung menggantikan ketika *server* utama mengalami masalah. Oleh karena, itu penyimpanan *database* yang baik harus bersifat *high availability*.

Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan di atas adalah dengan menggunakan teknologi *database cluster*. Dikarenakan di dalam teknologi *database cluster* selain terdapat replikasi *database* juga terdapat sistem yang mampu mengatasi *failure* sistem *database* itu sendiri.

A.2 Metode penelitian

1. Studi literatur, yaitu pengumpulan bahan-bahan literatur yaitu buku-buku ataupun bahan-bahan yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan, seperti buku tentang jaringan komputer, arsitektur *database*, buku dasar-dasar database dan lain sebagainya untuk membantu penelitian.
2. Studi lapangan, yaitu mengaplikasikan penelitian untuk pengambilan data pengujian pada aplikasi *virtual* komputer yang telah dirancang, sehingga dapat terwujudnya aplikasi *MySQL Clustering*.
3. Melakukan proses pengujian sistem termasuk proses pengujian kecepatan jaringan yang dibutuhkan, pengujian koneksi jaringan, dan pengujian kehandalan *database* terhadap kebutuhan *client*, serta implementasinya pada sistem.
4. Membuat analisa dan kesimpulan.

A.3 Tujuan penelitian

Tujuan dari skripsi ini adalah untuk melakukan *clustering* pada *database* yang akan menambah performa dari *database* dan juga lebih memudahkan *administrator* dalam melakukan *maintenance server* tanpa perlu

menon-aktifkan *server* tersebut dan meningkatkan performa *database server*

A.4 Batasan masalah

1. *Software database* yang digunakan adalah MySQL.
2. Jenis MySQL *Cluster* yang diujicobakan adalah MySQL *Clustering Master-Master* dan *Master-Slave*.
3. *Platform Sistem Operasi* yang digunakan adalah Windows™, namun tidak terbatas pada *platform Sistem Operasi Windows™* saja, selama *software database* MySQL dapat berjalan pada *platform* tersebut.

II. Dasar Teori

B.1 Database clustering

Database clustering adalah kumpulan dari beberapa *server* yang berdiri sendiri yang kemudian bekerjasama sebagai suatu sistem tunggal. Saat ini aplikasi *database* semakin berkembang, baik dalam hal kegunaan, ukuran, maupun kompleksitas. Hal ini secara langsung berdampak pada *server database* sebagai penyedia layanan terhadap akses *database*, konsekuensi dari semua itu adalah beban *database server* akan semakin bertambah berat dan mengakibatkan kurang optimalnya kinerja dari *server* tersebut.

Oleh karena itu, diperlukan perancangan yang tepat dan handal dalam membangun *database server*. *Database* pada masa sekarang ini dituntut agar dapat berjalan dengan cepat, mempunyai kehandalan dan keseterediaan yang tinggi, dengan *clustering database* yang disimpan dapat terbagi ke beberapa mesin dan pada saat aplikasi berjalan, semua mesin yang menyimpan data tersebut dianggap sebagai satu kesatuan. Metode *clustering* seperti ini sangat baik untuk *load-balancing* dan penanganan sistem *failure* karena kemampuan tiap mesin akan digunakan dan jika ada salah satu mesin yang mengalami *failure* maka sistem tidak akan langsung terganggu karena mesin lain akan tetap berfungsi. Kemampuan *clustering* memungkinkan sebuah *database* tetap hidup dalam waktu yang lama. Berikut adalah contoh arsitektur dari *database cluster* itu sendiri.

B.1.1 Shared-Disk Cluster

Arsitektur *shared-disk clusters* menggunakan *server-server independent* dan berbagi sebuah sistem penyimpanan tunggal. Setiap *server* mempunyai prosesor dan memori sendiri, tetapi berbagi *disk resources*. Implementasi utama dari *shared-disk clustering* adalah bukan untuk *scalability*. *Shared-disk clustering* ini diimplementasikan untuk *availability* dan menambah *node* cadangan sebagai *fail-over node*.

B.1.2 Shared-Nothing Cluster

Dalam arsitektur *shared-nothing cluster*, tiap *server* dalam *cluster* menangani prosesor, memori, *storage*, *record locks* dan transaksi yang terpisah dan melakukan koordinasi dengan *server* lain melalui jaringan dengan menggunakan *high speed, low-latency interconnect technology*. Dalam proses permintaan data suatu *node* harus mengirimkan pesan ke *node* yang lain yang memiliki data yang diakses. Hal ini juga dilakukan saat koordinasi data yang dilakukan pada *node* yang lain seperti *insert, select, update* dan *delete*. Berbeda dengan *shared-disk, shared-nothing* didisain untuk *high availability* dan *scalability*.

B.2 MySQL Cluster

MySQL *cluster* merupakan sebuah tipe basisdata (*database*) yang dapat beroperasi dalam ukuran data yang besar. MySQL *cluster* adalah sebuah teknologi baru untuk memungkinkan *clustering* di dalam *memory database* pada sebuah sistem *share-nothing*. Arsitektur *share-nothing* memungkinkan sistem dapat bekerja dengan *hardware / perangkat keras* yang sangat murah, dan tidak membutuhkan perangkat keras dan lunak dengan spesifikasi khusus. Arsitektur tersebut juga handal karena masing-masing komponen mempunyai memori dan *disk* tersendiri. MySQL *cluster* menggabungkan MySQL *server* biasa dengan sebuah mesin penyimpanan *in-memory* ter-*cluster* yang dinamakan *NDB*. *NDB* berarti bagian dari suatu rangkaian yang dikhususkan sebagai mesin penyimpanan, sedangkan MySQL *cluster* diartikan sebagai kombinasi atau

gabungan dari MySQL dan mesin penyimpanan yang baru tersebut. Sebuah MySQL *cluster* terdiri dari sekumpulan komputer, masing-masing menjalankan sejumlah proses mencakup beberapa MySQL *server*, *node-node* penyimpanan untuk *cluster* NDB, *server-server* manajemen dan program-program pengakses data yang khusus. Semua program-program tersebut bekerja bersama-sama untuk membentuk MySQL *cluster*. Ketika data disimpan di dalam mesin penyimpan media NDB *cluster*, tabel-tabel disimpan di dalam *node-node* penyimpanan pada NDB *cluster*. Tabel-tabel seperti itu dapat diakses secara langsung dari semua MySQL *server* yang lain di dalam *cluster* tersebut. Data yang disimpan di dalam *node-node* penyimpanan pada MySQL *cluster* dapat di *mirror* (dicerminkan), *cluster* tersebut dapat menangani kegagalan dari *node-node* penyimpanan *individual* dengan tidak ada dampak lain dari sejumlah transaksi dihentikan karena kegagalan proses transaksi.

B.3 Jaringan Komputer (Computer Network)

Computer network adalah sebuah sistem komunikasi yang menghubungkan dua atau lebih komputer [2]. Network didefinisikan sebagai dua atau lebih komputer yang dihubungkan agar dapat saling berkomunikasi dan bertukar informasi, dan ditekankan bahwa network tidak hanya terdiri dari komputer saja, tetapi juga peralatan lainnya seperti printer, modem, scanner, dan lainnya yang dihubungkan oleh beberapa media seperti kabel, fiber optic maupun dengan perangkat wireless.

B.4 Router Mikrotik

Router adalah salah satu perangkat jaringan yang dapat mendistribusikan paket data dari satu jaringan komputer ke jaringan komputer lainnya yang berbeda, sehingga jaringan-jaringan komputer tersebut dapat saling terhubung melalui sebuah perangkat jaringan yang disebut router.

Router Mikrotik, memiliki berbagai fasilitas yang dapat menjawab berbagai macam permasalahan pada jaringan komputer. Namun, harga sebuah router tidaklah murah, hal ini sesuai dengan kinerja oleh sebuah router itu

sendiri. Hingga ditemukanlah sebuah solusi dari perusahaan Mikrotik, yaitu sistem operasi yang dikhususkan untuk sebuah networking, yang dinamakan Mikrotik Router OS. Sistem operasi ini terbukti cukup murah dan handal dalam melakukan fungsinya sebagai sebuah sistem operasi router, seperti pengaturan gateway server, bandwidth limiter, hingga web proxy. Router OS adalah modifikasi dari sistem operasi Linux berbasis kernel 2.6.16.



Gambar 2.1 Mikrotik RouterBOARD 750

III. Metodologi Penelitian

C.1 Instrumen Penelitian

1. PC Server

Tabel 3.1 Spesifikasi PC Server A

Spesifikasi	Server A
Prosesor	Intel Core i3 M350 @2.27GHz
Memori	256 Mbytes DDR3 SDRAM
Kapasitas Hard-disk	10 Gbytes
Sistem Operasi	Microsoft™ Windows XP

Tabel 3.2 Spesifikasi PC Server B

Spesifikasi	Server B
Prosesor	AMD Phenom II x4 840 @3.21GHz
Memori	2048 Mbytes DDR3 SDRAM
Kapasitas Hard-disk	250 Gbytes
Sistem Operasi	Microsoft™ Windows XP

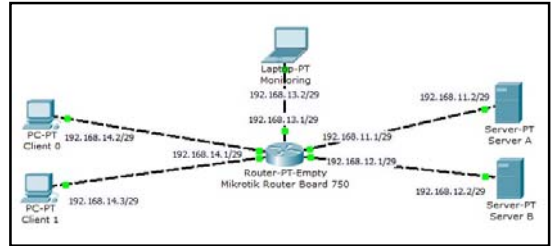
2. Mikrotik Router Board 750

Tabel 3.3 Spesifikasi Mikrotik RouterBoard 750

Arsitektur	MIPS-BE
CPU	AR7241 400MHz
Main Storage / NAND	64 Mbytes
RAM	32 Mbytes
LAN Ports	5 ports
Switch Chip	1 chip
Power Jack	10-28 V
POE Input	10-28 V
Dimensi	113x89x28 mm
Sistem Operasi	RouterOS
Temperature Range	-40 °C sampai +55 °C
Lisensi RouterOS	Level 4

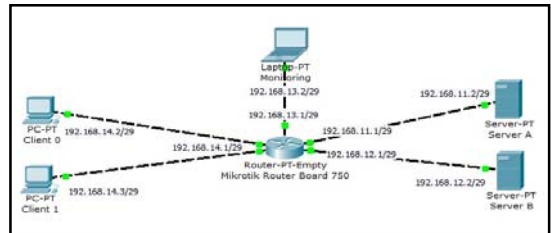
- Perangkat lunak Performance Monitor : Perangkat lunak yang telah tersedia pada sistem operasi Microsoft™ Windows XP. *Software* ini dapat menampilkan data performa dari perangkat keras komputer yang digunakan, baik itu secara angka aktual maupun grafik.
- Perangkat lunak Spawner : Merupakan *software data generator* untuk melakukan *input data* yang lebih dikhususkan untuk MySQL. *Software* ini dapat memanipulasi *input data per field* pada MySQL dan beberapa jenis tipe data.
- Perangkat lunak Spawner : Merupakan *software data generator* untuk melakukan *input data* yang lebih dikhususkan untuk MySQL. *Software* ini mampu melakukan *monitoring database* secara *remote*, dengan catatan *software* ini telah diberi hak akses dari *server* yang akan dipantau. *Software* ini dapat melakukan *monitoring* lebih dari satu *server* secara bersamaan. Salah satu kelebihan dari *software* ini yaitu dapat melakukan komparasi *database*.

C.3. Perancangan Sistem MySQL Clustering Master-Master



Gambar 3.1 Topologi Jaringan Pengujian MySQL Master-Master

C.4. Perancangan Sistem MySQL Clustering Master-Slave



Gambar 3.2 Topologi Jaringan Pengujian MySQL Master-Slave

IV. Pengujian dan Analisa

Skenario pengujian *server MySQL cluster* yang berjalan di atas *software* Oracle VM VirtualBox. Agar dapat mengaksesnya, digunakan sebuah perangkat jaringan, Mikrotik Router yang telah dikonfigurasi sehingga dapat menggunakan *load balancing* dan *fail-over*.

Router di sini berfungsi sebagai media penghubung dari jaringan *server* menuju jaringan luar (jaringan pengguna). Dan juga, *router* merupakan pengganti dari *node database management*. Oleh karena itu, tidak menggunakan *node database management*, karena kurang memaksimalkan fitur *fail-over*, apabila *node database management* mati, maka semua *server MySQL cluster* akan ikut tidak dapat melayani transaksi *database*.

Kemungkinan untuk dapat mengakses *server* adalah dengan di luar dari jaringan *server MySQL Cluster* tersebut dan/atau melalui sambungan *internet* yang terhubung melalui Mikrotik Router. Tipe koneksi jaringan yang digunakan saat pengujian yaitu Ethernet 10/100

mbps pada masing-masing server yang di mana di *bridge* dengan Ethernet 10/100 mbps pada komputer utama dan terhubung dengan Mikrotik Router. Router yang digunakan adalah Mikrotik RouterBOARD 750.

D.1 Pengujian Data Kecepatan Akses

Pengujian dilakukan dengan mengukur kemampuan mengolah permintaan *client* pada komputer *server*.

D.1.1 Pada MySQL Cluster Master-Master

Data pengujian kecepatan akses insert dan replace query secara terpisah pada MySQL *clustering master-master* dapat dilihat, sebagai berikut :

Kecepatan *server* menangani *query* dari *client* per detik

Insert query

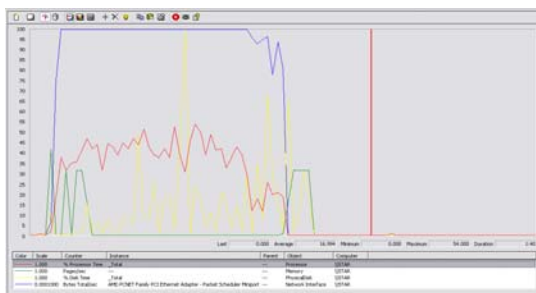
Menggunakan 2 *client*, yang masing-masing mengirim 3 *field*, yaitu:

- *Random integer*, dari *range* 0 sampai 1000
- *Random char*, yang berupa nama lengkap seseorang dengan maksimum 20 karakter.
- *Random teks*, yang berisi kata acak dengan jumlah kata acak dari 1 sampai 20 kata.

Replace query

Menggunakan 2 *client*, yang masing-masing mengirim 3 *field*, yaitu:

- *Random integer*, dari *range* 0 sampai 1000
- *Random char*, yang berupa nama lengkap seseorang dengan maksimum 20 karakter.
- *Random teks*, yang berisi kata acak dengan jumlah kata acak dari 1 sampai 20 kata.



Gambar 4.1 Grafik Pengujian Insert Query pada Server A Master-Master



Gambar 4.2 Grafik Pengujian Insert Query pada Server B Master-Master

Tabel 4.1 Pengujian Insert Query Master-Master

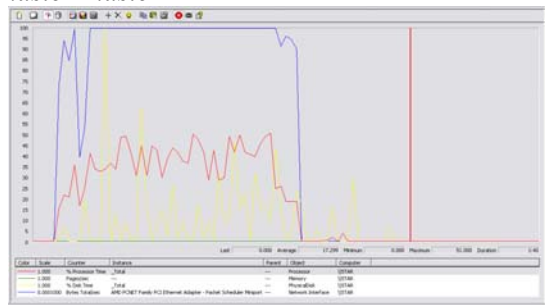
Percobaan ke	Jumlah Client	Jumlah Query	Waktu yang Dibutuhkan (sec)	Kecepatan (query/sec)
1	2	1000	45	2222
2	2	1000	47	2127
3	2	1000	45	2222

Kecepatan maksimum = 2222 qps

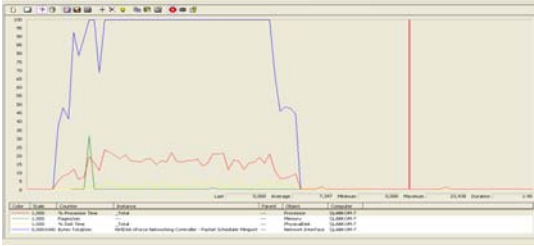
Kecepatan rata-rata = 2190 qps

pada gambar 4.1 dan 4.2 dapat dilihat, *server A* dan *server B* telah menggunakan performa yang maksimal pada jaringan yang dipakai, melalui pengujian *insert query*.

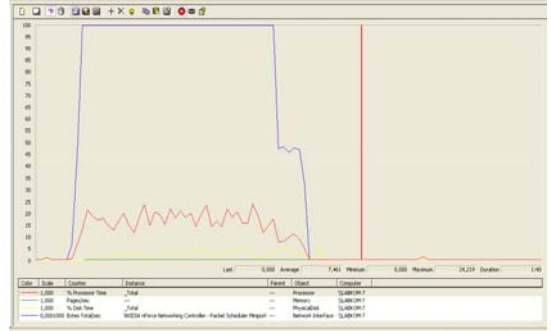
Berikut gambar pengujian *replace query* pada *master-master*



Gambar 4.3 Grafik Pengujian Replace Query pada Server A Master-Master



Gambar 4.4 Grafik Pengujian *Replace Query* pada *Server B Master-Master*



Gambar 4.6 Pengujian *Insert* dan *Replace Query* Secara Bersamaan pada *Server B Master-Master*

Tabel 4.2 Pengujian *Insert Query Master-Master*

Percobaan ke	Jumlah Client	Jumlah Query	Waktu yang Dibutuhkan (sec)	Kecepatan (query/sec)
1	2	100000	45	2222
2	2	100000	45	2222
3	2	100000	45	2222

Tabel 4.3 Pengujian *Insert* dan *Replace Query* Secara Bersamaan pada *Master-Master*

Percobaan ke	Jumlah Client	Jumlah Query	Waktu yang Dibutuhkan (sec)	Kecepatan (query/sec)
1	2	100000	45	2222
2	2	100000	45	2227
3	2	100000	45	2222

Kecepatan maksimum = 2222 qps
Kecepatan rata-rata = 2190 qps

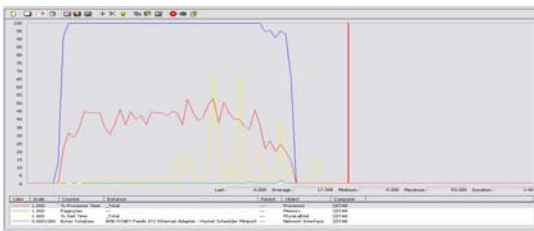
Kecepatan maksimum = 2222 qps
Kecepatan rata-rata = 2222 qps

Pada gambar 4.3 dan gambar 4.4, dapat dilihat bahwa *server A* dan *server B* telah menggunakan performa yang maksimal pada jaringan yang dipakai, melalui pengujian *replace query*.

Pada gambar 4.5 dan gambar 4.6, dapat dilihat bahwa *server A* dan *server B* telah menggunakan performa yang maksimal pada jaringan yang dipakai, melalui pengujian *insert* dan *replace query* secara bersamaan.

Berikut gambar pengujian *insert* dan *replace query* secara bersamaan pada *master-master*

D.1.2 Pada MySQL Cluster Master-Slave



Gambar 4.5 Pengujian *Insert* dan *Replace Query* Secara Bersamaan pada *Server A Master-Master*

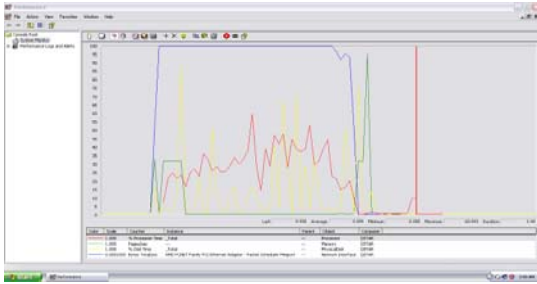
Data pengujian kecepatan akses insert dan *replace query* secara terpisah pada MySQL clustering *master-master* dapat dilihat, sebagai berikut :

Kecepatan *server* menangani *query* dari *client* per detik

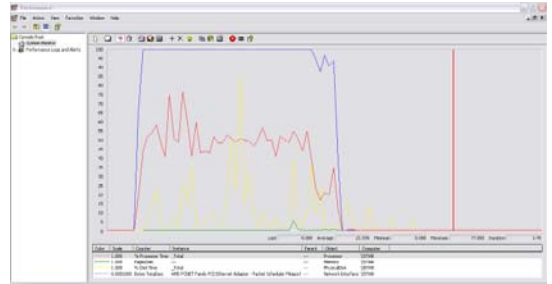
Insert query

Menggunakan 2 *client*, yang masing-masing mengirim 3 *field*, yaitu:

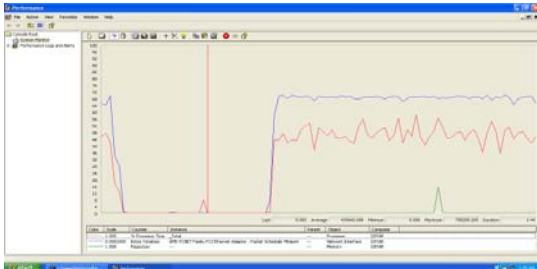
- *Random integer*, dari range 0 sampai 1000
- *Random char*, yang berupa nama lengkap seseorang dengan maksimum 20 karakter.
- *Random teks*, yang berisi kata acak dengan jumlah kata acak dari 1 sampai 20 kata.



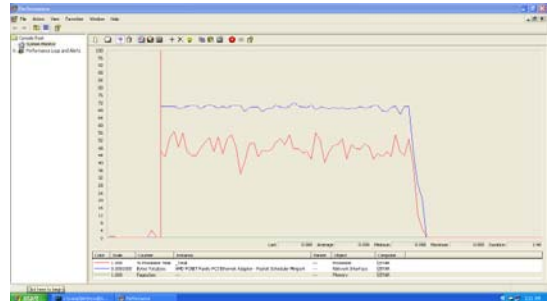
Gambar 4.7 Grafik Pengujian *Insert Query* pada *Server A Master-Slave*



Gambar 4.9 Grafik Pengujian *Replace Query* pada *Server A Master-Slave*



Gambar 4.8 Grafik Pengujian *Insert Query* pada *Server B Master-Slave*



Gambar 4.10 Grafik Pengujian *Replace Query* pada *Server B Master-Slave*

Tabel 4.4 Pengujian *Insert Query Master-Slave*

Percobaan ke	Jumlah Client	Jumlah Query	Waktu yang Dibutuhkan (sec)	Kecepatan (query/sec)
1	2	100000	62	1612
2	2	100000	63	1587
3	2	100000	64	1562

Kecepatan maksimum = 1612 qps
Kecepatan rata-rata = 1587 qps

Pada gambar 4.7 dan gambar 4.8, dapat dilihat bahwa *server A* telah menggunakan performa yang maksimal pada jaringan yang dipakai, melalui pengujian *insert query*. Sedangkan pada *server B*, hanya menggunakan rata-rata 75% dari maksimum, itu dikarenakan *server B* hanya melakukan sinkronisasi dari *server A*.

Berikut gambar pengujian *replace query* pada *master-slave*

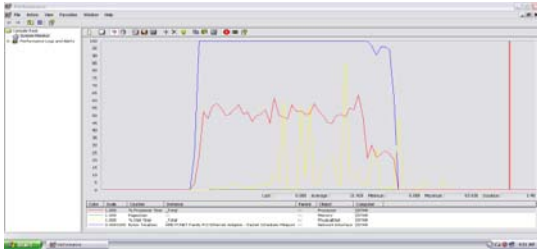
Tabel 4.5 Pengujian *Replace Query Master-Slave*

Percobaan ke	Jumlah Client	Jumlah Query	Waktu yang Dibutuhkan (sec)	Kecepatan (query/sec)
1	2	100000	62	1612
2	2	100000	62	1612
3	2	100000	62	1612

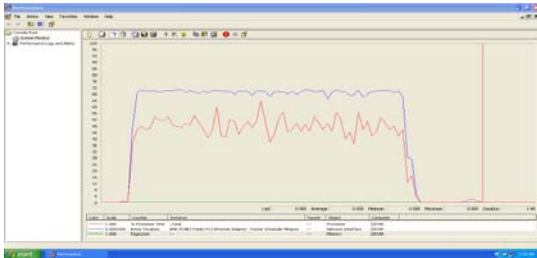
Kecepatan maksimum = 1612 qps
Kecepatan rata-rata = 1612 qps

Pada gambar 4.9 dan gambar 4.10, dapat dilihat bahwa *server A* telah menggunakan performa yang maksimal pada jaringan yang dipakai, melalui pengujian *insert query*. Sedangkan pada *server B*, hanya menggunakan 75% dari maksimum, itu dikarenakan *server B* hanya melakukan sinkronisasi dari *server A*.

Berikut gambar pengujian *insert* dan *replace query* secara bersamaan pada *master-slave*



Gambar 4.11 Grafik Pengujian *Insert* dan *Replace Query* secara bersamaan pada Server A *Master-Slave*



Gambar 4.11 Grafik Pengujian *Insert* dan *Replace Query* secara bersamaan pada Server B *Master-Slave*

Tabel 4.6 Pengujian *Insert* dan *Replace Query* Secara Bersamaan pada *Master-Slave*

Percobaan ke	Jumlah Client	Jumlah Query	Waktu yang Dibutuhkan (sec)	Kecepatan (query/sec)
1	2	100000	62	1612
2	2	100000	62	1612
3	2	100000	62	1612

Kecepatan maksimum = 1612 qps

Kecepatan rata-rata = 1612 qps

Pada gambar 4.11 dan gambar 4.12, dapat dilihat bahwa *server A* telah menggunakan performa yang maksimal pada jaringan yang dipakai, melalui pengujian *insert* dan *replace query* secara bersamaan.

D.2 Pengujian Kemampuan Fail-Over Server

D.2.1 Pada MySQL Cluster Master-Master

Pengujian yang dilakukan adalah menguji kemampuan *fail-over server*, yaitu apabila salah satu *server* mengalami gagal beroperasi *server* yang lain akan tetap melayani permintaan dari *client*. Data yang akan diambil menggunakan perangkat lunak “Toad for MySQL”, yang berfungsi memonitor *database* pada kedua *server* dan sebagai pembanding *database* pada

kedua *server*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak “Spawner” sebagai *generator data*, dengan 500.000 *query*, yang terdiri dari 3 *field Insert*, yaitu:

- *Random integer*, dari range 0 sampai 1000
- *Random char*, yang berupa nama lengkap seseorang dengan maksimum karakter 20.
- *Random teks*, yang berisi kata acak dengan jumlah kata acak dari 1 sampai 20 kata.

Data pada saat pengujian dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data Pengujian Fungsi *Fail-Over Server* pada *Master-Master*

Terputus pada Saat Generate Data		Terhubung Kembali	
Server A	Server B	Server A	Server B
70000 <i>query</i> lebih		Sama	Sama
	140000 <i>query</i> lebih	Sama	Sama
120000 <i>query</i> lebih		Sama	Sama

D.2.2 Pada MySQL Cluster Master-Slave

Pada MySQL *server* yang terhubung secara *clustering master-slave*, implementasi *fail-over* tidak dapat berjalan, dikarenakan hanya satu *server* yang melayani secara langsung kebutuhan *client* akan *database*, yaitu *server A*. Sedangkan, *server B* hanya melakukan replikasi pada *server A*, namun tidak terhubung secara langsung pada permintaan *client* akan *database*. Sehingga pengujian *fail-over* pada MySQL *cluster master-slave* tidak dilakukan.

V. Kesimpulan dan Saran

E.1 Kesimpulan

Hasil pengujian, analisa dan tujuan yang dilakukan secara umum, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada sistem MySQL *Clustering*, koneksi yang terjadi sangat berpengaruh pada pengaksesan sebuah *database*. Kehandalan

dari sistem ini masih kurang karena jalur yang di lalui oleh data dari *client* menuju *server* masih menggunakan ethernet 10/100. Dapat dilihat bahwa, hasil pengujian telah menunjukkan kemampuan maksimal sistem MySQL *Clustering* dengan perangkat keras yang tersedia. Performa MySQL *Clustering* masih dapat ditingkatkan dengan meningkatkan kemampuan perangkat keras. Dalam hal ini, kemampuan jaringan dapat ditingkatkan.

2. Performa sebuah *database* meningkat jika dibandingkan dengan *database* MySQL yang tidak menggunakan sistem *clustering*. (*high performance*)
3. Performa MySQL *Clustering Master-Master* jauh lebih baik jika dibandingkan dengan performa MySQL *Clustering Master-Slave*, yang disebabkan oleh penanganan arus data dari *client* tidak ditangani oleh hanya 1 *server*. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan fitur *load balancing* yang dapat digunakan pada Mikrotik Router Board 750. (*high performance*)
4. *Server* dapat bekerja secara tunggal, apabila salah satu dari *server* *database* mengalami kegagalan-operasi. Hal ini dapat terjadi karena memanfaatkan fitur *fail-over* yang tersedia dari Mikrotik Router Board 750. (*high availability*).

E.2 Saran

Perancangan dan hasil uji coba sistem MySQL *Clustering* menunjukkan bahwa kecepatan akses *database* yang maksimal, yang dikarenakan rendahnya koneksi jaringan. Diharapkan untuk meningkatkan kemampuan jaringan pada pengembangan selanjutnya, agar perangkat keras yang digunakan juga dapat bekerja secara maksimal dapat berjalan dengan baik. Dapat menggunakan koneksi yang lebih tinggi dari *fast-ethernet* 10/100 mbps.

Daftar Pustaka

- [1] Prabowo, Adityo. "Perancangan MySQL Cluster Untuk Mengatasi Kegagalan Sistem Basis Data Pada Sisi Server". 2010. Jurnal Tugas Akhir. Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- [2] Proboyekti, Umi. "Jaringan Komputer". 2007. Pengantar Teknologi Informasi. Program Studi Sistem Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana.
- [3] Handriyanto, Dwi Febrian. "Kajian Penggunaan Mikrotik Router OSTTM Sebagai Router Pada Jaringan Komputer". 2009. Jurnal Tugas Akhir. Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya.
- [4] Augustino, Leonardo Letsoin. "Network Connected With The Use of The Internet In Metallica Kost". Universitas Gunadarma.
- [5] Titan, Galang. "Pembuatan Program Interface Untuk Pengontrolan RVM-1". 2007. Skripsi Sarjana Komputer. Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Bina Nusantara.

Studi dan Desain Proses Pemilihan Opsi Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio untuk Layanan 4G di Indonesia

Umar Ali Ahmad¹, Heroe Wijanto², Rina Pudji Astuti³

Magister Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Telkom

¹uaa@smbbtelekom.ac.id, ²hrw@ittelkom.ac.id, ³rpa@ittelkom.ac.id

Abstrak — Pemilihan spektrum frekuensi yang tepat untuk teknologi 4G akan membawa manfaat yang signifikan untuk pengembangan infrastruktur nasional. Spektrum frekuensi merupakan sumber daya terbatas, sehingga membutuhkan metodologi tertentu untuk dapat menghitung estimasi kebutuhan spektrum frekuensi di masa yang akan datang. ITU melalui rekomendasinya nomor M.1768 telah mengeluarkan metodologi terbaru untuk penghitungan kebutuhan spektrum frekuensi untuk teknologi 4G (IMT-Advanced), estimasi kebutuhan dihitung berdasarkan market study, parameter switching, dan parameter radio untuk berbagai macam Service Categories (SC), Service Environment (SE), dan Radio Environment (RE) sampai tahun 2020. Hasil studi dari metodologi tersebut, tertuang dalam ITU-R M.2078, dimana perkiraan kebutuhan total spektrum frekuensi di tahun 2020 yaitu sebesar 1280 MHz (low density), 1720 MHz (high density), dan skenario low density sesuai untuk negara negara berkembang seperti Indonesia. Estimasi tersebut menunjukkan terdapat kebutuhan spektrum frekuensi yang cukup besar pada tahun 2020. Untuk itu, frekuensi eksisting dan frekuensi kandidat akan digunakan dalam memenuhi kebutuhan tersebut. Sehingga, penerapan kanalisasi multi operator dengan bandwidth per operator antara 5,10, dan 20 MHz dan spektral efisiensi diatas 8bit/hz akan dicapai throughput maksimal sesuai dengan karakteristik teknologi 4G

Kata kunci — 4G Frekuensi, IMT Advanced, Spektrum Frekuensi

I. Pendahuluan

A. Latar Belakang

Teknologi *wireless* generasi ke-4 atau yang disebut 4G menawarkan layanan-layanan *IP-based voice*, data dan *streaming* multimedia dengan kecepatan dan *quality of experience / quality of service* yang lebih tinggi dibandingkan dengan teknologi 3G^[1]. Sesuai dengan rekomendasi ITU-R nomor M.1645, IMT-Advanced dipilih sebagai istilah utama untuk menyebut standarisasi teknologi 4G. Dengan berbagai kemungkinan layanan baru yang membutuhkan *bandwidth* lebih besar, secara otomatis akan meningkatkan kebutuhan dan alokasi spektrum frekuensi untuk masing-masing operator telekomunikasi.

B. Kebutuhan Bandwidht Untuk Layanan 4G

Seperti dikutip dari ^[1], Teknologi 4G memberikan beberapa alternatif dalam pemakaian *bandwidth per channel*, dalam rentang 1,4 - 20 MHz per operator, dengan

efisiensi spektrum tinggi yang sangat baik, yaitu lebih dari 8 bit/Hz. Dengan teknik modulasi dan MIMO terkini yang diterapkan untuk IMT-Advanced memungkinkan didapatkannya efisiensi spektrum yang lebih tinggi, mencapai 10bit/Hz, sehingga *bandwidth per channel* dapat diterapkan secara fleksibel dalam rentang 20-100 MHz. Korelasi antara *bandwidth per channel* dengan *throughput* dapat digambarkan pada tabel 1.

C. Struktur Frame

Kebutuhan *bandwidth* transmisi tidak lepas dari struktur penyusun suatu *Frame* pada 4G, dimana satu *frame* mempunyai panjang durasi 10 ms. Panjang *frame* 10ms dibagi ke dalam 10 *subframe* dengan panjang durasi tiap *subframe* sebesar 1 ms. Setiap satu *subframe* lagi menjadi 2 slot, yang panjang durasi tiap *slot*-nya 0,5 ms. Tiap *slot* terdiri dari 6 sampai 7 simbol OFDM. Di dalam struktur *frame* tersebut terdapat PRB (*physical resource block*) yang merupakan elemen terkecil dari alokasi sumber (*resource*) yang diberikan oleh *base station*, dimana pada

PRB disusun oleh *resource element* dengan lebar *subcarrier* 15 KHz dan durasi satu simbolnya 0.0714 ms^[2].

Tabel 1. Korelasi *Bandwidth* dengan *Throughput*^[1]

Bandwidth	Throughput (Mbps)
1.4 MHz	12 Mbps
3 MHz	25 Mbps
5 Mhz	43 Mbps
10 MHz	86 Mbps
15 MHz	129 Mbps
20 MHz	173 Mbps
100 MHz	~ 1 Gbps

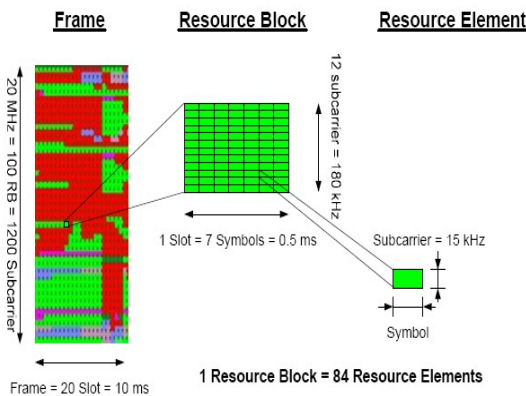
Tabel 2. Parameter OFDM^[3]

Transmission BW	1.25 MHz	2.5 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz	
Sub-frame duration	0.5 ms						
Sub-carrier spacing	15 kHz						
Sampling frequency	192 MHz (1/2 x 3.84 MHz)	3.84 MHz	7.68 MHz (2 x 3.84 MHz)	15.36 MHz (4 x 3.84 MHz)	23.04 MHz (6 x 3.84 MHz)	30.72 MHz (8 x 3.84 MHz)	
FFT size	128	256	512	1024	1536	2048	
OFDM sym per slot (short/long CP)	7/6						
CP length (usec/ samples)	Short	(4.69/9) x 6, (5.21/10) x 1	(4.69/18) x 6, (5.21/20) x 1	(4.69/36) x 6, (5.21/40) x 1	(4.69/72) x 6, (5.21/80) x 1	(4.69/108) x 6, (5.21/120) x 1	(4.69/144) x 6, (5.21/160) x 1
	Long	(16.67/32)	(16.67/64)	(16.67/128)	(16.67/256)	(16.67/384)	(16.67/512)

D. Metodologi Penghitungan Kebutuhan Spektrum (berdasarkan rekomendasi ITU)

Penghitungan kebutuhan spektrum frekuensi untuk teknologi 4G menjadi salah satu bahasan utama dalam pertemuan *World Radio Conference (WRC-07)*, yang diselenggarakan di Geneva, Swiss pada bulan Oktober – November 2007. Kebutuhan spektrum frekuensi, terutama yang akan menjadi dasar dari digelarnya teknologi 4G sudah sejak jauh hari sebelum diterapkannya standar teknologi 4G, sudah menjadi perhatian penting ITU dan diestimasi lebih dini. Dari beberapa gelaran WRC terakhir, penghitungan/ metodologi penghitungan spektrum frekuensi menjadi salah satu topik utama dalam agenda WRC. Metodologi yang dikembangkan untuk mengantisipasi kebutuhan di masa yang akan datang dari perkembangan teknologi berbasis IMT-2000 dan *System beyond IMT-2000* (atau yang lebih dikenal dengan IMT-Advanced).

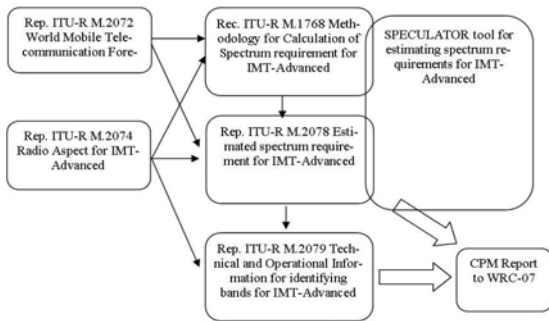
Metodologi baru yang dikeluarkan ITU untuk perhitungan spektrum dirancang untuk dapat mengakomodasi berbagai aplikasi agar mampu memenuhi ekspektasi pasar untuk layanan komunikasi nirkabel pada tahun 2010, 2015, dan 2020. Metodologi yang dibuat cukup komprehensif, dimana dimulai dari prediksi pasar pengguna seluler pada layanan komunikasi *mobile*, dan diakhiri dengan kebutuhan spektrum untuk sistem sebelum IMT, IMT-2000, dan IMT Advanced dalam kurun waktu 2010-2020. Metodologi penghitungan spektrum untuk IMT-Advanced mempertimbangkan seluruh pasar dari layanan nirkabel baik yang berbasis *packet-*



Gambar 1. Struktur Frame dan Resource Block

Pada *physical resource block*, untuk domain frekuensi, spasi antar *subcarrier* (Δf) sebesar 15 KHz dan durasi waktu OFDM symbol adalah $1/\Delta f + \text{cyclic prefix}$ berfungsi untuk menjaga keorthogonalan antar *subcarrier*. Pada OFDM satu *resource element*, membawa QPSK, 16QAM atau 64QAM. Pada 64QAM satu *resource element* membawa 6 bit OFDM symbol dikelompokkan menjadi resource block. Satu *resource block* pada OFDM symbol yaitu 180 KHz pada domain frekuensi dan 0,5ms pada domain waktu. Sehingga teknologi 4G mendukung fleksibilitas penggunaan bandwidth, yaitu antara 1,4 – 20MHz, seperti yang terlihat pada table 2 dibawah ini menunjukkan besar PRB untuk tiap *bandwidth* operasinya.

based ataupun reservation-based. Secara umum penyusunan metodologi nya sebagai berikut:

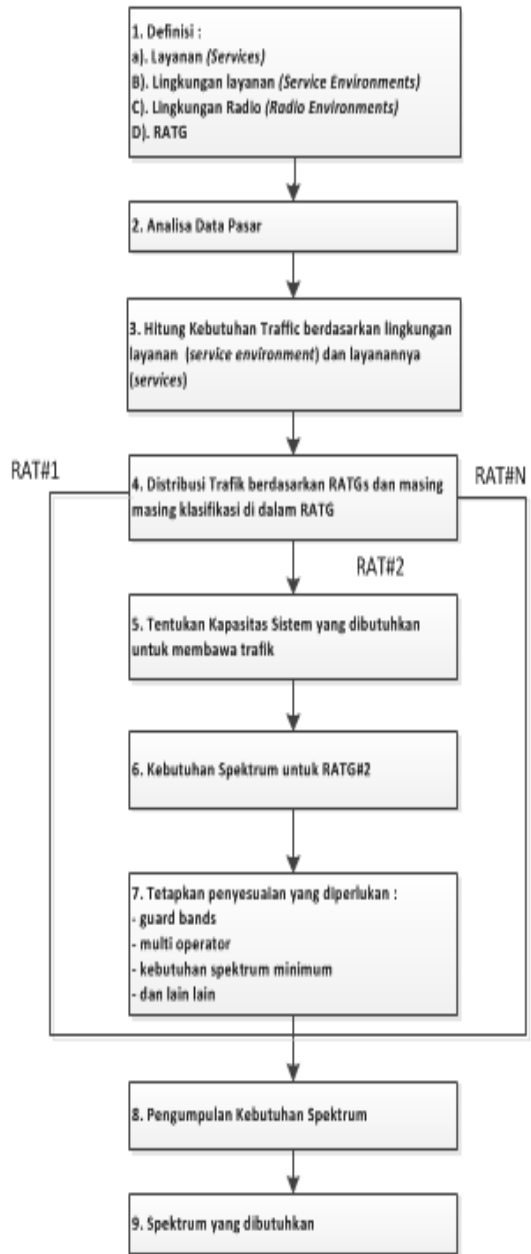


Gambar 2. Diagram Kerja Penyusunan perhitungan spektrum IMT-Advanced , diadaptasi dari^[4]

Menggunakan pendekatan RATGs, pertimbangan teknis untuk estimasi spektrum dapat dengan mudah dilakukan tanpa perlu mengacu pada spesifikasi khusus *radio interfaces* sistem telekomunikasi bergerak saat ini atau yang akan digunakan di masa depan. Pertimbangan teknis meliputi definisi RATG dan parameter radio terkait dengan RATGs yang digunakan pada tahapan berbeda dalam metodologi. Ada 9 langkah yang ditentukan oleh ITU dalam metodologi penghitungan spektrum frekuensi untuk IMT-Advanced, dimulai dari perkiraan pasar pengguna telekomunikasi di masa yang akan datang, dan diakhiri dengan kebutuhan final spektrum untuk teknologi IMT dan turunannya.

Langkah 1: Pendefinisian *Service Categories* (SC), *Service Environments* (SE), *Radio Environment* (RE), dan *Radio Access Technology Groups*. Langkah 2 : Analisa market data, Langkah 3: Penghitungan trafik yang timbul berdasarkan market data yang diberikan, Langkah 4 : Distribusi total trafik dari RE yang berbeda, Langkah 5 : Penghitungan kapasitas sistem dari trafik yang ada (*Reservation-based* dan *Packet Based*), Langkah 6 : kebutuhan spektrum sementara utk IMT-2000 dan IMT-Advanced, Langkah 7 : Penyesuaian (necessary adjustment) dihitung juga untuk network deployment, agregasi jumlah operator, dan Langkah 8,9 diakhiri dengan kebutuhan final Spektrum untuk berbagai system RATG, (Pre-IMT, IMT-2000, future development IMT-2000, dan IMT-Advanced. Diagram alir metodologi

perhitungan kebutuhan spektrum sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram Alir Metodologi Perhitungan Spektrum, diadaptasi dari^[4]

II. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Prediksi Kebutuhan Spektrum

Berdasarkan metodologi untuk menghitung kebutuhan spektrum IMT-Advanced,

menggunakan tool SPECULATOR (*Spectrum Calculator*), dapat menghasilkan spektrum yang dibutuhkan untuk IMT-Advanced. Adapun jika ditilik kembali proses mendapatkan spektrum, metodologi tersebut lahir setelah melalui berbagai perkembangan proses (*market study, parameter switching system, radio related parameter*), dan masing masing proses akhirnya menjadi suatu rekomendasi ITU-R. Sehingga metodologi tersebut telah mendapatkan evaluasi, dan *adjustment* dari berbagai pihak, yang mana diformalisasi oleh ITU pada sidang WRC-2007 (*World Radiocommunication Conference 2007*).

Pendekatan estimasi kebutuhan spektrum, dihitung berdasarkan “*Global Common Market*” bukan *market* berdasarkan *region per region*, hal ini dikarenakan adanya prinsip *global roaming nature*, dimana secara inheren pasar telekomunikasi per *region* akan tumbuh secara bersamaan. Metodologi tersebut menghasilkan 2 macam skenario, yaitu dengan *Higher User Density Setting*, dan *Lower User Density Setting*, yang dibedakan berdasarkan *timing* pada *mobile market growth* berdasarkan karakteristik negara masing masing. *Higher User Density Setting* dapat digunakan untuk negara negara yang sudah terimplementasi jaringan IMT-2000, dan para pengguna di negara tersebut sudah terbiasa dengan penggunaan aplikasi *broadband*. Sementara untuk *Lower User Density Setting* merujuk pada negara-negara dimana pengembangan jaringan IMT-2000 baru dimulai.

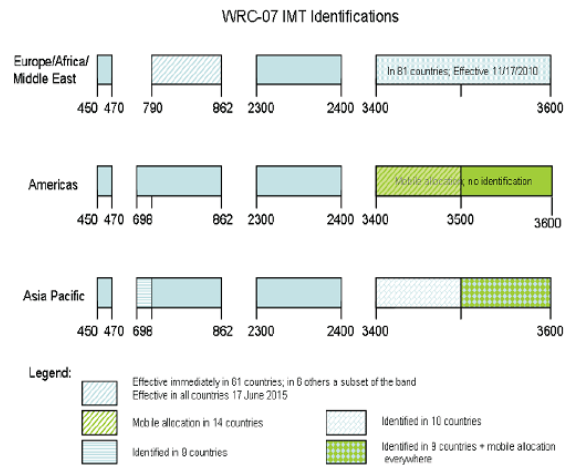
Dari metodologi tersebut, hasil akhir perhitungan estimasi kebutuhan spektrum ditujukan untuk RATG1 (IMT-2000 and its enhancement) dan RATG2 (IMT-Advanced), sehingga didapatkan prediksi kebutuhan spektrum untuk IMT-Advanced secara global di tahun 2010, 2015, dan 2020 antara lain sebagai berikut:

Tabel 3. Prediksi Kebutuhan Spektrum Global (MHz) untuk RATG 1,2

User Density	RATG1			RATG2			Total		
	2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020
Lower	760	800	800	0	500	480	760	1300	1280
Higher	840	880	880	0	420	840	840	1300	1720

Dalam laporan ITU-R CPM (*Conference Preparatory Meeting*) yang bisa di unduh pada halaman <http://www.itu.int/md/R07-CPM-R-0001/en>, ITU-R mengindikasikan adanya kandidat band frekuensi untuk IMT-2000 dan IMT-Advanced, dan juga pada laporan tersebut diindikasikan masing masing kekurangan dan kelebihan dari setiap bands tersebut. Kandidat *band* tersebut antara lain :

- *Bands* untuk *Coverage* : 410-430 MHz, 450-470MHz, dan 470-806/862 MHz
- *Band* untuk *High Capacity Communication* : 2300-2400 MHz, 2700-2900 MHz, 3400-4200 MHz, dan 4400-4990MHz.



Gambar 4. Band Frekuensi 4G yang teridentifikasi pada WRC-2007

Sementara untuk prediksi mengenai kebutuhan spektrum frekuensi untuk masing masing region (dengan menggunakan metodologi yang sama ITU.R M.1768), didapat :

Tabel 4. Total Kebutuhan Spektrum IMT-Advanced per Region

User demand setting	Predicted total (MHz)	Region 1		Region 2		Region 3	
		Identified (MHz)	Net additional (MHz)	Identified (MHz)	Net additional (MHz)	Identified (MHz)	Net additional (MHz)
Low	1 280	693	587	723	557	749	531
High	1 720	693	1 027	723	997	749	971

Indonesia merupakan negara dengan kategori *user density low*, dimana tahun 2020, total prediksi kebutuhan spektrum yang dibutuhkan untuk menjalankan IMT-Advanced dibutuhkan

total spektrum frekuensi sebesar 1280 MHz. Adapun Jika dibandingkan secara matriks antara kebutuhan, dan total spektrum terpakai eksisting untuk kondisi di Indonesia, dapat digambarkan sebagai berikut :

Tabel 5. Matrik Kondisi Total Spektrum Indonesia untuk IMT-System

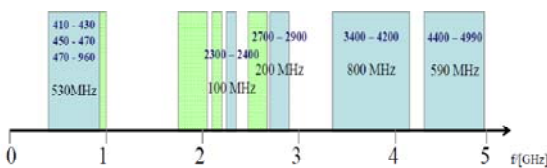
ITU			Region 3 (Indonesia)	
Band	Spectrum	Resolution	Band	Spectrum
806 - 960 MHz	154 MHz	No. 5.317 A, Res. 224	2G 900 MHz	50 MHz
1710 - 1885 MHz	175 MHz	No.5.384A, Res.223	2G 1700 MHz	67,5 MHz
1885 - 2025 MHz	140 MHz	No. 5.388, Res. 212	2G 1800 MHz	75 MHz
2110 - 2200 MHz	90 MHz	No. 5.388, Res.212	3G 1800 MHz	30 MHz
2500 - 2690 MHz	190 MHz	No. 5,384A, Res.223	3G 2100 MHz	35MHz
	749 MHz			257.5 MHz

Sehingga dapat disimpulkan, di tahun 2020, Indonesia (L) dengan skenario low user density setting, didapat :

Indonesia (L) : 1280 – 257.5 = 1022.5 MHz

Sehingga diperlukan kebutuhan untuk mendapatkan 1022.5 MHz spektrum tambahan agar dapat mengakomodir kebutuhan total spektrum IMT-Advanced di tahun 2020.

Untuk menjawab hal tersebut, berdasarkan Report ITU-R M.2079 dievaluasi range frekuensi yang cocok untuk memenuhi visi pengembangan masa depan dari Sistem IMT-2000 dan IMT-Advanced.



Gambar 5 : Spektrum Tersedia dari Kandidat Band Frekuensi IMT-Advanced

Masing masing kandidat band frekuensi, mempunyai frekuensi yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan spektrum frekuensi IMT-Advanced di tahun 2020. Berdasarkan gambar diatas dapat diidentifikasi besaran spektrum untuk masing-masing band frekuensi antara lain :

- Band 410 – 960 MHz : lebar spektrum 530 MHz
- Band 2300 – 2400 MHz : lebar spektrum 100 MHz
- Band 2700 – 2900 MHz : lebar spektrum 200 MHz
- Band 3400 – 4200 MHz : lebar spektrum 800 MHz
- Band 4400 – 4900 MHz : lebar spektrum 590 MHz

2200 MHz

Total kandidat lebar spektrum yang bisa diidentifikasi dan bisa terpakai di tahun 2020, yaitu selebar **2200 MHz**. Adapun kebutuhan tambahan yang dibutuhkan Indonesia di tahun 2020 yaitu sebesar : 1022.5 MHz. Sehingga untuk memenuhi kekurangan tersebut, Implementasi kebutuhan spektrum IMT-Advanced di Indonesia (setelah dibandingkan dengan kondisi eksisting), band-band frekuensi yang cocok digunakan dengan pertimbangan lebar spektrumnya, antara lain :

Tabel 6. Band Frekuensi Kandidat 4G dan Karakteristik Panjang Gelombang

Frekuensi (hz)	Band Allocation	Panjang Gelombang (cm)	Total Panjang Dipole
			$L=0.95 \times \frac{1}{2} \times \lambda$
698 – 806 MHz	108 MHz	42,9 cm	20 cm
2300 - 2400 MHz	100 MHz	13,0 cm	7 cm
2700 - 2900 MHz	200 MHz	11,0 cm	6 cm
3400 – 4200 MHz	800 MHz	8,8 cm	4 cm
4400 - 4900 MHz	400 MHz	6,8 cm	3 cm

Dari tabel 6, band frekuensi rendah seperti band frekuensi band 698-806 MHz, mempunyai karakteristik panjang gelombang lebih besar dibanding penggunaan band frekuensi tinggi, selain itu, akan berakibat pada dimensi antenna yang cukup besar pada User Equipment (UE), sehingga membutuhkan teknologi canggih untuk menghasilkan material antenna yang mampu menghasilkan efisiensi tinggi (seperti meta material), untuk dapat mengurangi dimensi antenna.

Namun, apabila menggunakan band frekuensi tinggi (seperti band frekuensi diatas

2300 MHz, panjang gelombang yang dihasilkan, dan panjang antenna akan lebih pendek, dibanding penggunaan *band* frekuensi rendah. Namun karena rugi rugi propagasi yang dihasilkan cukup tinggi, untuk itu perlu teknik pengkodean yang lebih canggih dan daya pancar yang lebih besar agar mampu dilewatkan pada band frekuensi tersebut.

Untuk menghasilkan *bitrate* yang diharapkan, merupakan kombinasi dari *bandwidth* operasi dengan modulasi, dan skema MIMO yang dipilih, berikut adalah matriks dari *bitrate* yang dapat dihasilkan dengan menggunakan variasi MIMO (1x1, 2x2, dan 4x4), dan Modulasi (QPSK, 16QAM, dan 64QAM). Dengan memanfaatkan konsep *multicarrier*, mempunyai kapasitas yang lebih besar jika dibandingkan dengan teknologi IMT sebelumnya. Untuk menghitung kapasitas jaringan pada sisi *downlink* dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Peak bitrate [Mbps]} = \text{bit/Hz} \times N_{\text{subcarrier}} \times$$

$$(N_{\text{symbol per subframe}} / 1 \text{ ms})$$

Penggunaan *bandwidth* operasi disesuaikan dengan tipe modulasi dan skema MIMO tertentu, akan menghasilkan *bitrate* adalah sebagai berikut :

Tabel 7 : *Bitrate* dengan *Bandwidth* Operasi, MIMO dan Modulasinya^[2]

MIMO Schemas	Modulation	LTE Downlink Peak Rates (kbits/sec)					
		1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
1 X 1	QPSK	936	2344	4008	7992	11832	15840
1 X 1	16 QAM	1800	4584	7736	15264	22920	30576
1 X 1	64 QAM	4392	11064	18336	36696	55056	75376
2 X 2	QPSK	1872	4688	8016	15984	23664	31680
2 X 2	16 QAM	3600	9168	15472	30528	45840	61152
2 X 2	64 QAM	8784	22128	36672	73392	110112	150752
4 X 4	QPSK	3728	9552	15984	31680	47376	63408
4 X 4	16 QAM	7248	18288	30528	61152	90704	123328
4 X 4	64 QAM	17520	44304	73392	150752	220272	299552

B. Kanalisasi Multi Operator

Pertimbangan pembagian *bandwidth* operasi untuk masing masing operator telekomunikasi harus mempertimbangkan berbagai aspek antara lain : jumlah pelanggan eksisting 3G, target pelanggan baru 4G, jenis layanan yang

ditawarkan, dll. Pertimbangan yang sering digunakan oleh regulator telekomunikasi untuk membagi *bandwidth* operasi yaitu model *uniform* (seragam), dimana dari *band* alokasi yang tersedia, dibagi sama rata untuk masing masing operator telekomunikasi yang beroperasi (contoh : 2x20 MHz, 3x15 MHz, 4x10Mhz). Untuk kasus Indonesia, pertimbangan pembagian *bandwidth* operasi 4G sebaiknya sudah mulai mempertimbangkan model adaptif, dimana pertimbangan yang dapat dipakai yaitu melihat pada pengguna IMT-2000 eksisting (pelanggan 3G), dan prediksi pengguna IMT-Advanced, hal ini untuk memudahkan *co-existence* antara teknologi IMT yang digunakan dalam operator telekomunikasi tersebut.

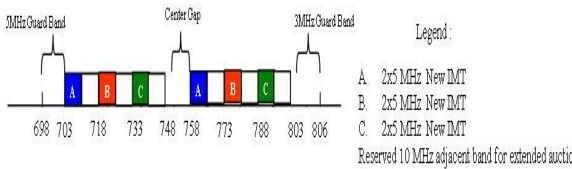
Jika dilihat dari profil sebaran pelanggan telekomunikasi seluler yang ada di Indonesia saat ini, pada Quarter 1 tahun 2012, sebarannya adalah sebagai berikut :

Tabel 8. Total pelanggan seluler (IMT-System) Indonesia Q1-2012^[5]

Jumlah Total Pelanggan IMT Indonesia (Q1 2012)		Telkomsel	Indosat	XL	AXIS	3-HCPT
241,500,000	Jumlah Pelanggan	110,000,000	52,100,000	46,400,000	17,000,000	16,000,000
	Persentase	45.55	21.57	19.21	7.04	6.63

Model adaptif, penulis usulkan sebagai model perencanaan cadangan spektrum optimal pada suatu *band* frekuensi yang akan dilelang. Sebagai contoh, berdasarkan rekomendasi ITU untuk penerapan 4G pada region 3 (*asia pacific*) pada 700 MHz, maka berada pada rentang 698-806 MHz^[6]. Terdapat 108 MHz band alokasi yang tersedia. Namun alokasi *bandwidth* yang dapat digunakan adalah 45 MHz FDD dengan *guard band* 5 MHz pada 698-803 MHz, dan *center gap* yang tidak dapat dipakai sebesar 10 MHz, dan *guard band* 3 MHz pada 803-806^[7]. Dengan demikian, apabila band frekuensi ini akan dilelang, untuk *contiguous reserve* di kemudian hari, pada pelelangan pertama, dapat dilakukan kanalisasi uniform (misal masing-masing 5MHz), lalu disediakan *reserved* band setelah *upper band* Operator A (sebagai contoh 5-10MHz).

Untuk operator selanjutnya, Operator B, *lower band* dimulai setelah alokasi *reserved*, dengan mekanisme seperti ini, apabila operator yang paling potensial mendapatkan jumlah pelanggan paling banyak, disediakan *reserved* band yang cukup lebar dibanding operator yang memiliki jumlah pelanggan lebih sedikit, sehingga untuk kebutuhan *extend* band frekuensi dimasa yang akan datang, akan tetap *contiguous*. Ilustrasi mekanisme kanalisasi multi operator band frekuensi 698-806 MHz dengan pengaturan *reserved* dapat dilakukan pembagian sebagai berikut :



Gambar 6. Alokasi *Reserved Band* untuk *Extended Band Contiguous*

Tabel 9 Alokasi *Reserved Band* untuk *Extended Band Contiguous*

Operator	Band	Ext. Band
Opr. A	703-708 MHz FDD	708-718 MHz FDD
Opr. B	718-723 MHz FDD	723-733 MHz FDD
Opr. C	733-738 MHz FDD	738-748 MHz FDD

III. PENUTUP

Dari hasil studi yang dilakukan tentang kebutuhan spektrum frekuensi untuk layanan 4G (IMT-Advanced) menggunakan rekomendasi ITU-R M.1645 perihal metodologi perhitungan kebutuhan spektrum frekuensi untuk IMT-Advanced, yang mana hasilnya dituangkan dalam report ITU-R M.2078, di tahun 2020, terdapat kebutuhan spektrum untuk Negara dengan *lower market setting* (Negara berkembang seperti Indonesia) sebesar 1280 MHz, yang merupakan total kebutuhan spektrum *coexistence* diantara semua kebutuhan

spektrum IMT-System (IMT-2000 dan IMT-Advanced). Di tahun 2012, berdasarkan TASFRI (Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi di Indonesia) terdapat total 257.5 MHz spektrum yang telah terpakai untuk IMT dan IMT-2000 di Indonesia. Untuk mempersiapkan sisa kebutuhan spektrum tersebut sebesar yaitu sebesar 1022.5 MHz yang bisa didapatkan dari kandidat spektrum frekuensi IMT-Advanced berdasarkan CPM Report WRC 2007 [6] yaitu pada band kandidat antar lain :

- 410-960 MHz
- 2300 – 240 MHz
- 2700 – 2900 MHz
- 3400 – 4200 MHz
- 4400 – 4900 MHz

Secara linier, dapat dengan mudah memilih spektrum frekuensi kandidat tersebut untuk dijadikan dasar pemilihan spektrum frekuensi 4G di Indonesia, hanya saja, perlu banyak pertimbangan antara lain : tidak semua band frekuensi tersebut tersedia bebas, dimana beberapa band saat ini telah dipakai untuk layanan komunikasi lainnya seperti TV Analog, Radio Maritim, Aeronautika, dan aplikasi radio lainnya. Sehingga membutuhkan pertimbangan yang cukup matang baik dari sisi alokasi maupun dari karakteristik teknologi, sebagai contoh pertimbangan panjang gelombang, jarak antenna, propagasi, power dan dimensi dari perangkat yang bekerja pada band frekuensi tersebut.

Langkah selanjutnya, setelah ditentukan kandidasi band frekuensi yang dapat dipilih untuk spektrum frekuensi 4G, yaitu mekanisme pembagian atau kanalisasi multi operator. Kanalisasi dapat dilakukan dengan melihat karakteristik *bandwidth* operasi dan *bitrate* yang diharapkan. Dengan memadukan teknologi modulasi dan skema MIMO terkini, pertimbangan lebar *bandwidth* per operator telekomunikasi dapat ditentukan secara optimal.

IV. DAFTAR PUSTAKA

[1] Depkominfo RI, *Whitepaper Studi Group Alokasi Pita Frekuensi Radio Untuk Komunikasi Radio Teknologi Ke Empat*, Dirjen Postel, Jakarta, 2011

- [2] Uke Kurniawan Usman, Galuh p, et.all “Fundamental Teknologi Seluler LTE”, Informatika, Bandung, 2011
- [3] Raymaps, “LTE Physical Layer Parameter”, viewed on 29 June 2012, <http://www.raymaps.com/index.php/ber-of-64-qam-ofdm-in-fading/lte_basics-2/>
- [4] H. Takagi, H. Yoshino, N. Matoba, and M. Azuma, “Methodology for Calculation of Spectrum Requirements for the Next Generation Mobile Communication Systems,” *IEICE Trans.on Communications*, vol. J89-B, no. 2, Feb. 2006, pp. 135-142
- [5] Bisnis Indonesia, “Pelangan Seluler Sentuh 255 juta Orang”<<http://www.bisnis-kti.com/index.php/2012/05/telekomunikasi-pelangan-seluler-sentuh-255-juta-orang>>
- [6] Conference Preparatory Meeting “CPM Report on Technical Operational and Regulatory/Procedural Matters to be Considered by the 2007 World Radiocommunication Conference”, ITU, Geneva, 2007
- [7] APT Wireless Forum Meeting Report, “Harmonised Frequency Arrangements for the Band 698-806 MHz”, Seoul, Korea, 13-16 September 2010
- [8] Radio Electronics, “LTE Frequency Bands & Spectrum Allocation”, Viewed 29 May 2012, <<http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/lte-long-term-evolution/lte-frequency-spectrum.php>>
- [9] ITU-R Recommendation Number M.2072 : “World Market Data” [viewed on 30th November 2011]
- [10] Irnich T A, “New Methodology for Spectrum Requirement prediction of Wireless Communication Systems” Phd Thesis, RWTH Aachen University, Germany, 2008
- [11] Uwe Lowenstein, “Mobile Broadband Spectrum Requirement for IMT-Advanced (4G) Network”, 4G International Forum, Taipei, 2010
- [12] Matinmikko M, “Estimation of Spectrum Requirements of IMT-Advanced System” Licentiate Thesis, Department of Electrical and Information Engineering, University of Oulu, Finland, p.118, 2007
- [13] Erik Ekudden, “LTE, IMT-Advanced and Spectrum Aspect”, LM Ericsson, Washington D.C, 2009.
- [14] Ismail, Suhono H. Supangkat, et.al,”Perhitungan Pola Efisiensi Penggunaan Spektrum Frekuensi Menggunakan Pendekatan Tekno Ekonomi Untuk Layanan Seluler di Indonesia” Proceeding on e-Indonesia Initiative 2009, Konferensi dan Temu Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi Untuk Indonesia, Bandung, Juni 2009
- [15] James Seymour, “The Path to 4G: LTE and LTE Advanced”, Alcatel Lucent, 4G World, Chicago, 2010
- [16] Woo Ghee Chung, et-al, “Calculation of Spectral Efficiency for Estimating Spectrum Requirements of IMT Advanced in Korean Mobile Communication Environments” ETRI Journal, Vol 29, Number 2, 2007
- [17] ITU-R M. 2078 “Estimated spectrum bandwidth requirement for the future development of IMT-2000 and IMT-Advanced” ITU, 2006

Studi Kelayakan Penerapan Proxy Cache Server Lusca Dan Proxy Cache Server Squid Pada Laboratorium Komputer Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Sendy Lazuardy¹, Suhendar², Rian Fahrizal³

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,
Jalan. Jendral Sudirman KM.3 , Cilegon, Banten, Indonesia
lazuardy.sendy@gmail.com¹ , kajurjte@yahoo.co.id² , rianef@yahoo.com³

Abstrak - Penggunaan Internet di dunia ini sangatlah pesat, hal tersebut dihadapkan dengan penggunaan *bandwidth* yang besar pula, seperti yang terjadi pada Laboratorium Komputer Jurusan Teknik Elektro (LABKOM JTE) Untirta yaitu semakin bertambahnya klien yang mengakses Internet menggunakan jaringan LABKOM JTE. Namun permasalahan yang terjadi yaitu klien menginginkan koneksi Internet yang cepat, sedangkan untuk mendapatkan koneksi Internet yang cepat dihadapkan dengan harga *bandwidth* yang mahal juga. Salah satu cara untuk mendapatkan Internet yang cepat dan murah maka dapat diatasi dengan menggunakan aplikasi berupa *Proxy Cache Server* (PCS). Dengan menggunakan PCS diharapkan ketika klien melakukan akses sebuah web untuk yang kedua kalinya tidak harus mengambil dari *origin server* tetapi langsung mengambil dari PCS sehingga hal tersebut dapat mengurangi beban pemakaian *bandwidth*. Pada penelitian ini akan membandingkan antara PCS jenis squid dengan PCS jenis lusca untuk mengetahui PCS mana yang cocok dan layak digunakan di LABKOM JTE Untirta. Hasil dari perbandingan tersebut adalah nilai *throughput* di setiap jam dan harinya sebesar 0.739 Mbps untuk non proxy, 0.608 Mbps untuk PCS *lusca*, dan 0.372 Mbps untuk PCS *squid*. Selanjutnya nilai HIT rata-rata sebesar 380.663 MiB untuk PCS *lusca* dan 297.898 MiB untuk PCS *squid*. Untuk perbandingan yang terakhir yaitu jumlah *cache* yang dapat ditampung oleh kedua PCS sebesar 350085.286 untuk PCS *lusca* dan 244610.786 untuk PCS *squid*. Dari hasil-hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa PCS jenis *squid* lah yang cocok dan layak digunakan pada LABKOM JTE UNTIRTA karena *squid* mampu meminimalkan nilai *throughput*.

Kata Kunci: *Throughput, Proxy Cache Server (PCS), Squid, Lusca*

I. PENDAHULUAN

Penggunaan Internet di dunia ini sangatlah pesat, mulai dari anak-anak hingga usia lanjut sudah mengenal dan menggunakan Internet. Internet dengan akses yang cepat sangatlah dibutuhkan oleh semua pengguna Internet terutama pada perguruan tinggi seperti Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (JTE UNTIRTA) yang harus melayani kurang lebih 50 *user* baik itu mahasiswa maupun dosen yang terhubung melalui jaringan Laboratorium Komputer Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (LABKOM JTE UNTIRTA), sehingga *bandwidth* yang dimiliki oleh LABKOM JTE UNTIRTA terpakai sangat banyak.

Bandwidth merupakan suatu ukuran dari banyaknya informasi yang dapat mengalir dari

satu tempat ke tempat lain dalam waktu tertentu [1]. Dengan menggunakan *bandwidth* yang mencapai 2Mbps, serta dengan *user* yang menggunakan jaringan LABKOM JTE UNTIRTA cukup banyak, oleh sebab itu di butuhkanlah sebuah *Proxy Cache Server* (PCS) untuk melakukan penghematan *bandwidth* dengan menggunakan *bandwidth* yang ada. PCS yang digunakan pada penelitian ini menggunakan PCS tipe *transparent proxy*, karena dengan menggunakan *proxy* jenis ini akan memudahkan klien untuk mengakses Internet.

PCS ini diharapkan untuk mengurangi adanya *bandwidth* yang terbuang percuma untuk melakukan *browsing* Internet yang sudah pernah di buka sebelumnya oleh *user* lain. Cara kerja dari PCS ini jika ada *user* yang melakukan *browsing* dan membuka sebuah halaman maka

halaman tersebut akan di simpan pada PCS yang terdapat pada LABKOM JTE UNTIRTA sehingga ketika *user* lain membuka halaman *web* yang sama membutuhkan waktu yang relatif cepat sehingga diharapkan *bandwidth* yang terdapat pada LABKOM JTE UNTIRTA tidak terbuang percuma dan dapat digunakan untuk mengakses halaman *web* yang lain.

Pada tugas akhir ini akan membandingkan jumlah *throughput*, HIT, dan jumlah *cache* yang dihasilkan dengan menggunakan PCS Lusca dan PCS Squid.

II. DASAR TEORI

A. Internet

Advanced Research Project Agency Network (ARPANET) merupakan proyek dari Departemen Pertahanan Amerika Serikat. Proyek ini awalnya digunakan untuk kebutuhan militer, untuk menghubungkan komputer-komputer ke daerah-daerah yang sedang dilanda perang. Selain itu tujuan proyek ini dibuat adalah untuk menghindari adanya informasi terpusat, sehingga jika terjadi penghancuran pada pusat informasi, data tersebut masih dapat diakses melalui komputer yang digunakan pada saat perang tersebut. Seiring dengan berjalannya waktu maka ARPANET tersebut mulai masuk ke dalam wilayah non militer seperti ke universitas, perusahaan, dan komunitas pengguna internet. ARPANET merupakan jaringan yang menghubungkan host dan server secara bersamaan.

Prosedur penghubungan jaringan tersebut dibuat untuk pengalokasian alamat dan menciptakan jaringan standar. Semakin luas dan besarnya Local Area Network (LAN), maka banyak host yang menjadi gateway untuk jaringan lokal. Sebuah network layer dikembangkan untuk mengoperasikan operasi antar network dan dinamakan Internet Protocol (IP). Seiring berjalannya waktu grup-grup network yang berbasis IP serta dengan jarak yang panjang terbentuk. Jaringan tersebut dapat berinteraksi karena adanya IP. Kumpulan dari jaringan yang saling berinteraksi ini disebut internet [7]. Aplikasi internet yang sangat populer saat ini adalah :

1. World Wide Web (WWW)
2. Electronic Mail (E-Mail)

3. Internet Relay Chat

B. Proxy Server

Proxy adalah suatu program perantara yang bertindak sebagai *server* dan *client* sekaligus untuk membuat permintaan dari sebagian *client*. Permintaan dilayani secara internal atau dapat juga melewatkannya, dengan kemungkinan di translasikan ke *server* lain [7].

Proxy Server adalah salah suatu bentuk aplikasi dari *server* yang mempunyai peranan sebagai orang ketiga dalam komunikasi antar kedua belah pihak yang saling berhubungan. Dengan kata lain *proxy server* mempunyai peranan sebagai perantara antara pihak yang saling berhubungan, dalam hal ini komputer. *Proxy Server* memiliki beberapa peranan diantaranya adalah sebagai berikut [5] :

1. *Connection Sharing* : Tugas *proxy server* adalah sebagai perantara antara *client* dengan *server-server* yang ada di Internet, *proxy server* bekerja untuk melayani permintaan dari *client* yang kemudian diteruskan ke *server-server* Internet yang dituju. Sehingga dalam arti lain bahwa tugas *proxy server* adalah meneruskan permintaan *client* kepada *server-server* yang dituju.

Identitas peminta sudah berganti bukan lagi dari *client* yang melakukan permintaan melainkan dari *proxy server* tersebut yang melakukan permintaan. *Server-server* di Internet hanya akan mengetahui bahwa *proxy server* lah yang melakukan permintaan tetapi tidak akan tahu peminta sebenarnya siapa.

2. *Caching* : Fungsi dari *proxy server* yang kedua adalah *caching*. *Proxy server* memiliki mekanisme untuk menyimpan onjek-objek yang telah diminta dari *server-server* di Internet oleh *client*, dan hal tersebut biasa disebut dengan *caching*. Oleh karena itu *proxy server* yang melakukan *caching* disebut dengan *cache server* atau mungkin lebih dikenal dengan *Proxy Cache Server* (PCS).

PCS akan melakukan *caching* dengan cara menyimpan objek-objek dari permintaan para *client* yang diminta langsung oleh PCS kepada *server-server* di Internet, setelah objek-objek tersebut didapatkan oleh PCS objek-objek tersebut diteruskan kepada

client. Dalam proses tersebut PCS juga melakukan penyimpanan objek-objek yang telah didapat dari *server-server* Internet dalam *hardisk* (HDD). Sehingga ketika jika suatu saat ada *client* lain yang meminta objek dari *server* Internet yang mengandung objek yang sama dengan yang sudah pernah diminta oleh *client* sebelumnya dan sudah disimpan dalam bentuk *cache*, maka PCS akan dapat langsung memberikan permintaan tersebut tanpa harus meminta lagi ke *server* Internet yang aslinya. Jika objek tersebut tidak ditemukan oleh PCS dalam *cache*nya maka PCS akan meminta kepada *server* Internet aslinya kemudian baru diteruskan kepada *client* yang melakukan permintaan.

Cache dalam sebuah PCS memiliki umur *expired* tergantung bagaimana sang admin mengkonfigurasi PCS nya. Jika *cache* yang telah tersimpan jarang dibuka atau sudah *expired* maka PCS akan menghapus objek *cache* tersebut dari ruang penyimpanan yaitu HDD.

3. Filter atau *Firewall* : *Firewall* adalah suatu sistem perangkat lunak yang bertugas untuk mengizinkan *traffic* pada jaringan yang dianggap aman agar bisa dilaluinya dan mencegah atau memblokir *traffic* jaringan yang dianggap tidak aman untuk bisa melaluinya.

C. Hypertext Transfer Protocol (HTTP)

Hypertext Transfer Protocol (HTTP) adalah sebuah protokol tingkat aplikasi untuk terdistribusi, kolaboratif, sistem informasi *hypermedia* . HTTP telah digunakan *World Wide Web* (WWW) sejak tahun 1990 [7].

HTTP merupakan protokol *request/response* standar antara klien dan *server*. *Server* adalah pihak yang memiliki konten *resource* seperti HTML, gambar, dokumen, dan lain-lain sebagainya. *Resource-resource* tersebut disebut HTTP *resource*. HTTP *resource* dapat diidentifikasi dan dicari letaknya dengan menggunakan URL. HTTP biasanya menggunakan koneksi TCP/IP. Port *default* HTTP adalah port 80 namun tidak menutup kemungkinan dapat digunakan port lain [7].

D. Squid

Squid merupakan *software* PCS yang berbasis *open source* dan berfungsi sebagai *proxy* sekaligus *cache* terhadap *website* . *Squid* menerima permintaan, proses permintaan tersebut, kemudian diteruskan permintaan ke *server* asal. Karena selain *proxy*, *squid* juga mempunyai peranan sebagai *cache server* sehingga jika ada permintaan dengan konten yang sama dari sebelumnya maka dapat dilayani dari *cache* yang sudah ada, daripada menghubungi ke *server* asal lagi dan hal tersebut akan mengoptimalkan *bandwidth* yang ada [9].

D.1 Result Code

Result code merupakan informasi respon yang dikeluarkan oleh PCS ketika mengakses sebuah permintaan dari klien [10].

1. TCP_HIT : Kode ini menunjukkan bahwa PCS menemukan salinan *source* pada disk atau memori dari permintan klien.
2. TCP_MISS : Kode ini menunjukkan bahwa PCS tidak menemukan salinan *source* pada disk atau memori dari permintaan klien.
3. TCP_REFRESH_HIT : Kode ini menunjukkan bahwa PCS menemukan kemungkinan salinan *source* yang basi sehingga PCS akan mengirim permintaan dan memvalidasinya ke *origin server*. *Origin server* akan mengirimkan respon 304 (*Not Modified*), dan hal tersebut menunjukkan bahwa salinan PCS masih *fresh*.
4. TCP_REF_FAIL_HIT : Kode ini menunjukkan bahwa PCS menemukan kemungkinan salinan *source* yang basi sehingga PCS akan mengirim permintaan dan memvalidasinya ke *origin server*. Namun, *origin server* tidak menanggapi atau mengirim respon yang tidak dimengerti oleh PCS. Dalam hal ini PCS mengirim salinan *cache* (yang mungkin basi) ke klien.
5. TCP_REFRESH_MISS : Kode ini menunjukkan bahwa PCS menemukan kemungkinan salinan *source* yang basi sehingga PCS akan mengirim permintaan dan memvalidasinya ke *origin server*. *Origin server* menanggapi dengan mengirimkan konten yang baru, dan hal

tersebut menunjukkan respon bahwa *cache* tersebut telah basi.

6. TCP_CLIENT_REFRESH_MISS : Kode ini menunjukkan bahwa PCS menemukan *source* yang diminta, namun permintaan klien terdapat *cache – control* : direktif *no-cache*, sehingga PCS akan meneruskan permintaan klien ke *origin server* dan memaksa untuk memvalidasi *cache*.
7. TCP_IMS_HIT : Kode ini menunjukkan bahwa klien mengirimkan permintaan yang tervalidasi, dan PCS menemukan salinan yang lebih baru dan kemungkinan masih *fresh*, dari *source* yang diminta. Sehingga PCS akan mengirim konten baru untuk klien, tanpa perlu menghubungi *origin server*.
8. TCP_SWAPFAIL_MISS : Kode ini menunjukkan bahwa PCS menemukan salinan yang valid dari *source* yang diminta tetapi gagal untuk *load* dari disk. Kemudian PCS mengirimkan permintaan ke *origin server* yang seakan-akan *cache miss*.
9. TCP_NEGATIVE_HIT : Kode ini menunjukkan bahwa ketika sebuah permintaan untuk sebuah hasil *origin server* terjadi kesalahan HTTP. Kemungkinan PCS men *cache* respon tersebut. Pengulangan permintaan kesalahan HTTP yang berasal dari *source* ini, dan dengan waktu yang singkat, akan menghasilkan negatif hit. Kesalahan ini akan di *cache* dalam memori dan tidak akan pernah ditulis ke disk.
10. TCP_MEM_HIT : Kode ini menunjukkan bahwa PCS menemukan salinan yang valid dari *source* yang diminta terdapat dalam memori *cache* dan mengirimkannya langsung ke klien.
11. TCP_DENIED : Kode ini menunjukkan bahwa permintaan klien ditolak, baik dari aturan *http_access* atau *http_reply_access*.
12. TCP_OFFLINE_HIT : Kode ini menunjukkan bahwa ketika *offline_mode* diaktifkan, PCS kembali hit *cache* untuk hampir semua respon *cache*, tanpa mempertimbangkan kesegaran.

E. *Lusca*

Lusca merupakan *software* PCS yang dikembangkan dari kode-kode *Squid-2*. *Lusca* dirancang untuk memperbaiki kekurangan yang terdapat pada *Squid-2*. *Lusca* didedikasikan terutama untuk melakukan *caching file-file* yang bersifat dinamis dimana *file-file* tersebut biasanya yang dapat membuat *cache* penuh, namun jika kita menggunakan *squid* konten-konten dinamis tersebut akan dianggap *miss* oleh *squid* sehingga akan *mendownload* lagi sedangkan *lusca* sanggup *mencache file-file* tersebut dan menjadi konten yang *hit* sehingga tidak perlu lagi untuk *mendownload file-file* dinamis tersebut dan dapat menghemat *bandwidth* yang tersedia. Untuk melakukan migrasi ke *lusca* pengguna dapat menggunakan kode dari *squid-2* yang aktif kemudian dikembangkan dengan *software lusca* itu sendiri.

Lusca mendukung sebagian besar protocol HTTP/1.0 dan HTTP/1.1. Selain itu *lusca* juga mendukung konten HTTP pada *load balancing*, *fail over*, serta memiliki tingkat *performance* yang tinggi pada memori dan *disk* pada saat melakukan *caching* [11].

Dikarenakan *lusca* bentuk pengembangan dari *squid-2* sehingga untuk *file* konfigurasinya tidak berbeda jauh dengan *squid-2* atau bahkan cenderung sama dan untuk *result code* nya pun sama seperti *squid* [11].

F. *Cache Manager*

Cache manager adalah sebuah *interface* untuk menerima berbagai komponen tentang *squid* atau *lusca*. *Cache manager* dapat ditampilkan dengan alamat URL <http://IP-PCS/cgi-bin/cachemgr.cgi> [10].

Cache manager ini dapat digunakan untuk mengetahui banyaknya jumlah *cache* yang tersimpan pada HDD.

G. *Calamaris*

Calamaris adalah aplikasi *open source* yang dapat dijalankan pada sistem operasi linux. Fungsi aplikasi ini adalah untuk menganalisa akses log dari PCS yang menghasilkan statistik tentang penggunaan dan kinerja dari PCS [12].

Calamaris ini dapat digunakan untuk mengetahui jumlah *file* yang ter HIT dan juga *file* yang MISS.

H. Multi Traffic Grapher (MRTG)

MRTG adalah sebuah aplikasi *open source* yang dapat dijalankan pada sistem operasi Linux dan Windows. MRTG memiliki fungsi untuk memantau beban *traffic* pada jaringan. MRTG akan membentuk halaman HTML dan menghasilkan data berupa gambar grafik dari harian, mingguan, bulanan dan tahunan. MRTG menggunakan protokol SNMP (*Simple Network Management Protocol*) untuk menjalankannya [13].

Pada tugas akhir ini MRTG digunakan untuk mengetahui besarnya *throughput* yang digunakan.

I. Throughput

Throughput adalah ukuran jumlah data yang ditransmisikan selama periode waktu tertentu [14] atau dapat dikatakan sebagai *bandwidth* aktual yang terukur pada suatu ukuran waktu tertentu dalam suatu hari menggunakan rute Internet yang spesifik ketika sedang *mendownload* suatu *file* [1]. *Throughput* biasanya dinyatakan sebagai jumlah bit yang ditransmisikan per detik, dengan prefiks digunakan untuk menunjuk jumlah *throughput* yang berbeda. Sebagai contoh, awalan kilo dikombinasikan dengan bit kata (seperti dalam kilobit) menunjukkan 1000 bit per detik atau biasanya mengatakan *throughput* adalah 1 kilobit per detik (1 Kbps) [14].

Bandwidth adalah suatu ukuran dari banyaknya informasi yang dapat mengalir dari suatu tempat ke tempat lain dalam suatu waktu tertentu. *Bandwidth* dapat dipakaikan untuk mengukur baik aliran data analog maupun aliran data digital. Satuan yang dipakai untuk *bandwidth* adalah bits per *second* atau sering disingkat sebagai bps. Seperti kita tahu bahwa bit atau *binary digit* adalah basis angka yang terdiri dari angka 0 dan 1. Satuan ini menggambarkan seberapa banyak bit (angka 0 dan 1) yang dapat mengalir dari satu tempat ke tempat yang lain dalam setiap detiknya melalui suatu media. *Bandwidth* adalah konsep

pengukuran yang sangat penting dalam jaringan, tetapi konsep ini memiliki kekurangan atau batasan, tidak peduli bagaimana cara Anda mengirimkan informasi mau pun media apa yang dipakai dalam penghantaran informasi. Hal ini karena adanya hukum fisika mau pun batasan teknologi. Ini akan menyebabkan batasan terhadap panjang media yang dipakai, kecepatan maksimal yang dapat dipakai, mau pun perlakuan khusus terhadap media yang dipakai. *Bandwidth* adalah jumlah bit yang dapat dikirimkan dalam satu detik.

Perbedaan antara *throughput* dengan *bandwidth* adalah bahwa *throughput* lebih pada menggambarkan *bandwidth* yang sebenarnya (aktual) pada suatu waktu tertentu dan pada kondisi dan jaringan Internet tertentu yang digunakan untuk *mendownload* suatu *file* dengan ukuran tertentu.

Jumlah penyimpanan data biasa dinyatakan dengan *byte* namun berbeda keadaannya untuk data yang dihasilkan oleh *throughput* yaitu dinyatakan dalam bps. Perbedaan lainnya antara *throughput* dengan penyimpanan data adalah bahwa penyimpanan data untuk besarnya nilai kilo sebesar 2^{10} atau setara dengan 1024 dan bukan 1000 [14].

$$1\text{KB} = 2^{10} = 1024 \text{ KiB} \quad (2-1)$$

J. Jaringan Bridge

Bridge merupakan perangkat *internetworking* yang digunakan untuk membantu menghemat *bandwidth* yang tersedia pada jaringan dan juga dapat sebagai *repeater* atau penguat daya. *Bridge* digunakan ketika jaringan LAN sudah semakin besar, dan *traffic* mulai tinggi [16].

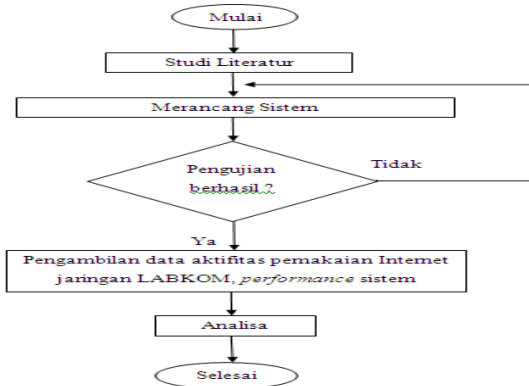
Salah satu cara untuk melestarikan *bandwidth* adalah dengan cara memotong jaringan menjadi bagian yang lebih kecil dan bagian kecil tersebut terhubung dengan *bridge* [16].

Fungsi lain *bridge* selain sebagai *repeater*, *bridge* untuk sistem operasi Linux dapat difungsikan sebagai *transparent proxy* ataupun *transparent firewall*. Sehingga pada penelitian ini menggunakan PC *bridge* sebagai *transparent proxy*.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

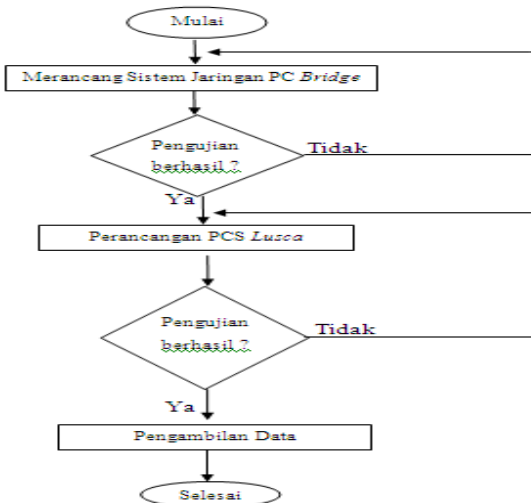
Penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini memerlukan langkah-langkah penyelesaian seperti Gambar 3.1.



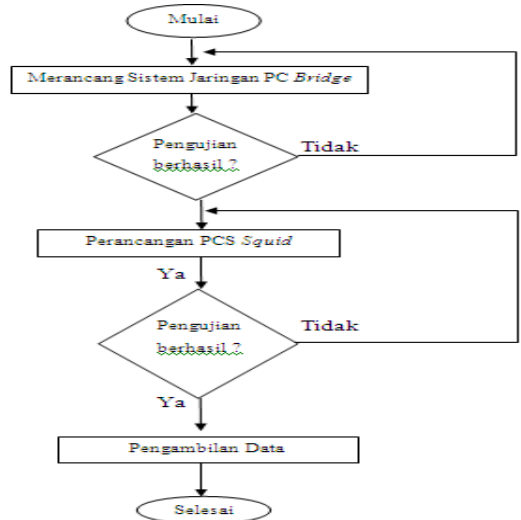
Gambar 3.1 Flowchart Langkah-Langkah Penelitian

B. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian tugas akhir ini seperti pada perancangan sistem PCS yang menggunakan *squid* dan *lusa*. Perancangan sistem pada penelitian ini dapat dilihat pada *flowchart* Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3.2. Flowchart Perancangan Sistem Lusca

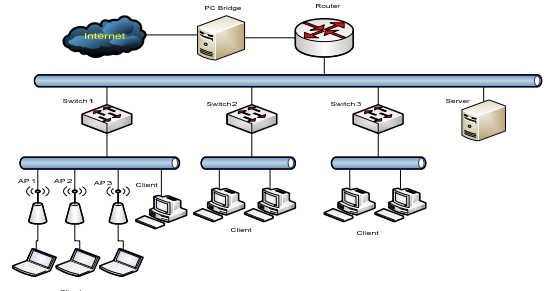


Gambar 3.3. Flowchart Perancangan Sistem Squid

B.1 Perancangan Sistem Jaringan Yang Digunakan

Perancangan PC *bridge* sangatlah penting karena dengan PC *bridge* sistem PCS akan ditanamkan dan akan menjadi penghubung antara Internet dengan jaringan LABKOM JTE UNTIRTA nantinya. Perancangan sistem PC *bridge* ini menggunakan menggunakan 2 LAN card, dimana LAN card pertama (eth2) yang akan dihubungkan ke Internet dan LAN card kedua (eth0) yang akan dihubungkan kepada router.

B.1.1 Topologi Jaringan Yang Digunakan



Gambar 3.4 Topologi Jaringan Yang Digunakan

B.1.2 Skenario Pengujian

Skenario pengujian sistem PCS PC *bridge* yang merujuk pada topologi jaringan Gambar 3.3 yaitu dengan melakukan koneksi terhadap

Internet dari sisi klien. Jika klien sudah dapat terhubung dengan Internet maka perancangan PC bridge dinyatakan berhasil.

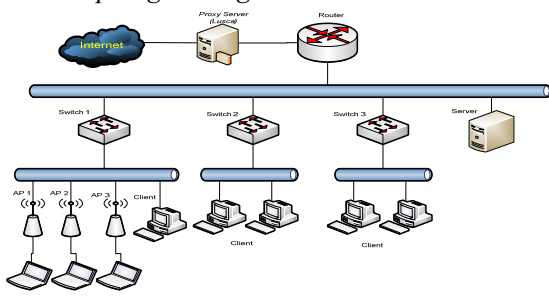
B.1.3 Pengambilan Data

Data yang diambil pada perancangan ini adalah aktifitas pemakaian Internet pada jaringan LABKOM JTE UNTIRTA yang dilakukan di LABKOM JTE UNTIRTA selama kurang lebih 14 hari dan disebut dengan pengambilan data tanpa menggunakan proxy (*non proxy*). Monitoring aktifitas pemakaian Internet ini dengan menggunakan software MRTG yang diinstal pad sisi klien.

B.2 Perancangan Sistem PCS Lusca

Perancangan kedua adalah melakukan penginstalan sistem LUSCA_HEAD r-14809 pada PC bridge yang sudah terhubung dengan Internet dan router yang terdapat pada LABKOM JTE UNTIRTA.

B.2.1 Topologi Jaringan PCS Lusca



Gambar 3.5. Topologi PCS Lusca

B.2.2 Skenario Pengujian

Skenario pengujian sistem PCS lusca yang merujuk pada topologi jaringan Gambar 3.5 yaitu melakukan koneksi Internet dari sisi klien yang kemudian memonitoringnya dari log lusca, jika log sudah terlihat maka dinyatakan perancangan sistem berhasil.

B.2.3 Pengambilan Data

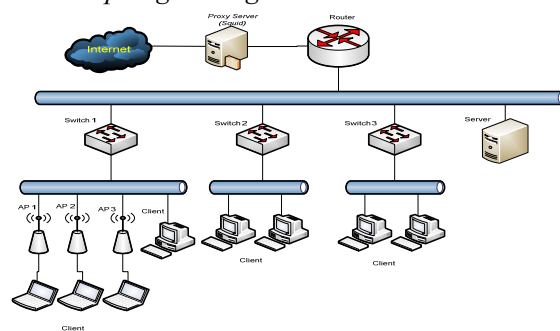
Data yang diambil pada perancangan PCS lusca ini adalah aktifitas pemakaian Internet pada jaringan LABKOM JTE UNTIRTA, yang kemudian melihat kinerja dari PCS lusca dengan

menggunakan software calamaris untuk mengetahui HIT result yang dihasilkan dan squid-cgi yang diinstal pada PCS lusca itu sendiri untuk mengetahui jumlah data yang sudah tercache. Setelah mendapatkan data dari aktifitas pemakaian Internet, dan kinerja PCS lusca maka data tersebut akan dibandingkan dari kedua pengujian yang lain.

B.3 Perancangan Sistem PCS Squid

Perancangan ketiga adalah melakukan penginstalan sistem squid pada PC bridge yang sudah terhubung dengan Internet dan router yang terdapat pada LABKOM JTE UNTIRTA.

B.3.1 Topologi Jaringan



Gambar 3.6 Topologi PCS Squid

B.3.2 Skenario Pengujian

Skenario pengujian sistem PCS squid yang merujuk pada topologi jaringan Gambar 3.6 yaitu melakukan koneksi Internet dari sisi klien yang kemudian memonitoringnya dari log squid, jika log sudah terlihat maka dinyatakan perancangan sistem berhasil.

B.3.3 Pengambilan Data

Data yang diambil pada perancangan PCS squid ini adalah aktifitas pemakaian Internet pada jaringan LABKOM JTE UNTIRTA, yang kemudian melihat kinerja dari PCS squid dengan menggunakan software calamaris untuk mengetahui HIT result yang dihasilkan dan squid-cgi yang diinstal pada PCS lusca itu sendiri untuk mengetahui jumlah data yang sudah tercache. Setelah mendapatkan data dari aktifitas pemakaian Internet, dan kinerja PCS

squid maka data tersebut akan dibandingkan dari kedua pengujian yang lain.

IV. HASIL DAN ANALISA

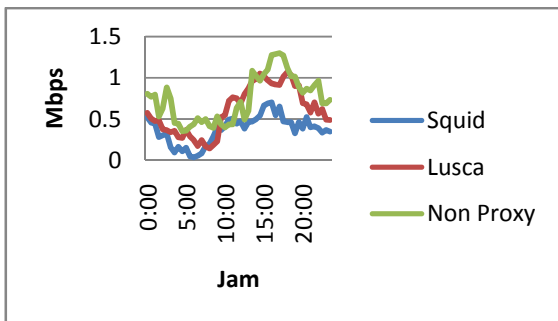
Bagian ini akan menerangkan tentang hasil yang didapat selama pengambilan data yang kemudian dilakukan analisis dari hasil tersebut. Data yang didapat pada antara lain adalah data *throughput* jaringan LABKOM JTE UNTIRTA dengan menggunakan *proxy* maupun tanpa *proxy*, analisis selanjutnya adalah nilai HIT dari masing-masing PCS, serta besarnya *cache* yang dimiliki oleh masing-masing PCS.

A. Analisis Throughput

Analisis grafik ini dilakukan berdasarkan data *throughput* yang masuk pada jaringan LABKOM JTE dalam waktu 24 jam per 30 menit. Grafik yang digunakan untuk analisis yaitu menggunakan grafik Megabit per second (Mbps) yang merupakan hasil konversi dari nilai yang didapat dari MRTG yang berupa Byte per second (Bps).

A.1 Throughput Tiap Jam

Nilai *throughput* tiap jam yang didapat pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 :



Gambar 4.1 Grafik Tiap Jam

Seperti yang terlihat pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa dengan tidak menggunakan PCS (hijau) nilai *throughput* terlihat cukup tinggi baik pada jam tidak sibuk (00:00-07:00 & 19:00-00:00) maupun jam sibuk (08:00-18:00) dengan nilai *throughput* yang dapat mencapai 1.2 Mbit/sec.

Nilai *throughput* yang dihasilkan dari PCS *Lusca* (merah) memiliki nilai *throughput* lebih tinggi dibandingkan dengan PCS *Squid* (biru).

Besarnya nilai rata-rata dalam *throughput* harian dari data yang didapat dalam sehari per sistem yang digunakan, perhitung rata-rata dan nilai *throughput* dalam Mbps adalah sebagai berikut :

1. Menghitung nilai *throughput* dalam Mbps, dari persamaan (2-2) dan (2-3)

$$\begin{aligned} \text{Throughput Mbps} &= \frac{\text{Bps} \times 8}{1000000} \\ \text{Throughput Mbps Squid jam 0:00} \\ &= \frac{65073.43 \times 8}{1000000} = \mathbf{0.52059} \text{ Mbps} \end{aligned} \tag{4-1}$$

2. Menghitung nilai rata-rata Mbps

2.1 NON PROXY :

$$\begin{aligned} \text{Mean} &= \frac{\sum \text{Mbps}}{48} \\ &= \frac{35.458244}{48} \\ &= \mathbf{0.739} \text{ Mbps} \end{aligned} \tag{4-2}$$

2.2 LUSCA :

$$\begin{aligned} \text{Mean} &= \frac{\sum \text{Mbps}}{48} \\ &= \frac{29.16896343}{48} \\ &= \mathbf{0.608} \text{ Mbps} \end{aligned} \tag{4-3}$$

2.3 SQUID :

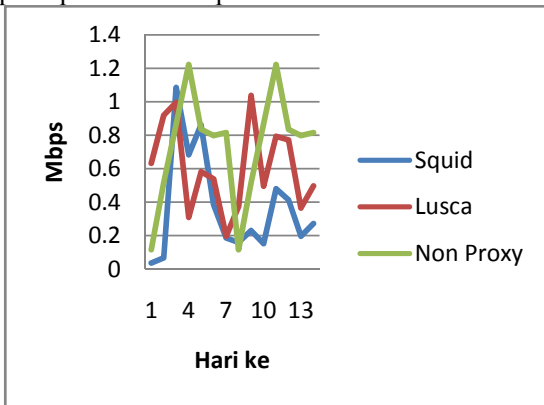
$$\begin{aligned} \text{Mean} &= \frac{\sum \text{Mbps}}{48} \\ &= \frac{17.85975429}{48} \\ &= \mathbf{0.372} \text{ Mbps} \end{aligned} \tag{4-4}$$

Berdasarkan nilai rata-rata yang terhitung pada perhitungan (4-2) sampai (4-4) terlihat lebih jelas bahwa pada perhitungan (4-2) nilai *throughput non proxy* paling besar dengan nilai sebesar 0.739 Mbps, dan pada perhitungan (4-3) nilai *throughput* PCS *lusca* memiliki nilai *throughput* terbesar kedua setelah *non proxy* yaitu sebesar 0.608 Mbps sedangkan pada perhitungan (4-4) nilai *throughput* PCS *squid* memiliki nilai *throughput* yang paling terkecil diantara *non proxy* dan PCS *lusca* yaitu sebesar 0.372 Mbps. Berdasarkan data yang didapat

selama penelitian dan dari nilai rata-rata yang didapat bahwa PCS *squid* lebih baik dibandingkan dengan PCS *lusca* dan *non proxy* karena PCS *squid* mampu meminimalkan jumlah *throughput* pada jaringan LABKOM JTE UNTIRTA.

A.2 *Throughput* Tiap Hari

Nilai *throughput* tiap hari yang didapat pada penelitian ini pada Gambar 4.2 berikut :



Gambar 4.2 Grafik Tiap Hari

Seperti yang terlihat pada Gambar 4.2 terlihat bahwa tanpa PCS nilai *throughput* cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan PCS dan mendapatkan nilai *throughput* rata-rata mencapai 1.2 Mbps. Dan jika dilihat dari kedua PCS bahwa untuk PCS jenis *Lusca* terlihat lebih tinggi dibandingkan dengan PCS jenis *Squid* dan *throughput* rata-rata yang dihasilkan *Squid* terlihat dibawah 0.6 Mbps.

Berdasarkan data *throughput* yang didapat selama 2 minggu per sistem yang digunakan maka dapat dihitung besarnya nilai rata-rata dalam *throughput* setiap harinya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 &1. \text{ Menghitung nilai } \textit{throughput} \text{ dalam Mbps, diambil dari persamaan (2-2) dan (2-3)} \\
 &\textit{Throughput Mbps} = \frac{\text{Bps} \times 8}{1000000} \\
 &\textit{Throughput Mbps Squid Hari 8} \\
 &= \frac{19917.4167 \times 8}{1000000} \\
 &= \mathbf{0.159 \text{ Mbps}} \quad (4-5)
 \end{aligned}$$

2. Menghitung nilai rata-rata Mbps :

$$\begin{aligned}
 &2.1 \text{ NON PROXY} : \\
 &\text{Mean} = \frac{\sum \text{Mbps}}{14} \\
 &= \frac{10.34198783}{14} \\
 &= 0.739 \text{ Mbps} \\
 &(4-6)
 \end{aligned}$$

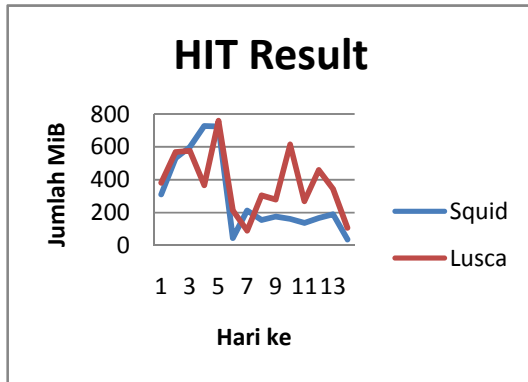
$$\begin{aligned}
 &2.2 \text{ LUSCA} : \\
 &\text{Mean} = \frac{\sum \text{Mbps}}{14} \\
 &= \frac{8.507614333}{14} \\
 &= 0.608 \text{ Mbps} \quad (4-7)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &2.3 \text{ SQUID} : \\
 &\text{Mean} = \frac{\sum \text{Mbps}}{14} \\
 &= \frac{5.209095}{14} \\
 &= 0.372 \text{ Mbps} \quad (4-8)
 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai rata-rata yang terhitung pada perhitungan (4-6) sampai (4-8) terlihat lebih jelas bahwa pada perhitungan (4-6) nilai *throughput non proxy* paling besar dengan nilai sebesar 0.739 Mbps, dan pada perhitungan (4-7) nilai *throughput PCS lusca* memiliki nilai *throughput* terbesar kedua setelah *non proxy* yaitu sebesar 0.608 Mbps, sedangkan pada perhitungan (4-8) PCS *squid* memiliki nilai *throughput* yang paling terkecil diantara *non proxy* dan PCS *lusca* yaitu sebesar 0.372 Mbps. Berdasarkan data yang didapat selama penelitian dan dari nilai rata-rata yang didapat bahwa PCS *squid* lebih baik dibandingkan dengan PCS *lusca* dan *non proxy* karena PCS *squid* mampu meminimalkan jumlah *throughput* pada jaringan LABKOM JTE UNTIRTA.

B. Analisis HIT Result

Analisis grafik ini dilakukan berdasarkan data HIT yang tercatat dengan menggunakan 2 sistem PCS dalam waktu 14 hari.



Gambar 4.3 HIT Result

Seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 terlihat bahwa PCS jenis *Lusca* memiliki nilai HIT lebih besar dibandingkan dengan PCS *Squid* dari penelitian yang dilakukan selama 14 hari. Hal ini menyatakan bahwa dengan semakin besarnya jumlah HIT maka semakin besar pula *bandwidth* yang akan di *saving*.

Besarnya nilai rata-rata HIT dari data yang tercatat dalam 2 minggu dari masing-masing PCS, perhitung rata-rata HIT dan konversi nilai HIT dari Byte (B) menjadi MegaByte (MB) adalah sebagai berikut:

1. Konversi Byte ke Megabinary Byte, diambil dari persamaan (2-1) :

$$\text{MiB} = \frac{\text{Byte}}{(1024)^2}$$

$$\begin{aligned} \text{MiB Hari 1} &= \frac{325724000}{(1024)^2} \\ &= 310.635 \text{ MiB} \end{aligned} \quad (4-9)$$

2. Menghitung nilai rata-rata HIT dalam MiB :

2.1 LUSCA :

$$\begin{aligned} \text{Mean} &= \frac{\sum \text{MiB}}{14} \\ &= \frac{5329.28405952453}{14} \\ &= 380.663 \text{ MiB} \end{aligned} \quad (4-10)$$

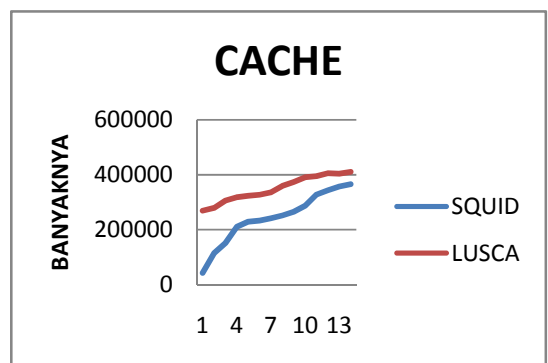
2.2 SQUID :

$$\begin{aligned} \text{Mean} &= \frac{\sum \text{MiB}}{14} \\ &= \frac{4170.57230472564}{14} \\ &= 297.898 \text{ MiB} \end{aligned} \quad (4-11)$$

Berdasarkan nilai rata-rata yang terhitung pada perhitungan (4-10) dan (4-11) terlihat lebih jelas bahwa nilai HIT rata-rata terbesar pada perhitungan (4-10) yang dimiliki PCS *lusca* dengan nilai sebesar 380.663 MiB, dan nilai HIT PCS *squid* pada perhitungan (4-11) memiliki nilai sebesar 297.898 MiB. Dari Gambar 4.3 juga terlihat nilai PCS *squid* cenderung memiliki nilai HIT tidak mencapai di atas angka 300 MiB pada minggu kedua sedangkan PCS *lusca* dapat lebih dari angka 200 MiB untuk penelitian pada minggu kedua sedangkan PCS *lusca* mencapai di atas angka 300 MiB. Berdasarkan data yang didapat selama penelitian dan dari nilai rata-rata yang didapat bahwa PCS *lusca* lebih baik dibandingkan dengan PCS *squid* karena PCS *lusca* mampu mendapatkan jumlah nilai HIT rate yang tinggi dibandingkan dengan PCS *squid*.

C. Analisis Jumlah Cache

Analisis grafik ini dilakukan berdasarkan jumlah *cache* yang dimiliki oleh masing-masing PCS dalam waktu penelitian selama 14 hari. Grafik perbandingan jumlah *cache* yang mampu disimpan untuk masing PCS selama waktu penelitian dapat terlihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Cache

Seperti yang terlihat pada Gambar 4.4 bahwa jumlah *cache lusca* cenderung lebih tinggi dari jumlah *cache squid* dari hari pertama masing PCS dijalankan. Jumlah *cache* ini akan terus bertambah untuk setiap harinya.

Besarnya nilai rata-rata jumlah *cache* yang tersimpan dari masing-masing PCS, perhitung

rata-rata jumlah *cache* yang dimiliki oleh masing-masing PCS adalah sebagai berikut:

1. Menghitung Jumlah *Cache* yang tersimpan

$$\begin{aligned} 2.1 \text{ LUSCA} & : \\ \text{Mean} &= \frac{\sum \text{Cache}}{14} = \frac{4901194}{14} \\ &= 350085.286 \end{aligned} \quad (4-12)$$

$$\begin{aligned} 2.2 \text{ SQUID} & : \\ \text{Mean} &= \frac{\sum \text{Cache}}{14} = \frac{3424551}{14} \\ &= 244610.786 \end{aligned} \quad (4-13)$$

Berdasarkan nilai rata-rata yang terhitung pada perhitungan (4-12) sampai (4-13) terlihat lebih jelas bahwa jumlah *cache* rata-rata terbesar terlihat pada perhitungan (4-12) untuk PCS *lusca* dengan jumlah sebesar 350085.286, dan jumlah *cache* PCS *squid* yang terlihat pada perhitungan (4-13) dengan jumlah sebesar 244610.786. Dari Gambar 4.4 juga terlihat pada awal sistem di jalankan PCS *lusca* mampu menyimpan jumlah *cache* mencapai 200 ribuan *cache* sedangkan *squid* hanya mampu sekitar 4 ribuan. Pada hari terakhir juga dapat terlihat bahwa jumlah *cache* yang dimiliki oleh PCS *lusca* dapat mencapai 400 ribuan sedangkan PCS *squid* hanya mampu sebesar 300 ribuan. Berdasarkan data yang didapat selama penelitian dan dari nilai rata-rata yang didapat bahwa PCS *lusca* lebih baik dibandingkan dengan PCS *squid* karena PCS *lusca* mampu menyimpan data *cache* yang lebih tinggi pada HDD maupun *memory* dibandingkan dengan PCS *squid*.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian yang dilakukan pada LABKOM JTE UNTIRTA dengan membandingkan antara jaringan PCS *squid*, jaringan PCS *lusca* dan jaringan *non proxy* didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. PCS jenis *squid* memiliki rata-rata nilai *throughput* yang paling rendah untuk tiap jam dan tiap hari yaitu sebesar 0.372, sedangkan PCS *lusca* nilai rata-rata *throughput* sebesar 0.608 Mbps di setiap jam

dan setiap harinya, dan untuk *non proxy* memiliki nilai rata-rata *throughput* sebesar 0.739 Mbps di setiap jam dan setiap harinya. Sehingga dapat dikatakan bahwa *squid* merupakan sistem yang baik dibandingkan dengan sistem lainnya.

2. PCS jenis *lusca* memiliki nilai HIT lebih tinggi dibandingkan dengan PCS *squid*. Dengan nilai rata-rata HIT sebesar 380.663 MiB pada PCS *lusca* dan 297.898 MiB pada PCS *squid*. Sehingga *lusca* dikatakan sebagai PCS yang baik dari parameter HIT rate nya.
3. PCS jenis *lusca* memiliki kemampuan menyimpan jumlah *cache* lebih banyak dan cepat dibandingkan PCS jenis *squid*. Dengan nilai rata-rata jumlah *cache* sejumlah 350085.286 pada PCS *lusca* dan 244610.786 pada PCS *squid*. Sehingga *lusca* dikatakan sebagai PCS yang baik dari parameter jumlah *cache*.
4. Dari kedua data yang didapat yaitu rata-rata nilai HIT dan rata-rata jumlah *cache* maka dapat disimpulkan bahwa PCS jenis *lusca* memiliki *performance* lebih baik dibandingkan dengan PCS jenis *squid*.
5. Dari ketiga data dan grafik yang didapat sehingga dapat disimpulkan bahwa PCS jenis *squid* lah yang cocok dan layak digunakan pada jaringan LABKOM JTE UNTIRTA karena *squid* mampu meminimalkan nilai *throughput*.

B. Saran

Terdapat beberapa saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian ini, yaitu:

1. Melakukan analisa tentang keamanan data dari *cache* yang tersimpan pada HDD PCS tentang *secret file*.
2. Menggunakan pembagian *bandwidth*.
3. Menggunakan koneksi jaringan Internet yang stabil.
4. Melakukan proses pengambilan data dengan waktu yang lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dewo, E. Setio. 2003. *Bandwidth dan Throughput*. Jakarta: Artikel Populer Ilmu

- Komputer <http://ilmukomputer.com> . [URL dikunjungi pada 2010]
- [2] Zulfa, Rahmawati. 2002. *Pengukuran Kinerja Proxy Cache Dengan Metode Eksplorasi Sederhana*. Laporan Tugas Akhir. Universitas Indonesia : Depok
- [3] Awami, Liga. 2004. *Perancang dan Pembuatan Perangkat Lunak Autentifikasi Squid Berbasis Web*. Laporan Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember : Surabaya.
- [4] Riza Putra, Muhammad. 2009. *Analisis dan Pencegahan Serangan Man in The Middle (MiTM) pada Otentikasi Web Proxy Jaringan Kampus ITB*. Laporan Tugas Akhir. Institut Teknologi Bandung : Bandung.
- [5] Lukman Hakiem, Kiki. 2011. *Implementasi Interface Ke Proxy SQUID Untuk Content Filtering Menggunakan ICAP*. Laporan Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember : Surabaya.
- [6] E, Krol. 1989. RFC1118 : *The Hitchhikers Guide to the Internet*. Tersedia dari: <http://tools.ietf.org/rfc/rfc1118.pdf> [URL dikunjungi pada April 2012]
- [7] R, Fielding, Team et al. 1999. RFC 2616: *Hypertext Transfer Protocol HTTP/1.1*. <http://tools.ietf.org/rfc/rfc2616.pdf> [URL dikunjungi pada Mei 2012]
- [8] N, Freed. 2000. RFC2979 : *Behavior of and Reuirements for Internet Firewalls*. Tersedia dari: <http://tools.ietf.org/rfc/rfc2979.pdf> [URL dikunjungi pada Mei 2012]
- [9] <http://www.squid-cache.org/> [URL dikunjungi pada Maret 2012]
- [10] Wessels, Duane. 2004. *Squid: The Definitive Guide*. USA : O'Reilly Media Inc
- [11] <http://www.lusca.org/> [URL dikunjungi pada Januari 2012]
- [12] <http://Calamaris.Cord.de//> [URL dikunjungi pada Maret 2012]
- [13] <http://oss.oetiker.ch/mrtg/> [URL dikunjungi pada April 2012]
- [14] Dean, Tamara. 2009. *Network+ Guide to Networks, Fifth Edition*. USA: Course Technology.
- [15] Hallbreg, Bruce. 2010. *Networking: A Beginner's Guide, Fifth Edition*. USA: The McGraw-Hill Companies.
- [16] Habraken, Joe. 2003. *Absolute Beginner's Guide to Networking, Fourth Edition*. United States : Que Publishing.
- [17] International Electrotechnical Comission 60027-2 : *International Standart Third Edition* : 2005.

Kontrol Terintegrasi PSS-AGC Pada Generator Sinkron Untuk Stabilitas Sistem Tenaga Listrik

Muhamad Haddin, Soebagio, Adi Soeprijanto, Mauridhi Hery Purnomo

Abstrak — Paper ini merepresentasikan tentang kontrol terintegrasi Power System Stabilizer (PSS) dan Automatic Generation Control (AGC) pada generator sinkron untuk meningkatkan kestabilan sistem tenaga listrik. Kontrol dilakukan dengan mengintegrasikan secara simultan gain PSS (K_{PSS}) dan gain AGC (K_i). Empat bagian terpenting pada sistem pembangkit listrik adalah generator sinkron, automatic voltage regulator (AVR), AGC-governor turbin dan power system stabilizer (PSS) yang dimodelkan secara linier. Generator sinkron dimodelkan sebagai mesin tunggal yang terhubung ke bus tak terhingga dilengkapi dengan model linier eksitasi. PSS dimodelkan sebagai komponen lead lag sedangkan AGC beserta turbin governor dimodelkan sebagai komponen linier order satu dengan nilai speed drop konstan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa integrasi gain PSS-AGC efektif meredam osilasi over shoot sudut rotor sebesar 75%, kecepatan sudut rotor sebesar 34%.

Kata kunci — Integrasi PSS-AGC, Generator sinkron, Stabilitas Sistem Tenaga Listrik

I. PENDAHULUAN

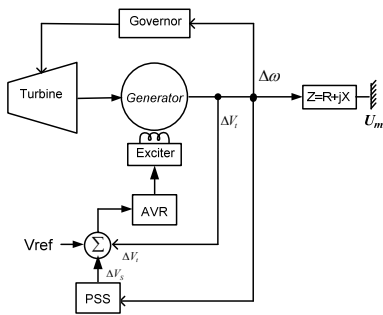
SINYAL kontrol tambahan pada sistem eksitasi dan sistem governor pada pembangkit dapat menambah ekstra redaman dan memperbaiki performansi pada sistem tenaga listrik (STL). PSS mempunyai kontribusi yang sangat signifikan untuk menjaga kestabilan pada sistem tenaga serta memperbaiki performansi sistem dengan memberikan sinyal tambahan pada sistem eksitasi. Hal tersebut merupakan cara yang sangat mudah, ekonomis dan fleksibel untuk memperbaiki stabilitas STL. Gangguan sistem baik kecil maupun besar akan menyebabkan ketidakstabilan secara mekanik maupun elektrik pada pembangkit sehingga akan mengakibatkan sistem dinamik non linier. Hal ini yang menjadi salah satu permasalahan yang berhubungan dengan ketidakstabilan dalam STL yang menjadi perhatian utama dalam pengoperasian *power plant*. Fungsi governor adalah untuk menjaga putaran turbin yang konstan selama kondisi kestabilan dinamik tercapai. Paper ini membahas tentang integrasi secara simultan gain PSS (K_{PSS}) dan gain AGC

turbin governor (K_i) pada generator sinkron. Dengan menggunakan kontrol gain PSS-AGC dapat memperbaiki unjuk kerja kestabilan sistem tenaga menjadi lebih stabil. Perkembangan kontrol terintegrasi pada generator sinkron telah lama dikembangkan oleh sebagian besar peneliti untuk memperbaiki kestabilan listrik yang meliputi: *Continually Online Trained Artificial Neural Network (COT-ANN)* dengan algoritma *Back Propagation* untuk kontrol eksitasi dan governor [1,2]. Desain kontrol generator melalui Power System Stabilizer (PSS) dan eksitasi dengan menggunakan *Dual Heuristic Programming (DHP)* dan *Heuristic Dynamic Programming (HDP)* dengan menggunakan *Multi Layer Perceptron (MLP)* dan *Radial Basis Function (RBF)* untuk kontrol PSS [3-5][8], dengan metode *back propagation* [6], algoritma genetik [7], *recurrent neural networks* [9], *fuzzy logic* [10], *PID fuzzy controller* [11]. Namun penelitian-penelitian tersebut terfokus pada perbaikan kestabilan melalui PSS.

II. PEMODELAN SISTEM TENAGA LISTRIK

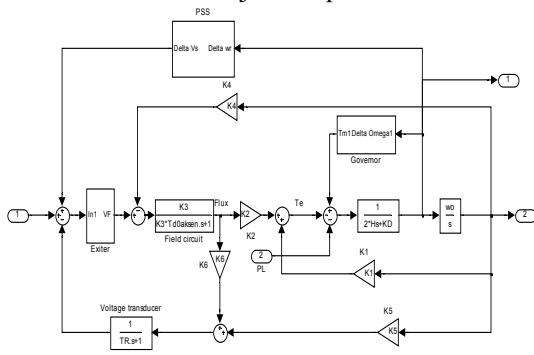
A. Pemodelan Single Machine Infinite Bus

Sistem tenaga listrik (STL) terdiri dari komponen-komponen tenaga listrik yang membentuk suatu sistem terpadu dan terhubung. Tiga komponen penting yang membentuk STL antara lain pembangkitan, transmisi dan beban. Semua komponen tersebut diharapkan bekerja pada fungsinya masing-masing untuk tujuan kelangsungan dan keandalan sistem tenaga listrik, sehingga tetap berada dalam operasi normal. Rangkaian STL ekuivalen dengan sebuah generator sinkron tersambung pada bus tak terhingga (*single machine infinite bus/SMIB*) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Representasi SMIB

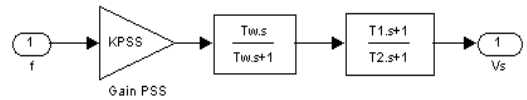
Pemodelan linear SMIB terdiri dari generator, turbin governor dan sistem eksitasi yang didalamnya terdiri dari *Automatic Voltage Regulator* (AVR) dan PSS. Model linear SMIB sesuai gambar 1 lengkap dengan PSS, AVR-exiter dan AGC ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Model linier SMIB dengan PSS-AVR dan AGC

B. Power System Stabilizer (PSS)

Kestabilan dinamik pada sistem tenaga listrik di tentukan oleh kemampuan generator untuk bisa merespon perubahan beban yang terjadi yang relatif kecil (5%). Perubahan beban yang terjadi tiba-tiba dan periodik tidak dapat direspon baik oleh generator sehingga dapat mempengaruhi kestabilan dinamik sistem. Respon ini dapat menyebabkan osilasi frekuensi, dalam jangka waktu yang lama dan menyebabkan penurunan dalam transfer daya pada STL. Keadaan tersebut dapat diatasi dengan menggunakan peralatan tambahan yang disebut Power System Stabilizer (PSS). PSS merupakan peralatan yang menghasilkan sinyal kontrol untuk sistem eksitasi dengan fungsi meningkatkan batas kestabilan dengan seperangkat eksitasi pada generator untuk memberikan redaman osilasi rotor. Namun, dalam pendekatan baru-baru ini, kontrol sinyal output dari PSS juga di inputkan ke turbin. Model linear PSS ditunjukkan pada Gambar 3.



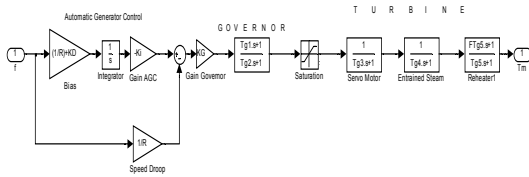
Gambar 3. Model Power System Stabilizer

PSS ditala untuk menyediakan karakteristik *phase-lead* yang tepat untuk mengkompensasi *phase-lag* antara referensi input AVR dan torka elektrik diluar range osilasi frekuensi. Sehingga, komponen torsi elektrik sephasa dengan variasi kecepatan. Untuk memberikan peredaman, PSS harus menghasilkan komponen torka elektrik pada mesin yang memiliki fase sama.

C. Automatic Generation Control (AGC)

Fungsi AGC adalah untuk menjaga atau memulihkan frekuensi sistem ke kisaran yang diinginkan akibat dari perubahan daya. Hal ini dapat dilakukan dengan menambah suatu kontroler integral pada *Load Frequency Control* (LFC) yang berfungsi sebagai input ke nilai referensi beban pada unit governor yang dioperasikan sebagai AGC. Model linear sistem governor turbin lengkap dengan AGC dimodelkan sebagai komponen linier order satu

dengan nilai *speed drop* konstan seperti diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Model governor-turbin yang dilengkapi AGC

Sistem governor turbin yang digunakan terdiri dari speed drop, governor, servomotor, dan reheater. Penambahan kontroler integral pada LFC bertujuan untuk mengatur agar error frekuensi pada kondisi steady state sama dengan nol.

III. KONTROL TERINTEGRASI PSS-AGC

Model linier PSS dan model linear SMIB yang dilengkapi AVR

dan AGC digabungkan serta diubah ke dalam Persamaan (1)

dan (2).

$$\Delta \dot{x} = \mathbf{A} \Delta x + \mathbf{B} \Delta u \tag{1}$$

$$\Delta y = \mathbf{C} \Delta x + \mathbf{D} \Delta u \tag{2}$$

Dengan menggunakan matrik A dari model linier STL secara keseluruhan nilai eigenvalue pada Persamaan (3) dapat dievaluasi.

Proses pengontrolan gain PSS (K_{PSS}) dan gain AGC (K_i) dilakukan dengan memperhitungkan nilai eigenvalue dari matrik A. Eigenvalue STL dapat digeser ke daerah real negatif dengan cara mencari nilai maksimum dari damping ratio untuk tiap-tiap eigenvalue.

$$\lambda_i = \sigma_i + j\omega_i \tag{3}$$

$$\zeta_i = \frac{-\sigma_i}{\sqrt{\sigma_i^2 + \omega_i^2}} \tag{4}$$

Keterangan:

Δx : variabel keadaan

Δy : variabel output

Δu : variabel input

A : matrik sistem

B : matrik input

C, D : matrik output

λ_i : *eigen values* ke-*i*

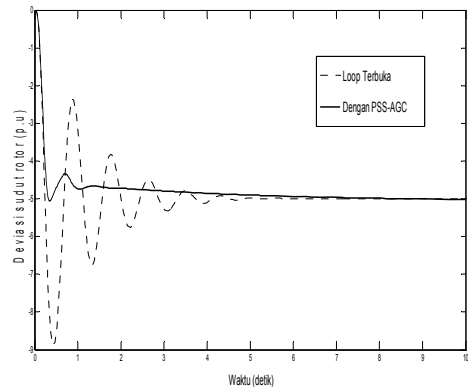
σ_i : bagian real *eigenvalues* ke-*i*

ω_i : bagian imajier *eigenvalues* ke-*i*

ζ_i : *damping ratio* ke-*i*

IV. HASIL DAN ANALISIS

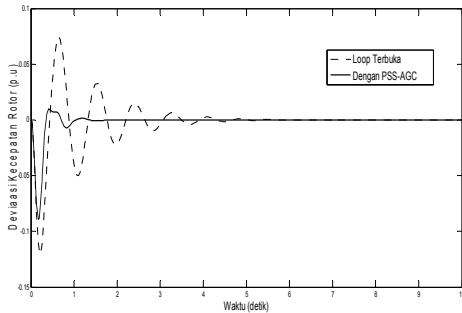
Simulasi dilakukan menggunakan MatLab/Simulink versi 7.1 yang diaplikasikan terhadap SMIB untuk mengetahui performansi stabilitas dinamik sistem berdasarkan deviasi sudut rotor dan kecepatan sudut seperti diperlihatkan pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Respon deviasi sudut rotor

Gambar 5 menunjukkan hasil integrasi gain PSS-AGC dapat memperbaiki osilasi sudut rotor dibandingkan pada keadaan loop terbuka (tidak menggunakan PSS-AGC). Penurunan overshoot osilasi sudut rotor berkurang dari -8,88 menjadi -5,05 atau 75%.

Hasil integrasi kontrol PSS-AGC untuk perbaikan osilasi kecepatan sudut rotor seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6. Kontrol terintegrasi PSS-AGC dapat mereduksi overshoot kecepatan sudut rotor dari -0,1198 menjadi -0,0892 aatau 34% dan settling time dari 5 detik menjadi 1,5 detik.



Gambar 6. Respon deviasi kecepatan sudut rotor

V. KESIMPULAN

Kontrol terintegrasi gain PSS-AGC mampu memperbaiki respon dinamik sistem tenaga listrik pada SMIB yaitu mampu mengurangi overshoot dan settling time untuk mencapai steady state dibandingkan keadaan loop terbuka.

APPENDIX

PARAMETER SMIB

$K_1 = 1.591$	$T_1 = 0,4$	$K_A = 400$	$T_f = 0,01$
$K_2 = 1,5$	$T_2 = 0,3$	$K_{PSS} = 3$	$R = 1$
$K_3 = 0,333$	$T_3 = 1,91$	$TW = 0,5$	$X_D = 1,6$
$K_r = 2$	$T_R = 0,02$	$H = 3$	$X_c = 1,6$
$K_5 = 0,3$	$TG_1 = 0,0264$	$KS = 2,191$	$X_E = 0,4$
$F_o = 50$	$TG_3 = 0,15$	$KI = 0,05$	$Td_0' = 6$
$K_D = 0$	$TG_4 = 0,594$	$E_{q0} = 1,05$	

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kumar, G, dan Harley, R (1999), "A Continually Online Trained Artificial Neural Network Identifier For a Turbogenerator", *Proceedings of the International Joint Conference On Neural Network*.

[2] Kumar, G dan Harley, R (2002), "Two Separate Continually Online-Trained Neuro- controllers for Excitation and Turbine Control of a Turbogenerator", *IEEE Transc On Industry Application*, Vol. 38, No. 3, May.

[3] Park, J W, dan Harley, R, Fellow, (2003), "Adaptive Critic Based Optimal Neuro-

control for Synchronous Generator in a Power System Using MLP/RBFNN", *IEEE Transc On Industry Applications*, Vol 39, No5.

[4] Park, J W, dan Harley, R, Fellow,(2004), "Indirect Adaptive Control for Synchronous Generator: Comparison of MLP/RBFNN Approach With Lyapunov Stability Analysis", *IEEE Transc On Neural Networks*, Vol 15, No2.

[5] Park, J W, dan Kumar, G, (2005), "Multilayer Perceptron Neural Network Based Online Global Model Identification of Synchronous Generator", *IEEE Transc On Industrial Electronics*, Vol.52, No.6.

[6] Liu, W, dan Venayagamoorthy, G.K.; Wunsch,(2003), "Adaptive Neural Network Based Power System Stabilizer Design", *Proceedings of the International Joint Conference On Neural Networks*, July.

[7] Dubay, M, dan Gupta, P, (2006), "Design of Genetic-Algorithm Based Robust Power System Stabilizer", *International Journal of Computational Intelligence 2*.

[8] Park, J W, dan Harley, R, Kumar, G, Jang, G,(2008), "Dual Heuristic Programming Based Optimal Control for a Synchronous Genarator", *Elsevier Engineering Applications of Artificial Intelligence 21*.

[9] Chen, C J, dan Chen, T C, (2007), "Design Of A Power System Stabilizer Using A New Recurrent Network", *International Journal of Innovative Computing, Information and Control (ICIC)*, Vol.3, No.4.

[10] Taher, S A, dan Shemshadi, (2007), "Design Of Robust Fuzzy Logic Power System Stabilizer", *Proceeding Of World Academy Of Science, Engineering And Technology*, Vol. 21, May.

[11] Corcau, J I, dan Stoenescu, E, (2008), "An Adaptive PID Fuzzy Controller For Synchronous Genarator", *WSEAS International Conference On Systems*, Greece, July.

Muhamad Haddin, adalah Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang dari tahun 1993- Sekarang. Saat ini sedang menyelesaikan studi pada Program Doktor (S3) Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Alamat Kantor: UNISSULA Jl. Raya Kaligawe Km.4, Semarang, Indonesia. (Phone: 024-6583584; fax: 024-6582455; email: muh_haddin@yahoo.com).

Soebagio, adalah Profesor bidang Electric Drive di Jurusan Teknik Elektro Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya Indonesia (email: soebagio@ee.its.ac.id)

Adi Soeprijanto adalah Profesor bidang Power System Simulation di Jurusan Teknik Elektro Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya Indonesia (email: adisup@ee.its.ac.id)

Mauridhi Hery Purnomo adalah Profesor bidang Power System dan Kontrol di Jurusan Teknik Elektro Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya Indonesia (email: hery@ee.its.ac.id).

Perancangan Robot Penjelajah dengan Sistem *Skid Steering* Menggunakan *Telecommand* Sebagai Kendali Manual

Frandi Adi Kaharjito¹, Alimuddin², Romi Wiryadinata³

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

¹kaharjito@gmail.com, ²alimudyuntirta@yahoo.co.id, ³romi_wiryadinata@yahoo.com

Abstrak — Robot dapat melakukan eksplorasi daerah yang sulit dicapai manusia untuk menentukan kondisi dan melakukan penelitian di daerah rawan. Robot berfungsi untuk melakukan gerakan-gerakan yang handal dan dapat dikendalikan jarak jauh, robot memiliki panjang 666 mm, lebar 556 mm, dan tinggi 254 mm dengan sistem pergerakan *skid steering* dan dikendalikan secara manual. Data *joypad* diubah dengan modulasi FSK menggunakan modem TCM3105 untuk ditransmisikan dengan *handy talky*. Data di demodulasi oleh modem saat diterima sehingga mikrokontroler dapat membaca dan memberikan perintah gerakan untuk driver motor DC. Hasil pengujian, robot dapat melewati bidang miring sudut 25,336o dan daerah yang terjal ketinggian 98 mm. Ketika diberi beban robot dapat membawa 91 kg dengan kecepatan 0,6 m/s.

Kata kunci — robot penjelajah, *skid steering*, modem, TCM3105, FSK

I. PENDAHULUAN

ROBOT *mobile* adalah robot yang dapat berpindah tempat untuk melakukan fungsinya, dari sekian banyak fungsi yang dimiliki oleh *mobile robot* salah satunya adalah melakukan penjelajahan. Seringkali lokasi bencana merupakan daerah yang berbahaya untuk dimasuki orang walaupun tim penyelamat sekalipun. Selain pada daerah bencana, daerah yang belum pernah dimasuki oleh manusia cukup berbahaya, karena belum diketahui kondisi daerah tersebut. Robot penjelajah dapat menjadi solusi sebagai pengganti.

Robot pada penelitian menggunakan sistem pergerakan *skid steering*, yaitu sistem pergerakan robot beroda dengan roda depan dan belakang memiliki pergerakan yang sama. Keunggulan sistem ini robot dapat berjalan dengan lebih kokoh, karena setiap roda memiliki tenaga untuk bergerak dan dapat berputar pada poros tengah. Robot penjelajah manual juga membutuhkan komunikasi yang baik dari segi jarak dan pengiriman data. Penggunaan sistem *wireless* memiliki kelebihan dalam hal jangkauan jarak dan lebih ringkas. Sedangkan sistem *frequency shift keying* akan mampu mengirimkan data yang utuh.

Pada penelitian ini robot penjelajah dapat melakukan jelajah pada beberapa kondisi terjal dengan memfungsikan sistem pergerakan *skid*

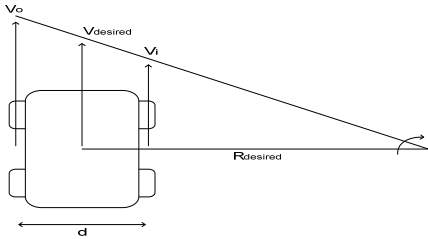
steering yang digunakan. Menggunakan kendali manual yang dikendalikan melalui *joypad*, robot dapat melakukan sebanyak 10 pergerakan.

Penelitian robot penjelajah pernah dilakukan oleh Gunawan tahun 2006 dengan kendali manual menggunakan *joystick* dan media *Bluetooth* sebagai pengirim data. Menjangkau jarak 38,7 m, penelitian menggunakan HT sebagai media transmisi pernah dilakukan sebagai media pengendali perangkat elektronika rumah oleh Adinegara tahun 2004. Penelitian ini menghasilkan jarak pengendalian maksimal 300 m.

II. TEORI DASAR

A. Pergerakan *Skid Steering*

Skid steering merupakan salah satu sistem pergerakan dari robot beroda empat, yang menggunakan *slip* dari pergerakan roda untuk menghasilkan pergerakan robot. Pergerakan roda robot dapat diatur dengan pengaturan arah putaran serta kecepatan roda kanan dan kiri. Skematik dari sistem pergerakan robot *skid steering* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skematik *Skid Steering* (Shuang et al, 2004)

Poros pergerakkan robot pada posisi tengah antara roda depan dan belakang dengan syarat semua beban dari robot seimbang dari sisi depan dan belakang maupun sisi kanan dan kiri, radius putaran yang diinginkan dapat diperoleh dengan (1) dan (2) [1].

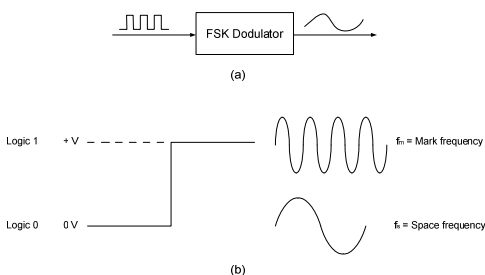
$$R_{desired} = \frac{V_o + V_i}{V_o - V_i} \cdot \frac{d}{2} \quad (1)$$

$$V_{desired} = \frac{V_o + V_i}{2} \quad (2)$$

Nilai $R_{desired}$ dan $V_{desired}$ jarak radius putaran dan kecepatan berputar robot yang diharapkan dengan satuan jarak (m) dan kecepatan (m/s). V_o , V_i , dan d adalah kecepatan roda luar, kecepatan roda dalam, dan jarak antara roda luar dan dalam dengan masing-masing satuan kecepatan (m/s) untuk kecepatan roda dan jarak (m) untuk jarak antara roda.

B. *Frequency Shift Keying*

Frequency shift keying merupakan salah satu bentuk modulasi digital dan memiliki bentuk yang konstan dengan membawa informasi digital melalui perubahan frekuensi diskrit dari sebuah gelombang pembawa [2].



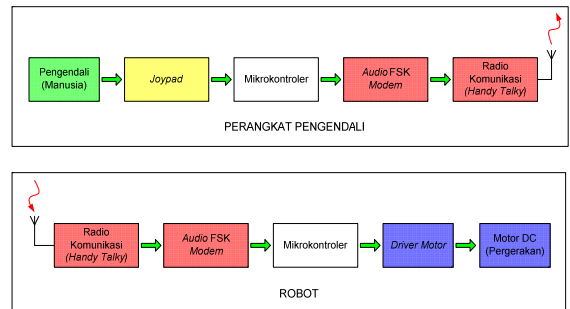
Gambar 2. Diagram Blok dan Bentuk Frekuensi FSK (a) Diagram Blok *Modulator* FSK (b) Bentuk Frekuensi FSK [3]

Teknik FSK adalah mengubah pulsa-pulsa biner menjadi gelombang harmonis sinusoidal. *Logic 0* diubah menjadi frekuensi f_s (*space frequency*) dan *logic 1* diubah menjadi frekuensi f_m (*mark frequency*) [3]. Diagram blok *modulator* FSK dan bentuk frekuensi FSK dapat dilihat pada gambar 2.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Robot penjelajah dalam penelitian terdapat 2 buah perangkat yang terpisah, pertama robot penjelajah yang dapat bergerak dan kedua alat pengendali yang dikendalikan menggunakan *joypad* Playstation. Kedua perangkat tersebut masing-masing dilengkapi sistem komunikasi yang dapat berhubungan untuk mengirim dan menerima data (gambar 3).

Pergerakan robot dikendalikan manual menggunakan *joypad*. Data *joypad* yang masuk ke mikrokontroler dirubah menjadi serial UART sehingga dapat dibaca oleh *modem*. *Modem* pada perangkat pengendali berperan sebagai *modulator* dan datanya dibaca oleh HT untuk ditransmisikan.



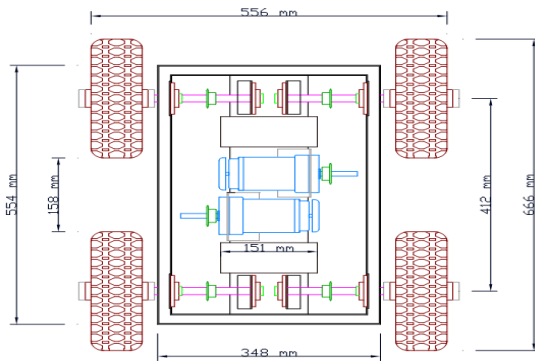
Gambar 3. Diagram Blok Sistem

Data yang diterima HT pada robot masuk ke *modem* untuk dilakukan proses demodulasi dan dibaca oleh mikrokontroler berupa data digital. Mikrokontroler berperan untuk merubah data serial yang diterima menjadi data pergerakan yang masuk ke *driver* motor sehingga dapat menggerakkan motor.

A. Perancangan Mekanik

Robot penjelajah dalam penelitian ini menggunakan empat roda sebagai alat geraknya. Sisi kanan dan kiri memiliki penggerak sendiri

masing-masing 1 motor DC yang dihubungkan dengan roda depan dan belakang menggunakan rantai (*mechanical coupling*). Masing-masing gardan roda memiliki *gear* sebagai pengait rantai penghubung.



Gambar 4. Rancangan Robot Tampak Atas

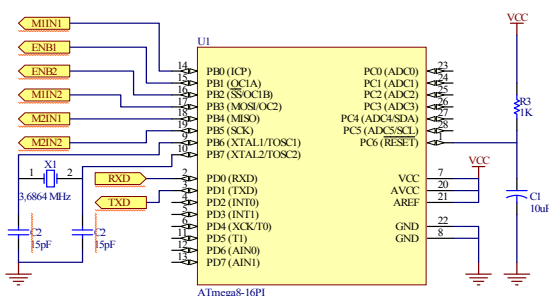
Secara keseluruhan robot memiliki dimensi dengan panjang 666 mm, lebar 556 mm, dan tinggi 254 mm. Gambar rancangan robot tampak atas terlihat pada gambar 4.

B. Perancangan Elektronik

Perancangan elektronika pada penelitian robot penjelajah terbagi menjadi 4 bagian. Mikrokontroler utama sebagai pusat penggerak robot, penerjemah data *joypad* ke *modem*, pengendali motor DC terhubung mikrokontroler utama, dan *audio* FSK *modem* penghubung mikrokontroler dengan radio.

1. Rangkaian Mikrokontroler Robot

Pusat pengendali utama pada robot penjelajah ini menggunakan Atmel ATmega8. Skematik dari rangkaian mikrokontroler utama dapat dilihat pada gambar 5.

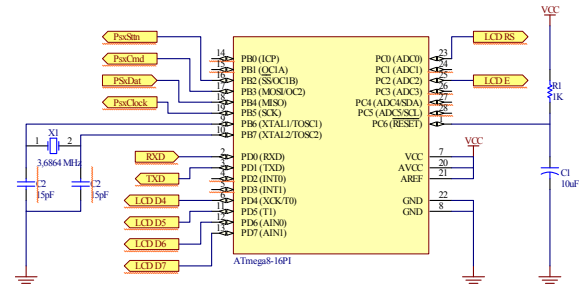


Gambar 5. Skematik Mikrokontroler Robot Saluran penghubung antara mikrokontroler

dengan *modem* menggunakan jalur RXD dan TXD pada mikrokontroler. Saluran *output* ke motor DC menggunakan PORTB. *Crystal* yang digunakan sebagai pembangkit *clock* 3,6864 MHz.

2. Rangkaian Mikrokontroler Transmitter

Perangkat *transmitter* (gambar 6) menggunakan IC ATmega8 sebagai perubah data SPI dari *joypad* Playstation menjadi serial UART sehingga data dapat dibaca oleh *modem* untuk dikirim melalui HT.



Gambar 6. Skematik Mikrokontroler Transmitter

Data dari *joypad* akan masuk melalui jalur SPI pada PB2, PB3, PB4, dan PB5. Data SPI yang masuk akan dirubah menjadi serial UART dan dikeluarkan melalui TXD pada PD1. Hasil pergerakan dari *joypad* akan ditampilkan pada LCD melalui PD4 – PD7. *Crystal* yang digunakan (gambar 6) adalah 3,6864 MHz, sehingga dapat dihasilkan nilai *baudrate* 1200 tanpa *error* dan frekuensi SCK sama dengan *joypad*.

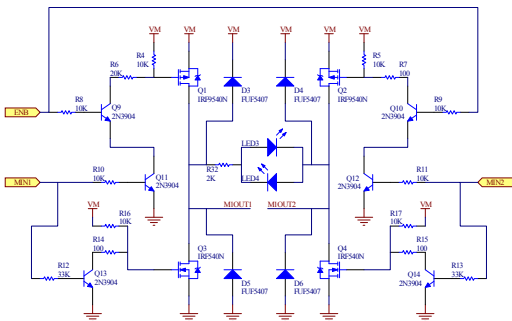
3. Driver Motor

Driver motor menggunakan mosfet jenis *p-channel* dan *n-channel* serta transistor jenis *pnp* dan *npn*. Mosfet dan transistor dirangkai membentuk rangkaian H-Bridge dengan 2 *input* sebagai perubah aliran arus ditambah 1 *input* sebagai masukan PWM untuk pengaturan tegangan *output*. *Driver* ini dapat digunakan pada tegangan digital standar TTL.

Tabel 1. Tabel Kebenaran Driver Motor DC

INPUT			OUTPUT		FUNGSI
MIN1	MIN2	ENB	MIOUT1	MIOUT2	
High	Low	High	VM	GNDM	Forward
Low	High	High	GNDM	VM	Reverse
High	High	Low	-	-	Free Running Stop
Low	Low	Low	GNDM	GNDM	Fast Stop / Brake

Pin MIN1 dan MIN2 (gambar 7) adalah *input* pengatur arah pergerakan motor DC, kecepatan motor DC diatur dengan mengatur *input* PWM pada *pin* ENB. (Tabel 1) memuat kondisi yang diperbolehkan *input driver* (gambar 7).

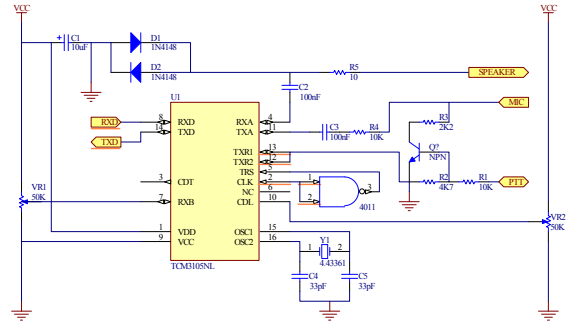


Gambar 7. Skematik Driver Motor DC

Motor DC akan bergerak maju atau mundur jika *pin* MIN1 dan MIN2 diberikan nilai berkebalikan dan *pin* ENB mendapat nilai *high*. Saat nilai MIN1 dan MIN2 *high* serta ENB *low* motor DC menjadi kondisi bebas, untuk melakukan pengereman motor DC nilai MIN1, MIN2, dan ENB harus bernilai *low* dan seluruh polaritas motor DC terhubung dengan GNDM.

4. Audio FSK Modem

Penghubungan antara mikrokontroler yang bekerja pada data digital dengan HT pada isyarat suara dapat dilakukan dengan IC TCM3105 sebagai *modem* FSK (gambar 8).



Gambar 8. Skematik Audio FSK Modem

Saat menjadi *modulator* data serial masuk dirubah menjadi isyarat suara, saat digunakan sebagai *demodulator* isyarat suara yang masuk dirubah menjadi data serial. RXD dan TXD pada IC jalur komunikasi data dengan mikrokontroler. *Pin* RXD digunakan sebagai penerima data sedangkan *pin* TXD digunakan sebagai pengirim data ke mikrokontroler. Sebagai sarana hubungan dengan HT digunakan *pin* RXA dan TXA. *Pin* RXA digunakan sebagai penerima data dari HT dihubungkan dengan *speaker* pada HT. *Pin* TXA menjadi saluran pengirim data dihubungkan pada *microphone* HT.

Penggunaan *baud rate* 1200 bps dipilih dengan menghubungkan TXR1 dan TXR2 dengan *ground*. IC NAND 4011 digunakan untuk memberikan sinyal *not clock* pada TRS dari *clock*. HT yang digunakan sebagai *transmitter* FC-08 dan sebagai *receiver* FC-135 menggunakan frekuensi 144 Hz.

C. Perancangan Program

Program robot terdiri dari pergerakan robot, pengaturan kecepatan roda menggunakan PWM, pembacaan data *joypad* Playstation, dan komunikasi robot, yaitu pengaturan gerak robot yang dikirimkan dengan sistem *wireless*. Pergerakan robot hasil pengkondisian dari data serial yang diterima. Pengaturan kecepatan roda dengan PWM *mode fast* PWM yang dimiliki ATmega8 dan frekuensi PWM 900 Hz.

Pembacaan data *joypad* oleh mikrokontroler menggunakan komunikasi serial SPI dengan frekuensi SCK 57600 Hz. Sedangkan komunikasi pengiriman data robot untuk dimodulasi oleh *modem* menggunakan komunikasi serial UART antara mikrokontroler

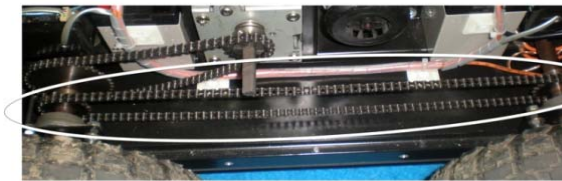
dengan *modem*. *Baudrate* yang digunakan dalam komunikasi ini adalah 1200, sehingga dibutuhkan kristal 3,6864 MHz sebagai frekuensi osilator.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN



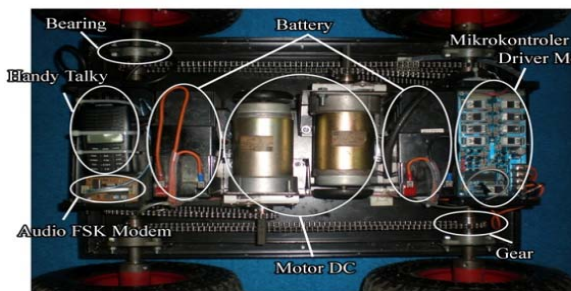
Gambar 9. Hasil Alat Penelitian (a) Robot Penjelajah, (b) Perangkat Pengendali

Robot penjelajah penelitian ini terdapat 2 perangkat yang terpisah. Robot penjelajah yang dapat bergerak dan perangkat pengendali. Hasil dari alat peneliti terlihat pada gambar 9.



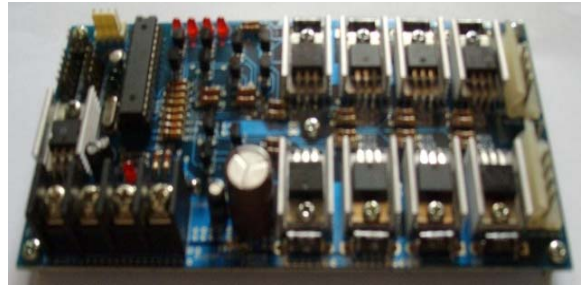
Gambar 10. Penghubung Roda Depan dan Belakang

Robot penjelajah pada penelitian memiliki berat 29 kg dengan bahan kerangka dan badan adalah pelat baja. Pada sistem mekanik hasil penghubungan roda depan dan belakan terdapat pada gambar 10.



Gambar 11. Penempatan Perangkat Elektronika pada Robot

Penempatan perangkat elektronika robot pada masing-masing sisi depan dan belakang. Hasil robot penjelajah tampak bagian dalam tertera pada gambar 11.



Gambar 12. Mikrokontroler Robot dan *Driver* Motor

Mikrokontroler robot dan *driver* motor terdapat dalam 1 *board* dan terdapat pada robot. *Board* mikrokontroler robot dan *driver* motor terlihat pada gambar 12. *Board* ini diletakkan pada bagian belakang.













Gambar 13. *Audio FSK Modem*

Audio FSK Modem pada robot terpisah dengan *board* mikrokontroler robot dan *driver* motor. Hasil *board Audio FSK Modem* terlihat pada gambar 13. *Board* ini diletakkan pada bagian depan sebelah HT. Secara terpisah terdapat perangkat *transmitter* dengan komponen elektronika mikrokontroler, LCD, penghubung *joypad*, dan *audio FSK modem*.













Gambar 13. Mikrokontroler dan *Modem Transmitter*

Tabel 2. Pergerakan Robot Berdasarkan Tombol

No	Gerak Robot	Arah Robot	Motor Kiri		Motor Kanan		Joypad	Data Serial
			Arah	PWM (%)	Arah	PWM (%)		
1.		Maju	CW	63	CW	63	X	0x01
2.		Mundur	CCW	63	CCW	63	Δ	0x02
3.		Maju Belok Kanan	CW	56	CW	25	X →	0x03
4.		Maju Belok Kiri	CW	25	CW	56	X ←	0x04
5.		Mundur Belok Kanan	CCW	56	CCW	25	Δ →	0x05
6.		Mundur Belok Kiri	CCW	25	CCW	56	Δ ←	0x06
7.		Putar Kanan	CW	35	CCW	35	R2	0x07
8.		Putar Kiri	CCW	35	CW	35	L2	0x08
9.		Berhenti	-	-	-	-	-	0x00
10.		Rem	-	-	-	-	□	0x09

Tabel 3. Hasil Perhitungan Pergerakan Robot

No	Gerak Robot	Arah Robot	Roda Kiri		Roda Kanan	
			Arah	Kecepatan (m/s)	Arah	Kecepatan (m/s)
1.		Maju	CW	1,316	CW	1,289
2.		Mundur	CCW	1,316	CCW	1,289
3.		Maju Belok Kanan	CW	1,103	CW	0,891
4.		Maju Belok Kiri	CW	0,930	CW	1,263
5.		Mundur Belok Kanan	CCW	1,263	CCW	0,891
6.		Mundur Belok Kiri	CCW	0,930	CCW	1,263
7.		Putar Kanan	CW	1,103	CCW	1,050
8.		Putar Kiri	CCW	1,103	CW	1,050
9.		Berhenti	-	0	-	0
10.		Rem	-	0	-	0





Pada perangkat *transmitter board audio FSK modem* diletakkan di atas *board transmitter* yang terdiri dari mikrokontroler dan konektor *joypad* (gambar 13).

10 Pergerakan yang dihasilkan robot merupakan hasil dari konfigurasi tombol *joypad* yang nantinya membuat pergerakan robot dari perbedaan kecepatan motor kanan dan kiri. Pergerakan dan data serial yang dikirimkan pada robot berdasarkan tombol *joypad* yang ditekan tertera pada tabel 2.

Hasil perhitungan pergerakan robot diperoleh dari kecepatan roda hasil dari pengujian kecepatan roda robot. Hasil perhitungan dan pengujian pergerakan robot terdapat pada tabel 3.





Setiap pergerakan berputar robot memiliki waktu yang stabil antara berputar searah jarum jam dan berlawanan jarum jam. Setiap putaran membutuhkan waktu 8,1 detik untuk kembali ke posisi awal seperti yang terlihat pada tabel 4 saat berputar searah jarum jam.

Tabel 4. Pengujian Waktu Pergerakan Berputar Searah Jarum Jam

No.	Gerak Robot	Sudut Putaran	Waktu Pergerakan (s)
1.		90°	2
2.		180°	4
3.		270°	6,1
4.		360°	8,1

Perputaran robot memiliki pergerakan yang stabil, terlihat saat berputar berlawanan jarum jam waktu yang dihasilkan 8,1 detik untuk kembali pada posisi awal (tabel 5), sama seperti saat berputar searah jarum jam (tabel 4).

Tabel 5. Pengujian Waktu Pergerakan Berputar Berlawanan Jarum Jam

No.	Gerak Robot	Sudut Putaran	Waktu Pergerakan (s)
1.		90°	2
2.		180°	4
3.		270°	6,1
4.		360°	8,1

Robot dapat melewati bidang miring dan terjal sesuai dengan kemampuannya. Pengujian pada bidang miring menghasilkan beberapa sudut bidang miring yang dapat dilalui robot. Pengujian dibatasi hingga 25,336° untuk keamanan motor penggerak robot. Hasil pengujian terlihat pada tabel 6.

Seluruh pengujian pada bidang miring dapat dilewati dengan baik. Selain pada bidang miring, bidang terjal dengan sudut 90° juga dapat dilewati dengan tinggi tertentu. Hasil tersebut tertera pada tabel 7.

Tinggi bidang terjal yang dapat dilewati adalah 98 mm. Sedangkan pada tinggi 115 mm hanya roda depan saja yang dapat melewati.

Ketahan dan pergerakan robot dalam mengangkat beban dilakukan dengan melakukan penambahan beban dari 10 kg sampai 91 kg. Hasil dari pengujian terdapat pada tabel 8.

Pengujian jarak jangkauan antara pengendali dengan robot dilakukan pada 2 tempat, yaitu pada tanah lapang dan jalan raya. (Tabel 9) menunjukkan hasil pengujian yang dilakukan pada tanah lapang.

Pengujian pada tanah lapang dapat dihasilkan kerja yang baik pada robot. Sedangkan pada tabel 10 menunjukkan hasil dari pengujian yang dilakukan pada jalan raya.

Tabel 6. Hasil Pengujian Menaiki Bidang Miring

Panjang Bidang Miring L (mm)	Tinggi Bidang y (mm)	Sudut Kemiringan α ($^{\circ}$), arcsin y/L	Keterangan
1200	190	9,21	Dapat Menaiki
697	190	15,819	Dapat Menaiki
1956	570	16,942	Dapat Menaiki
1098	345	18,313	Dapat Menaiki
1911	760	23,434	Dapat Menaiki
1776	760	25,336	Dapat Menaiki

Tabel 7. Hasil Pengujian Menaiki Bidang Terjal

Tinggi Bidang y (mm)	Keterangan
98	Dapat Menaiki
105	Dapat Menaiki
115	Tidak

Tabel 8. Hasil Pengujian Pengangkatan beban

No	Beban (kg)	Kecepatan (m/s)
1.	10	1,136
2.	20	1,136
3.	30	1,075
4.	40	1,01
5.	50	0,943
6.	56	0,897
7.	71	0,806
8.	85	0,73
9.	91	0,674

Tabel 9. Pengujian Jarak Pengendalian di Tanah Lapang

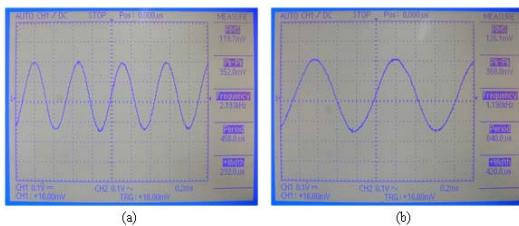
No.	Jarak Pengendalian (m)	Robot Dapat Bekerja
1.	120	Ya
2.	142	Ya
3.	184	Ya

Tabel 10. Pengujian Jarak Pengendalian pada Jalan Raya

No.	Jarak Pengendalian (m)	Robot Dapat Bekerja
1.	250	Ya
2.	350	Ya
3.	500	Tidak Sempurna

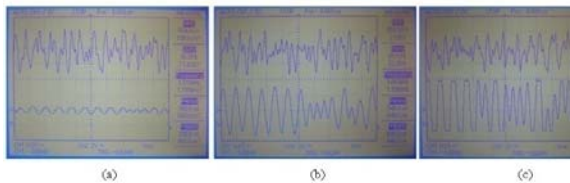
Hasil pengujian pada jalan raya diperoleh jarak maksimum dengan kerja robot yang baik adalah 350 m. Sedangkan memasuki jarak 500 m robot tidak bekerja dengan sempurna. Pengujian pengendalian robot dilakukan sesuai perancangan, dengan menutup robot menggunakan bahan plat baja dan antena berada di dalamnya.

Standar komunikasi yang digunakan adalah BELL 202 dengan *baudrate* 1200. Pada *datasheet* IC TCM3105, saat kondisi *space* membentuk gelombang sinusoidal 2200 Hz dan frekuensi *mark* 1200 Hz.



Gambar 14. Sinyal FSK (a) Frekuensi *Space*, (b) Frekuensi *Mark*

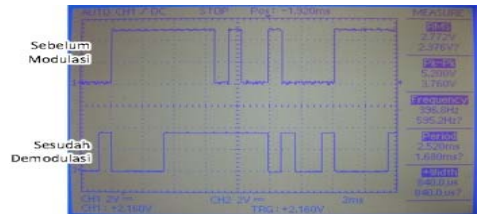
Pengukuran yang dilakukan (gambar 14)



Gambar 16. Pengaruh *Volume* HT pada Bentuk Sinyal yang Diterima (a) *Volume Minimum*, (b) *Volume Medium*, (c) *Volume Maximum*

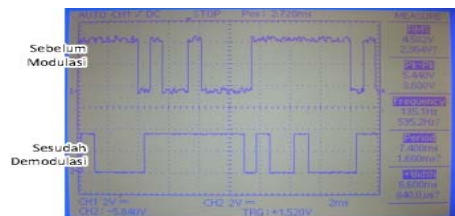
Volume medium HT memiliki bentuk sinyal yang paling baik dari pada *volume minimum* dan *maximum*. Pada mengujian pengiriman data menggunakan HT sebagai media transmisi data yang diterima sama dengan data yang dikirim. Hasil pengukuran tersebut terdapat pada gambar 17.

menunjukkan 2193 HZ untuk frekuensi *space* dan 1190 untuk frekuensi *mark*. Pengiriman data tanpa radio komunikasi akan diterima dengan baik sesuai data yang dikirim. (Gambar 15) menunjukkan sinyal digital sebelum dilakukan modulasi *modem transmitter* dan sesudah dilakukan demodulasi oleh *modem receiver*.



Gambar 15. Sinyal Hasil Demodulasi Tanpa Radio Komunikasi

Volume HT penerima dapat mempengaruhi bentuk sinyal sinusoidal yang diterima oleh *modem*. (Gambar 16) merupakan hasil pengujian pengaruh *volume* HT terhadap bentuk gelombang penerima.



Gambar 17. Sinyal Hasil Demodulasi *Modem* dengan Transmisi HT

Nilai data yang dikirimkan, sama hasilnya dengan data yang diterima. Pengujian gangguan sinyal juga dilakukan, dengan memberikan sinyal lain selain dari perangkat pengendali. Frekuensi yang digunakan pada sistem ini adalah 144 MHz. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Pengujian Pengaruh Gangguan Sinyal

No	Frekuensi Gangguan (MHz)	Pengaruh
1.	143	Tidak terganggu
2.	143,5	Tidak terganggu
3.	143,95	Tidak terganggu
4.	143,962	Tidak terganggu
5.	143,975	Terganggu, Kadang bergerak sendiri
6.	143,987	Sangat Terganggu, Sering bergerak sendiri
7.	144	Sangat Terganggu, Selalu bergerak sendiri
8.	144,012	Sangat Terganggu, Sering bergerak sendiri
9.	144,025	Terganggu, Kadang bergerak sendiri
10.	144,037	Tidak terganggu
11.	144,05	Tidak terganggu
12.	144,5	Tidak terganggu
13.	145	Tidak terganggu
14.	150	Tidak terganggu
15.	160	Tidak terganggu
16.	170	Tidak terganggu

Robot dapat bergerak sesuai perintah jika gangguan sinyal pada frekuensi yang berbeda jauh dengan yang digunakan. Gangguan paling besar terjadi jika terdapat sinyal masuk sama dengan frekuensi yang digunakan, yaitu 144 MHz. Sinyal akan terganggu saat terdapat sinyal masuk dari luar dengan range frekuensi $\pm 0,025$ MHz dari frekuensi yang digunakan.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Pada pergerakan maju dan mundur robot, terdapat kemiringan dalam pergerakannya sebesar $2,862^\circ$ untuk pergerakan maju dan $2,576^\circ$ untuk pergerakan mundur. Robot dapat melakukan pergerakan 360° dengan pergeseran sudut $44,248^\circ/s$. Saat penghentian robot, selisih jarak berhenti robot dengan titik pengereman adalah 200 mm saat kecepatan 1,25 m/s, 120 mm saat kecepatan 0,94 m/s, dan 40 mm saat kecepatan 0,62 m/s, dengan hasil tersebut dibuat pengereman sebelum selisih jarak tersebut dan

diperoleh *error* dalam pengereman 0,2 % pada kecepatan 1,25 m/s, 0,1 % dengan kecepatan 0,94 m/s, dan 0 % saat 0,62 m/s.

Sistem *telecommand* robot, pengendalian terdapat gangguan saat terdapat sinyal dari luar dengan *range* frekuensi $\pm 0,25$ MHz dari frekuensi yang digunakan.

Perubahan data digital dari mikrokontroler menjadi frekuensi suara diperoleh frekuensi 2193 MHz dan 1190 MHz untuk *input low* dan *high*, dengan nilai *error* 0,318 % untuk *input low* dan 0,833 % untuk *input high*.

Pada penjelajahan menaiki bidang miring dan permukaan bidang yang terjal robot dapat berjalan mendaki hingga sudut $25,336^\circ$ untuk bidang miring dan bidang terjal dengan ketinggian 105 mm. Saat diberi beban, robot dapat membawa sampai 91 kg dengan kecepatan pergerakan 0,6 m/s. Pada jarak tempuh pengendalian yang telah diuji, pengendalian dalam kondisi baik dapat mencapai 350 m dan pengendalian antara jarak 350 m sampai 500 m pergerakan tidak sempurna.

REFERENSI

- [1] Shuang, G., Cheung, N., Cheng, E., Lei, D., Xiaozhong, L.: *Skid Steering in 4WD EV*. In: Proc. Of 4th Int. Workshop on Robot and Motion Control, pp. 175-180 (2004)
- [2] Basori, N. (2009). *Komunikasi Data Serial Melalui Audio FSK Modem TCM3105 dan Radio Transceiver Icom IC V8 atau Alinco DJI96*. Tersedia dari: <http://electronic-telemetry.blogspot.com>. [URL dikunjungi pada 10 Juni 2010]
- [3] Zuhail, Zhangginschan. (2004). *Prinsip Dasar Elektro Teknik*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [6] Adinegara, Arief. (2004). *Kendali Rumah Jarak Jauh Memanfaatkan Radio HT*. Skripsi Jurusan Teknik elektro Universitas Kristen Petra Surabaya.
- [7] Affandi, Adityo. (2009). *Perancangan Sistem Kendali Mobile Robot dan Pengiriman Data Suhu dengan Telemetri*. Skripsi Jurusan Teknik Komputer Universitas Komputer Indonesia.

- [8] Bejo, A. (2008). *C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega8535*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [9] Boylestad, Nashelshy. (1996). *Electronics A Survey of Electrical Engineering Principles*. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- [10] Budiharto, W. (2010). *Robotika: Teori + Implementasi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [10] Gunawan, Deddy. (2006). *Robot Penjelajah yang Dikontrol PC Dengan Media Bluetooth*. Skripsi Universitas Kristen Petra Surabaya.
- [12] Lozano, Nieto, (2000). *Telemetry*. CRC Press.
- [13] Malik, Ibnu, 2006. *Pengantar Membuat Robot*. Gava Media: Yogyakarta.
- [14] McComb. (2001). *The Robot Builder's Bonanza Second Edition*. New Jersey: Mc Grow Hill.
- [15] Pitowarno, E. (2006). *Robotik: Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [16] Susilo, D. (2010). *40 Jam Kupas Tuntas Mikrokontroler MCS51 & AVR*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [17] Tomasi, W. (1987). *Advanced Electronic Communications System*. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- [18] Winoto, A. (2008). *Mikrokontroler AVR ATmega8/32/16/8535 dan Pembahasannya dengan Bahasa C pada WinAVR*. Bandung: Penerbit Informatika.

Perancangan *Concurrent Multiband Power Amplifier* Kelas E

Gunawan Wibisono¹, Ferri Julianto², Teguh Firmansyah³

^{1,2}Teknik Elektro, Universitas Indonesia. ³Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Abstrak — Pada penelitian ini dirancang *High efficiency Concurrent Multiband RF Power Amplifier Class-E* dengan teknologi CMOS 0.18um type N, yang beroperasi pada frekuensi GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz, WIMAX 2300 Mhz, dan LTE 2600 Mhz, dengan menggunakan dua metode perancangan. Rancangan pertama menggunakan metode *multiband Class-E Power Amplifier* yang konvensional, dan perancangan kedua dengan menambahkan rangkaian *Driver Stage* untuk menghasilkan *Insertion loss* (S_{21}) yang lebih besar. *input matching* dan *output matching* dirancang dengan menggunakan komponen lumped. Hasil dari perancangan ini diperoleh nilai *Insertion loss* (S_{21}) bernilai lebih besar dari 15 dB dan *Return loss* (S_{11}) dibawah -15 dB, Tegangan supply 5 Volt, *Power Added Efficiency* >50%.

Kata kunci — *Butler Matriks, Perubah fasa, pembagi daya.*

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi wireless jaringan pita lebar atau *broadband* yang begitu pesat dan tingkat kebutuhan aplikasi pengguna yang begitu beragam, mengharuskan perkembangan pula pada perangkat RF (radio frekuensi) yang dapat bekerja pada beberapa channel frekuensi sekaligus. Dibutuhkan sebuah *transceivers* yang mampu beroperasi pada *multiband* untuk meningkatkan efisiensi sekaligus mendukung perkembangan berbagai jenis standar komunikasi nirkabel seperti GSM, 3G, WIMAX dan LTE. Salah satu bagian dari *transceivers* adalah *Power Amplifier*, *Power amplifier* adalah bagian dari *transmitter* yang berfungsi untuk menguatkan sinyal keluaran sebesar-besarnya, bagian ini yang paling membutuhkan daya paling besar dari perangkat RF. *Power amplifier Class-E* dipilih karena diharapkan memiliki tingkat efisiensi yang tinggi dan termasuk kelas *amplifier non-linier*. Sebagian besar jurnal atau makalah menjelaskan tentang perancangan *single-band* [7], *dual-band* [6] ataupun *wideband* [1, 8] dengan beragam metode. *Wideband Power Amplifier* diusulkan oleh [8] agar mampu beroperasi pada beberapa frekuensi yang berbeda dengan *bandwidth* yang lebar. Kinerja yang dihasilkan pada [8] S_{21} *Insertion loss* sebesar 9-11 dB pada 2-4 GHz, S_{11} *Return Loss* sebesar -10 dB sampai -4 dB pada 2-4 GHz, efisiensi yang dihasilkan sebesar

50%-60%. Penggunaan *wideband Power Amplifier* ini memiliki kelemahan berupa penguatan terhadap frekuensi yang tidak diinginkan sehingga meningkatkan interferensi, oleh karena itu dibutuhkan filter yang baik untuk meminimalisasi interferensi tersebut,

Tujuan perancangan *Power Amplifier* ini adalah untuk mendapatkan frekuensi *multiband* pada 900 MHz untuk aplikasi GSM, 1800 MHz untuk aplikasi GSM, 2300 MHz untuk aplikasi WIMAX, dan 2600 MHz untuk aplikasi LTE. Dengan nilai $S_{11} < -15$ dB, $S_{21} > 15$ dB, $VSWR < 2$. Perancangan *Power Amplifier* ini dirancang dengan metode *concurrent multiband power amplifier* menggunakan Mosfet 0.18 um type N, untuk meningkatkan *Gain* digunakan *Driver Stage* pada rangkaian bias untuk mengaktifkan Mosfet ON dan OFF. Perancangan PA ini disimulasikan dengan *Advance Design System* (ADS). Hasil simulasi yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi *Power Amplifier Class-E* yang *conventional* dengan menggunakan komponen lumped.

II. PERANCANGAN BUTLER MATRIKS

Tahap awal dalam perancangan adalah menentukan spesifikasi design. Spesifikasi *multi band class-E power amplifier* yang dirancang bekerja pada frekuensi kerja 900 MHz, 1800 MHz, 2300 MHz, dan 2600MHz, menggunakan MOSFET 0.18um type N, *gain*>

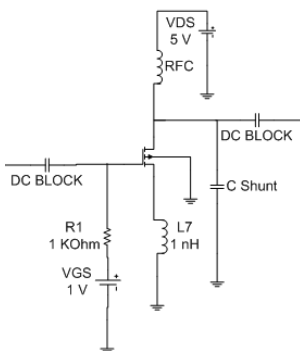
15 dB, efisiensi >50%, tegangan *supply* <5 volt, arus I_{DS} 100 - 150 mA, dan *return loss* < -15 dB dengan daya keluaran sebesar 100mWatt dari masukan daya RF sebesar 5-20 mWatt. Spesifikasi dari *multi band class-E power amplifier* yang diinginkan pada perancangan ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi *multi band class-E power amplifier*

Parameter	Nilai			
Frekuensi Operasi	900 MHz	1800 MHz	2300 MHz	2600 MHz
Frekuensi Tengah	950 MHz	1850 MHz	2350 MHz	2650 MHz
Gain	> 15 dB	> 15 dB	> 15 dB	> 15 dB
Tegangan Suplai (V_{DS})	< 5 V	< 5 V	< 5 V	< 5 V
Input Return of Loss	< -15 dB	< -15 dB	< -15 dB	< -15 dB

Rancangan ini menggunakan CMOS 0.18um TYPE N. Mosfet ini menggunakan jenis type-N yang dirancang untuk bekerja pada frekuensi tinggi. Alasan mengapa menggunakan teknologi CMOS 0.18um type N ini adalah karena mosfet ini memiliki fitur dimensi dan ukuran transistor/mosfet jauh lebih kecil, sehingga pengembangan ke arah *system on a chip* untuk RFIC menjadi lebih baik secara jumlah dan ukuran.

Rangkaian DC bias pada perancangan ini menggunakan *supply* tegangan bias DC $V_{DS} = 5 V$ dan $V_{GS} = 1 V$ dengan arus $I_{DS} = 100-200 mA$.



Gambar 1. Bias DC mosfet untuk amplifier Class-E

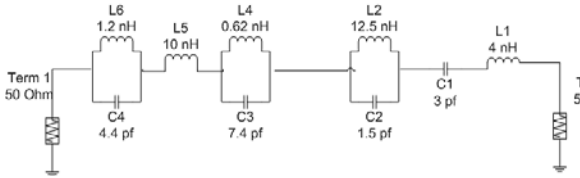
Setelah diperoleh nilai bias, maka disimulasikan Loadpull untuk mencari nilai impedansi nya. Sehingga dapat di matching. Hasil Simulasi Load-Pull optimum pada masing-masing band frekuensi terlihat pada Table 2.

Tabel 2. Hasil Simulasi Load-Pull optimum pada masing-masing band frekuensi

Frekuensi operasi	PAE (%)	Impedance	Power Delivered (dBm)
900 MHz	74.62 %	29.716 + j9.893	28.57
1800 MHz	72.89 %	18.491 + j7.274	30.23
2300 MHz	72.10 %	19.327 + j17.367	28.42
2600 MHz	71.20 %	17.299 + j11.498	29.67

Rangkaian matching ini bertujuan untuk menyesuaikan antara impedansi yang ada pada konektor (50 ohm) dengan impedansi pada transistor, baik pada input maupun output dari rangkaian. Penyesuaian nilai impedansi (Z) ini bertujuan untuk mengurangi *return of loss* yang terjadi, selain itu penyesuaian impedansi dapat memperbaiki kinerja dari transistor tersebut.

Pada power amplifier class-A, B dan C kita dapat secara langsung mendesign rangkaian input dan output matching pada impedansi tertentu yang dapat ditentukan dengan simulasi load pull. Namun prinsip dasar dari power amplifier class-E berbeda dengan kelas amplifier lainnya, pada class-E power amplifier transistor membutuhkan nilai beban yang spesifik pada fundamental frekuensi. Kinerja multiband dari rancangan class-E power amplifier ini dihasilkan dari rangkaian input matching yang beresonansi pada frekuensi center, yaitu 950 MHz, 1850 MHz, 2350 MHz, dan 2650 MHz. Desain resonator yang merupakan kombinasi dari rangkaian LC yang dipasang seri dan paralel. Untuk rangkaian input matching, terlihat pada Gambar 2.

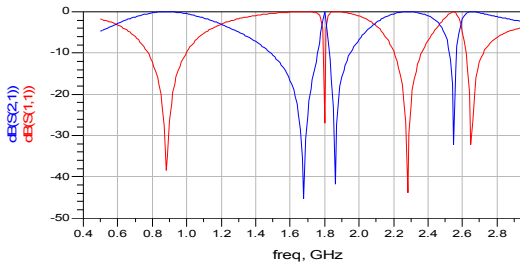


Gambar 2. Rangkaian input matching

Impedansi rangkaian input matching dapat dijelaskan pada persamaan berikut ini:

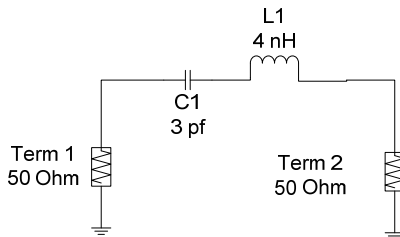
$$Z = \left(j\omega C + \frac{1}{j\omega L}\right)^{-1} + j\omega L + \left(j\omega C + \frac{1}{j\omega L}\right)^{-1} + \left(j\omega C + \frac{1}{j\omega L}\right)^{-1} + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$$

Hasil simulasi input matching terlihat pada Gambar 3. Dibawah ini.



Gambar 3. Simulasi rangkaian input matching

Sementara itu, untuk rangkaian output matching, terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rancangan Output matching

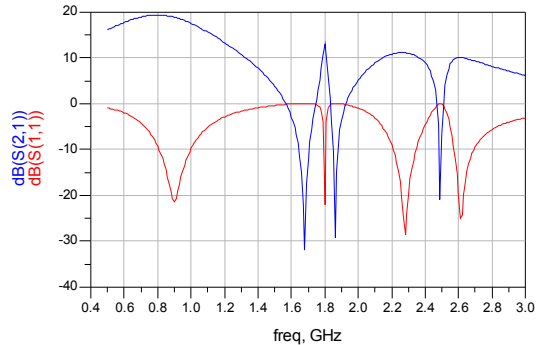
Impedansi rangkaian output matching dapat dijelaskan pada persamaan berikut ini:

$$Z = j\omega L + \frac{1}{j\omega C} + R$$

Rangkaian lengkap multiband PA terlihat pada Gambar 5. Sementara pada gambar 6 memperlihatkan rangkaian dengan driver stage.

III. HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN

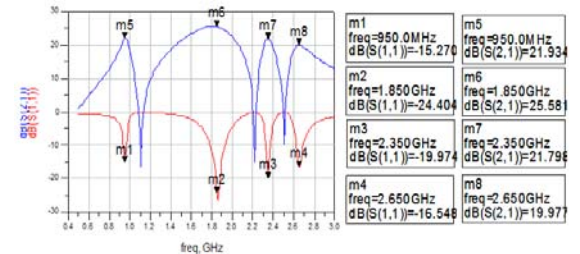
Pada bagian ini akan dibahas kinerja dari Multiband Power Amplifier yang didesain menggunakan software ADS untuk kemudian dianalisa kinerjanya. Gambar 7. memperlihatkan nilai return loss dan gain pada multiband power amplifier Kelas E.



Gambar 7. Hasil S₁₁ dan S₂₁ Multiband Power Amplifier Class-E

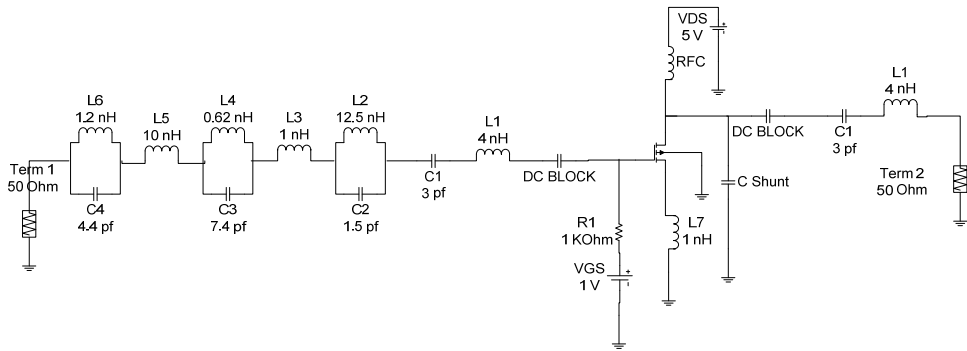
Seperti terlihat pada gambar 7 hasil S₁₁ rata-rata pada tiap band < -15 dB dan berdasarkan hasil simulasi *return loss* (S₁₁) sudah sesuai dengan target yang diharapkan. Namun untuk S₂₁ (Gain) pada beberapa band frekuensi masih dibawah target yang diharapkan yaitu S₂₁ > 15 dB. Gambar 8

memperlihatkan nilai return loss dan gain pada multiband power amplifier Kelas E dengan ditambahkan driver amplifier.

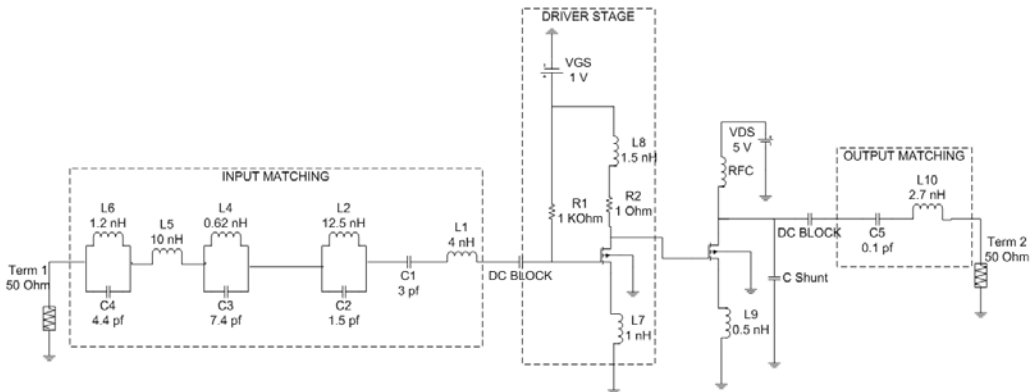


Gambar 8. Hasil S₁₁ dan S₂₁ Multiband Power Amplifier Class-E dengan driver amplifier

Nilai *Gain* pada masing-masing frekuensi telah mencukupi spesifikasi yang diharapkan, yaitu minimal nilai > 15 dB pada frekuensi

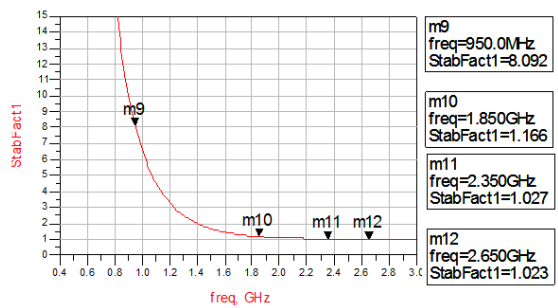


Gambar 5. Rangkaian lengkap multiband power amplifier Kelas E.



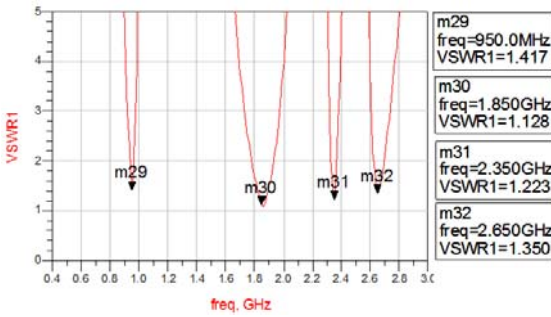
Gambar 6. Rangkaian lengkap multiband power amplifier Kelas E dengan Driver stage.

kerjanya. Untuk dapat mengetahui apakah multiband power amplifier yang telah dirancang telah memenuhi kriteria kestabilan atau tidak, dapat dilihat dari nilai faktor kestabilan K. Nilai dari parameter kestabilan K diharapkan bernilai lebih besar dari satu. Jika kondisi tersebut telah terpenuhi maka dapat dikatakan bahwa multiband power amplifier dalam keadaan *unconditionally stable*. Dari gambar 4.5 dapat kita lihat bahwa nilai K pada range frekuensi 1800 – 2600 MHz mendekati angka kestabilan yaitu antara 0.847 – 0.963, hal ini menandakan bahwa pada range frekuensi tersebut tidak dapat memenuhi angka kestabilan yaitu 1. Sedangkan pada range frekuensi 900 MHz telah memenuhi angka kestabilan diatas 1 yaitu bernilai 4.457.



Gambar 8. Nilai Kestabilan Multiband Power Amplifier Class-E.

VSWR pada rangkaian ideal bernilai satu. Semakin VSWR mendekati satu rangkaian semakin baik. Dari gambar 9 tampak bahwa hasil simulasi rangkaian bernilai mendekati satu pada frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, 2300 MHz dan 2600 MHz. Dalam hal ini, dapat kita katakan hasil simulasi rangkaian ini mempunyai VSWR yang baik karena secara keseluruhan, nilai VSWR mendekati nilai satu.



Gambar 9. Nilai VSWR Multiband Power Amplifier.

Pada tabel 3 memperlihatkan nilai perbandingan kinerja dari Power Amplifier Class-E yang didesign, dengan hasil yang lain.

Tabel 3. Perbandingan hasil perancangan

Parameter	Propose							
	Conventional Concurrent Multiband Class-E PA				Concurrent Multiband Class-E PA Dengan Driver Stage			
	f ₀ (GHz)	1.85	2.35	2.65	0.95	1.85	2.35	2.65
S ₂₁ (dB)	17,720	12,402	10,517	9,588	21,934	25,581	21,798	19,977
S ₁₁ (dB)	-27,638	-32,818	-25,070	-21,059	-15,270	-24,404	-19,974	-16,584
VSWR	1,087	1,047	1,118	1,194	1,417	1,128	1,223	1,350
Stab Fact	1,034	1,008	1,005	1,004	8,092	1,166	1,027	1,023
PAE (%)	86,81%				52,98%			

Hasil seperti pada tabel 3 menunjukkan bahwa nilai *multiband* Power Amplifier Class-E yang diusulkan masih tergolong lebih tinggi dibandingkan dengan yang lainnya. Penurunan nilai Power Added Efficiency hasil simulasi disebabkan oleh karena rangkaian Driver Stage membutuhkan daya yang cukup besar untuk melakukan penguatan, sehingga akan menurunkan efisiensi dari rangkaian power amplifier.

IV. KESIMPULAN

Telah dirancang Concurrent Multiband Power Amplifier Class-E yang bekerja pada frekuensi kerja 900 MHz, 1800 MHz, 2300 MHz, dan 2600 MHz untuk aplikasi GSM, WIMAX, dan LTE. Dari hasil simulasi, ditunjukkan bahwa multiband power amplifier class-E ini telah mencapai kinerja yang diharapkan sesuai spesifikasi yang ditetapkan.

PERNYATAAN

Penelitian ini dibiayai dari Program Penelitian Strategis Nasional, Dikti, tahun 2012, dengan kontrak nomor.3393/H2.R12/HKP.05.00/2012

REFERENSI

- [1] Mark P. Van der heijden, Mustafa Acar, and Jan S. Vromans. "A Compact 12-watt High-Efficiency 2.1-2.7 GHz Class-E GaN HEMT Power Amplifier for Base Stations". IEEE. 2009.
- [2] Sugijono, Erwin. "Perancangan Dual Band High Power Amplifier Untuk Mobile WIMAX dan LTE Pada Frekuensi 2,35 GHz dan 2,65 GHz". Depok: Universitas Indonesia 2011.
- [3] Firmansyah, Teguh. "Perancangan Dielectric Resonator Oscillator Untuk Mobile WiMAX Pada Frekuensi 2,3 GHz Dengan Penambahan Coupling $\lambda/4$ ". Depok: Universitas Indonesia 2010.
- [4] Hella M. Mona, Mohammed Ismail. *RF CMOS Power Amplifier: Theory, Design and Implementation*. New York: Kluwer Academic Publisher. 2002.
- [5] Pozar, David M. *Microwave and RF Design of Wireless Systems*. New York: Wiley and Sons, 2000.
- [6] Seung Hun Ji, Gyu Seok Sik Cho, Jae W. Lee and Jaeheung Kim. "836 MHz/1.95 GHz Dual – Band Class-E Power Amplifier Using Composite Right/Left-Handed Transmission Lines". Korea: Hankuk Aviation University 2006.
- [7] S.A.Z Murad, R.K. Pokharel, H. Kanaya dan K. Yoshida. "A 2.4 GHz 0.18- μ m CMOS Class-E Single-Ended Power Amplifier without Spiral Inductors". IEEE. 2010.
- [8] Paul Saad , Christian Fager , Haiying Cao, Herbert Zirath, and Kristoffer Andersson . "Design of a Highly Efficient 2–4-GHz Octave Bandwidth GaN-HEMT Power Amplifier". IEEE. 2010.
- [9] Choi Hing Cheung. "RF Power Amplifier – Class F Power Amplifier". Hongkong: The Chinese University of Hongkong.
- [10] A. Diet, M. Villegas, G. Baudoin, F. Robert. "A Methodology for Multi-Band Class E RF PA Gain". IEEE. 2010.

Perancangan Mikrostrip Butler Matriks 4 x 4 Untuk Aplikasi Smart Antena

Yenniwarti Rafsyam¹, Nuhung², Teguh Firmansyah³

^{1,2}Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, ³Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Abstrak — Pada penelitian ini, dilakukan perancangan butler matriks 4x4 untuk aplikasi smart antena. Butler matriks ini bekerja pada frekuensi 2,4 GHz. Butler matriks ini berfungsi sebagai perubah fasa dan pembagi daya. Hasil simulasi menunjukkan bahwa keluaran memiliki power yang tersebar merata dengan fasa pada masing-masing portnya sebesar 0°, 44°, -90°, dan 135°. Sementara itu, nilai S_{11} kurang dari -10 dB pada masing-masing port.

Kata kunci — Butler Matriks, Perubah fasa, pembagi daya.

I. PENDAHULUAN

Pada era konvergensi saat ini dibutuhkan customer premise equipments (CPEs) yang mampu bekerja secara optimal, diantaranya yaitu peningkatan efisiensi penggunaan pola radiasi (*beam*) antena. Pola radiasi dari antena mencerminkan pola pengarah power dari antena tersebut [1]. Apabila sebuah antena pemancar, memancarkan radiasi ke antena penerima dengan *beam* yang tidak optimum maka mencerminkan rendahnya tingkat efisiensi dan cakupan (*coverage*) antena tersebut. Hal ini disebabkan terdapat power yang terbuang secara percuma karena pola radiasi yang salah [2][3].

Saat ini, mulai dikembangkan antena yang memiliki kemampuan mengoptimalkan lebar pita frekuensi seperti yang di kembangkan [4][5]. Ada pula yang mengoptimalkan pola radiasi. Di dunia penelitian, optimalisasi penggunaan pola radiasi antena lebih dikenal dengan nama *smart antena*. Dinamakan *smart antena*, karena mampu merubah arah pola radiasi antena ke arah yang diharapkan, sehingga efisiensi power meningkat.

Seperti yang dikemukakan [6]. Sebuah smart antena didefinisikan sebagai antena array yang menyesuaikan *beam* dengan lingkungan (kebutuhan), dan terbagi menjadi dua klasifikasi yaitu Phase Array atau multibeam antena terdiri atas beberapa fix beam yang memiliki arah tertentu dan dapat dipilih mana saja yang akan diaktifkan. Atau adaptive antenna array adalah sebuah antena array yang dapat menerima sinyal

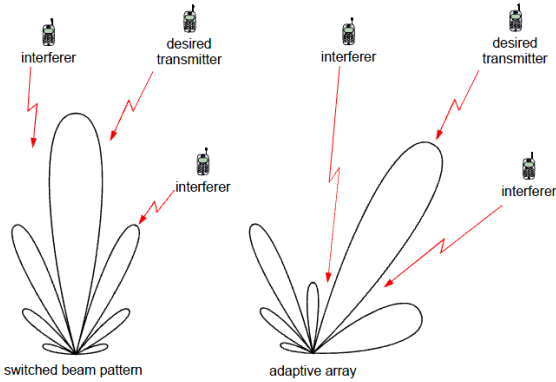
secara bersamaan untuk kemudian dikombinasikan yang dapat memaksimalkan nilai *signal to interference and noise ratio* (SINR). Artinya bahwa main lobe antena selalu berada pada pancaran utamanya [7].

Pada penelitian ini, akan dikembangkan pemutaran pola radiasi ini diusulkan menggunakan teknik *phase array*. Teknik *phase array* yaitu sebuah metode yang mampu merubah phase dari sinyal yang berakibat pada perubahan pola radiasi antena. Dengan kata lain pemutaran pola radiasi ini menggunakan manipulasi secara elektrik, sehingga akan lebih sederhana dan lebih efisien dibandingkan pemutaran secara mekanik. Karena tidak membutuhkan motor sebagai tambahan seperti yang diusulkan Romeu. Parameter kinerja yang dirancang secara lebih lengkap meliputi :

- a. Frekuensi kerja : 2,4 GHz
- b. Return Loss : < - 10 dB
- d. VSWR : 1,0 - 1,5

II. PERANCANGAN BUTLER MATRIKS

Sebuah smart antena adalah sistem antena yang menggabungkan beberapa elemen antena dengan kemampuan pemrosesan sinyal untuk mampu mengoptimalkan radiasi atau pola penerimaan secara otomatis sebagai tanggapan terhadap lingkungan/kebutuhan, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Phase array dilihat dari sisi interferensi

Sementara itu, Sooksumram [8] mengusulkan penggunaan *switched beam* antenna system terdiri atas beberapa fix beam yang memiliki mainlobe tertentu pada masing masing arah tersebut. Sistem antenna ini mendeteksi kekuatan sinyal dari semua beam untuk kemudian dipilih salah satu arah beam yang memiliki kekuatan sinyal paling tinggi.

Sebagai gambaran matematis Bialkowski [9] mengusulkan persamaan array faktor (AF) pada Antena array memenuhi persamaan (1). Walaupun AF bukan merupakan pola radiasi sesungguhnya, akan tetapi AF memegang peranan penting dalam bentuk pola radiasi. Sehingga secara tidak langsung pola radiasi dapat berubah dengan berubahnya fasa (α), dan hal ini sesuai dengan persamaan yang diusulkan Bialkowski [9].

$$AF(\theta, \varphi) = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M I_{mn} e^{j(\beta r \cdot r_{mn} + \alpha)} \quad (1)$$

Dimana :

$$r_{mn} = x'_{mn}\hat{x} + y'_{mn}\hat{y} + z'_{mn}\hat{z}$$

$$(\theta, \varphi), u = \sin \theta \cos \varphi$$

$$u = \sin \theta \sin \varphi$$

$$u = \cos \theta$$

$$\beta = 2\pi/\lambda$$

Dari persamaan terlihat bahwa :

β = konstanta propagasi,

I_{nm} = Magnitude.

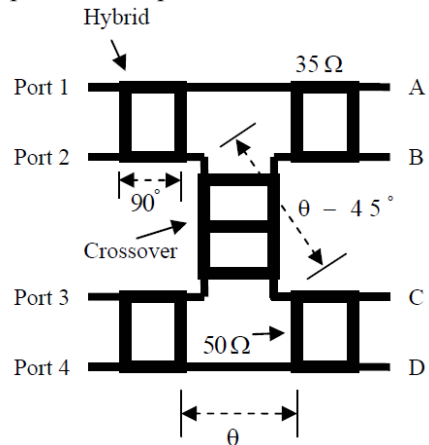
α = fasa.

Walaupun AF bukan merupakan pola radiasi sesungguhnya, akan tetapi AF memegang peranan penting dalam bentuk pola radiasi. Sehingga secara tidak langsung pola radiasi dapat berubah dengan berubahnya fasa (α), dan hal ini sesuai dengan persamaan yang diusulkan Bialkowski (2008).

Melalui analisa ini, maka dapat disimpulkan perubahan beam antenna dengan merubah nilai α . Perubahan nilai α ini dapat terjadi apabila kita menambahkan butler matrik pada antenna tersebut. Dengan menggunakan butler matrik, maka antenna yang didapatkan mampu memiliki perubahan fase, hal ini dikemukakan oleh Ming-Iu Lai (2007).

Padaperancangan butler matrix ini yang pertama kali dilakukan adalah menentukan dimensi butler matrix 4x4 yang memiliki spesifikasi frekuensi tengah sebesar 2,45 GHz. Untuk menentukan dimensi dan merancang butler matrix, digunakan aplikasi piranti lunak (software application) yang digunakan khusus untuk perancangan pada bidang microwave.

Rangkaian utama butler matrik terdiri atas 4 buah hybrid coupler dan 2 buah crossover. Seperti terlihat pada Gambar 2 dibawah ini.



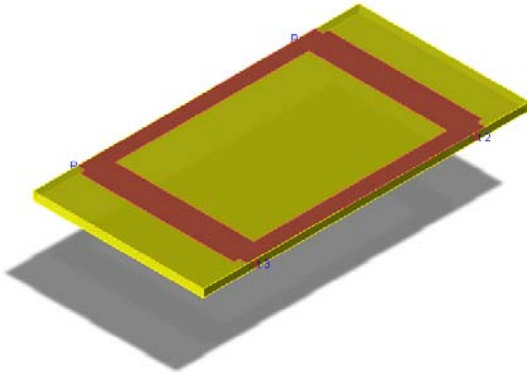
Gambar 2. Struktur 4 x 4 butler matriks

A. Hybrid Coupler

Nilai scattering matriks dari hybrid coupler memenuhi persamaan berikut ini.

$$[S]_{Hybrid} = -\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & j & 1 & 0 \\ j & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & j \\ 0 & 1 & j & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Sementara itu, hasil perancangan hybrid coupler terlihat seperti Gambar 3.



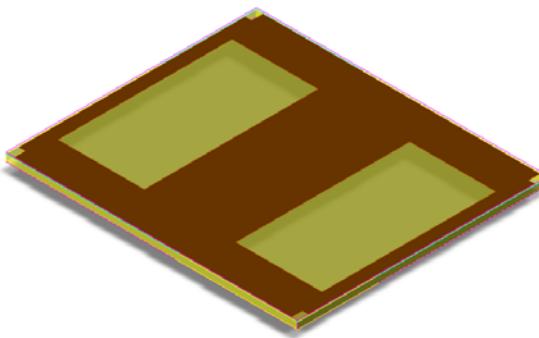
Gambar 3. Desain hybrid coupler

B. Cross Over

Nilai scattering matriks dari cross over memenuhi persamaan berikut ini.

$$[S]_{\text{Crossover}} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & j \\ j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & j & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

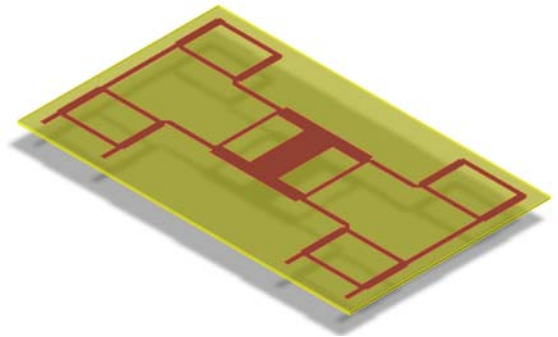
Sementara itu, hasil perancangan cross over terlihat seperti Gambar 4.



Gambar 4. Desain cross over

C. Butler Matriks

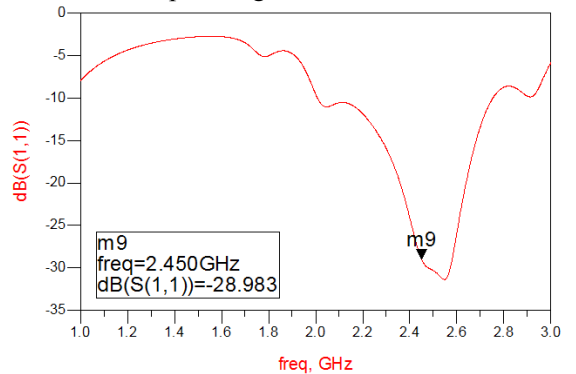
Sementara itu hasil perancangan butler matrik terlihat pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Desain lengkap butler matriks

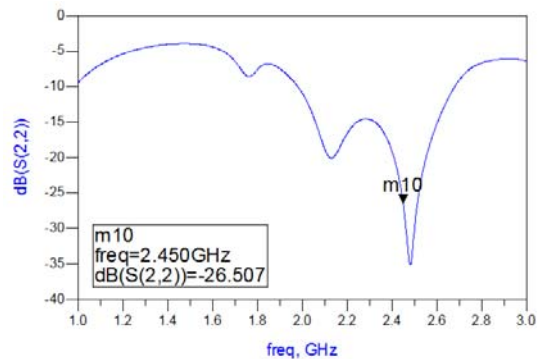
III. HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN

Nilai return loss S₁₁ dari masing-masing port masukan butler matrix 4x4 yang didapatkan melalui proses simulasi dapat diamati pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 9 berikut ini :



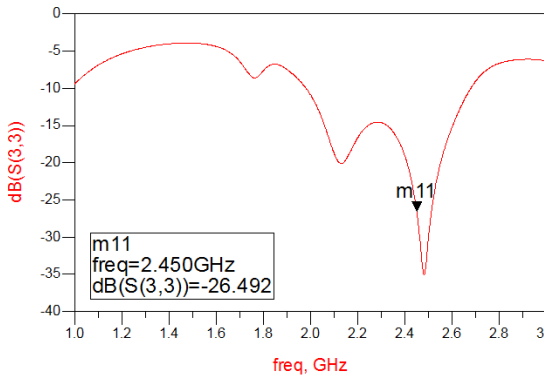
Gambar 6. Nilai return loss port 1.

Pada Gambar 6 memperlihatkan nilai return loss pada frekuensi 2,45 GHz sebesar -28,9 dB, hal ini memperlihatkan bahwa pada port 1 butler matrik tersebut sudah bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan yaitu kurang dari -10 dB. Sementara nilai return loss pada port 2 terlihat pada Gambar 7 dibawah ini.



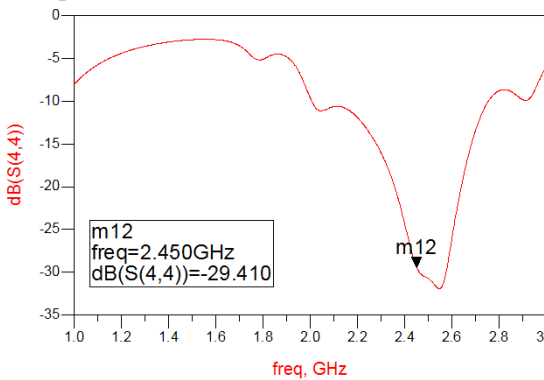
Gambar 7. Nilai return loss port 2.

Pada Gambar 7 memperlihatkan nilai return loss pada frekuensi 2,45 GHz sebesar -26,57 dB, hal ini memperlihatkan bahwa pada port 2 butler matrik tersebut sudah bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan yaitu kurang dari -10 dB. Sementara nilai return loss pada port 3 terlihat pada Gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Nilai return loss port 3.

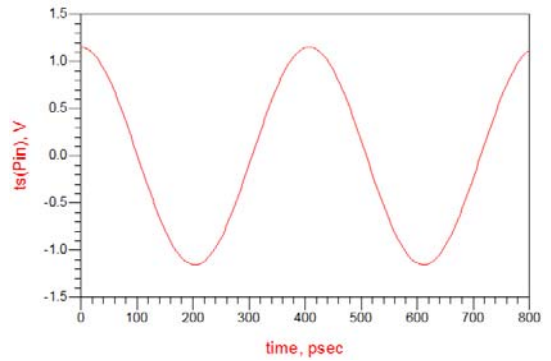
Pada Gambar 8 memperlihatkan nilai return loss pada frekuensi 2,45 GHz sebesar -26,49 dB, hal ini memperlihatkan bahwa pada port 2 butler matrik tersebut sudah bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan yaitu kurang dari -10 dB. Sementara nilai return loss pada port 4 terlihat pada Gambar 9 dibawah ini.



Gambar 9. Nilai return loss port 4

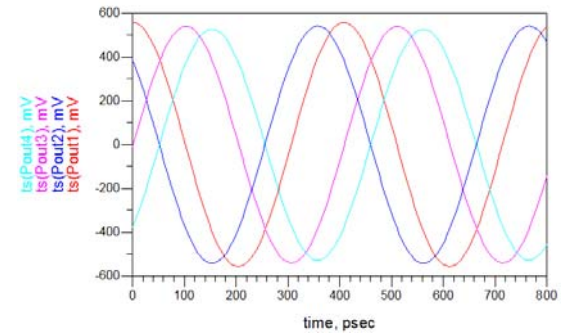
Pada Gambar 9 memperlihatkan nilai return loss pada frekuensi 2,45 GHz sebesar -29,41 dB, hal ini memperlihatkan bahwa pada port 2 butler matrik tersebut sudah bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan yaitu kurang dari -10 dB. Selain dari nilai return loss, apabila disimulasikan secara time domain dengan sinyal input seperti pada gambar 10. Maka akan

memiliki keluaran seperti gambar 11.



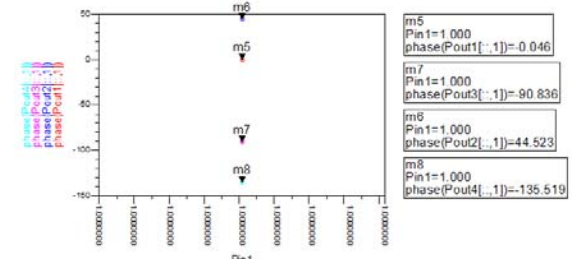
Gambar 10. Sinyal input dengan frekuensi 2,45 GHz

Sinyal input tersebut memiliki frekuensi sebesar 2,45 GHz dengan tegangan sebesar 1,2 V maka akan memiliki keluaran sebagai berikut.



Gambar 11. Sinya keluaran pada semua port

Pada Gambar 11 memperlihatkan sinyal keluaran pada semua port dimana terjadi persebaran power yang disertai dengan perubahan fasa pada sinyal.



Gambar 12. Fasa sinyal keluaran

Hasil simulasi menunjukkan bahwa keluaran memiliki power yang tersebar merata dengan fasa pada masing-masing portnya sebesar 0°, 44°, -90°, dan 135°.

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dirancang butler matrik yang bekerja pada frekuensi 2,45 GHz. Hasil simulasi return loss S_{11} menunjukkan bahwa butler matri tersebut memenuhi spesifikasi yang diharapkan yaitu kurang dari -10 dB. Selain itu, desain ini telah berhasil membagi power dan merubah fasa secara bersamaan. Sehingga dapat digunakan untuk perubah beam pada smart antenna.

PERNYATAAN

Penelitian ini didanai oleh Program Penelitian Unggulan : UP2M Politeknik Negeri Jakarta Nomor Surat Perjanjian Kerja 7/PL3.16/SPK/2012.

REFERENSI

- [1] Ya-Chung Yu and Jenn-Hwan Tarn (2009), "A Novel Modified Wideband Planar Inverted-F Antenna" *Journal IEEE Antennas And Wireless Propagation Letters*, vol.8, pp 189-192. April.2009.
- [2] Keon-Myung Lee, (2008), "A triangular microstrip patch antenna for multi-band applications" *Microwave Conference, 2008. APMC 2008. Asia-Pacific*. pp 1 – 4. 2008.
- [3] Romeu, J. Soler, J (2010) "Generalized Sierpinski fractal wideband antenna" *Journal IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. vol. 49 pp. 1237 – 1239.
- [4] Manoj, J. (2005). "Compact planar wideband antenna" *Antennas and Propagation Society International Symposium*. vol. 1B . pp : 471 – 474. 2005.
- [5] Kin-Lu Wong. (2006) "A low-profile planar monopole antenna for wideband operation of mobile handsets" *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. vol. 51 pp 121 – 125.
- [6] Elhefnawy, M. Ismail, W (2009). "A Microstrip Antenna Array for Indoor Wireless Dynamic Environments" *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. Vol: 57.Pp : 3998 – 4002.
- [7] Ming-Iu Lai (2007). "A miniature, planar, and switched-beam smart antenna employing a four- element slot antenna array for Digital Home applications" *IEEE*

Antennas and Propagation Society International Symposium. Page(s): 3376 - 3379 .

- [8] Sooksumrarn, P. Krairiksh, M (2007) " A Dual-Band Dual-Feed Switched-Beam Single Patch Antenna". *Asia-Pacific Microwave Conference APMC*. Pp:1-4.
- [9] Bialkowski (2008). "Design of fully integrated 4x4 and 8x8 Butler matrices in microstrip/slot technology for smart antennas" *Antennas and Propagation Society International Symposium, 2008. AP-S IEEE 5-11*

Pembelokan Roket Di Ujung *Launcher*

Wiganti Takariyadi

Pusat Teknologi Roket – LAPAN

Jalan Raya LAPAN no 2, Desa Mekarsari,

Kec. Rumpin, Kab. Bogor 16350

Telp : (021) 70952065

Abstrak — Seringkali roket mengalami pembelokan tepat pada ujung launcher pada saat peluncuran. Ini disebabkan karena gaya gravitasi yang bekerja pada roket tersebut. Dengan demikian maka arah gerak roket berubah dari arah semula. Sesuai dengan arah gravitasi, maka pembelokan ini cenderung mengarah ke bawah. Kenyataannya, pembelokan ini tidak terjadi bila launcher mengarah vertical, dengan elevasi membentuk sudut siku-siku. Sebaliknya, pembelokan sangat terasa pada sudut elevasi nol atau launcher mengarah horizontal. Pembelokan ini dapat mengganggu trayektori yang direncanakan. Oleh karena itu, diupayakan pembelokan dieliminasi. Beberapa cara untuk eliminasi pembelokan ini, antara lain mempercepat kecepatan pada waktu mencapai ujung launcher, memperpanjang launcher, dan menaikkan sudut elevasi.

I. PENDAHULUAN

Seringkali peluncuran roket LAPAN dilakukan di pinggir pantai, misalnya Pameungpeuk (Garut), Pandanwangi (Lumajang), dan sebagainya. Ini berarti percepatan gravitasinya relatif besar dibandingkan dengan lokasi lainnya di bumi. Percepatan gravitasi ini berpengaruh pada arah laju roket pada saat peluncuran. Artinya, roket yang ditujukan ke arah tertentu pada waktu peluncuran, akan berubah arah pada saat lepas dari ujung *launcher*. Ini berlaku pada pengarahannya ke segala arah, kecuali arah vertikal. Pembelokan ini disebabkan karena adanya gaya gravitasi, sehingga pembelokan cenderung ke arah bawah. Oleh karena pembelokan ini mendadak begitu mencapai ujung *launcher*, maka bentuknya seolah-olah seperti fungsi tangga (*step function*) negatif. Oleh karena pembelokan tidak akan terjadi pada peluncuran dengan arah vertikal, maka untuk mereduksi pembelokan ini, salah satu cara adalah dengan memperbesar sudut elevasi. Maksimum sudut elevasi ini adalah $\pi / 2$ radian dan minimum adalah nol. Tentu saja tidak ada sudut elevasi yang bernilai negatif. Pembelokan terbesar terjadi bila sudut elevasi nol. Cara lain untuk mengurangi pembelokan adalah dengan meningkatkan kecepatan roket pada waktu mencapai ujung *launcher*. Untuk meningkatkan

kecepatan roket ini dapat dilakukan dengan cara memperpanjang *launcher*.

II. TERJADINYA PEMBELOKAN

Untuk peluncuran dengan sudut elevasi $\pi / 2$ radian, yaitu *launcher* diarahkan vertical ke atas, maka roket akan meluncur lurus ke arah atas tanpa adanya pembelokan. Secara teoritis, bila tidak ada gangguan dari luar, maka roket akan jatuh kembali pada *launcher*. Percepatan sesaat (*instantaneous acceleration*) ke arah atas adalah :

$$a(t) = [T(t) / m] - g(t) \quad (2-1) \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

$$T(t) = \text{ gaya dorong sesaat}$$

$$m = \text{ masa roket}$$

$$g(t) = \text{ gravitasi sesaat}$$

Nilai gravitasi akan semakin rendah bila posisi roket semakin tinggi. Akan tetapi, sampai ketinggian puluhan kilometer, penurunan gravitasi ini relatif kecil. Sebagai ilustrasi, pada ketinggian 20 km nilai gravitasi hanya turun sebesar 6,6 cm / det², sehingga bila gravitasi pada permukaan tanah adalah 9,81 m / det² maka pada ketinggian 20 km nilai gravitasi menjadi 9,74 m / det². Untuk simplifikasi hitungan, seringkali nilai gaya dorong dianggap konstan. Oleh karena itu, bila gravitasi juga dianggap konstan, maka persamaan (2-1) dapat disederhanakan menjadi :

$$a = [T / m] - g$$

Kecepatan sesaat (*instantaneous velocity*) arah vertikal menjadi :

$$v(t) = \int_0^t a(t) dt$$

$$v(t) = \int_0^t \left\{ \frac{T(t)}{m} - g(t) \right\} dt \dots\dots\dots(2)$$

Bila gravitasi dan gaya dorong dianggap konstan maka persamaan (2-2) menjadi :

$$v(t) = \frac{Tt}{m} - gt$$

Ketinggian (posisi vertikal) sesaat adalah :

$$y(t) = \int_0^t v(t) dt$$

Bila gravitasi dan gaya dorong dianggap konstan maka ketinggian sesaat :

$$y(t) = \frac{Tt^2}{2m} - \frac{gt^2}{2} \dots\dots\dots(3)$$

Bila sudut elevasi lebih kecil dari 90⁰ maka dapat terjadi pembelokan. Pembelokan akan terjadi bila kecepatan roket pada saat mencapai ujung *launcher* kurang dari nilai tertentu. Sebaliknya, untuk kecepatan tertentu, pembelokan tidak akan terjadi bila sudut elevasi lebih besar dari nilai sudut kritis, yaitu nilai sudut elevasi minimum dimana masih belum terjadi pembelokan.

III. AKIBAT PENGARUH GRAVITASI

Bila roket diluncurkan dengan arah horisontal, yaitu sudut elevasi nol, maka roket akan meluncur arah horisontal, kemudian secara gradual mengarah ke bawah. Percepatan sesaat merupakan kombinasi arah ke bawah dan arah horisontal, yaitu :

$$\bar{a}(t) = \bar{a}_x(t) + \bar{a}_y(t - \Delta t) \dots\dots\dots(4)$$

begitu pula kecepatan sesaat :

$$\bar{v}(t) = \bar{v}_x(t) + \bar{v}_y(t - \Delta t) \dots\dots\dots(5)$$

dan posisi sesaat :

$$\bar{p}(t) = \bar{x}(t) + \bar{y}(t) \dots\dots\dots (6)$$

di mana indeks x digunakan untuk menyatakan arah horisontal dan indeks y untuk arah vertikal. Δt adalah waktu yang diperlukan roket untuk melewati *launcher*, dengan catatan bila $t < \Delta t$ maka $(t - \Delta t) = 0$.

Dari persamaan (3-4) sampai (3-6) jelas bahwa akibat gaya gravitasi, roket akan mengalami pembelokan ke arah bawah.

IV. AKIBAT PENGARUH KECEPATAN ROKET

Aplikasi persamaan (2-1) sampai (3-6) pada bab 2 dan 3 di atas, tidak terlihat unsur yang memungkinkan reduksi pembelokan. Begitu pula pada persamaan untuk menentukan percepatan, kecepatan, dan posisi roket tersebut, diasumsikan nilai koefisien hambatan udara (*cd, coefficient of drag*) nol, dan massa total roket tetap. Kenyataannya, massa total akan turun, sejalan dengan berkurangnya massa propelan, dan nilai *cd* bervariasi, tergantung bentuk, profil, dan kahalusan permukaan roket.

Untuk mengatasi pembelokan, tidak dapat digunakan persamaan konvensional tersebut diatas, melainkan harus digunakan persamaan yang mengandung unsur yang dapat melawan gaya ke bawah akibat gravitasi. Gaya yang melawan gaya gravitasi ini timbul akibat besarnya kecepatan roket. Jadi, semakin besar kecepatan maka gaya ke atas ini akan semakin besar pula. Gaya ke atas ini merupakan gaya sentrifugal yang besarnya :

$$F_s = \frac{mv_x^2}{r} = mr\omega^2 \dots\dots\dots(7)$$

dimana :

- m = massa benda (roket)
- v_x = kecepatan horisontal
- ω = kecepatan sudut
- r = jarak *launcher* ke pusat bumi.

Dari persamaan (4-1) terlihat bahwa akibat kecepatan, roket mengalami pembelokan ke atas, yaitu akan semakin menjauhi bumi.

V. ELIMINASI PEMBELOKAN

Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengeliminasi pembelokan, yang disajikan pada makalah ini. Simulasi dan perhitungan telah dilakukan, yang terdiri dari

beberapa metoda eliminasi pembelokan, yaitu metoda memanjangkan *launcher*, menambah sudut elevasi, dan kombinasi antara dua metoda tersebut.

Simulasi dan perhitungan dilakukan terhadap roket LAPAN, yaitu roket RX-150/A-LPN. Data karakteristik roket ini adalah, wahana : berat beban guna (*payload*) 5,3 kg, berat total 56,3 kg, panjang total 2,494 m, motor : berat total 50,2 kg, berat struktur 29,0 kg, berat propelan 21,2 kg, panjang propelan 1200 mm, diameter luar 150 mm, gaya dorong 80500 Newton, waktu pembakaran 5,42 detik, spesifik impuls (*specific impulse*, I_{sp}) 200 detik, jenis propelan HTPB.

A. Metoda Perpanjangan Launcher

Untuk memperoleh kecepatan yang relatif cukup besar agar tidak terjadi pembelokan, maka *launcher* harus diperpanjang. Perpanjangan *launcher* perlu dilakukan terutama bila rasio gaya dorong terhadap massa relatif kecil. Bila roket diluncurkan di dataran rendah atau pantai, maka nilai r sama dengan jari-jari bumi, yaitu 6378 km. Dengan gravitasi $9,81 \text{ m / det}^2$, maka diperoleh persamaan :

$$v_x = 7,9 \text{ km / det} \dots\dots\dots(8)$$

untuk mencapai kecepatan ini pada ujung *launcher*, diperlukan *launcher* yang relatif panjang. Untuk roket RX-150/A-LPN, kemungkinan pemanjangan *launcher* ini dapat diperhitungkan :

Kecepatan sesaat :

$$v_x(t) = \int_0^t \frac{T}{M - \dot{m}t} dt = \frac{T}{\dot{m}} \ln \left(\frac{M}{M - \dot{m}t} \right)$$

dimana :

T = gaya dorong, 8050 N

M = massa total roket, 106,3 kg

\dot{m} = laju massa propelan, 4 kg / detik

Kecepatan maksimum terjadi pada saat akhir dari waktu pembakaran (5,42 detik), yaitu :

$$v_{x_{m}} = \frac{8050}{4} \ln \left(\frac{1063}{1063 - 212} \right) = 448 \text{ m / det}$$

Kecepatan maksimum lebih kecil daripada nilai pada persamaan (5-1), berarti pemanjangan *launcher* dalam kasus ini tidak dapat digunakan

B. Metoda Kenaikan Sudut Elevasi

Seringkali *launcher* sudah relatif panjang dan tidak mungkin diperpanjang lagi. Disamping itu, sering pula terjadi kasus seperti diatas, yaitu kecepatan maksimum tidak dapat memenuhi kebutuhan. Oleh karena itu, untuk mengatasi pembelokan dilakukan dengan cara lain, yaitu dengan memperbesar sudut elevasi.

Dengan sudut elevasi θ , maka kecepatan sesaat menjadi :

$$v(t) = \int_0^t \frac{T - (M - \dot{m}t)g \sin \theta}{M - \dot{m}t} dt$$

$$v(t) = \frac{T}{\dot{m}} \ln \left(\frac{M}{M - \dot{m}t} \right) - gt \sin \theta \dots\dots(5-2)$$

Bila kecepatan sesaat pada persamaan (5-2) tersebut sama dengan kecepatan yang disyaratkan, maka tidak akan terjadi pembelokan. Kecepatan persyaratan agar tidak terjadi pembelokan tersebut adalah :

$$v = \sqrt{rg \cos \theta}$$

C. Kombinasi Perpanjangan Launcher dan Kenaikan Sudut Elevasi

Untuk menentukan kombinasi antara ukuran panjang *launcher* dengan nilai sudut elevasi ini, perlu dituliskan persamaan untuk menghitung posisi, yaitu dengan integrasi persamaan (5-2) terhadap waktu, sebagai berikut :

$$p(t) = \int_0^t \frac{T}{\dot{m}} \ln \left(\frac{M}{M - \dot{m}t} \right) dt - \int_0^t (gt \sin \theta) dt$$

Ruas kedua pada persamaan diatas terdiri dari dua suku. Suku kedua langsung diperoleh :

$$\int_0^t (gt \sin \theta) dt = \frac{gt^2 \sin \theta}{2} \dots\dots\dots (9)$$

Sedangkan suku pertama, dapat diselesaikan dengan aproksimasi dua suku dari deret tak hingga, yaitu :

$$\int_0^t \ln \left(\frac{M}{M - \dot{m}t} \right) dt = \int_0^t \left(\frac{\dot{m}t}{M} + \frac{\dot{m}^2 t^2}{2M^2} \right) dt$$

$$\int_0^t \ln\left(\frac{M}{M-\dot{m}t}\right) dt = \frac{\dot{m}t^2}{2M} + \frac{\dot{m}^2 t^3}{6M^2} \dots\dots\dots$$

(10)

Dari persamaan (5-3) dan (5-4) dapat diperoleh posisi sesaat :

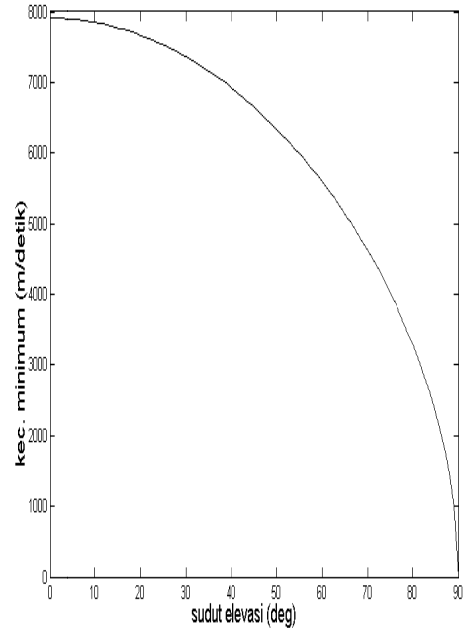
$$p(t) = \frac{Tt^2}{2M} + \frac{T\dot{m}t^3}{6M^2} - \frac{gt^2 \sin \theta}{2} \dots\dots\dots$$

(11)

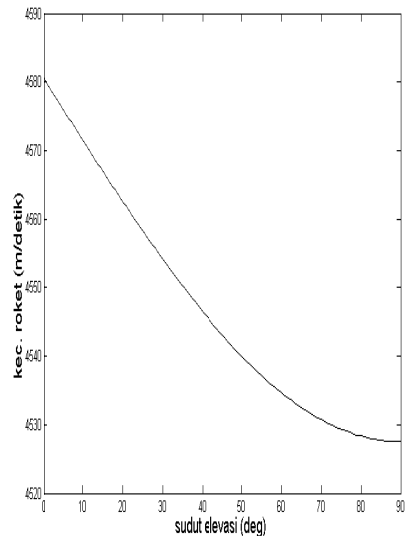
VI. SIMULASI DAN PERHITUNGAN

Pada bab 2 telah dibahas bahwa untuk kecepatan tertentu, pembelokan tidak akan terjadi pada sudut elevasi lebih besar dari nilai kritis. Dengan perhitungan menggunakan piranti lunak, diperoleh sudut elevasi minimum 70,85⁰. Algoritma yang digunakan adalah menyamakan antara kecepatan minimum yang diperlukan (v_{min}) dengan kecepatan roket (v_r) untuk $t = 5,42$ detik. Kurva kecepatan yang diperlukan, sebagai fungsi dari sudut elevasi diperlihatkan pada Gambar 3-1, sedangkan kurva kecepatan roket sebagai fungsi dari sudut elevasi ditunjukkan pada Gambar 3-2.

Sudut elevasi minimum yang dihitung tersebut adalah sudut elevasi yang diperoleh pada kecepatan maksimum. Kecepatan maksimum ini terjadi pada akhir waktu pembakaran, yaitu 5,42detik. Bila sudut elevasi tersebut dinaikkan maka waktu yang diperlukan untuk mencapai nilai kecepatan tersebut akan turun. Artinya, bila sudut elevasi dinaikkan, maka waktu yang diperlukan akan turun, sehingga tidak perlu waktu maksimum. Dengan demikian dapat ditentukan nilai waktu sebagai fungsi dari sudut elevasi. Selanjutnya dengan substitusi waktu $t = 5,42$ detik ke dalam persamaan (5-5) dapat diperoleh panjang *launcher* minimum. Hubungan antara sudut elevasi minimum, waktu, dan panjang *launcher* minimum disajikan pada TABEL 3-1.



Gambar 3-1.Kecepatan minimum (v_{min}) sebagai fungsi dari sudut elevasi.



Gambar 3-2.Kecepatan roket (v_r) sebagai fungsi dari sudut elevasi.

TABEL 3-1.
Hubungan sudut elevasi minimum, waktu, dan panjang *launcher* minimum.

No	Sdt elevasi [derajat]	Waktu [μ detik]	Panjang <i>Launcher</i> [meter]
1	70	610	1,4063
2	72	580	1,2714
3	74	540	1,1021
4	76	510	0,9830
5	78	470	0,8349
6	80	430	0,6988
7	82	390	0,5748
8	84	330	0,4116
9	86	270	0,2775
10	88	190	0,1364
11	90	0	0

Persamaan (5-3) sampai (5-5) dapat dikerjakan dengan berbagai piranti lunak, antara lain MATLAB, FORTRAN, PASCAL, VISUAL BASIC, QUICK BASIC, dan sebagainya.

VII. KESIMPULAN

Peluncuran roket LAPAN pada umumnya dilakukan dilokasi pantai, yang mempunyai nilai gravitasi relatif lebih besar daripada di tempat lain. Sudut elevasi bervariasi dari nol sampai siku-siku. Pada saat keluar dari *launcher*, seringkali terjadi pembelokan akibat adanya gaya gravitasi. Pembelokan ini tidak terjadi bila arah roket vertikal. Semakin kecil sudut elevasi, maka pembelokan ini akan semakin terasa. Pembelokan ini dapat dieliminasi dengan menaikkan kecepatan roket, sehingga pada saat keluar dari *launcher*, kecepatannya telah melampaui kecepatan kritis tertentu. Dengan demikian maka gaya gravitasi yang menyebabkan terjadinya pembelokan ini

akan dilawan oleh gaya sentrifugal yang timbul. Untuk menaikkan kecepatan roket saat keluar dari *launcher*, diperlukan pemanjangan *launcher*. Bila pemanjangan *launcher* ini tidak dapat dipenuhi, maka alternatifnya adalah dengan menaikkan sudut elevasi.

VIII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Battin, R. H., 1987, *An Introduction to the Mathematics and Methodes of Astrodynamics*, AIAA Education Series, Washington, DC.
- [2] Bruhn, E.F., B. S., M.S., C.E., June 1973, *Analysis and Design of Flight Vehicle Structures*, Tri State Offset Company.
- [3] Griffin, Michael D. & French, James R., 1991, *Space Vehicle Design*, AIAA Education Series, Washington, DC.
- [4] Marty D., 1986, *Conception des Vehicules Spatiaux*, Masson, Paris.
- [5] Thomson W. T., 1986, *Introduction to Space Dynamics*, Dover Publication, New York.
- [6] Wiesel W. E., 1989, *Spaceflight Dynamics*, McGraw Hill Book Company, New York.
- [7] Wood, K. D., 1986, *Aerospace vehicle Design*, Johnson Publishing Company, Boulder, Colorado.

Studi Perancangan Jaringan Komunikasi Serat Optik Dwdm L Band Dengan Penguat Optik Edfa

¹Sri Danaryani, ²Syamsul El Yumin, ³Iwan Krisnadi

¹Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta, ^{2,3} Elektronika Telekomunikasi Pascasarjana ISTN
sdanaryani@gmail.com

Abstract — Development of telecommunications technology is also accompanied by the transmission technique that can carry large bandwidth, such as SONET / SDH which has bit rate up to 40 Gb / s. Fiber optics is the most appropriate medium used for the transmission, which for long distance communication single mode step index type is the most appropriate. Developed multiplexing WDM (Wavelength Division Multiplexing) enables SONET, ATM and other channels may be propagating in a single optical fiber. Bandwidth grows makes WDM evolved into DWDM. A variety of the input make devices selected to be diverse, which in turn can be enter into DWDM with 10 Gbps capacity. Capacity of DWDM must be selected, for example by using 4 wavelength values according to the grid ITU-T 1568.77nm, 1569.59nm, 1571.23 nm and 1572.05 nm. The result can minimize the effects of FWM where the harmonics produced are not included in the fundamental wavelength. Use of EDFA in optical fiber transmission in DWDM shut is considering OSNR. OSNR calculation depends on the number of the wavelength, bit rate, dispersion in the fiber and the number of amplifier used. In general, the more amplifier is used the OSNR will be smaller. Large bandwidth also decreases OSNR. So the smaller OSNR indicate noise more dominant compare to signal.

Pendahuluan

Serat optik tipe single mode step index mempunyai redaman yang relatif kecil pada panjang gelombang 1310 dan 1550nm serta kapasitas besar identik dengan bandwidth yang lebar. Bandwidth yang lebar dibutuhkan untuk transfer informasi baik internet, e-commerce, e-mail, electronic documentation transfer, video dan mobile telephony. Perangkat ini harus ditunjang dengan perangkat solid state dan photonic termasuk teknik multiplexingnya. Dikembangkan teknik multiplexing WDM Wavelength Division Multiplexing memungkinkan SONET, ATM dan kanal lainnya dapat berpropagasi dalam satu serat optik [1].

WDM ditawarkan menjadi solusi untuk peningkatan kapasitas tanpa harus mengubah struktur jaringan. Kebutuhan bandwidth yang terus berkembang menjadi evolusi dari WDM menjadi DWDM sehingga beberapa panjang gelombang yang berbeda dapat berpropagasi dalam satu serat. DWDM menggunakan dua kelas yaitu C band dan L band. Keduanya dibedakan pada panjang gelombang yang pada akhirnya membuat pilihan perangkat yang akan

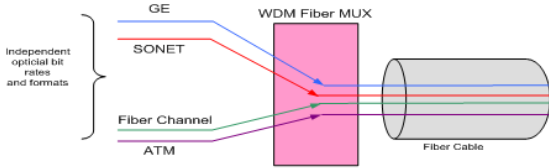
digunakan harus menunjang pada pilihan C atau L band. [1]

Pengaruh jarak komunikasi yang berkaitan dengan redaman dan dispersi merupakan batasan dalam perencanaan, sehingga dibutuhkan penguat optikal yang mendukung teknologi multiplexing. Untuk komunikasi jarak jauh dengan beberapa panjang gelombang perlu memadukan DWDM dan EDFA dimana dibutuhkan lebih dari satu penguat EDFA.[1]. Untuk itu perlu adanya studi perancangan jaringan agar menghasilkan disain jaringan transmisi serat optik yang efektif memadukan penguat EDFA pada multiplexing DWDM dan panjanggelombang pendukung terutama pada L band. Panjang fiber berisi doping Erbium yang pendek membuat kurang sensitive terhadap perubahan lingkungan sekitar, dengan kata lain penguatan menjadi stabil. [2]

Tinjauan pustaka

Serat optik dipilih untuk komunikasi jarak jauh dengan kapasitas besar karena dari karakteristiknya mempunyai attenuasi yang kecil. Corning salah satu merk serat optik mengeluarkan tipe Corning SMF-28 dengan attenuasi sekitar 0.2 dB/km pada panjang

gelombang 1550 nm dengan kapasitas yang dibawa sangat besar, yaitu mencapai 100 Gbps. Teknik multiplexing WDM Wavelength Division Multiplexing memungkinkan SONET, ATM dan kanal lainnya dapat berpropagasi dalam satu fiber optic, seperti gambar 1



Gambar 1. Teknologi WDM

Losses daya pada tranmisi merupakan pembatas fundamental terutama pada kecepatan dan jarak yang dihasilkan. Losses akan bertambah dengan adanya coupling dan splitting pada jaringan optic serta switch photonic, yang pada akhirnya membuat ukuran jaringan menjadi terbatas. Untuk mengatasi keterbatasan jarak maka digunakan penguat (amplifier) yang diletakkan antara Tx dan Rx dengan jumlah penguat yang digunakan sangat tergantung pada perangkat pendukung dari penguat.

Untuk mendisain jaringan, sangat penting melengkapi disain system dengan BER yang dibutuhkan oleh system. BER selalu berhubungan dengan factor Q untuk memperhitungkan daya minimum penerima yang dibutuhkan. OSNR optical Signal to Noise Ratio merupakan parameter yang sangat penting yang dari sinyal optikal yang diberikan. Keterkaitannya dengan faktor Q diperlihatkan dengan persamaan 1

$$Q_{dB} = OSNR + 10 \log \frac{B_o}{B_e} \quad (1)$$

dimana

Bo : bandwidth optikal dari perangkat photodetector

Be : bandwidth elektrikal pada filter penerima

Pada setiap stage amplifier akan ada komponen tambahan yang menghasilkan noise ASE amplified spontaneous emission (ASE) yang akan menurunkan OSNR. Disisi lain amplifier juga akan memperkuat noise yang sudah ada.

Dalam disain jaringan serat optic, OSNR harus dipastikan. OSNR stage akhir memenuhi kebutuhan OSNR system dan kebutuhann BER. Untuk membuat system mendukung BER tertentu, maka dibutuhkan membuat system OSNR memenuhi disain. OSNR pada N amplifier dan dengan memasukan nilai konstanta Plank 6.63×10^{-34} Js, f frekuensi optikal 193 THz atau panjang gelombang 1550 nm maka besar OSNR dalam dB adalah

$$OSNR_{dB} = 15893 + P_{in} - \Gamma_{dB} - NF_{dB} - 10 \log N - 10 \log \Delta f$$

Bandwidth Δf sekitar **0.1 nm atau 10 GHz** ; dengan demikian besarnya OSNR menjadi

$$OSNR_{dB} = P_{in} + 58.93 - \Gamma_{dB} - NF_{dB} - 10 \log N \quad (2)$$

Dimana

NFstage : noise figure dari stage

h : konstanta Plank 6.6260×10^{-34} J-s

f : frekuensi optikal THz

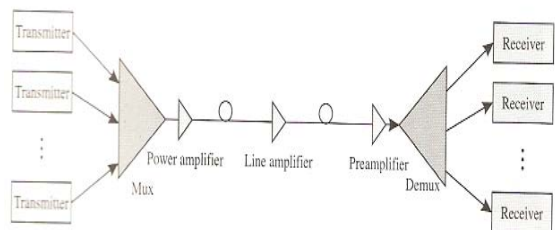
Δf : bandwidth pada saat mengukur NF, besarnya mayoritas 0,1nm atau 10 GHz

Dengan merujuk persamaan 3, maka besarnya PASE adalah sebesar

$$P_{ASE} = 58.93 - \Gamma_{dB} - NF_{dB} - 10 \log N \quad (3)$$

Jaringan transmisi serat optic

Jaringan transmisi serat optic yang menggunakan multiplexing DWDM dan adanya penguat pada jalur transmisi diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram blok dari model system DWDM

Untuk merencanakan jaringan seperti pada gambar 1 perlu diperhatikan spesifikasi dari perangkat pendukung, jarak jangkauan yang

direncanakan, loss dari span yang diperhitungkan, OSNR, BER dan SNR sistem. Perencanaan jaringan yang diinginkan adalah untuk komunikasi long haul dengan serat optik yang digunakan single mode fiber SMF sehingga pemilihan semua komponen mengikuti. Perencanaan dipilih dengan menggunakan DWDM beberapa panjang gelombang.

Dalam disain sistem komunikasi serat optik secara keseluruhan banyak parameter yang harus dipertimbangkan dalam sistem dimana efek dari parameter tersebut berbeda satu sama lain. Efek tersebut membuat dua isu, yang pertama menawarkan bit rate yang tinggi atau kanal yang banyak, dan yang kedua sistem yang bidirectional atau directional.[6]. Parameter yang dipertimbangkan

1. Tipe serat .
2. Daya transmit dan spasi antar amplifier
3. Spasi antar kanal dan jumlah panjang gelombang
4. Jaringan optikal secara keseluruhan
5. Perencanaan panjang gelombang
6. Transparansi

Metodologi penelitian

Untuk menyelesaikan penelitian ini dilakukan awalnya dilakukan studi literatur. Dilanjutkan dengan perancang jaringan dengan mempertimbangkan Q, OSNR, frekuensi dan lainnya.

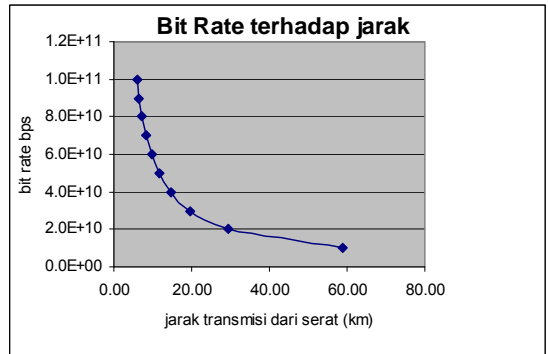
Dengan persamaan matematika yang ada, maka dimasukan kecenderungan sistem yang akan dibuat dilanjut dengan mendisain jaringan transmisi serat optik. Hasil yang didapat akan dianalisa untuk mendapatkan hasil kesimpulan dari penelitian

Hasil dan pembahasan

Panjang fiber terhadap bit rate

Bahwasanya dispersi kromatis dan besar bit rate menentukan jarak transmisi L_D , yaitu jarak transmisi dimana pelebaran pulsa melebihi waktu satu bit. Dengan dispersi kromatis 17 ps/nm.km, $\Delta\lambda$ sebesar 0.1 nm, sedang bit rate diubah dari 1 Gbps sampai dengan 10 Gbps,

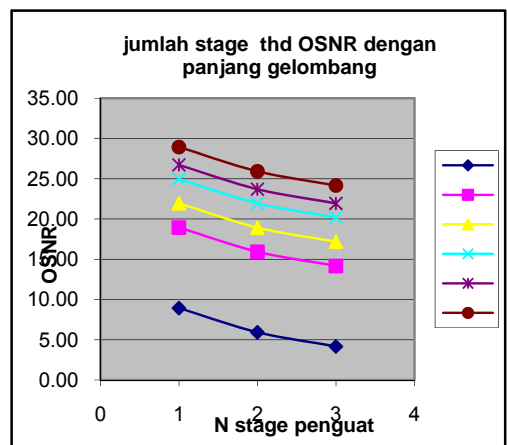
data hasil perhitungan dapat dibuat grafik kecenderungan seperti ditunjukkan pada gambar 3 terlihat makin besar bit rate yang dibawa maka jarak transmisi makin kecil. Sehingga dalam aplikasinya perlu mempertimbangkan besarnya bit rate dan jarak jangkauan agar sinyal dapat diterima pada batas ambang yang diperbolehkan.

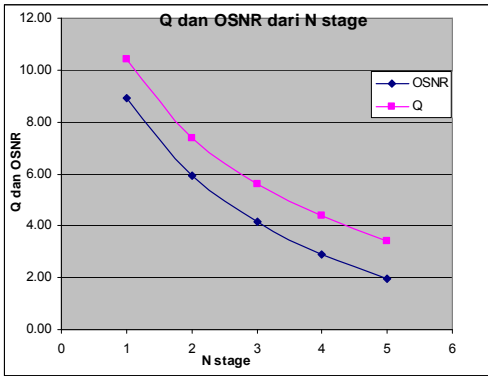


Gambar 3. Bit rate terhadap jarak

Perhitungan faktor Q dan OSNR

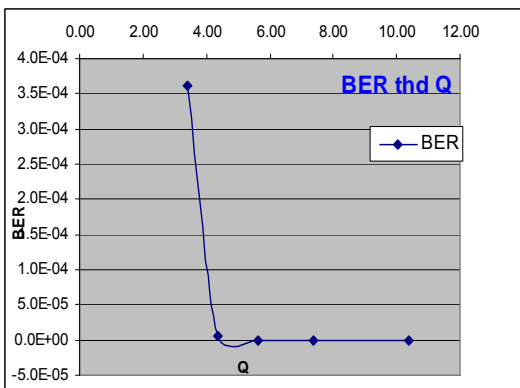
Besarnya OSNR dalam satu jaringan dengan adanya N penguat/amplifier diperlihatkan dengan persamaan 2. Masukan dipilih Δf sebesar 0.1 nm atau 10 GHz dan berubah hingga 10 nm, NF 7 dB (5 tanpa satuan), Pin -24 dB serta Γ 21 dB. Simulasi dibuat dengan menggunakan 3 stage penguat. Terlihat semakin banyak penguat yang digunakan akan membuat OSNR sistem menurun.





Gambar 4.. Jumlah stage terhadap OSNR dengan panjang gelombang

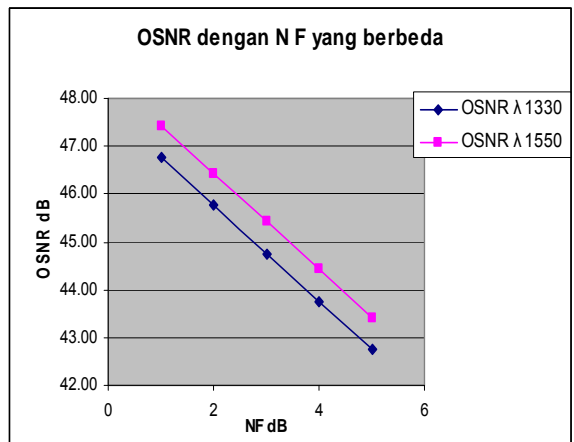
Kecenderungan jumlah N dengan besarnya Q dan OSNR berdasarkan persamaan 2 dan 3 dengan besarnya Δf tetap 0.1 ns. Hasilnya seperti pada gambar 5. Dari data dan kecenderungan terlihat bahwa OSNR dan Q yang makin kecil dengan meningkatnya jumlah penguat yang digunakan. Dari data Q yang didapat, dapat dihitung besar BER dengan menggunakan persamaan 2.16. Hasil perhitungannya dan karakteristik kecenderungannya terlihat pada gambar 5 bahwa makin besar Q menghasilkan BER yang kecil, yang dimaksud dengan BER 10^{-25} adalah 1 bit yang salah dari 10^{25} bit yang ditransmit. Tentunya yang diinginkan dalam sistem mempunyai BER yang kecil, karena kesalahan dari bit yang dikirim makin kecil juga.



Gambar 5. BER terhadap Q

Bahwa NF merupakan perbandingan S/N input terhadap S/N output, yang paling bagus secara teori adalah 1dB, atau S/N input lebih sebesar 1.26 kali S/N output. Tetapi seringkali

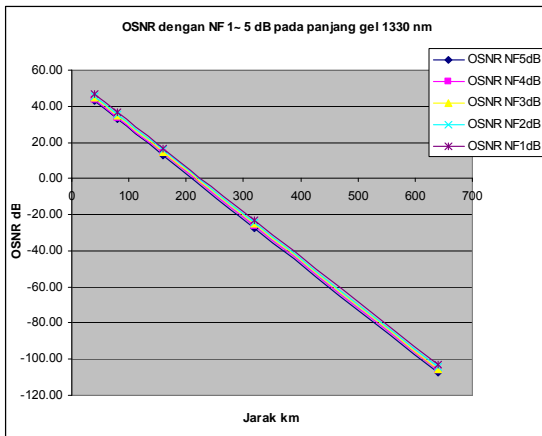
NF dari perangkat $\gg 1$ dB yang artinya $S/N_{output} < S/N_{input}$. NF dapat mencapai > 5 dB atau sangat tergantung pada spesifikasi perangkat dari pabrik pembuat. Untuk melihat pengaruh NF terhadap OSNR pada persamaan 3, dibuat NF bervariasi dari 1 ~ 5 dB, dengan jarak dibuat tetap yaitu pada 40 km serta data pendukung lainnya dibuat sama seperti data sebelumnya ingin dilihat pengaruhnya. Hasil perhitungan ditunjukkan karakteristik seperti pada gambar 6. Perbedaan OSNR antar panjang gelombang pada setiap jumlah penguat adalah sekitar 0.66 dB, atau dengan kata lain OSNR pada panjang gelombang 1550nm adalah 1.16 kali dari OSNR panjang gelombang 1330 nm.



Gambar 6. OSNR dengan NF yang berbeda

Bila jarak lintasan serat dibuat variasi, besar NF juga dibuat variasi maka besar OSNR akan berubah juga seperti diperlihatkan pada bagian berikut ini. Penurunan atau peningkatan NF sebesar 1 dB pada jarak yang sama membuat OSNR berubah sebesar 1 dB. Karakteristik diperlihatkan pada gambar 7.

Sedang dengan NF yang sama setiap penduakalian jarak maka OSNR akan turun dengan besar penurunannya mempunyai skala yang sama. Dapat diperkirakan dengan NF 5 dB pada jarak 640x2 km maka OSNR akan menjadi $(-107.25-160) = -267.25$ dB, sedang pada jarak 20 km OSNR akan naik 5 dB (dari 10dB/2) atau menjadi 47.75 dB.



Gambar 7. OSNR dengan NF 1~5 dB pada λ 1330 nm

Kesimpulan

1. Pada jaringan transmisi single mode step indek, OSNR dari sistem akan turun dengan meningkatnya bandwidth dari informasi yang akan dibawa serta jumlah stage penguat yang digunakan. Turunnya OSNR pada akhirnya akan menurunkan Q dari sistem dan membuat BER meningkat. Meningkatnya BER menunjukkan peningkatan error.
2. Noise figure NF dari perangkat berkaitan dengan OSNR dan jarak. Bila perangkat mempunyai NF yang besar OSNR juga besar. Bila jarak receiver makin jauh maka OSNR makin mengecil dengan berubahnya jarak. Perbedaan OSNR pada λ 1550 nm dan λ 1310 nm dengan N yang berubah 0.66 dB atau OSNR pada λ 1550nm lebih besar 1.16 kali λ 1310nm. Pendua kalian jarak penguat membuat OSNR berubah dengan pola penurunan dua kali dari perubahan OSNR sebelumnya.
3. Dispersi kromatis dari serat optik yang dipilih berhubungan dengan jarak antar penguat EDFA yang akan digunakan serta daya yang diluncurkan. Makin besar dispersi kromatis, maka jarak spasi dari EDFA makin pendek, dan daya yang akan diluncurkan juga akan meningkat dengan makin besar dispersi kromatis. Makin pendek jarak spasi EDFA maka makin banyak penguat yang digunakan dalam satu lintasan. Disisi lain makin kecil gain EDFA yang dipilih maka

daya yang diluncurkan kedalam serat akan makin kecil, sehingga jumlah penguat yang digunakan akan makin banyak untuk mencapai jarak lintasan tertentu.

4. Modulasi berkaitan dengan bandwith dan bitrate dimana modulasi RZ memiliki bitrate sistem lebih besar dari NRZ karena bitratanya sama dengan bandwidth. Besarnya bitrate tidak diperhitungkan dalam OSNR, tetapi besar bandwidth menjadi pembatas besarnya OSNR dimana makin besar bandwidth maka OSNR makin kecil.

Daftar Pustaka

- [1] Alpina Kulkarni [Optical Communications (EE566)], Dr. Paolo Liu [Electrical Engineering @ UB] Fiber Systems *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)*, down load 1 Februari 2008
- [2] Dr. D. Knipp; *Photonic and Optical Communication; International University Bremen*; Spring 2007 internet dengan alamat <http://www.faculty.iu-bremen.de/dk/dknipp>
- [3] Kolimbris Harold; *Fiber Optic Communications*; 2004; Pearson education Inc, New Jersey
- [4] V. Kartalopoulos, Ph.D; *The Flexibility of DWDM in Handling Continually increasing Bandwidth Demand for Future Optical-Fiber Communication Network*; Volume 16, number 2. April 2002, ISSN 1060-3301, LEOS, publication of the IEEE Laser and Electro-optical Society, www i-LEOS.org
- [5] Gumatase Aashwin, Antony Tony; *DWDM Network Designs and Engineering Solutions*; 2002, Ciscopress.com
- [6] Agrawal P Govind, *Fiber optic communication System*, 2002, Edisi 3, John Wiley & Son, www.Wiley .com
- [7] Bass Michael, Van Stryland Eric; *Fiber optics Handbook : fiber, devices and system for optical communication*, 2002, The Mc Graw-Hill Companies, Inc

- [8] Ramaswami Rajiv, Sivarajan Kumar N.; *Optical Networks, a practical perspective*; 1998, Academic Press, USA
- [9] Ming Max, Liu Kang; *Principles and Application of Optical Communication*; 1996, McGraw Hill, USA
- [10] Zanger Henry & Cynthia; *Fiber Optics Communication and other application*, 1991; Macmillian Publishing Company; Singapore
- [11] Wikipedia "SONET, SDH dan Ethernet"
- [12] Sonet DWDM; Fujitsu network communication inc, di download April 2009
- [13] Senior John M ; *Optical Fiber Communication, Principles and practice* , 1992, Prentice Hall Int.

Perancangan Antena Mikrostrip Dual Band untuk Aplikasi Wi-LAN & LTE

Herudin

Jurusan Elektro Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
h3ru3r11@yahoo.co.id

Abstrak — Antena mikrostrip memiliki beberapa keuntungan, di antaranya bentuk kompak, dimensi kecil, mudah untuk difabrikasi, mudah dikoneksikan dan diintegrasikan dengan divais elektronik lain. Salah satu aplikasi antena mikrostrip adalah untuk komunikasi data. Pada penelitian ini dirancang suatu antena mikrostrip yang bekerja pada dua frekuensi (dual band) untuk aplikasi Wi-LAN dan LTE. Untuk aplikasi Wi-LAN bekerja pada frekuensi 2,4 GHz, sedangkan untuk aplikasi LTE bekerja pada frekuensi 2,6 GHz. Perancangan antena ini menggunakan software AWR Microwave Office 2009. Hasil simulasi diperoleh nilai return loss antena sebesar $-18,47$ dB pada frekuensi 2,4 GHz dan $-20,11$ dB pada frekuensi 2,6 GHz. Sedangkan untuk nilai VSWR nya sebesar 1,272 untuk frekuensi 2,4 GHz dan 1,219 untuk frekuensi 2,6 GHz.

Kata kunci — Antena Mikrostrip, Return loss, VSWR, Wi-Fi, LTE

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Antena adalah suatu bagian yang tidak terpisahkan dari sistem telekomunikasi nirkabel saat ini. Kebutuhan akan antena semakin lama semakin berkembang sehingga menyebabkan teknologi perancangan antena juga harus semakin meningkat. Antena yang dibutuhkan juga semakin lama semakin kompak dan harus memiliki performa yang tinggi. Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang dapat memenuhi kebutuhan ini.

Antena mikrostrip mempunyai berbagai macam bentuk antara lain segiempat, segitiga dan lingkaran. Antena mikrostrip dapat bekerja lebih dari satu frekuensi, salah satunya adalah antena *dual band* atau antena yang memiliki dua buah frekuensi kerja. Keuntungan dari antena *dual band* adalah interferensi dari frekuensi lain dapat dikurangi dan lebih ekonomis karena dengan satu buah antena dapat bekerja pada dua frekuensi kerja yang berbeda.

Kebutuhan manusia untuk dapat melakukan komunikasi dimana saja menyebabkan teknologi komunikasi *mobile wireless* berkembang semakin pesat. Perkembangannya menuntut akan komunikasi yang tidak hanya terbatas pada komunikasi suara saja, akan tetapi dapat

dilakukannya komunikasi berupa data *multimedia*.

W-LAN (*Wireless Lokal Area Network*) dan LTE (*Long Term Evolution*) adalah teknologi *wireless broadband* yang mampu dan cocok untuk melakukan komunikasi data karena mempunyai *bandwidth* yang lebar dan *bit rate* yang besar.

1.2 Manfaat Penelitian

Dengan penelitian ini diharapkan dapat menemukan suatu bentuk antena mikrostrip *dual band* yang tepat dan efisien untuk aplikasi W-LAN dan LTE.

1.4 Teori Singkat

1.4.1. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip memiliki bentuk dan ukuran yang ringkas sehingga dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi yang membutuhkan spesifikasi antena yang berdimensi kecil sehingga dapat mudah dibawa dan dapat diintegrasikan dengan rangkaian elektronik lainnya (seperti IC, rangkaian aktif, dan rangkaian pasif). Antena ini dapat diaplikasikan pada berbagai kegunaan seperti

komunikasi satelit, komunikasi radar, militer, dan aplikasi bergerak (*mobile*) [1].

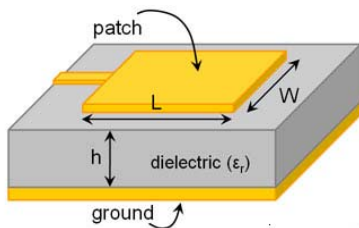
Antena mikrostrip ini sendiri memiliki beberapa keuntungan dibanding dengan antena lainnya, yaitu :

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 devais elektronik lain.

Akan tetapi selain beberapa keuntungan yang dimiliki, antena mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu:

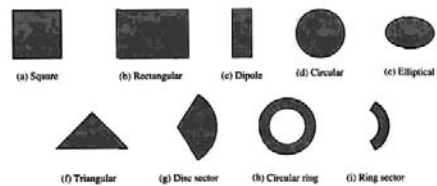
1. Mempunyai efisiensi yang rendah
2. Memiliki *bandwidth* yang sempit

Antena mikrostrip mempunyai 4 bagian dasar, yaitu elemen peradiasi (*patch*), substrat *dielectric*, saluran transmisi, dan bidang pentanahan (*ground plane*). Adapun bagian-bagian dasar dari antena mikrostrip dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagian-bagian Antena Mikrostrip

Elemen peradiasi berfungsi untuk meradiasikan gelombang listrik dan magnet. Elemen ini biasa disebut sebagai radiator *patch* dan terbentuk lapisan logam yang memiliki ketebalan tertentu. Jenis logam yang biasa digunakan adalah tembaga (*copper*) dengan konduktivitas $5,8 \times 10^7$ S/m. Ada berbagai macam bentuk elemen peradiasi yang diantaranya adalah bentuk persegi, persegi panjang, garis tipis (*dipole*), lingkaran, elips, segitiga. Gambar berbagai bentuk antena mikrostrip dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini :



Gambar 2. Berbagai Bentuk Antena Mikrostrip

1.4.2. Parameter Antena

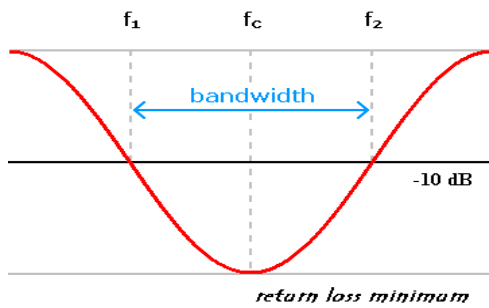
Performansi dari suatu antena dapat dilihat dari parameter antena itu sendiri. Ada banyak parameter dari antena. Berikut ini akan dijelaskan beberapa parameter tersebut.

1.4.2.1. Frekuensi Resonansi

Frekuensi resonansi merupakan frekuensi kerja dari suatu antena. Rentang frekuensi kerja dari suatu antena dapat dilihat dari grafik VSWR dan grafik *return loss*. Rentang frekuensi dari suatu antena dapat diketahui dari grafik VSWR-nya, yaitu ketika nilai VSWR-nya lebih kecil atau sama dengan 2. Sedangkan apabila menggunakan grafik *return loss* rentang frekuensi kerja dari suatu antena dapat dilihat ketika nilai *return loss*-nya bernilai lebih kecil atau sama dengan -9,54 dB.

1.4.2.2. Bandwidth

Bandwidth atau lebar pita frekuensi (Gambar 3) suatu antena didefinisikan sebagai besar rentang frekuensi kerja dari suatu antena, di mana kinerja antena yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, pola, *beamwidth*, polarisasi, *gain*, efisiensi, VSWR, *return loss*,) memenuhi spesifikasi standar [5]. Nilai *bandwidth* dapat diketahui apabila nilai frekuensi bawah dan frekuensi atas dari suatu antena sudah diketahui. Frekuensi bawah adalah nilai frekuensi awal dari frekuensi kerja antena, sedangkan frekuensi atas merupakan nilai frekuensi akhir dari frekuensi kerja antena.



Gambar 3. Rentang Frekuensi yang Menjadi Bandwidth

Bandwidth dapat dicari dengan menggunakan Persamaan berikut ini :

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (1)$$

$$f_c = \frac{f_2 + f_1}{2} \quad (2)$$

dengan :

BW = bandwidth (%)

f_2 = frekuensi tertinggi (GHz)

f_1 = frekuensi terendah (GHz)

f_c = frekuensi tengah (GHz)

Bandwidth (BW) antenna biasanya ditulis dalam bentuk persentase bandwidth karena bersifat relatif lebih konstan terhadap frekuensi.

Salah satu jenis bandwidth adalah Impedance bandwidth, yaitu rentang frekuensi di mana patch antenna berada pada keadaan matching dengan saluran pencatu. Hal ini terjadi karena impedansi dari elemen antenna bervariasi nilainya tergantung dari nilai frekuensi. Nilai matching ini dapat dilihat dari return loss dan VSWR. Nilai return loss dan VSWR yang masih dianggap baik adalah kurang dari -9,54 dB dan 2, secara berurutan.

1.4.2.3. VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (standing wave) maksimum ($|V|_{\max}$) dengan minimum ($|V|_{\min}$) [7]. Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang direfleksikan (V_0^-). Perbandingan antara

tegangan yang direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ) [4]:

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} \quad (3)$$

Koefisien refleksi tegangan (Γ) memiliki nilai kompleks, yang merepresentasikan besarnya magnitudo dan fasa dari refleksi.

Persamaan untuk mencari nilai VSWR adalah [6]:

$$S = \frac{|V|_{\max}}{|V|_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (4)$$

Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 ($S=1$) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan matching sempurna. Namun kondisi ini pada praktiknya sulit untuk didapatkan. Oleh karena itu nilai standar VSWR yang diijinkan untuk pabrikasi antenna adalah $VSWR \leq 2$.

1.4.2.4. Return Loss

Return loss merupakan koefisien refleksi dalam bentuk logaritmik yang menunjukkan daya yang hilang karena antenna dan saluran transmisi tidak matching. Return loss dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antenna). Sehingga tidak semua daya diradiasikan melainkan ada yang dipantulkan balik.

Nilai VSWR yang baik pada suatu antenna adalah lebih kecil atau sama dengan 2, sehingga nilai return loss yang baik adalah sebesar lebih kecil atau sama dengan -9,54 dB. Maka dari itulah frekuensi kerja dari antenna yang baik adalah ketika return loss-nya bernilai $\leq -9,54$ dB.

1.4.2.5. Impedansi Masukan

Impedansi masukan dari suatu antenna dapat dilihat sebagai impedansi dari antenna tersebut pada terminalnya. Impedansi masukan, Z_{in} terdiri dari bagian real (R_{in}) dan imajiner (X_{in}).

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in} \Omega \quad (5)$$

Dari Persamaan 5 di atas, komponen yang diharapkan adalah impedansi real (R_{in}) yang menggambarkan banyaknya daya yang hilang melalui panas ataupun radiasi. Komponen imajiner (X_{in}) mewakili reaktansi dari antena dan daya yang tersimpan pada medan dekat antena. Kondisi *matching* harus dibuat sedemikian rupa sehingga mendekati $50 + j0 \Omega$.

1.4.3. Antena Mikrostrip Patch Segiempat

Salah satu bentuk *patch* antena mikrostrip adalah Segiempat. Sejauh ini, *patch* berbentuk Segiempat adalah bentuk yang paling mudah untuk dianalisis. Berikut adalah perhitungan yang digunakan untuk merancang antena mikrostrip berbentuk segiempat :

Frekuensi resonansi dirumuskan dengan:

$$f_{mn} = \frac{c}{2\sqrt{\epsilon_e}} \left[\left(\frac{m}{L_{eff}} \right)^2 + \left(\frac{n}{W} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Efek medan tepi pada elemen peradiasi:

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_e + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_e - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (7)$$

Panjang elemen peradiasi efektif:

$$L_{eff} = L + 2\Delta L \quad (8a)$$

Atau

$$L_{eff} = \frac{c}{2 f_{10} \sqrt{\epsilon_e}} \quad (8b)$$

Lebar elemen Peradiasi:

$$W = \frac{c}{2 f_o \sqrt{(\epsilon_r + 1)}} \quad (9)$$

Dengan :

- ϵ_r = konstanta dielektrik,
- c = kecepatan cahaya
- f_r = rekuensi operasi dalam Hz.
- ϵ_e = konstanta dielektrik efektif

ΔL = perubahan panjang yang disebabkan oleh adanya *fringing effect*.

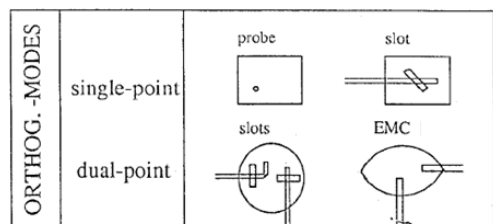
1.4.4. Antena Mikrostrip Multifrekuensi

Untuk mendapatkan antena mikrostrip yang bekerja lebih dari satu frekuensi dapat dilakukan dengan berbagai macam cara. Mulai dari menyusun lebih dari satu *patch* antena yang bekerja pada frekuensi berbeda sampai dengan cara menyusun secara bertingkat antena yang mempunyai frekuensi resonansi yang berbeda-beda. Secara umum ada tiga cara untuk menghasilkan antena multi frekuensi. Cara-cara tersebut adalah [4] :

1. *Orthogonal-mode multi-frequency antenna*
2. *Multi-patch multi-frequency antenna*
3. *Reactively-loaded multi-frequency antenna*

1.4.4.1 Orthogonal-mode Multi-frequency Antenna

Pada teknik ini akan dihasilkan dua buah frekuensi yang mempunyai polarisasi *orthogonal*. Salah satu cara untuk menghasilkan lebih dari satu frekuensi resonansi menggunakan teknik ini adalah dengan menempatkan pencatu pada satu buah *patch* sedemikian sehingga pada posisi tersebut mematchingkan dua buah frekuensi. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan teknik pencatuan *probe* dan dengan cara pencatuan *line* akan tetapi diberikan *slot* yang arahnya condong kearah pencatu. Cara lain untuk menghasilkan lebih dari satu frekuensi resonansi menggunakan teknik ini adalah dengan menggunakan pencatuan ganda [4]. Gambar teknik *Orthogonal-mode* dapat dilihat pada Gambar 4. berikut ini.

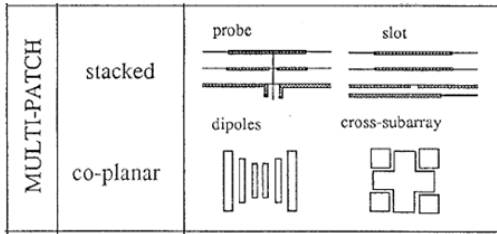


Gambar 4. Teknik *Orthogonal Mode*

1.4.4.2 Multi-patch Multi-frequency Antenna

Pada teknik ini untuk menghasilkan lebih dari satu buah frekuensi dilakukan

menggunakan lebih dari satu buah *patch*. Cara yang dilakukan dapat dengan menyusun secara menumpuk setiap *patch* yang menghasilkan frekuensi resonansi yang berbeda-beda. Cara ini dinamakan cara *multi-stacked multi-patch antenna*. Cara lainnya adalah dengan cara menyusun *patch* antenna pada satu lapisan *substrat*. Masing-masing *substrat* tersebut dipisahkan dengan slot [4]. Gambar teknik *multi-patch* dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.

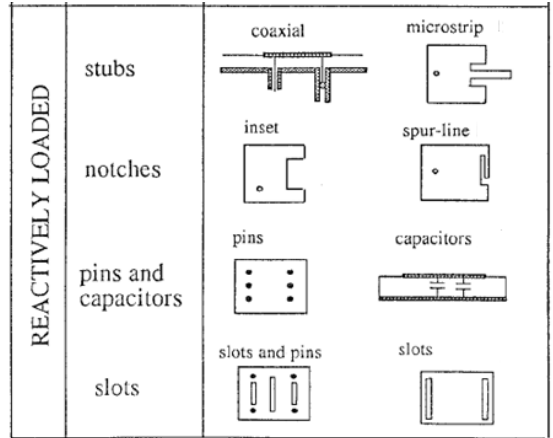


Gambar 5. Teknik *Multi-Patch*

1.4.4.3 Reactively-loaded Multi-frequency Antenna

Cara *reactively-loaded* ini adalah cara untuk menghasilkan multi frekuensi dengan menambahkan beban pada antenna. Beban yang dimaksud disini bisa berupa *stub*, *slot*, *slit*, *pin*, *slot* dan *pin*, ataupun kapasitor.

Teknik ini adalah teknik yang paling populer digunakan untuk menghasilkan antenna yang dapat bekerja lebih dari satu frekuensi. Beban reaktif tersebut ditambahkan secara khusus pada tepi peradiasi (*radiating edge*) untuk menghasilkan panjang resonansi yang lebih jauh, dimana panjang resonansi ini berkaitan dengan pembangkitan frekuensi yang lainnya [4]. Gambar teknik *reactively-loaded* dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Teknik *Reactively-Loaded*

2. PERANCANGAN ANTENA

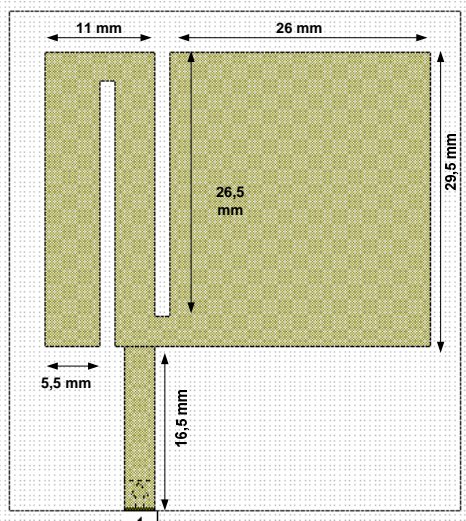
Pada penelitian ini akan dirancang sebuah antenna mikrostrip dual band yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz untuk aplikasi W-LAN dan 2,6 GHz untuk aplikasi LTE.

Ada beberapa tahapan dalam perancangan antenna ini, di antaranya adalah penentuan frekuensi kerja antenna, penentuan spesifikasi *substrat* yang akan digunakan, penentuan dimensi *patch* antenna, dan penentuan posisi pencatu. Hasil rancangan tersebut kemudian disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak *AWR Microwave Office 2009*.

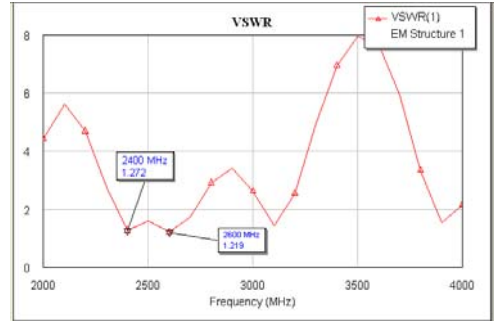
3. HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Penentuan Dimensi Patch Antena

Setelah dilakukan perhitungan, simulasi dan iterasi posisi serta ukuran slit pada antenna, maka diperoleh dimensi *patch* antenna mikrostrip *dual band* seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 7. Hasil Rancangan Dimensi Antena Mikrostrip Dual Band



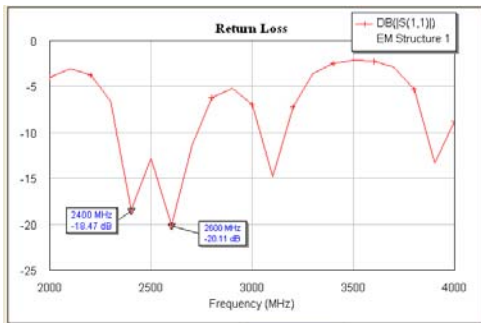
Gambar 9. Hasil Simulasi VSWR

3.2. Hasil Simulasi Return Loss dan VSWR

Untuk mengetahui nilai *return loss* dan VSWR dari antena yang telah dirancang, maka dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak *AWR Microwave Office 2009*, adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9 di bawah ini.

Berdasarkan hasil simulasi diatas diperoleh bahwa nilai *return loss* dari antena pada frekuensi 2,4 GHz sebesar -18,47 dB sedangkan pada frekuensi 2,6 GHz sebesar -20,11 dB. Adapun untuk nilai VSWR nya diperoleh nilai 1,272 untuk frekuensi 2,4 GHz dan 1,219 pada frekuensi 2,6 GHz.

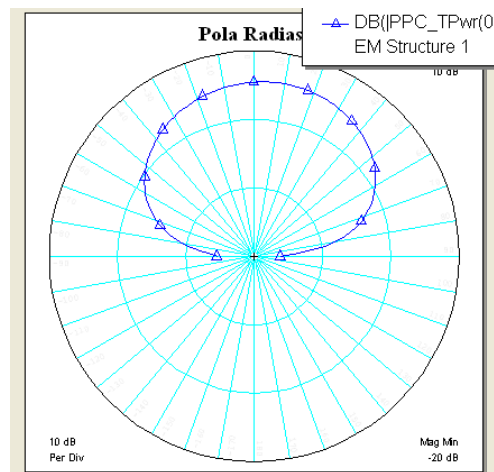
Nilai *return loss* dan VSWR yang didapat telah memenuhi syarat-syarat agar antena dapat bekerja dengan baik, dan dengan hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa antena sudah dalam keadaan *matching*.



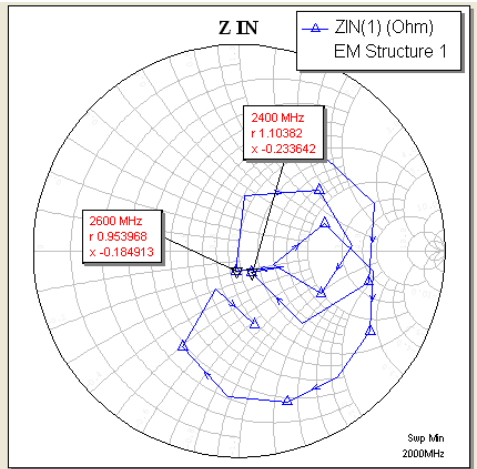
Gambar 8. Hasil Simulasi Return Loss

3.3. Hasil Simulasi Pola Radiasi dan Impedansi Masukan

Hasil simulasi pola radiasi dan impedansi masukan dari antena yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11 dibawah ini.



Gambar 10. Hasil Simulasi Pola Radiasi



Gambar 11. Hasil Simulasi Impedansi Masukan

Berdasarkan hasil simulasi pola radiasi yang dilakukan, diperoleh bahwa antenna yang dirancang memiliki pola radiasi *omni directional* dan tidak terlihat adanya *side lobe*. Sedangkan nilai impedansi masukan mendekati 50 Ohm yang menunjukkan bahwa antenna sudah dalam keadaan *matching*.

4 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa telah berhasil dirancang antenna mikrostrip *dual band* yang bekerja pada frekuensi 2,4 Ghz untuk aplikasi W-LAN dan 2,6 GHz untuk aplikasi LTE.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai *return loss* antenna sebesar -18,47 dB pada frekuensi 2,4 GHz dan -20,11 dB pada frekuensi 2,6 GHz. Sedangkan untuk nilai VSWR nya sebesar 1,272 untuk frekuensi 2,4 GHz dan 1,219 untuk frekuensi 2,6 GHz..

Hasil simulasi juga menunjukkan pola radiasi antenna bersifat *omni directional* dan antenna mendekati *matching* terlihat dari impedansi masukan yang mendekati 50 Ohm.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Bahl, Inder, Apisak I., P. Bhartia dan R. Garg, “ *Microstrip Antenna Design Handbook*”, Artech House. Inc, Norwood,MA, 2001.

[2] Balanis, C.A. “*Antenna Theory Analysis and Design*”.2005. John Wiley & Sons, Inc., Singapore.

[3] L. Ooi, X. D. Xu, dan Irene Ang, “*Triple-band Slot Antenna with Spiral EBG Feed*”, IEEE International Workshop on Antenna Technology, 2005.

[4] Hilman Halim, “*Designing Triple-Band Microstrip Antenna That Operate At WiMAX Frequencies*”, Mei 2007.

[5] Huie, Keith C., *Microstrip Antennas : Broadband Radiation Patterns Using Photonic Crystal Substrates*, (Blacksburg, VA, 2002).

[6] M.A.S. Alkanhal, *Composite Compact Triple-Band Microstrip Antennas*, Progress in Electromagnetics Research, PIER 2009.

ISBN 978-602-98211-0-9



9786029821109

Electrical Engineering Department, University of Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jend. Sudirman KM.3 Cilegon, Banten, 42435
Phone : 0254-395502, 376712 Fax; 0254-395440
<http://snte.untirta.ac.id> - <http://elektro.ft-untirta.ac.id>