

JURNAL Elektronika dan Telekomunikasi

ISSN 1411-8289

VOLUME 10, NOMOR 3

Oktober - Desember 2010

Akreditasi LIPI No : 276 / AU1 / P2MBI / 05 / 2010



LIPI

PUSAT PENELITIAN ELEKTRONIKA DAN TELEKOMUNIKASI
LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA

J. El. Kom	Vol. 10	No. 3	Hal. 272 - 400	Bandung Oktober - Desember 2010	ISSN 1411-8289
------------	---------	-------	----------------	------------------------------------	-------------------

JURNAL Elektronika dan Telekomunikasi

SUSUNAN REDAKSI

Penanggung Jawab : Kepala Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI

Dewan Redaksi : Prof. Dr. Masbah RT. Siregar
Prof. Dr. Totok MS. Soegandi
Prof. Dr. Ir. Adang Suwandi Ahmad
Prof. Ir. Ika Hartika Ismet, MA
Dr. AB. Suksmono
Dr. Ir. Adit Kurniawan, MEng
Dr. Goib Wiranto
Dr. Mashury Wahab, MEng
Dr. Purwoko Adhi, DEA

**Redaksi Pelaksana
Ketua** : Ir. Yuyu Wahyu, MT

Anggota : Ir. Pamungkas Daud, MT
Lilis Retnaningsih, S.Si
Yadi Radiansyah, ST

Sirkulasi : Poppy Sumarni

Alamat Redaksi : Sub. Bid. Jasa dan Informasi
PPET LIPI
Jl. Sangkuriang Bandung 40135
Telp. (022) 2504660/1 ; Fax. (022) 2504659
E-mail : Info@ppet.lipi.go.id

Akreditasi LIPI No : 276 / AU1 / P2MBI / 05 / 2010

DAFTAR ISI

Kata Pengantar

1. Analisa Kecepatan Dan Arah Target Menggunakan Efek Doppler
Pada Sumber Gelombang Radar Bergerak 272 - 276
(Teguh Praludi, Yusuf N. Wijayanto, Arief Suryadi S dan Iqbal Syamsu)
2. Audio Output pada Audio Demodulator Analog Satellite Receiver 277 - 281
(Fredrika H. Kana dan Djaelani)
3. Crossover Mikrostrip Pita Lebar Dengan Menggunakan Saluran Transmisi Non Linier 282 - 287
(Y.K. Ningsih, F.Y. Zulkifli, E.T. Rahardjo, M. Asvial dan A.A. Lestari)
4. Desain Low Noise Amplifier (LNA) Dua Tingkat (2-stage LNA)
Untuk Sistem Radar FM-CW 288 - 292
(Hana Arisesa, Pamungkas Daud, Sri Hardiati, Arief Nur Rahman dan Mashury Wahab)
5. Hipotesa Electromagnetic Interference (EMI) Dalam Unjuk Kerja
Sistem Radar Maritim FM-CW (Frequency Modulated Continuous Wave) 293 - 299
(Sri Hardiati, Eko Joni P dan Hana Arisesa)
6. Implementasi Teknologi Global Position System Dalam Deteksi Posisi
Senjata Berbasis Short Message Service 300 - 305
(Sari Ayu Wulandari, ST dan Sari Wijayanti, M. Kom)
7. Karakterisasi ZnO Untuk Pembuatan Microcantilever Pada AFM 306 - 310
(Slamet Widodo, I Dewa Putu Hermida dan Goib Wiranto)
8. Pembuatan Magnet Permanen Bonded Hybrid Motor Stepper 311 - 315
(Nanang S., Ade Ramdan, Novrita I., Tony K. dan Widhya B.)
9. Pembuatan Membran Polimer Konduktif Sebagai Elemen Sensitif
Sensor Fosfat Menggunakan Teknik Elektro Polimerisasi 316 - 320
(Robeth V. Manurung, Totok M.S. Soegandi dan Hiskia)
10. Pemetaan Objek Radar Pada Perangkat Lunak Radar Pengawas Pantai Indonesia 321 - 325
(Nova Hadi Lestriandoko dan Djohar Syamsi)
11. Pengaruh Kelembaban dan Temperatur pada Lapisan Tipis SnO₂ Sebagai Sensor Gas CO 326 - 330
(Lilis Retnaningsih dan I Dewa Putu Hermida)
12. Perancangan Dan Implementasi Blade Antenna Untuk Telemetry
Dan Penerimaan GPS Pada Sistem Payload Roket LAPAN RX-420 331 - 336
(Dr. Ir. Joko Suryana dan Ir. Herma Yudhi Irwanto, MEng)

13. Perancangan Dan Optimasi Antena UWB Dispersi Minimum Dengan Algoritma Genetika Dan Metoda Momen (<i>Dr.Ir.Joko Suryana</i>)	337-343
14. Perancangan Dan Pembuatan Penguat Daya RF Pada Band UHF (478 MHZ 806 MHZ) (<i>Yana Taryana, Suhana Hermana dan Lia Muliani</i>)	344-350
15. Perancangan Wilkinson 4-Way Power Divider Dengan Beda Fasa 900 Pada Frekuensi 2300 MHZ 2400 MHZ..... (<i>Yudi Yuliyus Maulana, Yuyu Wahyu dan Epi Rahmawati</i>)	351-357
16. Radio Frequency Hopping sebagai Secure Military Communications (<i>Elan Djaelani dan Rustamaji</i>)	358-362
17. Rancang Bangun Cantilever Dan Nanotip Untuk Aplikasi Atomic Forces Microscopy (AFM) (<i>IDewa Putu Hermida, Goib Wiranto dan Slamet Widodo</i>)	363-368
18. Simulasi Pengaruh Interaksi Layer TCP, Layer Network, Dan Layer MAC Untuk Meningkatkan Throughput Fairness Pada Jaringan Ad-Hoc Berbasis IEEE802.11 (<i>Tutun Juhana</i>)	369-374
19. Sistem Pemantau Posisi Pesawat Udara Nirawak Menggunakan Radar Sekunder (<i>Wahyu Widada</i>)	375-378
20. Sistem Sensor Merkuri Untuk Pendeteksian Kualitas Air Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) (<i>Grace Mambu, Goib Wiranto, dan Iqbal Syamsu</i>)	379-383
21. Video Streaming H.263 Melalui Jaringan LAN (<i>Arief Suryadi S, Iqbal Syamsu dan Ari Hendra H</i>)	384-390
22. Phase Unwrapping Citra Insar Dengan Pendekatan Geometric Active Contour (GAC) Level Set (<i>Roy Pramono Adhie, Andriyan Bayu Suksmono, Tati.R.Mengko dan Oerip.S.Santoso</i>)	391-396
23. INDEKS ELEKTRONIKA DAN TELEKOMUNIKASI Volume 10 No. 1 Januari-Mei 2010 No. 2 Juni-September 2010 No. 3 Oktober-Desember 2010	
A. INDEKS PENGARANG	397-398
B. INDEKS JUDUL MAKALAH.....	398-400

KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Salam Sejahtera untuk Kita Semua

Para Pembaca Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi yang setia,

Jurnal ET selalu berusaha menyajikan perkembangan yang *up-to-date* dari Ilmu Pengetahuan dan Teknologi di bidang komponen mikroelektronika, riset strategis, elektronika dan telekomunikasi sesuai dengan kompetensi para peneliti di PPET-LIPI selaku penerbit. Saat ini, perhatian dan dukungan pemerintah sangat tinggi untuk kemandirian dibidang Industri Strategis dan Telekomunikasi seperti alat utama sistem senjata dan pendukungnya serta perangkat komunikasi selular dan jaringannya. Dukungan ini dinyatakan melalui ketentuan tingkat kandungan dalam negeri (TKDN) yang harus dipenuhi oleh produk-produk dipasaran serta mekanisme pengadaan barang di-Instansi pemerintah. Sehubungan dengan hal diatas, maka kami sajikan dalam terbitan Jurnal ET kali ini hasil-hasil penelitian dan pengembangan yang terkait dibidang Radar, Elektronika dan Telekomunikasi seiring dengan semangat kemandirian dan penguasaan IPTEK.

Disamping para penulis dari PPET-LIPI, Jurnal ini juga memuat tulisan hasil penelitian dari para peneliti dilingkungan Universitas dan lembaga penelitian & pengembangan lainnya yang turut berkolaborasi melalui kegiatan litbang dengan topik-topik yang sama dan juga melalui kerjasama ilmiah seperti seminar, workshop dan lain lain.

Kami menerima saran dan kritik dari para pembaca untuk perbaikan Jurnal ini agar lebih berkualitas. Dengan dukungan para penulis dan redaksi, diharapkan kualitas dari Jurnal ET akan semakin meningkat dan dapat menjadi Referensi untuk perkembangan dunia IPTEK di Indonesia.

Mudah-mudahan apa yang kami sajikan dapat menambah wawasan, memperkuat kompetensi dibidang Iptek, meningkatkan komunikasi ilmiah sesama peneliti dan mendukung program kemandirian dari Pemerintah.

Redaksi

Analisa Kecepatan Dan Arah Target Menggunakan Efek Doppler Pada Sumber Gelombang Radar Bergerak

Teguh Praludi, Yusuf N. Wijayanto, Arief Suryadi S, Iqbal Syamsu

Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI

Jl. Cisit 21/ 154D Bandung 40135 Telp. 022 250 4660, 250 4661 Fax. 022 250 4659

Email : praludi@ppet.lipi.go.id, yusuf@ppet.lipi.go.id, Arief@ppet.lipi.go.id, iqbal@ppet.lipi.go.id

Abstract

Determining the speed of a moving target using the Doppler effect on a speed radar wave source have been analyzed, simulated and presented in this paper. Doppler effect has a number of conditions depending on the speed and direction of the radar wave source and target. Speed and direction of the target can be determined using the Doppler effect with the source wave as its parameter. Signal transmitter and receiver are required for the radar system. The radar signal source with velocity, v and frequency, f_s is emitted toward an object moving with velocity, v_o . The waves will be reflected back to the radar after hitting on the object. Receiver will detect the frequency of reflected signal, f_p . Therefore the object velocity and direction can be predicted by using the Doppler effect. The Doppler effect in this condition can be applied for defense technology and traffic management on land, sea and air.

Keywords : Radar, velocity, direction, Doppler effect

Abstrak

Menentukan kecepatan target bergerak menggunakan efek Doppler pada sumber gelombang bergerak telah dianalisa, disimulasikan dan dipaparkan pada makalah ini. Efek Doppler mempunyai beberapa kondisi tergantung pada kecepatan dan arah sumber gelombang dan target. Kecepatan dan arah dari target dapat ditentukan menggunakan efek Doppler dengan sumber gelombang sebagai parameternya. Sistem pemancar dan penerimaan gelombang diperlukan pada teknologi radar. Sumber gelombang radar dengan kecepatan (v) dan frekuensi (f) dipancarkan menuju sebuah objek bergerak dengan kecepatan (v_o). Gelombang tersebut akan dipantulkan kembali ke arah radar setelah mengenai objek. Penerima gelombang akan mendeteksi gelombang pantul dengan frekuensi (f_p). Sehingga kecepatan dan arah obyek dapat diperkirakan menggunakan persamaan Efek Doppler. Efek Doppler dengan kondisi seperti ini dimanfaatkan pada teknologi pertahanan dan keamanan dan pengaturan lalu-lintas baik di darat, laut maupun udara.

Kata kunci : Radar, kecepatan, arah, efek Doppler

1. Pendahuluan

Teknologi pertahanan dan keamanan sangat dibutuhkan untuk selalu menjaga keutuhan dari Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI). Indonesia merupakan Negara kepulauan dengan 60% bagiannya merupakan lautan, maka diperlukan metode pengawasan terhadap batas-batas Negara di wilayah darat, laut dan udara dengan baik. Teknologi radar merupakan salah satu sistem yang bisa diandalkan untuk menjaga

kedaulatan NKRI, disamping hal-hal lain antara lain teknologi persenjataan dan hubungan internasional yang baik dengan Negara lain [2,4].

Teknologi radar merupakan suatu sistem yang mampu memantau suatu obyek dalam jarak dan arah tertentu. Informasi dari obyek/ target dapat diperoleh dengan teknologi ini, antara lain posisi, kecepatan, arah, dan bentuknya [3]. Teknologi radar selain digunakan sebagai pendukung sistem pertahanan juga dapat dimanfaatkan untuk

mengatur sistem lalu-lintas baik darat, laut maupun udara. Pada sistem lalu-lintas udara sangat mengandalkan pada teknologi radar sehingga informasi dari pesawat-pesawat selalu terpantau.

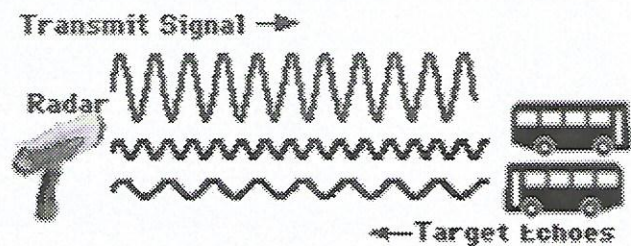
Penggunaan sistem radar pada lalu-lintas darat untuk kendaraan bermotor, diperlukan oleh kepolisian yang bertanggung jawab atas lancarnya lalu-lintas di darat. Pemantauan kecepatan dan arah kendaraan bermotor di jalan raya akan mempermudah pihak kepolisian dalam menganalisa sistem lalu-lintas. Salah satu metodenya menggunakan sistem radar Doppler yang memanfaatkan efek Doppler.

Pada makalah ini dipaparkan tentang suatu metode untuk mendapatkan informasi target yang bergerak menggunakan efek Doppler pada sumber gelombang yang sedang bergerak. Informasi yang diperoleh antara lain kecepatan dan arah dari target, telah dianalisa pada makalah ini. Untuk informasi lain seperti bentuk target atau jenis kendaraan dan lain-lain sedang dipelajari.

2. Radar Doppler

Fenomena efek Doppler banyak ditemukan dalam keseharian terutama pada gelombang suara. Sebagai contoh ketika mobil polisi bergerak dengan sirene yang berbunyi mendekati pendengar yang diam maka sirene akan terdengar lebih keras dari pada saat mobil melintas.

Efek Doppler adalah pergeseran frekuensi yang dihasilkan dari gerak relatif antara sumber dan penerima gelombang. Jika sumber dan penerima dalam keadaan diam, maka tidak ada pergeseran Doppler yang terjadi. Pada efek Doppler syarat utamanya adalah adanya perpindahan oleh sumber atau penerima gelombang. Saat sumber bergerak mendekati penerima maka akan terjadi pergeseran frekuensi yang semakin tinggi, demikian pula sebaliknya. Pergeseran Doppler berbanding lurus dengan kecepatan antara sumber dan pendengar, frekuensi sumber, dan kecepatan rambat gelombang perjalanannya.



Gambar 1: Ilustrasi radar Doppler

Prinsip kerja radar Doppler dapat dilihat pada gambar 1, dimana radar memancarkan gelombang continuous wave (CW) setelah mengenai target maka gelombang akan dipantulkan kembali untuk diukur besarnya pergeseran frekuensi. Besarnya frekuensi yang terukur akan dianalisa untuk menentukan kecepatan dan arah dari target.

Frekuensi pantul dari target (f_t) adalah fungsi dari frekuensi pancar dari sumber radar (f_0) dan pergeseran Doppler (f_d). Pergeseran Doppler akan terjadi jika target bergerak. Pada saat radar dan target saling mendekat maka besar f_d positif, dan begitu juga sebaliknya terlihat pada persamaan 1.

$$f_t = f_0 \pm f_d \quad (1)$$

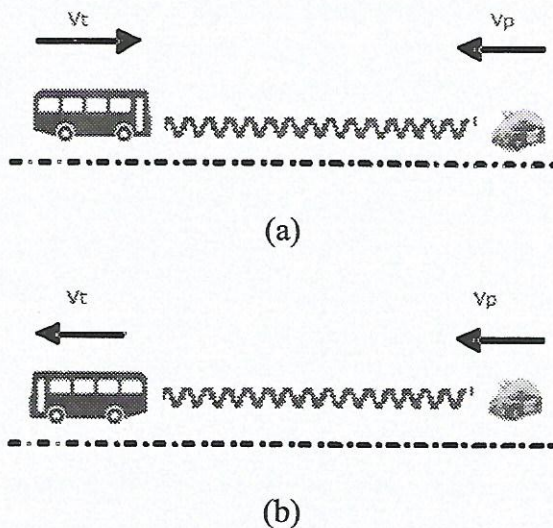
$$f_d = \pm 2v_t \frac{f_0}{c} \quad (2)$$

Radar *shift* Doppler (f_d) merupakan fungsi dari frekuensi gelombang pancar (f_0), kecepatan gelombang/kecepatan cahaya (c), dan kecepatan target (v_t). Pergeseran frekuensi radar dapat dilihat pada persamaan 2, sehingga kecepatan target dapat diketahui, dimana nilai v_t positif jika radar dan target saling mendekat dan begitu sebaliknya.

Pada sistem radar Doppler juga harus memperhitungkan sinyal pantul dari target-target yang diam seperti tanah (*ground*). Sinyal pantul dari *ground* biasanya mempunyai sinyal yang kuat, tapi karena tidak bergerak hal ini bukan Doppler *shifted*. Karena radar bergerak maka gelombang pantul dari tanah merupakan pergeseran frekuensi oleh kecepatan dari perpindahan radar.

3. Pemodelan sistem

Radar *shift* Doppler dapat dimodelkan dengan beberapa kasus hal ini tergantung dari keadaan dari radar dan target. Kondisi dari radar dan target dalam keadaan bergerak merupakan syarat dari radar *shift* Doppler. Pada makalah ini dibagi menjadi dua model, yaitu saat radar dan target bergerak berlawanan arah dan saat bergerak searah, terlihat pada gambar 2.



Gambar 2 : Pemodelan radar *shift* Doppler
a) saling berlawanan, b) sama arah

Frekuensi pantul dari target bergeser dengan kecepatan relatif antara target dan radar. Kecepatan relatif dari target terhadap radar adalah jumlah dari kecepatan target dan radar untuk model pada gambar 2a. Sedangkan untuk model gambar 2b kecepatan relatif target adalah perbedaan antara kecepatan target dan radar.

Untuk menentukan kecepatan target seperti pada pemodelan gambar 2. Ada dua parameter yang harus diperhatikan yaitu sinyal pantul dari *ground* dan target. Sinyal pantul dari *ground* bergeser sesuai dengan kecepatan mobil pembawa radar, hal ini dimanfaatkan untuk mengetahui kecepatan gerak dari radar. Radar *shift* Doppler dengan *ground* sebagai obyek dapat diperoleh menggunakan persamaan Doppler untuk obyek

dalam keadaan diam. Untuk menentukan kecepatan target yang menggunakan sinyal dari target dan juga sinyal pantul dari *ground* sebagai parameternya.

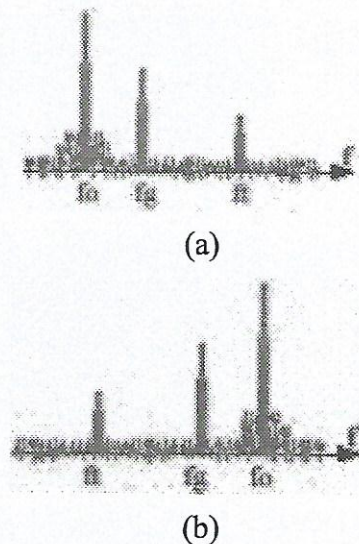
Radar *shift* Doppler dengan model gambar 2a dapat diselesaikan dengan persamaan 3. Sedangkan untuk model gambar 2b dapat diselesaikan menggunakan persamaan 4, kecepatan relatif bernilai positif jika target berada dibelakang mobil pembawa radar.

$$v_{relative} = v_p + v_t \quad (3)$$

$$\pm v_{relative} = v_p - v_t \quad (4)$$

4. Simulasi

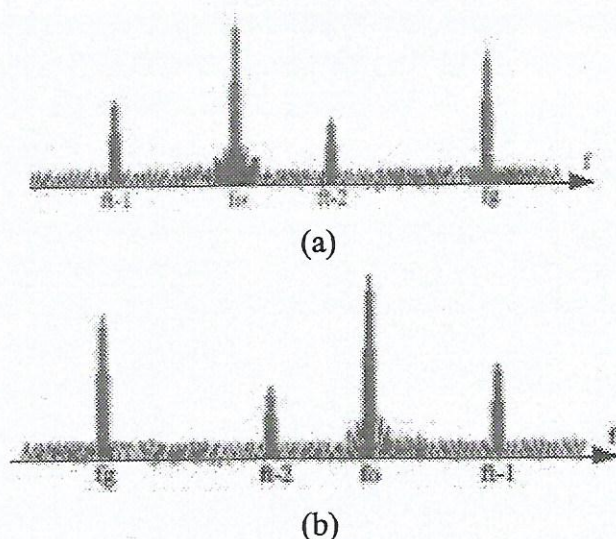
Pemodelan radar *shift* Doppler telah dibahas secara teori, juga dilakukan simulasi dan optimasi sistem. Pembuatan sinyal radar berupa CW, dengan mengasumsikan radar dan target bergerak. Untuk mempermudah menganalisa sistem diperlukan spectrum dalam bentuk domain frekuensi. Teknik fast fourier transform merupakan teknik untuk mengubah dari domain waktu ke domain frekuensi [1].



Gambar 3 : Spektrum frekuensi radar *shift* Doppler, dimana radar dan target saling berlawanan arah
a) saling mendekat, b) saling menjauh

Hasil simulasi radar *shift* Doppler dalam domain frekuensi dipaparkan dalam makalah ini. Gambar 3 merupakan frekuensi spektrum dari radar *shift* Doppler dalam kondisi kendaraan pembawa radar dan target saling bergerak dalam arah yang berlawanan seperti pada pemodelan gambar 2a, dimana frekuensi pemancar radar (f_0), frekuensi pantul dari ground (f_g), dan frekuensi pantul dari target (f_t). Pada kondisi ini ada dua kasus yang pertama jika kedua kendaraan bergerak saling mendekat, sehingga spectrum frekuensinya terlihat pada Gambar 3a, sedang kan untuk dalam kondisi yang bergerak saling menjauh terlihat pada Gambar 3b.

Spektrum frekuensi ketika radar dan target bergerak pada arah yang sama (seperti pada pemodelan gambar 2b) terlihat pada gambar 4, dimana frekuensi yang pantul dari target jika target bergerak lebih cepat dari radar (f_{t-1}) dan jika target bergerak lebih lambat dari radar (f_{t-2}). Pada kasus ini ada dua kemungkinan yang terjadi yaitu target berada didepan radar maka spectrum frekuensinya pada gambar 4a, dan yang kemungkinan lainnya adalah target berada dibelakang radar maka gambar 4b merupakan sepektrum frekuensinya.



Gambar 4 : Spektrum frekuensi radar *shift* Doppler, dimana radar dan target bergerak searah
a) Target didepan radar, b) Target dibelakang radar

5. Analisa

Spektrum frekuensi yang diperoleh oleh sistem radar dapat diolah dengan menggunakan persamaan *shift* Doppler seperti pada persamaan 1, 2, 3 dan 4. Kecepatan pergerakan radar diperlukan untuk menentukan kecepatan target. Kecepatan pergerakan radar terhadap *ground* yang bisa diperoleh dengan mengolah frekuensi pantul dari *ground*. Perbandingan spectrum frekuensi antara frekuensi radar dan frekuensi target dapat digunakan untuk menentukan arah target dengan arah gerak radar sebagai parameternya.

Sebagai contoh untuk spectrum gambar 3a, diasumsikan dari hasil perhitungan dan analisa diperoleh bahwa kecepatan *ground* terhadap radar adalah 25 km/jam, dan kecepatan target terhadap radar adalah 60 km/jam (kecepatan relatif), maka kecepatan target sesungguhnya (terhadap *ground*) adalah 35 km/jam, menggunakan persamaan 3. Dalam contoh ini in terlihat frekuensi pantul target lebih tinggi dari pada frekuensi radar (sumber) maka arah target adalah mendekati radar (saling mendekat). Metode yang sama juga digunakan untuk model atau kasus lainnya dengan menggunakan persamaan yang sesuai.

Pada makalah ini mengasumsikan bahwa posisi target dan radar adalah lurus (pada jalur yang sama), karena pada aplikasinya posisi dari target dan radar mempunyai sudut tertentu. Jadi ada kesalahan perhitungan dan analisa dalam penentuan kecepatan target sebenarnya. Hal ini masih dalam proses optimasi untuk mendapatkan kecepatan yang akurat.

6. Kesimpulan

Penentuan kecepatan dan arah target pada radar *shift* Doppler telah dibahas dalam makalah ini. Penggunaan dalam bentuk frekuensi domain lebih mudah untuk menganalisa radar *shift* Doppler ini. Radar *shift* Doppler dapat diaplikasi pada bidang pertahanan dan system pengaturan lalu lintas.

Analisa kecepatan target dengan

meperhitungkan sudut dari posisi target dan radar terhadap jalur (jalan) sedang dikembangkan.

7. Daftar Pustaka

1. M.O. Kolawole, "Radar Systems, Peak Detection and Tracking", *Elsivier Science*, Burlington, MA, 2002, ISBN 0-7506-57731.
 2. Yusuf N. Wijayanto, "Pedekatan Citra Radar menggunakan Parameter Time Return dan Power Return". *Prosiding Seminar Radar Nasional*, Jakarta-Indonesia. April 2007. ISBN 9-793-68869-6.
 3. Yusuf N. Wijayanto, Pamungkas Daud, Mashury Wahab, "Pemrosesan Sinyal menggunakan MatLAB untuk Menentukan Kecepatan Target RADAR", *Prosiding EECCIS 2008*, Universitas Brawijaya - Malang, Juni 2008. ISBN : 979257703-3.
 4. Mashury Wahab, Yusuf N. Wijayanto, Dadin Mahmudin, "Signal Processing Aspects of FM-CW Radar", *International Conference on Instrumentation, Communication and Information Technology (ICICI)*, 2007 Proceeding., August 2007, Bandung, Indonesia.
-

Audio Output pada Audio Demodulator Analog Satellite Receiver

Fredrika H. Kana, Djaelani

Puslit Elektronika dan Telekomunikasi LIPI,
Jl. Sangkuriang Bandung 40134
Telp. (022) 2504660

Abstract

Audio Output is a part of an Audio Demodulator of an Analog Satellite Receiver in an Input and Monitoring Equipment. The Input and Monitoring Equipment can receive television signal from a satellite transmission system, and process the signal to become an audio input signal of a Television Transmitter which fulfill the Consultative Committee for International Radio (CCIR) Standard.

The Audio Demodulator consists of Audio Discriminator circuit and Audio Output circuit. The input of the Audio Discriminator is a base-band signal come from a Tuner; the Tuner is designed to split the base-band signal from IF (Intermediate Frequency) Carrier from the output of the LNB (Low Noise Block down converter) of a satellite down link system. Because the output of the Audio Discriminator is noisy and the level is very small, it needs to be filtered and amplified by Audio Output circuit.

The Audio Output is designed to amplify the small output signal from the Audio Discriminator with Pre-Amplifier and filtered by RC-Band Pass Filter to pass the audio signal. The output of the Filter is amplified by Push Pull Amplifier and Balance Amplifier to get balanced audio output to fulfill the specification of an audio input signal of a Television Transmitter.

Keywords : audio, receiver, satellite

Abstrak

Audio Output merupakan bagian dari Audio Demodulator yang terdapat pada modul Analog Satellite Receiver yang merupakan bagian dari perangkat Input dan Monitoring System. Input dan Monitoring System adalah perangkat yang dapat menerima sinyal televisi dari Sistem Transmisi Satellite dan memproses sinyal yang diterima menjadi sinyal masukan Pemancar Televisi yang memenuhi standard Consultative Committee for International Radio (CCIR).

Audio Demodulator terdiri dari rangkaian Audio Discriminator dan rangkaian Audio Output. Masukan Audio Discriminator adalah sinyal base-band yang diperoleh dari Tuner; dimana Tuner didisain untuk memisahkan sinyal base-band dari frekuensi pembawa IF (Intermediate Frequency) keluaran LNB pada down-link sistem transmisi satelit. Karena keluaran rangkaian Audio Discriminator masih bercampur noise dan levelnya sangat kecil, maka perlu difilter dan diperkuat oleh rangkaian Audio Output.

Audio Output didisain untuk memperkuat keluaran Audio Discriminator dengan Pre-Amplifier, kemudian difilter dengan RC-Band Pass Filter. Selanjutnya keluaran Filter diperkuat dengan Push Pull Amplifier dan Balance Amplifier untuk memperoleh keluaran sinyal audio yang balance sehingga memenuhi spesifikasi masukan sinyal audio perangkat Pemancar Televisi.

Keywords : audio, receiver, satellite

I. Pendahuluan

Rangkaian *Audio Output* adalah bagian yang memproses keluaran *Audio Discriminator*. *Audio Discriminator* berfungsi memisahkan sinyal audio dari sinyal *base-band* keluaran *Tuner*, dimana *Tuner* merupakan bagian dari perangkat Input dan Monitoring System yang berfungsi memisahkan

sinyal *base-band* dari frekuensi *IF* (950 1450) MHz keluaran LNB yang memperoleh masukan frekuensi C-Band (3,7 4,2) GHz dari down link sistem transmisi satelit [1].

Oleh karena sistem transmisi satelit mencakup seluruh wilayah Republik Indonesia, maka hasil penelitian dan pengembangan rangkaian *Audio*

Output dapat ditempatkan diseluruh wilayah Indonesia, karena masukannya diperoleh dari sistim transmisi satelit. Sebagai bagian dari *Audio Demodulator* perangkat Input dan Monitoring System, hasil penelitian dan pengembangan rangkaian *Audio Output* secara langsung dapat berperan dalam penyediaan masukan sinyal audio pada sistim penyiaran televisi di Indonesia baik pemerintah maupun swasta yang telah memanfaatkan sistim transmisi satelit sebagai saluran transmisi [1,3].

Penggunaan sistim transmisi satelit mempunyai kelebihan dibandingkan dengan sistim transmisi terrestrial, karena sistim transmisi satelit dapat menjangkau seluruh wilayah yang termasuk daerah cakupannya (*coverage-area*), sehingga sangat cocok untuk Indonesia yang merupakan negara kepulauan.

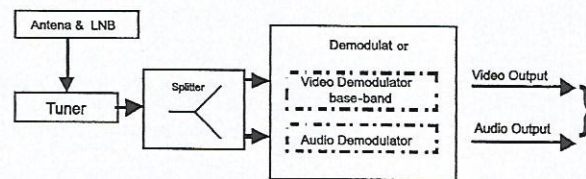
Sistim transmisi satelit sangat membantu pendistributian siaran televisi, karena dari pusat penyiaran, sinyal televisi dikirim ke satelit lewat *up-link*, selanjutnya sinyal tersebut dikirimkan keseluruh *coverage-areanya* lewat *down-link*, sehingga stasiun televisi yang tergabung dalam satu kelompok (*group*) dapat berbagi program siarannya walaupun terletak pada daerah yang berjauhan [1,4,5].

Untuk penyebar-luasan informasi lewat media elektronik khususnya penyiaran televisi, Pusat Penelitian Elektronik dan Telekomunikasi yang mempunyai tugas antara lain : menyusun rencana dan program penelitian bidang elektronika dan telekomunikasi, dalam melaksanakan kegiatan penelitian dan pengembangan *Audio Output*, adalah sesuai dengan bidang kepakarannya.

2. Perancangan dan Realisasi Rangkaian Audio Output

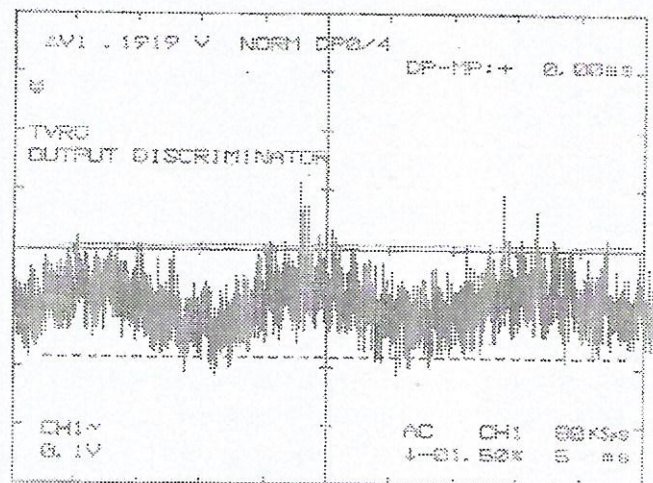
Rangkaian *Audio Output* adalah bagian dari *Audio Demodulator* yang terdiri dari 2 bagian yaitu bagian pertama adalah *Audio Discriminator* dan bagian kedua adalah *Audio Output*. *Audio Demodulator* sebagai bagian dari suatu sistim

penerima satelit dapat ditunjukkan dengan blok diagram gambar 1 :



Gambar 1. Blok Diagram Sistim Penerima Satelit

Masukan rangkaian *Audio Output* diperoleh dari keluaran rangkaian *Audio Discriminator* yang level sinyalnya sangat kecil dan masih terdapat noise seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sinyal Keluaran Rangkaian Audio Discriminator.

Karena sinyal masukan rangkaian *Audio Output* adalah keluaran *Audio Discriminator* dengan level yang sangat kecil dan masih terdapat noise (gambar 2), maka diperlukan rangkaian *Pre-Amplifier* yang berfungsi memperkuat sinyal dengan level kecil dan rangkaian *Band Pass Filter* dengan lebar *bandwidth* 15 kHz untuk menghilangkan noise. 15 kHz adalah *bandwidth* frekuensi audio pada modulasi FM (left and right).

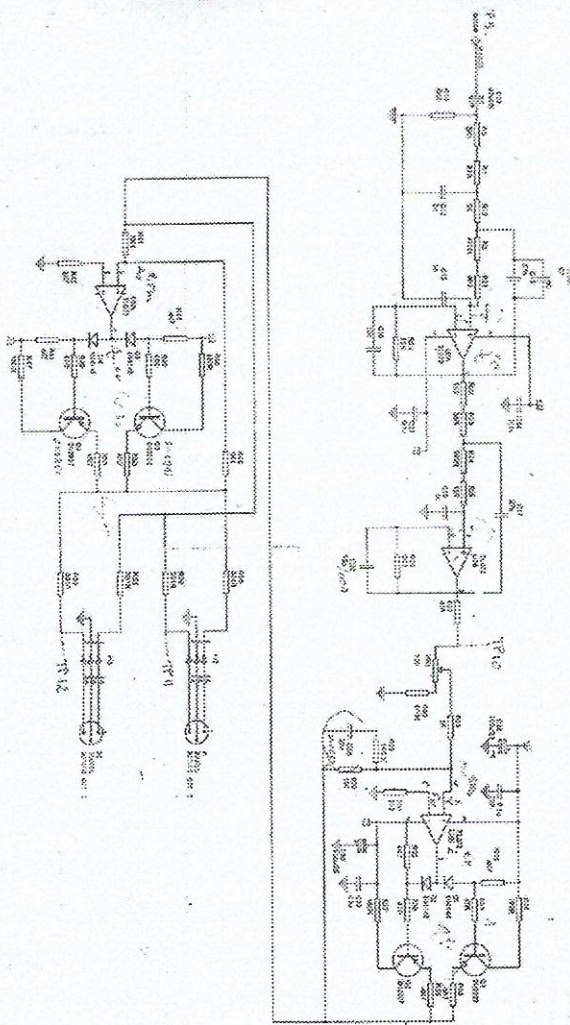
Selanjutnya sinyal audio dengan *bandwidth* 15 kHz diperkuat rangkaian *Push-Pull Amplifier* untuk memperkuat sinyal audio, dan diakhiri

dengan rangkaian *Balance Amplifier* untuk memperoleh keluaran sinyal audio yang balance (left and right) untuk modulasi FM. Disain rangkaian *Audio Output* ditunjukkan pada Gambar 3.

Keluaran rangkaian *Audio Discriminator* (TP8) dihubungkan ke masukan rangkaian *Pre-Amplifier* (TP9). Disain rangkaian *Pre-Amplifier* dan *Band Pass Filter (BPF)* menggunakan IC Operational Amplifier U7A dan U7B (TL072) [2,3] :

U7A dengan R54 dan C16 berfungsi sebagai *Pre-Amplifier* tahap pertama; dan

U7A dengan R10, R9, R1, C12, R13, R2, R21, C15, C13 berfungsi sebagai *RC-Low Pass Filter (LPF)*.

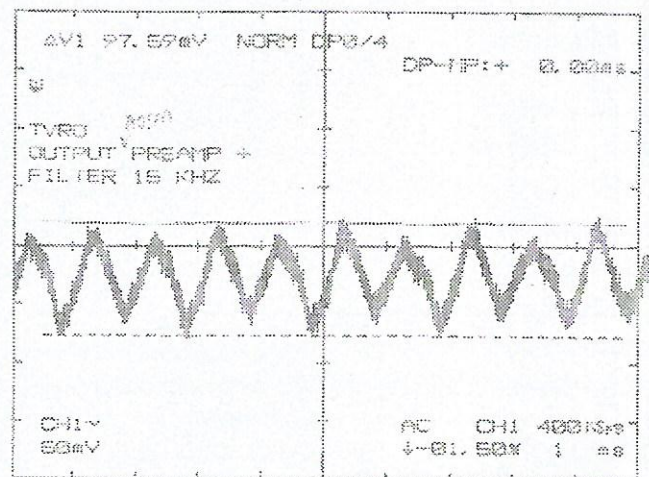


Gambar 3. Rangkaian Audio Output.

U7B dengan R26 dan C20 berfungsi sebagai *Pre-Amplifier* tahap kedua, dan

U7B dengan R22, R23, C17, R24, R25, C18 berfungsi sebagai *RC-High Pass Filter (HPF)*. Gabungan *LPF* dan *HPF* tersebut menghasilkan *Band Pass Filter (BPF)* dengan pita lolos 15 kHz. Sinyal keluaran *Pre-Amplifier* dan *Band Pass Filter* diperlihatkan pada Gambar 4.

Memperhatikan Gambar 2 dan Gambar 4 : Sinyal audio keluaran *Pre-Amplifier* dan *Band Pass Filter* pada Gambar 4 lebih bersih dibandingkan dengan sinyal audio keluaran *Discriminator* pada Gambar 2. Akan tetapi level keluaran *Pre-Amplifier* dan *Band Pass Filter*, masih belum memenuhi spesifikasi level sinyal audio yang dibutuhkan untuk masukan perangkat Pemancar Televisi.



Gambar 4. Hasil Pengukuran Keluaran *Pre-Amplifier* dan Filter.

Untuk mencapai level sinyal audio masukan Pemancar Televisi, keluaran *Pre-Amplifier* dan *Band Pass Filter* diperkuat dengan menggunakan *Push-Pull Amplifier* yang keluarannya dihubungkan ke *Balance Amplifier* untuk memperoleh keluaran audio yang balance.

Disain rangkaian *Push-Pull Amplifier* menggunakan IC Operational Amplifier U8B (TL072) sebagai penghasil tegangan referensi pada output IC U8B (pin-7). Dioda D1 dan transistor Q1

berfungsi sebagai penguat untuk sinyal audio yang berada dibawah tegangan referensi. Dioda D2 dan transistor Q2 berfungsi sebagai penguat untuk sinyal audio yang berada diatas tegangan referensi. Besarnya penguatan ditentukan oleh resistor R30 dan R28.

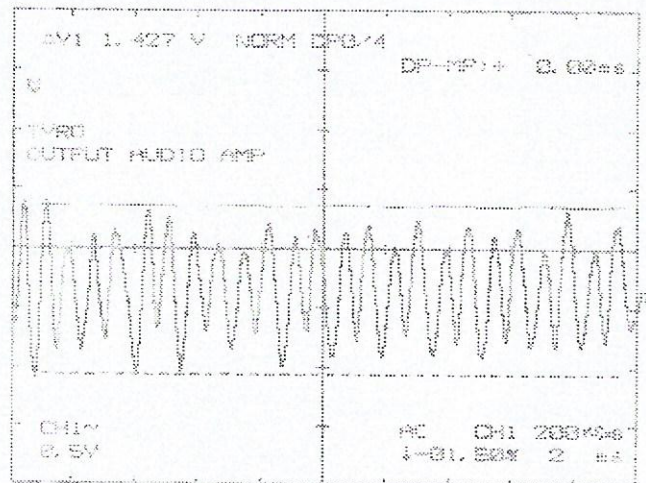
Untuk memperoleh sinyal audio yang balance, keluaran *Push-Pull Amplifier* dihubungkan ke IC Operational Amplifier U8A (TL072) dengan dioda D3 dan transistor Q3 berfungsi sebagai penguat sinyal audio yang berada dibawah tegangan referensi (pin-3). Dioda D4 dan transistor Q4 berfungsi sebagai penguat sinyal audio yang berada diatas tegangan referensi. Penguatan *Push Pull Amplifier* = 1 ($R_{49} = R_{40} = 5K1 \text{ Ohm}$). Pada saat sinyal audio berada dibawah tegangan referensi, sinyal audio mempunyai impedansi output (Z_o) = 600 Ohm yang diberikan oleh $R_{55} + R_{56} = (300+300) \text{ Ohm}$. Pada saat sinyal audio berada diatas tegangan referensi, sinyal audio mempunyai impedansi output (Z_o) = 600 Ohm yang diberikan oleh $R_{52} + R_{53} = (300+300)$. Sehingga diperoleh keluaran sinyal audio yang balance pada :

1. Audio Out 1 dengan $Z_o = 600 \text{ Ohm}$.
2. Audio Out 2 dengan $Z_o = 600 \text{ Ohm}$. Level sinyal audio keluaran *Audio Output* dapat diatur dengan trimpot VR1 sehingga diperoleh level yang memenuhi standard CCIR sebesar + 9 dBm, balance.

3. Hasil dan Pembahasan

Dengan rangkaian *Audio Output*, sinyal keluaran *Discriminator* dengan level yang sangat kecil dan masih bercampur noise, dapat dihilangkan noisenya dan diperkuat sehingga mempunyai keluaran sinyal audio yang memenuhi standard CCIR yaitu sinyal audio (left dan right) dengan level : + 9 dBm pada $Z_o = 600 \text{ Ohm}$, balance.

Sinyal audio keluaran rangkaian *Audio Output* diperlihatkan pada Gambar 5 :



Gambar 5. Hasil Pengukuran Keluaran Rangkaian Audio Output.

Keluaran rangkaian *Audio Output* tersebut diatas dipantau pada keluaran *Audio Out 1* dan *Audio Out 2*. Keluaran sinyal audio pada Gambar 5 telah memenuhi spesifikasi teknis masukan sinyal audio perangkat Pemancar Televisi dengan modulasi FM.

4. Kesimpulan

Kegiatan penelitian dan pengembangan *Audio Output* menghasilkan rangkaian elektronika yang dapat menghilangkan noise pada sinyal audio yang diterima dari Pemancar Televisi yang menyebarkan penyiarannya lewat saluran transmisi satelit, dan memperkuat sinyal tersebut sehingga diperoleh keluaran sinyal audio yang memenuhi standard CCIR untuk sinyal masukan Pemancar Televisi.

Rangkaian *Audio Output* dirancang dengan memanfaatkan komponen elektronika yang terdapat di pasaran dalam negeri.

Keluaran *Audio Discriminator* dengan level yang kecil dan masih bercampur noise, diproses pada *Audio Output* dengan menggunakan rangkaian *Pre-Amplifier*, *Band Pass Filter*, *Push-Pull Amplifier* dan *Balance Amplifier* untuk menghasilkan sinyal audio dengan level +9 dBm, balance pada 600 Ohm, memenuhi spesifikasi

sinyal masukan audio Pemancar Televisi dengan modulasi FM.

Dengan melakukan penelitian dan pengembangan rangkaian *Audio Output*, para peneliti, pembantu peneliti dan teknisi memperoleh tambahan kemampuan merancang, ketrampilan membuat rangkaian elektronika dan kemampuan mengukur karakteristik rancangannya.

Dengan terwujudnya hasil penelitian dan pengembangan *Audio Output* dengan menggunakan komponen yang terdapat di pasaran dalam negeri, maka ketergantungan akan rangkaian *Audio Output* kepada buatan Luar Negeri dapat dihindari, sehingga apabila stasiun relay televisi membutuhkan sinyal masukan audio untuk dipancarkan kembali, dapat dipenuhi dengan memakai hasil penelitian dan pengembangan ini.

Ucapan Terimakasih

Lewat tulisan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada LIPI dan PPET LIPI yang telah membiayai dan memberi fasilitas pada penelitian dan pengembangan ini, melalui program Tematik Sub Program Perekayasaan Peralatan.

5. Daftar Pustaka

- 1) Frank Baylin, "*Digital Satellite Television 5th Edition*", Baylin Publisher, 1997.
- 2) John Markus, "*Source of Electronic Circuit*", Mc Graw Hill, 1968.
- 3) Jerry C. Whitacker, "*The Resource Handbook of Electronics*", CRC Press, 2001.
- 4) John Mc. Cormac, "*World Satelite TV and Scrambling Method 3rd Edition*", Mc. Graw Hill, 1993. apan
- 5) Michael Robin and Micher Poulin, "*Digital Television Fundamentals 2nd Edition*", Mc. Graw Hill, 2000.

Crossover Mikrostrip Pita Lebar Dengan Menggunakan Saluran Transmisi Non Linier

Y.K. Ningsih¹⁾, F.Y. Zulkifli²⁾, E.T. Rahardjo³⁾, M.Asvial⁴⁾, A.A. Lestari⁵⁾

^{1), 2), 3), 4)} Antenna propagation and Microwave Research Group (AMRG)

Center for Information and Communication Engineering Research (CICER)

Department of Electrical Engineering, University of Indonesia

Kampus Baru UI Depok, West Java, 16424, Indonesia

E-mail: ¹⁾yuli_kn@yahoo.com, ²⁾yuli@ee.ui.ac.id, ³⁾eko@ee.ui.ac.id, ⁴⁾asvial@ee.ui.ac.id

⁵⁾ International Research Centre for Telecommunication and Radar Indonesia Branch (IRCTR-IB)

STEI-ITB, Jln. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

E-mail: ⁵⁾alestari@irctr.tudelft.nl

Abstract

This paper presents a new and simple design of crossover that has a wideband characteristic. The proposed crossover with a wideband characteristic is obtained by cascading the 3 dB hybrid coupler. Crossover uses multisection impedance at the one of arms. The new design can improve the isolation factor about 1.2 dB better than a conventional crossover, and it also can improve about 4 dB for the reflection factor. Simulation shows that the coupling factor is very close to the ideal value of 0 dB.

Keywords: crossover, multisection impedance, wideband

Abstrak

Makalah ini membahas suatu desain baru dan sederhana dari crossover yang mempunyai karakteristik pita lebar. Desain Crossover dengan karakteristik pita lebar diperoleh dengan mengkaskadekan 2 buah hybrid coupler 3 dB dan menggunakan impedansi bertahap (multisection impedance) pada salah satu lengannya. Desain baru ini dapat memperbaiki kinerja dari desain crossover konvensional. Hasil simulasi menunjukkan peningkatan faktor isolasi sebesar 1.2 dB lebih baik dari crossover konvensional dan 4 dB lebih baik untuk faktor refleksinya. Selain itu hasil simulasi juga menunjukkan koefisien faktor yang dihasilkan mendekati kondisi ideal, 0 dB.

Kata kunci: crossover, impedansi bertahap (multisection impedance), pita lebar

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia yang terletak di Asia Tenggara, melintang di khatulistiwa antara benua Asia dan Australia serta antara Samudra Pasifik dan Samudra Hindia, mempunyai panjang garis pantai sebesar 81.000 km yang merupakan negara berpantai terpanjang kedua di dunia setelah Kanada. Kondisi ini merupakan potensi yang dapat memberikan sumber devisa yang besar bagi Negara, namun tentunya memerlukan pengamanan di sepanjang wilayah perairan laut Kepulauan Indonesia untuk

menjaga kedaulatan dan kekayaan alam Negara Indonesia.

Luasnya wilayah perairan Indonesia menyulitkan pengawasan secara langsung bila tidak didukung dengan peralatan teknologi tinggi yang dapat mendeteksi benda-benda (objek) dari jarak jauh di sepanjang perairan Indonesia. Salah satu teknologi yang dapat mendukung hal tersebut adalah radar (*radio detection and ranging*).

Sistem radar mempunyai fungsi mendeteksi suatu objek berdasarkan pantulan gelombang elektromagnetik yang mengenai target yang

kemudian menghasilkan *echo* yang dipantulkan kembali ke radar. Batas pengamatan radar yang konvensional hanya pada bidang horizontal, berdasarkan resolusi jarak (*range*) dan azimuth. Sistem radar tersebut dikenal dengan radar 2 dimensi (2D).

Di Indonesia saat ini tengah dikembangkan radar 3D, yang merupakan pengembangan dari radar 2D. Tujuan pengembangan radar 3D diantaranya adalah untuk mendapatkan informasi objek yang lebih detail dan akurat seperti ketinggian dan kecepatan objek pada bidang vertikal. Oleh karena itu pada radar 3D, arah elevasi ditambahkan sehingga batas pengamatannya dapat dilakukan pada bidang vertikal. Sistem radar 3D membutuhkan radar yang memiliki multi fungsi dengan kemampuan menghasilkan banyak berkas arah[1].

Rotman Lens, Blass Matriks dan Butler Matriks adalah jaringan pencatu yang dapat menghasilkan banyak berkas arah yang digunakan pada *Radio Frequency* (RF). Kelebihan Butler Matriks (BM) dibandingkan dengan Rotman Lens dan Blass Matriks adalah karena BM lebih sederhana (*simple*) dan antar satu arah berkas dengan arah berkas lainnya mempunyai sifat orthogonal yang lebih baik [2]-[4]. Hal tersebut dikarenakan pada BM, fasa yang dihasilkan relatif tetap pada semua frekuensi. Dengan kondisi demikian, jaringan Butler Matriks cocok untuk digunakan pada aplikasi radar bagi kepentingan militer, maritim dan udara, dimana kemampuan pelacakan (*tracking*) dari radar dipengaruhi oleh kemampuan memindai pada banyak berkas. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengimplementasikan Butler Matriks mikrostrip [4]-[7].

Jaringan Butler Matrix konvensional pada dasarnya terdiri dari 3 dB *directional coupler* (*hybrid*), *phase shifter* dan *crossover* (*cross line*) [1][2]. *Directional coupler* (*hybrid*) berfungsi sebagai pembagi daya yang berbeda fasa sebesar 90°, *crossover* berfungsi sebagai jembatan dari arah yang diinginkan dan melakukan isolasi ke arah

yang tidak diinginkan, sedangkan *phase shifter* adalah penggeser fasa sesuai dengan fasa tertentu yang diinginkan.

Pada penelitian ini dilakukan rancangan *crossover* mikrostrip yang akan diimplementasikan pada Butler Matriks yang digunakan sebagai jaringan pencatu banyak berkas arah yang bekerja di frekuensi 9.4 GHz, dimana frekuensi tersebut merupakan frekuensi kerja radar yang tengah dikembangkan di Indonesia. Pengaruh adanya *crossover* pada Butler Matriks diantaranya terjadi peningkatan *insertion loss*, ketidaksesuaian keterhubungan (*mismatched junction*), penambahan kopling lintas saluran (*line cross coupling*) dan penanganan daya yang buruk (*poor power handling*). Berbagai cara digunakan untuk mengurangi pengaruh *crossover* tersebut diantaranya dengan menggunakan banyak lapisan (*multilayer*) [3]. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari lintas saluran (*crossing line*). Selain itu juga digunakan teknologi *High Temperatur Superconducting* (HTS)[4] untuk mengurangi *insertion loss* yang terjadi. Namun cara-cara tersebut tidak dapat diaplikasikan untuk pengembangan Butler Matrix yang lebih besar. Selain itu karakteristik pada *crossover* yang konvensional bersifat pita sempit. Berbagai cara juga digunakan untuk mendapatkan *crossover* yang bersifat pita lebar diantaranya dengan menggunakan teknologi *suspended strip lines* pada struktur banyak lapis[5]. Dengan penggunaan teknologi tersebut, selain diperoleh karakteristik pita lebar juga berhasil mengurangi ukuran (*size*). Namun material yang digunakan lebih mahal dan lebih sulit pada saat proses fabrikasi.

Bentuk rancangan *crossover* yang umum digunakan dalam penelitian adalah *crossover* yang dibentuk dari beberapa *hybrid coupler* yang dikaskade, seperti pada literatur [5]-[8]. Kekurangan cara tersebut adalah karakteristiknya bersifat pita sempit. Agar diperoleh pita lebar maka dilakukan kaskade *hybrid coupler* 3 dB beberapa tingkat/cabang sehingga ukurannya semakin meningkat. Sedangkan kelebihan dari metode ini

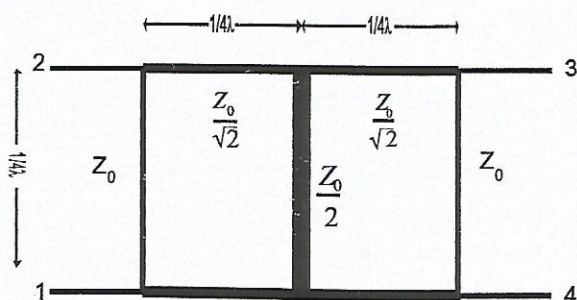
adalah kesederhanaan dan kemudahan dalam fabrikasi.

Metode kaskade *hybrid coupler* 3 dB satu cabang digunakan pada penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah dapat diperoleh karakteristik pita lebar walaupun hanya dengan menggunakan 1 cabang kaskade dan satu lapis substrat. Oleh karena itu pada salah satu lengan *crossover* digunakan penyesuai saluran transmisi dengan impedansi bertahap sehingga lengan tersebut berbentuk non linier. Dengan demikian diharapkan *crossover* yang diperoleh memiliki rancangan yang lebih kompak, mudah dan murah.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Crossover

Crossover dikenal sebagai 0 dB *coupler* karena persyaratan transmisi lintas saluran (*cross line*) pada *crossover* memiliki minimal *coupling* (0 dB) diantara port output. Gambar 1 adalah *cross coupler* konvensional yang umum dipakai. Bentuk tersebut merupakan dua *hybrid coupler* yang di kaskade. Dengan kondisi yang terkaskade, maka sinyal dari port input hanya melewati port tertentu yang berada disisi lain pada *crossover*, contohnya pada Gambar 1, dimana sinyal yang berasal dari port 1 menuju port 4 akan melintasi sejauh 2 kali $\lambda/4$, sehingga sinyal akan sampai di port 4 sebesar 0 dB. Sedangkan sinyal yang datang dari port 1 menuju port 3 akan melintas sejauh $3 \times \lambda/4$ dengan amplitudo daya tertentu. Karena bentuknya yang simetri maka hal tersebut berlaku sebaliknya



Gambar 1. Crossover konvensional[9]

Dengan melihat mekanisme kerja dari *crossover* tersebut maka parameter *S* (*scattering matrix*) dari jaringan 4 port *crossover* adalah

$$S = \begin{bmatrix} 0 & 0 & j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & j \\ j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & j & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

2.2. Penyesuai impedansi bertahap (*multisection*)

Penyesuai impedansi digunakan untuk menyepadankan dua impedansi yang berbeda. Pada frekuensi tinggi, penyesuai impedansi berbasis saluran transmisi merupakan metode yang umum digunakan. Salah satu diantaranya adalah metode penyesuai impedansi bertahap (*multisection*). Pada metode ini, panjang fisik penyesuai dibuat konstan, sedangkan proses transformasi impedansi dilakukan dengan mengubah nilai impedansi secara gradual (*taper*).

Pengaturan nilai impedansi karakteristik dari saluran dilakukan sedemikian rupa sehingga terkondisikan saluran sepadan (*match*) dengan membagi saluran atas segmen-segmen yang lebih kecil [9].

3. Metode Penelitian

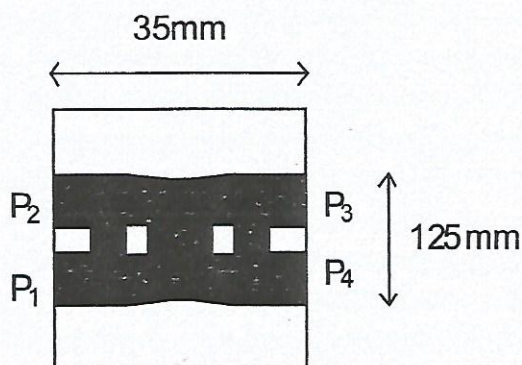
Pada penelitian ini, *hybrid coupler* 3 dB mikrostrip yang dicascade sebanyak 2 tingkat seperti pada Gambar 1. Pada penelitian ini dipilih substrat yang memiliki ketebalan (*h*) 1.57 mm dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) sebesar 2.2. Biasanya jenis substrat ini digunakan pada frekuensi rendah. Namun pada penelitian ini digunakan untuk *crossover* yang bekerja di frekuensi 9.4 GHz pada rentang frekuensi X band. Proses disain *crossover* yang dilakukan mengikuti acuan [10], dimana bila digunakan substrat tersebut maka untuk mendapatkan kinerja *crossover* yang baik harus dilakukan modifikasi dengan menggunakan impedansi bertahap (*multisection*)

sehingga impedansinya bersifat non linier.

Dengan desain tersebut diharapkan dapat diperoleh suatu *crossover* yang memiliki karakteristik pita lebar dengan desain yang sederhana dan dimensi yang lebih kecil untuk diaplikasikan di frekuensi X band.

Berdasarkan Gambar 1, bila nilai impedansi masukan $Z_0 = 50 \Omega$, maka nilai impedansi $Z_0/\sqrt{2} = 35 \Omega$ dan $Z_0/2 = 25 \Omega$. Berdasarkan rumus perhitungan lebar saluran mikrostrip [11] dengan $h = 1.57 \text{ mm}$ dan $\epsilon_r = 2.2$, maka lebar saluran untuk 50Ω adalah 5 mm , untuk 35Ω adalah 8 mm dan 25Ω sebesar 12 mm . Bila hasil perhitungan tersebut digunakan untuk merancang *crossover* yang konvensional, maka dimensi *crossover* tersebut menjadi besar. Oleh karena itu maka untuk menurunkan dimensi maka pada lengan yang memiliki impedansi sebesar $Z_0/\sqrt{2} = 35 \Omega$, dibuat sama terlebih dahulu dengan nilai impedansi masukan yaitu sebesar $Z_0 = 50 \Omega$, sedangkan nilai impedansi pada bagian tengah dari *crossover* konvensional nilainya tetap yaitu $Z_0 = 25 \Omega$.

Selanjutnya dibuat segmen-segmen kecil dari nilai impedansi tersebut sepanjang lengan. Dengan melakukan karakterisasi dan simulasi berulang-ulang maka diperoleh nilai impedansi bertahap yang memenuhi karakteristik yang diharapkan. Dengan kondisi tersebut maka hasil akhir rancangan *crossover* seperti terlihat pada Gambar 2, dimana pada salah satu lengannya memiliki impedansi saluran transmisi berbentuk non linier karena digunakan impedansi bertahap.



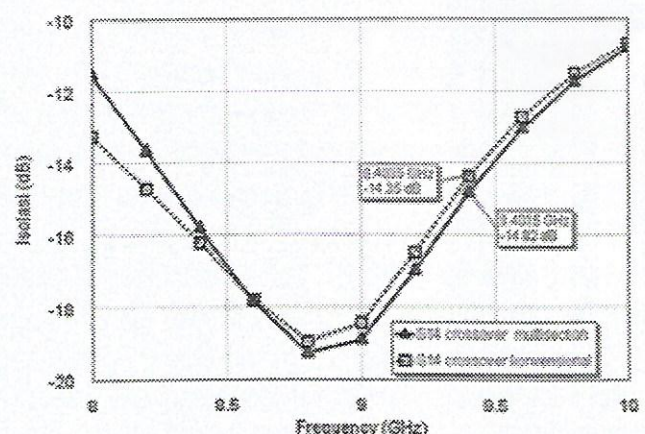
Gambar 2. Rancangan *crossover* non linier

Terdapat 3 parameter yang digunakan untuk melakukan analisis karakterisasi *crossover* yaitu faktor isolasi, faktor refleksi dan faktor kopling [11]. Bila port 1 (P_1) dan port 4 (P_4) merupakan port input serta port 2 (P_2) dan port 3 (P_3) merupakan port output, maka faktor isolasi adalah parameter yang diukur antara kedua port input (S_{14} , S_{41}) dan antara kedua port output (S_{23} , S_{32}). Faktor refleksi diukur dengan parameter S_{11} , S_{22} , S_{33} , S_{44} . Sedangkan faktor kopling diukur dengan parameter S_{12} , S_{13} . Salah satu nilai koefisien dari faktor kopling pada *crossover* yang ideal harus memiliki amplitudo sebesar 0 dB . Oleh karena itu *crossover* juga bisa disebut dengan *cross coupler* 0 dB .

4. Hasil dan Analisis

4.1. Faktor Isolasi

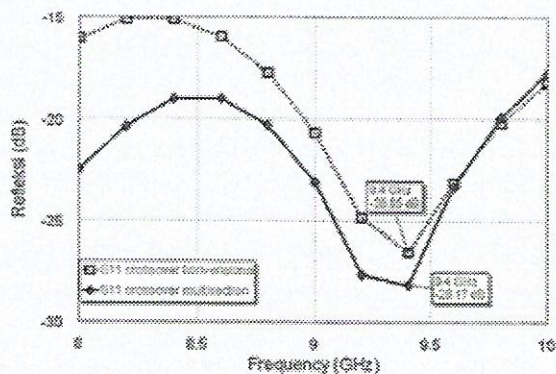
Guna mengetahui kondisi isolasi antara port input maka dilakukan simulasi S_{14} , S_{41} , S_{23} dan S_{32} . Berdasarkan Gambar 3, isolasi pada *crossover* dengan geometri non linier menurun sebesar 1.2 dB dibandingkan dengan *crossover* konvensional. Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan bentuk geometri non linear pada salah satunya, faktor isolasi yang diperoleh lebih baik, yaitu menjadi sekitar -14.83 dB untuk frekuensi kerja di 9.4 GHz .



Gambar 3. Hasil simulasi isolasi pada *crossover* dengan geometri non linier

4.2. Faktor Refleksi

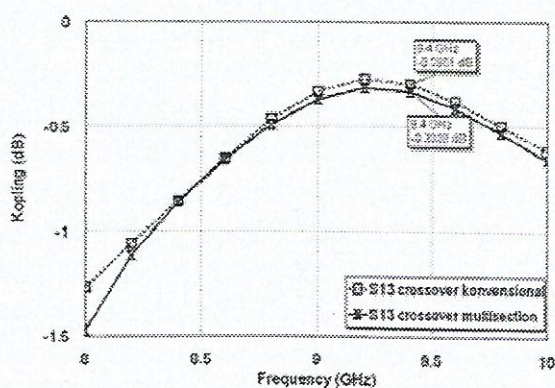
Parameter S_{11} , S_{22} , S_{33} , S_{44} adalah parameter untuk mengetahui nilai refleksi. Pada Gambar 4 terjadi perbaikan nilai refleksi sebesar 4 dB pada rancangan *crossover* dengan geometri non linier. Nilai *return loss* atau nilai refleksi yang diperoleh pada frekuensi kerja 9.4 GHz sebesar -28.14 dB. Kondisi tersebut masih dalam nilai toleransi yang diinginkan yaitu < -20 dB dan masih cukup baik bila digunakan standar *return loss* (RL) sebesar -10 dB, artinya daya yang dipantulkan masih cukup kecil.



Gambar 4. Hasil simulasi faktor refleksi *crossover* dengan geometri non linier

4.3. Faktor Kopling

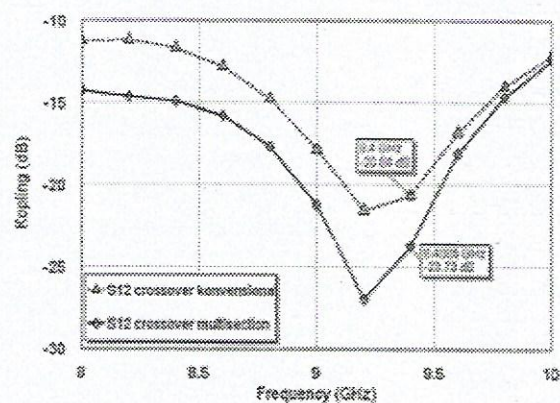
Salah satu hal yang penting saat merancang *crossover* adalah kemampuannya melewati seluruh sinyal yang masuk (0 dB) pada salah satu port *output* saja sedangkan port *output* yang lainnya diisolasi (kopling isolasi). Dari Gambar 5 dapat



Gambar 5. Hasil simulasi faktor kopling 0 dB pada *crossover* geometri non linier

dilihat hasil simulasi kopling pada *crossover* dengan geometri non linier (S_{13}) pada frekuensi 9.4 GHz, adalah sebesar 0.29 dB, sedangkan *crossover* konvensional nilainya sebesar 0.33 dB. Nilai ideal yang diharapkan dari *crossover* adalah sebesar 0 dB.

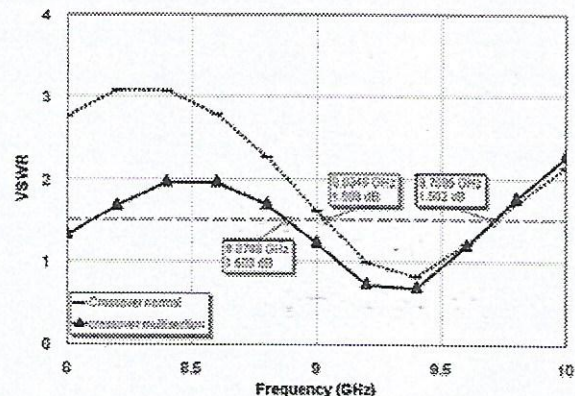
Dari Gambar 6 terlihat nilai koefisien kopling isolasi ke arah port 4 (P_4), untuk desain *crossover* dengan geometri non linier, nilainya sebesar -23.74 dB sedangkan pada *crossover* konvensional nilainya sebesar -22.61 dB.



Gambar 6. Hasil simulasi faktor kopling isolasi pada *crossover* geometri non linier

4.4. Lebar Pita

Pada rancangan ini berhasil diperoleh lebar pita lebih dari 1.3 GHz atau sekitar 14,28 % pada rentang frekuensi 8.7 GHz 10 GHz seperti ditunjukkan pada Gambar 7, dimana digunakan standar VSWR sebesar 1.5.



Gambar 7. VSWR *crossover* dengan geometri non linier

5. Kesimpulan

Disain baru *crossover* mikrostrip pita lebar yang menggunakan saluran transmisi non linier telah berhasil dirancang dan disimulasikan. Hasil simulasi diperoleh lebar pita sebesar 1.3 GHz (14.28%) yang termasuk katagori pita lebar. Dengan menggunakan impedansi bertahap yang membentuk geometri non linier, diperoleh kinerja yang lebih baik. Hal tersebut dikarenakan kondisi kesesuaian impedansinya lebih baik bila menggunakan impedansi bertahap. Dengan demikian nilai koefisien isolasi dan nilai koefisien refleksinya yang diperoleh lebih dari -20 dB dengan salah satu koefisien koplingnya mendekati 0 dB.

6. Daftar Pustaka

1. Hansen R.C, "*Phase array Antennas*", John Wiley & Sons, Canada, 1998.
2. Garg,R., P. Bhartia, I. Bahl, A. Ittipibon, "*Microstrip Antenna Design Handbook*", Artech House, Norwood, MA, 2001.
3. Mourad Nedil, Tayeb A Denidni, and Larbi Talbi, "*Novel Butler Matrix using CPW Multilayer Technology*", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 54, No. 1, January, 2006.
4. A.Corona and M.J. Lancaster, "*A High Temperature Superconducting Butler Matrix*", IEEE Trans.Appl. Supercond., Vol. 13, No. 4, pp 3867-3872, December, 2003.
5. M.Bona.I, Manholm, J.P. Satarski, and B.Svansson, "*Low Loss Compact Butler Matrix For a Microstrip Antenna*", IEEETrans.Microw.Theory Tech, Vol. 50, No. 9, pp 2069-2075, September, 2002.
6. A.M. El Tager and M.A. Eleiwa, "*Design and Implementation of a Smart Antenna Using Butler Matrix for ISM Band*", Progress In Electromagnetic Research Symposium, Beijing, China, March 3-27, 2009, pp 571-575.
7. Koubesissi M., C. Decroze, et all, "*Switched beam antenna based on novel design of Butler Matrix with broadside beam*", Electronics Letters 29th, Vol. 41 No. 20, pp 1097 -1098, September, 2005.
8. Barba, Mariano, Juan. E Page, et al, "*A Switchable Multiple Beam Antenna for GSM-UMTS Base Station in Planar Technology*", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 54, No. 11, November, 2006.
9. R.E. Collin, Advanced Microwave Engineering, New York, Mc Graw Hill, 1996.
10. Y.K. Ningsih, E.T. Rahardjo, "*Novel Design Wideband 3 dB Microstrip Hybrid Coupler Using Curve Line at the Series Arm*", Proceeding of the International Conference on Electromagnetic Near Field Characterization and Imaging, Taipei, June, 2009.
11. Pozar, D.M., Microwave Engineering, New York, John Wiley & Sons, 2nd ed. 1998.

Desain *Low Noise Amplifier* (LNA) Dua Tingkat (2-stage LNA) untuk Sistem Radar FM-CW

Hana Arisesa¹, Pamungkas Daud², Sri Hardiati³, Arief Nur Rahman⁴, Mashury Wahab⁵

^{1,2,3,4,5} Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET) LIPI
Kampus LIPI Gd. 20 Lt. 4 Jl. Sangkuriang Bandung (40135) - INDONESIA
Telp. 022-2504661 Fax. 022-2504659
Email : hana@ppet.lipi.go.id

Abstract

Low Noise Amplifier (LNA) is one of the important part which determine the performance of radar systems. This paper describes a simulation modeling of LNA, working at 9.4 GHz. The LNA model design uses two stage LNA, with a matching impedance between interstage level. From this design simulation, the obtained value s of 27.52 dB gain, 0.35 dB noise figure, VSWR 1:00, stability factor $k = 1.19$ with 50 Ohm impedance. Based on the simulation results, this design is suitable to be implemented for making a prototype.

Keyword : LNA, FM-CW Radar, X-Band LNA, two stage LNA, 9.4 GHz

Abstrak

Low Noise Amplifier (LNA) adalah salah satu bagian penting yang menentukan unjuk kerja suatu sistem radar. Dalam makalah ini dibahas simulasi pemodelan LNA yang bekerja pada frekuensi 9,4 GHz. Desain LNA ini menggunakan model LNA dua tingkat (two stage LNA) dengan membuat matching impedance (impedansi yang sesuai) pada antar tingkatnya. Dari simulasi desain ini diperoleh nilai gain sebesar 27.52 dB, noise figure 0.35 dB, VSWR 1.00, faktor kestabilan $k=1,19$ dengan impedansi 50 Ohm. Berdasarkan hasil simulasi, desain ini telah cocok untuk diimplementasikan dengan membuat prototipenya.

Kata Kunci : LNA, FM-CW Radar, LNA X-Band, LNA dua tingkat, 9.4 GHz

1. Pendahuluan

Radar mempunyai kegunaan yang sangat luas dan tersebar pada berbagai bidang. Dari kepentingan militer seperti untuk pengawasan, kendali peluru ataupun untuk kepentingan sipil seperti untuk navigasi, peninderaan jauh, pemantauan cuaca maupun untuk aplikasi dalam dunia industri [1].

Untuk mendapatkan unjuk kerja sistem radar yang baik maka antar bagian di dalam sistem radar harus handal, sesuai dengan target yang diinginkan.

Salah satu bagian yang penting di dalam

meningkatkan unjuk kerja sistem radar adalah *low noise amplifier* (LNA). LNA mempunyai fungsi yang sangat penting terutama pada bagian sistem penerima. Ketika daya yang dipancarkan oleh suatu sistem radar melalui sistem antenanya mengenai suatu obyek, maka obyek tersebut akan memancarkan kembali daya yang diterima. Pada umumnya daya pantulan obyek tersebut sangat kecil saat diterima kembali oleh radar melalui sistem antena penerima.

Fungsi utama LNA adalah untuk memperkuat sinyal-sinyal yang sangat rendah tanpa

menambahkan gangguan lagi. Dengan demikian akan menjaga nilai Signal-to-Noise Ratio (SNR) dari sistem [5,6].

Dalam makalah ini akan diterangkan proses simulasi desain LNA dua tingkat yang beroperasi pada frekuensi X Band, 9,4 GHz untuk meningkatkan unjuk kerja Radar.

2. Pertimbangan Desain LNA

Dalam pembuatan desain LNA harus mempertimbangkan parameter-parameter tertentu supaya LNA dapat bekerja dengan baik. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan adalah

- LNA harus mempunyai faktor kestabilan lebih kecil dari satu ($k < 1$) [2,3,5].
- Input dan output LNA harus mempunyai impedansi sumber dan beban yang sesuai sebesar $50\Omega + j0$
- VSWR < 2
- Noise Figure sekecil mungkin
- Desain LNA dapat berupa satu tingkat ataupun multi tingkat

3. Target Desain LNA

Beberapa target yang akan dicapai dalam desain LNA ini sebagai berikut :

- Gain yang diharapkan lebih besar 25 dB (Gain > 25 dB)
- Noise figure $< 0,5$ dB
- Impedansi input output 50Ω
- SWR antara 1 sampai 2 ($1 < \text{SWR} < 2$)
- Frekuensi kerja pada 9,4 GHz
- Sistem stabil tanpa syarat

4. Konsep Dasar Radio Frekuensi

Dalam mendesain sebuah LNA, diperlukan pengetahuan mengenai teori-teori yang berhubungan dengan radio frekuensi, terutama teori-teori yang berkaitan dengan perancangan penguat yang beroperasi pada frekuensi radio. Berikut ini adalah beberapa teori yang digunakan dalam mendesain LNA.

4.1 Noise Figure (NF)

Derau atau noise mempunyai peranan yang penting dalam menentukan unjuk kerja LNA. Mengingat bahwa tidak ada sistem yang terbebas dari derau, baik itu derau dari luar sistem ataupun derau dari dalam sistem itu sendiri, maka diperlukan penekakan terhadap noise ini. Pengaruh derau terhadap suatu sistem dapat dilihat dari nilai noisenya yang dinyatakan dalam nilai noise figure (NF). Nilai ini diungkapkan dalam satuan desibel. Idealnya nilai NF ini serendah mungkin untuk menekan noise yang ada di dalam sistem.

Noise figure dinyatakan dalam pernyataan

$$NF = 10 \log \left(\frac{SNR_{in}}{SNR_{out}} \right) \text{ dB} \dots\dots\dots (1)$$

SNR_{in} = Signal to Noise Ratio pada input

SNR_{out} = Signal to Noise Ratio pada output

Untuk sistem yang menggunakan model bertingkat, perhitungan NF [5] berubah menjadi

$$NF = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{G_1} + \dots + \frac{NF_k - 1}{G_1 G_2 \dots G_k} \dots\dots (2)$$

$NF_1, NF_2 \dots NF_k$ = Noise figure pada masing-masing tingkat

$G_1, G_2 \dots G_k$ = Gain pada masing-masing tingkat

4.2 Stabilitas

Mengetahui kestabilan LNA perlu dilakukan agar desain LNA yang dibuat dapat berfungsi dengan baik, artinya tidak terjadi osilasi pada frekuensi kerja yang diinginkan.

Kestabilan sistem dinyatakan dalam nilai faktor kestabilan [3] yaitu K dan dimana

$$K = \frac{1 + |\Delta|^2 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2}{2|S_{11}||S_{22}|} \dots\dots\dots (3)$$

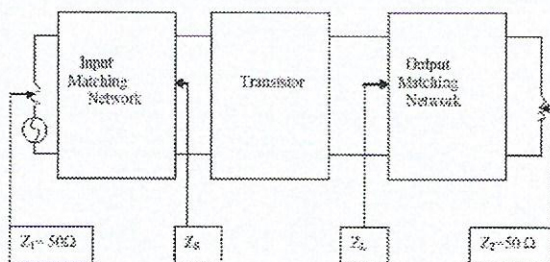
$$\Delta = S_{11} * S_{22} - S_{21} * S_{12} \dots\dots\dots (4)$$

- S_{11} = Koefisien refleksi input
 S_{22} = Koefisien refleksi output
 S_{12} = Penguatan transmisi balik
 S_{21} = Penguatan transmisi maju

Untuk mendapatkan sistem yang stabil tanpa syarat, diharuskan $K > 1$ dan $\Delta < 1$.

4.3 Impedance Matching

Penyesuaian impedansi mempunyai peran penting dalam mendesain sistem yang bekerja pada level radio frekuensi [4 dalam 5], untuk memaksimalkan transfer daya dari sumber ke beban. Proses penyesuaian impedansi untuk satu tingkat LNA diilustrasikan pada diagram blok Gambar 1 [5].

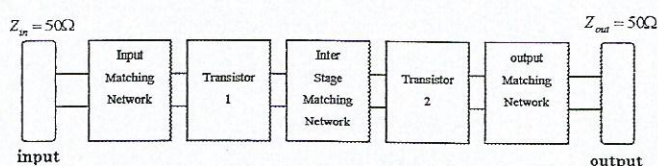


Gambar 1 : Diagram blok impedance matching untuk satu tingkat LNA

Banyak metode yang dapat diterapkan untuk membuat sistem penyesuaian (*Matching network*), diantaranya menggunakan L match, T match, match, LC Match, -T Match.

6. Model dan Proses Simulasi

Model yang akan digunakan dalam simulasi ini adalah LNA dua tingkat, yang dapat dimodelkan sebagaimana Gambar 2.



Gambar 2 : Model LNA dua tingkat yang digunakan dalam simulasi

Simulasi ini dilakukan menggunakan perangkat lunak LINC2 yang dibuat oleh *Applied Commutational Sciences* (ACS). Tahapan proses yang dilakukan adalah :

1. Memilih Transistor.

Salah satu cara yang mudah adalah melakukan simulasi dengan mengambil nilai s parameter yang telah disediakan oleh pabrik pembuat transistor. Dalam hal ini yang diperlukan adalah memilih jenis transistor yang cocok untuk keperluan desain dengan berbagai pertimbangan sesuai dengan target yang akan dicapai.

Sistem LNA dua tingkat tidak seperti pada sistem satu tingkat. Pada sistem dua tingkat pada tingkat yang pertama lebih mengkonsentrasikan untuk mendapatkan nilai noise figure yang seminimal mungkin, sedangkan pada tingkat yang kedua mengkonsentrasikan pada peningkatan gain sistem.

Untuk hal tersebut, pada makalah ini dipilih transistor NE3210S01 yang merupakan transistor jenis HJ-FET yang mempunyai nilai gain 13,5 dB, NF 0,35 dB pada frekuensi 12 GHz sebagai transistor pada tingkat pertama. Transistor pada tingkat yang kedua dipilih ATF-36163 jenis PHMET yang mempunyai gain maksimal 11 dB, NF 1 dB pada 12 GHz.

2. Melihat Kestabilan sistem

Kestabilan sistem yang dibuat dapat dengan mudah dilakukan dengan melihat nilai K maupun nilai Δ baik secara grafik maupun statistik.

3. Melakukan Penyesuaian impedansi

Memilih metode impedansi yang sesuai dengan desain yang dibuat

4. Melihat Hasil

Melihat keseluruhan hasil berupa nilai-nilai parameter yang penting dari sistem yang telah didesain

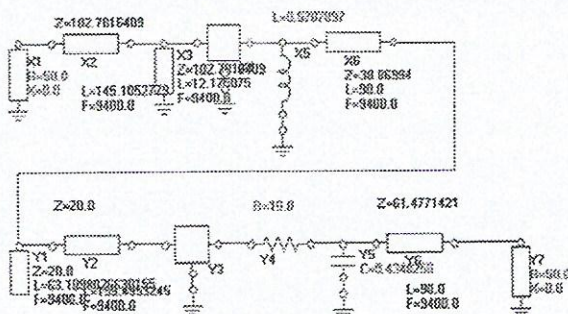
5. Optimisasi

Apabila hasil yang dihasilkan kurang sesuai maka dilakukan optimalisasi sehingga diperoleh hasil yang diharapkan

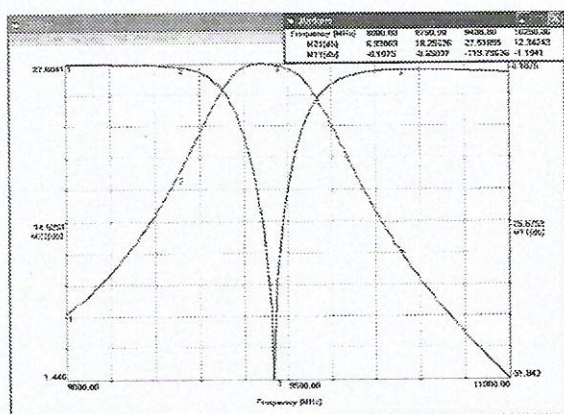
7. Hasil dan Pembahasan

Rangkaian yang diperoleh dari hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 3.

Hasil parameter-parameter yang lainnya ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5. Nilai noise figure yang didapat adalah 0,35 dB, hal ini dikarenakan pada tingkat pertama noise figure yang dipilih sudah cukup kecil sehingga noise figure pada tingkat yang kedua tidak terlalu berpengaruh terhadap noise figure sistem secara keseluruhan, sebagaimana dapat dibuktikan dengan (2).

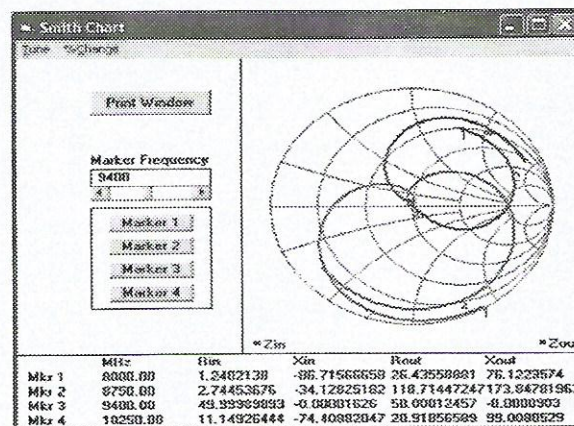


Gambar 3 : Rangkaian diagram LNA



Gambar 4 : Nilai Magnitude S21 dan S11

Pada Gambar 4 menunjukkan nilai penguatan maju (*forward gain*) sistem yang dibuat dan return loss yang didapatkan. Nilai penguatan maju S21 sebesar 27,52 dB dengan *return loss*, S11 sebesar -119,79 dB pada frekuensi 9,4 GHz. Gain yang terbesar tidak terjadi pada 9,4 GHz, akan tetapi terjadi pada frekuensi 9,3 GHz dengan gain 27,61 dB.

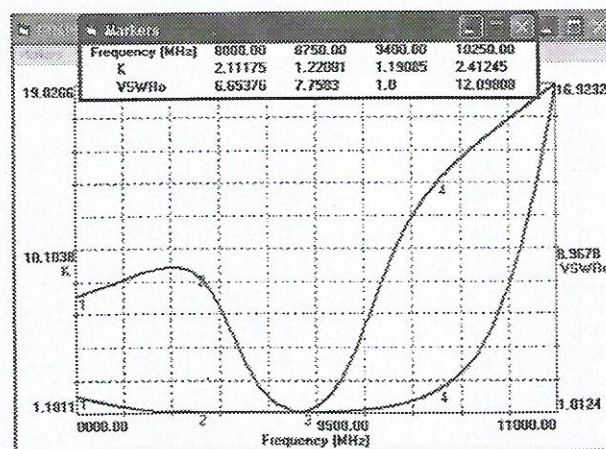


Gambar 5. Diagram Smith yang menunjukkan impedansi input dan impedansi output

Pada Gambar 5 menunjukkan nilai impedansi input dan output sistem, baik secara numerik maupun grafik pada smith chartnya. Dapat diketahui bahwa sistem yang dibuat impedansinya telah match terlihat dari nilai Z_{in} dan Z_{out} adalah sebesar 50 pada frekuensi 9,4 GHz.

Sistem yang dibuat telah memenuhi syarat kestabilan (*unconditionally stable*) pada frekuensi yang diharapkan (Gambar 6 dan Gambar 7), dimana nilai $K = 1,191$ dan $= 0,544$ sehingga dapat dikatakan pada frekuensi 9,4 GHz sistem stabil tanpa syarat.

Pada Gambar 6 dan Gambar 7, dapat diketahui pula nilai VSWR desain tersebut, yaitu $VSWR = 1$. Nilai ini ideal untuk sistem yang dibuat walaupun dalam perancangan serang kali bisa bergeser.



Gambar 6. Nilai VSWR dan Faktor Kestabilan

Display Results									
File									
9340.00	-25.45244	50.73180	-25.51440	-41.2479	1.078	1.162			
9360.00	-34.98466	67.02963	-36.13496	-40.9517	1.046	1.104			
9380.00	-45.68129	82.81415	-47.13576	-39.13576	1.023	1.061			
9400.00	-56.81264	97.87326	-58.14439	-36.1480	1.000	1.036			
9420.00	-68.81564	160.4585	-70.14149	-28.6488	1.009	1.051			
9440.00	-82.76702	244.2754	-84.12754	-11.2395	1.056	1.165			
9460.00	-98.17474	328.2659	-100.17278	1.103	1.064	1.064			
9480.00	-122.78293	416.5705	-124.63310	19.5191	1.156	1.162			
9500.00	-150.07357	500.7381	-152.6509	136.0701	1.27	1.352			
9340.00	66.93138	F-31	F-31	F-31	F-31	F-31			
9360.00	72.51401	-46.4180	-32.04856	-133.6614	1.105	0.649			
9380.00	77.57594	54.1036	-38.15001	-130.1501	1.106	0.547			
9400.00	82.74753	59.98148	-38.13738	-144.4422	1.189	0.845			
9420.00	88.00135	65.96137	-38.06767	-158.7173	1.219	0.777			
9440.00	93.34056	72.03617	-37.93338	-172.9813	1.248	0.704			
9460.00	97.74157	77.1527	-37.824	-161.081	1.194	0.538			
9480.00	102.2046	83.0044	-37.85952	-166.0624	1.202	0.626			
9500.00	106.7295	88.9835	-37.92678	-172.9618	1.207	0.611			
9520.00	111.27154	94.0176	-37.95061	-177.9583	1.212	0.606			
9340.00	7.363	30.12	32.3562	3.0683	0.5547	5.5371			
9360.00	8.7025	30.2	31.0156	2.6269	0.58015	4.4540			
9380.00	10.173	30.17	45.242	0.0291	1.3537	1.5054			
9400.00	11.676	30.17	41.936	0.0000	1.3537	1.5054			
9420.00	16.8298	30.14	48.6191	0.2367	3.2115	1.7657			
9440.00	18.72	30.12	47.6288	1.6209	4.0743	1.7657			
9460.00	19.5791	30.11	46.91	0.305	4.3592	1.7657			
9480.00	21.5711	30.05	46.4682	0.9648	4.6297	5.6279			
9500.00	1.5574	30.06	45.4559	0.0517	3.4047	0.3843			

Gambar 7 : Statistik nilai parameter-parameter hasil uji.

Parameter-parameter yang lain dapat pula diketahui dengan Gambar 7.

8. Kesimpulan

Desain LNA yang diusulkan pada simulasi di atas, telah memenuhi target yang diharapkan. Dengan gain yang didapat sebesar 27,52 dB, NF sebesar 0,35 dB, VSWR 1,00 dan sistem stabil tanpa syarat pada frekuensi yang diinginkan. Desain LNA dua tingkat tersebut layak untuk dibuat prototypenya sehingga dapat diterapkan untuk meningkatkan unjuk kerja Radar.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu, sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

10. Daftar Pustaka

- 1 Chang, Kai, "Rf and Microwave Wireless Systems", *John Wiley & Sons, Inc*, 2000.
- 2 Gilmore, P., Les Besser, "Practical RF Circuit Design for Modern Wireless Systems Vol II", *Artech House*, 2003.
- 3 Gonzales, Guillermo, "Microwave Transistor Amplifier Analysis and Design 2nd Edition", *Prentice Hall*, New Jersey, 1997.
- 4 Karris, Steven T, "Electronic Devices and Amplifier Circuits with MATLAB Applications"
- 5 Ramana, V., Imam Kawsar, Muhammad. "Low Noise Amplifier for Radio Telescope at 1.42GHz", *School of Information Science, Computer and Electrical Engineering*, Halmstad University, 2007.
- 6 Rosu, Iulian, "LNA Design", <http://www.qsl.net/va3iul/Lna%20design.Pdf>

Hipotesa Electromagnetic Interference (EMI) Dalam Unjuk Kerja Sistem Radar Maritim FM-CW (Frequency Modulated Continuous Wave)

Sri Hardiati, Eko Joni P dan Hana Arisesa

Peneliti Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET-LIPI)

Jl. Sangkuriang Bandung 40135

e-mail:ash_egt@yahoo.com

Abstract

EMI (Electromagnetic Interference) are essentially unwanted electromagnetic wave emission and signal interference that can degrade or introduce malfunction to the performance of operating systems which user electromagnetic wave. FMCW Maritime Radar systems utilize electromagnetic wave, to remotely sense position, velocity and identify the characteristic of target. The interference of electromagnetic wave come from source which is related to the communication systems, other radar systems, jammer and signal interference generated from radar system itself. It can affect function of the operating system of maritime radar equipment. Knowing the presence of electromagnetic interference on radar performance, in this paper it is discussed the visualization process of radar signals that interfered by EMI and EMI is estimated to affect the FMCW maritime radar unjuk kerja.

Key word : EMI, Radar, Communication system

Abstrak

EMI (Electromagnetic Interference), secara dasar merupakan pancaran gelombang elektromagnetik yang tidak diinginkan dan merupakan sinyal gangguan yang dapat menurunkan unjuk kerja atau menggagalkan suatu sistem yang pengoperasiannya menggunakan gelombang elektromagnetik. Sistem radar maritim FMCW memanfaatkan gelombang elektromagnetik, untuk mengetahui dari jauh posisi, kecepatan dan identifikasi karakteristik dari suatu target. Gangguan gelombang elektromagnetik secara kebetulan datang dari sumber yang berhubungan yaitu sistem komunikasi, sistem radar yang lain, jammer dan gangguan sinyal yang datang dari dalam sistem radar sendiri. Hal tersebut dapat berpengaruh pada fungsi dari sistem pengoperasian perangkat Radar maritim. Untuk mengetahui keberadaan gangguan elektromagnetik terhadap unjuk kerja radar, maka dalam paper ini dibahas visualisasi proses sinyal radar yang terganggu dengan adanya EMI dan diperkirakan EMI akan berpengaruh pada unjuk kerja sistem radar maritim FMCW.

Kata kunci : EMI, Radar, sistem komunikasi

1. Pendahuluan

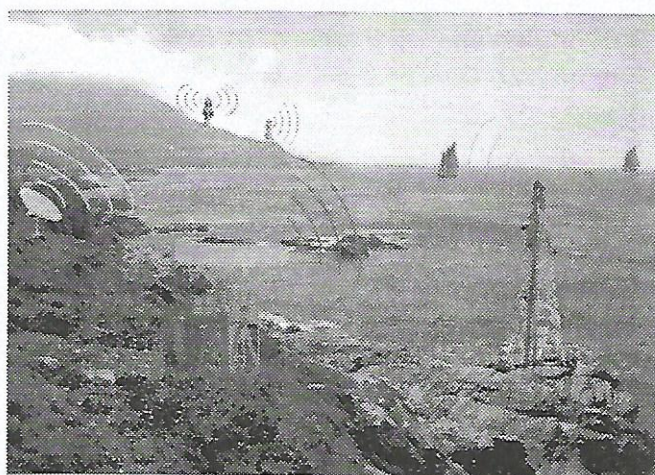
Sistem radar maritim dengan menggunakan teknologi FMCW beroperasi dalam daerah frekuensi X band, merupakan sistem radar yang mempunyai energi gelombang radio yang berkesinambungan dengan frekuensi yang stabil, dimodulasi oleh sinyal modulasi sinus, *triangular* atau *sawtooth*. Sinyal radar yang termodulasi ditransmisikan dan sinyal akan direfleksikan oleh suatu obyek dan bercampur untuk menghasilkan

sinyal beat frekuensi antara sinyal pada bagian penerima dan sinyal pada bagian pemancar dengan tujuan untuk menentukan jangkauan target. Dalam menjalankan fungsinya radar maritim FMCW menggunakan gelombang elektromagnetik melalui propagasi udara. Sinyal *echo* yang dikehendaki oleh sistem radar maritim ini bukan merupakan duplikat dari sinyal yang dihasilkan oleh pemancar radar, tetapi sinyal *echo* melalui udara bebas akan masuk ke radar penerima (*receiver*) dengan disertai *interference* yang ada dilingkungan sekitar

penempatan radar. Sinyal radar dalam propagasi melalui atmosfer, mengalami 2 efek yaitu pembengkokan sinyal dan penyerapan energi atau peredaman gelombang.

Efek yang timbul dari lingkungan pada propagasi sinyal radar dapat signifikan dan membuat perbedaan prediksi dan akan berpengaruh terhadap unjuk kerja (*unjuk kerja*) dari sistem radar. Salah satu hal yang mempengaruhi *unjuk kerja* radar adalah RFI (*Radio Frequency Interference*) yang juga disebut dengan nama *Electromagnetic Interference* (EMI). EMI adalah gangguan yang mempengaruhi suatu sistem karena pancaran konduksi elektromagnetik atau pancaran radiasi elektromagnetik dari sumber eksternal. Gangguan tersebut dapat menghentikan, menghambat, menurunkan atau membatasi unjuk kerja radar maritim.

Seperti terlihat dalam Gambar 1 [modifikasi 1], pemancar televisi, *microwave link*, sistem radar lain, radar kapal laut merupakan suatu peralatan yang bekerja dengan frekuensi RF dan merupakan sumber EMI eksternal yang dapat mempengaruhi unjuk kerja radar maritim yang terletak di tepi pantai. Unjuk kerja sistem radar maritim ini juga dapat terkonduksi adanya EMI dari sistem radar sendiri



Gambar 1: Sumber-sumber EMI

2. Diskripsi EMI

Sumber EMI sebagai energi elektromagnetik natural atau buatan manusia, menghasilkan suatu respon yang tidak dikehendaki dalam suatu sistem atau peralatan. Sumber EMI natural yaitu sumber *noise* elektromagnetik yang berkaitan dengan fenomena natural meliputi fenomena pengisian atau pelepasan atmosfer, seperti *lightning* (petir) dan curah hujan, dan sumber ekstraterestial meliputi radiasi dari matahari dan sumber galaksi seperti sumber *cosmic*. Sumber EMI buatan manusia yaitu sumber *noise* elektromagnetik yang berkaitan dengan devais seperti pancaran sistem komunikasi elektronik, saluran power dan lain-lain.

EMI terdiri dari sinyal yang tidak diinginkan, sinyal *spurious*, sinyal radiasi dan konduksi yang dapat mengakibatkan penurunan unjuk kerja suatu sistem atau peralatan. Kondisi EMI tidak dapat terjadi tanpa ada 3 unsur dasar yaitu :[2,3]

1. Sumber pancaran merupakan suatu perangkat atau peralatan yang membangkitkan pancaran gelombang elektromagnetik.
2. Penerima (*Receptor*) pancaran adalah perangkat atau peralatan yang terganggu oleh pancaran gelombang elektromagnetik yang tidak dikehendaki.
3. Saluran untuk menentukan hubungan antara sumber pancaran gelombang elektromagnetik dengan penerima gelombang elektromagnetik yang tidak diinginkan. Saluran dapat berupa konduktor daya, konduktor *ground*, udara dan *waveguide*.

Sumber EMI dalam pengoperasiannya membangkitkan sinyal konduksi elektromagnetik dan atau sinyal radiasi elektromagnetik yang dapat menurunkan unjuk kerja dari beberapa peralatan lain atau sistem pada lingkungan yang sama. Secara umum EMI dikategorikan menjadi 2 kategori :

- a. Pancaran radiasi adalah energi elektromagnetik yang diinginkan atau tidak diinginkan yang merambat ke dalam atau melintasi ruang, baik sebagai TEM

(*Transverse Electromagnetic Wave*) atau oleh kopling kapasitif atau induktif.

- b. Pancaran konduksi dihasilkan di dalam peralatan listrik atau elektronik dan ditransmisikan melalui konduktor peralatan power, konduktor beban, saluran data dan peralatan kontrol utama.

Pancaran Sumber EMI ini dapat berbentuk :

- a. *EMI Narrow band* : sinyal elektromagnetik konduksi dan radiasi yang amplitudonya bervariasi sebagai fungsi dari frekuensi meluas sampai frekuensi yang lebih sempit dari *bandwidth* reseptor tertentu. Sinyal *narrowband* menempati porsi yang sangat kecil dari spektrum radio. Besarnya pancaran radiasi *narrowband* biasanya dinyatakan dalam Volt per meter (V/m). Sinyal tersebut biasanya gelombang sinus yang berkesinambungan dan kemungkinan terjadinya terus menerus atau terjadinya sebentar-sebentar. Sinyal-sinyal yang termasuk kategori Emisi *narrowband* yaitu pemancar komunikasi seperti kanal tunggal AM, FM, dan SSB. Pancaran *narrow band* lain yaitu Pancaran *spurious* seperti harmonik dari pemancar komunikasi *narrow band* , power line, local *oscillator*, sinyal generator dan sumber-sumber sinyal buatan manusia lainnya.
- b. *EMI Broad band* yaitu sinyal elektromagnetik konduksi dan radiasi yang variasi amplitudonya sebagai fungsi dari frekuensi meluas sampai ke rentang frekuensi yang lebih besar dari pada *bandwidth* reseptor tertentu. Besarnya emisi radiasi broadband biasanya dinyatakan dalam Volt per meter per MHz (V/m/MHz). Sinyal *broadband* dibagi menjadi sumber sinyal acak (*random*) dan sumber sinyal *impulse*, dalam hal ini sinyal dapat terjadi bersifat sementara , terus menerus atau terjadi sebentar-sebentar. Contoh dari emisi *broadband* ini adalah emisi yang tidak disengaja dari komunikasi dan

pemancar radar, saklar, komputer, generator pulsa, sinyal tersebut memungkinkan hasil dari galaksi dan *solar noise* , pulsa elektromagnetik petir (*lightning electromagnetic pulses*) dan pulsa frekuensi radio terkait dengan pelepasan elektrostatik.

3. Pengaruh EMI pada Unjuk kerja Radar FMCW

Faktor eksternal yang mempengaruhi unjuk kerja radar adalah karakteristik target, *noise* yang masuk melalui antena, *echo clutter* yang tidak diinginkan, *interference* dari sumber gelombang elektromagnetik , sistem komunikasi lain, dan efek propagasi karena permukaan bumi dan atmosfer. RFI (*Radio Frequency Interference*) yang juga disebut EMI adalah energi radio yang tidak diinginkan tergabung dalam sinyal radar yang diterima oleh radar penerima.

Dari faktor-faktor eksternal yang disebutkan, maka EMI merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap unjuk kerja radar. EMI merupakan suatu gangguan yang secara kebetulan datang dari sumber-sumber yang berkaitan dalam sistem komunikasi. Selain sumber EMI dapat terjadi dari sistem komunikasi lain, sumber EMI juga dapat timbul dari dalam sistem radar sendiri. EMI yang datang dari radar sendiri meliputi kebocoran dari pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) yang kadang-kadang dikenal sebagai *self clutter*.

Hal yang mempengaruhi unjuk kerja radar salah satunya adalah *interference* yaitu sinyal yang berasal dari sistem elektronik yang lain, dimana radiasi sistem elektronik tersebut diterima radar penerima atau dengan tidak sengaja *interference* tersebut menempati band frekuensi yang sama. Gangguan radio frekuensi ini dapat terjadi secara berkesinambungan atau terjadinya sebentar-sebentar. Jenis-jenis *interference* yaitu :

1. *Phase Noise Interference*, ini disebabkan amplitudo tidak stabil. *phase noise* terjadi antara lain pada power amplifier .

2. In-Band Interference

Sinyal berasal dari pancaran sinyal lain yang masuk pada band sinyal yang dikehendaki. Distorsi terjadi karena adanya sinyal lain atau kombinasi dari sinyal-sinyal lain. Tipe dari *In-band Interference* yaitu : *impulse noise*, *harmonics*, *Intermodulation*, dan *Interference* yang disengaja.

EMI pada umumnya masuk sistem melalui antena, dan kadang-kadang melalui *side lobe* dari pancaran gelombang radio suatu antena, dimana level *side lobe* menentukan daya (power) yang masuk dalam sistem. EMI dapat juga masuk melalui saluran daya, peralatan grounding yang tidak efektif dan diambil langsung oleh peralatan dan saluran transmisi internal.

Secara umum persamaan radar dapat dinyatakan seperti dalam persamaan : 1 [4].

$$R_{\max}^4 = \left[\frac{P_t G_T A_e \sigma}{(4\pi)^2 L_s S_{\min}} \right] \quad (1)$$

Keterangan :

P_t adalah power transmit (yang dipancarkan), watt.

G_T adalah gain dari antena transmit, bentuk linier.

A_e adalah efektif aperture dari antena penerima, m^2

σ adalah cross section target nominal, m^2 .

L_s adalah sistem loss antara *transmitter* dan *receiver* dan antena.

$S_{\min}$ adalah deteksi sinyal minimum, watt.

Informasi suatu target dapat diketahui dari sinyal *echo* yang harus cukup besar, ini diperlukan untuk mengatasi efek dari *interference*. Untuk memprediksi unjuk kerja radar, maka perlu mengetahui besarnya power yang diterima dari sumber *interference*. Power yang diterima dari sumber *interference* antar lain meliputi EMI, *thermal noise*, *jamming*. Untuk keperluan memprediksi sinyal *echo* yang diterima oleh radar, maka diperlukan *Signal-to-Interference ratio* yang dapat dinyatakan sesuai dengan persamaan : 2 [5]

$$\frac{S}{I} = \frac{P_R}{P_I} \quad (2)$$

S/I adalah *signal-to-interference ratio*.

P_R adalah power yang diterima dari target.

P_I adalah level power gangguan yang menempati sistem power yang diterima dari target.

Dalam sistem radar ada 3 jenis *loss* yang perlu untuk diperhitungkan yaitu *loss* didalam sistem radar sendiri, *loss* dalam propagasi dan *loss* yang disebabkan *ground plane*, maka S/I dapat dinyatakan dengan persamaan : 3 [5]

$$\frac{S}{I} = \frac{P_T G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4 P_I L_s L_A L_{GP}} \quad (3)$$

Keterangan:

P_t : Power transmit.(Watt).

G : Gain antena.

λ : Panjang gelombang (meter).

σ : Cross-section dari target radar.

R : Jangkauan dari radar ke target.

P_I : Level power interference pada sistem penerima power

L_s : Loss dari sistem.

L_A : Loss propagasi.

L_{GP} : Loss ground Plane.

Dari persamaan diatas dapat dilihat S/I tidak hanya dipengaruhi oleh EMI, tetapi juga ada faktor lain yang berpengaruh terhadap unjuk kerja sistem Radar.

Interferensi dalam radar penerima adalah kontribusi power rata-rata dari *interference* (I) yang dijumlahkan dengan power *noise* (N), sehingga jumlah power tersebut akan cenderung untuk menghalangi deteksi dari target yang diinginkan.

4. Hasil dan Pembahasan

Bentuk gelombang radar maritim yang dihasilkan dapat diberikan dengan persamaan dasar: 4 [5]

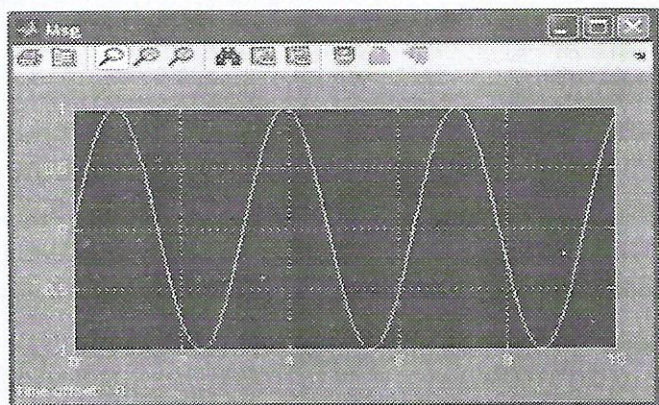
$$S(t) = A \sin(2\pi f_c t + \theta(t)) \quad (4)$$

Keterangan :

$S(t)$: Sinyal *echo* yang diterima radar.

$A(t)$: Amplitudo sinyal *echo* Radar.

$\theta(t)$: Pergeseran phase



Gambar 2: Gelombang Sinus

Sinyal tersebut dimodulasi dengan sistem FM (*Frequency Modulation*) dan bentuk gelombang modulasi dapat berupa gelombang *linear sawtooth*, gelombang *triangle* atau gelombang sinus. Frekuensi modulasi mempunyai efek spektrum yang luas dari bentuk gelombang dasar tersebut, sehingga meningkatkan kemampuan untuk menentukan *range* (jangkauan) sinyal radar. Dalam hal ini sinyal dimodulasi dengan sinyal pembawa gelombang sinus dan menghasilkan persamaan : 5 [6]

$$S(t) = A \sin[2\pi f_c t + m_f \sin(2\pi f_m t)] \quad (5)$$

$$m_f = \delta f_c / f_m$$

Keterangan :

$S(t)$ adalah bentuk gelombang sebagai fungsi waktu.

A adalah amplitudo dari gelombang modulasi.

f_c adalah frekuensi carrier.

m_f adalah indek modulasi frekuensi.

f_m adalah frekuensi modulasi sinusoidal.

δf_c adalah deviasi *carrier*, perubahan frekuensi *peak* dari *center* oleh modulasi.

Bentuk gelombang *echo* yang diterima dari *scatter* tunggal yaitu sinyal radar yang diterima dari target pada jarak R sesuai dengan persamaan : 6.

$$S_r(t) = A_r \sin[2\pi f_c(t - \Delta t) + m_f \sin 2\pi f_m(t - \Delta t)] \quad (6)$$

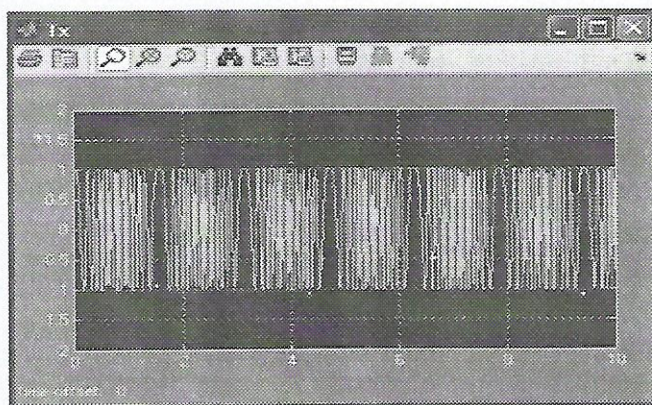
$S_r(t)$ adalah sinyal *echo* yang diterima.

A_r adalah Amplitudo sinyal *echo* yang diterima.

Δt adalah waktu delay.

$$\Delta t = \frac{2R}{c} \quad (7)$$

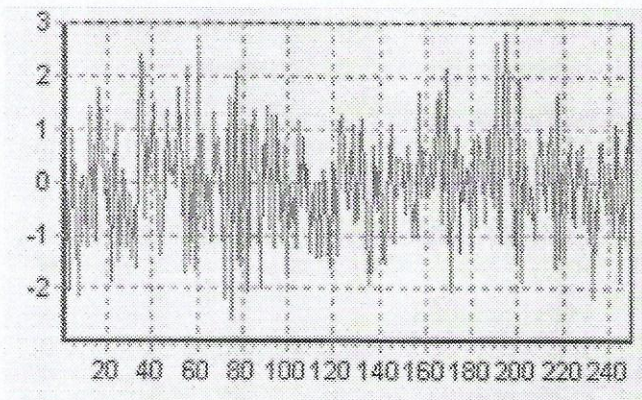
c adalah kecepatan gelombang di udara



Gambar 3: Proses modulasi sinyal Radar FMCW

Gelombang sinus seperti terlihat dalam Gambar 2 akan diganggu dengan adanya EMI, dimana sebagai contoh adalah persamaan sinyal gangguan yang memungkinkan timbul secara acak dari lingkungan propagasi udara sekitar penempatan radar, gangguan tersebut mempunyai tegangan terdistribusi menurut distribusi normal dengan rata-rata 0 dan varian σ . probabilitas gangguan tersebut mengikuti fungsi *additive white gaussian noise* (AWGN) dinyatakan dengan persamaan 8 dan realisasi sinyal AWGN digambarkan sesuai dengan gambar : 4.

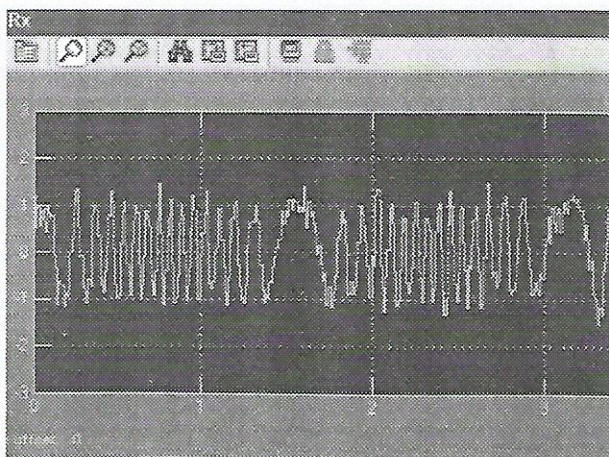
$$P(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x}{\sigma}\right)^2\right] \quad (8)$$



Gambar 4: Sinyal Gangguan

Dari ilustrasi diatas dapat terlihat, Gangguan sinyal RF mempengaruhi kualitas yang biasa dinyatakan dengan Sinyal to *Interference Ratio* (S/I).

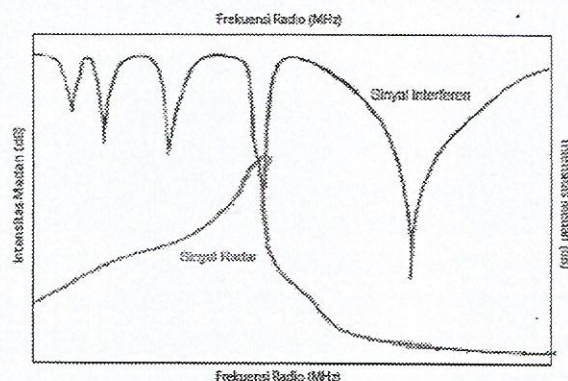
Bila interferensi RF yang datang dari sumber komunikasi lain terjadi secara berkesinambungan, maka ini memungkinkan sistem Radar FMCW ini tidak dapat komunikasi dalam arti radar tidak dapat mendeteksi keberadaan target. Dan apabila interferensi RF yang datang dari luar muncul hanya sebentar-sebentar, tidak berkesinambungan, maka sistem radar dapat melakukan fungsinya, apabila gangguan RF tersebut tidak dalam kondisi aktif (gangguan RF tidak muncul). Dan Level sinyal *Interference* RF tinggi maka sinyal yang diinginkan dari *echo* target akan lenyap, sehingga sistem Radar Maritim tidak dapat mengidentifikasi target yang dikehendaki.



Gambar 5: Sinyal radar yang terganggu EMI

Sinyal Interferensi dalam sinyal balik radar untuk radar FMCW merupakan suatu persoalan yang harus diselesaikan dalam mendeteksi suatu target. Setelah sinyal yang mengganggu terdeteksi, besar kecilnya sinyal interferensi mempunyai pengaruh terhadap unjuk kerja radar. Untuk meminimalisasi pengaruh sinyal interferensi ini salah satunya dengan cara menaikkan nilai power sinyal yang diterima. Hal ini memungkinkan sinyal radar dapat mendeteksi target walaupun dengan keberadaan sinyal yang mengganggu.

Pada waktu dua atau lebih sistem radar secara fisik berdekatan satu dengan yang lain dan beroperasi pada frekuensi tinggi, kondisi ini memungkinkan radar satu dengan radar yang lain akan terganggu. Sistem ini disebabkan pancaran komunikasi sistem elektronik radar merupakan produksi EMI terbesar, dan ini disebabkan karena level daya sistem radar umumnya tinggi, adanya penyebaran spektrum yang disebabkan pulsa pendek menempati base-band yang lebar, radiasi harmonik secara relatif mempunyai level tinggi, frekuensi pembawa yang digunakan untuk pengoperasian radar menggunakan frekuensi tinggi (*microwave*). Adapun proses terganggu sinyal radar yang dikehendaki dengan adanya EMI yang dihasilkan dari radar lain, dapat dipertunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6: EMI antara Radar dengan Radar

S_1 sinyal dari target yang dikehendaki

S_2 Sinyal gangguan yaitu sinyal dari radar lain.

5. Kesimpulan

Penurunan unjuk kerja radar berkaitan erat dengan level *interference* (I) dari sinyal RF pada radar penerima. RFI / EMI dapat menyebabkan hilangnya sinyal yang direfleksikan oleh suatu target pada setiap jangkauan.

Kekebalan terhadap EMI diperlukan suatu pengukuran dalam sistem radar, hal ini bertujuan mencakup kemampuan untuk menghambat deteksi atau tampilan sinyal yang ditransmisikan dari radar lain dan kemampuan untuk mendeteksi target yang diinginkan, dengan adanya sinyal dari radar lain maupun sinyal-sinyal dari sistem komunikasi lain seperti pemancar TV, *microwave link* dan sebagainya. Kondisi tersebut dikenal dengan istilah EMC (*Electromagnetic Compatibiliy*)

6. Daftar Referensi

1. <http://www.mattharang.com/wallpapers/PCH%20coast%20wallpaper.jpg>.
2. J.L. Norman Violette, PH.D; Donald R.J.White,MSEE; Michael F. Violette,BSEE, "Electromagnetic Compatibility Hand book", *Van Nostrand Reinhold Company*, New York, 1987.
3. Clayton R. Paul , "Introduction to Electromagnetic Compatibility" , *Wiley Interscience*, 1992.
4. Merrill Skolnik, " Radar Handbook" Mc Graw Hill, copyright 2008.
5. Mark A. Richards, Ph.D, "Fundamentals of Radar Signal Processing " *Mc Graw-Hill*, copyright 2005.
6. Byron EDDE , "Radar Principles, Technology, Applications " , *Prentice-Hall*, 1993.
7. S.A.Hovanessian, "Radar Detection & Tracking System" *Artech House*, Fourth Printing 1982.
8. Tim Willians, "EMC For product Designer", *Newnes*, second eddition, 1996.
9. Wott Henry, "Noise Reduction Techniques in Electronic Systems" *John Wiley & Sons*, Second Edition, copy right 1988.

Implementasi Teknologi *Global Position System* Dalam Deteksi Posisi Senjata Berbasis Short Message Service

Sari Ayu Wulandari, ST¹⁾, Sari Wijayanti, M.Kom²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Dian Nuswantoro

Jalan Nakula I No. 5-11 Semarang

Email : sariayukudus@yahoo.co.id

²⁾ Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Dian Nuswantoro

Jalan Nakula I No. 5-11 Semarang

Email : sari_wijayanti@dosen.dinus.ac.id

Abstract

The weapon is normally used for defence and security. The weapon arsenal should be organized to easy the security personels to locate the certain weapon. The weapon should be indexed to mark it. Sometimes, the weapons are kept for a long time. This situation may lead to act of weapon steeling. To avoid this problem, the security agency can us LBS technology and cellular phone to locate the stolen weapon using microcontroller AT89S51 that automatically send the position of the weapon via SMS to the cellular phone. Thus, the owner of the weapon will know the position of the stolen weapon.

Keywords : LBS, Tracking weapon, microcontroller AT89S51

Abstrak

Senjata selalu diidentikan dengan pertahanan dan keamanan suatu negara. Jika suatu negara tidak dapat mengorganisasikan keberadaan senjatanya, maka negara tersebut juga akan kesulitan mengatur penggunaan senjatanya. Selain itu, index senjata juga dibutuhkan sebagai penanda senjata yang legal. Terkadang manusia harus meninggalkan senjata untuk menyelesaikan beberapa hal dalam waktu yang lama. Kondisi seperti itu dapat menimbulkan adanya tindak pencurian yang merupakan tindakan kejahatan yang tak terduga. Untuk mengatasi masalah di atas maka butuh membuat alat keamanan dengan memanfaatkan teknologi LBS dan ponsel untuk mengetahui posisi benda bergerak berbasis mikrokontroler AT89S51 yang bekerja secara otomatis akan mengirimkan posisi benda yang berupa titik kordinat dengan cara mengirimkan SMS ke ponsel pada alat dengan format sesuai dengan yang telah ditentukan. Dengan demikian pemilik senjata dapat mengetahui posisi senjata bila telah terjadi pencurian dan dapat segera melapor ke pihak berwajib

Kata kunci : LBS, Tracking Senjata, Mikrokontroler AT89S51

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan aktivitas manusia semakin pesat, secara tidak langsung menyebabkan manusia sering meninggalkan senjatanya, maka alat dengan pemanfaatan teknologi GPS dan jaringan GSM untuk pengiriman tanda pencurian berbasis mikrokontroler AT89S51 sangat dibutuhkan untuk membantu pemilik senjata dalam memonitor

keberadaan senjatanya disaat menjalankan aktivitasnya. Alat ini menggunakan LBS untuk menentukan posisi/tempat dimuka bumi dengan menggunakan peralatan BTS telekomunikasi dan output LBS merupakan masukan dari mikrokontroler, sedangkan LCD display merupakan keluaran dari mikrokontroler bertujuan untuk menampilkan titik koordinat letak kejadian. Telepon genggam merupakan keluaran

mikrokontroler yang dihubungkan dengan RS-232 yang digunakan sebagai sarana untuk mengirimkan pesan ke pemilik senjata melalui telepon genggam yang dibawanya. Alat ini terdiri dari beberapa rangkaian, diantaranya rangkaian LBS, rangkaian sistem minimum, rangkaian LCD display, dan telepon genggam GSM. Dalam pembuatan alat keamanan dengan pemanfaatan teknologi LBS dan jaringan GSM untuk pengiriman tanda pencurian berbasis mikrokontroler AT89S51 mempunyai tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengatasi masalah dalam bidang keamanan khususnya pada senjata.
2. Untuk menambah wawasan bagi pembaca.

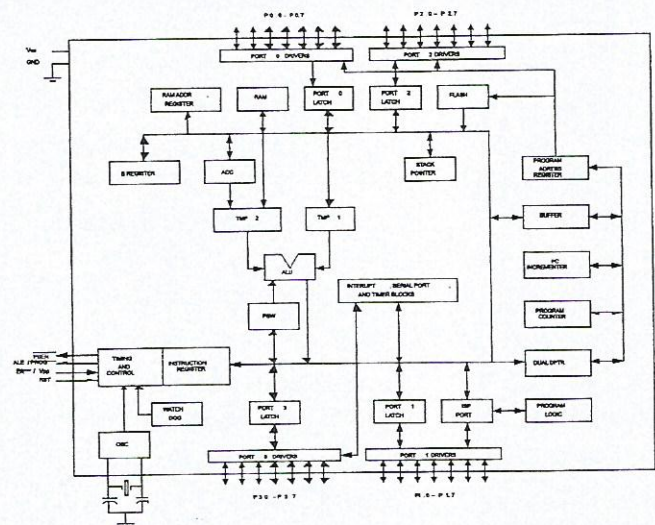
2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikrokontroler AT89S51

Fungsi utama unit pengendali adalah mengambil, mengkode dan melaksanakan urutan instruksi sesuai urutan program yang tersimpan didalam memori. Unit pengendali mengatur urutan operasi sistem. Mikrokontroler adalah satu chip yang bekerja sesuai dengan program. Single Chip merupakan sebutan yang umum diberikan suatu komponen, yang terdiri dari, mikroprosesor, ROM, RAM, Unit I/O. Perbedaan yang menonjol antara PC dan dengan Single Chip adalah penggunaan I/O, bukan hanya dipergunakan untuk berkomunikasi dan media program.

Mikrokontroler AT89S51 memiliki fasilitas internal yang hampir sama dengan MCS-51 diantaranya sebagai berikut:

- CPU 8bit yang sesuai dengan kebutuhan kedali.
- Memiliki proses boolean.
- Flash memori program didalam chip 4 Kbytes.
- 32 I/O dua arah yang dapat diamati sendiri-sendiri.
- 2 buah Timer/Counter 16 bit dan 6 buah sumber interupsi.
- 128 x 8 bit RAM internal.
- Pembangkit gelombang (osilator).
- Memiliki WDT (watchdog Timer).



- Memiliki dua DPTR (Data Pointer)
- Diprogram melalui ISD (In-System Programmable)

Mikrokontroler AT89S51 untuk operasinya mengambil memori data program dari luar, dalam hal ini EPROM. Dalam operasi pengambilan suatu sistem, mikrokontroler ini dihubungkan dengan EPROM sebagai penyimpan program.

2.2 OSILATOR KRISTAL

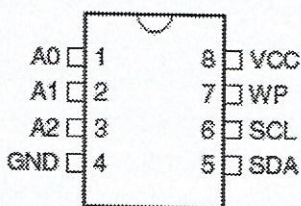
Kristal adalah komponen yang berfungsi untuk membangkitkan frekuensi osilasi piezoelektrik. Bahan yang biasa digunakan untuk memperoleh efek piezoelektrik diantaranya kwarsa, garam Rochelle dan tourmaline. Bahan yang banyak digunakan adalah kristal kwarsa.

Keping tipis dari kristal kwarsa tersebut dipasang antara elektroda. Frekuensi ini dibangkitkan dengan cara memberikan tegangan pada permukaan keping kristal, maka keping tersebut akan mengalami getaran mekanis.

Sebaliknya jika kristal ini dikenakan getaran mekanis maka permukaan kristal akan menghasilkan tegangan listrik. Tegangan inilah yang digunakan sebagai pengemudi rangkaian osilator. Nilai frekuensi yang dibangkitkan oleh kristal biasanya tercetak diatas permukaan kemasannya. Sebuah contoh kristal dengan tulisan nilai 11,596 artinya kristal tersebut bekerja pada frekuensi 11,596 MHz.

2.3 EEPROM

EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) 24C64 merupakan memory program yang dapat melakukan proses baca tulis



Gambar 3 : Konfigurasi kaki EEPROM 24C64

atau diprogram ulang dengan sistem electric. EEPROM 24C64 memiliki kapasitas memory sebesar 8 Kbyte dan bersifat tidak mudah menguap (nonvolatile). Bagian dalam dari serpih ini terdiri dari penahan data, penyangga dan decoder.

Tabel 1. Konfigurasi Kaki

Nama Kaki	Fungsi
A0 - A2	Input alamat
SDA	Serial Data
SCL	Serial Clock Input
WP	Write Protect

Serial EEPROM type AT24C64 adalah merupakan memory serial yang menggunakan teknologi I2C dimana dengan adanya penggunaan teknologi tersebut, jumlah I/O yang digunakan untuk mengakses memory tersebut semakin sedikit. Hal ini sangat bermanfaat bagi sebuah system yang memerlukan banyak I/O. Penggunaan I/O yang semakin sedikit untuk mengakses memory, akan menyediakan lebih banyak I/O yang dapat digunakan untuk keperluan lain. I2C adalah teknologi komunikasi serial yang ditemukan oleh Philips pada tahun 1992 dan direvisi hingga versi 2.1 yang terbaru pada tahun 2000. teknologi ini hanya menggunakan 2 buah jalur I/O yaitu SDA dan SCL.

SDA merupakan jalur data pada komunikasi I2C sedangkan SCL merupakan jalur clock dimana sinyal clock akan selalu muncul setiap bit dari pengiriman data. Komunikasi I2C diciptakan oleh Philips bukan hanya untuk serial EEPROM melainkan juga untuk diperlukan bagi komponen-komponen lain yang mempunyai kemampuan untuk diakses secara I2C.

1.4 LIQUID CRYSTAL DISPLAY (LCD)

Modul ini merupakan modul tampilan kristal cair matriks titik dengan pengendali LCD didalamnya. LCD display modul M1632 terdiri dari dua bagian, yang pertama merupakan panel LCD

sebagai media penampil informasi dalam bentuk huruf/angka dua baris, masing masing baris menampung 16 angka/baris.

Bagian ke dua merupakan system yang dibentuk dengan mikrokontroler yang ditempelkan dibalik pada panel LCD, berfungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi LCD1632 dengan mikrokontroler yang memakai tampilan LCD itu. Dengan demikian pemakaian M1632 menjadi sederhana, system lain yang M1632 cukup mengirim kode kode ASCII dari informasi yang ditampilkan seperti layaknya memakai sebuah printer. Untuk berhubungan dengan mikrokontroler memakai M1632 dilengkapi dengan 8 jalur data (DB0...DB7) yang dipakai untuk menyalurkan kode ASCII maupun perintah mengatur kerjanya M1632. selain itu dilengkapi pin control E, R/W dan RS seperti layaknya komponen yang kompatibel dengan mikrokontroler. RS singkatan dari Register Select, dipakai untuk membedakan jenis data yang dikirim ke M1632, kalau RS=0 data yang dikirim adalah perintah untuk mengatur kerja M1632, sebaliknya jika RS=1 data yang dikirim adalah kode ASCII yang ditampilkan.

2.5 BAHASA PEMROGRAMAN BASIC

Bahasa BASIC (Beginners All purpose Symbolic Instruction Code) merupakan bahasa tingkat tinggi yang berbentuk interpreter, program dapat ditulis, dijalankan, dirubah dan dijalankan lagi tanpa harus melalui tahap kompilasi seperti pada bahasa tingkat tinggi lainnya yang berbentuk compiler.

3 METODE PENELITIAN

Dalam penyusunan laporan penelitian ini menggunakan metode sebagai berikut:

1. Metode Observasi

Pengumpulan data dengan melihat, mengamati, mengetahui dan mempelajari cara kerja LBS yang berhubungan dengan jaringan

PLMN operator GSM.

2. Metode Studi Literatur

Pengumpulan data dengan cara mempelajari buku-buku, baik elektronik (internet) atau buku cetakan, yang berhubungan dengan materi yang akan di bahas.

3. Metode Perancangan

Dengan menggunakan berbagai komponen elektronika yang akan dibutuhkan tersebut kita membuat atau merancang model sistem.

4. Uji coba

Uji coba ini dibuat untuk mendapatkan hasil penelitian yang akurat berdasarkan semua teori yang didapat dari metode pengumpulan data yang ada. Uji coba ini dimaksudkan untuk membuktikan kebenaran teori yang sudah ada dan juga membuktikan secara langsung jika aplikasi ini digunakan.

5. Metode Analisa

Menguji model yang sudah tercipta, kemudian menganalisa hasil pengujian yang sudah ada.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan :

1. Menyalakan model dengan mengaktifkan ke-3 bagian diatas.
2. Menggeser posisi pemancar dari posisi awal.
3. Mencatat data dan waktu yang dibutuhkan pemancar untuk update posisi
4. Melakukan pencatatan respon yang diterima
5. Melakukan Analisis hasil pengujian posisi dengan berbagai jangkauan pergerakan.

Ada 2 posisi pemancar yang akan dideteksi :

1. Posisi indoor yaitu pada saat senjata berada di indoor.
2. Posisi outdoor yaitu pada saat senjata berada di outdoor.

Adapun data perubahan posisi pemancar yang diperoleh adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Tabel Data Perubahan Posisi Pemancar :

Arah Gerak		Posisi Sebenarnya	Posisi Berdasar LBS		Waktu Terima	Waktu Kirim	% Akurasi
Outdoor	Indoor		Outdoor	Indoor			
timur	barat	112° 44' 9597" BT 7° 16' 9597" LS	112° 44' 9637" BT 7° 16' 9598" LS	112° 44' 9597" BT 7° 16' 9597" LS	09.01	09.00	0,4
timur	barat	112° 44' 9597" BT 7° 16' 9597" LS	112° 44' 9692" BT 7° 16' 9597" LS	112° 44' 9597" BT 7° 16' 9597" LS	09.11	09.10	0,9
timur	barat	112° 44' 9597" BT 7° 16' 9597" LS	112° 44' 9877" BT 7° 16' 9597" LS	112° 44' 9597" BT 7° 16' 9597" LS	09.16	09.15	2,9
timur	barat	112° 44' 9597" BT 7° 16' 9597" LS	112° 44' 9877" BT 7° 16' 9597" LS	112° 44' 9597" BT 7° 16' 9597" LS	09.32	09.30	4,3
selatan	barat	112° 44' 9597" BT 7° 16' 9597" LS	112° 44' 9597" BT 7° 17' 2" LS	112° 44' 9167" BT 7° 16' 9597" LS	09.49	09.47	4,4
selatan	barat	112° 44' 9597" BT 7° 16' 9597" LS	112° 44' 9047" BT 7° 16' 9597" LS	112° 44' 9597" BT 7° 16' 9597" LS	09.51	09.51	5,7

Pada saat waktu kirim 09.00-09.15, posisi beralih dari indoor menuju ke outdoor dengan jeda waktu kirim 1 menit. Saat waktu kirim 09.00, perubahan antara posisi sebenarnya dan posisi LBS hanya berbeda 0,4% dari posisi sebenarnya. Tidak ada perubahan yang signifikan antara posisi sebenarnya dan posisi LBS. Perubahan terjadi pada saat waktu terima berbeda 2 menit dari waktu kirim 09.30. Perubahan antara posisi sebenarnya dan posisi LBS berbeda 4,3 % dari posisi sebenarnya, dimana posisinya dari indoor menuju ke outdoor. Pada saat waktu kirim 09.47, posisi beralih dari outdoor ke indoor. Perubahan antara posisi sebenarnya terjadi jeda waktu 2 menit dan perubahan antara posisi sebenarnya dan posisi LBS berbeda 4,4% dari posisi sebenarnya. Perubahan bertambah besar saat waktu kirim 09.51, posisi beralih dari outdoor ke indoor. Perubahan antara posisi sebenarnya terjadi jeda waktu 1 menit dan perubahan antara posisi sebenarnya dan posisi LBS

berbeda 5,7% dari posisi sebenarnya. Untuk melihat rentang jarak atau daerah jangkauan posisi masing-masing dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel 3. Tabel Hasil Pengukuran Perubahan Posisi dan waktu update

Jangkauan Gerak (m)	Rata-rata Perubahan Posisi		Waktu untuk update posisi	
	Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor
1m	Tak ada perubahan	Tak ada perubahan	± 50 detik	± 80 detik
5m	43"	Tak ada perubahan	± 50 detik	± 80 detik
20 m	170"	132"	± 50 detik	± 80 detik
30 m	288"	230"	± 50 detik	± 80 detik
40 m	415"	430"	± 50 detik	± 80 detik
50 m	525"	550"	± 50 detik	± 80 detik
100 m	1' 12"	1' 200"	± 50 detik	± 80 detik

Posisi awal pada 112° 44' 9597" bujur timur, 7° 16' 9597" lintang selatan. Contoh format SMS yang diterima pada layer ponsel penerima adalah

07.16'9597" LS
112.44'5882" BT

Pada table diatas waktu update posisi antara indoor dan outdoor berselang 35 detik lebih lama di indoor dibandingkan dengan di outdoor.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Perubahan posisi antara posisi sebenarnya dengan posisi berdasar LBS berdasar garis bujur mempunyai toleransi 5%, dapat dilihat dari grafik 1.
2. Perubahan posisi antara posisi sebenarnya dengan posisi berdasar LBS berdasar garis lintang mempunyai toleransi 2%, dapat dilihat dari grafik 2.
3. Pada indoor maupun outdoor, semakin besar perubahan posisi semakin besar pula perubahan waktu kirim dan terima, artinya semakin jauh jarak antara pengirim dan penerima, maka waktu terima SMS-nya juga akan lebih lama.
4. Pada indoor alat mengalami penurunan tingkat akurasi, hal ini dapat dilihat dari grafik 4.
5. Waktu update indoor jauh lebih lama bila dibandingkan dengan outdoor, hal ini bisa dilihat dari tabel 2.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. ATMEL, "AT89S51 8-bit MCU With 8 K Byt Flash. HYPERLINK. <http://atmel.com>", www.atmel.com, 1997.
2. DIPL.ING. Rijanto Tosin, "Bahasa Komputer BASIC Tingkat Dasar ", *ANDI*, Yogyakarta, 1984.
3. Eko Putra. Agrifianto, "Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55", *Gava Media*, Yogyakarta, 2002.
4. Frank D, Peteruzella, "Elektronika Industri", *ANDI*, Yogyakarta, 2002.
5. IC Regulator 78L05-78L24.
6. www.datasheetAhive.com.

Karakterisasi ZnO Untuk Pembuatan Microcantilever Pada AFM

Slamet Widodo, I Dewa Putu Hermida, Goib Wiranto

PPET-LIPI, Jl. Sangkuriang Komp. LIPI Bandung 40135

No.Telp/Fax:022-2504660/022-2504659,

E-mail: widodo @ppet.lipi.go.id

Abstract

Some experiments to deposit the ZnO thin film on silicon have been done in this study. The deposition process is uses DC-Sputtering at 100 watt power and gas pressure 8 mtorr. Furthermore, we analyzed the increasing of the layer thickness and the deposition rate. The result after 60 minutes process shows that the material can be deposited with stabile rate V_{dep} : 20 Å/minute. The surface morphology of the deposited materials are also observed by Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Energy Dispersive Spectroscopy (EDS).

Key words: ZnO Characterization, Microcantilever, Sputtering, Atomic Force Microscope (AFM).

Abstrak

Pada penelitian ini telah dilakukan percobaan deposisi lapisan tipis ZnO diatas silikon (Si). Proses deposisi dilakukan dengan menggunakan perangkat DC- Sputtering pada daya 100 watt dan tekanan argon sebesar 8 mtorr dan selanjutnya diamati pertambahan ketebalan lapisan dan laju kecepatan deposisi. Hasil setelah proses deposisi selama 60 menit terlihat bahwa material ZnO dapat terdeposisi stabil dengan laju pendeposisian mendekati :20 Å/menit. Telah pula diamati morfologi permukaan hasil deposisi dengan menggunakan SEM dan Energy Dispersive Spectroscopy (EDS).

Kata kunci : Karakterisasi ZnO, Microcantilever, Sputtering, Atomic Force Microscope (AFM).

1. Pendahuluan

Atomic Force Microscopy (AFM) ditemukan pada tahun 1986 oleh G. Binnig, C. F. Quate, dan C. Gerber (1). Alat ini sudah banyak digunakan dalam ilmu pengetahuan seperti pada material sains, ilmu fisika, kimia, biologi dan lain-lain. AFM ini merupakan suatu alat yang tangguh dan mempunyai resolusi tinggi terutama pada imaging dan karakterisasi untuk bahan-bahan seperti metal, polimer, keramik, semikonduktor, dan biomolekul.^[2-6]

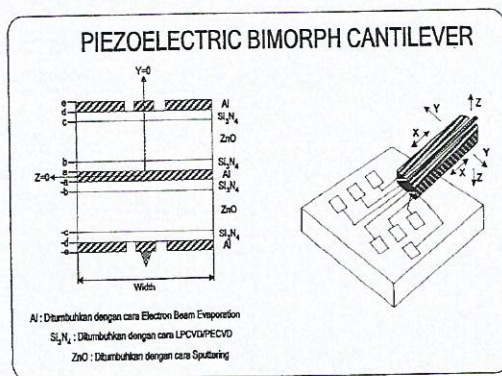
Untuk membuat devais mikrocantilever dari bahan silikon (Si) dilakukan serangkaian tahapan proses, dalam penelitian ini dilakukan salah satu proses dan karakterisasi dari pendeposisian ZnO diatas substrat Si dengan metode sputtering. Salah satu teknik pendeposisian untuk menghasilkan film tipis adalah dengan metode sputtering.⁽⁷⁾ Pada

proses sputtering, terjadi proses penembakan bahan pelapis (target) dengan ion-ion berenergi tinggi sehingga terjadi pertukaran momentum. Atom dari target akan terlepas dan menempel pada substrat. Selama proses dimasukan gas argon (Ar) sebagai media pembentuk plasma. Metoda sputtering ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan menggunakan metoda evaporasi, antara lain adalah adhesivitas antara lapisan dan permukaan substrat lebih kuat, ketebalan lapisan lebih mudah damati dan dikendalikan serta dapat digunakan untuk pendeposisian banyak lapisan (*multi layer*). Dengan metode ini juga dapat dilakukan pendeposisian untuk material isolator maupun konduktor.

Pada penelitian ini dilakukan aplikasi sistem sputtering pada proses pendeposisian untuk aplikasi divais cantilever yaitu pada lapisan ZnO

(8). Lapisan ZnO juga telah dikenal sebagai lapisan film tipis yang dapat diaplikasikan pada berbagai jenis divais mikroelektronika terutama berbasis silikon. Secara umum lapisan ini dipergunakan sebagai lapisan aktif sensing untuk sensor gas, lapisan anti reflector (AR Coating), piezoelectric cantilever dan lain-lain, metode sputtering menjadi salah satu alternatif dalam proses fabrikasinya. Proses tanpa efek panas, deposisi dengan range ketebalan yang cukup memberikan harapan bagi perkembangan teknik fabrikasi divais semikonduktor.

Devais dari sistem mikrocantilever AFM ini dibuat diatas substrat silikon (Si). Ini mencakup sebagian besar dari elektroda, dielektrik dan piezoelectric bimorph cantilever seperti dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1: Potongan melintang Piezoelectric Bimorph Cantilever.

2. Eksperimen

2.1. Mekanisme Sistem Sputtering

Sumber bahan pelapis (target) ditempatkan dalam ruang hampa (vakuum) berhadapan dengan substrat (bahan yang akan dilapisi). Hal ini dimaksudkan agar atom-atom yang berhamburan dari permukaan target dengan mudah dapat mengendap (terdeposit) di atas permukaan substrat. Kemudian chamber di vakumkan hingga tekanan mencapai antara 5×10^{-5} sampai 5×10^{-7} torr. Sebagai partikel penembak digunakan gas inert (argon, helium dan lain-lain) yang dialirkan ke dalam ruang hampa sehingga tekanan naik

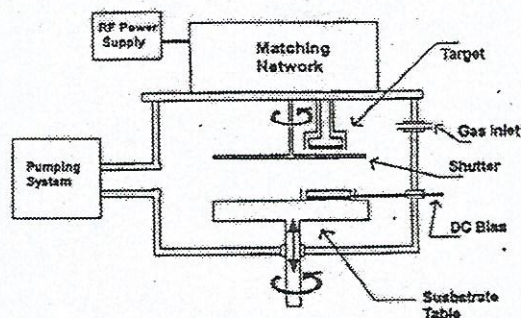
mencapai 1-99 mTorr. Dengan pemberian perbedaan tegangan potensial yang tinggi diantara kedua elektroda (yaitu target sebagai katoda dan substrat sebagai anoda), pada tekanan gas dan jarak tertentu, maka akan terjadi loncatan elektron akibat ionisasi gas argon. Ion-ion tersebut akan menumbuk permukaan target ke seluruh ruangan hingga akhirnya mengendap dan membentuk lapisan tipis pada permukaan substrat. Untuk elektroda yang terbuat dari isolator atau dielektrik, elektron yang terlepas dari permukaan katoda tidak dapat digantikan oleh bahan konduktor. Oleh sebab itu, permukaan katoda (target) terakumulasi dengan muatan positif yang akhirnya dapat memperkecil beda potensial antara kedua elektroda sehingga akan mengakibatkan terhambatnya penghamburan atom-atom target. Hal ini dapat dihindari dengan menggunakan arus bolak-balik dengan frekuensi yang tinggi. Dalam hal ini frekuensi yang digunakan adalah frekuensi radio.^[8] Proses deposisi akan terjadi bilamana terbentuk plasma di dalam chamber dan terjadinya pancaran cahaya ungu yang diakibatkan oleh benturan ion-ion target dengan gas inert.

2.2. Peralatan dan Prosedur Eksperimen

Substrat yang akan dideposisi dibersihkan terlebih dahulu melalui proses pencucian standar yaitu dengan menggunakan bahan kimia TCE (Tri Chloro Ethylene), acetone, propanol, dan DI water. Pencucian ini dimaksudkan untuk menghilangkan lemak ataupun kotoran debu di atas substrat. Selanjutnya substrat dikeringkan pada temperatur 80°C selama 15 menit. Sebelum proses deposisi berjalan, chamber divakumkan hingga mencapai 10^{-7} torr. Selanjutnya gas argon (Ar) dialirkan ke dalam chamber hingga tekanan naik mencapai 2×10^{-2} torr. Proses deposisi berjalan pada saat tekanan mencapai tekanan operasi (8 mtorr). Bahan substrat yang dipergunakan untuk percobaan adalah bahan wafer silikon orientasi (100) dengan ukuran 3 inch, sedangkan target dan substrat diatur konstan setinggi 20 cm. Demikian juga temperatur

chamber diatur konstan pada temperatur 27°C .

Peralatan sputtering yang dipakai pada eksperimen ini adalah sistem DC-sputtering ARC-12M Plasma Science, seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1: Skematik Sistem DC/RF Sputtering

Sistem ini terdiri dari chamber ruang hampa (terbuat dari bahan stainless steel) berdiameter 0,4 m dan tinggi 0,5 m. Komponen utama terdiri 3 wadah target 0,15 m, 3 buah shutter titanium 1 buah wadah substrat 0,3 m dan sebuah DC/RF power supply bertenaga maximum 600 watt. Untuk mendapatkan tingkat kevakuman yang tinggi dipergunakan pompa mekanik yang bekerja sampai tekanan 10^{-2} torr dengan kecepatan pompa: 40 l/menit. Selanjutnya pompa turbomolekular (Varian 250) akan menyala dengan kecepatan pompa: 250 l/detik untuk mencapai tingkat kevakuman: 10^{-5} - 10^{-7} torr.^[9]

2.3. Aplikasi Sistem Sputtering Untuk Deposisi Lapisan Tipis

Pada penelitian ini dilakukan percobaan deposisi lapisan tipis ZnO yang digunakan untuk pembuatan piezoelectric mikrocantilever dengan sistem sputtering. Sistem deposisi ini dikontrol dengan menggunakan komputer PC. Sistem kontrol ini selain memungkinkan monitoring seluruh proses deposisi juga dapat menyimpan parameter proses sehingga memungkinkan proses pengulangan secara otomatis (*repeatability*).

Material Metal Oksida

Target : Seng Oksida (ZnO)

Kondisi Proses

Metode : DC Sputtering

Daya : variasi (100, 150, 200, 250, 300 watt)

Tekanan gas : variasi (8, 10, 15 mTorr).

Material Metal Oksida

Target : Seng Oksida (ZnO)

Kondisi Proses

Metode : DC Sputtering

Daya : 100 watt)

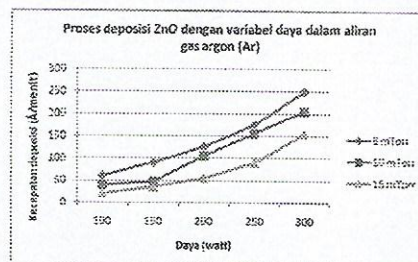
Tekanan gas : 8 mTorr.

3. Hasil dan Pembahasan

Deposisi Material ZnO

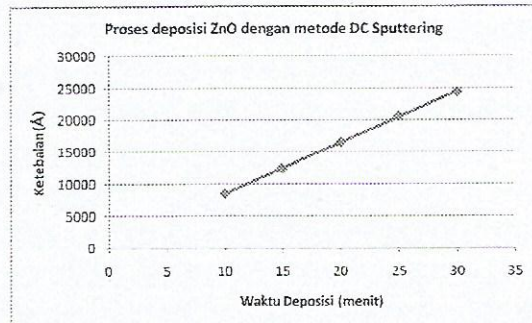
Untuk deposisi material ZnO dilakukan dengan menggunakan metoda DC-sputtering dengan memvariasikan daya dengan tekanan gas argon (Ar). Pada Gambar 3.1 menunjukkan bahwa V_{dep} : ZnO akan menurun dengan tingginya tekanan gas argon dan V_{dep} akan naik dengan meningkatnya daya yang diberikan. Hal ini disebabkan karena tingginya tekanan argon akan mengakibatkan terhalangnya proses *glow discharge* sedangkan semakin tinggi power digunakan akan semakin mudah terbentuknya beda potensial diantara elektrodanya. Deposisi berjalan dengan stabil pada tekanan argon (Ar) : 8 mTorr, dan kecepatan deposisi terlihat konstan selama 60 menit.

Proses kecepatan deposisi ZnO dengan variabel daya dan aliran gas argon (Ar) dapat dilihat pada Gambar 3.1.



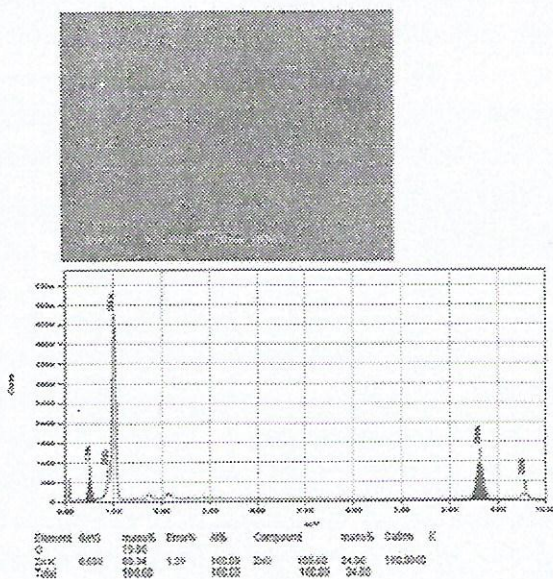
Gambar 3.1: Pengaruh daya dan tekanan argon terhadap kecepatan deposisi ZnO

Proses deposisi ZnO dengan mode DC- sputtering pada daya : 100 watt dan tekanan gas Ar: 8 mTorr dapat dilihat pada Gambar 3.2.

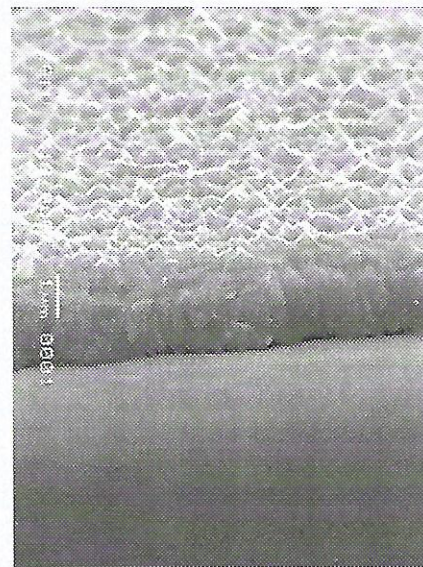


Gambar 3.2: Kecepatan deposisi ZnO pada tekanan gas Ar :8 mTorr vs. Waktu deposisi

Proses pendeposisian ZnO dengan metode Sputtering pada tekanan gas argon (Ar) : 8 mTorr., dengan laju deposisi (V_{dep}) mendekati 20 Å/menit. Pada gambar 3.3 pelapisan ZnO dengan sputtering dilihat dengan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) dihasilkan persentasi ZnO 100%, sehingga didapat pelapisan ZnO murni dan gambar 3.4 morfologi pelapisan ZnO dengan DC-Sputtering selama 1 jam dilihat dengan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM).



Gambar 3.3: EDS dari Pelapisan ZnO dengan metode Sputtering



Gambar 3.4: Morfologi Pelapisan ZnO menggunakan metode Sputtering selama 1 jam.

4. Kesimpulan

1. Telah dilakukan percobaan proses deposisi lapisan tipis ZnO di atas substrat silikon dengan menggunakan metoda DC-sputtering.
2. Kecepatan deposisi ZnO menggunakan DC sputtering terlihat lebih cepat dengan semakin besarnya daya yang digunakan, tetapi berkurang dengan semakin tingginya tekanan gas argon.
3. Proses deposisi berjalan dengan stabil pada tekanan argon (Ar) 8 mtorr, dan kecepatan deposisi terlihat konstan selama 60 menit dan laju deposisi berkisar 20 Å/menit.
4. Lapisan permukaan hasil pendeposisian dengan metode sputtering diperlihatkan dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS).

Ucapan Terima Kasih

Kegiatan penelitian ini dilakukan dalam rangka melaksanakan program kegiatan DIPA di PPET-LIPI. Penulis ucapkan terimakasih kepada Puslit PPET-LIPI yang telah memberikan fasilitas dan kepada rekan-rekan atas kerjasamanya.

5. Daftar Pustaka

1. G. Binning, C. F. Quate, and C. Gerber, "Atomic force microscope", *Phys.Rev. Lett.*, vol. 56, p. 930, 1986.
2. S. A. C. Gould, B. Drake, C. B. Prater, A. L. Weisenhorn, S. Manne, H. G. Hansma, P. K. Hansma, J. Massie, M. Longmire, V. Elings, B. D. Northern, B. Mukergee, C. M. Peterson, W. Stoeckenius, T. R. Albrecht, and C. F. Quate, "From atoms to integrated circuit chips, blood cells, and bacteria with the atomic force microscope", *J. Vac. Sci. Technol. A*, vol. 8, p. 369, 1990.
3. A. L. Weisenhorn, J. E. M. Dougall, S. A. C. Gould, S. D. Cox, W. S. Wise, J. Massie, P. Maivald, V. B. Elings, G. D. Stucky, and P. K. Hansma, "Imaging and manipulating molecules on a zeolite surface with an atomic force microscope", *Science*, vol. 247, p. 1330, 1990.
4. S. Manne, H. J. Butt, S. A. C. Gould, and P. K. Hansma, "Imaging metal atoms in air and water using the atomic force microscope", *Appl. Phys.Lett.*, vol. 56, p. 1758, 1990.
5. D. Fotiadis, S. Scheuring, S. A. Muller, A. Engel, and D. J. Muller, "Imaging and manipulation of biological structures with the AFM", *Micron*, vol. 33, p. 385, 2002.
6. N. Oyabu, O. Custance, I. Yi, Y. Sugawara, and S. Morita, "Mechanical vertical manipulation of selected single atoms by soft nanoindentation using near contact atomic force microscopy", *Phys. Rev. Lett.*, vol. 90, p. 176102, 2003.
7. J. Yarwood and P. Anderson, "Vacuum and Thin Film Technology", *Pergamon Press*, Oxford, 1978.
8. R.V. Stuart, "Vacuum Technology, Thin Film, and Sputtering, an Introduction", *Academic Press*, New York, 1983.
9. "Manual Operation, ARC-12M", *Plasma Science Inc.*

Pembuatan Magnet Permanen Bonded Hybrid Motor Stepper

Nanang S.⁽¹⁾, Ade Ramdan⁽²⁾, Novrita I.⁽¹⁾, Tony K.⁽¹⁾, Widhya B.⁽¹⁾.

⁽¹⁾Puslit Elektronika dan Telekomunikasi LIPI

Kampus LIPI Gd.20 Lt. 4 Jl. Sangkuriang Bandung INDONESIA

Tlp. 022 2504660, Fax : 022 2504659.

⁽²⁾Puslit Informatika LIPI

Kampus LIPI Gd.20 Lt. 3 Jl. Sangkuriang Bandung - INDONESIA

Tlp. 022 2504711, Fax : 022 2504712

E-mail : nanang@ppet.lipi.go.id

Abstract

Research on magnet bonded hybrid has been done by using powder of hard magnetic Barium Ferrite ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) and Neodymium Iron Boron (NdFeB) Magnequench as raw materials. These magnetic material were bonded with Phenol Formaldehyde powder. The chemical composition of $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ powder and NdFeB powder is 50 wt% : 50 wt%, while the chemical composition between hard magnetic powder and material polymer is 80 wt% : 20 wt% and 90 wt% : 10 wt%. Bonded process was done by using hotpress machine at pressure of 2 tonnes, temperatures of 100 and 150 °C during 10 and 15 minutes. Magnetic characteristics were characterized by using Permagraph Magnet Physik Germany and Gauss Meter Yokogawa. Result of the Magnetic bonded hybrid from this research can be applied for Stepper Motor TEAC type 14769070-30.

Keyword : Magnet Permanen, Magnet Bonded Hybrid, Barium Ferit, Neodymium Iron Boron, Motor Stepper.

Abstrak

Telah dilakukan penelitian pembuatan magnet bonded hybrid dengan menggabungkan serbuk magnet permanen Barium Ferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) dan Neodymium Iron Boron (NdFeB) Magnequench sebagai bahan baku utama. Kedua bahan ini dibonded dengan serbuk Phenol Formaldehyde (Bakelite). Perbandingan komposisi serbuk $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ dan serbuk NdFeB adalah 50 wt% : 50 wt%, sedangkan perbandingan komposisi serbuk magnet permanen dan bahan polimer adalah 80 wt% : 20 wt% dan 90 wt% : 10 wt%. Proses Bonded dilakukan dengan menggunakan mesin hotpress pada tekanan 2 ton, temperatur 100 dan 150 °C selama 5 dan 10 menit. Sifat magnet akan dikarakterisasi dengan Permagraph Magnet Physik Germany dan Gauss Meter Yokogawa. Hasil pembuatan magnet permanen akan diujicoba pada Motor Stepper Merk TEAC type 14769070-30.

Kata Kunci : Magnet Permanen, Magnet Bonded Hybrid, Barium Ferit, Neodymium Iron Boron, Motor Stepper.

1. Pendahuluan

Motor stepper banyak digunakan dalam bidang industri terutama dipakai pada suatu mesin atau peralatan kontrol digital yang membutuhkan ketepatan posisi. Perputaran motor stepper adalah perputaran yang diskrit dan arah perputarannya dapat searah ataupun berlawanan dengan arah jarum jam. Dalam motor stepper Merk TEAC type 14769070-30 terdapat sebuah magnet permanen dan delapan buah lilitan.

Magnet permanen bonded hybrid adalah salah satu magnet permanen yang dapat diaplikasikan pada motor stepper. Fungsi magnet permanen pada motor stepper adalah sebagai rotor yang akan mengubah energi listrik menjadi energi mekanik.

Pada percobaan ini, dicoba untuk membuat magnet permanen dengan menggabungkan serbuk magnet NdFeB dengan serbuk magnet barium ferit. Kedua bahan ini akan dibonded dengan bahan polimer phenol

formaldehide (bakelite) dengan tujuan untuk mendapatkan magnet yang murah dengan karakteristik yang baik seperti ; temperatur operasi dan temperatur curie tinggi, tahan korosi dan meningkatkan sifat magnet. Teknologi proses yang akan digunakan adalah metalurgi serbuk dengan tahapan mixing, pressing, dan magnetisasi. Teknik pressing dilakukan dengan cara hot press pada temperatur 100 dan 150°C.

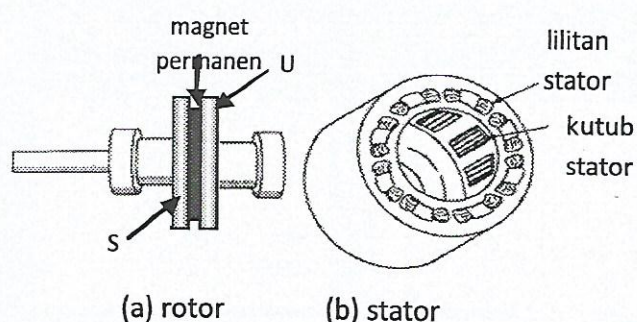
Dari hasil karakterisasi, diambil yang terbaik dan dibuat sampel magnet permanen sesuai bentuk dan ukuran untuk motor *stepper*.

2. Teori

Berdasarkan pada prinsip kerjanya motor *stepper* terbagi menjadi tiga jenis[1], yang mempunyai karakteristik berbeda-beda, yaitu :

1. Motor Stepper Magnet Permanen (PM),
2. Motor Stepper Variabel Reluktance (VR),
3. Motor Stepper Hybrid.

Motor *stepper Merk TEAC type 14769070-30* merupakan jenis motor *stepper* magnet permanen (PM), yaitu motor *stepper* yang rotornya merupakan magnet permanen, statornya terdiri dari beberapa belitan yang akan menghasilkan kutub kutub elektromagnetik ketika diberi tegangan. Komponen motor *stepper* magnet permanen dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1: Komponen Motor Stepper Magnet Permanen

Magnet permanen sebagai rotor(a) pada motor *stepper* diselubungi oleh ring konduktor (*hollow*)

dengan sebuah celah di tengah, hal ini dimaksudkan untuk memfokuskan medan magnet permanen[2] pada konduktor yang akan menempel ke dinding stator(b).

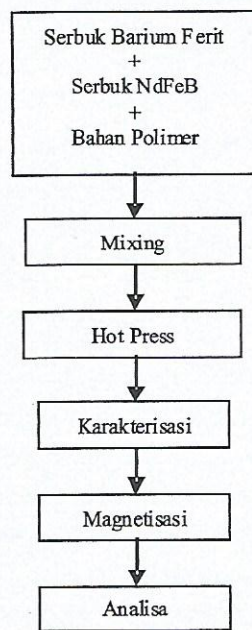
3. Metoda

3.1 Pembuatan Magnet Permanen Bonded Hybrid

Magnet bonded hybrid disiapkan dengan mencampurkan serbuk magnet barium ferit yang telah dibuat dengan teknologi metalurgi serbuk dengan serbuk magnet neodymium iron boron dengan perbandingan 50 % : 50 % berat, yang disebut sebagai campuran magnet permanen. Selanjutnya campuran serbuk magnet permanen ini ditambah dengan bahan polimer phenol formaldehide (bakelit) untuk proses bonded. Perbandingan serbuk magnet permanen dan bakelite adalah 80 % : 20 % wt dan 90% : 10% wt.

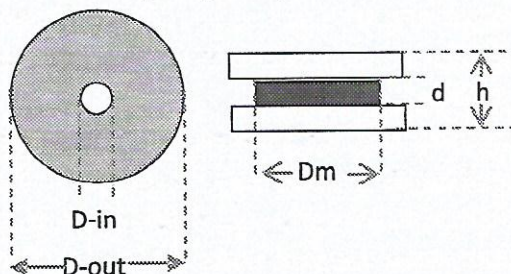
Proses bonded dilakukan dengan hot press pada tekanan 2 ton, temperatur 100°C dan 150°C selama 5 menit dan 10 menit. Selanjutnya didapat magnet permanen yang sudah padat dan kemudian di magnetisasi. Diagram alir proses dapat dilihat pada gambar 2.

Karakterisasi sifat magnet dilakukan dengan menggunakan Permagraph Magnet Physik Germany untuk mengetahui nilai Induksi Remanen (Br) dalam suatu medan magnet, Koersifitas (Hc) dan Produk Energi Maksimum (BHmax). Karakterisasi dengan Gauss Meter Yokogawa juga untuk mengetahui nilai Br setelah proses magnetisasi.



Gambar 2: Diagram Alir Proses

Setelah didapat hasil yang terbaik dari percobaan pembuatan magnet permanen bonded hybrid, dibuat bentuk dan ukuran yang sesuai dengan magnet rotor motor *steppe Merk TEAC type 14769070-30* seperti pada gambar 3.



Gambar 3: dimensi magnet rotor

Keterangan:

- D-in : diameter dalam rotor = 4mm
 D-out : diameter luar rotor = 22mm
 D-m : diameter magnet
 h : tinggi rotor = tinggi magnet
 d : celah ring

3.2 Pembuatan Ring Pengkonsentrasi Flux Magnet

Ring pengkonsentrasi fluk magnet (*hollow spheres*) dibuat dari bahan pipa besi sebanyak 2

buah dengan ukuran :

- diameter dalam = D_m ,
- diameter luar = D_{out}
- Tinggi ring = $\frac{h-d}{2}$

4. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil percobaan, didapat data karakteristik magnet pada tabel 1 dengan komposisi serbuk magnet dan bakelit 80% : 20% wt, dan data pada tabel 2 dengan komposisi serbuk magnet dan bakelit 90% : 10% wt.

Tabel 1: Pengaruh Variasi Temperatur dan Waktu Kompaksi terhadap Sifat Magnet dengan Perbandingan Komposisi Serbuk Magnet : Bakelite = 80 wt% : 20 wt%.

Temp & waktu	100 °C		150 °C	
	5 menit	10 menit	5 menit	10 menit
Sifat Magnet & Densitas				
Br (kG)	0,75	0,78	0,90	1,10
Hc (KOe)	4,050	3,92	4,900	5,667
BHmax (MGOe)	0,13	0,13	0,18	0,26
Br (dengan Gauss Meter)	520	640	680	820
Density (ρ)	3,07	3,4	3,24	3,70

Tabel 2: Pengaruh Variasi Temperatur dan Waktu Kompaksi terhadap Sifat Magnet dengan Perbandingan Komposisi Serbuk Magnet : Bakelite = 90 wt% : 10 wt%.

Temp & waktu	100 °C		150 °C	
	5 menit	10 menit	5 menit	10 menit
Sifat Magnet & Densitas				
Br (kG)	1,12	1,21	1,32	1,36
Hc (KOe)	4,386	4,833	5,500	5,350
BHmax (MGOe)	0,27	0,31	0,37	0,4
Br (dengan Gauss Meter)	740	800	800	820
Density (ρ)	3,77	3,78	3,78	4,00

Dari data di atas dapat dilihat bahwa temperatur dan waktu sangat mempengaruhi karakteristik magnet yang dihasilkan. Naikannya temperatur dan lamanya waktu hot press

meningkatkan karakteristik magnet. Pada temperatur 100°C dan waktu 5-10 menit bakelit belum seluruhnya mencair, sehingga belum sempurna untuk mengikat dan menyatukan kedua serbuk magnet permanen tersebut. Pada temperatur 150°C, serbuk bakelit sudah seluruhnya mencair, sehingga mampu mengikat dengan sempurna campuran serbuk NdFeB dan barium ferit. Oleh sebab itu nilai Br, Hc dan BHmax sangat meningkat pada temperatur 150°C. Nilai Br dengan gauss meter adalah 820 Gauss. Bentuk dan densitas magnet akan mempengaruhi karakteristik magnet yang dihasilkan[3].

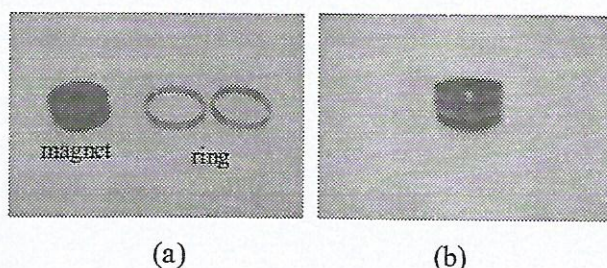
Sampel magnet dipilih adalah sampel dengan perbandingan komposisi serbuk magnet : bakelit 90 wt% : 10 wt% dengan dipres pada temperatur hot press 150°C selama 10 menit.

Sampel magnet permanen bonded hybrid untuk diujicobakan pada motor *stepper* diperlihatkan pada gambar 4(a) dengan spesifikasi :

- Dimensi : diameter 20mm tinggi 8mm
- Br : 820 Gauss

Ring konduktor sebanyak 2 buah dengan celah diantara keduanya dipasangkan melingkar pada sisi magnet dengan tujuan agar fluks magnet terkonsentrasi[4]. Bentuk ring diperlihatkan pada gambar 4(a) dan setelah dipasangkan pada magnet diperlihatkan pada gambar 4(b).

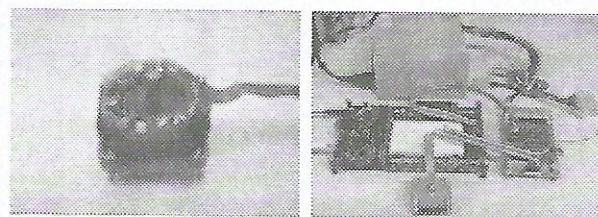
- Diameter Ring : dalam = 20mm, luar = 22mm
- Tinggi ring = 3mm



Gambar 4: magnet permanen motor stepper

Selanjutnya magnet rotor bonded hybrid dipasangkan pada rumah stator gambar 5(a) dan motor stepper diujicoba fungsi dengan cara

dijalankan dengan mikrokontroler AT Mega 8535 gambar 5(b).



Gambar 5: Uji fungsi motor stepper

Ketika motor stepper diujicoba fungsi, rotor hanya bergetar dan belum dapat berputar, hal ini disebabkan Br magnet bonded lebih rendah 20 Gauss dari magnet rotor yang sebenarnya dan kopling magnetik ring konduktor dari bahan besi dengan stator belum dapat berfungsi dengan baik, karena idealnya ring konduktor terbuat dari bahan $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ alloy[5].

5. Kesimpulan

- Karakteristik Magnet Permanen Bonded Hybrid yang paling baik adalah komposisi serbuk 90 wt%: 10wt% dengan nilai Br = 1,36 KG, Hc = 5,350 Bhmak = 0,4 MGOe dan densitas = 4 gr/cm³.
- Untuk mengaplikasikan magnet pada motor stepper diperlukan ring konduktor (*hollow spheres*) yang berfungsi sebagai pengkonsentrasikan fluks magnet.
- Ring konduktor dari besi (Fe) tidak dapat berfungsi dengan baik sebagai media pengkonsentrasi fluks magnet.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan Terima kasih kami sampaikan atas kesempatan yang diberikan oleh program tematik PPET-LIPI yang telah mendanai untuk mempublikasikan hasil penelitian ini.

6. Daftar Pustaka

1. National Instrument; <http://zone.ni.com/devzone/cda/ph/p/id/287#toc2>

2. Jian-Jun Lai , Qing-Ming Chen and Jun-Lin Qiu, "The effect of various magnetic field configurations on a hollow-cathode discharge", *Journal of Applied Physics*, 2000, Volume 33 Number 15
 3. Novrita Idayanti, "Pembuatan Magnet Permanen Bonded Hybrid untuk Aplikasi Generator" *Jurnal Sains Materi Indonesia*, BATAN 2009.
 4. Lee, S.J. Jiles, D.C., Magnetics, , "Geometrical enhancements to permanent magnet flux sources: application to energy efficient magnetocaloric refrigeration systems" *IEEE Transactions*, 2000, Volume: 36 pages 3105-3107.
 5. Chun-Rong Lin, Ming-Hsiu Hsieh, Yu- Jhan Siao, and Cheng-Chien Wang, "The effect of various magnetic field configurations on a hollow-cathode discharge", *Journal of Applied Physics*, 2008, Volume 103, Issue 107,
-

Pembuatan Membran Polimer Konduktif Sebagai Elemen Sensitif Sensor Fosfat Menggunakan Teknik Elektro Polimerisasi

Robeth V. Manurung, Totok M.S. Soegandi dan Hiskia

Research Center For Electronics and Telecommunication Indonesian Institute of Sciences

Jl. Cisit No.21/154 D, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

Email: robeth@ppet.lipi.go.id; hiskia@ppet.lipi.go.id

Abstract

Phosphate is one of macro nutrients which is very important and has an important role for agriculture. The availability of phosphate in soil is limited so the fertilizer is necessary needed. However the risk of excessive dosage in using fertilizer may lead to a pollution of ground water; besides in-efficiency in using fertilizer. To answer the problems mentioned above, the sensor system is needed to measure the concentration of phosphate in the soil. The system is consist of ion phosphate sensor device, signal conditioning and data acquisition circuit. In this paper we described the process of making sensitive membrane made of conductive polymer polypyrrole to detect the phosphate's concentrations. The phosphate ion sensor device based on an amperometric with three electrodes configuration: working, reference and auxiliary; the conductive polymer polypyrrole ion sensitive membrane has been used. The screen printing technique has been choosen to fabricate electrodes while deposition technique for ion sensitive membrane is by electropolymerization.

Keywords: ion sensor, phosphate, amperometric, electropolymerization, conductive polymer.

Abstrak

Fosfat merupakan salah satu unsur hara utama yang sangat diperlukan dan berperan besar dalam pertanian. Ketersediaan fosfat didalam tanah untuk pertanian juga terbatas sehingga diperlukan proses penambahan melalui pemberian pupuk. Selama ini metoda pemupukan yang digunakan bersifat merata dan kontinu sehingga resiko pemberian dosis yang berlebihan dapat menyebabkan pencemaran air tanah, disamping itu terjadi in-efisiensi dalam pertanian jika pemberian pupuk dilakukan seragam tanpa dilakukan analisa kondisi lahan terlebih dahulu. Oleh sebab itu untuk menjawab masalah di atas, dibutuhkan sistem sensor untuk mengukur kandungan unsur fosfat didalam tanah. Sistem sensor pendeteksi kadar fosfat ini terdiri atas divais sensor nitrat, rangkaian pengkondisi sinyal dan rangkaian data akusisi. Dalam tulisan ini dijelaskan proses pembuatan membran sensitif berbahan polimer konduktif polipirol untuk mendeteksi kadar fosfat. Divais sensor ion fosfat ini menggunakan prinsip amperometrik dengan konfigurasi tiga elektroda: working, reference dan auxiliary dengan membran sensitif yang digunakan adalah konduktif polimer polipirol. Teknik screen printing (thick film) dipilih sebagai teknik fabrikasi elektroda sedangkan teknik deposisi membran menggunakan metoda elektro-polimerisasi.

Kata kunci: sensor ion, fosfat, amperometrik, elektropolimerisasi, polimer konduktif.

1. PENDAHULUAN

Pengukuran kadar fosfat merupakan salah satu kegiatan penting dalam pemantauan lingkungan terhadap pencemaran yang disebabkan oleh limbah deterjen dan pupuk. Hal ini dapat menyebabkan pencemaran pada badan-badan air yang berpengaruh terhadap pertanian, air bersih untuk konsumsi rumah tangga maupun untuk kebutuhan

industri. Metoda analisa kadar fosfat selama ini menggunakan teknik spektrometri [1] dan kromatografi [2] dan kedua metoda ini memerlukan penanganan sampel yang rumit, waktu analisa yang lama serta menghasilkan limbah beracun sebagai hasil samping dari pengukuran tersebut.

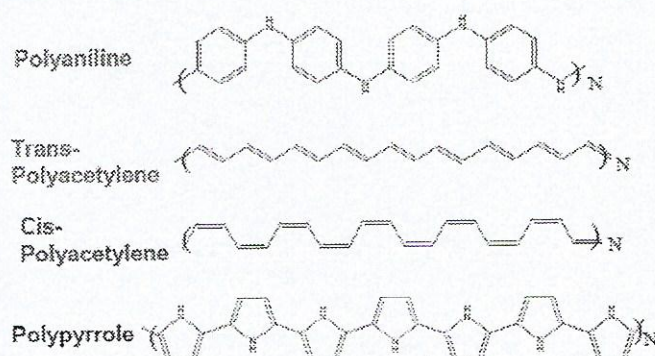
Untuk mengatasi hal tersebut maka dikembangkan teknik yang jauh lebih sederhana

dan berbiaya murah yaitu dengan menggunakan teknologi sensor elektrokimia. Elektroda Sensitif Ion (ESI) juga telah dikembangkan untuk mengukur kadar fosfat menggunakan Sn kompleks [3], hydroxyapatite dan kawat tembaga atau cobalt metalik [4][5].

Berdasarkan hal di atas maka dalam tulisan ini akan menjelaskan mengenai proses perancangan dan pembuatan membran sensor ion fosfat dengan menggunakan teknologi *thick film* berbahan *conductive polymer* poly pyrrole (PPy).

1.1 Konduktif Polimer

Polimer pada umumnya bersifat isolator akan tetapi terdapat beberapa jenis polimer yang bersifat konduktif. Struktur dasar konduktif polimer (*Conjugated Polymer*) adalah seperti pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1 : Struktur dasar konduktif polimer

Sangat dimungkinkan untuk membentuk polimer konduktif dengan rentang *properties* yang beragam seperti properti kimiawi dan elektrik. Properti kimiawi dapat dimanipulasi untuk menghasilkan material yang mampu menangkap anion sederhana atau mengubah menjadi ion aktif. Sedangkan properti elektrik juga dapat dimanipulasi untuk menghasilkan material dengan konduktifitas yang berbeda beda. Hal ini dapat dilakukan dengan memperkecil *bad gap* melalui proses doping dengan *addition* atau *removing* muatan pada rantai polimer-nya melalui proses kimia atau elektrokimia [6]. Teknik pembentukan

konduktif polimer dengan metoda elektrokimia dikenal sebagai proses elektro-polimerisasi. Proses ini melibatkan pemberian arus listrik sebagai aliran elektron untuk melakukan proses pembentukan konduktif polimer dengan menambahkan melalui proses *doping* ion-ion tertentu pada struktur rantai polimer-nya [7,8]. Besar arus konstan yang diberikan sangat berpengaruh pada ketebalan lapisan konduktif yang dihasilkan sesuai dengan rumus berikut ini,

$$L = \frac{(\mu + \chi * X) * q}{(2 + \chi) * F * \delta} \dots\dots\dots(1)$$

dimana,

L = ketebalan lapisan konduktif polimer

μ = berat molekul dari monomer

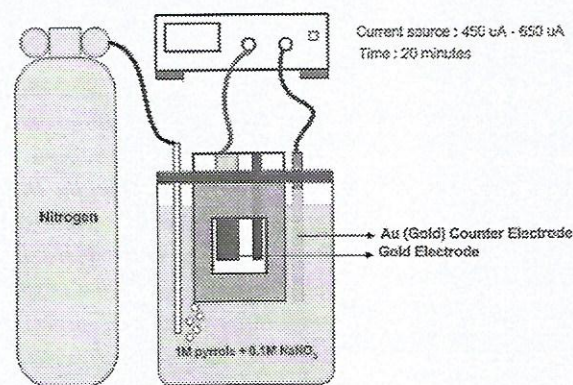
X = level doping ~0.25

X- = berat molekul ion doping

q = $I_d * \text{waktu}$ (I_d = densitas arus, mA/cm²)

F = Konstanta Faraday (96465 C/mol)

δ = Density dari polimer ~1.5 g/cm³.



Gambar 2 : Skema proses elektro-polimerisasi

1.2 Sensor Ion

Sensor ion merupakan salah satu bagian dari sensor kimia. Definisi dari sensor kimia menurut IUPAC adalah, "a device that transforms chemical information, ranging from the concentration of a specific sample component to total composition analysis, into an analytically useful signal". Sedangkan sensor ion dapat didefinisikan sebagai

sensor kimia yang memiliki fungsi untuk mengukur tingkat konsentrasi ion tertentu didalam larutan. Komponen-komponen utama dari sensor ion adalah elektroda, elektrolit pendukung dan *ion sensitive membrane*.

Terdapat dua jenis sensor ion berdasarkan prinsip kerjanya yaitu, potensiometrik dan amperometrik. Sensor ion potensiometrik merupakan jenis yang paling banyak ditemui yaitu *ion selective electrode* dan memegang peranan yang cukup penting [9]. Salah satu implementasi dari *ion selective electrode* (ISE) adalah pH meter, ISFET dan MOSFET. Sedangkan sensor ion menggunakan prinsip amperometrik juga cukup banyak dikembangkan. Dalam prinsip amperometrik dilakukan pengukuran besar arus yang terjadi sebagai akibat reaksi ion secara kimia berbanding lurus dengan jumlah konsentrasi ion yang dideteksi. Besar arus yang diukur mengikuti rumus hukum Nerst sebagai berikut,

$$I = \frac{nFAC^b \sqrt{D}}{\sqrt{\pi t}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana,

I = arus (A)

N = jumlah muatan electron dalam reaksi Elektroda

F = Konstanta Faraday (96465 C/mol)

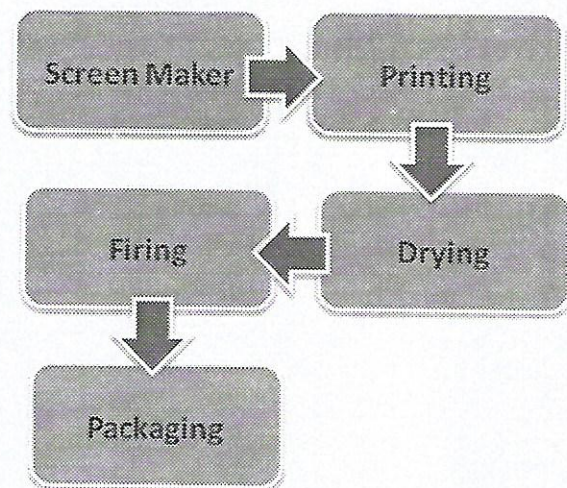
D = Koefisien difusi (m^2/s)

T = waktu (s)

Pada umumnya sensor ion dengan prinsip amperometrik menggunakan konfigurasi tiga elektroda yaitu *Working*, *Reference* dan *Counter electrode*. Teknik fabrikasi pembentukAn elektroda sensor ion fosfat ini menggunakan teknik film tebal.

Teknologi Film Tebal merupakan salah satu bagian dari teknologi proses mikroelektronika untuk fabrikasi komponen komponen elektronika secara *Screen-printing*. Sejak pertengahan tahun 1960, teknologi proses thick film telah digunakan untuk meminiaturisasi suatu rangkaian elektronika ke dalam sebuah keping substrate, karena

kemampuannya menghasilkan jalur konduktor yang sangat kecil (*Fine line*) [10]. Teknologi Thick Film telah banyak digunakan secara luas dalam industri komponen hybrid mikroelektronika dan diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti otomotif, telekomunikasi, medikal dan pengembangan sensor dan aktuator. Material utama yang digunakan dalam teknologi film tebal adalah substrat dan pasta. Substrat merupakan media tempat komponen film tebal diimplementasikan, sedangkan pasta adalah bahan pembentuk komponen film tebal, yang diformulasikan sedemikian rupa sehingga dapat dibentuk melalui proses pencetakan. Proses film tebal (*Thick film Process*) terdiri dari beberapa tahap Seperti yang diperlihatkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 3 : Tahapan Proses Teknik Film Tebal

2. BAHAN DAN METODA

2.1 Elektroda Sensor Ion

Teknik pembuatan elektroda dari sensor ion fosfat ini menggunakan teknologi film tebal (*Thick Film Technology*). Bahan-bahan yang digunakan untuk proses fabrikasi adalah, pasta emas ESL 8844-G dan pasta dielectric 424SB dari Electro Science Lab, Inc, pasta *Reference electrode* 5874 dari Dupont, High Purity Nitrogen Gas dan DI Water dengan $R \approx 18 M\Omega$.

Prototip elektroda sensor ion fosfat yang dibuat dalam tulisan ini menggunakan metoda amperometrik dengan terdiri dari tiga elektroda yaitu *Working*, *Counter* dan *Reference electrode*. Bahan yang digunakan untuk *Working* dan *Counter electrode* adalah pasta emas (Au), *Reference electrode* menggunakan bahan Ag|AgCl dan substrat pendukung menggunakan alumina. Untuk pembuatan *Reference electrode* dilakukan dengan cara *Printing* pasta perak (Ag) diatas substrat alumina kemudian selanjutnya dilakukan pencetakan pasta Ag|AgCl.

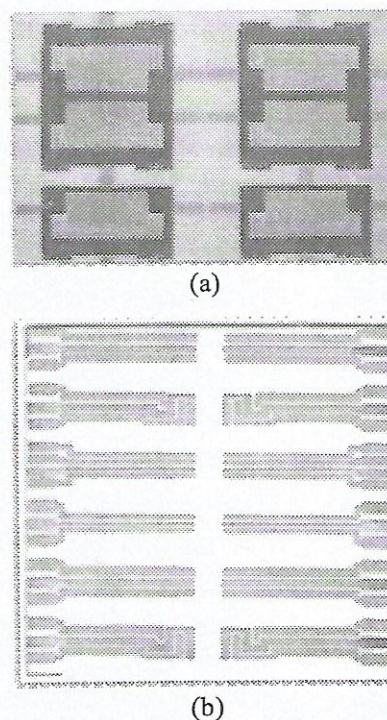
2.2 Membran Polimer Konduktif

Dalam penelitian ini, metoda pembentukan konduktif polimer pada sensor ion fosfat dengan menggunakan teknologi film tebal dilakukan dengan metoda elektro-polimerisasi dimana dilakukan pemberian arus Konstan pada permukaan elektroda emas yang direndam pada larutan elektrolit dengan komposisi terdiri dari pyrrole dan ammonium hydrogen phosphate (Merck) dengan konsentrasi masing masing 1 M dan 0.1 M. Pemberian doping ion fosfat diperoleh melalui komposisi unsur ammonium hydrogen phosphate di dalam larutan elektrolit. Selanjutnya larutan pyrrole dan ammonium hydrogen phosphate tersebut di-*Purging* terlebih dahulu selama 10 menit menggunakan gas nitrogen. Hal ini dimaksudkan untuk mengikat dan menghilangkan Unsur oksigen dalam larutan yang dapat mempengaruhi laju reaksi polimerisasi. Pemberian aliran gas nitrogen juga dilakukan selama proses elektro-polimerisasi berlangsung dengan harapan gas tersebut dapat membantu proses pencampuran larutan pyrrole dan ammonium hydrogen phosphate didalam media air. Besar densitas arus yang diberikan bervariasi dari 3.235 hingga 3.823 mA cm⁻² selama 20 menit, sedangkan skema proses elektro-polimerisasi diperlihatkan pada gambar 2

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Elektroda Sensor Ion Fosfat

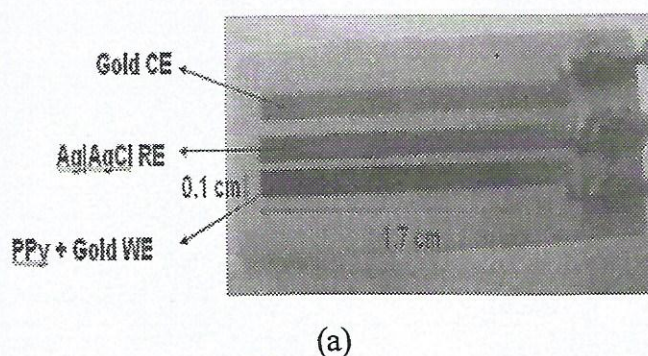
Berikut ini merupakan hasil fabrikasi elektroda sensor ion Fosfat menggunakan teknologi film tebal.



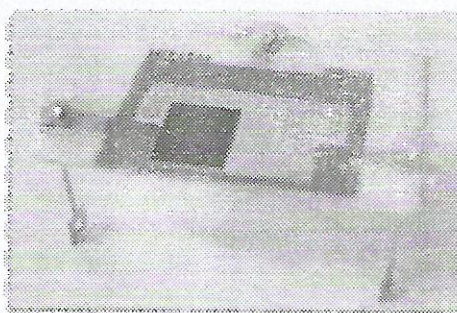
Gambar 4(a), (b). Hasil fabrikasi elektroda

3.2 Membran Polimer Konduktif

Dalam penelitian ini proses pembuatan membran polimer konduktif di atas elektroda kerja dari sensor ion fosfat dilakukan pada dua jenis bentuk elektroda yang berbeda dan hasil dari proses ini adalah sebagai berikut.



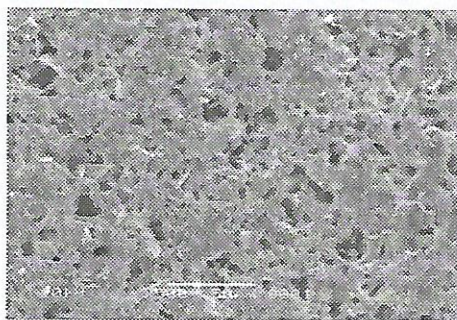
(a)



(b)

Gambar 4 : Hasil fabrikasi membran ion fosfat

Uji dan analisa morfologi dari lapisan konduktif polimer polypyrrole yang terbentuk dilakukan dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Hasil analisa SEM dapat dilihat pada gambar berikut :

**Gambar 5 :** Hasil analisa SEM permukaan membran

4. KESIMPULAN

Dari kegiatan penelitian yang telah dilakukan di atas maka dapat diambil kesimpulan bahwa telah dilakukan proses fabrikasi elektroda sensor ion fosfor dengan menggunakan teknologi film tebal. Demikian juga dengan proses pembentukan membran polimer konduktif pirol yang di doping dengan ion fosfat telah berhasil dilakukan pada permukaan elektroda kerja (*working*). Membran yang dihasilkan berwarna hitam pekat dengan rentang ketebalan yang dihasilkan sebesar 0,26 - 0,3 μm . Diharapkan pada kegiatan selanjutnya dapat dilakukan pengujian respon membran tersebut terhadap larutan fosfat standar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih atas dukungan dana penelitian melalui program Insentif bagi Peneliti dan Perekayasa T.A 2010.

DAFTAR REFERENSI

1. I.D, Meckalvie, "Handbook of Water Analysis". *Mackel Dekker*, New York, 2000.
2. M, Bello; A. Gonzales, "Determination of phosphate in cola beverages using nonsuppressed ion chromatography", *J. Chem. Educ.*, 73: 1174-1174, 1996.
3. N.A Chaniotakis, K. Jurkschat dan A. Ruhlemann, "Potentiometric phosphate selective electrode based on a multidentate-tin(IV) carrier". *Anal. Chim. Acta*, 282:345-352, 1993.
4. Z. Chen, R. De Marco and P.W Alexander, "Flow Injection potentiometric detection of phosphates using a metallic cobalt wire". *Anal. Commun.*, 34:93-95. 1997.
5. R. De Marco, C. Phan, "Determination of phosphate in hydroponic nutrient solutions using flow injection potentiometry and a cobalt-wire phosphate ion selective electrode". *Talanta*, 60: 1215-1221, 2003.
6. G. Inzelt, "Conducting Polymers: A new era in electrochemistry". *Springer-Verlag*, ISBN: 978-3-540-75929-4, 2008.
7. Y. Li, R.Qian, "Electrochemical over oxidation of conducting poly pyrrole nitrate film in aqueous solutions", *Electrochimica Acta*, 45, 11, Elsevier Science Ltd, 2000.
8. S. Sadki, P. Schottland, Brodie, N, Sabouraud, G, "The Mechanism of pyrrole electropolymerization", *Chem. Soc. Rev.*, 29, 283-293 p, 2000.
9. Grundler, P., "Chemical Sensor: An introduction for Scientist and Engineers." *Springer Berlin Heidelberg New York*. ISBN: 978-3-540-45742-8, 2007.
10. M. Haskard, "Thick Film Hybrids", *Prentice Hall*, ISBN: 0 728 1149 X, 1998.

Pemetaan Objek Radar Pada Perangkat Lunak Radar Pengawas Pantai Indonesia

Nova Hadi Lestriandoko ¹⁾, Djohar Syamsi ²⁾

Pusat Penelitian Informatika LIPI

Kampus LIPI Gd.20 Lt.3 Jl. Sangkuriang 21/154d Bandung - Indonesia

email : ryan@informatika.lipi.go.id, djohar@informatika.lipi.go.id

Abstract

This paper present Software Application of The Indonesia Surveillance Radar (ISRA) to display and analyze radar object. This software gets data from radar's FFT (Fast Fourier Transform) and processes then to create a radar image. The function of this radar is to manage sea traffics using ship's position detection and speed. The mapping of radar object is done by converting raw data to radar image that easy to read. From the spectrum display, we can identify the objects. The brightness color represents an object. This result will be used for advanced research. The results are radar image displaying and showing the information of the object.

Keywords : radar mapping, radar image, surveillance radar.

Abstrak

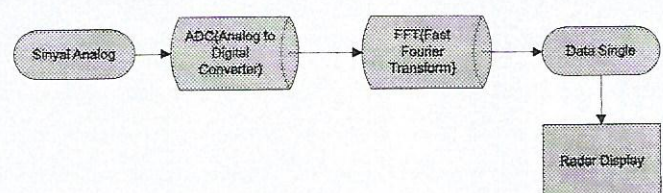
Dalam makalah ini dipresentasikan perangkat lunak Radar Pengawas Pantai Indonesia (ISRA) merupakan aplikasi untuk menampilkan dan menganalisa objek radar yang mengambil data mentah dari hasil FFT (Fast Fourier Transform) Radar Pengawas Pantai. Radar ini hanya diperuntukkan untuk mengamati obyek kapal laut dengan tujuan membantu manajemen lalu lintas laut dengan mendeteksi keberadaan dan kecepatan kapal laut. Pemetaan obyek kapal dilakukan dengan mengubah data mentah menjadi sebuah citra radar yang dapat dibaca dengan mudah. Obyek dapat diketahui dari titik-titik yang berwarna terang sehingga dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut. Hasil dari perangkat lunak ini adalah display gambar radar dan informasi dari objek radar.

Kata kunci : pemetaan radar, citra radar, radar pengawas pantai.

1. PENDAHULUAN

ISRA adalah radar maritim FWCW (*Frequency Modulated Continous Wave*) buatan Indonesia yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur jarak suatu kapal di lautan dengan menggunakan daya pancar yang rendah. Radar ini tidak menimbulkan radiasi yang besar, sehingga tidak mengganggu perangkat elektronik lain di sekitarnya[1][2].

Konsep dari pengolahan sinyal radar adalah mengubah sinyal analog ke digital, memproses raw data dengan FFT supaya lebih mudah dibaca, dan menampilkannya ke layar display. Skema pengolahan sinyal radar ini ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1 : Skema pengolahan sinyal radar

Pada frequency-modulated continous wave(FM-CW), frekuensi yang dipancarkan diubah menjadi sebuah fungsi waktu. Sinyal yang direfleksikan oleh sebuah target dengan jarak R akan diterima radar sebagai beat frekuensi. ADC digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital. FFT digunakan untuk menghitung *frequency power spectrum* dari sinyal digital

keluaran ADC. Untuk mendapatkan spektrum yang lebih *smooth*, dapat menggunakan nilai rata-rata N buah data *coherent*. Pada proses *Incoherent*, data spektral dirata-ratakan untuk mengurangi fluktuasi spektral, yang akan efektif untuk meningkatkan keakuratan estimasi parameter-parameter spektral. Jarak target dapat dihitung melalui pengukuran jarak puncak spektrum terhadap sumbu y.

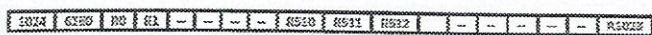
Pada pengolahan sinyal tersebut, masih belum bisa diketahui posisi objek radar secara tepat. Sehingga perlu dibuat sebuah sistem yang bisa memetakan dan memproses sinyal radar lebih lanjut. Pada makalah ini, akan dibahas metode pengolahan data mentah menjadi gambar radar (pemetaan objek radar), perhitungan koordinat objek radar secara presisi, jarak objek radar, dan hasil pemetaan objek radar ke dalam dua mode tampilan, yaitu tampilan spektrum dan tampilan berdasarkan *peak detection*.

2. METODE

Proses pemetaan obyek radar dimulai dari pengiriman paket data mentah oleh FFT radar, yang diterima oleh perangkat lunak sebagai deret data single yang masing-masing berukuran 4 byte sehingga satu paket data yang terdiri atas 1026 data mempunyai ukuran sebesar 4104 Byte atau ± 4 KB. 2 data single pertama merupakan header dari paket, sehingga perhitungan dimulai dari data ke 3 sampai dengan 1026. Keluaran dari perangkat lunak ini berupa citra radar hasil pemetaan. Dari citra radar ini dapat diketahui posisi koordinat obyek dan juga jarak obyek dari radar.

1.1 Pemetaan dan Pengolahan Data

Tujuan dari pemetaan disini adalah untuk membangun citra radar yang tersusun oleh paket-paket data yang dikirim dari FFT radar. Setiap data direpresentasikan ke dalam suatu nilai warna tertentu, sehingga membentuk sebuah citra radar utuh.



Gambar 2 : Format paket data dari FFT

Format data dari FFT, seperti yang ditunjukkan gambar 2, terdiri atas dua bagian utama yaitu, *header* dan *body*. Header berisi informasi tentang panjang data(1024) dan frekuensi sampling. Body berisi data keluaran dari FFT.

Tabel 1. Pemetaan data single ke citra radar

data(i)	RGB		
	Red	Green	Blue
0 – 255	data (i)	data (i)	data (i)
256 - 511	512 - data (i)	255	255
512 - 767	0	768 - data (i)	255
768 -1023	0	data (i) - 768	1024 - data (i)
1024 - 1279	data (i) - 1024	1280 - data (i)	- 0
1280 - 1535	255	0	data (i) – 1280
1536 - 1791	255	data (i) - 1536	1792 - data (i)
1792 - 2046	2047 - data (i)	2047 - data (i)	data (i) - 1792

Nilai dari masing-masing data single mempunyai jangkauan (range) 0...2047, sehingga penulis memetakannya menjadi beberapa tahap seperti diperlihatkan pada tabel 1.

Berdasarkan uji coba di lapangan, data yang dihasilkan mempunyai perbedaan nilai yang tipis dan masih banyak *noise*. Hal ini membuat obyek radar yang terdeteksi masih sulit dilihat di layar monitor. Masalah ini dapat diatasi dengan mengubah nilai data single menggunakan rumus

berikut:

$$dataSingle(i) = dataSingle(i) * \text{Log}(2 * i) \quad (1)$$

Rumus 1 ini bertujuan untuk memperhalus grafik data single, sehingga jika ada objek radar yang terdeteksi akan memunculkan warna yang lebih terang dibandingkan warna latar belakang citra radar.

Untuk memetakan sebuah paket data menjadi sebuah garis pada sudut α , sistem perlu melakukan sinkronisasi sudut jarum *sweep* dan sudut putar radar dengan memanggil fungsi *motor_angle* yang terdapat pada modul penggerak motor radar. Nilai sudut yang didapat kemudian diubah menjadi sudut radian dengan rumus:

$$sudutSweepRad = \frac{sudutSweep * \pi}{180} \quad (2)$$

sehingga proses perhitungan koordinat x dan y titik i adalah:

$$x(i) = X + (i * scaling * \sin(sudutSweepRad)) \quad (3)$$

$$y(i) = Y + (i * scaling * \cos(sudutSweepRad)) \quad (4)$$

dimana X dan Y adalah koordinat posisi pusat citra radar.

1.2 Koordinat Obyek

Koordinat obyek radar pada layar *display* dapat dihitung secara presisi dengan memasukkan diameter ekuator dan diameter kutub bumi ke dalam rumus sebagai berikut [5]:

$$Mr = \frac{\pi}{180^\circ} \cos(\phi) \sqrt{\frac{a^4 \cos(\phi)^2 + b^4 \sin(\phi)^2}{(a \cos(\phi))^2 + (b \sin(\phi))^2}} \quad (5)$$

dimana a dan b adalah diameter ekuator bumi dalam meter dan diameter kutub bumi dalam meter.

$$a = 6378137 \text{ meter}$$

$$b = 6356752.3 \text{ meter}$$

Selanjutnya Mr dikonversi ke dalam satuan unit yang diinginkan, dalam hal ini ada dua pilihan,

yaitu kilometer dan *nautical mile*.

$$jdu = \frac{Mr}{1000} \quad (6)$$

untuk satuan kilometer, sedangkan untuk satuan jarak *Nautical Mile* (NM) adalah

$$jdu = \frac{Mr * 10}{1000 * 18} \quad (7)$$

sehingga Longitude dan Latitude obyek dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Longitude = LonPusat + \frac{(x - PusatX) * jpp}{jdu} \quad (8)$$

$$Latitude = LatPusat + \frac{(y - PusatY) * jpp}{jdu} \quad (9)$$

,dimana $LonPusat$, $LatPusat$ = Koordinat posisi Radar, x , y = koordinat obyek radar pada citra radar dalam satuan pixel;

$PusatX$, $PusatY$ = Koordinat posisi radar pada citra radar, jpp = skala citra radar terhadap jarak sesungguhnya, dalam hal ini jarak perpixel terhadap kilometer atau *nautical mile*.

Pada rumus 8 dan 9 diatas, beberapa variabel perlu didefinisikan terlebih dulu, yaitu skala citra radar terhadap jarak sesungguhnya, koordinat posisi radar sesungguhnya (bisa dilihat menggunakan GPS), koordinat posisi radar pada citra radar, dan koordinat obyek pada citra radar. Skala citra radar atau jarak perpixel (jpp) dapat dihitung berdasarkan jangkauan radar dibanding jari-jari terluar citra radar.

1.3 Perhitungan Jarak Obyek

Jarak obyek radar dapat dihitung dengan menggunakan rumus *pythagoras* antara koordinat pusat dengan koordinat obyek radar.

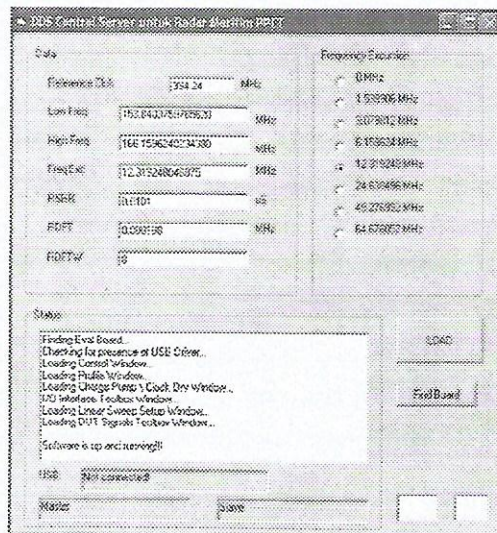
$$jarak = jpp * \sqrt{(X - x)^2 + (Y - y)^2} \quad (10)$$

dimana X dan Y adalah koordinat pusat citra radar, x dan y adalah koordinat obyek radar.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat lunak Radar Pengawas Pantai Indonesia (ISRA) merupakan aplikasi untuk menampilkan dan menganalisa objek radar yang mengambil data mentah dari hasil FFT (Fast Fourier Transform) Radar Pengawas Pantai. Radar ini hanya diperuntukkan untuk mengamati obyek kapal laut dengan tujuan membantu manajemen lalu lintas laut dengan mendeteksi keberadaan kapal laut. Pemetaan obyek kapal dilakukan dengan mengubah data mentah menjadi sebuah citra radar yang dapat dibaca dengan mudah. Obyek dapat diketahui dari titik-titik yang berwarna terang sehingga dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut.

Perangkat lunak terdiri atas 4 modul utama, yaitu modul DDS, modul motor radar, modul *data capture*, dan modul *display*. Modul DDS digunakan untuk mengatur frekuensi yang dipancarkan radar. Dari modul DDS ini dapat dihitung jangkauan maksimal radar. Sampling rate yang digunakan adalah 3080 KHz atau 3.08 MHz. Tampilan dari modul DDS ditunjukkan oleh gambar 3.

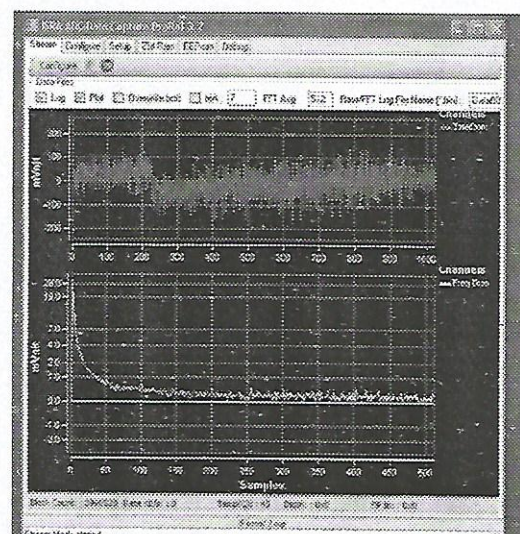


Gambar 3 : Modul DDS

Modul motor radar merupakan aplikasi untuk menjalankan motor radar dengan kecepatan putar tertentu yang dikendalikan melalui modul *display*.

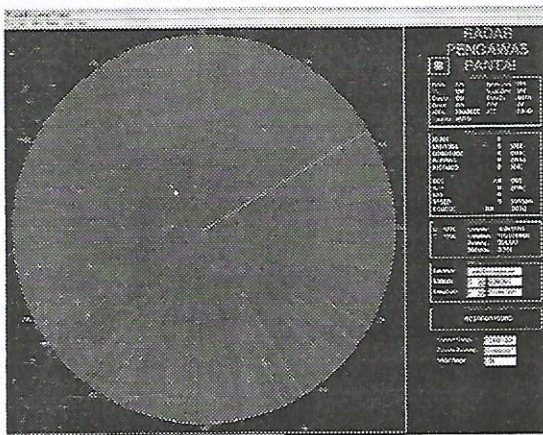
Modul ini saling terhubung melalui koneksi jaringan. Modul display akan mengirim perintah dan variabel kecepatan yang harus dijalankan oleh modul motor radar. Sedangkan untuk mendapatkan sudut radar, modul motor radar menyediakan fungsi *motor_angle* sehingga dapat dilakukan sinkronisasi antara putaran radar dengan putaran jarum sweep di layar tampilan.

Modul data capture digunakan untuk menangani transfer data dari FFT ke aplikasi Radar Pengawas Pantai. Contoh data keluaran FFT dapat dilihat pada gambar 4. Data yang dikirim ditangkap ke dalam *array of byte* yang selanjutnya akan ditampilkan di layar dalam 2 pilihan, yaitu mode spektrum atau mode *peak detection*. Pada mode spektrum, data ditampilkan berdasarkan nilai aslinya dengan mengkonversinya ke dalam beberapa level nilai warna (RGB) seperti yang telah dibahas pada bab sebelumnya (tabel 1). Pada mode *peak detection*, data dibandingkan dengan data pada index sebelum dan sesudahnya dengan tujuan mencari titik puncak dengan batasan nilai tertentu. Batasan nilai (*threshold*) dapat ditentukan sendiri, disesuaikan dengan kondisi data yang ideal. Apabila batasan yang ditentukan terlalu rendah, maka akan muncul banyak noise sebagai objek, demikian pula sebaliknya. Jika terlalu tinggi batasannya, maka objek yang terdeteksi dengan sinyal lemah akan ikut hilang dari tampilan radar.

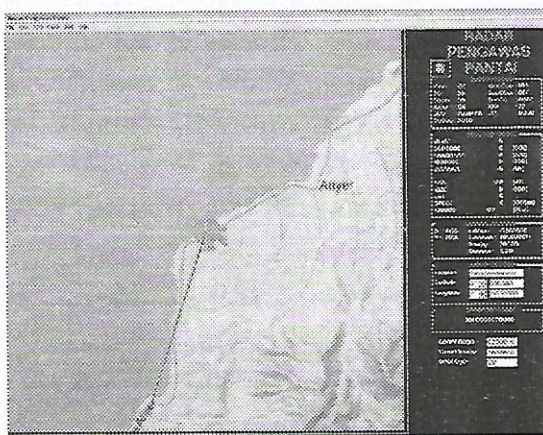


Gambar 4 : Keluaran data dari FFT

Sebagai modul utama, modul display digunakan untuk menampilkan hasil pemetaan objek radar dan koordinasi dengan modul-modul pendukung lainnya. Pada modul ini, berbagai variabel pendukung dapat ditentukan, yaitu kecepatan putar radar (RPM), frekuensi radar, mode tampilan, *threshold* amplitudo dan satuan jarak. Tampilan dengan kedua jenis mode ini diperlihatkan pada gambar 5 dan 6.



Gambar 5 : Tampilan radar dalam mode spektrum



Gambar 6 : Tampilan radar dalam mode *peak detection*

Kelemahan dari perangkat lunak ini adalah belum optimalnya deteksi objek radar. Pengolahan sinyal masih terbatas pada pemilihan puncak dengan nilai ambang tertentu. Pada pengembangan selanjutnya akan digunakan metode-metode untuk memperoleh deteksi objek radar yang lebih akurat.

3. KESIMPULAN

Perangkat lunak Radar Pengawas Pantai merupakan salah satu bagian dari sistem Radar Pengawas Pantai yang berfungsi untuk menampilkan objek radar dan memberikan informasi tentang objek radar tersebut. Fokus utama perangkat lunak ini adalah pemetaan objek radar dengan mengkonversi data hasil FFT ke gambar radar dan menghitung koordinat objek radar. Tampilan objek radar dapat dilihat dalam dua mode, yaitu mode spektrum dan mode *peak detection*. Metode pemetaan objek radar ini masih perlu dikembangkan lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

REFERENSI

1. O.D. Winarko, A. A. Lestari, "Sistem Trigger Pada Radar Maritim INDERA" *Prosiding Seminar Radar Nasional III*, April 2009, Bandung, Indonesia.
2. W. Sediono, A.A. Lestari, "First Result of The Signal Processing of INDERA", *Prosiding Seminar Radar Nasiona IIII*, April 2009, Bandung, Indonesia.
3. M. Sjarifudin, A.Kurniawan, P. Sitompul, M.A. Aris, H. Bangkit, M. Batubara, J.R. Roettger, "Pengembangan Sistem Pengolahan Data Radar VHF LAPAN", *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II*, November 2008, Lampung, Indonesia.
4. M.I. Skolnik, "Radar Handbook 3rd Edition", McGraw-Hill, 2008.
5. Geographic Coordinat System, http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_coordinate_system, akses: 16 Februari 2009.

Pengaruh Kelembaban dan Temperatur pada Lapisan Tipis SnO_2 Sebagai Sensor Gas CO

Lilis Retnaningsih dan I Dewa Putu Hermida

Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI

Jl. Sangkuriang Komp LIPI Bandung

Tlp/Fax : (022) 2504660, (022) 2504659

Email : retna@ppet.lipi.go.id

Abstrack

In this paper will be describe the effect humidity and temperature of SnO_2 thin oxide for the application of CO gas sensor. CO gas sensor consist of a heater, a couple of electrode and a sensitive material sensor based on SnO_2 , the making of SnO_2 tin oxide sensitif layer has been done using sputtering technology. The influence of the heated to the sensor for 10 menit to the 200°C has been investigated. The result have shown that SnO_2 tin oxide the sensor resistansce and response are stable operation of humidity after have been heated.

Keywords : Humidity, temperature, SnO_2 thin okside, gas sensor

Abstrak

Dalam tulisan ini membahas tentang pengaruh kelembaban dan temperatur pada lapisan tipis SnO_2 hasil proses sputtering untuk aplikasi Sensor gas CO. Sensor gas terdiri atas sebuah pemanas, elektroda dan lapisan tipis SnO_2 , bahan SnO_2 dilapiskan di atas elektroda sebagai bahan sensitif pada sensor gas. Pengukuran terhadap lapisan tipis dilakukan untuk mengetahui karakteristik kerja dari sensor tersebut. Untuk membedakan pengukuran lapisan tipis SnO_2 langsung dipanaskan kemudian diukur resistansinya sesuai dengan kenaikan suhu. Untuk selanjutnya lapisan tipis SnO_2 dipanaskan terlebih dahulu pada suhu 200°C selama 10 menit, lalu didinginkan kembali sebelum dilakukan pengukuran. Hasil yang dicapai menunjukkan bahwa, yang dilakukan pemanasan awal memberikan respon yang lebih stabil.

Kata Kunci : Kelembaban, temperatur, lapisan tipis SnO_2 , sensor gas

1. Pendahuluan

Dalam teknologi mikroelektronika salah satu teknik yang dibutuhkan dalam fabrikasi divais adalah membuat lapisan tipis suatu bahan metal di atas sebuah substrat. Teknik ini disebut dengan teknik sputtering, teknik sputtering ini dilakukan untuk membuat suatu lapisan tipis SnO_2 di atas sebuah substrat. Dimana di atas substrat tersebut telah dibuat suatu fabrikasi sensor, yang berupa heater dan elektroda dengan menggunakan teknologi film tebal. Bahan metal oksida SnO_2 merupakan bahan metal yang dapat dan mudah untuk diproses menggunakan teknik sputtering, dengan menggunakan teknik ini maka lapisan tipis

yang akan menempel dapat dikontrol ketebalan yang diinginkan, dan dengan teknik ini maka penempelan lapisan akan lebih kuat. Melalui pengamatan SEM kristal dapat dilihat sebagai kumpulan butiran (grains). Kristalinitas material oksida bisa tinggi apabial grainnya besar, begitu pula sebaliknya. Grain ini dalam pertumbuhannya "terhenti" oleh pertumbuhan grain yang lain. Batas antara ini disebut batas butir (grain boundary). Pada sensor gas terjadinya batas butir inilah yang mengambil peranan. Chemisorbed oksigen terjadi pada batas butir ini dikarenakan permukaan energi pada batas butir yang lebih tinggi dari kristal, oksigen lebih mudah terdifusi dan terabsorb ke daerah batas butir. Pada tulisan ini yang utama

dibahas adalah pengujian hasil proses fabrikasi sensor gas terhadap lapisan tipis SnO_2 dan pengaruh terhadap perubahan kelembaban udara beserta analisa data yang dihasilkan. Pengujian pada sensor secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui tanggapan sensor berupa perubahan nilai resistansi sensor terhadap gas CO pada temperatur tertentu.

2. Eksperimen

Perancangan sensor dilakukan dengan teknologi film tebal, salah satu yang perlu diperhatikan dalam pembuatan sebuah sensor adalah sensor tersebut harus mempunyai sensitivitas yang baik. Pada umumnya perubahan resistivitas material sensor ketika bereaksi dengan gas dipengaruhi oleh reaksi atom-atom oksigen di udara dengan atom-atom oksigen dipermukaan lapisan sensor.

Tahapan awal proses fabrikasi adalah pembuatan heater dan elektroda menggunakan teknologi film tebal. Bahan yang digunakan untuk pembuatan heater dan elektroda adalah Ag (perak). Pelapisan bahan sensitif dilakukan dengan teknik sputtering, dimana kondisi proses dengan daya yang digunakan adalah 100W, tekanan gas argon sekitar 15 Torr, dengan kondisi suhu proses 250°C . Hasil proses yang diperoleh adalah ketebalan lapisan sensitif yang berbeda.

Tabel 1 : Bahan dan Lama Pelapisan

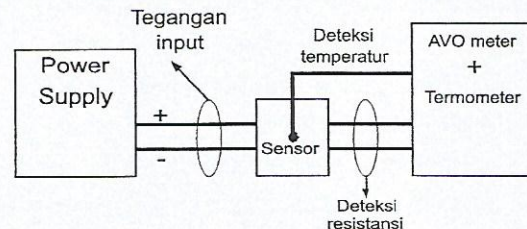
Bahan	Waktu	R pada suhu $26,6^\circ\text{C}$
SnO_2 (a)	60 menit	1,2 k Ohm
SnO_2 (b)	120 menit	514 Ohm

Dari hasil proses tersebut akan diukur bagaimana pengaruh pemberian suhu awal sebelum dilakukan pengukuran terhadap perubahan resistansi dan dibandingkan terhadap tanpa pemberian suhu awal.

Adapun peralatan dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Sumber arus searah (*Kenwood Regulated Power Supply* tipe PD18-30AD).
- Multimeter digital (*Sanwa Digital Multimeter* PC100)
- Thermometer digital (*Lutren TM-914C*).

Prosedur Pengujian



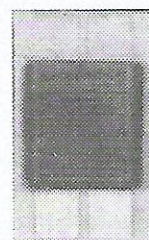
Gambar 1: Skema Pendeteksian Temperatur dan Resistansi Pada Divais Sensor

- Rangkaian pengujian disusun seperti dalam Gambar 1. Sumber arus searah diberikan untuk menghasilkan panas pada heater yang selanjutnya merubah resistans sensor.
- Nilai temperatur awal (T_c) diukur pada temperatur ruangan saat pengujian, dan pada udara bersih.
- Pengujian dilakukan terhadap 2 sensor yang berbeda.

3. Hasil dan Analisa

Pada pengukuran pertama lapisan sensitive sensor tidak dipanasi terlebih dahulu, setelah temperature meningkat perubahan resistansi langsung diukur. Sedangkan untuk pengukuran kedua lapisan sensitive dipanasi sampai suhu 200°C selama 10 menit, kemudian didinginkan sampai suhu kamar, lalu temperaturnya dinaikkan kembali sambil diukur perubahan resistansinya.

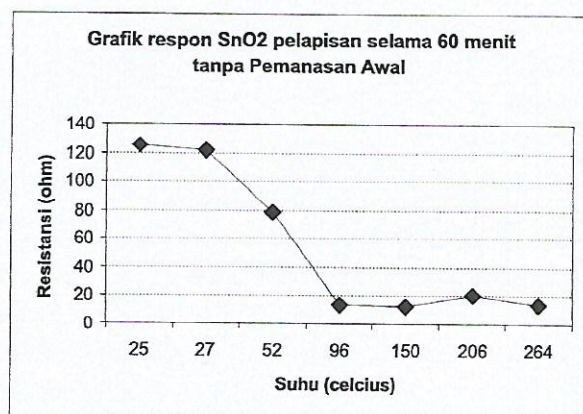
1. Pengujian Perubahan Resistansi Sensor terhadap Perubahan Temperatur untuk Bahan Sensitif SnO_2 Selama 1 Jam (a)



Gambar 2 : Sensor yang Dilapisi Bahan Sensitif SnO_2 Selama 1 Jam

Tabel 2 : Perubahan Resistansi Sensor terhadap Temperatur untuk Bahan Sensitif SnO_2 Pelapisan 1 Jam *tanpa pemanasan Awal*

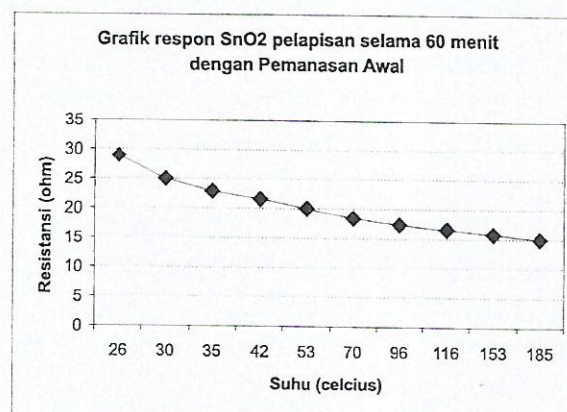
Tegangan (V)	Resistansi Ω	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)
0	125	25
1	122	27
2	79	52
3	14	96
4	13	150
5	21	206
6	14	264



Gambar 3 : Grafik Tanggapan Perubahan Resistansi Sensor terhadap Perubahan Temperatur untuk SnO_2 Pelapisan 1 jam

Tabel 3 : Perubahan Resistansi Sensor terhadap Temperatur untuk Bahan Sensitif SnO_2 Pelapisan 1 Jam *dengan pemanasan Awal*

Tegangan (V)	Resistansi (Ω)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)
0	29	26
0,5	25	30
1	23	35
1,5	21.5	42
2	20	53
2,5	18.5	70
3	17.5	96
3,5	16.5	116
4	15.7	153
4,5	15	185
5	16.5	204
5,5	18.5	240



Gambar 4 : Grafik Tanggapan Perubahan Resistansi Sensor terhadap Perubahan Temperatur untuk SnO_2 Pelapisan 1 jam

Dapat dilihat dari hasil pengukuran pada ke dua table di atas ada perbedaan grafik. Perbandingan hasil grafik pada gambar 3 dengan hasil grafik pada gambar 4 adalah grafik 4 cenderung lebih linier, hal ini terjadi karena pada pengukuran yang ke -2 dilakukan pemanasan terlebih dahulu, sehingga kelembaban lapisan sensitifnya lebih terjaga.

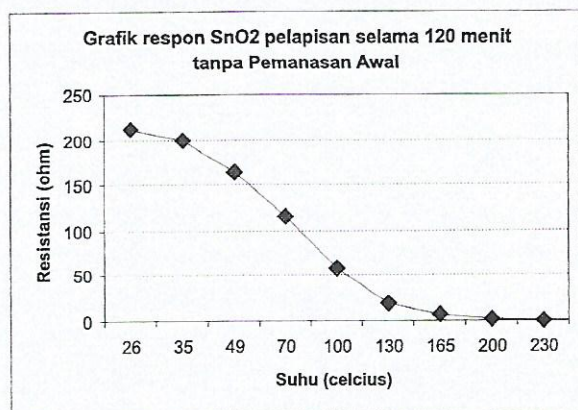
2. Pengujian Perubahan Resistansi Sensor terhadap Perubahan Temperatur untuk Bahan Sensitif SnO_2 Selama 2 Jam (b)



Gambar 5 : Sensor yang Dilapisi Bahan Sensitif SnO_2 Selama 2 Jam

Tabel 4 : Perubahan Resistansi Sensor terhadap Temperatur untuk Bahan Sensitif SnO_2 Pelapisan 2 Jam *tanpa pemanasan awal*

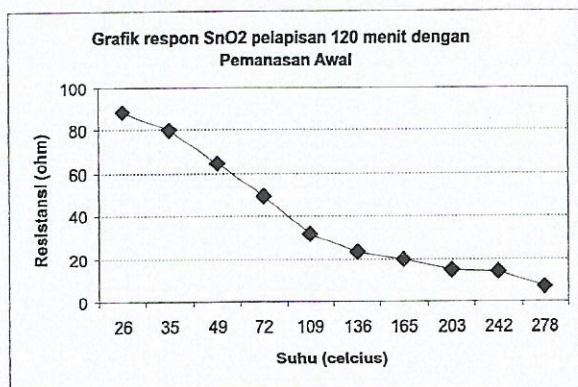
Tegangan (V)	Resistansi (Ω)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)
0	212	26
0,5	200	35
1	164	49
1,5	116	70
2	57	100
2,5	20	130
3	6,8	165
3,5	2	200
4	0.2	230



Gambar 6 : Grafik Tanggapan Perubahan Resistansi Sensor terhadap Perubahan Temperatur untuk SnO₂ Pelapisan 2 jam

Tabel 5 : Perubahan Resistansi Sensor terhadap Temperatur untuk Bahan Sensitif SnO₂ Pelapisan 2 Jam dengan pemanasan awal

Tegangan (V)	Resistansi (Ω)	Suhu (°C)
0	89	26
0,5	80	35
1	65	49
1,5	49	72
2	32	109
2,5	23	136
3	20	165
3,5	15	203
4	14	242
4,5	7	278



Gambar 7 : Grafik Tanggapan Perubahan Resistansi Sensor terhadap Perubahan Temperatur untuk SnO₂ Pelapisan 2 jam

Dapat dilihat dari hasil pengukuran pada ke dua table di atas ada perbedaan grafik. Perbandingan hasil grafik pada gambar 6 dengan hasil grafik pada gambar 7 adalah grafik 7 cenderung lebih linier, hal ini terjadi karena pada pengukuran yang ke-2 dilakukan pemanasan terlebih dahulu, sehingga kelembaban lapisan sensitifnya lebih terjaga.

Pada lapisan sensitive SnO₂, jika tidak dilakukan pemanasan awal sebelum pengukuran, maka lapisan sensitive akan mengandung banyak butiran uap air yang menyebabkan pengukuran tidak stabil. Untuk hal tersebut maka pemanas atau heater sangat berperan penting untuk menghilangkan uap air yang menempel pada permukaan lapisan sensitive tersebut.

4. Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai perubahan resistansi yang dilakukan dengan pemanasan awal sebelum pengukuran menghasilkan nilai perubahan resistansi yang lebih stabil dibandingkan dengan pengukuran yang sebelumnya tidak dilakukan pemanasan awal.
2. Dari hasil pengujian terhadap lapisan sensitive, respon dari perubahan resistansi menunjukkan hasil yang linier, sehingga sensor tersebut dapat bekerja baik.

Ucapan Terimakasih

Kegiatan penelitian ini dilakukan dalam rangka melaksanakan program kegiatan DIPA di PPET - LIPI. Penulis ucapkan terimakasih kepada Puslit PPET - LIPI yang telah memberikan fasilitas dan kepada rekan-rekan atas kerjasamanya

5. Daftar Pustaka

1. Barsan, N., Stetter, J. R., Findlay, Jr., M. & Gopel, W., "High-performance gas sensing of CO: comparative tests for semiconducting (SnO₂-based) and for amperometric gas

- sensors", *Analytical Chemistry*, vol. 71, 1999, pp. 2512-2517.
2. Moseley, P. T., 'Thick-film semiconductor gas sensors', in *Thick Film Sensors*, ed. M. Prudenziati, Elsevier Science, Amsterdam, 1994, pp. 289-311.
 3. Mochida, T., Kikuchi, K., Kondo, T., Uono, H. & Matsuura, Y., "Highly sensitive and selective H₂S gas sensor from r.f. sputtered SnO₂ thin film", *Sensors and Actuators B*, vol. 24-25, 1995, pp. 433-437
 4. Ivanov. P.T, Blanchar. Xavier, C, "Design, Fabrication and Characterization of Thick Film Gas Sensor" PhD thesis, *Departament d'Enginyeria Elctrica I Automatica*, Tarragona, Spain, 2004.
-

Perancangan Dan Implementasi Blade Antenna Untuk Telemetry Dan Penerimaan GPS Pada Sistem Payload Roket LAPAN RX-420

Dr. Ir. Joko Suryana¹⁾ Ir. Herma Yudhi Irwanto, MEng²⁾

1) KK Telekomunikasi, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika ITB

Jl. Ganesha 10, Bandung, Ph 022-2501661

email: joko.suryana@stei.itb.ac.id

2) Kepala Teknik Muatan Roket LAPAN

Jl. Raya LAPAN, Sukamulya, Rumpin, Bogor 16310.

Telp. (021) 75790383, 75790031 / Fax. (021) 75790383

Abstract

Antenna is one of the main subsystems in a rocket or missile technology. This antenna subsystem plays a vital role because it determines the successfulness of controlling, telemetry, and data/image/video transmission, and also the GPS signal reception. The need for this specific antenna for LAPAN RX-420 Rocket and other LAPAN rocket families is increasing due to the material changes of rocket body from fiber to lightweight metal to achieve better performance in terms of range and payload capacity. In this case, the rocket body will influence the radiation pattern of the antenna. Hence, we need a different approach for designing the antenna which suitable to be equipped at the rocket body. This paper addresses a report our designing and implementation activities on 1.5 GHz as well as 900 MHz blade antennas by considering the conformal structure of RX-420 LAPAN rockets which have high gain and stable radiation pattern.

Keywords : Rocket RX-420, Blade Antenna, GPS

Abstrak

Antena merupakan salahsatu subsistem utama dalam teknologi roket kendali atau missile. Subsistem antena ini sangat penting karena sebagai ujung tombak keberhasilan pengendalian, telemetri dan pentransmisian data / image / video dan penerimaan sinyal pandu GPS. Kebutuhan antena yang spesifik untuk roket LAPAN RX-420 dan generasi roket setelahnya semakin meningkat seiring dengan perubahan penggunaan material struktur yang semula menggunakan fiber, menjadi metal ringan untuk mendapatkan roket dengan kemampuan jelajah yang makin jauh serta memiliki kapasitas payload yang lebih besar. Dalam hal ini, struktur roket yang terbuat dari metal akan mempengaruhi pola radiasi antena yang dipakai, sehingga diperlukan teknik perancangan antena yang berbeda dengan antena dengan struktur fiber. Dalam paper ini dilaporkan hasil perancangan dan realisasi antena blade 1.5 GHz untuk penerimaan sinyal GPS dan antena blade 900 MHz untuk sistem telemetry yang memperhatikan struktur conformal roket RX-420 LAPAN dengan gain tinggi dan memiliki pola radiasi stabil pada berbagai kondisi manuver.

Kata kunci : Roket RX-420, Antena Blade, GPS

1. Pendahuluan

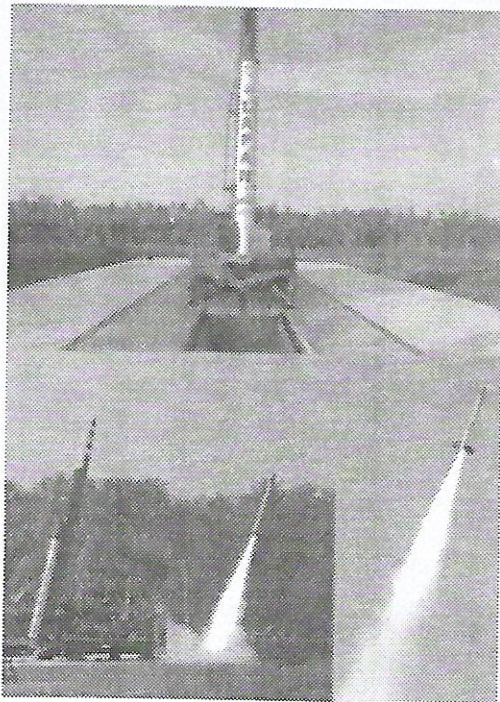
Roket merupakan salah satu wahana dirgantara yang memiliki makna strategis. Roket dapat dimanfaatkan sebagai sarana untuk mengorbitkan satelit atau wahana antariksa dengan misi-misi khusus, misalnya satelit mata-mata militer, satelit komunikasi komersial, satelit pemantau cuaca, satelit penelitian, stasiun

antariksa, teleskop di angkasa dan wahana antariksa lainnya.

Indonesia sebagai negara berkembang dengan wilayah yang sangat luas sudah saatnya mempercepat penguasaan teknologi di bidang kedirgantaraan untuk mendukung kemandirian bangsa di sektor-sektor startegis lainnya, misalnya telekomunikasi, transportasi, pertanian, dan

militer.

Melalui Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Indonesia berhasil meluncurkan roket jenis RX 420 di stasiun uji terbang roket LAPAN, Pameungpeuk, Garut, Jawa Barat. Roket itu merupakan roket terbesar yang pernah dibuat Indonesia. Keunggulan lain, jarak tempuh roket mencapai 100 kilometer dengan muatan 300 kilogram serta memiliki kecepatan empat kali kecepatan suara. Tujuan produksi dan pengembangan roket selama ini adalah untuk keperluan kelengkapan persenjataan keamanan negara, pemetaan wilayah, dan mendeteksi hotspot kebakaran hutan. Gambar berikut memperlihatkan roket RX-420 LAPAN:



Gambar 1 Peluncuran Roket RX-420 LAPAN

Pengembangan teknologi roket memerlukan pengembangan teknologi lainnya seperti komunikasi data radio, telecommand, dan sistem sensor. Salah satu teknologi tersebut adalah pengembangan sistem antenna terpadu untuk payload, telemetry dan GPS. Sistem antenna ini sangat penting karena sebagai ujung tombak

keberhasilan pengendalian, telemetry dan pentransmisian data/image/video dan penerimaan sinyal pandu GPS. Kebutuhan antenna untuk roket LAPAN generasi RX-420 dan setelahnya semakin meningkat karena terjadinya perubahan penggunaan material struktur yang semula menggunakan fiber, menjadi metal ringan. Dalam hal ini, struktur roket yang terbuat dari metal akan mempengaruhi pola radiasi antenna yang dipakai, sehingga diperlukan teknik perancangan antenna yang berbeda.

Paper ini memaparkan hasil penelitian antenna blade 1.5 GHz untuk penerimaan sinyal GPS dan antenna blade 900 MHz untuk sistem telemetry yang pada roket RX-420 LAPAN. Antenna blade 1.5 GHz merupakan bagian dari sistem sensor posisi roket berbasis GPS. Sensor posisi berbasis GPS yang terdapat pada payload roket ini memerlukan sistem antenna yang bisa menerima sinyal satelit GPS secara kontinu pada berbagai kondisi manuver roket. Sedangkan untuk pertukaran data/command dari dan ke roket oleh perangkat pengendali yang berada di atas tanah, roket memerlukan payload telemetry. Dalam hal ini, roket RX-420 LAPAN menggunakan sistem telemetry 900 MHz.

2. Metode Penelitian

2.1 Perancangan Antena Blade

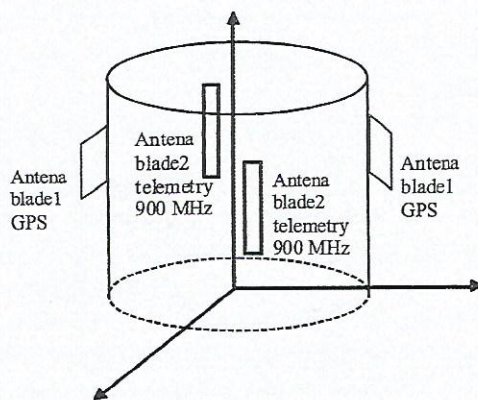
Antena jenis blade dikembangkan untuk tujuan peningkatan bandwidth monopole. Hampir semua antenna blade memiliki bentuk trapezoidal. Beberapa variasi dilakukan pada bentuk lekukan blade untuk mendapatkan sifat aerodynamic. Selain itu, suatu notch kadang ditambahkan untuk lebih meningkatkan lagi lebar pita. Antena jenis blade ini biasa digunakan untuk keperluan aviasi pada frekuensi VHF dan UHF.

2.2 Penerapan Antena Blade pada Payload Roket

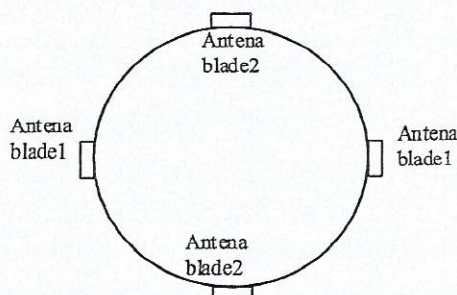
Dalam penelitian ini, antenna blade digunakan untuk dua fungsi yang berbeda:

- Antena blade 1, digunakan untuk sensor posisi bagi roket berbasis GPS. Sehingga dalam hal ini, antena blade digunakan untuk penerimaan sinyal dari satelit-satelit GPS pada berbagai posisi manuver roket. Tiap roket memerlukan sepasang antena blade 1 ini untuk mendapatkan pola radiasi omnidireksional. (Lihat referensi [1]).
- Antena blade 2, digunakan sebagai antena bagi sistem telemetry data 900 MHz. Sistem telemetry pada roket sangat diperlukan untuk pertukaran data / command dari dan ke roket dengan perangkat yang berada di tanah. Untuk mendukung manuver roket yang berubah sesuai trayektori serta spinning dari roket, sistem telemetry juga membutuhkan sepasang antena blade 900 MHz.

Berikut ini diilustrasikan susunan sepasang antena blade 1 pada badan roket dan sepasang antena blade 2 pada badan roket.



Gambar 2. Tampak samping layout antenna roket RX-420



Gambar 3. Tampak atas layout antenna roket RX-420

2.3 Spesifikasi Antena Blade 1.5 GHz

Dalam penelitian ini, antena blade digunakan untuk penerimaan sinyal GPS oleh sensor posisi yang dimiliki oleh roket. Spesifikasi antena blade untuk penerimaan GPS tersebut adalah :

Jenis antena	: Blade antenna aerodinamis
Pola radiasi	: 180° (beamwidth)
Tinggi	: 40mm
Berat	: 30 g
Frequency	: 1.45 to 1.65GHz
Gain	: approximately +2 dBi
VSWR	: 2:1 max
Peak power	: 160W
Operating temp.	: -50°C 150°C

2.4 Spesifikasi Antena Blade 900 MHz

Antena blade 900 MHz digunakan untuk sistem telemetry bagi data dari sensor-sensor yang ada di payload roket. Spesifikasi antena blade untuk telemetry tersebut adalah :

Jenis antena	: Blade antenna sederhana
Pola radiasi	: 180° (beamwidth)
Tinggi	: 40mm
Berat	: 30 g
Frequency	: 900 to 950 MHz
Gain	: approximately +2 dBi
VSWR	: 2:1 max
Peak power	: 160W
Operating temp.	: -50°C 150°C

2.5 Perangkat lunak Desain RF Microstripes [2]

Dalam penelitian ini digunakan perangkat lunak Microstripes yang menggunakan metoda komputasi elektromagnetik berbasis Transmission Line Matrix. Metode transmission line matrix (TLM) ini merupakan suatu metode yang menggunakan diskritisasi ruang dan waktu untuk perhitungan medan elektromagnetik.

TLM didasarkan pada analogi medan elektromagnetik dengan suatu jaringan transmission line. Teknik ini memungkinkan komputasi secara kompleks 3 Dimensi pada

kinerjanya menggunakan Vector Network Analyzer 0-13.5 GHz dan 0-3 GHz di Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro ITB.

3.1 Antena Blade Aerodinamis 1.5 GHz

Berikut ini disajikan hasil simulasi antena blade aerodinamis 1.5 GHz menggunakan perangkat lunak Microstripes.



Gambar 4. Contoh 2D TLM : pulsa datang pada dua kejadian hamburan berturutan.

115-9120

Declassified in full by NSA on 08-28-2013 pursuant to E.O. 13526

115-9120

Gambar 6. Hasil simulasi pola radiasi blade 1.5 GHz

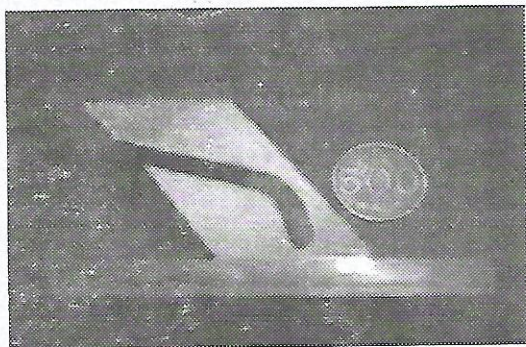
Figure 1 is a line graph showing the reflection coefficient R on the vertical axis versus the normalized frequency ω/ω_0 on the horizontal axis. The horizontal axis ranges from 1.0 to 2.0 with major ticks every 0.1. The vertical axis ranges from 0 to 1.0 with major ticks every 0.1. The curve starts at $(1.0, 0)$, rises to a peak of $R \approx 0.4$ at $\omega/\omega_0 \approx 1.1$, and then decreases, approaching $R=0$ as ω/ω_0 increases towards 2.0.

Gambar 7. Hasil simulasi return loss blade 1.5 GHz

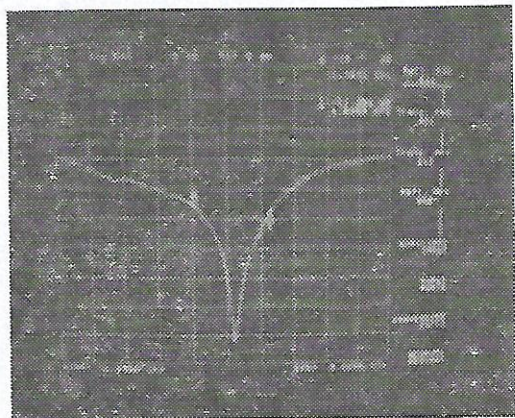
Dari hasil simulasi antenna blade aerodinamis 1.5 GHz menggunakan software Microstripes tersebut, dapat kita simpulkan bahwa rancangan telah memenuhi spesifikasi pada bab II. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa antenna bisa dipasang sejarak 180 derajat pada bidang roket akan memberikan pola radiasi omnidirectional karena masing-masing antenna blade 1.5 GHz memiliki coverage 180 derajat. Gain antenna 2 dBi (untuk efisiensi 100%) dan antenna bekerja pada pita 1.4 GHz 1.65 GHz.

3.1.2 Hasil Pengukuran

Berikut ini disajikan berturut-turut foto antenna hasil implementasi menggunakan bahan aluminium dengan foto hasil pengukuran return loss (S11) menggunakan Vector Network Analyzer 0-13.5 GHz.



Gambar 8. Foto fisik antenna blade 1.5 GHz

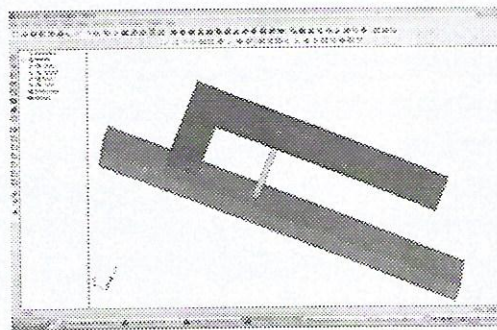


Gambar 9. Foto pengukuran S11 dengan VNA

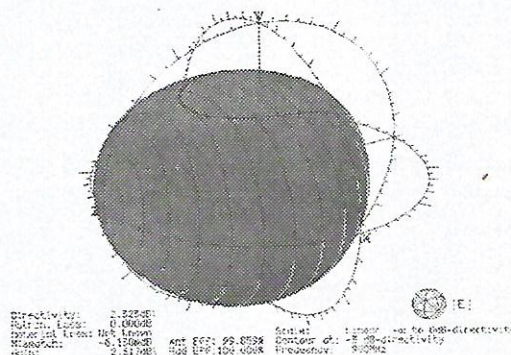
3.2 Antena Blade Sederhana 900 MHz

3.2.1 Hasil Simulasi

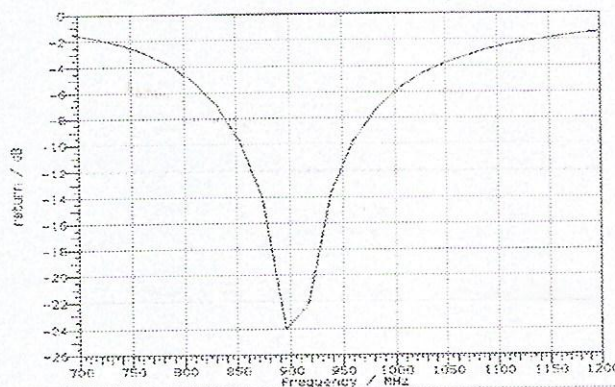
Berikut ini disajikan hasil simulasi antenna blade sederhana 900 MHz menggunakan perangkat lunak Microstripes.



Gambar 10. Rancangan fisik antenna blade 900 MHz



Gambar11. Hasil simulasi pola radiasi blade 900 MHz

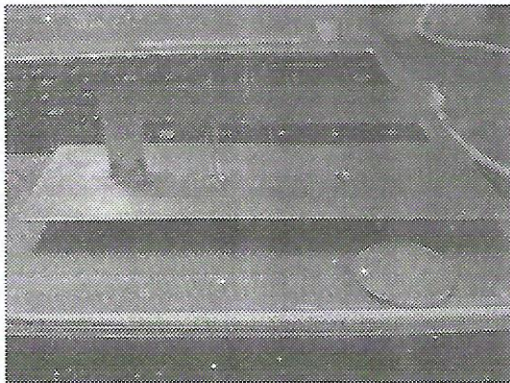


Gambar12. Hasil simulasi return loss blade 900 MHz

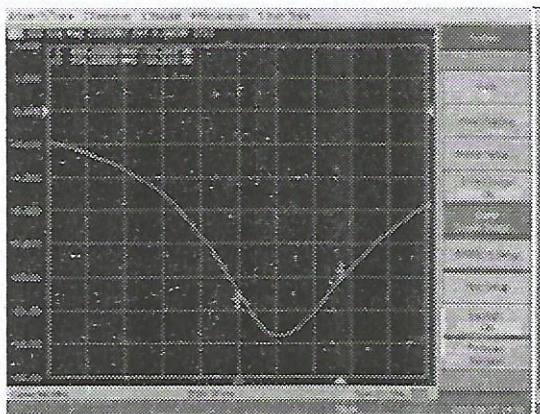
Dari hasil simulasi antenna blade sederhana 900 MHz menggunakan software Microstripes tersebut, dapat kita simpulkan bahwa rancangan telah memenuhi spesifikasi pada bab II. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa antenna bisa dipasang sejarak 180 derajat pada bidang roket akan memberikan pola radiasi omnidirectional karena masing-masing antenna blade 900 MHz memiliki coverage 180 derajat. Gain antenna 2 dBi (untuk efisiensi 100%) dan antenna bekerja pada pita 900 MHz 950 MHz.

3.2.2 Hasil Pengukuran

Berikut ini disajikan berturut-turut foto antenna hasil implementasi menggunakan bahan aluminium dengan foto hasil pengukuran return loss (S11) menggunakan Vector Network Analyzer 0-3 GHz.



Gambar 13. Foto fisik antenna blade 900 MHz



Gambar 14. Foto pengukuran S11 dengan VNA

4. Kesimpulan

Dari hasil simulasi rancangan dan pengukuran prototip antenna blade 1.5 GHz dan antenna blade 900 MHz di atas dapat kita simpulkan bahwa rancangan dan prototip telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

Untuk mendukung berbagai kondisi manuver, satu roket RX-420 membutuhkan sepasang antenna blade 1.5 GHz untuk penerimaan sinyal GPS dan sepasang blade 900 MHz untuk telemetry agar memiliki pola radiasi omnidirectional.

5. Daftar Pustaka

1. O. Montenbruck, M. Markgraf, F. Hassenpflug, "Pre-flight Assessment of a Dual Blade Antenna System for GPS Tracking of Sounding Rockets", DLR-GSOCTN 01-03.
2. "Micro-Stripes Reference Manual Release 7.0, Issue 1", Copyright 2005 Flomerics Limited
3. C. Christopoulos, "The Transmission Line Modeling Method": TLM, Piscataway, NY, IEEE Press, 1995. ISBN 978-0198565338
4. Wikipedia, "Transmission Line Matrix"

Perancangan Dan Optimasi Antena UWB Dispersi Minimum Dengan Algoritma Genetika Dan Metoda Momen

Dr .Ir. Joko Suryana

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika ITB

Lab Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro, STEI-ITB, Jl.Ganesa 10 Bandung

Ph: 022-2501661 Fax : 022-2534133 email:joko.suryana@stei.itb.ac.id

Abstract

This paper reports a research on UWB antenna design and implementation for communication system with data rate > 480 Mbps. UWB antenna is optimized iteratively using genetics algorithm combined with moment method, or usually abbreviated with AGMM method. The AGMM optimization result and measurement on two types of ring antenna show that AGMM is proved to be effective in executing the optimization algorithm on UWB antenna with minimum dispersion. Bandwidth of the two optimized antennas are 9.3 GHz, and 8.8 GHz, with the lowest frequencies 1.707 GHz, 2.010 GHz and fidelity 0.6186, 0.5512 respectively.

Keywords : UWB Antenna, minimum dispersion, GA, MOM, fidelity.

Abstrak

Paper ini melaporkan penelitian tentang perancangan dan implementasi antena UWB untuk penerapan pada sistem komunikasi > 480 Mbps. Optimasi antena UWB dilakukan secara iteratif menggunakan algoritma genetika yang digabungkan dengan metoda momen yang disingkat sebagai metode AGMM. Dari hasil optimasi AGMM dan pengukuran dua macam antena cincin hasil implementasi menunjukkan bahwa AGMM terbukti cukup efektif melakukan algoritma optimasi antena UWB dengan dispersi minimum. Kedua antena hasil optimasi masing-masing memiliki bandwidth 9.3 GHz, 8.8 GHz, frekuensi terendah masing-masing 1.707 GHz, 2.010 GHz serta dengan fidelity masing-masing 0.6186, 0.5512.

Katakunci : Antena UWB, dispersi minimum, GA, MOM, fidelity.

1. PENDAHULUAN

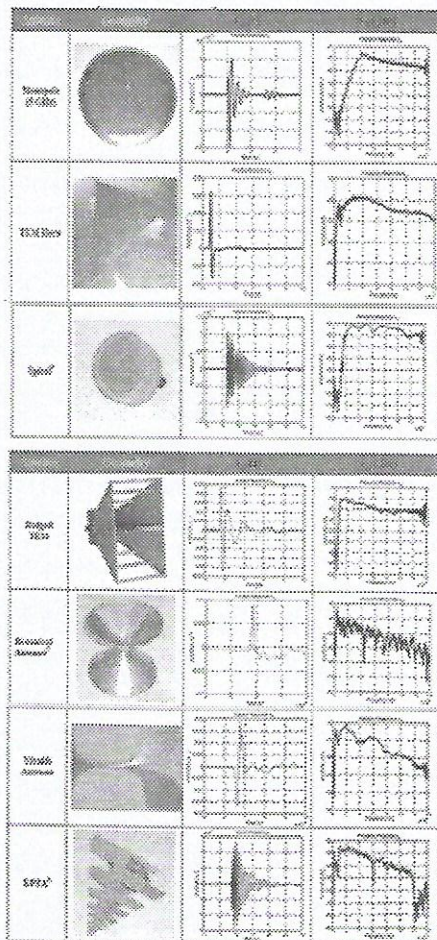
Salah satu tantangan dalam sistem UWB adalah pengembangan antena yang sesuai untuk mendukung kinerja sistem komunikasi pulsa durasi sangat pendek IR-UWB (Anderson, 2006; Wentzloff, 2005). Sistem IR-UWB membutuhkan antena yang dapat mencakup bandwidth sangat lebar untuk penransmisian pulsa berdurasi nanodetik dengan distorsi seminimal mungkin karena data terkirim dan informasi pewaktuan presisi terkandung dalam bentuk pulsa asal. Oleh karena itu, antena dengan respon impuls mirip fungsi *dirac* (t) atau respon impuls dengan distorsi minimum menjadi persyaratan kinerja IR-UWB

Suatu antena UWB ideal selain harus memiliki VSWR maksimum 2:1 pada *bandwidth* operasi yang diminta, juga harus memiliki karakteristik radiasi medan dengan *magnitude* konstan dan fasa linier pada frekuensi operasi tersebut. Antena dengan karakteristik ideal tersebut akan meradiasikan sinyal sebagai turunan pertama terhadap waktu dari *waveform* sinyal kirim. Kriteria penting lainnya dalam pemilihan antena UWB adalah kinerja secara keseluruhan sistem antena kirim dan terima sistem UWB. Pertimbangan karakteristik *Transmit-Receive* ini penting karena tidak seperti pada antena *narrowband*, dimana sistem UWB memerlukan

kestabilan kinerja pada daerah frekuensi yang sangat lebar. Bila terdapat variasi kinerja antenna yang cukup signifikan pada pita operasi yang sangat lebar, maka akan terjadi distorsi pulsa terkirim.

Beberapa antenna UWB kualitas tinggi untuk penggunaan di laboratorium telah tersedia secara komersial, mulai dari tipe *Monopole*, *TEM Horn*, *Spiral*, *Ridged TEM*, *Bicone*, *Vivaldi* maupun Log Periodik. Beberapa contoh karakteristik antenna UWB referensi sebagaimana yang dilaporkan dalam (Slicul, 2004) adalah : bentuk *Monopole 5 GHz*, *TEM Horn*, *Spiral*, *Ridged TEM*, *Bicone*, *Vivaldi*, dan Log Periodik. Karakteristik tiap antenna direpresentasikan dalam domain waktu $s_{21}(t)$ dan $S_{21}(\square)$.

Tabel 1 : Karakteristik Antena UWB
Referensi [1]



Sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 1 antenna referensi di atas terlihat bahwa tipe antenna tertentu memiliki profil kawasan waktu dan kawasan frekuensi yang unik. Suatu antenna UWB ideal akan memiliki respon transien kawasan waktu berupa suatu pulsa *monocycle* mirip *Gaussian* dan respon *magnitude* fungsi transfer rata. Yang termasuk dalam jenis antenna UWB dispersi minimum adalah *TEM Horn*, *Bicone* dan *Vivaldi*. Sedangkan antenna UWB *dispersive* akan memiliki respon transien dengan ekor yang cukup panjang dan atau berosilasi. Antena Log Periodik, dan *Spiral* termasuk beberapa contoh antenna UWB *dispersive*.

Walaupun secara komersial bisa dijumpai di pasaran, antenna-antenna UWB *lab-grade* tersebut harganya sangat mahal, sehingga tidak ekonomis bila digunakan untuk produk semisal seperti perangkat *portable* dan lain sebagainya. Oleh karena itu, kebutuhan akan produk antenna UWB yang murah, mudah dalam manufakturnya serta memiliki spesifikasi yang memenuhi persyaratan antenna UWB menjadi sangat tinggi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Optimasi dengan Algoritma Genetika dan Metoda Momen (AGMM)

Sebagaimana bidang teknik lainnya, sebagian besar riset elektromagnetika mengarah pada upaya untuk menemukan solusi persamaan integral dan differensial dengan suatu syarat batas. Sebagai salah satu contoh adalah perhitungan impedansi masukan suatu desain antenna. Pada tahap petama, dilakukan formulasi geometri, ukuran dan sifat material yang berkaitan dengan antenna dan lingkungan. Selanjutnya, dilakukan suatu permodelan matematis baik secara eksak maupun dengan metoda pendekatan terhadap antenna tersebut. Sebagai langkah terakhir, dilakukan komputasi numerik untuk menemukan solusi bagi perhitungan impedansi masukan desain antenna

yang diinginkan. Pada umumnya dijumpai satu solusi untuk satu masalah. Dalam banyak hal, menemukan solusi dari permasalahan tersebut bukan hal yang mudah walaupun telah dibantu dengan penggunaan komputer. Merancang antenna dengan VSWR rendah untuk suatu pita frekuensi tertentu merupakan contoh permasalahan optimasi. Dalam hal ini, solusi yang dihasilkan dari optimasi bisa sangat banyak, sehingga dibutuhkan proses pemilihan solusi yang terbaik dari sejumlah alternatif solusi yang ada.

Algoritma genetika (AG) telah terbukti dapat digunakan sebagai alat optimasi bagi permasalahan elektromagnetika sebagaimana dalam [56]. Walaupun AG bukan satu-satunya solusi terbaik dalam optimasi permasalahan elektromagnetika dan bidang lainnya, tetapi penggunaan AG telah terbukti berhasil dalam mendapatkan solusi permasalahan elektromagnetik seperti desain antenna *multiband* 2.7 GHz, 3 GHz dan 3.3 GHz oleh Johson sebagaimana dalam [2], solusi susunan antenna optimum sebagaimana pada [3]. Penggunaan AG untuk optimasi permasalahan elektromagnetika didasarkan pada beberapa fitur unik sebagai berikut :

1. Kemampuan AG dalam menentukan optimum global tanpa terperangkap pada optimum lokal.
2. Optimasi AG tidak bergantung pada kondisi awal
3. Proses optimasi dapat dilakukan pada fungsi *cost / fitness* dengan beberapa variabel sekaligus
4. Optimasi AG dapat menangani fungsi-fungsi diskontinu, nonlinier serta *non-differentiable*

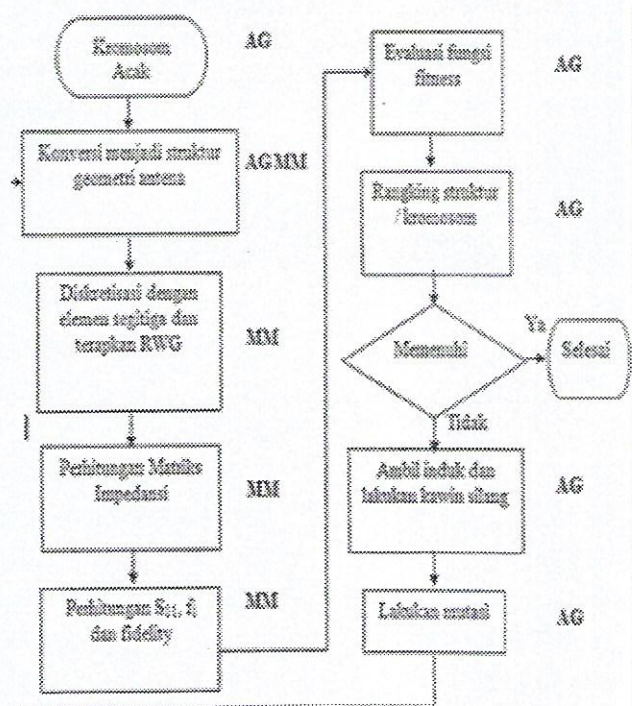
3. METODE PENELITIAN

Sebagaimana optimasi antenna *narrowband* pada [2], dalam penelitian ini, optimasi antenna UWB dispersi minimum dilakukan dengan pendekatan algoritma genetika yang

dikombinasikan dengan metoda momen.

Metode AGMM ini dimulai dengan penggunaan suatu struktur induk dari antenna dan kemudian melakukan iterasi dengan seleksi alami sehingga didapatkan struktur geometri antenna yang optimal sesuai fungsi *cost* atau *fitness* yang diinginkan.

Gambar 1 berikut memperlihatkan diagram alur AGMM. Algoritma genetika untuk optimasi rancangan ini didahului dengan penentuan populasi awal dari struktur geometri antenna yang dikodekan sebagai kromosom. Setelah itu, kromosom yang merepresentasikan suatu bentuk geometri antenna tersebut dievaluasi dengan metoda moment (MM), sehingga didapatkan nilai *cost* atau *fitness* untuk kromosom tersebut. Berdasarkan nilai *cost / fitness* tersebut, kromosom diperbaiki untuk generasi baru mendatang dengan melalui suatu proses reproduksi baik secara silang maupun dengan mutasi. Urutan langkah ini akan diulang sampai fungsi *cost* minimum atau *fitness* tercapai.



Gambar 1 : Diagram alur algoritma Genetika dan Metode Momen (AGMM) untuk optimasi perancangan antenna UWB

Dalam penelitian ini digunakan pendekatan maksimalisasi fungsi fitness untuk parameter frekuensi terendah <3.1 GHz, lebar pita yang dihasilkan antenna >7.5 GHz dan profil fidelity domain waktu >0.5.

2.1 Pemilihan Model dengan Antena Monopole Cincin Radius Sembarang

Model antenna UWB yang digunakan adalah antenna monopole cincin dengan radius luar dan radius dalam sembarang. Dalam penelitian ini, AGMM dipakai untuk mencari 2 parameter terbaik dari radius luar antenna monopole dan radius dalam antenna monopole. Jumlah bit yang dipakai untuk masing-masing parameter adalah 8 bit, sehingga hanya diperlukan kode biner 16 bit untuk pengkodean dua parameter tersebut yang merepresentasikan kromosom.

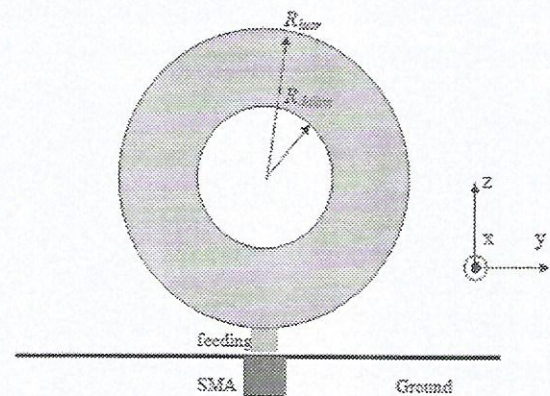
Radius luar bervariasi dari 0.1λ sampai 0.4λ , sedangkan radius luar dapat berharga 0 sampai harga radius luar sesaat.

- $0.1\lambda \leq R_{luar} \leq 0.4\lambda$; dalam cm
- $0 \leq R_{dalam} \leq R_{luar} - 0.01$; dalam cm

dengan λ adalah panjang gelombang, R_{luar} adalah radius luar dari patch lingkaran sedangkan R_{dalam} merupakan radius dalam dari patch lingkaran. Sehingga bila suatu kromosom memiliki kode biner 00000000 00000000 berarti antenna monopole planar cincin memiliki radius luar sama dengan 0.1λ cm dan dengan radius dalam 0 cm sedangkan kromosom kode biner 11111111 11111111 berarti antenna monopole planar cincin memiliki radius luar 0.4λ dan radius dalam $0.4\lambda - 0.01$ cm.

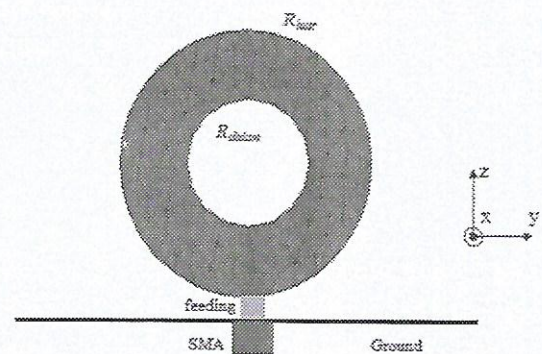
Dalam penelitian ini, antenna monopole dibuat dari lembar konduktor sempurna dengan substrat udara yang dipasang secara normal (arah sumbu z) terhadap ground plane (pada bidang x,y) dengan catuan coaxial di pertengahan dari dasar antenna.

Model fisik geometri antenna :



Gambar 2 : Model fisik geometri antenna kasus optimasi kedua

Model diskretisasi antenna dengan elemen segitiga RWG:



Gambar 3 : Model diskretisasi antenna kasus optimasi kedua dengan RWG

Algoritma genetika dimulai dengan membangkitkan secara acak suatu populasi dan kemudian berevolusi dengan seleksi, kawin silang serta mutasi. Peluang untuk seleksi didasarkan pada evaluasi kinerja antenna dengan fungsi cost/fitness yang diinginkan.

Untuk setiap kromosom 16 bit yang dibangkitkan, suatu struktur antenna monopole planar geometri cincin dengan radius luar dan radius dalam tertentu akan dibuat dan kemudian didiskretisasi dengan fungsi basis RWG. Bahan dari patch bentuk cincin ini di-set sebagai metal berupa konduktor sempurna. Pada simulasi ini, groundplane, posisi konektor SMA dan kondisi

batas (boundary condition) dibuat tetap untuk semua pola struktur antenna yang dievaluasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah diperoleh dua rancangan antenna UWB dengan metode optimasi AGMM di atas, penulis melakukan pengukuran antenna menggunakan perangkat Vector Network Analyzer 0-13.5 GHz di laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro ITB.

4.1 Fungsi fitness yang dipakai

Dalam penelitian ini, digunakan pendekatan maksimalisasi fungsi fitness untuk parameter frekuensi terendah, lebar pita yang dihasilkan antenna dan profil fidelity domain waktu. Persamaan berikut akan dipakai sebagai fungsi fitness :

Dari persamaan tersebut, kita bisa segera mengetahui bahwa tujuan optimasi rancangan antenna UWB pada penelitian ini adalah dihasilkannya struktur antenna UWB dengan pita frekuensi sangat lebar pada $S_{11} < -10$ dB, frekuensi terendah 3.1 GHz, dan profil respon impuls antenna mempunyai fidelity > 0.5 atau dengan distorsi oleh group delay yang masih bisa diterima. Bobot masing-masing parameter yang dioptimasi adalah 40% untuk lebar pita, 20% untuk frekuensi terendah yang diinginkan dan 40% fidelity pulsa kawasan waktu. Nilai fitness minimum yang harus dipenuhi adalah 70, bandwidth minimum 7.5 GHz, frekuensi terendah tertinggi 3.1 GHz dan fidelity minimum 0.5.

4.2 Antena Hasil Optimasi

Pada dasarnya optimasi dengan algoritma AGMM akan menghasilkan banyak sekali antenna UWB cincin yang memenuhi fungsi fitness di atas.

Namun dalam penelitian ini, hanya ditampilkan dua contoh antenna cincin hasil optimasi sebagaimana gambar berikut ini :

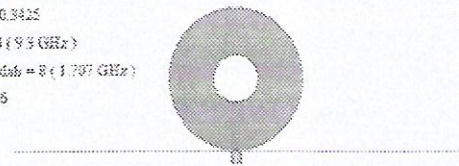
Antena #1 Hasil Optimasi AGMM

Nilai fitness = 90.3425

Bandwidth = 93 (9.3 GHz)

Frekuensi Terendah = 3 (3.1 GHz)

Fidelity = 0.6185



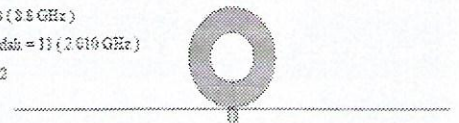
Antena #2 Hasil Optimasi AGMM

Nilai fitness = 75.548

Bandwidth = 88 (8.8 GHz)

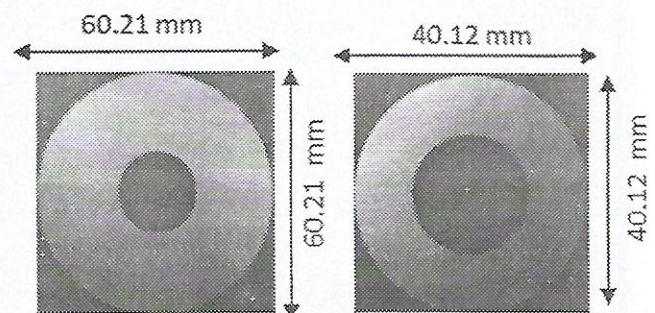
Frekuensi Terendah = 3 (3.1 GHz)

Fidelity = 0.5512



Gambar 4 : Struktur antenna hasil optimasi

Sedangkan foto fisik antenna setelah diimplementasikan adalah sebagaimana gambar berikut.

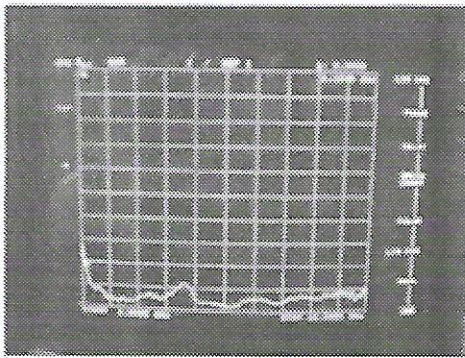


Gambar 5 : Foto fisik implementasi antenna cincin

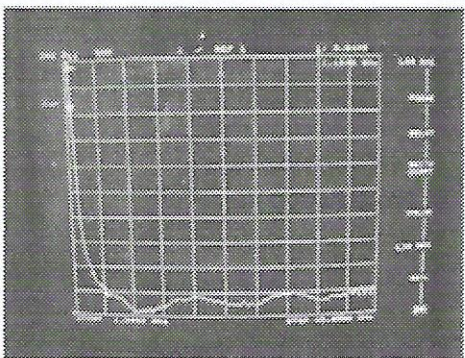
Sebagaimana yang telah dipaparkan sebelumnya, penentuan radius cincin luar dan radius cincin dalam dilakukan secara iterative oleh algoritma AGMM dan program AGMM bisa diset berhenti setelah suatu struktur cincin tertentu membuat nilai fungsi fitness mencapai nilai optimumnya.

Kedua antenna cincin di atas masing-masing memiliki ukuran luar 60.21 x 60.21 mm dan 40.12 x 40.12 mm dalam simulasi AGMM memiliki lebar pita 9.3 GHz dan 8.8 GHz dengan fidelity 0.6186 dan 0.5512.

Hasil pengukuran parameter SWR yang mencerminkan kondisi matching pada impedansi 50 ohm untuk rentang frekuensi 1- 11 GHz terlihat sebagaimana foto hasil pengukuran dengan VNA 0-13.5 GHz yang dilakukan di LTRGM-ITB sebagaimana gambar 6 dan gambar 7 berikut :



Gambar 6 : Hasil Pengukuran SWR antenna#1

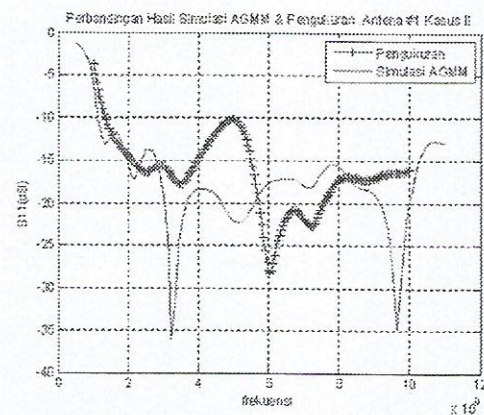


Gambar 7 : Hasil Pengukuran SWR antenna#2

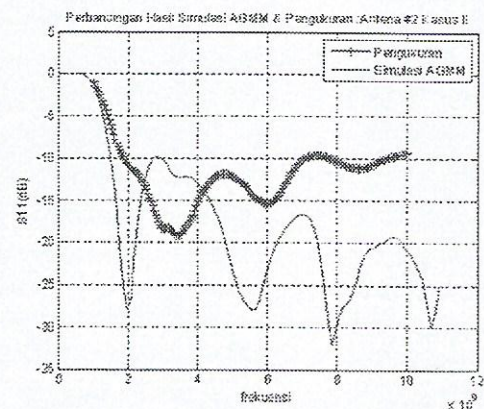
4.3 Akurasi Simulasi AGMM terhadap Pengukuran

Untuk melihat tingkat akurasi AGMM yang diimplementasikan dengan perangkat lunak MATLAB, penulis melakukan perbandingan perhitungan numeric dengan hasil pengukuran VNA. Perbandingan dilakukan untuk parameter S11, yaitu parameter yang mencerminkan pantulan akibat ketidak match-an antara impedansi masukan antenna terhadap saluran transmisi 50 ohm. Dari gambar 8 dan 9 berikut terlihat bahwa hasil simulasi AGMM cukup memiliki akurasi yang baik

dibandingkan dengan hasil pengukuran prototip dengan VNA 0-13.5 GHz.



Gambar 8 : AGMM vs Pengukuran Antena #1



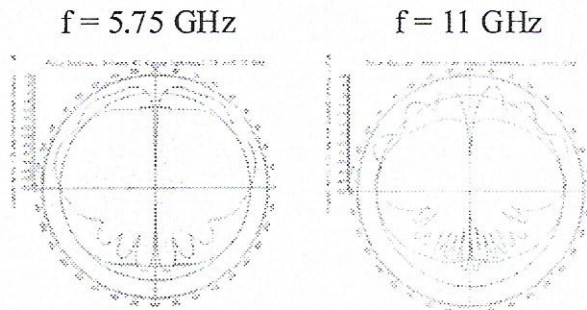
Gambar 9 : AGMM vs Pengukuran Antena #2

4.4 Pola Radiasi Antena Monopole Cincin AGMM

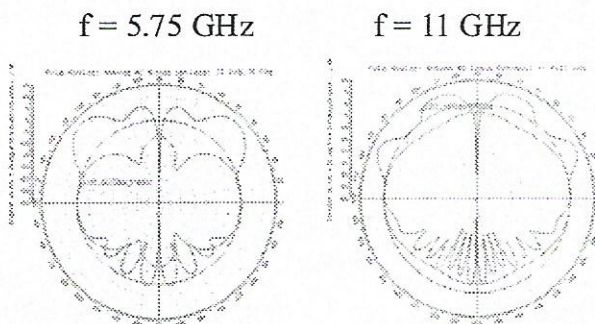
Sedangkan untuk melihat pola radiasi antenna hasil optimasi AGMM, berikut ini disajikan berturut-turut simulasi pola radiasi untuk struktur antenna#1 dan antenna#2 untuk $f = 5.75$ GHz dan $f = 11$ GHz menggunakan software komersial MICROSTRIPES.

Hasil simulasi pola radiasi antenna-antena tersebut memperlihatkan bahwa pola radiasi kedua antenna memiliki bentuk yang serupa dengan monopole UWB konvensional. Dari hasil simulasi pola radiasi tersebut juga menunjukkan bahwa pola radiasi antenna cincin hasil optimasi AGMM

memiliki kestabilan bentuk, sehingga sesuai untuk penerapan komunikasi UWB dengan laju data tinggi.



Gambar 11 : Simulasi Pola Radiasi Antena#1



Gambar 12 : Simulasi Pola Radiasi Antena#2

5. KESIMPULAN

Hasil pengukuran parameter S_{11} dan parameter SWR untuk kedua antenna tersebut memperlihatkan bahwa metode AGMM telah secara efektif menghasilkan rancangan antenna UWB dengan spesifikasi yang hampir sama dengan hasil

pengukuran di laboratorium. Hasil pengukuran mengkonfirmasi bahwa antenna hasil rancangan dengan AGMM memiliki lebar pita minimal 7.5 GHz untuk $SWR < 2$ atau $S_{11} < -10$ dB.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan Algoritma Genetika untuk keperluan optimasi rancangan antenna UWB yang dikombinasikan dengan analisis berbasis Metode Momen terbukti secara efektif dapat menghasilkan antenna UWB sesuai dengan fungsi fitness yang kita inginkan. Dengan penggunaan AGMM ini, dapat dihasilkan variasi bentuk antenna UWB namun tetap memenuhi spesifikasi yang diinginkan sebagaimana yang tercermin dalam fungsi fitness.

DAFTAR PUSTAKA

1. Stanislav Slicul, "Ultrawideband Antenna Characterization and Measurements", *PhD Dissertation, Electrical Engineering, Virginia Tech*, 2004
2. Johnson dan Rahmat Samii, "Genetic Algorithm and Method of Moments (GA/MoM) for the Design of Integrated Antennas", *IEEE Trans on Antennas and Propagation*, Vol 47, Oct 1999
3. Boeringer et al., "Synthesis of phased array amplitude weights for stationary sidelobe envelopes using genetic algorithms," *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, 2001, vol. 4, pp. 684-687

Perancangan Dan Pembuatan Penguat Daya RF Pada Band UHF (478 MHz 806 MHz)

Yana Taryana⁽¹⁾, Suhana Hermana⁽²⁾, Lia Muliani⁽³⁾

Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI

Jl. Sangkuriang komplek Lipi Gd. 20 Bandung

Tlp. (022) 2504660, Fax. (022) 2504659

email : yana@ppet.lipi.go.id

Abstract

The aimed of this study was to design and to manufacture Radio Frequency (RF) power amplifier at the Ultra high Frequency (UHF) band. The system was manufactured based on matching impedance of each component of power device. RF transistor BLX 93A was used to realize of this amplifier. The result showed that this power amplifier prototype has gain of 4 dB at frequency range 478 MHz to 806 MHz and Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) of 1.22. To stabilize this prototype tuning of matching impedance circuit and voltage biasing are required.

Keyword : RF power amplifier, matching impedance circuit, , frequency range, VSWR.

Abstrak

Penelitian ini dimaksudkan untuk merancang dan membuat penguat daya radio frekuensi yang bekerja pada pita Ultra High Frequency(UHF). Sistem tersebut dibuat berdasarkan komponen komponen penyesuai impedansi dari penguat daya tersebut. Amplifier ini direalisasikan dengan menggunakan transistor RF tipe BLX 93 A. Prototipe amplifier ini menghasilkan penguatan sebesar 4 dB pada frekuensi kerja 478 MHz 806 MHz, dan Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) sebesar 1,22 Untuk mendapatkan kesetabilan, diperlukan pengaturan rangkaian penyesuai impedansi dan rangkaian catu dayanya.

Kata Kunci : Pengaut daya RF, Rangkaian penyesuai impedansi, frekuensi kerja, VSWR.

1. Pendahuluan

Dewasa ini perkembangan teknologi dan informasi sangat pesat terutama di bidang *broadcasting*. Salah satu sistem *broadcasting* yang banyak dinikmati oleh semua kalangan sebagai sarana hiburan dan informasi adalah di bidang pertelevisian. Pada sebuah pemancar televisi, sebelum suatu informasi dapat tersampaikan kepada masyarakat umum, informasi tersebut harus diubah terlebih dahulu kedalam sinyal video dan audio. Selanjutnya informasi tersebut dikirimkan oleh suatu pemancar televisi dengan daya pancar tertentu yang penguatannya tergantung pada penguat daya Radio Frekuensi (RF) yang terpasang². Penguat daya RF pada sistem pemancar televisi berfungsi untuk menguatkan

sinyal yang berasal dari modulator (*exiciter*). Biasanya penguat daya RF pada pemancar-pemancar televisi dibuat bertingkat untuk menghasilkan daya yang besar. Seiring dengan banyaknya pemancar-pemancar TV swasta yang beralokasi pada pita frekuensi UHF baik yang sifatnya lokal maupun nasional, maka meningkat pula kebutuhan penguat daya RF yang bekerja pada pita frekuensi UHF. Guna menunjang kebutuhan tersebut, studi ini dimaksudkan untuk memaparkan perancangan dan pembuatan penguat daya RF yang beralokasi pada *bandwidth* yang lebar dengan biaya prototipe yang sederhana. *Bandwidth* ini dibuat lebar dengan tujuan untuk memberikan pilihan alokasi frekuensi kerja yang akan digunakan, yaitu pada pita frekuensi UHF (478 MHz 806 MHz).

2. Teori Dasar

Dalam merancang sebuah penguat daya RF, banyak faktor yang dapat mempengaruhinya, yaitu karakteristik komponen, jenis penguat, *biasing* dan rangkaian penyesuai impedansi. Karakteristik komponen-komponen pasif seperti resistor, induktor dan kapasitor (R, L, C). Pada operasi frekuensi tinggi (frekuensi radio) komponen-komponen tersebut tidak lagi bersifat sebagai komponen pasif murni, tetapi frekuensi yang tinggi akan mempengaruhi komponen-komponen pasif tersebut menjadi sebuah rangkaian ekivalennya. Dalam operasi frekuensi tinggi, efek induktansi yang ditimbulkan oleh kaki-kaki kapasitor dapat menimbulkan perubahan karakteristik dari kapasitor itu sendiri, menjadi komponen yang kompleks yang terdiri dari induktansi, kapasitansi dan resistansi. Besarnya pengaruh reaktansi kapasitif adalah:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad (1)$$

Dimana:

X_C = Reaktansi kapasitif (Ω),

f = Frekuensi (Hz), dan

C = Kapasitansi (F)

Besarnya induktansi tergantung pada besar fisik, banyaknya lilitan, dan jenis bahan inti dari induktor yang bersangkutan.

$$X_L = 2\pi fL \quad (2)$$

Untuk merancang nilai induktansi (L) pada frekuensi tinggi dengan inti udara, dapat menggunakan rumus:

$$L = \frac{0,39r^2N^2}{9r+10l} \quad (3)$$

Dimana: N : Banyaknya lilitan

r : Jari jari kawat (cm)

l : Panjang kawat (cm)

L : Induktansi (μH)

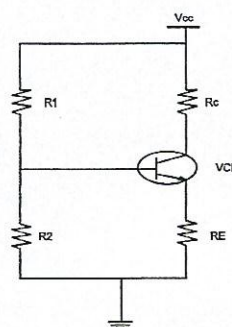
Banyaknya jenis kelas penguat dan *biasing* pada penguat daya, maka pada studi ini menggunakan jenis penguat kelas A dengan bias

pembagi tegangan. Bias Pembagi Tegangan. Menurut Gunawan H, bias ini banyak dipakai pada rangkaian-rangkaian diskrit linier. Pembagi tegangan (Voltage divider) berasal dari pembagi tegangan yang dibentuk oleh R_1 dan R_2 . Tegangan pada R_2 membias forward dioda emiter dan V_{CC} membias reverse dioda kolektor seperti pada Gambar 1. Menurut hukum Ohm didapat:

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} \quad (4)$$

Hukum Kirchoff memberikan harga V_E , yaitu:

$$V_E = V_2 - V_{BE} \quad (5)$$



Gambar 1. Rangkaian bias pembagi tegangan

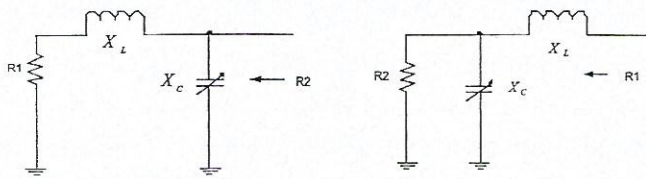
Persamaan 4 dan 5 menyatakan tegangan pada resistor emiter sama dengan tegangan pada R_2 dikurangi jatuh tegangan V_{BE} . Oleh karena itu, arus emiter adalah:

$$I_E = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E} \quad (6)$$

Teori rangkaian listrik menyatakan bahwa tranfer daya antar sistem akan maksimum bila impedansi bagian yang bergandengan sama besar atau memiliki nilai VSWR sama dengan satu. Adapun tipe-tipe rangkaian penyesuai impedansi adalah rangkaian L, rangkaian Pi (Π), rangkaian T. Namun yang berhubungan dengan studi ini hanya rangkaian tipe T dan tipe L.

Rangkaian Tipe L. Menurut Utomo, rangkaian ini biasanya digunakan untuk menyesuaikan impedansi terminal output suatu pemancar dengan antena.

Skema untuk rangkaian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian tipe L

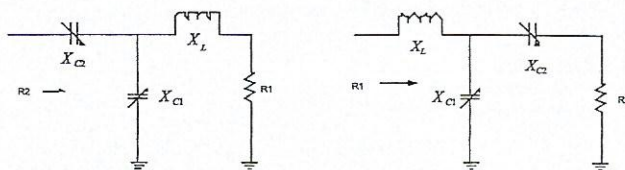
$$X_L = QR_1 \quad (7)$$

$$X_C = \frac{R_2}{Q} \quad (8)$$

$$Q = \sqrt{\frac{R_2}{R_1} - 1} \quad (9)$$

Q : Faktor kualitas

Rangkaian Tipe T (L-C-C). Komponen rangkaian ini terdiri atas sebuah induktor dan dua buah kapasitor. Komponen-komponen yang didapat dari hasil perhitungan cenderung praktis sehingga perlu menggunakan komponen variabe. Rangkaian dan persamaan matematisnya, adalah



Gambar 3. Rangkaian Tipe T (jenis L-C-C)

Memilih harga $Q = \frac{f_c}{BW}$

BW : Bandwidht

$$A = \sqrt{\frac{R_1(Q^2 + 1)}{R_2}} \quad (10)$$

$$B = R_1(Q^2 + 1) \quad (11)$$

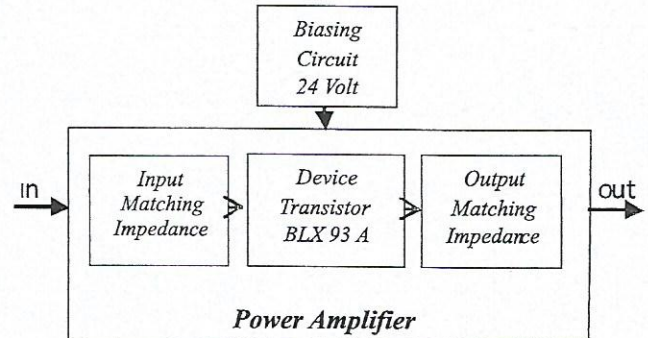
$$X_{C1} = \frac{B}{QA} \quad (12)$$

$$X_{C2} = AR_2 \quad (13)$$

3. Metode Penelitian

Proses penelitian dilakukan dengan menentukan blok diagram rangkaian penguat daya dan menghitung nilai-nilai komponen pada setiap rangkaian. Selanjutnya memilih komponen

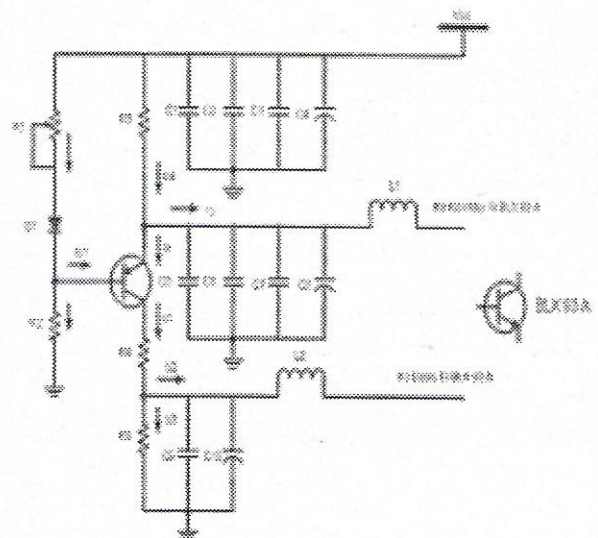
komponen tersebut sesuai dengan hasil perhitungan dan membuat prototipe. Kemudian dilakukan proses pengujian. Blok diagram penguat daya yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Blok diagram penguat daya

4. Hasil dan Pembahasan

Dari blok diagram pada Gambar 4, maka dihasilkan bentuk rangkaian dan nilai nilai komponen hasil perhitungan. Bentuk rangkaian biasing ditunjukkan pada Gambar 5. dengan menggunakan bias pembagi tegangan dan bekerja pada kelas A.



Gambar 5. Rangkaian Biasing

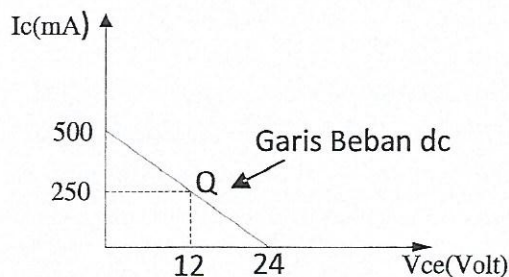
Pada data sheet, bias transistor diketahui

$$V_{cc} = 24 \text{ Volt}, \quad I_{tot} = 250 \text{ mA},$$

$$I_{C(sat)} = 500 \text{ mA}, \quad h_{fe} \text{ BD 138} = 40$$

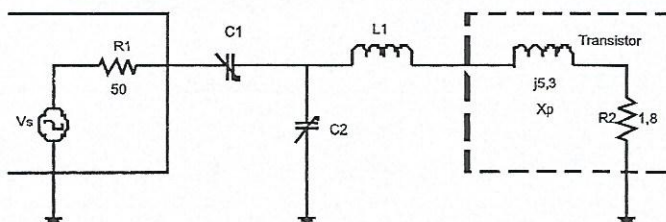
$$h_{fe} \text{ BLX 93 A} = 35$$

Garis beban DC yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Garis beban dc

Dengan analisis rangkaian pada Gambar 1. dan menggunakan persamaan 4, 5 dan 6 maka didapat nilai-nilai komponen $R_5 = 3,3 \Omega$, $R_3 = 3,3 \Omega$, $R_4 \cong 429 \Omega$, dan $R_2 = 9,79 R_1$ atau $R_2 \cong 10R_1$. Untuk komponen-komponen rangkaian penyesuaian impedansi input diperoleh dari perhitungan dan analisa rangkaian Gambar 2, yaitu dari nilai $Z_{in} = 1,8 + j5,3$ transistor RF power BLX 93 A, maka dapat dibentuk rangkaian yang ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian penyesuaian impedansi input

Memilih harga $Q = \frac{f_c}{BW}$

$$f_c = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

$$= \frac{478 + 806}{2} = 642 \text{ MHz}$$

Jadi $Q \cong 1,96$

$$Z_s = R_1 Z_{in} = 50(1,8 + j5,3) = 90 + j265$$

Pada persamaan (10), didapat

$$A = \sqrt{\frac{R_1(Q^2 + 1)}{R_2}} = \sqrt{\frac{50(1,96^2 + 1)}{90}} \cong 1,64$$

Pada persamaan (11), didapat

$$B = R_1(Q^2 + 1) = 50(1,96^2 + 1) \cong 242,1$$

Menurut persamaan (12), didapat

$$X_{C1} = \frac{B}{QA} = \frac{242,1}{1,96 \times 1,64} \approx 75,31$$

Menurut persamaan (13)

$$X_{C2} = AR_2 = 1,64 \times 90 = 147,6$$

Sehingga dengan persamaan (1)

$$C_1 = \frac{1}{2\pi f_c X_{C1}} \approx 3,29 \text{ pF dan}$$

$$C_2 = \frac{1}{2\pi f_c X_{C2}} \approx 1,68 \text{ pF}$$

Dalam keadaan resonansi $X_L = X_P = 5,3$, maka dengan persamaan (2) diperoleh nilai

$$L_1 = \frac{X_L}{2\pi f_c} = 1,3 \text{ nH} = 0,0013 \mu\text{H}$$

$$N = \sqrt{\frac{(9r + 10l)L}{0,39r^2}}, \text{ dengan mengambil bahan kawat}$$

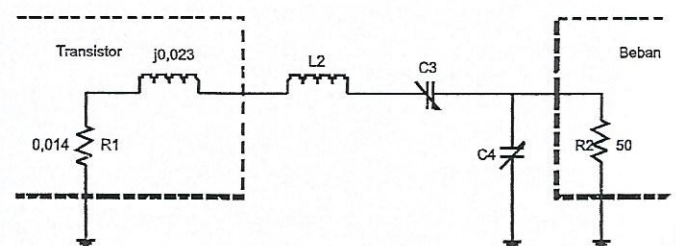
dengan ukuran :

$$r = 4 \text{ mm} = 0,4 \text{ cm}, \quad l = 3 \text{ cm}, \text{ maka } N \approx 0,7 \text{ lilitan}$$

Bentuk rangkaian penyesuaian impedansi output ditunjukkan pada Gambar 8, dan hasil perhitungannya adalah :

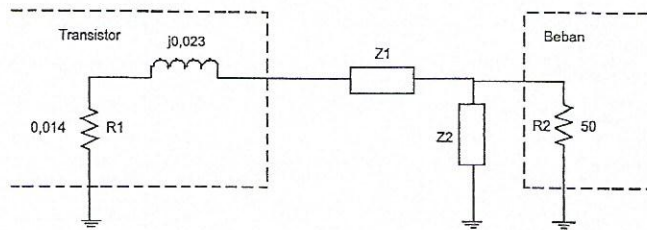
Diketahui Y_L output transistor BLX 93 A adalah $Y_L = 19 - j32$, maka :

$$Z_L = \frac{1}{Y_L} = \frac{1}{19 - j32} = \frac{1 \angle 0}{37,22 \angle -59,3} = 0,027 \angle 59,3 = 0,014 + j0,023$$



Gambar 8. Rangkaian penyesuaian impedansi output

Untuk mendapatkan perhitungan yang akurat maka bentuk rangkaian pada Gambar 8 harus dibuat rangkaian ekuivalennya seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian ekuivalen penyesuai impedansi output

$$Z_{out} = Z_L R_2 = 50(0,014 + j0,023) = 0,7 + j1,15$$

Dengan persamaan (9) diperoleh

$$Q = \sqrt{\frac{R_2}{R_1} - 1} = \sqrt{\frac{50}{0,7} - 1} = 8,39$$

$$Z_1 = QR_1 = 8,39 \times 0,7 = 5,87$$

$$Z_1 = X_{L2} - X_{C3} \text{ (Rangkaian seri)}$$

$$L_2 = \frac{5,87}{\omega} + \frac{1}{\omega^2 C_3}, \text{ ambil harga } C_3 = 20 \text{ pF, maka } L_2 = 4,52 \text{ nH}$$

$$N = \sqrt{\frac{(9r + 10l)L}{0,39r^2}}, \text{ dengan}$$

mengambil bahan kawat dengan ukuran :

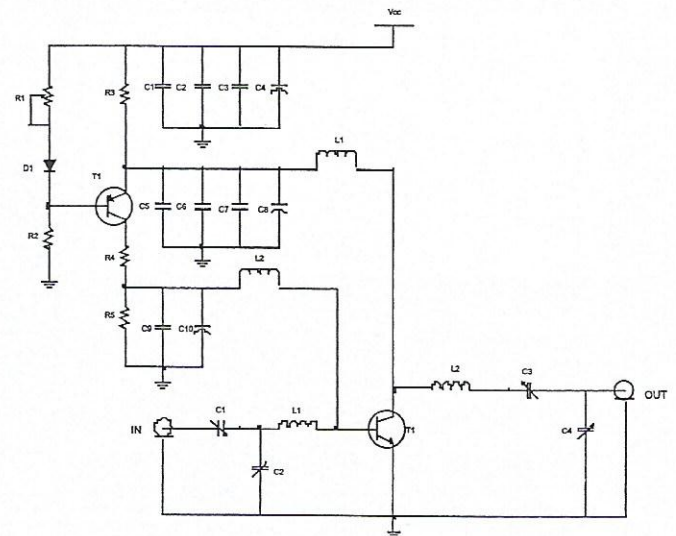
$r = 4 \text{ mm} = 0,4 \text{ cm}$, $l = 4 \text{ cm}$, maka $N \approx 0,9$ lilitan

$Z_2 = X_{C4}$, maka dengan persamaan (8)

$$\text{didapat nilai } X_{C4} = \frac{R_2}{Q} = \frac{50}{8,39} = 5,96,$$

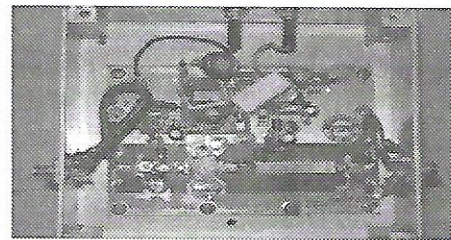
$$\text{sehingga } C_4 = \frac{1}{2\pi f_c X_{C4}} = 29,55 \text{ pF}$$

Rangkaian keseluruhan hasil perancangan ditampilkan pada Gambar 10.



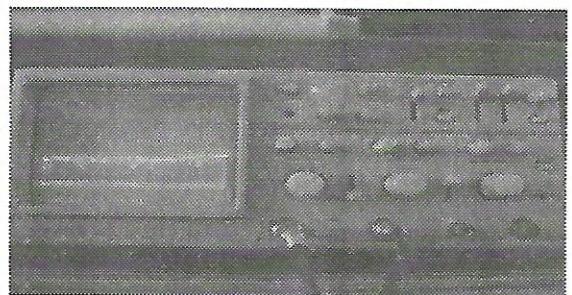
Gambar 10. Rangkaian keseluruhan sistem penguat daya

Hasil perakitan dari rancangan pada Gambar 10. diperoleh prototipe penguat daya RF seperti yang diperlihatkan pada Gambar 11.

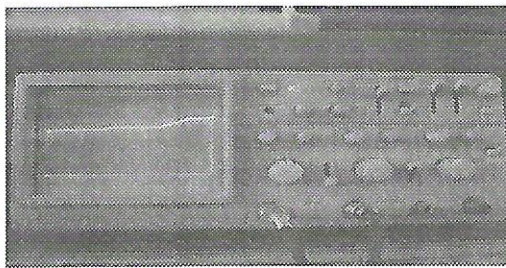


Gambar 11. Prototipe penguat daya RF

Banyak sekali parameter-parameter yang harus diuji pada sebuah penguat daya, tetapi pada penelitian ini dicukupkan pada parameter-parameter *gain*, *range frekuensi*, *return loss* dan *VSWR*. Pengukuran prototipe ini dilakukan dengan memberikan daya input sebesar 0 dBm



Gambar 12. Level daya input



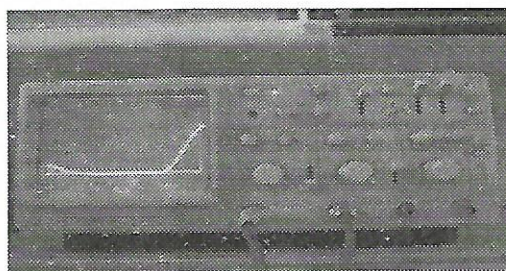
Gambar 13. Output penguatan dan respon frekuensi

Tabel 1. Hasil pengukuran penguatan dengan input 0 dBm

Input (dBm)	Frekuensi (MHz)	Penguatan (dB)	Output (dBm)
0	475	4	4
0	556	4	4
0	700	4	4
0	750	4	4
0	808	4	4

Pada Tabel 1, menghasilkan *gain* yang sama pada setiap frekuensi, ini menunjukkan penguat daya tersebut mempunyai linieritas yang tinggi.

Pengukuran *return loss* dimaksudkan untuk melihat besarnya koefisien refleksi dan SWR yang berhubungan dengan transfer daya maksimum. Respon pengukurannya ditampilkan pada Gambar 14. dan untuk hasil pengukurannya, lihat Tabel 4.



Gambar 14. Respon return loss

Tabel 4. Hasil pengukuran Retun loss

In dBm	F (MHz)	RL (dB)	Koefisien Refleksi $\Gamma = \frac{1}{10^{RL/20}}$	VSWR $VSWR = \frac{1+\Gamma}{1-\Gamma}$
0	475	20	0,1	1,22
0	556	20	0,1	1,22
0	700	20	0,1	1,22
0	750	20	0,1	1,22
0	808	20	0,1	1,22

Pada Tabel 4. Memperlihatkan besarnya return loss adalah 20 dB pada setiap daerah frekuensi kerja, ini menunjukkan penguat daya tersebut mempunyai transfer daya yang stabil pada frekuensi kerja di atas.

5. Kesimpulan

Pada studi ini dihasilkan sebuah prototipe penguat daya yang mempunyai bang frekuensi kerja 478 MHz-806 MHz dengan linieritas output maksimum 5 Watt peak syc. Pada frekuensi kerja di atas 900 MHz-1 GHz penguatan mencapai 5 dB. Dengan nilai VSWR input/output 1,22 menunjukkan bahwa daya yang direfleksikan sangat kecil sehingga penguat ini dapat digunakan sebagai driver untuk penguat tingkat berikutnya. Untuk mendapatkan penguatan yang lebih besar sampai 7 dB, dapat dilakukan dengan memaksimalkan tegangan catu daya sebesar 28 Volt.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para peneliti dan teknisi yang telah membantu dalam prose penelitian ini sampai menghasilkan sebuah prototipe yang sederhana

6. Daftar Pustaka

1. Bowick, C, "RF Design", Howard W. Sans & Co, Indianapolis, 1985.
2. Gunawan, H., "Prinsip prinsip Elektronika", Erlangga, Jakarta 1990.
3. Rodi, C, "Komunikasi Elektronika", Erlangga Jakarta 1990.
4. Liao, Y.S. 1987, "Microwave Circuit Analysis and Amplifier Design", Prentice Hall, Englewood Clift, New Jersey.
5. Utomo, M, "Pemancar FM", *Majalah elektron HME ITB*, Bandung 1990.
6. Darmadi. 2008, "Jurnalisme TV, Pemancar Televisi VHF dan UHF".

<http://www.tvconsulto.com>., diakses tanggal
24 Januari 2009

7. Topik. 2006, "Penguat Daya Rendah dengan Band Lebar", *Tugas Akhir. Polban*, Bandung.
 8. Anonymous. 1992, "PNP Power Transistor Data Sheet", *Philips Semiconductors*.
 9. Anonymous. 1976, "UHF Power Transistor Data Sheet", *Philips Semiconductors*.
-

Perancangan Wilkinson 4-Way Power Divider Dengan Beda Fasa 90° Pada Frekuensi 2300 MHz 2400 MHz

Yudi Yuliyus Maulana¹⁾ dan Yuyu Wahyu¹⁾, Epi Rahmawati²⁾

1). Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi - LIPI

Jln. Sangkuriang Kampus LIPI Gd. 20 Lt. IV Bandung Indonesia

Telp. 022-2504660 Fax. 022-2504659, Email : yudi@ppet.lipi.go.id

2). Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik - LIPI

Jln. Sangkuriang Kampus LIPI Gd. 20 Lt. II Bandung Indonesia

Abstract

In this paper, we have designed a 4-Way Wilkinson Power Divider with four equal power outputs 90° phase difference between adjacent output ports, and input and output impedance of $50\ \Omega$ at a frequency of 2300-2400 MHz. The materials used in the design of the Power Divider using Duroid/RO4003C PCB types and uses Wilkinson power divider with a channel type of shielded stripline Stripline. The existence of phase difference on the fourth output port is used for beam forming. The result of Power Divider measurement are the insertion loss ranged from 0.2 to 0.6 dB, the maximum SWR of 1.3, the isolation between the output port ranges from 22-32 dB, phase shift, which occurs between adjacent output ports of the phase shift at center frequency of 10.48° .

Keywords : power divider, 2300-2400 MHz, duroid

Abstrak

Pada makalah ini, telah dirancang sebuah Wilkinson 4-Way Power Divider dengan keempat output daya sama dan terdapat beda fasa 90° antar port output yang berdekatan, masing-masing impedansi input dan output $50\ \Omega$ pada frekuensi 2300-2400 MHz. Bahan yang digunakan dalam perancangan Power Divider ini menggunakan jenis PCB Duroid/RO4003C dan menggunakan motoda pembagi daya Wilkinson dengan saluran stripline jenis Shielded Stripline. Adanya Perbedaan fasa pada keempat port keluarannya digunakan untuk beam forming. Hasil pengukuran Power Divider diperoleh insertion loss berkisar antara 0,2-0,6 dB, SWR maksimum 1,3, isolasi antar port output berkisar antara 22-32 dB, beda fasa antar port output berdekatan terjadi pergeseran fasa sebesar $10,48^\circ$ pada frekuensi tengahnya

Kata Kunci : power divider, 2300-2400 MHz, duroid

1. Pendahuluan

Pada sistem antenna untuk memperoleh pola radiasi dan penguatan tertentu biasanya antenna disusun dalam bentuk antenna susun atau yang kita kenal dengan istilah antenna array, jadi daya pancar sebelum ditransfer ke antenna array diperlukan sebuah pembagi daya. Berdasarkan hal tersebut, penulis tertarik untuk merancang sebuah pembagi daya untuk pencatutan daya ke antenna array tersebut (antenna array terdiri dari 4 buah antenna dipole). Untuk melihat *beamforming* yang dihasilkan dari

antenna array tersebut, maka penulis mencoba merancang dan merealisasikan Wilkinson 4-Way Power Divider dengan adanya beda fasa 90° antar port keluaran yang berdekatan serta bekerja pada daerah frekuensi 2300-2400 MHz. Perbedaan fasa yang dirancang, untuk melihat pengaruhnya terhadap *beamforming*. Khusus untuk pembagi daya Wilkinson, dapat sebagai *divider* dan *combiner* karena baik port input maupun port-port outputnya *match*.

2. Dasar Teori

Power Divider/combiner merupakan komponen pasif gelombang mikro yang digunakan untuk mendistribusikan dan menggabungkan sinyal gelombang mikro^[1]. Bila perangkat tersebut menerima sebuah sinyal masukan dan mengirim beberapa sinyal keluaran dengan fasa dan amplituda tertentu, maka dikatakan sebagai *power divider*. Namun, bila perangkat tersebut menggabungkan beberapa sinyal masukan menjadi sebuah sinyal keluaran, maka dikatakan sebagai *Power Combiner*. *Power Divider/combiner* tersebut dapat diaplikasikan pada sebuah antena array^[2].

2.1 Pembagi Daya Wilkinson

Pembagi daya Wilkinson merupakan *N-way hybrid combiner/divider* yang terdiri dari beberapa *transformer* $\lambda/4$ yang disusun secara seri. *Transformer* ini mampu membagi daya masukan menjadi beberapa daya keluaran pada sejumlah *N-port* serta memberikan isolasi antar *port* keluarannya. Pada pembagi daya Wilkinson, terdapat empat bagian yang berbeda^[4]:

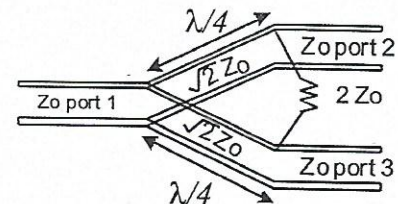
- 1) *Port* masukan.
- 2) *Transformer* $\lambda/4$.
- 3) Resistor isolasi.
- 4) *Port* keluaran.

Sebuah pembagi daya Wilkinson sederhana adalah *2-way divider*, yang terdiri dari dua buah *transformer* $\lambda/4$ dengan impedansi karakteristik (Z_0) masing-masing sebesar 70.7Ω , dan resistor 100Ω diantara keduanya. *Port* keluaran mempunyai beban 50Ω , maka diperlukan saluran $\lambda/4$ untuk mentransformasikan saluran 100Ω ke beban 50Ω , sehingga diperoleh impedansi karakteristik (Z_0) saluran $\lambda/4$ tersebut adalah sebagai berikut:

$$Z_0 \lambda/4 = \sqrt{100 \times 50} = 70.7 \Omega \quad (1)$$

Pada *port* keluaran, masing-masing saluran 50

Ω melihat 2 saluran 100Ω secara paralel. Apabila terjadi *mismatch* pada salah satu *port* keluarannya, maka sinyal pantul akan terbagi dua dan memisah melalui saluran transmisi. Dari sinyal pantul tersebut, salah satunya dikembalikan ke *port* masukan sedangkan sinyal pantul lainnya pada *port* keluaran yang lain. Dari sinyal pantul yang dikembalikan ke *port* masukan tadi, akan terbagi dua, lalu menuju kedua *port* keluaran yang ada sehingga pada *port* keluaran terdapat dua buah sinyal dengan amplituda yang sama, namun fasanya berbeda 180° , yang secara sempurna akan saling menghilangkan^[3].

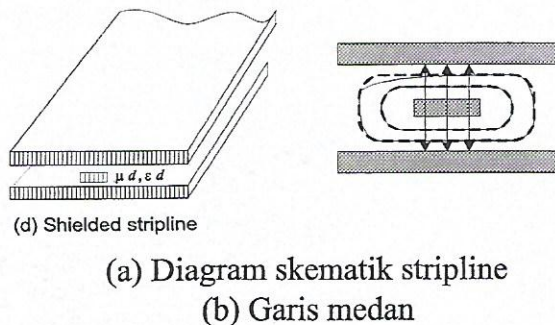


Gambar 1: Rangkaian ekivalen saluran transmisi^[4]

Pada pembagi daya Wilkinson, *port* masukan dan keluaran identik dan mempunyai harga impedansi Z_0 ^[4]. *Transformer* $\lambda/4$ digunakan dalam rangkaian ini untuk memudahkan kita dalam memahami kondisi *matching*. *Matching* dari *port* keluaran sangatlah penting agar terjadi transfer daya maksimum dari masukan ke keluaran. Jika *port* keluaran *match*, maka tidak ada daya yang dipantulkan dari *port* keluaran. Pada Gambar 1, daya masukan diberikan pada *port* 1 sedangkan *port* 2 dan *port* 3 diterminasi dengan impedansi beban yang sesuai sehingga tidak ada arus yang mengalir pada resistor yang terhubung dengan *port* keluaran^[2]. Resistor tersebut digunakan untuk mengisolasi *port* keluarannya. Ini merupakan fitur khusus dari pembagi daya Wilkinson yaitu adanya resistor yang terhubung ke beberapa *port* keluarannya^[2]. Jika terdapat efek *coupling* antar *port* keluaran, isolasi resistor akan menghindari efek tersebut pada *port* keluaran^[4].

2.2 Stripline

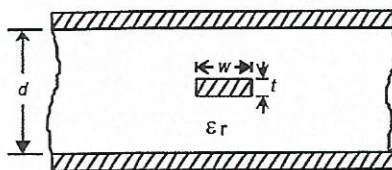
Setiap peralatan pada frekuensi gelombang mikro biasanya menggunakan saluran koaksial, *waveguide*, dan *paralel stripline*. Dengan adanya *Monolithic Microwave Integrated Circuits* (MMICs), saluran mikrostrip dan *coplanar stripline* sering digunakan^[4] karena kemudahan dalam mengatur dimensi saluran transmisinya, selain itu, mudah dipadukan dengan elemen rangkaian lainnya dan harga yang cukup murah.



Gambar 2: Diagram skematik pada stripline^[3]

Impedansi Karakteristik Stripline

Stripline dibentuk dari konduktor yang berbentuk persegi panjang yang ditanamkan dalam suatu bahan dielektrik *uniform* di antara dua buah *groundplane*. Bagian atas dan bawah *groundplane* tidak saling berhubungan.



Gambar 3: Partially shielded Stripline^[3]

Impedansi karakteristik untuk lebar strip ($w/d \gg 0.35$) adalah^[3]

$$Z_0 = \frac{94.15}{\sqrt{\epsilon_r}} \left(\frac{w}{d} K + \frac{C_f}{8.854 \epsilon_r} \right)^{-1} \Omega \quad (2)$$

$$K = \frac{1}{1 - t/d} \quad (3)$$

$$C_f = \frac{8.854 \epsilon_r}{\pi} [2K \ln(K+1) - (K-1) \ln(K^2 - 1)] \quad (4)$$

Keterangan :

t = ketebalan strip (mm)

d = jarak antar dua *groundplane* (mm)

C_f = *Fringing Capacitance* (pF/m)

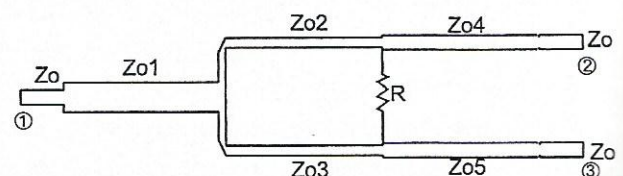
3. Perancangan Dan Realisasi Alat

Spesifikasi pembagi daya yang dirancang adalah :

- 1 *port* masukan dan 4 *port* keluaran
- Frekuensi kerja : 2300 2400 MHz
- Level daya keempat *port* keluaran sama
- Beda fasa antara *port* keluaran yang berdekatan sebesar 90o
- Insertion loss < 1 dB
- VSWR < 1.5
- Isolasi 20 dB
- Bahan berupa PCB (*Printed Circuit Board*) jenis *Duroid/RO4003C* dengan spesifikasi :
 - Permittivitas relatif bahan (ϵ_r) = 3.38
 - Tebal dielektrik (d) = 0.813 mm
 - Tebal konduktor (t) = 35 μ m

Perancangan *Power Divider* menggunakan *stripline*, agar diperoleh bentuk struktur *shielded stripline*, maka diperlukan 2 buah PCB, yaitu 1 buah PCB *double layer* dan 1 buah PCB *single layer*. Pada PCB *double layer*, layer atas berisi layout jalur, layer bawah sebagai *groundplane*. Sedangkan PCB *single layer* sebagai *groundplane* sehingga terdapat dua buah *groundplane* yang berjarak 2 kali tebal dielektriknya, $d = 1,626$ mm

Penentuan Nilai Impedansi Karakteristik



Gambar 4: Persamaan perancangan pembagi daya dari Parad dan Moynihan^[5]

Pada perancangan ini, masing-masing daya keluaran sama sehingga perbandingan daya pada

port 2 dan port 3 adalah 1 ($K=1$). Dengan menggunakan persamaan Parad dan Moynihan^[5], selanjutnya akan diperoleh harga impedansi untuk masing-masing saluran sebagai berikut :

$$K^2 = \frac{\text{Daya pada port 3}}{\text{Daya pada port 2}}$$

$$Z_{01} = 50 \left[\frac{1}{1+1^2} \right]^{1/4} = 42\Omega$$

$$Z_{02} = 50 \times 1^{3/4} (1+1^2)^{1/4} = 59.5?$$

$$Z_{03} = 50 \frac{(1+1^2)^{1/4}}{1^{5/4}} = 59.5?$$

$$Z_{04} = 50\sqrt{1} = 50\Omega$$

$$Z_{05} = \frac{50}{\sqrt{1}} = 50\Omega$$

Menghitung Panjang Gelombang $\lambda/4$

Pembagi daya yang akan direalisasikan bekerja pada frekuensi 2300-2400 MHz. Sehingga dapat diperoleh frekuensi tengahnya sebesar :

$$f_0 = \sqrt{2300 \times 2400} = 2349.468 \text{ MHz}$$

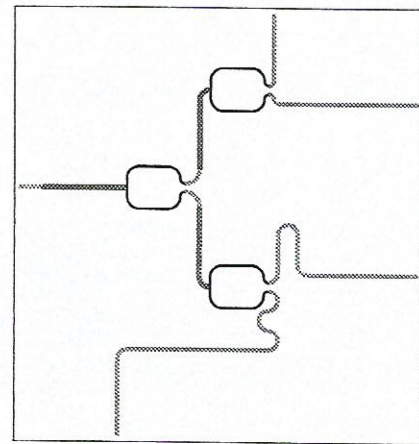
$$\lambda = \frac{c}{f_0 \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{3.10^8}{2349.468 \times 10^6 \sqrt{3.38}} = 69.453 \text{ mm}$$

$$\lambda/4 = \frac{69.453}{4} = 17.36325 \text{ mm}$$

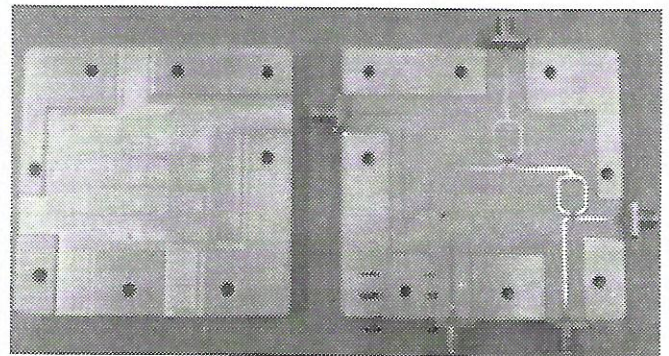
Realisasi dengan Stripline

Tabel 1: Nilai Z_0 dan lebar saluran w

Impedansi Karakteristik, $Z_0 (\Omega)$	Lebar Saluran, $w (\text{mm})$
42	1.176
50	0.866
59.5	0.605



Gambar 5: Layout 4-Way Power Divider dengan beda fasa 90°



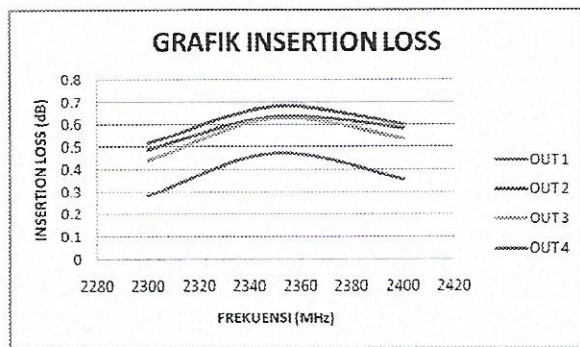
Gambar 6: Foto pembagi daya (bagian dalam)

4. Hasil Dan Analisa Pengukuran

Parameter yang diukur, meliputi : *Insertion loss*, *Return loss/SWR*, isolasi antar port keluaran dan beda fasa antar port keluaran yang berdekatan, sedangkan peralatan yang digunakan dalam pengukuran parameter-parameter di atas, menggunakan Network Analyzer 300 KHz - 20 GHz (merek Advantest R3770).

- *Insertion loss*

Insertion loss merupakan rasio/perbandingan dalam dB antara daya masukan dengan sejumlah daya keluaran. Pengukuran *Insertion loss* bertujuan untuk mengetahui berapa daya yang hilang pada port keluaran dari daya input yang diberikan pada saat pentransmisi.



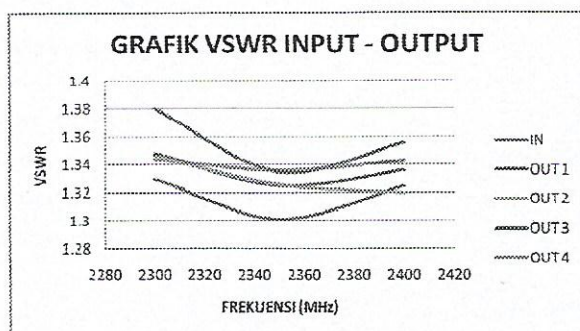
Gambar 7: Grafik *Insertion loss*

Idealnya saat power divider diberikan daya input sebesar 0 dBm, maka keempat port output memiliki daya sebesar -6 dBm, namun berdasarkan data hasil pengukuran, terlihat bahwa *output* yang terjadi bervariasi untuk masing-masing *port* keluaran dan masing-masing frekuensi sampel, pada grafik diatas dapat dilihat :

1. Terjadi *insertion loss* < 1 dB
2. Besarnya *insertion loss* yang terjadi 0,2 0,6 dB.

Makin panjang salurannya, makin besar redamannya, yang berasal dari redaman dielektrik dan konduktor. Selain redaman dielektrik dan konduktor, bisa juga disebabkan oleh kabel-kabel penghubung saat dilakukan pengukuran.

-SWR



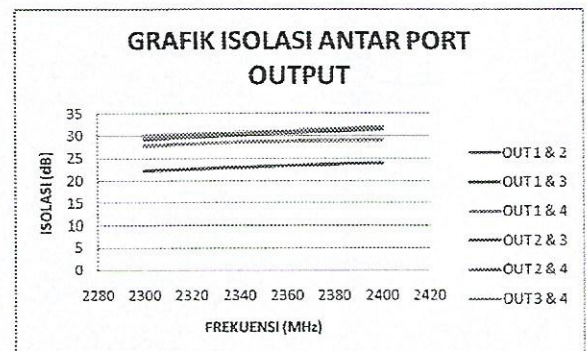
Gambar 8: Grafik VSWR input output

Berdasarkan data hasil pengukuran seperti yang terlihat pada gambar di atas, diperoleh SWR input dan output < 1.5 . Idealnya, nilai VSWR yang diharapkan adalah 1 yang berarti *matching* dari pembagi daya tersebut sangat baik. Namun, seperti

yang terlihat pada gambar, nilai SWR yang diperoleh > 1.0 . Hal ini terjadi karena beberapa faktor yang menyebabkan pergeseran nilai yang tidak dapat dihindari. Diantara faktor-faktor tersebut bisa berupa kurang telitinya dalam hal perhitungan pada saat perancangan dan pembuatan *layout* jalur serta pabrikasi yang kurang baik yang menyebabkan kepresisian alat berkurang, diantaranya pergeseran ukuran dari ukuran sebenarnya yang tidak dapat kita hindari pada saat proses pembuatan film serta pada proses *photoetching*. Kesalahan-kesalahan tersebut dapat menyebabkan pergeseran nilai impedansi karakteristik dari sebuah saluran tidak tepat benar 50 Ω . Pergeseran yang cukup besar dari nilai tersebut akan menyebabkan terjadinya *mismatch*.

Terdapat dua jenis *mismatch* yang dapat terjadi, yaitu internal *mismatch* (*mismatch* yang terjadi didalam rangkaian *power divider*) dan eksternal *mismatch* (*mismatch* yang terjadi diluar rangkaian *power divider* atau pada *port input* maupun *output*-nya).

Pengukuran Isolasi Antar Port Output



Gambar 9: Grafik isolasi antar port output

Berdasarkan data hasil pengukuran terlihat bahwa isolasi yang terjadi > 20 dB. Yaitu berkisar antara 22 32 dB. isolasi yang terjadi untuk daerah frekuensi 2300 - 2400 MHz tidak rata. Hal ini terjadi karena perancangan yang dilakukan pada frekuensi tengahnya. Selain itu, bisa disebabkan oleh kurangnya kepresisian alat terutama pada pemasangan komponen resistor 100 ohm.

Secara teoritis, Isolasi antar *port output* yang berjauhan seharusnya jauh lebih besar dibandingkan untuk isolasi antar *port output* yang berdekatan. Namun, dari hasil pengukuran isolasi yang terjadi tidak terlalu jauh untuk *port-port* yang berdekatan dan *port-port* yang berjauhan. Ini disebabkan oleh bentuk *layout* yang telah dirancang menyebabkan efek kopling antar *port output* yang berdekatan. Isolasi yang besar yang diharapkan, hal ini bisa mengurangi *crosstalk* antar *port output* yang berlainan.

Pengukuran Beda Fasa Antar Port Output yang Berdekatan

Power divider ini dirancang adanya beda fasa 90°, untuk keperluan *beam forming*. Dalam perancangan, adanya beda fasa 90° direalisasikan dalam bentuk panjang saluran transmisi sebesar $\lambda/4$

Tabel 2: Data Hasil Pengukuran Fasa

	F1(2,3GHz)	F2(2,35GHz)	F3(2,4GHz)
S12_IN_1	-88,93 deg	-98,45 deg	-108,56 deg
S12_IN_2	179,82 deg	167,95 deg	156,33 deg
S12_IN_3	80,79 deg	67,47 deg	53,65 deg
S12_IN_4	-8,97 deg	-25,19 deg	-40,86 deg
S21_1_IN	-95,00 deg	-107,94 deg	-119,47 deg
S21_2_IN	-168,32 deg	-174,88 deg	176,41 deg
S21_3_IN	75,89 deg	60,46 deg	46,99 deg
S21_4_IN	10,39 deg	-1,94 deg	-22,61 deg

Tabel 3 : Beda Fasa antar Port Output berdekatan Pada Frekuensi Bawah

port-port output yang berdekatan	beda fasa yang dirancang (deg)	beda fasa hasil pengukuran (deg)	pergeseran fasa (deg)
1 & 2	90	-268,75	+1,25
2 & 3	90	99,03	+9,03
3 & 4	90	89,76	-0,24

Tabel 4 : Beda Fasa antar Port Output berdekatan Pada Frekuensi Tengah

port-port output yang berdekatan	beda fasa yang dirancang (deg)	beda fasa hasil pengukuran (deg)	pergeseran fasa (deg)
1 & 2	90	-266,4	+3,6
2 & 3	90	100,48	+10,48
3 & 4	90	92,66	+2,66

Tabel 5 : Beda Fasa antar Port Output berdekatan Pada Frekuensi Atas

port-port output yang berdekatan	beda fasa yang dirancang (deg)	beda fasa hasil pengukuran (deg)	pergeseran fasa (deg)
1 & 2	90	-264,89	+5,11
2 & 3	90	102,68	+12,68
3 & 4	90	94,51	+4,51

terjadi pergeseran fasa sebagai berikut

- F1 = maksimum pergeseran sebesar 9,03 deg
- F2 = maksimum pergeseran sebesar 10,48 deg
- F3 = maksimum pergeseran sebesar 12,68 deg

Pergeseran fasa yang terjadi menunjukkan bahwa pada perancangan dan realisasi *power divider* ini, disebabkan oleh perbedaan panjang saluran/*patch* antar port output yang berdekatan tidak tepat benar sehingga beda fasa yang terbentuk antara dua port output yang berdekatan tidak tepat 90°.

5. Kesimpulan

- Hasil pengukuran *insertion loss* berkisar antara 0,2 0,6 dB.
- Hasil pengukuran SWR maksimum 1,3.
- Hasil pengukuran isolasi antar port output berkisar antara 22 32 dB
- Hasil pengukuran beda fasa, terjadi pergeseran fasa
- Secara keseluruhan, hasil pengukuran *insertion loss*, SWR input/output, dan isolasi

antar port output telah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan di awal, namun untuk beda fasa yang terjadi telah mengalami pergeseran.

6. Daftar Pustaka

1. Pozar, M. David., "Microwave Engineering, 2nd Edition", *John Wiley & Sons*, 1998.
 2. Collin, Robert E., "Foundation for Microwave Engineering, 2nd Edition", *McGraw-Hill*, 1996.
 3. Liao, Y. Samuel, "Microwave Circuit Analysis and Amplifier Design", *Prentice Hall*, Englewood cliffs, New Jersey, 1987.
 4. "About Power Divider", [http://www.communication-equipment.globalspec.com/learn more/Telecommunications networking/RF Microwave wireless component/RF power dividers](http://www.communication-equipment.globalspec.com/learn-more/Telecommunications_networking/RF_Microwave_wireless_component/RF_power_dividers).
 5. Fooks, Dr.E.H., Zakarevicius, Dr.R.A., "Microwave Engineering Using Microstrip Circuits", *Prentice-Hall*, Australia, 1990
-

Radio Frequency Hopping sebagai Secure Military Communications

Elan Djaelani¹⁾, Rustamaji²⁾

¹⁾Pusat Penelitian Informatika-LIPI

Jl. Cisit No.21/154D. Kompleks LIPI Bandung. 40135

Telp. 022-2504711, Fax. 022-2504712

²⁾Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional (Itenas)

Jl. P.H. H. Mustofa 23 Bandung 40124

Email: elan@informatika.lipi.go.id

rustamaji@itenas.ac.id

Abstract

Radio Frequency Hopping is included as one of Secure Military Communications method. In this system the information signal is spread into frequency field, that as very wide, by the carrier. The Carrier Frequency is changeable because it is arranged by Pseudo Random Generator (PRG), to secure toward tapping and influence by another frequency interference. In this paper, it will be discussed activity of the research, result of the research, and evaluation result of the research.

Keywords : Radio Frequency Hopping, Secure Military Communications, Pseudo Random Generator.

Abstrak

Radio Frequency Hopping termasuk salah satu Secure Military Communications. Metode pada sistem ini sinyal informasi disebar kebidang frekwensi yang sangat lebar, oleh suatu pembawa. Frekwensi pembawa berubah ubah karena diatur oleh (Pseudo Random Generator/PRG), sehingga aman terhadap penyadapan dan pengaruh terhadap interferensi frekwensi lainnya. Pada makalah ini akan dibahas kegiatan penelitian tersebut, hasil penelitian, dan evaluasi hasil penelitian.

Kata kunci: Radio Frequency Hopping, Secure Military Communications Pseudo Random Generator.

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pada perkembangan global saat ini, aliran pertukaran informasi antar individu maupun suatu instansi berjalan sangat cepat dan dalam volume yang sangat besar, dan bersifat terbuka sehingga diperlukan strategi pengamanan terhadap informasi yang bersifat rahasia. Untuk pertukaran informasi yang bersifat rahasia, memancing pihak lain untuk mengetahui isi informasi tersebut atau bahkan menggagalkan pertukaran informasi tersebut, sehingga timbul skenario peperangan informasi (*information warfare*).

Untuk memenangkan peperangan informasi pada:

- Bidang sipil seperti pada perbankan atau perusahaan tertentu untuk mengatasi penyadap aliran informasi
- Militer untuk Command Computer Control and Information (C3I). diperlukan suatu strategi yang tepat untuk pengamanan (*security*) informasi.

Informasi yang diamankan dapat berupa:

- Sinyal audio berupa *voice*, *speech*, atau *music*
- Sinyal video berupa gambar diam (*fixed picture*), gambar bergerak (*motion picture*) *slow motion picture* dan *fast motion picture*, atau teks
- Data digital

Pengamanan

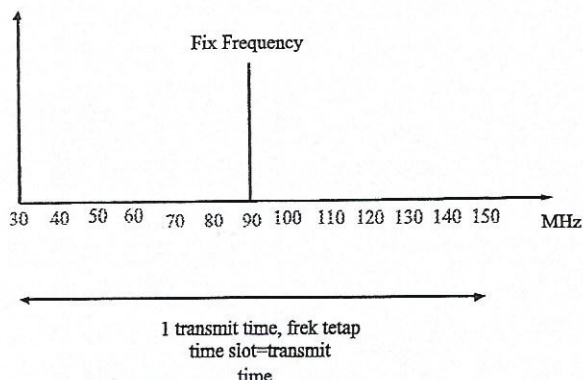
Pengamanan informasi terutama banyak digunakan pada bidang militer, untuk mendapatkan keamanan pada komunikasi militer (*secure military communication*). Untuk itu diperlukan suatu strategi pengamanan informasi yang meliputi 4 tingkat / lapis pengamanan, yaitu : lapis biologis, lapis fisik, lapis elektronik, dan lapis elektromagnetik. Radio Frequency Hopping termasuk pengamanan lapis elektro magnetik.

1.2. Radio Frequency Hopping

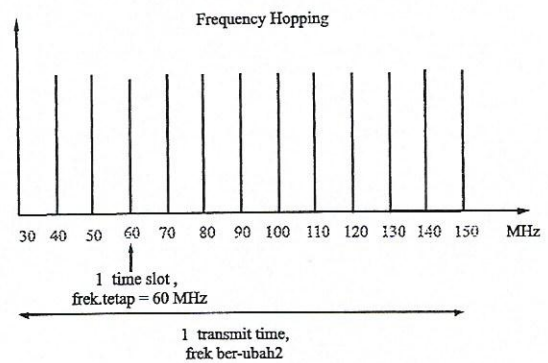
Radio Frequency Hopping adalah media transmisi yang dapat mengamankan informasi dengan teknik spread spectrum

Pada prinsipnya komunikasi radio dengan teknologi *Spread Spectrum* (SS) adalah suatu teknik untuk menebar (*spreading*) frekuensi sinyal informasi (dalam orde kHz) pada proses pemancaran, ke dalam daerah frekuensi (spektrum) yang mempunyai *bandwidth* sangat lebar (dalam orde MHz). Dalam proses penerimaan, dilaksanakan proses yang sebaliknya (*despreading*).[1].

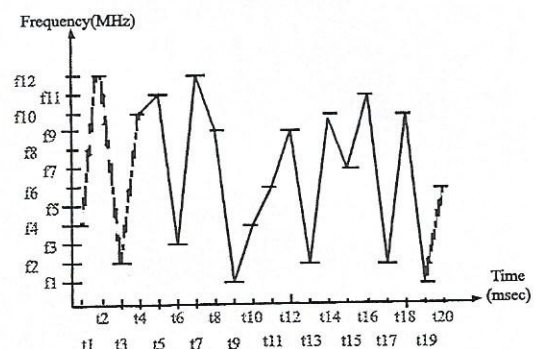
FHSS adalah suatu teknik *Spread Spectrum* (SS) dengan metoda *Frequency Hopping* (FH), yaitu dengan menebar band frekuensi informasi ke dalam suatu daerah (alokasi) spektrum dengan sejumlah lompatan (*hop*) selama waktu transmisi (*transmit time*) dengan frekuensi yang berbeda-beda. [2]



a. Transmitter dengan pembawa Fix Frekwensi



b. Transmitter dengan pembawa frequency hopping.



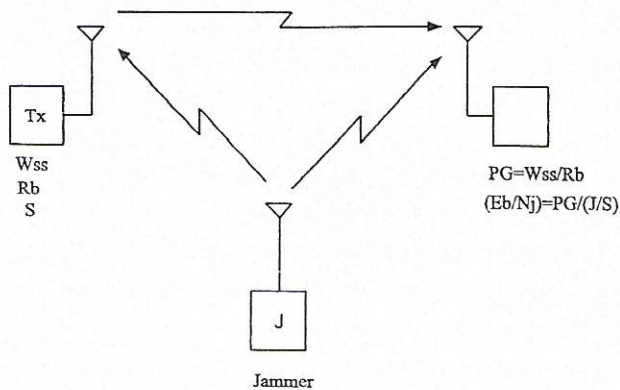
Gambar 1. Perbedaan Transmitter dengan pembawa Fix Frekwensi dan Frequency hopping

Dalam alat komunikasi FHSS, frekuensi pembawa berubah terus menerus secara cepat dengan melompat (*hop*) dalam suatu pola tak beraturan. Pola tak beraturan ini harus sinkron antara pemancar dan penerima. Dimana pola tak beraturan dibangkitkan oleh suatu generator acak semu (*Pseudo Random Generator/PRG*). Dengan adanya pola tak beraturan akan meminimalkan kemungkinan prediksi pola lompatan frekuensi (*hop*) oleh lawan atau dapat dikatakan untuk memperoleh LPI (*Low Probability of Intercept*).

Contoh pola acak random FHSS seperti pada gambar 2. Gambar 2. Contoh pola acak (random) FHSS

2. Pengaruh Jammer Pada Frequency Hopping

Gambaran gangguan oleh *Jammer* pada sistem komunikasi yang menggunakan teknik *spread spectrum* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 . Jammer pada sistem komunikasi

Dimana:

W_{ss} = bandwidth sinyal spread spectrum (Hz)

R_b = bit rate sinyal informasi (bps)

S = daya sinyal (W)

J = daya jamming (W)

Dari gambar 3, terlihat sistem komunikasi yang menggunakan teknik *spread spectrum* diganggu oleh *jammer* yang mempunyai daya sebesar J .

Pemancar Tx mempunyai bit rate masukan R_b , bandwidth transmisi W_{ss} dan daya sinyal S . Dengan menggunakan teknik *spread spectrum* maka Tx mempunyai processing gain (PG) sebesar:

$$PG = W_{ss}/R_b \dots \dots \dots (1)$$

Akibat adanya *jammer*, maka pada penerima Rx selain diterima sinyal S juga diterima sinyal *jammer* J , sehingga dihasilkan *bit energy to jammer noise ratio*:

$$\begin{aligned} (E_b/N_j) &= PG/(J/S) \\ &= W_{ss} \cdot S/R_b \cdot J \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

Dimana J/S adalah *jammer to signal power ratio*. Terlihat dari persamaan, dengan adanya sinyal *jammer* J maka nilai E_b/N_j akan turun. Maka untuk mempertahankan atau memperbesar nilai E_b/N_j , maka W_{ss} harus diperbesar.

Sesuai formulasi Shannon (*Shannon limit for information capacity*).

$$C = BW \cdot \log(1 + S/N) \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

C = Kapasitas kanal (bps)

BW = lebar bidang frekuensi (Hz)

S/N = perbandingan daya sinyal terhadap daya noise

Terlihat dari formulasi Shannon, untuk mempertahankan besarnya C (kapasitas kanal) pada kondisi kinerja komunikasi (S/N) yang rendah, maka BW (lebar bidang frekuensi) harus diperbesar. Salah satu teknik untuk memperbesar lebar bidang frekuensi digunakan teknik *Spread Spectrum*

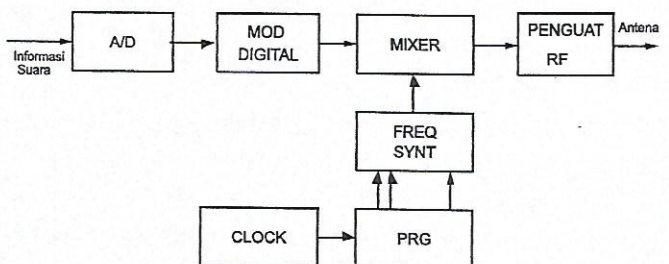
Kinerja dari suatu sistem komunikasi dengan teknik *Spread Spectrum*, dinyatakan oleh *processing gain* (PG). PG didefinisikan sebagai perbandingan antara lebar bidang frekuensi transmisi setelah ditebar dengan lebar bidang frekuensi informasi sebelum ditebar.

$$\begin{aligned} PG &= BW_{transmisi} / BW_{informasi} \\ &= W_{ss}/R_b \dots \dots \dots (4) \end{aligned}$$

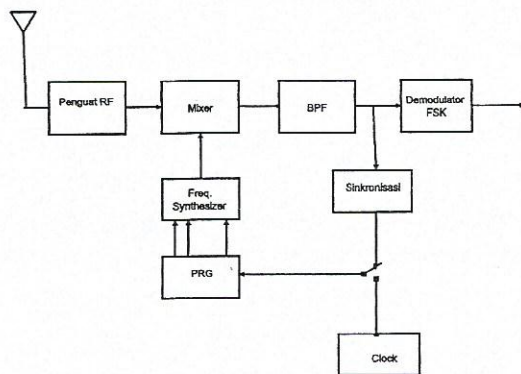
3. Rancang Bangun Radio Frequency Hopping

Arsitektur FHSS

Pengirim



Gambar 4. Pengirim Radio Frequency Hopping.
Penerima



Gambar 5. Penerima Radio Frequency Hopping.

Pada pengirim, informasi digital terlebih dahulu dimodulasi menggunakan modulator FSK (*frequency shift keying*). Sinyal hasil modulasi tersebut kemudian dicampur (dikalikan) dengan sinyal pembawa yang dihasilkan oleh pensintesis frekuensi. Setelah itu, sinyal diperkuat dan dipancarkan.

Pada penerima, sinyal FSK diperoleh kembali setelah didemodulasi pada *mixer* menggunakan replika sinyal penebar yang sama dengan sinyal penebar pada pengirim. Kemudian sinyal penebar tersebut didemodulasi menjadi sinyal informasi oleh *demodulator FSK*.

Perbedaan antara FHSS dengan yang lainnya yaitu pada sinyal pembawa yang dihasilkan oleh pensintesis frekuensi. Sinyal pembawa tersebut senantiasa berubah dalam perioda dan rentang frekuensi tertentu. Apabila dilihat pada gambar transmitter di atas, kombinasi frekuensi sinyal pembawa ditentukan oleh generator kode PN.

4. Hasil Dan Analisis

Hasil penelitian terdapat pada gambar 4. terdapat bagian pengirim dan gambar 5 terdapat bagian penerima.

Blok pengirim :

- A/D (Analog to Digital Converter) akan mengubah sinyal suara menjadi besaran digital, dengan proses modulasi *pulse width modulation* menggunakan IC 555.
- Modulasi digital (*FSK Modulation*) akan menggunakan komponen utama XR 2206.
- *Pseudo Random Generator* (PRG) menggunakan komponen utama IC 74LS164

dan IC 74LS00.

- Rangkaian clock menggunakan IC 555.
- Penguat daya RF dari transistor.
- Antena pengirim dipakai jenis telescopic.

Blok penerima :

- D/A (Digital to Analog Converter) akan mengubah sinyal digital menjadi besaran analog kembali, dengan proses LPF menggunakan IC LF 356.
- Demodulasi digital akan menggunakan komponen utama XR 2211.
- *Pseudo Random Generator* menggunakan komponen utama IC 74LS164 dan IC 74LS00.
- Rangkaian clock menggunakan IC 555.
- Rangkaian Sinkronisasi (akuisisi dan tracking) menggunakan sejumlah IC TTL, CMOS dan Analog
- Penguat RF menggunakan komponen utama transistor atau IC Hibrid.
- Antena penerima dipakai jenis telescopic.[6].
- Frequency Synthesizer terdapat pada blok pengirim dan blok penerima.

Bagian ini terdiri dari: Phase Detektor, Low Pass Filter, VCO dan Frequency Divider.

Dari [3] didapat hasil pengukuran output Frequency Synthesizer terhadap perubahan output PRG, sehingga menghasilkan chiprate 1.

Perkembangan terakhir ada teknologi baru untuk Frequency Synthesizer yaitu Direct Digital Synthesizer (DDS). DDS adalah jenis frequency synthesizer dimana frekuensi sinyal keluaran dibangkitkan oleh rangkaian logika. Rangkaian logika membangkitkan kode kode digital yang yang mewakili sinyal dengan frekuensi tertentu, selanjutnya DAC (Digital to Analog Converter) untuk mengkonversi kode kode digital menjadi sinyal analog. Chip SP 2001 dari Plessey Semiconductor mempunyai spesifikasi:

- sinyal keluaran sinusoida.
- frekuensi keluaran 50 KHz-100 MHz.
- hopping time 17 μ s, hopping rate sampai dengan 58823529,41 hop/s.
- keluaran 8 bit parallel [4].
- resolusi 16 bit
- frek clock 350 MHz.

Bagian yang penting lainnya pada penerima adalah bagian sinkronisasi. Untuk menghasilkan replika sinyal penebar yang sama dengan sinyal penebar pada pengirim maka dilakukan sinkronisasi. Sinkronisasi tersebut terdiri dari akuisisi dan tracking. Sinkronisasi ini menjadi sebuah tahap yang cukup sulit dibandingkan dengan tahap yang lain.

Akuisisi yaitu menyamakan fase awal replika kode penebar dengan kode penebar yang diterima sehingga fasenya mendekati. Dalam pembuatan perangkat frequency hopping kali ini, digunakan metoda *serial search*. Metoda tersebut yaitu membandingkan frekuensi kode penebar yang diterima dengan frekuensi yang dibangkitkan di penerima. Dengan mendapatkan frekuensi yang sesuai dengan kode penebar yang diterima maka akan didapatkan kode PN. Kode PN tersebut yang nantinya akan digunakan dalam pembangkitan kode penebar di penerima. Hal itu dilakukan karena, seperti yang dijelaskan di awal, perubahan frekuensi kode penebar memiliki pola yang tetap dalam perioda tertentu.

Sedangkan *tracking* yaitu menyamakan fasa kode penebar yang dihasilkan dengan yang diterima sehingga beda fasanya menjadi nol. Tracking dilakukan metoda dengan PLL (phase lock loop). Phase lock loop akan menyamakan fasa yang dibangkitkan oleh penerima dengan yang diterima. PLL akan mempertahankan fasa pada penerima apabila telah sama dengan yang diterima.

5. Kesimpulan

1. Frequency Synthesizer dapat berfungsi dengan baik untuk chip rate=1[3]. Ada teknologi baru untuk Frequency Synthesizer yaitu Digital Synthesizer. Untuk penelitian kedepan diusulkan penerapan Digital Synthesizer, guna meningkatkan kecepatan hopping.
2. Pseudorandom Generator dapat diganti oleh Digital Pseudorandom Hopping, dengan mengaplikasikan mikrokontroler sebagai pembangkit hopping.
3. Bagian sinkronisasi adalah bagian yang

penting, dilakukan dengan proses akuisisi dan tracking.

4. Radio Frequency Hopping ini sangat baik untuk pengamanan informasi dan akan baik untuk diusulkan digunakan oleh Tentara Nasional Indonesia (TNI).

Ucapan Terima Kasih.

Penelitian ini dilaksanakan di Puslit Elektronika dan Telekomunikasi-LIPI.

Terima kasih disampaikan kepada :

1. Prof.Ir.Toto Sabar Sugandi,MSc, Djaelani , Dede Ibrahim, dan Daday Ruhiat Amd,Puslit Elektronika dan Telekomunikasi-LIPI
2. 2.Rusmana,Ir,MT, DISLIBANGAL-MABESAL.

Yang telah membantu memberi informasi dalam melaksanakan penelitian dan penulisan makalah ini.

6. Daftar Pustaka.

1. Ziemer, R.E.and Peterson, R.L."Digital Communication and Spread Spectrum System",1985.
2. Cooper, G.R. and Mc Gillem ,C.D, "Modern Communication and Spesd Spectrum", McGraw Hill,1988.
3. Elan Djaelani, "Design and Implementasi of Frequency Synthesizer for Radio Frequency Hopping", *International Conference on Rural Information and Communication Technology*, 2007, Bandung, August 6-7,2007
4. Rustamaji, Elan Djaelani, "Aplikasi Rangkaian Terintegrasi Direct Digital Synthesizer (DDS) Sebagai Pembangkit Sinyal Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)", *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Program R&D Mikroelektronik dan Aplikasinya*, Bandung, 9 Oktober 2003
5. Charles O Philips, "Practical Spread Spectrum Frequency Hopping",2000.
6. "Laporan Akhir Penelitian Radio Frekuensi Hopping", *Puslit Informatika-LIPI*,2006.

Rancang Bangun Cantilever Dan Nanotip Untuk Aplikasi Atomic Forces Microscopy (AFM)

I Dewa Putu Hermida, Goib Wiranto, Slamet Widodo

Kampus LIPI Gd. 20 Lt. 4 Jl. Sangkuriang Bandung INDONESIA

Telp. 022 2504660 Fax. 022 2504659

e-mail: putu@ppet.lipi.go.id

Abstract

Atomic Force Microscope (AFM) is an instrument used in the field of nanotechnology to analyze the sample surface, both the topography and characteristics of other material in an atomic or nanometer scale. With the AFM, the surface of a sample was scanned in very close range using a microtip placed at the end of a cantilever. Forces (atomic force) arising between the microtip and the sample surface is then monitored to be translated into image. The main components of the AFM is a cantilever (length 125-450m), and microtip (radius of less than 10 nm). In this study the design and fabrication of cantilever and microtip materials made from silicon (Si) and silicon nitride (Si_3N_4) were performed for the AFM. In order to generate the sharp microtip with a radius in nanometer scales, and simultaneously produce cantilever with a sensitivity and high frequency resonance; the micromachining technology (MEMS) was used in the process of fabrication. Micromachining technique to be used includes silicon bulk micromachining to form a membrane, the etching process to create a cantilever and the microtip, and sharpening microtip with oxidation. With this method it is expected to generate microtip a radius of less than 10 nm, and a height between 10-15 m.

Keywords: Atomic Force Microscope (AFM), Nano Technology, cantilever, Microtip

Abstrak

Atomic Force Microscope (AFM) merupakan instrumen yang digunakan dalam bidang teknologi nano (nanotechnology) untuk menganalisa permukaan sampel, baik topografi maupun karakteristik material lainnya dalam skala atomik atau nanometer. Dengan AFM, permukaan sebuah sampel di-scan dalam jarak yang sangat dekat menggunakan microtip yang diletakkan di ujung sebuah catilever. Gaya (atomic force) yang timbul diantara microtip dan permukaan sampel inilah yang kemudian dimonitor untuk diterjemahkan menjadi image. Komponen utama dari AFM adalah sebuah cantilever (dengan panjang antara 125 450 m), dan microtip (dengan radius kurang dari 10 nm). Dalam penelitian ini akan dilakukan perancangan dan fabrikasi cantilever dan microtip yang terbuat dari bahan silikon (Si) dan silikon nitrida (Si_3N_4) untuk AFM. Guna menghasilkan microtip yang tajam dengan radius dalam skala nanometer, dan sekaligus menghasilkan cantilever yang memiliki sensitivitas dan frekuensi resonansi tinggi, maka akan digunakan teknologi micromachining (MEMs) dalam proses fabrikasinya. Teknik micromachining yang akan digunakan mencakup micromachining bulk silikon untuk membentuk membran, proses etsa untuk membuat cantilever dan microtip, serta penajaman microtip dengan oksidasi. Dengan metoda ini diharapkan dapat dihasilkan microtip dengan radius kurang dari 10 nm, dan ketinggian antara 10 15 m.

Kata Kunci : Atomic Force Microscope (AFM), Nano Technology, Cantilever, Microtip

1. Pendahuluan

Micromachining adalah teknologi pembuatan struktur mekanik dalam skala micrometer menggunakan cara yang hampir sama dengan proses fabrikasi rangkaian terintegrasi (IC). Bahan yang umum digunakan dalam proses micromachining adalah silikon dan lapisan-lapisan

tipis seperti polysilikon, SiO_2 , dan Si_3N_4 , yang ditumbuhkan diatas permukaan substrat. Penelitian di bidang teknologi micromachining ini mulai banyak dilakukan sejak tahun 1980 an. Pada saat itu, banyak struktur-struktur mikromekanik yang difabrikasi dan digunakan sebagai sensor [5-6].

Biasanya, struktur mikromekanik dapat

diklasifikasi menjadi tiga kelompok, yaitu yang bersifat statis, dinamis, dan kinematis. Struktur mikromekanik yang bersifat statis meliputi bentuk-bentuk 3D seperti nozzles [7,8], cavity [9], microcolumn [10], orifice dan miniatur konektor-konektor elektronik [11]. Mikromekanik yang bersifat dinamis meliputi membran atau diaphragma [12-14], microbridge [15-17], dan cantilever [18-20]. Struktur mikromekanik yang dinamis ini, bila sudah menjadi divais, mereka dapat digerakkan secara fisik dengan cara yang dapat dikontrol, baik secara elektrik atau mekanik. Kategori mikromekanik yang bersifat kinematik mencakup microgear, microturbine, motor elektrostatis, dsb. [21-24]. Kelompok ini merupakan bagian penting untuk aplikasi microrobotic dan microsurgery di masa yang akan datang.

Dengan mulai berkembangnya teknologi nano, teknik pembuatan struktur mikromekanik dengan micromachining mulai dieksplorasi potensinya dalam menciptakan struktur berskala nanometer (1/1000 micrometer). Usaha-usaha kearah ini sudah mulai ditunjukkan, diantaranya dengan difabrikasinya struktur-struktur nano seperti nanotube [25], nanowire [26], dan quantum dot [27]. Walaupun sebagian besar struktur nano yang dibuat sampai saat ini masih bersifat statis, namun diyakini bahwa dalam beberapa tahun yang akan datang fokus penelitian akan mengarah pada pembuatan struktur nano yang bersifat dinamis maupun kinematis.

Dilain pihak, karakterisasi dan imaging struktur pada level atomik merupakan hal penting dalam perkembangan teknologi nano. Selain SEM (Scanning Electron Microscope), yang banyak digunakan dalam imaging struktur mikromekanik, untuk struktur nano umumnya diperlukan TEM (Transmission Electron Microscope) dan AFM [28]. Oleh karena itu, beberapa penelitian juga telah diarahkan untuk mengembangkan instrumen-instrumen tersebut.

Yang menjadi perhatian khusus dalam penelitian ini adalah AFM. Dalam penelitian-penelitian sebelumnya [29-31], beberapa usaha

telah dilakukan untuk membuat komponen utama dari AFM, yaitu cantilever dan microtip. Baik cantilever maupun microtip tersebut, pada dasarnya merupakan pengembangan dari aplikasi sebelumnya, dimana cantilever banyak digunakan dalam sensor mekanik [18-20] sementara microtip digunakan untuk pembuatan field emission display (FED) [32]. Walaupun keduanya dapat difabrikasi dengan teknik micromachining, permasalahan yang sering timbul adalah cara fabrikasinya yang kompleks sehingga dapat mengganggu fungsi dari salah satu divais [4]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan proses fabrikasi cantilever dan microtip dengan teknik micromachining yang lebih sederhana namun tetap menghasilkan divais dengan skala atomik.

Perkembangan penelitian di bidang nanoteknologi di dunia sedang terjadi dengan sangat cepat, seperti yang telah terjadi pada bidang mikroelektronika dan MEMS (Microelectromechanical System). Padahal, Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah dan potensial untuk memacu perkembangan teknologi ini. Sementara itu, di era teknologi informasi seperti sekarang ini, kurang tersedianya sarana dan prasarana tidak harus menjadi kendala dalam melakukan penelitian, karena outsourcing dan kemitraan lebih mudah dilakukan dengan banyaknya jaringan kerjasama yang telah ada dengan pihak dalam dan luar negeri. Oleh karena itu, kemajuan penelitian di bidang nanoteknologi akan lebih ditentukan oleh adanya ide-ide dasar, konsepsi, dan inovasi.

2. Tujuan dan Sasaran

Untuk menguasai iptek nanoteknologi, khususnya iptek yang berhubungan dengan rancang bangun dan karakterisasi material dalam skala atomik menggunakan AFM. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah melakukan perancangan dan fabrikasi komponen utama dari AFM, yaitu microcantilever dan microtip dengan diameter atomik, menggunakan teknologi micromachining.

Sasaran dari kegiatan penelitian ini adalah:

- Tersedianya prototipe microcantilever dan microtip yang berfungsi sebagai komponen utama sebuah AFM.
- Terkuasainya iptek nanoteknologi, khususnya yang berhubungan dengan rancang bangun dan karakterisasi material dalam skala atomik menggunakan AFM.
- Rekomendasi arah kebijakan pengembangan riset iptek nano di Indonesia masa kini dan yang akan datang.

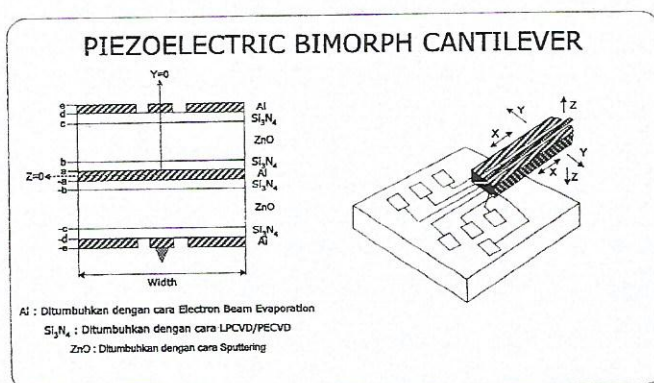
3. Metodologi Penelitian :

Untuk perancangan microcantilever (gambar-1) langkah-langkah (gambar-2) yang dilakukan adalah : dimana microcantilever terdiri dari 2 buah layer, yaitu :

1. Layer metal
2. Layer piezoelectric zinc oxide

Piezoelectric layer dirancang dengan ketebalan (thin) $3\mu\text{m}$ dan low power $<30\text{V}$, secara teori, respon yang dihasilkan dari perancangan ini (ada 3 arah) :

- Untuk arah Z $\rightarrow 2500 \text{ \AA/V}$
- Untuk arah Y $\rightarrow 104 \text{ \AA/V}$
- Untuk arah X $\rightarrow 14 \text{ \AA/V}$

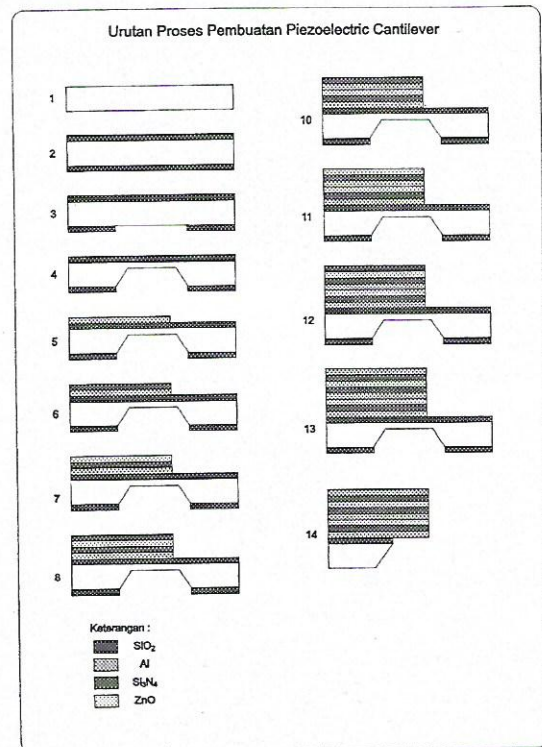


Gambar-1: Desain Cantilever dan Microtips yang akan direalisasikan

Dari hasil perancangan diatas diperoleh :

- Dimensi dari microcantilever : $(8 \times 200 \times 1000) \mu\text{m}$.

- Ketebalan lapisan dari elektroda metal : $0.5 \mu\text{m}$.
- Ketebalan lapisan film untuk dielektrik : $0.2 \mu\text{m}$.
- Ketebalan lapisan piezoelektrik ZnO : $3.0 \mu\text{m}$



Gambar- 2: Urutan proses pembuatan Cantilever

4. Hasil Penelitian

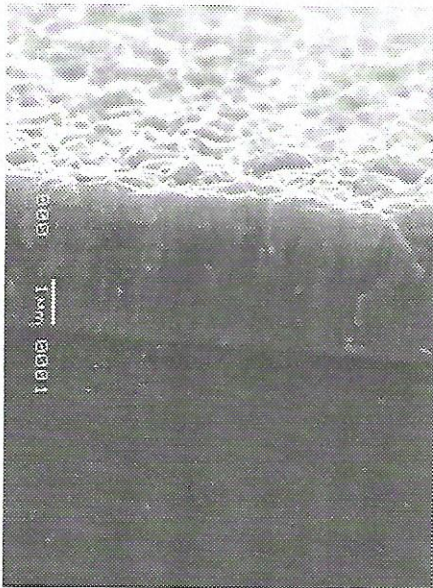
Pada penelitian ini langkah pertama adalah kami melakukan karakterisasi pelapisan lapisan tipis ZnO sebagai dasar pembuatan microcantilever. Dimana microcantilever ini sendiri terdiri dari 2 (dua) buah lapisan, yaitu : lapisan metal dan lapisan piezoelectric zinc oxide.

Keberhasilan proses pembuatan lapisan tipis ZnO pada bahan substrat silikon (Si) dengan menggunakan teknik sputtering DC adalah adanya lapisan tipis warna abu-abu gelap pada substrat Si, divariasikan terhadap satuan waktu dan terlihat dengan jelas adanya perbedaan ketebalan lapisan ZnO. Untuk mendapatkan hasil pelapisan ZnO dengan ketebalan berkisar $3 \mu\text{m}$ menggunakan

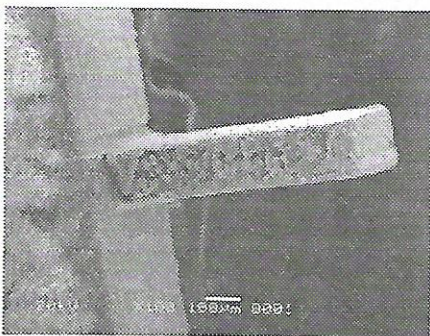
teknik sputtering DC dengan diperlukan waktu deposisi antara 2-3 jam (gambar-3).

Berdasarkan dari hasil penelitian dan percobaan yang telah kami lakukan, maka diperoleh hasil bahwa :

- Tekanan gas sputter (Ar) sangat menentukan laju deposisi Zn.
- Terjadi homogenitas dan kemurnian dari hasil deposisi Zn menggunakan teknik sputtering DC.
- Telah dilakukan penumbuhan lapisan tipis ZnO melalui proses deposisi menggunakan teknik sputtering DC dengan cara Zn (murni) dalam komposisi $O_2:Ar$ (80%:20%)



Gambar-3. Hasil proses deposisi ZnO menggunakan teknik Sputtering.



Gambar-4. Sebuah bahan untuk Cantilever menggunakan teknik MEMS

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami ucapkan kepada LIPI melalui Program Tematik Kedeputan IPT yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan kegiatan penelitian ini.

5. Daftar Pustaka

1. <http://www.inano.dk>
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_force_microscope
3. Marcus, R. B., Ravi, T. S., Gmitter, T., Chin, K., Liu, D., Orwis, W. J., Ciarlo, R. D., Hunt, C. E. & Trujillo, "Formation of silicon tips with $< 1\text{nm}$ radius", *J., Applied Physic Letter*, vol. 56, no. 3, 1990, p. 236.
4. Itoh, J., Tohma, Y., Kanemaru, S. & Shimizu, K., "Fabrication of an ultrasharp and high-aspect-ratio microprobe with a silicon-on-insulator wafer for scanning force microscopy", *Journal of Vacuum Science Technology*, vol. B13, no. 2, 1995, p. 331-334.
5. Petersen, K.E., "Silicon as a mechanical material", *Proceedings of IEEE*, vol. 70, 1982, pp. 420-457.
6. Ristic, L., "CMOS technology: A base for micromachining", *Microelectronics Journal*, vol. 20, nos. 1-2, 1989, pp. 153-169.
7. Bassous, E., Taub, H. H. & Kuhn, L., "Ink jet printing nozzle arrays etched in silicon", *Applied Physic Letter*, vol. 31, 1975, p. 135.
8. Bassou, E., Kuhn, L., Reisman, A. & Taub, H. H., "Ink jet nozzle", *U.S. Patent* 4 007 464, 1987.
9. Goyal, A., Jaeger, R. C., Bhavnani, S. H., Ellis, C. D., Phadke, N. K., Azimi-Rashti, M. & Goodling, J. S., "Re-entrant cavity heat sinks formed by anisotropic etching and silicon direct wafer bonding", *Proceedings of IEEE*, 1992, pp. 25-29.
10. Wiranto, G., Samaan, N. D., Mulcahy, D. E. & Davey, D. E., "Microfabrication of capillary

- columns on silicon", in *Smart Electronics and MEMS*, A. Hariz, V. K. Varadan, O. Reinhold, Editors, Proceedings of SPIE, vol. 3242, 1997, pp. 59-64.
11. Bassou, E., "Fabrication of novel three-dimensional microstructures by the anisotropic etching of (100) and (110) silicon", *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol. ED-25, 1978, p. 1178.
 12. Van Herwaarden, A. W. & Sarro, P. M., "Floating-membrane thermal vacuum sensor", *Sensors and Actuators*, vol. 14, 1998, pp. 259-268.
 13. Chang, P. -Z. & Yang, L. -J., "A method using V-grooves to monitor the thickness of silicon membrane with $\square$ m resolution", *Journal of Micromechanics and Microengineering*, vol. 8, 1998, pp. 182-187.
 14. Yang, E. H., Han, S. W. & Yang, S. S., "Fabrication of a pair of passive bivalvular microvalves composed of p+ silicon diaphragms", *Sensors and Actuators A*, vol. 57, 1996, pp. 75-78.
 15. Gardner, J. W., Vidic, M., Ingleby, P., Pike, A. C., Brignell, J. E., Scivier, P., Bartlett, P. N., Duke, A. J. & Elliott, J. M., "Response of a poly(pyrrole) resistive micro-bridge to ethanol vapour", *Sensors and Actuators B*, vol. 48, 1998, pp. 289-295.
 16. Howe, R. T. & Muller, R. S., "Polycrystalline silicon micromechanical beams", *Journal of the Electrochemical Society*, vol. 130, 1983, p. 1420.
 17. Howe, R.T., "Resonant microsensors", *Technical Digest, Transducers 1987*, Fourth International Conference on Solid State Sensors and Actuators, Tokyo, June 3-5, 1987, p. 843.
 18. Jolly, R. D. & Muller, R. S., "Miniature cantilever beams fabricated by anisotropic etching of silicon", *Journal of the Electrochemical Society*, vol. 127, 1980, p. 2750.
 19. Fang, W. & Wickert, J. A., "Post buckling of micromachined beams", *Journal of Micromechanics and Microengineering*, vol. 4, 1994, pp. 116-122.
 20. Chen, P., Muller, R. S., Shiosaki, T. & White, R. M., "Silicon cantilever beam accelerometer utilizing a PI-FET capacitive transducer", *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol. ED-26, 1979, p. 1857.
 21. Fan, L. S., Tai, Y. C. & Muller, R. S., "IC-processed electrostatic micromotors", *Sensors and Actuators*, vol. 20, 1989, pp. 41-47.
 22. Fan, L. S., Tai, Y. C. & Muller, R. S., "Pin joints, gears, springs, cranks, and other novel micromechanical structures", *Technical Digest, Transducers 1987*, Fourth International Conference on Solid State Sensors and Actuators, Tokyo, June 3-5, 1987, p. 849.
 23. Gabriel, K. J., Trimmer, W. S. N. & Mehregany, M., "Microgears and turbines etched from silicon", *Technical Digest, Transducers 1987*, Fourth International Conference on Solid State Sensors and Actuators, Tokyo, June 3-5, 1987, p. 853.
 24. Trimmer, W. S. N., Gabriel, K.J. & Mahadevan, R., "Silicon electrostatic motors", *Technical Digest, Transducers 1987*, Fourth International Conference on Solid State Sensors and Actuators, Tokyo, June 3-5, 1987, p. 857.
 25. Iijima, S., *Nature*, vol. 354, 1991, p. 147.
 26. <http://www.bnl.gov/>
 27. *Introduction to Nanotechnology*, Wiley, 2003.
 28. <http://www.nrel.gov/measurements/>
 29. Folch, A., Wrighton, M. S. & Schmidt, M. A., "Microfabrication of oxidation-sharpened silicon tips on silicon nitride cantilevers for atomic force microscopy", *Journal of Microelectromechanical Systems*, vol. 6, no. 4, 1997, pp. 303-306.

30. Larsen, T., Moloni, K., Flack, F., Eriksson, M. A., Lagally, M. G. & Black, C. T., "Comparison of wear characteristics of etched-silicon and carbon nanotube atomic-force microscopy probes", *Applied Physics Letters*, vol. 80, no. 11, 2002, pp. 1996-1998.
 31. Ha, J. L., Fung, R. F. & Chang, S. S., "Quantitative determination of material viscoelasticity using a piezoelectric cantilever bimorph beam", *Journal of Sound and Vibration*, vol. 289, 2006, pp. 529-550.
 32. Ahn, H. Y., Lee, C. G. & Lee, J. D., "Numerical analysis on Field Emission for the effects of the gate insulators", *Journal of Vacuum Science Technology*, vol. B13, no. 2, 1995, p.540-544.
 33. Terry, S. C., A gas chromatography system fabricated on a silicon wafer using integrated circuit technology, Ph.D. Thesis, Stanford University, 1975.
 34. Ristic, L., "CMOS technology: A base for micromachining", *Microelectronics Journal*, vol. 20, nos. 1-2, 1989, pp.153-169.
-

Simulasi Pengaruh Interaksi Layer TCP, Layer Network, Dan Layer MAC Untuk Meningkatkan *Throughput Fairness* Pada Jaringan Ad-Hoc Berbasis IEEE802.11

Tutun Juhana

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10 Bandung - INDONESIA
Telp. 022 2500962 Email: tutun@stei.itb.ac.id

Abstract

Transmission Control Protocol (TCP) is a transport layer protocol in the TCP / IP protocol family suite. TCP was designed to provide end-to-end reliable data transmission services in wired networks. Along with the increasingly widespread use of wireless networks, the implementation of TCP in wireless environment is evitable. But according to some previous research, the implementation of TCP in IEEE802.11-based wireless ad-hoc networks led to TCP unfairness. This is mainly because of destructive interaction between the MAC layer with the TCP layer. In this paper, we propose algorithm to overcome TCP unfairness problem in IEEE802.11-based wireless ad-hoc networks using cross layer design approach. We propose the cooperation between the layers of TCP, network and MAC. NS2 simulation results show that our approach improves the fairness of TCP throughput.

Key words: wireless, ad-hoc, TCP, network, MAC, fairness

Abstrak

Transmission Control Protocol (TCP) merupakan protokol layer transport pada keluarga protokol TCP/IP. TCP dirancang untuk dapat menyediakan layanan pengiriman data end-to-end yang andal pada jaringan wired. Dengan adanya kecenderungan semakin meluasnya penggunaan jaringan wireless sebagai sarana untuk mengakses informasi, penerapan TCP pada lingkungan wireless tidak dapat dihindarkan lagi. Namun menurut beberapa penelitian yang sudah dilakukan, penerapan TCP pada jaringan wireless ad-hoc berbasis IEEE802.11 memunculkan gejala TCP unfairness. Kondisi tersebut di atas muncul akibat adanya interaksi yang tidak konstruktif antara layer MAC dengan layer TCP. Pada paper ini diusulkan algoritma yang dapat menanggulangi masalah TCP unfairness menggunakan pendekatan cross layer design yaitu kerjasama antara layer TCP, network dan MAC. Dari hasil simulasi menggunakan NS2, pendekatan cross layer design yang diteliti telah berhasil memperbaiki tingkat throughput fairness TCP.

Kata Kunci: wireless, ad-hoc, TCP, network, MAC, fairness

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi terminal yang memiliki kemampuan akses wireless berlangsung dengan pesat dan muncul dalam beragam versi. Perangkat-perangkat yang dilengkapi wireless transceiver, seperti notebook, PDA, handphone dsb., telah banyak dipakai pada berbagai situasi dan lokasi seperti di gedung perkantoran,

perumahan bahkan di medan perang serta di lokasi bencana sekalipun. Kemunculan teknologi terminal seperti ini memicu munculnya kebutuhan akan kemampuan untuk mengakses informasi dimana saja dan kapan saja.

Di dalam suatu situasi dimana infrastruktur telekomunikasi tidak dapat diperoleh, misalnya di dalam kondisi terjadinya bencana alam atau peperangan, sedangkan kebutuhan untuk

melakukan pertukaran informasi sangat mendesak maka akan sangat bermanfaat apabila terminal-terminal wireless yang ada dapat berkomunikasi satu sama lain dan bekerjasama untuk membawa informasi dari suatu titik ke titik yang lain (misalnya dari lokasi bencana ke pusat pengendalian bencana). Skema komunikasi ini dapat diwujudkan dengan konsep jaringan wireless ad hoc.

Ad hoc network merupakan suatu sistem terdistribusi kompleks yang terdiri atas node wireless yang mobile maupun statis dan dapat melakukan self-organization secara bebas dan dinamis[1]. Dengan demikian, node-node itu dapat membentuk suatu topologi jaringan temporer yang bersifat ad hoc tanpa perlu adanya infrastruktur tetapi mereka dapat terhubung satu sama lain secara seamless.

Layanan aplikasi yang dapat disediakan pada jaringan ad hoc dapat beragam. Meskipun saat ini telah muncul aplikasi-aplikasi baru yang membutuhkan persyaratan quality of service seperti voice over IP, tetapi trafik data (web, e-mail, media download, dsb.) masih merupakan trafik yang mendominasi[2].

Trafik data dibawa menggunakan protokol transport andal TCP (Transmission Control Protocol). TCP merupakan protokol yang bekerja secara end-to-end dan bertugas menyediakan layanan transfer data yang andal. Protokol TCP sendiri selama 2 dekade belakangan ini telah ditala agar dapat bekerja dengan baik bila diimplementasikan pada jaringan wired. Proses penalaan ini telah menghasilkan beberapa versi TCP yaitu TCP-Tahoe, TCP-Reno, TCP-Newreno, dan TCP-Vegas[1].

Protokol TCP yang dikembangkan untuk jaringan wired akan mengalami masalah berupa penurunan kinerja bila diterapkan pada lingkungan wireless [3][4][5] karena ketidakmampuan membedakan packet loss akibat kongesti dengan packet loss yang diakibatkan oleh sifat-sifat khusus pada jaringan ad hoc[1]. Sifat-sifat khusus itu adalah tingginya bit error rate, ketidaksimetrisan

jalur (path asymmetry), network partition, route failures, hidden terminal, dan exposed terminals.

Teknologi link layer yang paling banyak digunakan pada jaringan wireless adalah teknologi yang berbasis protokol sub layer MAC IEEE802.11[6]. Salah satu masalah QoS utama pada jaringan berbasis IEEE802.11 adalah TCP unfairness yang muncul pada penerapan TCP pada jaringan wireless [1][6]. Di dalam suatu jaringan wireless ad hoc, definisi fairness yang paling dasar adalah suatu kondisi dimana semua node memperoleh alokasi bandwidth yang sama [7]. TCP unfairness muncul akibat adanya interaksi yang tidak konstruktif antara sub layer MAC jaringan wireless LAN dengan TCP. Gejala ini ditemukan oleh beberapa penelitian yang sudah dilakukan [8][9][10][11][12].

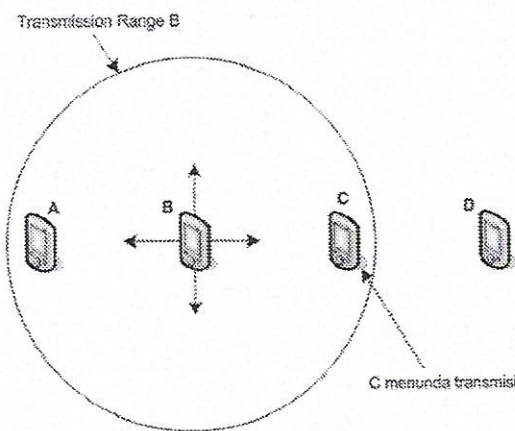
Penelitian dalam penanggulangan masalah unfairness pada TCP masih sangat sedikit [1][13]. Pada [1], yang merupakan survey paling akhir mengenai kinerja TCP pada jaringan wireless adhoc, hanya terdapat 2 proposal untuk menanggulangi TCP unfairness. Berdasarkan fakta yang ditemukan ketika penulis melakukan study literatur[13], seluruh penelitian yang sudah dilakukan untuk memecahkan masalah TCP unfairness pada jaringan wireless ad hoc menggunakan pendekatan layered [1][14], artinya penelitian-penelitian tersebut mengusulkan perubahan protokol pada masing-masing layer. Belum ada penelitian yang memecahkan TCP unfairness menggunakan pendekatan cross layer design yang melibatkan kerjasama antar protokol pada setiap layer.

Berdasarkan fakta bahwa tanpa menggunakan pendekatan cross layer design sekalipun telah terjadi interaksi (walaupun tidak konstruktif) antara layer MAC dan TCP, maka diprediksi bahwa dengan rekayasa cross layer design akan dapat diperoleh skema interaksi antar layer yang lebih konstruktif sehingga dapat mengurangi TCP unfairness (meningkatkan TCP fairness) pada jaringan wireless ad hoc.

2. Algoritma yang Diusulkan

Menurut [15][16], salah satu sumber masalah yang menyebabkan *TCP unfairness* adalah adanya fenomena *exposed terminal* pada jaringan ad-hoc berbasis IEEE802.11.

Masalah *exposed terminal* berasal dari situasi dimana transmisi harus ditunda akibat transmisi antara dua stasiun yang lain berada di dalam transmission range pengirim. Gambar 1 memperlihatkan situasi tipikal dimana masalah *exposed terminal* muncul.



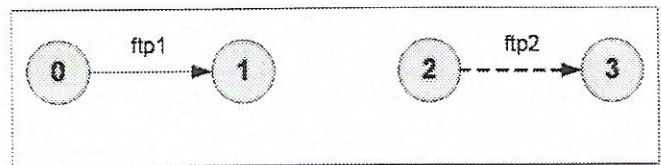
Gambar 1: Fenomena *exposed terminal*

Misalkan A dan C berada di dalam transmission range B, dan A berada di luar transmission range C. Misalkan juga B melakukan transmisi ke A, dan C memiliki frame yang akan dikirimkan ke D. Menurut mekanisme carrier sense, C akan merasakan bahwa kanal sedang sibuk akibat transmisi yang dilakukan B. Akibatnya, stasiun C akan menunda transmisi untuk D meskipun transmisi ini tidak akan mengakibatkan interferensi di A. Dengan demikian masalah *exposed terminal* akan menurunkan utilisasi kanal.

Mekanisme DCF pada IEEE802.11 digunakan untuk menanggulangi masalah *hidden terminal*. DCF berfungsi untuk menjamin penggunaan bandwidth yang adil (*fair*) tetapi justru ketidakadilan (*unfairness*) terjadi pada medium access [8][17][18][19].

Untuk menjelaskan algoritma yang diusulkan,

digunakan topologi simulasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2: Topologi simulasi

Panah solid yang diberi notasi *ftp1* menunjukkan adanya trafik ftp (yang menggunakan TCP NewReno) dari node 0 ke node 1 yang mendahului trafik *ftp2* yang ditunjukkan oleh tanda panah putus-putus. Dengan topologi seperti di atas maka node 1 akan terexpose oleh node 2 sehingga ketika node 2 sedang melakukan transmisi maka node 1 harus diam berdasarkan algoritma DCF pada IEEE802.11. Padahal node 1 bisa saja mengirimkan data ke node 0 ketika node 2 sedang melakukan transmisi karena node 1 tidak berada dalam jangkauan node 3 sehingga tidak akan mengganggu transmisi dari node 2 ke node 3. Inilah prinsip yang digunakan pada algoritma yang diusulkan dalam penelitian ini.

Algoritma yang diusulkan diperlihatkan pada pseudocode yang akan disampaikan berikut ini. Pseudocode #1, yang diterapkan pada node 1, ditampilkan pada gambar 3 di bawah ini.

If menerima RTS dari node0

Respon sesuai DCF IEEE802.11

if akan pengiriman DATA

if jarak node0 = satu hop dari node3

Lakukan DCF IEEE802.11

else

DATA merupakan segmen TCP-ACK

Kirimkan DATA segera tanpa RTS

Jangan menunggu ACK atas pengiriman DATA tersebut

Gambar 3 Pseudocode #1

Yang dimaksud dengan DATA pada Pseudocode #1 adalah frame berisi TCP ack dari node1 yang dikirimkan oleh node 1 untuk meng-acknowledge segmen TCP yang telah dikirimkan oleh node0. Karena ukuran segmen TCP-ACK pendek maka diharapkan durasi gangguan terhadap transmisi node lain secepat mungkin. Oleh karena itu acknowledgment pada layer MAC tidak diperlukan karena pasti akan terganggu oleh transmisi dari node2.

Pseudocode #2 diterapkan pada node0 bertujuan untuk menangani adanya penerimaan DATA yang tidak didahului RTS/CTS. Pada DCF IEEE802.11, apabila sebuah node menerima DATA yang tidak didahului pengiriman CTS sebelumnya maka DATA akan didrop. Gambar 4 menunjukkan Pseduocode #2.

If menerima RTS dari node1

Respon sesuai DCF IEEE802.11

if menerima DATA dari node1

if sebelumnya mengirimkan CTS

Proses sesuai DCF IEEE802.11

else

Proses DATA

Kirimkan ke layer atas

Gambar 4 Pseudocode #2

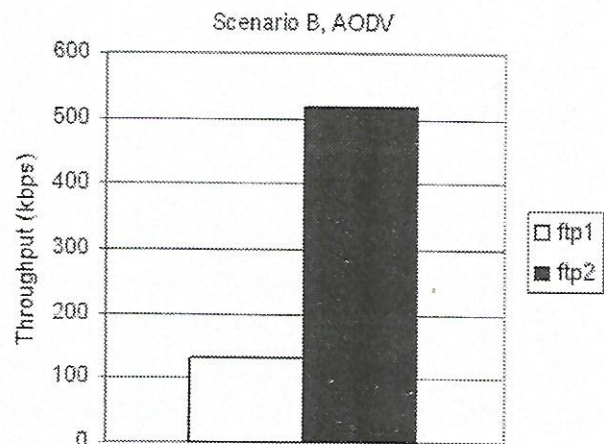
3. Setup Simulasi

Simulasi dilakukan berdasarkan topologi pada gambar 2. Simulasi pertama dilakukan dengan menerapkan algoritma DCF IEEE802.11 pada seluruh node. Sedangkan pada simulasi kedua, algoritma DCF IEEE802.11 yang telah dimodifikasi berdasarkan Pseudocode #1 dijalankan pada node1, dan Pseudocode #2 dijalankan pada node0. Node2 dan node3 menjalankan DCF IEEE802.11 biasa.

4. Hasil dan Pembahasan

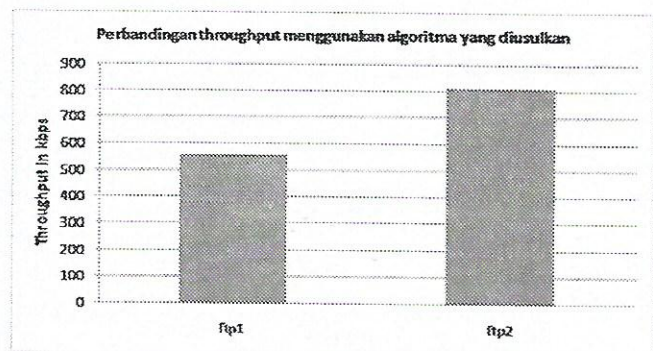
Gambar 5 menunjukkan hasil simulasi apabila

seluruh node menggunakan protokol DCF IEEE802.11 yang telah dilakukan pada [20].



Gambar 5: hasil simulasi menggunakan DCF IEEE802.11

Gambar 6 menunjukkan hasil simulasi menggunakan protokol DCF IEEE802.11 yang dimodifikasi.



Gambar 6: hasil simulasi menggunakan DCF IEEE802.11 yang dimodifikasi

Dari hasil simulasi pada gambar 6 di atas nampak adanya perbaikan TCP fairness untuk kedua aliran ftp1 dan ftp2 dengan perbandingan throughput ftp2 terhadap ftp1 adalah sekitar 160%. Sedangkan pada gambar 5 nampak perbandingan throughput ftp2 terhadap ftp1 adalah sekitar 500%.

5. Kesimpulan

Pada paper ini telah disampaikan hasil simulasi dari algoritma baru yang diusulkan untuk memperbaiki TCP fairness pada jaringan wireless ad-hoc berbasis IEEE802.11. Algoritma baru yang diterapkan menggunakan pendekatan *cross layer design* yaitu kerjasama antara layer TCP, network dan MAC.

Hasil simulasi menggunakan algoritma baru dapat meningkatkan TCP fairness yang menghasilkan perbandingan throughput menjadi 160% antara aliran trafik ftp2 dengan ftp1 dibandingkan dengan perbandingan throughput yang hampir mencapai 500% antara ftp2 dan ftp1 pada algoritma DCF IEEE802.11 biasa.

Pada penelitian selanjutnya akan dilakukan peningkatan algoritma agar diperoleh perbandingan throughput yang sekecil mungkin antara aliran trafik ftp1 dan ftp2 dengan masih mempertahankan nilai throughput yang memadai serta akan dilakukan simulasi dengan topologi yang lain.

6. Daftar Pustaka

1. Ahmad Al Hanbali et.al., "A Survey of TCP over AdHoc Networks", IEEE Communication Society, *Third quarter* 2005
2. D.J.Leith, P.Clifford, A.Ng, "TCP Fairness in 802.11e WLANs", IEEE Communication Letters, *to appear*, 2005
3. G. Holland and N. Vaidya, "Analysis of TCP performance over mobile ad hoc networks", *Wireless Networks*, vol. 8, no. 2/3, pp. 275288, 2002
4. F. Wang and Y. Zhang, "Improving TCP Performance over Mobile Ad-Hoc Networks with Out-of-Order Detection and Response 2, in Proceedings of The Third ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MobiHoc)", *Lausanne*, June 2002
5. H. Lim, K. Xu, and M. Gerla, TCP "Performance over multipath routing in mobile ad hoc networks, in Proceedings of the IEEE International Conference on Communications (ICC)", May 2003
6. Marcelo G. Rubinstein and Jose Ferreira de Rezende, "Quality of Service in Ad Hoc 802.11 Networks, J.Braz". Comp. Soc. Vol.9, No.1, Campinas Nov. 2003
7. Nitin H. Vaidya, "Mobile Ad Hoc Networks: Routing, MAC and Transport Issues", *a Tutorial*, Agustus 2003
8. Ken Tang and Mario Gerla, "Fair Sharing of MAC under TCP in Wireless Ad Hoc Networks", *Proceeding of IEEE MMT'99, Venice, Italy, Oct., 1999*
9. Kaixin Xu and Mario Gerla, "TCP over an IEEE 802.11 Ad Hoc Network: Unfairness Problems and Solutions", MINUTEMAN Project
10. Saar Pilosof et.al., "Understanding TCP Fairness over Wireless LAN, INFOCOM 2003", 1-3 April 2003, San Francisco, USA
11. Shugong Xu and Tarek Saadawi, "Does IEEE802.11 MAC Protocol Work Well in Multi-hop Wireless Ad Hoc Networks", *IEEE Communication Magazine*, vol. 39, no.6, June 2001, pp.130-37
12. Andrea Detti et.al., "TCP Fairness Issues in IEEE802.11 Based Access Network", *submitted paper*
13. Tutun Juhana, "TCP Unfairness pada Jaringan Ad Hoc berbasis IEEE802.11": Suatu survey, *submitted paper*, 2006
14. K.Xu, M.Gerla, L.Qi, and Y.Shu, "Enhancing TCP Fairness in Ad Hoc Wireless Networks using Neighborhood Red", *Proc. ACM MOBICOM*, San Diwgo, CA, USA, Sep. 2003
15. Z. Fu et.al., "The Impact of Multihop Wireless Channel on TCP throughput and Loss", *Proc. IEEE INFOCOM*, San Francisco, USA, 2003
16. K.Xu, M. Gerla, and S. Bae, "Effectiveness of

- RTS/CTS Handshake in IEEE 802.11-Based Ad Hoc Network", *Ad Hoc Net. J.*, Elsevier, vol.1, no.1, July 2003
17. Shugong Xu and Tarek Saadawi, "Does IEEE802.11 MAC Protocol Work Well in Multi-hop Wireless Ad Hoc Networks", *IEEE Communication Magazine*, vol. 39, no.6, June 2001, pp.130-37
 18. Yu Wang and Brahim Bensaou, "Achieving Fairness in IEEE802.11 DFWMAC with Variable Packet Lengths", *IEEE Globecom*, Texas, USA, November 2001
 19. Carlos de M. Cordeiro, Samir R.Das, and Dharma P. Agrawal, "COPAS:Dynamic Contention-Balancing to Enhance the Performance of TCP over Multi-hop Wireless Networks", *IC3N*, Miami, USA, October 2002
 20. Tutun Juhana, "Evaluation of TCP Unfairness in IEEE802.11b-Based Ad Hoc Network", *EECCIS*, 2006
-

Sistem Pemantau Posisi Pesawat Udara Nirawak Menggunakan Radar Sekunder

Wahyu Widada

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
Jln Raya LAPAN Rumpin Bogor
w_widada@yahoo.com

Abstract

An unmanned aerial vehicle UAV is developed for monitoring wide area with special sensors. During operations it so important to track the position of UAV. This paper describes a recent research on the design and testing of radar transponder for tracking of UAV. Distance from base-station to transponder is estimated from delay time and azimuth angle (bearing) is estimated using an array antenna. The developed method is non-GPS based tracking which suitable for developing defense system. The range measurement of the prototype is calibrated using position data from a GPS.

Keywords: Secondary RADAR, array antenna, unmanned aerial vehicle UAV.

Abstrak

Pesawat udara nirawak atau UAV (unmanned aerial vehicle) sedang dikembangkan dalam rangka monitoring wilayah yang sangat luas dengan sensor khusus. Pesawat tersebut memerlukan system pemantau posisi dalam rangka operasionalnya. Tulisan ini membahas aplikasi radar sekunder untuk pemantauan pesawat udara nirawak. Jarak pesawat diukur dengan menggunakan delay signal radar dan sudut azimuth diukur dengan menggunakan array antenna, sehingga posisi pesawat dapat dinyatakan dalam koordinat jarak dan sudut. Kelebihan sistem ini adalah tanpa menggunakan GPS sehingga secara mandiri dapat digunakan dalam sistem pertahanan wilayah udara Indonesia. Prototipe sistem ini telah dikembangkan dikalibrasi dengan menggunakan data posisi GPS.

Kata kunci : Radar sekunder, array antenna, pesawat udara nirawak UAV.

1. Pendahuluan

Radar sekunder dikembangkan oleh LAPAN untuk mengukur jarak pergerakan roket. Sistem ini dapat juga diaplikasikan untuk pesawat udara seperti pesawat nirawak maupun pesawat latih. Alat ini sudah menjadi standar internasional untuk sistem manajemen transportasi pesawat udara. Pesawat udara tanpa awak menjadi alternatif untuk memantau wilayah-wilayah negara. Untuk mendukung sistem pemantau tersebut, maka perlu dikembangkan sistem pemantau posisi pesawat

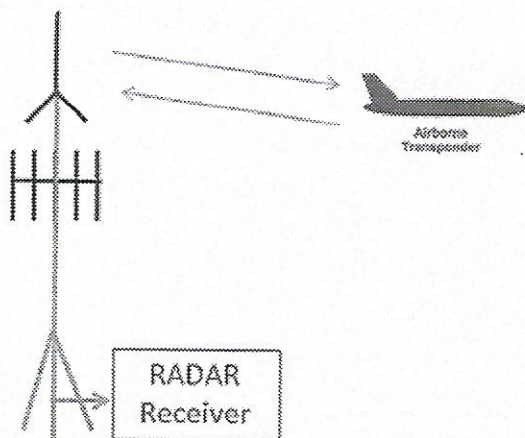
yang harus dikembangkan secara mandiri demi kepentingan pertahanan negara. Parameter yang diukur untuk menentukan posisi pesawat adalah jarak dengan stasiun pengamat dan sudut pesawat tersebut. Koordinat ini juga dapat diubah dalam bentuk koordinat cartesian atau koordinat GPS. Teknologi GPS-telemetri dapat dimanfaatkan untuk sistem pemantau, tetapi memerlukan signal satelit GPS dan mudah terganggu jika signal lemah. Oleh karena itu sangat perlu dikembangkan sistem yang murah dan mudah dioperasikan.

Tulisan ini membahas sistem pemantau pesawat udara nirawak dengan mengukur parameter jarak dan sudut terbang pesawat. Jarak diukur dengan menggunakan radar sekunder dan sudut diukur dengan menggunakan sensor antenna array. Prototipe radar telah dibuat dan diujicoba dengan data GPS.

2. Sistem Pemantau Posisi

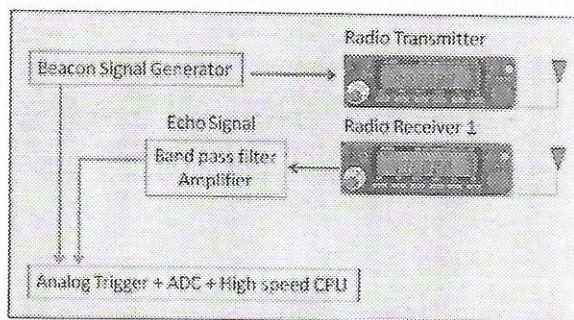
Diagram sistem pemantau adalah seperti pada gambar 1 dibawah. Terdiri dari antenna radar, transceiver radar, dan array antenna. Pada pesawat hanya dipasang sebuah transponder. Transponder ini berfungsi untuk menerima signal dan mengirim kembali. Frekuensi yang digunakan adalah VHF untuk pengiriman signal dan UHF untuk penerimaan signal. Posisi pesawat pada saat waktu t dapat ditulis dengan persamaan berikut.

(1) Disini R adalah jarak dalam satuan meter dan θ adalah sudut pesawat dalam satuan derajat.



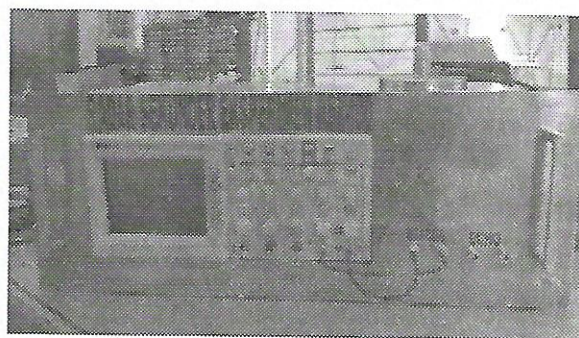
Gambar 1: Sistem pemantau posisi pesawat udara nirawak.

Pada bagian atas antenna terlihat untuk radar dan pada bagian bawah untuk deteksi sudut. Antena radar mempunyai spesifikasi dualband pada VHF dan UHF. Sedangkan array antenna dijejer melingkar sebanyak delapan buah. Frekuensi kerja array antenna adalah pada UHF yaitu frekuensi signal dari transponder. Bagan transceiver radar dapat dilihat pada gambar 2 dibawah.



Gambar 2: Pemrosesan signal radar menjadi jarak.

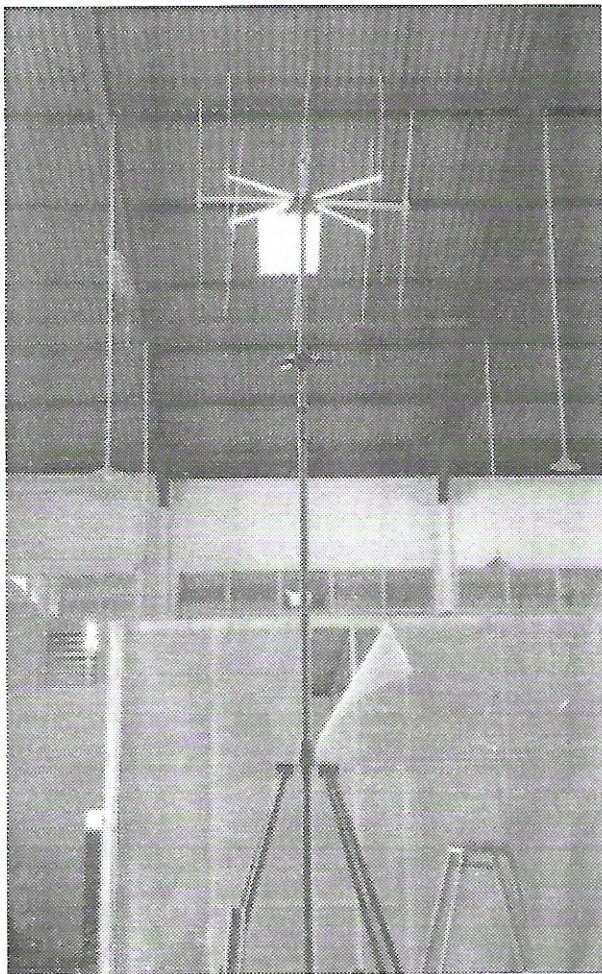
Signal generator pada gambar diatas menghasilkan signal sinus dengan frekuensi 3 kHz dan signal trigger yang berupa pulsa untuk digunakan prosesor sebagai sinkronisasi pengambilan data digital. Radio receiver menerima kembali signal yang dikirim dan dimasukkan ke bandpass filter terlebih dahulu untuk memperoleh signal yang lebih ideal, kemudian diteruskan ke prosesor untuk menghitung delay waktu tiba.



Gambar 3: Prototipe transceiver radar sekunder yang telah dikembangkan.

Prototipe radar transceiver adalah seperti pada gambar 3 diatas. Prototipe ini mempunyai resolusi jarak 500 meter dan kecepatan akuisisi dalam waktu 0.8 detik. Jarak pesawat dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

(2) Disini C adalah kecepatan gelombang radio (300.000.000 m/detik) dan ΔT adalah delay signal antara yang dikirim dan yang diterima. Delay waktu pada persamaan (2) dapat dihitung dengan menggunakan algoritma cross-correlation.



Gambar 4: Prototipe circular array antenna untuk deteksi sudut pesawat.

Kemudian dihitung posisi titik puncaknya, posisi ini merupakan delay waktu yang kemudian dikonversikan menjadi jarak sesuai dengan persamaan diatas.

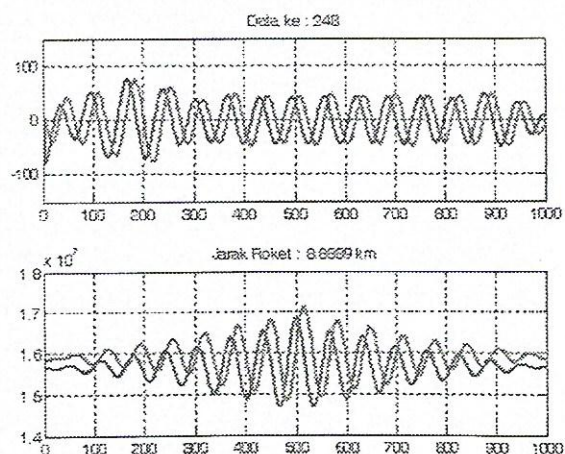
Penentuan sudut atau bearing pesawat dengan menggunakan prinsip doppler. Antena dipilih secara cepat bergantian secara melingkar, sehingga akan terjadi efek doppler. Arah scanning tersebut searah jarum jam, sehingga pada receiver akan terjadi signal sinus. Sudut bearing pesawat dapat dihitung dari pergeseran fase signal sinus tersebut. Prototipe array antenna yang telah dibuat adalah seperti pada gambar 4 dibawah ini.

Tower antenna dapat mencapai 15 meter. Jumlah antenna yang dijejer adalah 8 buah dipole yang di switch dengan menggunakan pin-photo

diode. Alat switch tersebut juga diletakkan pada bagian atas antenna. Detektor sudut ini berupa radio receiver dan sebuah prosesor untuk menentukan sudutnya. Satu gelombang bergeser akan senilai dengan 360 derajat. Frekuensi signal switch adalah 1 kHz, sehingga signal sinus yang timbul juga pada frekuensi yang sama. Bandpass filter digunakan juga untuk membuat signal menjadi lebih ideal, Signal ini sangat dipengaruhi oleh perbedaan sensitivitas masing-masing antenna. Sampling data ADC semakin cepat, maka resolusi sudut yang dapat diukur menjadi semakin akurat. Prosesor kecepatan tinggi seperti FPGA dapat dimanfaatkan dan akan diteliti lebih lanjut untuk meningkatkan unjuk kerjanya.

3. Percobaan dan Analisa

Percobaan prototipe ini dilakukan dengan mevalidasi jarak yang diukur dengan sebuah alat GPS. Dua buah titik dengan posisi yang berbeda pada jarak kira-kira 8.9 meter. Contoh hasil percobaan dengan radar adalah seperti pada gambar 5 dibawah. Perbedaan nilai akan timbul antara radar dan GPS (resolusi 15 meter), hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan resolusi kedua alat tersebut. Gambar 5 diatas adalah contoh signal yang dikirim dan yang diterima. Terlihat signal yang diterima bergeser kearah kanan, hal ini

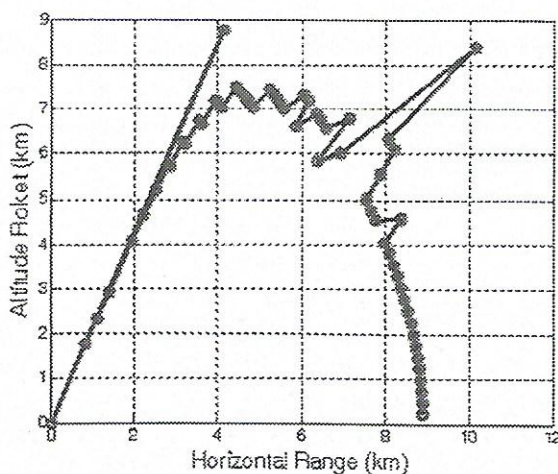


Gambar 5: Proses signal radar menjadi jarak dengan menggunakan cross-correlation.

menunjukkan delay waktu yang disebabkan oleh jarak antara stasiun penerima dan transponder yang diijaukan posisinya. Pada bagian bawah adalah hasil perhitungan *cross-correlation*, sehingga terlihat titik puncak satu buah.

Dari titik puncak ini maka dapat kita hitung delay signal dan kemudian dapat dihitung nilai jaraknya dengan menggunakan persamaan (2) diatas. Selain pengujian darat, prototipe ini juga telah diaplikasikan dalam peluncuran roket pada bulan Desember 2009 yang lalu. Hasil percobaanya adalah seperti pada gambar 6 dibawah. Akan tetapi untuk alat deteksi sudut belum dapat diujicoba dalam pemantauan pesawat udara nir awak. Hal ini akan dilakukan setelah semua bagian system telah terintegrasi dengan baik. Prototipe tersebut baru diujicoba dalam skala laboratorium. Hasil yang diperoleh menunjukkan resolusi sidit dalam nilai kurang lebih tiga derajat. Hal ini dapat kita tingkatkan resolusinya dengan cara meningkatkan kecepatan sampling signal analog menjadi digital. Sebuah prosesor FPGA juga sedang dikaji untuk meningkatkan perfoma detector bearing ini.

Telah diuraikan suatu sistem pemantau posisi pesawat udara nirawak dengan kombinasi radar sekunder dan array antenna. Sistem ini terbukti murah dan mudah dalam maintenance, serta dapat diaplikasikan untuk pemantauan beberapa pesawat secara bersamaan atau secara simultan.



Gambar 6: Contoh pengukuran jarak posisi roket.

4. Kesimpulan

Telah dijelaskan sistem pemantau posisi pergerakan pesawat udara tanpa awak menggunakan radar sekunder dan array antenna. Radar sekunder berfungsi untuk deteksi jarak dan array antenna untuk menghitung sudut arah terbang pesawat. Resolusi radar masih dalam jarak 500 m dan resolusi sudut masih sekitar 3 derajat, hal ini dapat ditingkatkan lagi dengan menggunakan prosesor kecepatan tinggi seperti tipe FPGA.

5. Daftar Pustaka

1. Lee O. Upton and Lewis A. Thurman, "Radars for the Detection and Tracking of Cruise Missiles". VOLUME 12, NUMBER 2, 2000 LINCOLN LABORATORY JOURNAL.
2. S. Tekinay, "Wireless Geolocation Systems and Services," Special Issue of the IEEE Communications Magazine, April 1998.
3. Wahyu Widada dkk, "Metode Kalibrasi Time Different of Arrival TDOA untuk Sistem Passive RADAR Trayektori Roket", Jurnal TEKGAN 2007.
4. Wahyu Widada dkk, "Pengembangan RADAR Signal Generator untuk Aplikasi Tracking Trayektori Roket Jarak Jauh", SNT IV UTY 2008.
5. Wahyu Widada dkk, "Rancangbangun System Secondary Surveillance RADAR untuk Aplikasi Tracking Peluncuran Roket Jarak Jauh", Seminar Radar Nasional 2008.

Sistem Sensor Merkuri Untuk Pendeteksian Kualitas Air Pada Daerah Aliran Sungai (DAS)

Grace Mambu, Goib Wiranto, dan Iqbal Syamsu

Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI
Kampus LIPI Gd. 20 Lt. 4, Jl. Sangkuriang Bandung INDONESIA
Telp. 022 2504660 Fax. 022 2504659
Email: grace@ppet.lipi.go.id

Abstract

Several studies have been conducted to understand the process of formation, displacement mechanism, and method for controlling mercury pollution, both from natural and industrial activities. This research was driven by awareness of the dangers that can be caused by mercury to the environment and human health. Therefore, research on constructing the gas sensor system for detecting mercury could assist to decrease mercury pollution in the environment and to reduce its impacts on human health. Mercury Sensor System using Surface Acoustic Wave (SAW) devices have a superior advantage as compared with conventional analysis techniques, is on the principle of operation, which is more simple. Surface Acoustic Wave (SAW) devices as the research output has been equipped with UHF circuit, Power Amplifier, and Frequency Counter to form the sensor system. Supported by a dedicated software, this sensor system measures the resonance frequency which then converted to the value of measured mercury.

Abstrak

Berbagai upaya global telah dilakukan untuk memahami proses pembentukan, mekanisme perpindahan, dan cara pengendalian polutan Merkuri, baik yang berasal dari alam maupun industri. Hal ini didorong oleh kesadaran akan bahaya yang dapat ditimbulkan oleh Merkuri terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, penelitian tentang rancang bangun sistem sensor untuk mendeteksi gas Merkuri akan membantu upaya pengendalian polutan Merkuri di lingkungan dan mengurangi dampaknya bagi kesehatan manusia. Sistem Sensor Merkuri menggunakan divais Surface Acoustic Wave (SAW) memiliki keunggulan untuk digunakan sebagai pendeteksi polutan Merkuri karena prinsip pengoperasiannya yang lebih sederhana dibandingkan dengan teknik-teknik analisa konvensional. Dari penelitian ini telah dihasilkan divais Surface Acoustic Wave (SAW) yang dilengkapi dengan rangkaian UHF, Power Amplifier, dan Frequency Counter sehingga membentuk sistem sensor. Pendeteksian Merkuri menggunakan divais Surface Acoustic Wave (SAW) dilakukan dengan menggunakan software khusus yang berfungsi untuk mengetahui besarnya frekuensi resonansi, dimana nilai tersebut menunjukkan kadar merkuri terukur.

Kata Kunci: Surface Acoustic Wave, Sensor Merkuri, Kualitas air

1. Pendahuluan

Merkuri akan terakumulasi di udara, tanah, dan air, serta dapat terus berpindah sampai ribuan kilometer dari sumber emisinya hingga akhirnya masuk dalam rantai makanan. Polutan merkuri yang menyebar melalui rantai makanan, mengalami bio-akumulasi dan akhirnya masuk ke dalam tubuh manusia [1].

a) Pendeteksian Merkuri

Cara yang digunakan untuk mendeteksi merkuri saat ini adalah dengan mengumpulkan sampel dari sumber emisi dan membawa sampel tersebut ke laboratorium untuk dianalisa menggunakan teknik seperti atomic absorption [3], kromatografi [4], elektrokimia [5], dan spektroskopi [6]. Meskipun sensitif, tetapi analisa menggunakan teknik seperti ini membutuhkan

waktu yang lama, dan tidak memungkinkan untuk digunakan menganalisa sampel di lapangan (*on-site*) karena menyangkut instrumen yang berukuran besar dan mudah pecah. Selain itu, harga dari instrumen analisa tersebut juga sangat mahal.

Dengan demikian maka, perlu dikembangkan metode analisa yang baru untuk menghasilkan instrumen yang lebih sederhana, lebih cepat, lebih portabel dan tahan uji (*robust*), serta lebih murah. Sehingga pendeteksian merkuri dapat dilakukan secara *in-situ* dan data yang dihasilkan bersifat *real-time* [7].

b) Divais *Surface Acoustic Wave* (SAW)

Perubahan kecepatan rambat gelombang akustik diatas lapisan yang bersifat piezoelektrik merupakan prinsip dasar divais SAW sebagai sensor. Interdigital Transducer (IDT) yang akan digunakan untuk menghasilkan gelombang microwave memiliki minimum feature size untuk finger line dan spacing antara (30 40) m2, disesuaikan dengan kemampuan fotolitografi yang ada.

Divais ini terdiri dari sebuah input IDT (Interdigital Transducer), jalur rambat gelombang (*delay-path*), dan sebuah output IDT. Apabila tegangan sinusoidal diberikan diantara input IDT, maka gelombang akustik akan dihasilkan di permukaan dengan propagasi melalui *delay-path* menuju ke output IDT, dimana gelombang tersebut akan diterima dan diubah kembali menjadi tegangan.

Divais SAW dapat difabrikasi dengan teknologi mikroelektronika, khususnya teknologi *thin-film*, agar dapat menghasilkan divais dengan dimensi kecil namun tetap memiliki sensitifitas tinggi dan *respond-time* yang cepat.

Agar dapat digunakan sebagai sensor Merkuri, maka *delay path* dari divais SAW ini dapat dilapisi dengan emas (Au) yang secara selektif akan menyerap Merkuri melalui proses Amalgam. Apabila terekspose dengan Merkuri, kecepatan rambat gelombang akustik melewati *delay-path*

yang berlapis emas akan mengalami perubahan, yang berarti frekuensi dari SAW juga akan berubah. Kecepatan perubahan frekuensi SAW inilah yang dijadikan dasar untuk menentukan konsentrasi Merkuri.

Teknologi mikroelektronika juga memungkinkan divais SAW difabrikasi secara masal, sehingga biaya fabrikasi per divais-nya akan menjadi lebih murah [7-8]. Teknologi *thin-film* sendiri merupakan bagian dari teknologi mikroelektronika yang memungkinkan divais SAW difabrikasi secara masal, sehingga biaya fabrikasi perdivais-nya lebih murah.

c) Keunggulan Divais SAW

Divais SAW memiliki keunggulan untuk digunakan sebagai pendeteksi polutan merkuri karena prinsip pengoperasiannya yang lebih sederhana dibandingkan dengan teknik-teknik analisa konvensional diatas.

Karena sifatnya yang portabel, sistem ini dapat digunakan sebagai instrumen mobile dengan aplikasi yang lebih luas, termasuk untuk mendeteksi logam berat lainnya. Beberapa kelebihan diatas membuat divais SAW memiliki potensi komersial yang tinggi [9].

d) Potensi Komersial

Seperti kita ketahui bersama bahwa sekarang ini timbul aneka peristiwa pencemaran di berbagai daerah di Indonesia, seperti yang sering kita lihat baik di media elektronik maupun media tulis. Untuk mengatasi hal tersebut diatas maka Prototip sistem sensor yang dihasilkan dari penelitian ini sangat dibutuhkan oleh pihak-pihak yang berkepentingan mengelola dampak pencemaran lingkungan akibat pencemaran khususnya pencemaran logam Merkuri.

Karena sifatnya yang portabel, maka sistem ini dapat diaplikasikan dalam bentuk instrumen mobile untuk remote monitoring, pengumpulan data, dan prosesing. Bahkan aplikasinya dapat diperluas karena teknologi *Surface Acoustic Wave*

memungkinkan diguna kannya jenis lapisan sensitif lain yang sesuai untuk pendeteksian berbagai logam berat.

Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa sistem sensor berbasis *Surface Acoustic Wave* untuk Merkuri yang diusulkan dalam penelitian ini memiliki potensi komersial yang tinggi [9, 10].

2. METODOLOGI

Perancangan divais *Surface Acoustic Wave Dual Delay Line Oscillator* dengan IDT (*Inter Digital Transducer*) dilakukan agar dapat menghasilkan frekuensi gelombang akustik tinggi, sesuai dengan batas maksimal yang dimungkinkan oleh material piezoelektrik AlN yang digunakan. Frekuensi gelombang akustik divais *Surface Acoustic Wave* berbanding lurus dengan jumlah "finger" dari IDT, maka untuk mendapatkan frekuensi yang tinggi tersebut, jumlah dari "finger" IDT akan dirancang semaksimal mungkin untuk luas area divais yang telah ditentukan.

Sejak dahulu telah dikenal bahwa emas menyerap merkuri melalui proses Amalgam maka dalam penelitian ini lapisan emas digunakan sebagai lapisan sensitif. Lapisan emas ini didepositkan dengan cara sputtering diantara kedua IDT.

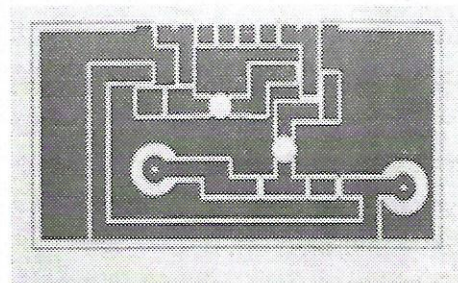
Komponen pendukung yang digunakan adalah rangkaian Oscillator, Frequency Counter, rangkaian heater dan sensor temperatur, interface ke komputer dan kontrol, serta sistem sampling gas Merkuri.

3. HASIL DAN DISKUSI

Telah dilakukan proses pembuatan atau fabrikasi divais SAW menggunakan teknik fotolitografi. Untuk menambah selektifitasnya terhadap Merkuri, pada jalur rambat gelombang akustik (delay line) dilapisi dengan emas (Au), yang menyerap Merkuri melalui proses Amalgam.

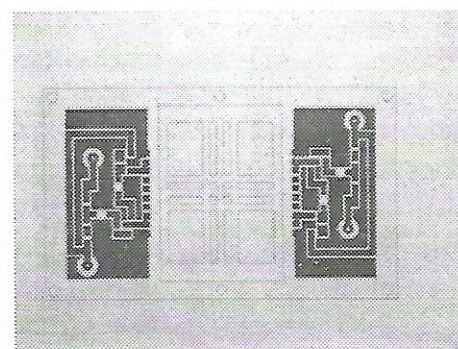
Dengan cara ini, divais SAW yang dihasilkan akan menjadi sangat sensitif dan selektif terhadap Merkuri.

Selanjutnya dibuatkan pula perancangan desain lay out power amplifier untuk divais *Surface Acoustic Wave* (Gambar 1).



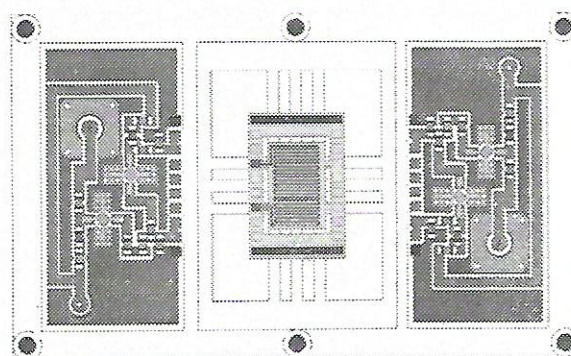
Gambar 1 : Perancangan desain lay out rangkaian power amplifier

Gambar 2 dibawah ini adalah desain lay out dari 2 buah power amplifier lengkap dengan tempat untuk divais *Surface Acoustic Wave*.



Gambar 2 : Lay out Power Amplifier divais untuk Surface Acoustic Wave

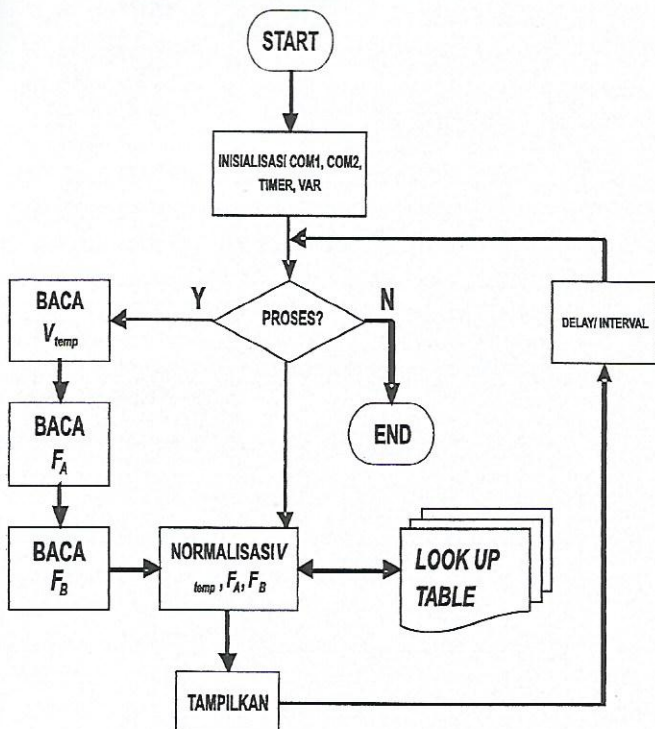
Dan gambar 3 dibawah ini adalah rangkaian power amplifier diatas papan PCB jenis Teflon.



Gambar 3 : Rangkaian Penguat Tegangan

Adapun penguat tegangan ini adalah untuk meningkatkan tegangan yang diberikan oleh DAQ yang memiliki tegangan output maksimum 5 volt. Minimal penguat tegangan yang harus dibuat adalah penguat tegangan 3 kali, seperti ditunjukkan pada gambar diatas lengkap dengan skematik dari rangkaian tersebut.

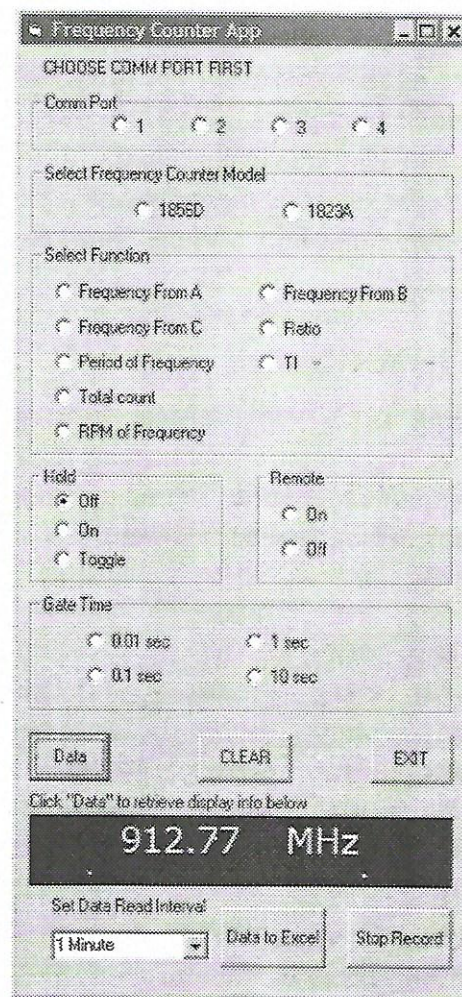
Untuk pembacaan secara real time maka sistem diatas juga dilengkapi dengan data akusisi (DAQ) seperti terlihat dalam gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4 : Diagram alur pada data akusisi

Pengukuran frekuensi dilakukan pada dua divais SAW (FA dan FB) dengan menggunakan channel A dan B secara bergantian. Sedangkan pengukuran temperatur diperoleh dari tegangan (V_{temp}) yang didapatkan dari sensor temperatur.

Nilai V_{temp} kemudian akan dinormalisasi dengan bantuan lookup table untuk mendapatkan nilai temperatur yang sesungguhnya. Nilai FA dan FB dapat pula dinormalisasi untuk mengetahui kadar merkuri sesuai dengan lookup table. Sedangkan display yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5 : Display pengukuran Sensor Merkuri

4. KESIMPULAN

Telah dihasilkan divais *Surface Acoustic Wave* (SAW) yang dilengkapi dengan rangkaian UHF, Power Amplifier, dan Frequency Counter sehingga membentuk sistem sensor.

Pendeteksian Merkuri menggunakan divais *Surface Acoustic Wave* (SAW) dilakukan dengan menggunakan software yang berfungsi untuk mengetahui besarnya frekuensi resonansi, dimana nilai tersebut menunjukkan kadar merkuri terukur. Untuk selanjutnya, perlu dilakukan pengembangan baik dari proses fabrikasi maupun kalibrasi. Adapun rencana pengembangan adalah untuk optimasi proses pembentukan divais, repeatibilitas proses, pembuatan alat sampling untuk pencemar

berbentuk cair dan gas, optimasi pengukuran gas Merkuri dan optimasi pembacaan data menggunakan komputer.

Dengan demikian maka keluaran dari kegiatan ini akan dapat langsung digunakan oleh pihak yang membutuhkan dan tujuan utama dari kegiatan ini dapat tercapai.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih yang sebesar besarnya kami sampaikan kepada para peneliti dan teknisi yang terlibat dalam kegiatan ini sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan hasil yang sesuai dengan perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

1. United States Environmental Protection Agency, "Mercury Study Report to Congress", EPA-452/R-97-003, Dec. 1997.
2. World Health Organization, "Environmental Health Criteria for Inorganic Chemistry", 1991.
3. Tanida, K. & Hoshino, M., "Continuous Determination of Mercury in Air by Gold Amalgamation and Flameless Atomic Absorption", *The Rigaku Journal*, vol. 7, no. 2, 1990, pp. 35-40.
4. Wagemann, R., Trebacz, E., Hunt, R. & Boila, G., "Percent Methylmercury and Organic Mercury in Tissues of Marine Mammals and Fish Using Different Experimental and Calculation Methods", *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 16, no. 9, 1997, pp. 1859-1866.
5. Reay, R. J., Flannery, A. F., Stormont, C. W., Kounaves, S. P. & Kovacs, G. T. A., "Microfabricated electrochemical analysis system for heavy metal detection", *Sensors and Actuators B*, vol. 34, 1996, pp. 450-455.
6. Jones, R. D., Jacobson, M. E., Jaffe, R., West-Thomas, J., Arfstrom, C. & Alli, A., "Method Development and Sample Processing of Water, Soil, and Tissue for the Analysis of Total and Organic Mercury by Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry", *Water, Air, & Soil Pollution*, vol. 80, 1995, pp. 1285-1294.
7. J.J. McNerney, P.R. Buseck and R.C. Hanson, "Mercury Detection by Means of Thin Gold Film", *Science*, 178, 611, 1972.
8. Q.X. Guo, M. Yoshitugu, T. Tanaka, M. Nishio, H. Ogawa, "Microscopic investigations of Aluminum nitride thin films grown by low-temperature reactive sputtering", *Thin Solid Films*, 2004.
9. Caron, J. J., Haskell, R. B., Freeman, C. J. & Vetelino, J. F., "Surfactant Acoustic Wave Mercury Vapour Sensor", *US Patent #* 5,992,215, 1999.
10. Flannery, C., Brandt, O., Seidel, W., Schönherr, H. P. & Koch, R., "High Frequency Surface Acoustic Wave Devices on Piezoelectric Nitride Films", *Journal of Selected Brief Reports*, 2001, <http://www.pdi-berlin.de/jabe01/part5/7879.pdf>.

Video Streaming H.263 Melalui Jaringan LAN

Arief Suryadi S¹⁾, Iqbal Syamsu.²⁾, Ari Hendra H.³⁾

¹⁾ Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI

Kampus LIPI Gd. 20 Lt. 4 Jl. Sangkuriang Bandung INDONESIA

Telp. 022 2504660, Fax. 022 2504659, Email: arief@ppet.lipi.go.id, iqbal@ppet.lipi.go.id

²⁾ Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Telkom

Jl. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot, Bandung INDONESIA

Telp. 022 7564108, Fax. 022 7565933, Email: ari@stttelkom.ac.id

Abstract

This paper discusses performance of H.263 video streaming over local area network. In this research, a video server is deployed into a local network to be able to serve several clients at the same network. In the video server, moving images are encoded by using intra H.263 technique to reduce the size of video data. The video streaming application occur when the client connect to the server by using TCP socket. The performance of H.263 video streaming is analyzed based on measurement of several parameters such as delay, jitter, throughput, PSNR and packet loss. The measurement results indicate that the video server works properly to serve for almost 5 clients immediately. In this condition, the maximum of throughput reach 1,15 Mbps while the average delay keep below 0,5 ms. Moreover, decoding process in the client produces high quality pictures since the average PSNR nearly 30 dB

Key Words : Video Streaming, Intra Coding H.263, LAN

Abstrak

Tulisan ini membahas mengenai kinerja video streaming H.263 melalui jaringan LAN. Pada penelitian ini video server diimplementasikan pada sebuah jaringan lokal untuk dapat melayani sejumlah client. Pada video server, citra bergerak dikodekan intra H.263 untuk mengurangi data video. Aplikasi video streaming terjadi ketika client terkoneksi dengan server dengan menggunakan socket TCP. Kinerja video streaming intra H.263 selanjutnya dianalisis berdasarkan pengukuran parameter-parameter delay, jitter, throughput, PSNR and packet loss. Berdasarkan hasil pengukuran, video server dapat bekerja baik untuk melayani hingga 5 client secara bersamaan, dengan throughput maksimum sekitar 1,1 Mbps dan delay maksimum dibawah 0,5 ms. Pada kondisi ini citra video yang dihasilkan kembali oleh decoder pada client memiliki kualitas yang baik, dengan nilai PSNR rata-rata mendekati 30 dB.

Kata Kunci : Video Streaming, Pengkodean Intra H.263, LAN

1. Pendahuluan

Berkembangnya teknologi internet yang merupakan jaringan heterogen telah memungkinkan diimplementasikannya beragam aplikasi yang memuat kandungan data, video maupun suara, untuk dilalukan secara simultan pada jaringan berbasis *Internet Protocol (IP)* ini. Berbagai aplikasi seperti *videoconference*, *video/audio broadcast*, dan *voice call*, terus berkembang untuk diimplementasikan pada jaringan internet, disamping aplikasi data seperti *live messaging* yang telah lama hadir sebelumnya.

Seiring dengan berkembangnya aplikasi tersebut menyebabkan meningkatnya paket data yang dilalukan pada jaringan. Hal ini dapat menyebabkan menurunnya kinerja jaringan yang pada gilirannya akan menurunkan kualitas layanan aplikasi itu sendiri.

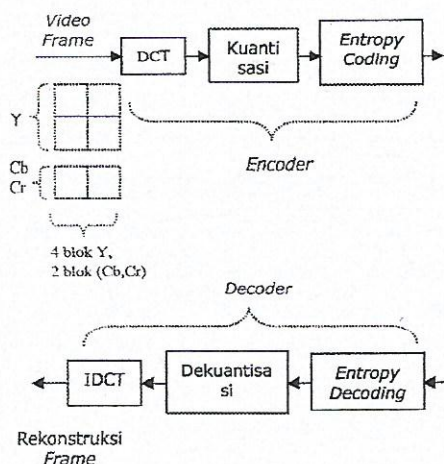
Berdasarkan hal tersebut maka berkembanglah penelitian yang pada dasarnya berupaya untuk meningkatkan kemampuan dan kinerja aplikasi-aplikasi yang melibatkan berbagai kandungan informasi didalamnya. Salah satunya adalah pengembangan aplikasi video melalui

jaringan internet. Aplikasi dengan jenis kandungan informasi video sudah barang tentu sangat mempengaruhi kinerja jaringan, mengingat jumlah data yang dihasilkan cukup besar disamping memiliki derajat kepuasan yang diharapkan optimal. Untuk itu perlu strategi dalam hal pengembangan dan implementasinya. Sebagai contoh adalah pengembangan teknik pengkodean informasi video yang berupaya memperkecil jumlah data yang akan dikirimkan melalui jaringan IP. Dalam implementasinya, pengiriman informasi video terkompresi tersebut perlu disesuaikan dengan protokol-protokol komunikasi yang terdapat pada jaringan, sehingga selain dapat diimplementasikan sesuai dengan karakteristik jaringan namun juga harus mampu bertahan dari kemungkinan kerusakan atau penurunan kualitas informasi yang diakibatkan oleh karakteristik jaringan tersebut. Oleh sebab itu, pada tulisan ini akan dijelaskan mengenai implementasi sistem *video streaming* yang diterapkan pada *Local Area Network* (LAN).

2. Landasan Teori

2.1 Pengkodean Intra H.263

Secara umum, teknik pengkodean intra H.263 melibatkan beberapa proses yang terjadi pada *encoder* dan *decoder*, seperti yang diperlihatkan pada gambar 1 (1,2).



Gambar 1 : Diagram Blok Encoder dan Decoder Intra H.263.

Pada teknik pengkodean ini, sebuah *frame* video yang akan dikodekan dibagi kedalam blok-blok berukuran 8 x 8 pixel. Pembagian blok ini diperlukan agar proses pengkodean menjadi lebih efisien, mengingat proses akan dilakukan pada blok-blok yang relatif kecil. Total jumlah blok yang dikodekan sebanyak 6 blok, yang terdiri dari 4 blok komponen Y (luminance) dan 2 blok komponen *chrominance* yaitu Cb dan Cr. Selanjutnya, pada setiap blok tersebut dilakukan proses *Discrete Cosine Transform* (DCT), kuantisasi yang bersifat *lossy*, serta pengkodean entropi. Data video terkompresi intra H.263 yang dihasilkan oleh *encoder* kemudian didekodekan melalui proses *entropy decoding*, dekuantisasi dan *Inverse Discrete Cosine Transform* (IDCT). Pada sisi penerima ini, proses *decoding* dilakukan untuk dapat menghasilkan rekonstruksi *frame* dalam format yang sama dengan masukan *encoder*.

2.2 Konsep Streaming

Streaming adalah suatu metoda untuk memainkan *video file* atau *audio file* baik secara langsung maupun terlebih dahulu melalui proses *prerecorded* pada sebuah mesin *server* (*web server*). Pada saat proses *streaming*, *file-file* tersebut di-*download* oleh perangkat *client* yang terkoneksi dengan *server*. Untuk itu, terdapat sejumlah *buffer* yang berfungsi menampung sejumlah *data file* yang tiba pada *client*. Dalam waktu yang cepat *buffer* akan terisi penuh, dan secara otomatis *video file* atau *audio file* tersebut akan diputar atau ditampilkan kembali dengan menggunakan aplikasi tertentu pada perangkat *client*. Program aplikasi akan membaca dan menampilkan kembali informasi yang terdapat pada *buffer* dengan tetap melakukan proses *download*.

Ide dasar dari *video streaming* adalah *server* membagi *video file* kedalam beberapa bagian paket-paket data, mentransmisikan paket-paket data tersebut, dan kemudian pada sisi *client* dilakukan proses *decode* dengan memainkan

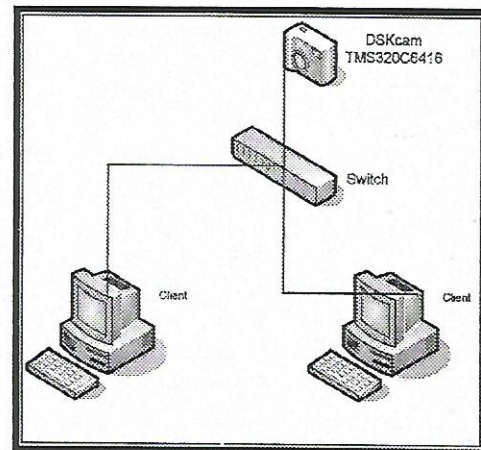
potongan paket-paket tersebut tanpa harus menunggu keseluruhan paket tiba.

Sistem *streaming* saat ini umumnya dibangun oleh empat komponen utama yaitu *server*, *client*, protokol komunikasi, serta metoda *coding* dan *encoding* yang digunakan. Untuk aplikasi *video streaming* melalui jaringan berbasis IP, umumnya digunakan dua *transport protocol* yang berfungsi mengemas dan mengangkut paket-paket data ke tujuan yaitu *Transport Control Protocol* (TCP) dan *User Datagram Protocol* (UDP). TCP merupakan *transport protocol* yang bersifat *connection oriented stream* dengan menonjolkan proses negosiasi sambungan, untuk memberikan jaminan kehandalan pengiriman paket data. Layanan *connection oriented stream* sangat sesuai dengan arsitektur *client-server*. Meskipun demikian, penggunaan protokol TCP pada aplikasi *real-time video* sebenarnya juga tidak menguntungkan karena adanya mekanisme retransmisi. Berbeda dengan TCP, UDP merupakan *transport protocol* yang bebas dari proses negosiasi sambungan. Hal ini menyebabkan pengiriman paket data dapat dilakukan secara langsung dengan *delay* yang minimum. Akan tetapi, UDP tidak memberikan jaminan kehandalan pengiriman paket data dikarenakan tidak adanya mekanisme retransmisi seperti pada TCP. Untuk aplikasi *real-time video* dengan UDP umumnya diperlukan protokol tambahan yang berfungsi mengurangi efek dari kesalahan yang ditimbulkan oleh kemungkinan hilangnya paket-paket data selama transmisi.

3. Perancangan Sistem *Video Streaming*

Pada penelitian ini, sebuah *server* dan beberapa *client* diimplementasikan dalam sebuah *Local Area Network* (LAN), seperti yang diperlihatkan pada gambar 2. *Encoder intra H.263* yang menghasilkan *video* terkompresi diimplementasikan pada sisi *server*. Sedangkan *decoder intra H.263* yang berfungsi menampilkan kembali tampilan *video* diimplementasikan di tiap-tiap *client*. Koneksi *server-client* dijumpai oleh

sebuah *switch*. Pada jaringan yang berbasis IP ini, digunakan TCP sebagai *transport protocol* untuk keperluan *streaming*. Sistem *encoder* pada *video server* dibangun berbasiskan *processor* DSP TMS3206416, sedangkan *video decoder* pada sisi *client* diimplementasikan pada perangkat komputer yang berbasiskan prosesor *Intel Pentium 4*.



Gambar 2: Sistem *Video Streaming* pada Jaringan LAN.

Spesifikasi teknis modul DSP TMS320C6416 DSK yang digunakan adalah sebagai berikut (5,6):

- o DSP *processor* seri TMS3206416 DSP buatan Texas Instruments yang beroperasi pada *clock* 720 Mhz.
- o Menggunakan perangkat lunak *Code Composer Studio* v.3.0 yang berfungsi sebagai basis pemrograman C, *Compiler*, *Debugger*, dan *Downloader* kode program.
- o Memori 16 Mbyte SDRAM.
- o Program memori 512 Kbyte ROM.
- o 3 buah konektor ekspansi (*Memory Interface*, *Peripheral Interface*, dan *Host Port Interface*).
- o Modul kamera DSKcam dengan resolusi QVGA.
- o Modul *Ethernet* 10/100 Mbps.
- o Catu daya 5 volt DC.

Pada sisi *encoder*, citra *video* diambil langsung dari sebuah modul kamera DSKcam dan

dikodekan dengan mode pengkodean intra H.263, sehingga dihasilkan keluaran berupa informasi video dalam format H.263.

Pengiriman data *bit-stream* video H.263 dari *encoder* ke *decoder* dilakukan dengan menggunakan fungsi *Application Program Interface* (API) *socket*, baik yang terdapat pada modul *ethernet* pada sisi *encoder* maupun *decoder*. *Socket* TCP/IP merupakan kombinasi dari alamat IP dan alamat *port*. Hubungan antara aplikasi pada *encoder* (modul DSP) dan *decoder* (pada perangkat komputer) dijelaskan secara lengkap oleh *socket* yang terdapat pada setiap ujung dari hubungan tersebut. Hubungan antara dua *socket* memungkinkan jalur komunikasi dua arah (*full duplex*) antara dua aplikasi. *Socket* dapat menyediakan layanan yang *reliable* dan sifatnya *connection oriented stream* berdasarkan pada protokol TCP.

Pada penelitian ini interaksi *client-server* dibuat hanya satu arah dimana *server* yang dalam hal ini adalah *encoder* hanya bertindak sebagai pengirim data dan *client* yang merupakan *decoder* pada perangkat komputer sebagai penerima data. Mekanisme yang digunakan adalah *server* pertama kali membuat *socket* pada *port* tertentu, memberinya nama dan menunggu *client* untuk koneksi ke *socket*. Pada sisi *client* juga akan membuat *socket* pada *port* yang sama, dan menghubungkannya pada *socket* yang telah diberi nama oleh *server*. Jika koneksi telah berlangsung, maka *server* siap mengirimkan data *bit-stream* video H.263 ke *client*. Selanjutnya *decoder* akan mendekodekan data video H.263 yang diterima untuk kemudian ditampilkan pada *display* atau disimpan pada *harddisc*.

Untuk mengimplementasikan sistem *encoder* dan *decoder* intra H.263, maka digunakan *source code program* H.263 TMN v.8 dari Telenor sebagai basis program *encoder* dan *decoder* H.263, dengan menggunakan bahasa pemrograman C.

Selanjutnya, pada penelitian ini dilakukan tiga skenario pengujian sistem *Video Streaming*, yang meliputi:

1. Pengaruh Jumlah *Client*.

Pada skenario ini akan dilakukan pengukuran parameter *Quality of Service* (QoS) yaitu *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss*, dengan memperhatikan perubahan pada jumlah *client*. Untuk mengetahui besar *delay* maka dilakukan pengukuran *Round Trip Time* (RTT), yang merupakan akumulasi waktu yang dibutuhkan sebuah paket data yang dikirimkan sampai di tujuan dan hingga pengirim menerima balasan *acknowledge* (ACK) sebagai tanda paket data sukses diterima di tujuan. Sedangkan *jitter* adalah variasi simpangan waktu antara kedatangan paket. *Jitter* dapat diukur dari waktu antara paket data yang diterima sekarang dengan paket data yang diterima sebelumnya. *Jitter* diakibatkan oleh lintasan tempuh yang berbeda-beda untuk setiap paket data, dan dapat dilihat dari penerima.

2. Pengaruh *Background Traffic*.

Pada skenario ini akan dilakukan pengukuran parameter QoS dengan memperhatikan penambahan *background traffic*.

3. Penilaian kinerja *Encoder* dan *Decoder* Intra H.263.

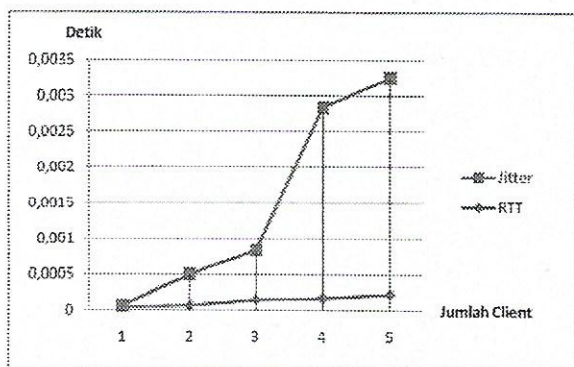
Pada skenario ini akan dilakukan pengukuran parameter kualitas citra video berdasarkan parameter *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) dan *Mean Opinion Score* (MOS).

Pada pengujian ini, pengukuran dilakukan secara *off-line*, dimana citra yang diterima kamera disimpan terlebih dahulu kedalam media penyimpan pada *video server*, mengingat untuk keperluan analisis pengukuran dilakukan pada level *frame*. Namun pada pengujian MOS, pengukuran juga dilakukan secara *real-time*, dengan mengamati citra video yang diambil langsung dari kamera dan ditransmisikan ke *client*.

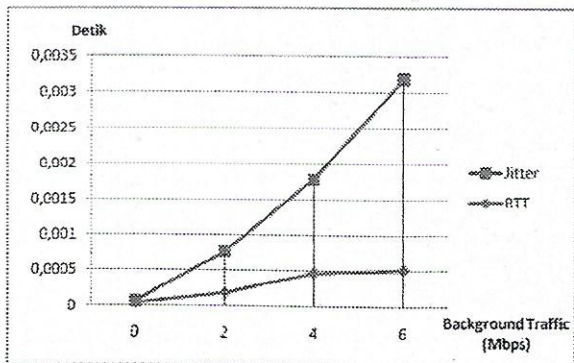
4. Hasil Pengujian Sistem *Video Streaming*

Data hasil pengamatan RTT dan *jitter*

diperlihatkan seperti pada grafik 1 dan 2, masing-masing untuk dua skenario yang berbeda. Berdasarkan hasil pengamatan terlihat bahwa ketika *client* yang aktif jumlahnya bertambah maka tidak terjadi penurunan yang signifikan terhadap nilai RTT. Hal ini disebabkan karena paket data yang terkirim tidak terhambat oleh *traffic* yang terjadi di jaringan. Namun ketika jaringan diberikan *background traffic* maka paket-paket *streaming* akan terhambat oleh *traffic*, sehingga akan menyebabkan jarak antara paket-paket data *streaming* semakin melebar, dan nilai RTT pun menjadi semakin besar seiring dengan penambahan besar paket *traffic* yang diberikan. Meski demikian, terlihat bahwa nilai RTT yang didapatkan dari kedua skenario yang telah dilakukan masih dalam batas yang diterima yaitu dibawah 150 ms (4), dimana nilai maksimum RTT yang didapat sebesar 0,5089 ms.

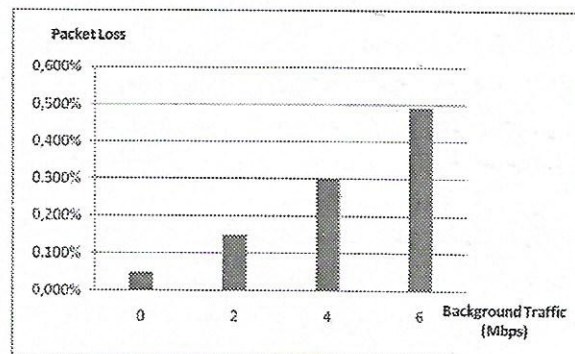


Grafik 1 : Hasil Pengukuran RTT dan Jitter Terhadap Peningkatan Jumlah Client.

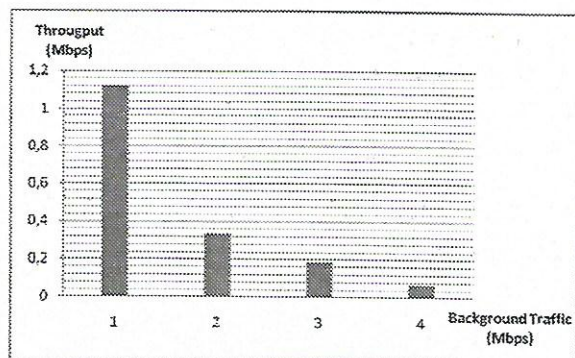


Grafik 2 : Hasil Pengukuran RTT dan Jitter Terhadap Peningkatan Background Traffic.

Pada hasil pengukuran *jitter* didapatkan bahwa ada pengaruh antara penambahan *background traffic* atau jumlah *client* dengan nilai *jitter* yang didapatkan dari masing-masing percobaan. Nilai *jitter* dari kedua skenario tersebut masih dalam batas standar yang ditentukan, dimana nilai *jitter* untuk *streaming* tidak boleh melebihi 30 ms (4). Meski demikian, terlihat bahwa kecenderungan peningkatan nilai *jitter* dapat saja terjadi jika jumlah *client* atau penambahan *background traffic* terus bertambah. *Jitter* yang makin besar akan mengakibatkan keterlambatan paket data berikutnya, sehingga paket data tersebut akan dibuang dan akan menyebabkan adanya *packet loss*. Hal ini bisa kita lihat pada grafik 3., dimana untuk percobaan dengan variasi beban *traffic* yang terus meningkat hingga 6 Mbps, dengan laju bit rata-rata *codec* intra H.263 sebesar 1,15 Mbps, akan menghasilkan nilai *packetloss* mendekati 0,5%. Kondisi ini juga dipertegas pada



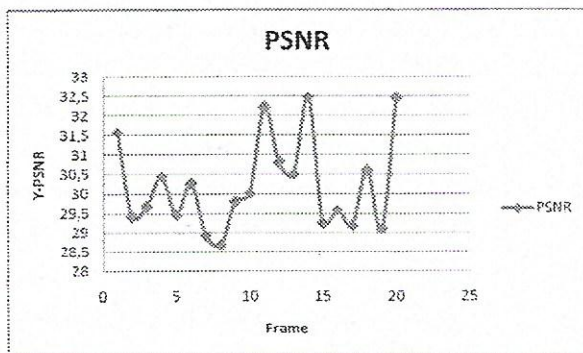
Grafik 3 : Hasil Pengukuran Packetloss Terhadap Peningkatan Background Traffic.



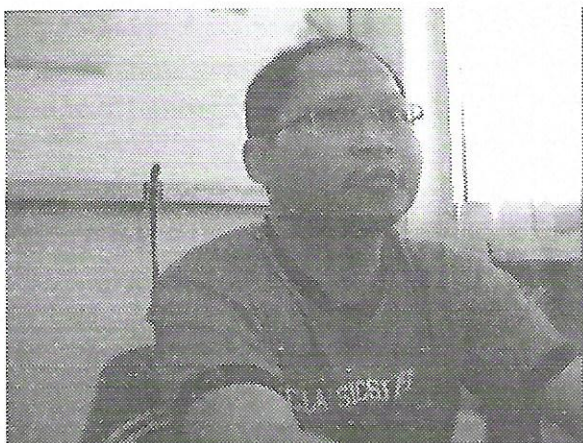
Grafik 4 : Hasil Pengukuran Throughput Terhadap Peningkatan Background Traffic.

hasil nilai *throughput* yang didapatkan. Nilai *throughput* merupakan jumlah bit data yang sampai dengan sukses dari *server* menuju *client* dalam selang periode waktu tertentu. Terlihat bahwa nilai *throughput* cenderung menurun hingga mendekati 0,074 Mbps, seiring dengan peningkatan *traffic* hingga 6 Mbps, seperti yang diperlihatkan pada grafik 4.

Pada pengujian kinerja *encoder* dan *decoder* intra H.263, terlihat bahwa hingga pengukuran dengan menggunakan beban *traffic* maksimum 6 Mbps, menghasilkan nilai PSNR berkisar antara 28 dB hingga 32,5 dB, seperti yang diperlihatkan pada grafik 5. Kondisi ini terjadi dengan menggunakan *frame* video beresolusi QVGA (320 x 240 pixel) dengan laju *frame* hingga 20 fps, dan laju bit luaran intra H.263 sebesar 1,15 Mbps.



Grafik 5 : Hasil Pengukuran PSNR



Gambar 3 : Sampel Gambar pada Pengukuran.

Tabel 1 : Data Hasil Pengukuran MOS

Mean Opinion Score	VARIASI JUMLAH CLIENT		VARIASI BACKGROUND TRAFFIC			
	1	5	0 Mbps	2 Mbps	4 Mbps	6 Mbps
	4	4	4	4	3	3

Pengukuran MOS dilakukan dengan tanpa dan menggunakan *background traffic*. MOS merupakan penilaian subjektif terhadap kualitas citra video secara langsung. Pada penelitian ini sebanyak 10 responden memberikan penilaiannya terhadap citra video hasil *decoding* pada sisi *client*. Sumber citra video yang ditangkap kamera merupakan gambar yang relatif sedikit pergerakan, seperti yang diperlihatkan pada gambar 3. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan *background traffic* hingga 6 Mbps masih memberikan penilaian pada katagori *Fair* (nilai 3), sedangkan pada skenario penambahan jumlah *client* nilainya relatif stabil pada katagori *Good* (nilai 4), seperti yang diperlihatkan pada tabel 1.

5. Kesimpulan

Penerapan *video streaming* intra H.263 pada jaringan lokal dengan karakteristik citra berupa gambar yang relatif sedikit pergerakan, *frame* video beresolusi QVGA (320 x 240 pixel), laju *frame* hingga 20 fps, dan laju bit luaran intra H.263 sebesar 1,15 Mbps, memberikan nilai QoS yang cukup baik dengan syarat jumlah *client* terbatas hingga 5 buah atau *background traffic* maksimum 6 Mbps. Hal ini bisa dipahami mengingat penggunaan protokol TCP yang meskipun menjamin nilai *packetloss* yang rendah (*throughput* yang tinggi) namun berpengaruh pada *delay* akibat mekanisme retransmisi.

Penggunaan *frame* intra H.263 memberikan jaminan pada rekonstruksi citra video pada *decoder* (client) karena tidak begitu merusak tampilan, meski paket yang hilang terjadi pada sejumlah *frame*. Hal ini dapat dilihat baik dari nilai PSNR

maupun MOS. Meski demikian, penggunaan intra H.263 relatif menghasilkan laju bit yang tinggi sehingga dikhawatirkan akan memakan *bandwidth* pada jaringan.

Penelitian ini sangat bermanfaat terutama dalam pengembangan lebih lanjut implementasi *video streaming* dengan menggunakan teknik pengkodean H.263, mengingat pada penerapannya secara utuh akan diimplementasikan juga metoda inter H.263. Metoda inter H.263 akan mereduksi secara signifikan laju bit yang dihasilkan *encoder* H.263, meskipun sangat rentan terhadap kemungkinan kesalahan pada sisi *decoder* akibat tingginya *packetloss* pada saat beban *traffic* meningkat. Untuk itu, strategi pengembangan dan implementasi mekanisme pemilihan intra dan inter H.263 pada sisi *encoder* yang adaptif terhadap *traffic* pada jaringan, dapat dilakukan dengan baik pada penelitian selanjutnya. Disamping itu, pada penelitian selanjutnya perlu dianalisis kinerja sistem *video streaming* H.263 menggunakan protokol UDP yang relatif imun terhadap *delay*.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kami persembahkan kepada Puslit Elektronika dan Telekomunikasi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia dan Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Telkom atas bantuan dan kerjasamanya, sehingga penelitian ini dapat terwujud.

6. Daftar Pustaka

1. Ghanbari, Mohammed, "Video Coding: An Introduction to Standard Codecs", *The Institution of Electrical Engineers*, London, 1999.
2. E G Richardson, Iain, "Video Codec Design", *John Wiley & Sons Ltd*, England, 2002.
3. Jack, Keith, "Video Demystified: a Handbook for the Digital Engineer", *Harris Semiconductor, second edition*, 1995.
4. ITU-T Standardization Sector, ITU-T Recommendation H.263: "Video Coding for Low Bit Rate Communication", 1998.
5. Spectrum Digital, Inc, "TMS320C6416T DSK Technical Reference", November 2004.
6. Texas Instrument, "TMS320C6416 Fixed-Point Digital Signal Processors", revised May 2005.

Phase Unwrapping Citra Insar Dengan Pendekatan Geometric Active Contour (GAC) Level Set

Roy Pramono Adhie¹, Andriyan Bayu Suksmono², Tati.R.Mengko³, Oerip.S.Santoso⁴

^{1,2,3,4} Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung

Abstract

InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) is an image from radar satellite for landscape mapping. Most of InSAR are wrapped in 2π and need to be unwrapped. Phase unwrapping (PU) is the solution. Phase image of InSAR gives challenges especially in geometric characteristic and fringe lines between them. Geometric active contour (GAC) level set is a segmentation technique that robust to noises and could adapt to rapid topology changes, considered as a foundation to this research. There are three steps in PU method using GAC level set that sequentially followed. Segmentation, partition, and renovation. GAC level set gives two results ; segmentation and unwrapped phase images. Testing were done with synthetic and InSAR phase images. GAC level set have tolerance to 0.6 of synthetic noise and gives zero error with the PU. GAC level set gives promising result for InSAR PU.

Keywords : *InSAR phase image, phase unwrapping (PU), geometric active contour (GAC) level set ,segmentation, partition, and renovation.*

Abstrak

Citra InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) merupakan citra yang dihasilkan satelit radar permukaan bumi seperti permukaan gunung, perbukitan dan kontur lainnya. Umumnya citra InSAR mengalami lipatan fasa. Lipatan fasa diperbaiki dengan proses phase unwrapping (PU). Karakteristik citra fasa terlipat dengan bentuk objek multi region dan garis batas dengan gradien positif dan negatif memberikan tantangan dalam pengembangan metoda pendekatan PU. Geometric active contour (GAC) level set merupakan teknik segmentasi yang tahan terhadap noise dan perubahan topologi. Kemampuan terhadap perubahan topologi serta tahan terhadap noise menjadikan GAC level set dapat dipergunakan untuk menjadi dasar PU. Metoda yang dikembangkan memiliki urutan proses yang berjalan secara sekuensial yaitu proses segmentasi, proses partisi (identifikasi region) dan proses renovasi. Segmentasi objek dan PU merupakan hasil dari metoda yang dikembangkan dan menjadi kontribusi dimana pada umumnya metoda PU hanya menghasilkan hasil PU saja. Pengujian dilakukan dengan citra fasa terlipat sintesis dan citra InSAR mt.Fuji. Kemampuan melakukan proses PU terhadap noise buatan yang ditambahkan pada citra fasa terlipat, secara uji coba mampu menghasilkan PU dengan 0 error hingga penambahan noise sebesar 0,6. Sedangkan untuk uji coba terhadap citra InSAR, metoda yang dikembangkan mampu memberikan informasi DEM (Digital Elevation map) dari hasil PU terhadap citra InSAR mt.fuji.

Kata kunci : *Citra InSAR, phase unwrapping (PU), geometric active contour (GAC), level set, segmentation, partisi dan renovasi..*

1. Pendahuluan

Citra InSAR merupakan citra yang dihasilkan satelit radar, Citra InSAR dipergunakan untuk pemetaan permukaan seperti pegunungan serta untuk pemantauan deformasi pada landscape dan juga gempa bumi. Penggunaan InSAR dalam penelitian gempa bumi berkembang setelah terjadinya gempa landers di Amerika, yang

terdokumentasikan deformasinya dengan baik oleh citra InSAR (R.Burgmann, et al, 2000). Pada citra InSAR terdapat lipatan fasa 2π yang dikarenakan oleh operator arctangent dari penggunaan demodulator I/Q sehingga memerlukan sebuah proses yang disebut PU (PU) yang merupakan proses pengembalian fasa terlipat. Karena derau fasa menyebabkan ketidakkonsistenan fasa dalam

bentuk SP (singular point) cara demikian justru akan menyebar kesalahan keseluruh citra. Andriyan B. Suksmono (2010). Citra InSAR memiliki beberapa ciri khas seperti ; bentuk geometris dengan banyak region, terdapat gradien batas hitam dan putih diantara region, memiliki batas diantara $-\pi$ dan $+\pi$, terdapat noise serta *discontinuity*. Hal ini melatarbelakangi pengembangan sebuah metode pendekatan dengan menggunakan teknik Geometric Active Contour (GAC), dimana metode GAC memiliki beberapa kemampuan, yaitu tahan terhadap noise dan *discontinuity*, serta dapat mendeteksi boundary sebuah objek. GAC dikembangkan oleh Terzopolous (1987) untuk aplikasi segmentasi objek pada sebuah citra dengan konsep sebuah model berupa balon yang dapat bergerak seperti pada gambar 2. Metoda ini kemudian berkembang dalam penelitian pemrosesan citra untuk segmentasi. Osher dan Sethian (1988) mengembangkan metoda level set yang menggunakan persamaan hamilton-Jacobi untuk proses segmentasi sebuah citra.

Atas permasalahan yang sudah dapat teridentifikasi, yaitu sebuah metoda untuk PU citra fasa terlipat InSAR, maka teknik GAC Level set akan dikembangkan sebagai dasar teknik pendekatan dan metode ini akan menjadi sebuah metoda deterministik baru dalam PU. Proses pengembangan metoda untuk PU dengan pendekatan GAC akan diuraikan dalam beberapa proses yaitu segmentasi multi region pada objek, partisi (identifikasi region), dan renovasi (identifikasi elevasi region) dengan GAC level set yang akan diuraikan satu persatu pada bab selanjutnya.

2. Tinjauan Pustaka

Pengembangan *geometric active contours* khususnya dengan metode level set digunakan untuk memecahkan problem segmentasi objek pada sebuah citra dalam bidang *image processing* dan *computer vision*. Level set pertama kali

diperkenalkan oleh Osher dan Sethian (1988) dimana pergerakan kontur dengan fungsi kecepatan dipergunakan dalam aplikasi segmentasi batas tepi. Pada level set tradisional, fungsi kecepatan yang menggunakan perhitungan Hamilton-Jacobi, dipengaruhi oleh nilai-nilai yang ada pada sebuah citra. Kontur atau yang disebut juga sebagai fungsi *zero level set* kemudian akan bergerak menuju batas tepi dengan nilai 0. Dan umumnya pada level set tradisional menggunakan persamaan *halt criterion* untuk menghentikan pergerakan kontur hingga berhenti pada batas tepi pada sebuah objek. Penambahan satu pixel diberikan pada saat kontur sudah berhenti pada area tepi tingkat pertama, hingga pada berapa kali tingkatan area tepi. Segmentasi akan berhenti hingga keseluruhan citra selesai di lalui oleh kontur dikembangkan oleh Roy P. Adhie (2010). Pada level set tradisional, pergerakan kontur dimana *zero level set* disebut sebagai interface dimunculkan dengan variabel $C(t) = \{(x,y) \mid \phi(t,x,y) = 0\}$ dari fungsi level set $\phi(t,x,y)$. Rumusan fungsi level set ϕ diperkenalkan oleh Osher (1988) dapat dituliskan sebagai berikut,

$$\left(\frac{\phi}{t} + F|\nabla\phi| \right) = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

Fungsi F adalah fungsi kecepatan dimana dalam image processing untuk segmentasi, fungsi F bergantung pada data citra dan fungsi level set ϕ . *Geometric active contour* menggunakan dua buah energi sebagai penentu yaitu energi internal dan energi eksternal. Bila terjadi kesetimbangan antara energi internal dan energi eksternal, maka kontur akan berhenti.

$$F_{Internal} = F_{Eksternal} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$F_{internal}$ dipergunakan sebagai fungsi yang mengatur kelenturan serta tingkat kekerasan dari kontur yang akan bergerak. $F_{eksternal}$ dipergunakan sebagai fungsi yang mengatur supaya kontur dapat bergerak ke *boundary* sebuah

objek. Rumusan energi internal diperkenalkan oleh Chunming Li (2005) dan rumusan energi eksternal diperkenalkan oleh Ron Fedkew (2002)

$$F_{\text{internal}} = \int_{\Omega} \frac{1}{2} (|\nabla \phi| - 1)^2 \delta(\phi) dx dy \quad \dots(3)$$

$$F_{\text{eksternal}} = \int_{\Omega} g \delta(\phi) |\nabla \phi| dx dy + \int_{\Omega} g H(-\phi) dx dy \quad \dots(4)$$

$$g = \frac{1}{1 + |\nabla I|^2} \quad \dots(5)$$

g merupakan fungsi *boundary position stopper*

Keterangan matematis :

I adalah informasi Citra

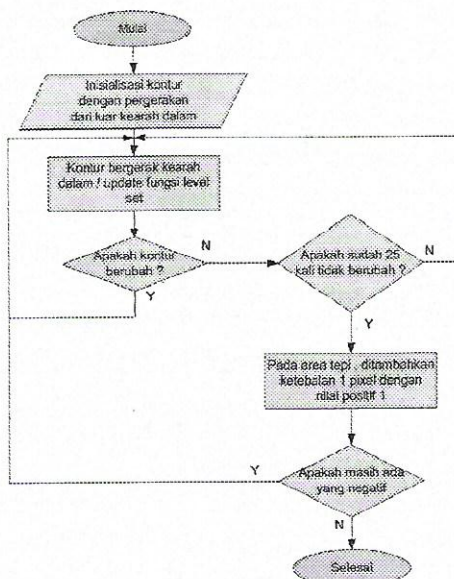
G_{σ} adalah Gaussian kernel with *standard deviation* σ (untuk fungsi *blurring*, sehingga kontur dapat berhenti walaupun terdapat noise)

δ adalah fungsi Dirac dan H adalah fungsi heaviside (untuk fungsi distribusi)

3. Metode Penelitian

3.1 Pengembangan GAC level set untuk segmentasi area multiregion

Pada metode Level set biasa, segmentasi

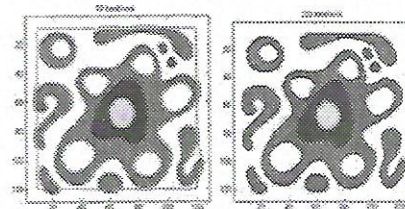


Gambar 1. Diagram alir GAC level set untuk segmentasi multiregion: penambahan ketebalan pixel dengan nilai positif satu untuk menggerakkan kontur ke area tepi selanjutnya.

berhenti pada saat energi eksternal sudah memenuhi pada nilai area tepi, dan oleh karena itu dikembangkan sebuah metode Level set untuk segmentasi objek dengan area tepi bertingkat. Pada gambar 1, digambarkan dengan diagram alir tentang pengembangan GAC level set untuk segmentasi objek dengan multiregion.

3.2 Uji coba terhadap citra sintetis magnituda (objek dengan multiregion)

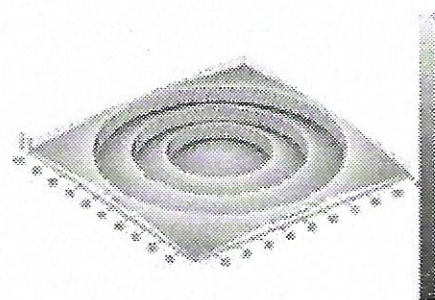
Percobaan dilakukan dengan citra sintetis magnituda multiregion. Hasil segmentasi pada gambar 2. membutuhkan jumlah iterasi sebesar 220 iterations dengan waktu 10 detik.



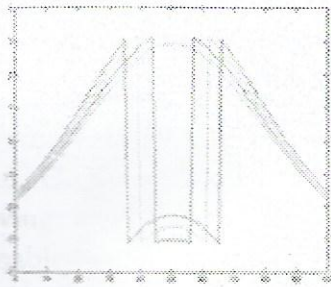
Gambar 2. Hasil Segmentasi citra sintetis multiregion

3.3 Pengembangan GAC level set untuk segmentasi citra tiga dimensi (prosepartisi)

Pada gambar 3, ditunjukkan gambaran geometris secara tiga dimensi sebuah citra fasa gaussian terlipat. Dari gambaran tersebut kemudian akan ditentukan batasan untuk fungsi *boundary position stopper*.



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Citra gaussian terlipat 3D
(b) Lipatan fasa pada citra gaussian

GAC level set yang sudah dikembangkan kemudian dikembangkan untuk dapat bekerja pada citra fasa terlipat. Fungsi matematis untuk energi internal dan eksternal masih tetap menggunakan persamaan (3), (4) dan untuk persamaan (5) untuk fungsi *boundary position stopper*.

$$g = \begin{cases} \frac{1}{1 + |v|^2} & |v| < \pi \\ 0 & |v| \geq \pi \end{cases} \quad \dots\dots\dots (6)$$

4. Pengembangan GAC Level SET untuk PU Pada Citra Fasa Terlipat

4.1 Fungsi matematis PU dengan GAC level set (proses renovasi)

Bila dari sebuah citra fasa terlipat diketahui ada Indeks region dan diberi simbol I region. I region merupakan partisi dari sebuah citra fasa terlipat dengan ukuran $\mathcal{R}[N,N]$ dimana $N \in \{1, 2, \dots, n\}$ (n adalah jumlah dari I region).

$[N,N]$ = label dari $\mathcal{R}[N,N]$

$SN(i,j)$ = fungsi pada pixel I region

$[N,N] = SN(i,j)$ = pada saat $(i,j) \in \mathcal{R}[N,N]$

Persamaan matematis untuk PU (PU) dapat dilihat pada persamaan berikut ini.

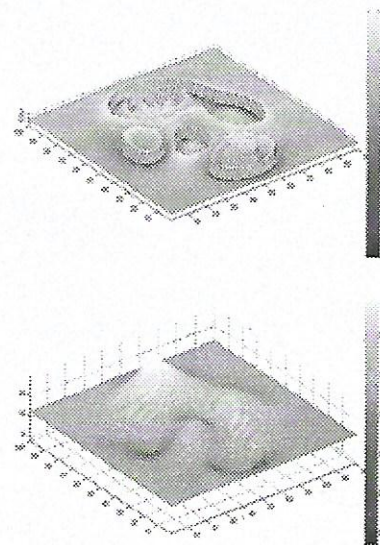
$$\phi_{PU} = \phi_{\text{wrapped phase}}(i,j) + 2\pi L(IN, NI) \quad (i,j) \in \mathcal{R}[N,N] \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\phi_{PU} = \phi_{\text{wrapped phase}}(i,j) + 2\pi L[SN(i,j)] \quad \dots\dots\dots (8)$$

$L([IN,N])$ merupakan fungsi offset region $L([IN,N])$ sama dengan tingkatan region pada $\mathcal{R}[N,N]$ dan $L[SN(i,j)]$ adalah tingkatan dari I region dengan lokasi (i,j) .

4.2 Hasil uji coba dengan citra sintetik fasa terlipat

Uji coba dilakukan terhadap citra sintetik tanpa noise, yaitu citra peaks terlipat.



Gambar 4. Hasil PU citra sintetik dengan GAC level set

4.3 Analisa terhadap variasi noise pada proses PU dengan GAC level set

Metoda GAC level set untuk PU kemudian di analisa terhadap variasi noise buatan yang ditambahkan pada citra fasa sintetik terlipat Gaussian. Analisa dilakukan untuk melihat batas toleransi penggunaan metoda GAC level set terhadap citra dengan noise. Analisa dilakukan dengan melihat *mean square error* seperti dibawah ini;

$$\text{error} = \sum (A(x,y) - U(x,y))^2 \quad \dots\dots\dots (9)$$

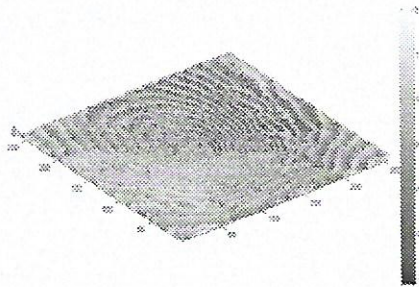
Dari hasil uji coba didapatkan tabel MSE dari pengujian terhadap citra gaussian terlipat dengan noise buatan dari 0,1 hingga 0.8. indeks noise

mempengaruhi sebaran noise pada seluruh citra fasa terlipat.

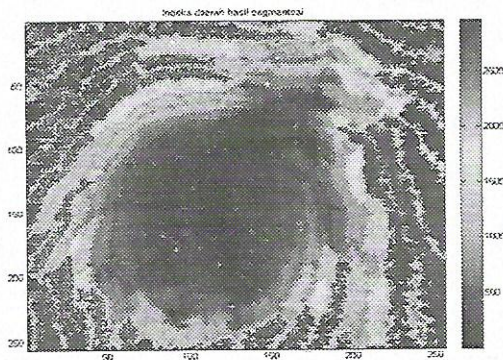
Tabel 1. MSE untuk percobaan dengan citra Gaussian

Noise parameter	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Error	0	0	0	0	0	0	4.5e+5	1.67e+7
Iteration	450	530	590	670	690	800	2020	4520
Time (second)	38	41	52	70	85	110	350	525

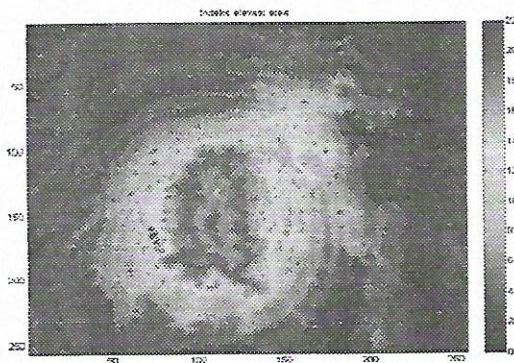
4.4 Uji coba terhadap citra InSAR



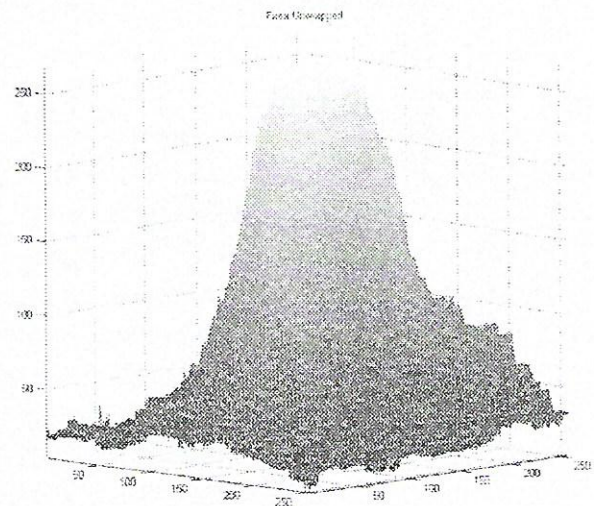
(a) Citra fasa terlipat InSAR



(b) indeks region



(c) indeks elevasi



(d) Hasil PU dengan tampilan 3D

Gambar 13. Hasil PU untuk InSAR dengan GAC level set .

4. Kesimpulan

GAC level set sudah dikembangkan untuk aplikasi PU pada citra fasa terlipat. Metoda GAC level set mampu untuk melakukan PU sekaligus dengan segmentasi citra fasa sehingga memberikan dua informasi secara global dari sebuah citra fasa terlipat. GAC level set mampu menghasilkan PU dengan MSE nol hingga variasi noise buatan sebesar 0,8 dari citra itu sendiri. Hasil PU terhadap citra InSAR juga sudah memberikan hasil yang cukup baik. Pengembangan untuk kedepan adalah variasi fungsi internal untuk setiap kasus citra fasa terlipat menjadi tantangan yang baru untuk mengembangkan PU deterministik dengan GAC level set.

5. Daftar Pustaka

1. Chunming Li, Chenyang Xu, Changfeng Gui, and Martin D.Fox, "Level set without reinitialization: a new formulation", *IEEE 2005 proceedings*.
2. S. Osher, J. A. Sethian, "Fronts propagating with curvaturedependent speed: algorithms based on Hamilton-Jacobi formulations", *J.*

- Comp. Phys.*, vol. 79, pp. 12-49, 1988.
3. J. A. Sethian, Level set methods and fast marching methods, Cambridge: *Cambridge University Press*, 1999.
 4. X. Han, C. Xu and J. Prince, "A topology preserving level set method for geometric deformable models", *IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell.*, vol. 25, pp. 755-768, 2003.
 5. S. Osher and R. Fedkiw, Level Set Methods and Dynamic Implicit Surfaces, *Springer-Verlag*, New York, 2002.
 6. M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snakes: active contour models", *Int'l J. Comp. Vis.*, vol. 1, pp. 321-331, 1987.
 7. R. Burgmann, Rosen, PA., Fielding, EJ, 2000, "Synthetic Aperture radar interferometry to measure earth's surface topography and it's deformation". *Annual review of Earth and Planetary sciences*. PP 169-209.
 8. A.B Suksmono, "Pidato ilmiah Guru Besar Institut Teknologi Bandung", 2010.
-

INDEKS ELEKTRONIKA DAN TELEKOMUNIKASI**Volume 10 No. 1 Januari-Mei 2010****No. 2 Juni-September 2010****No. 3 Oktober-Desember 2010****A. INDEKS PENGARANG**

Arief Suryadi S, Iqbal Syamsu dan Ari Hendra H	384	Fredrika H. Kana dan Djaelani	277
Armein Z. R. Langi	33	Grace Mambu, Gandi Sugandi, dan Iqbal Syamsu	121
Asep Yudi H, Iman Prayudi, Adiseno dan Yaya Sulaeman	211	Grace Mambu, Goib Wiranto, dan Iqbal Syamsu	379
Baso Maruddani, Adit Kurniawan, Sugihartono dan Achmad Munir	169	Hana Arisesa, Pamungkas Daud, Sri Hardiati, Arief Nur Rahman dan Mashury Wahab	288
Budi Prasetya, Saleh Dwi Mardiyanto dan Muhammad Syaiful Sabril	181	Hari Satriyo Basuki dan Dian Andriana	205
Buldan Muslim dan Musthofa Lathif	187	I Dewa Putu Hermida, Goib Wiranto dan Slamet Widodo	363
Buldan Muslim dan Septi Perwitasari	193	Iqbal Syamsu dan Ros Sariningrum	80
Deni Permana dan Syamsu Ismail	93	Jiyo dan Varuliantor Dear	48
Deni Permana dan Syamsu Ismail	264	Lia Muliani, Yana Taryana dan Jojo Hidayat	126
Dina Angela, Yuyu Wahyu dan Michael Torang Pasarulian	253	Liarto, A.A Lestari dan Eko Tjipto Rahardjo	55
Dr.Ir.Joko Suryana	337	Liarto, A.A.Lestari, Sri Hardiati dan Fitri Yuli Zulkifli	74
Dr.Ir.Joko Suryana dan Ir. Herma Yudhi Irwanto, MEng	331	Lilis Retnaningsih dan Arief Ferdiansyah Praja	115
Dyah RM	175	Lilis Retnaningsih dan I Dewa Putu Hermida	326
Eddy Hermawan	145	M. Batubara	250
Eddy Hermawan	198	M. Darsono dan Sapto Nugroho	86
Elan Djaelani dan Elli A Gojali	69	Mario Batubara dan Peberlin Sitompul	29
Elan Djaelani dan Rustamaji	358	Mega Gustiani, Budi Prasetya dan Yuyu Wahyu	218
Fifi Nenden, Marion Renaldo Rotinsulu dan Yaya Suryana	243	Nanang S., Ade Ramdan, Novrita I., Tony K. dan Widhya B.	311

Nova Hadi Lestriandoko dan Djohar Syamsi	321	Syamsu Ismail	6
Peberlin Sitompul dan Mario Batubara	1	Syamsu Ismail	259
Ridwan Noor Muchlis, Uke Kurniawan Usman dan Suratman.,Ir	105	Syifa'ul Barir dan Sofian Hamid	163
Robeth V. Manurung, Totok M.S. Soegandi dan Hiskia	316	Teguh Praludi, Yusuf N. Wijayanto, Arief Suryadi S dan Iqbal Syamsu	272
Roy Pramono Adhie, Andriyan Bayu Suksmono, Tati.R.Mengko dan Oerip.S.Santoso	391	Trasma Yunita, Heroe Wijanto dan Budi Prasetya	236
Rudy Yuwono, Dinar Hana SW dan Sholeh Hadi Pramono	151	Tutun Juhana	369
Rustamaji	99	Uke Kurniawan Usman	17
Sari Ayu Wulandari, ST dan Sari Wijayanti, M.Kom	300	Wahyu Pamungkas, Arifin Nugroho, Heroe Wijanto dan Anggun Fitriani Isnawati	138
Septi Perwitasari dan Jiyo	12	Wahyu Widada	375
Shobih, Ika Ismet dan Erlyta Septa Rosa	157	Wendi Harjupa dan Peberlin Sitompul	22
Siska Aprilianis dan Sofian Hamid	230	Y.K. Ningsih, F.Y. Zulkifli, E.T. Rahardjo, M.Asvial dan A.A. Lestari	282
Slamet Widodo, Goib Wiranto dan Putra Wijaya	132	Yana Taryana, Suhana Hermana dan Lia Muliani	344
Slamet Widodo, I Dewa Putu Hermida dan Goib Wiranto	306	Yudi Yuliyus Maulana, Yuyu Wahyu dan Epi Rahmawati	351
Sofian Hamid	224	Yuyu Wahyu dan Asep Yudi	61
Sri Hardiati, Eko Joni P dan Hana Arisesa	293	Yuyu Wahyu dan Deni Permana	41

B. INDEKS JUDUL MAKALAH

Analisa Kecepatan Dan Arah Target Menggunakan Efek Doppler Pada Sumber Gelombang Radar Bergerak	272	Crossover Mikrostrip Pita Lebar Dengan Menggunakan Saluran Transmisi Non Linier	282
Analisa Link Budget Radar VHF Lapan	1	Desain Low Noise Amplifier (LNA) Dua Tingkat (2-stage LNA) Untuk Sistem Radar FM-CW	228
Analisis Kebutuhan Bandwidth Satelit Untuk Layanan Broadband Menggunakan Akses Jamak TDMA	138	Durasi Pulsa Dan Frekuensi Repetisi Variabel Untuk Pemancar Radar Peringatan Dini	264
Audio Output pada Audio Demodulator Analog Satellite Receiver	277	Efek Doppler dan Perubahan Daya RF untuk System Pemantauan dan Pengamanan	6

Hipotesa Electromagnetic Interference(EMI) Dalam Unjuk Kerja Sistem Radar Maritim FM-CW(Frequency Modulated Continuous Wave)	293	Pembuatan Sel Surya TiO_2 Dye-sentized menggunakan Screen Printing	126
Implementasi Teknologi Global Position System Dalam Deteksi Posisi Senjata Berbasis Short Message Service	300	Pemetaan Objek Radar Pada Perangkat Lunak Radar Pengawas Pantai Indonesia	321
Implementasi Transkoder Ucapan Waktu Nyata Dengan Prosesor DSPTMS320C5000	33	Pemodelan Kanal Fading Hujan Untuk Aplikasi Radar Ka-band Dengan Model Markov Tersembunyi	169
Investigasi Datangnya Awal Monsun di Kawasan Barat Indonesia Berbasis Hasil Analisis Data EAR	145	Pemodelan serta Simulasi Antena Array Mikrostrip Bentuk Fraktal Sierpinski Gasket untuk Frekuensi WIMAX	41
Kajian Frekuensi Kerja Komunikasi Radio untuk Mendukung Operasi Pengawasan Pulau Terluar	12	Penelitian Dinamika Atmosfer Dan Ionosfer Menggunakan Radar MF (Medium Frequency)	175
Karakterisasi ZnO Untuk Pembuatan Microcantilever Pada AFM	306	Penentuan Posisi User Dengan Metoda Received Signal Strength (RSS) Berbasis SMS (Short Message Service)	181
Mengenal Teknologi Long Term Evolution (LTE)	17	Pengamatan Irregularitas Ionosfer Skala 3 meter dan TID di atas Kototabang Menggunakan Radar VHF dan GPS	187
Metode Maintenance Radar Atmosphere Equator Kototabang	22	Pengamatan Irregularitas Lapisan E Sporadik Ionosfer Menggunakan Radar VHF Dan Ionosonda HF di atas Kototabang	193
Metode Penentuan Kecepatan Radial Target Radar dengan Menggunakan Data Inphase dan Data Quadratur	29	Pengamatan Lapisan Ionosfer Regional Indonesia Menggunakan Radar HF	48
Modifikasi Rugby Ball Antenna Dalam Meningkatkan Penerimaan Sinyal C-Band VSAT (Very Small Aperture Terminal)	151	Pengaruh Kelembaban dan Temperatur pada Lapisan Tipis SnO_2 Sebagai Sensor Gas CO	326
Modul Surya Untuk Aplikasi Lampu Menara	157	Peran EAR dan WPR dalam Menganalisis Perbedaan Perilaku Curah Hujan yang Terjadi di atas Kototabang, Pontianak dan Biak	198
Optimasi Gain Pada Antena Planar Kupu-Kupu Untuk Penerimaan Siaran TV Digital Indoor (470 - 890 MHz)	163	Perancangan Database Untuk Orang Asing Yang Masuk Dan Keluar Dari Indonesia	205
Pembuatan Indium Oksida (In_2O_3) Nano Kristalin dengan Metoda Sol Gel sebagai Lapisan Aktif pada Sensor Gas	132	Perancangan Antena Array Segi Empat dengan Penekanan Side-Lobe Pertama Menggunakan Teknik Pengaturan Daya Input untuk Aplikasi Radar Maritim	55
Pembuatan Magnet Permanen Bonded Hybrid Motor Stepper	311	Perancangan DAC (Digital-to-Analog Converter) Pada Sistem Pemancar WIMAX	211
Pembuatan Membran Polimer Konduktif Sebagai Elemen Sensitif Sensor Fosfat Menggunakan Teknik Elektro Polimerisasi	316	Perancangan Dan Implementasi Antena Microstrip Dual Band Pada Frekuensi Kerja 1,5 GHz Dan 2,5 GHz	218

Perancangan Dan Implementasi Blade Antenna Untuk Telemetry Dan Penerimaan GPS Pada Sistem Payload Roket LAPAN RX-420	331	Radio Frequency Hopping sebagai Secure Military Communications	358
Perancangan Dan Optimasi Antena Planar Ultra Wideband Untuk Aplikasi Ground Penetrating Radar (GPR)	224	Rancang Bangun Antena Microstrip Polarisasi Melingkar Patch Bujur Sangkar untuk Komunikasi Satelit	86
Perancangan Dan Optimasi Antena UWB Dispersi Minimum Dengan Algoritma Genetika Dan Metoda Momen	337	Rancang Bangun Antena Patch Triangular 2,3 Ghz Dengan Pencatuan Electromagnetically Coupled (EMC)	253
Perancangan Dan Optimasi Peningkatan Gain Pada Antena Planar Untuk Aplikasi Triple Band WLAN/WIMAX	230	Rancang Bangun Cantilever Dan Nanotip Untuk Aplikasi Atomic Forces Microscopy (AFM)	363
Perancangan Dan Pembuatan Penguat Daya RF Pada Band UHF (478 MHZ 806 MHZ)	344	Rancang Bangun Sisitem Pengamanan Peralatan Elektronika terhadap Tegangan Kejut	93
Perancangan dan Realisasi BPF Comblin Cavity pada Frekuensi 2,3 2,4 GHz	61	Rancang Bangun Sistem Sensor Merkuri menggunakan divais Surface Acoustic Wave (SAW)	121
Perancangan dan Realisasi Generator Pulsa Pada Ground Penetrating Radar (GPR)	236	Review Peperangan Elektronika (Electronic Warfare)	99
Perancangan Embedded Web Server Pada Mobile Robot Untuk Sistem Pengawasan Berbasis AVR Atmega16	243	Simulasi Pengaruh Interaksi Layer TCP, Layer Network, Dan Layer MAC Untuk Meningkatkan Throughput Fairness Pada Jaringan Ad-Hoc Berbasis IEEE802.11	369
Perancangan Mikroprocessor Untuk Mengontrol Modul Receiver Pada Sistem Perangkat Pemancar Jamming	69	Sistem Pemantau Posisi Pesawat Udara Nirawak Menggunakan Radar Sekunder	375
Perancangan Mikrostrip X Band Filter dengan Mempertimbangkan Faktor Casing Untuk Aplikasi FM-CW Radar Perancangan Software Sisitem Pengendali Heater Menggunakan AT89S8252, Switch, dan 7 Segmen	74	Sistem Pemantauan Data Suhu, pH, Konduktifitas dan Oksigen Pada Proses Otomatis Hidro Metalurgi Melalui SMS	105
Perancangan Wilkinson 4-Way Power Divider Dengan Beda Fasa 90° Pada Frekuensi 2300 MHz 2400 MHz	80	Sistem Sensor Merkuri Untuk Pendeteksian Kualitas Air Pada Daerah Aliran Sungai (DAS)	379
Phase Unwrapping Citra Insar Dengan Pendekatan Geometric Active Contour (GAC) Level Set	351	Sistim Sensor untuk Mendeteksi Gas NH_3	115
Prosedur Menentukan Kualitas Data Radar dalam Sistem Radar Cuaca	391	Teknik Pengukuran Pola Radiasi Antena Berkas Pinsil	259
	250	Video Streaming H.263 Melalui Jaringan LAN	384

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada volume 10 tahun 2010, Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi mengundang Mitra Bestari untuk berpartisipasi dalam penelaahan naskah yang masuk ke redaksi pelaksana. Partisipasi dari luar Dewan Editor ini diperlukan untuk menjamin bahwa naskah yang akan diterbitkan ditelaah oleh para ahli dalam bidang yang bersangkutan.

Mitra Bestari yang turut berpartisipasi dalam edisi ini adalah :

No.	Nama	Jabatan dan Instansi
1.	DR. Ir. Andrian Andaya Lestari	Peneliti Bidang Antena, Propagasi Elektromagnetik dan Radar di IRCTR TU Delft dan BPPN
2.	Prof. Ir. Budiono, M.Sc	Peneliti di bidang Instrumentasi dan Elektronika di PTNBR - BATAN
3.	Dr. Edy Supriyanto	Dosen FMIPA, Jurusan Fisika Bidang Mikroelektronika, Universitas Jember

Untuk itu, kami pengelola Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan kami berharap bahwa kerja sama dan partisipasinya dapat berlanjut di waktu yang akan datang.



Aturan Penulisan Jurnal Elelektronika dan Telekomunikasi PPET LIPI

1. Redaksi menerima naskah karangan berupa hasil penelitian, pengembangan dan penerapan dalam bidang Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, diutamakan hasil dari kelompok kerja penelitian.
2. Semua naskah yang masuk akan direview dan diseleksi oleh Dewan Redaksi.
3. Naskah yang telah dikoreksi akan dikembalikan ke penulis untuk diperbaiki, setelah itu diserahkan kembali ke redaksi pelaksana.
4. Makalah berisi abstrak (bahasa Inggris dan bahasa Indonesia), pendahuluan, tinjauan pustaka, metode penelitian, hasil dan pembahasan, kesimpulan, ucapan terimakasih dan daftar pustaka.
5. Judul makalah ditulis dengan huruf kecil Times New Roman 14 spasi 1 (Judul Makalah).
6. Keterangan tentang penulis (nama penulis [**dicetak tebal**], instansi, alamat instansi, telepon, fax dan e-mail) ditulis dibawah judul makalah dengan huruf Times New Roman 10 spasi 1.
7. Judul **Abstrak** ditulis dengan huruf tebal di tengah, Times New Roman 12 spasi 1,5 terhadap isi bawahnya. Isi Abstract (dalam bahasa Inggris) dan Abstrak (dalam bahasa Indonesia) ditulis memanjang pada satu kolom dengan huruf Times New Roman 10 spasi 1 dan dicetak miring, dilengkapi dengan kata kunci dibawahnya.
8. Bila tulisan dalam bahasa Indonesia, yang didahulukan Abstract dalam bahasa Inggris dan bila tulisan dalam bahasa Inggris Abstrak bahasa Indonesia didahulukan.
9. Sub judul tulisan ditulis dengan huruf tebal, kecil, Times New Roman 12 spasi 1,5 terhadap tulisan bawahnya dengan penomoran angka biasa, (**1 Pendahuluan**).
10. Selain Abstrak, isi makalah ditulis dalam 2 (dua) kolom dengan huruf Times New Roman 12 spasi 1.
11. Gambar dan tabel harus diberi nomor urut, keterangan ringkas dengan huruf Times New Roman 12 dan disebutkan dalam isi makalah, gambar harus disesuaikan dengan ukuran halaman jurnal, (Gambar 1:).
12. Persamaan matematik harus ditulis dengan jelas, diberi nomor urut, dan diberi keterangan notasi yang dipergunakan.
13. Contoh penulisan Daftar Pustaka sebagai berikut: Harper, Carles, A, "Handbook of Thick Film Hybrid Microelectronic", *McGraw-Hill*, New York, 1974.
14. Makalah maksimal 6 halaman, termasuk gambar dan tabel.



L I P I

JURNAL

ELEKTRONIKA dan TELEKOMUNIKASI

PUSAT PENELITIAN ELEKTRONIKA DAN TELEKOMUNIKASI - LIPI

Jl. Sangkuriang Bandung 40135 Tlp. (022) 250 4660, 250 4661 Fax. (022) 250 4659 - Bandung 40135

[http ://www.ppet.lipi.go.id](http://www.ppet.lipi.go.id)