

JURNAL

Elektronika dan Telekomunikasi

ISSN 1411-8289

VOLUME 7, NOMOR 2

Juli – Desember 2007

Akreditasi LIPI No. 72 / Akred – LIPI / P2MBI / 5 / 2007



PUSAT PENELITIAN ELEKTRONIKA DAN TELEKOMUNIKASI
LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA

J. El. Kom	Vol. 7	No. 2	Hal. 42 - 94	Bandung Juli 2007	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, M Eng
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. 72 / Akred-LIPI / P2MBI / 5 / 2007

DAFTAR ISI

Kata Pengantar

1. Penentuan Tahanan Kontak Metal Ag pada Permukaan Silikon Multikristal Menggunakan Metoda Transfer Length 42–46
(*Erlita Septa Rosa, Shobih dan Ika Hartika Ismet*)
2. Perancangan Resistor Film Tebal dengan Teknik Multi Chips Module untuk Aplikasi Slick sebagai Modul Telekomunikasi 47–52
(*Lilis Retnaningsih, Lia Muliani dan Gandi Sugandi*)
3. Fabrikasi Awal Ring Resonator Optik untuk Aplikasi Sensor Telekomunikasi dengan menggunakan Bahan Plyimide 53–60
(*Dadin Mahmudin, Dedi Dan Iip Syarif H*)
4. Karakterisasi Elemen Transduser Piezoelektrik untuk Sistem Komunikasi Bawah Air 61–67
(*Syamsu Ismail dan Deni Permana*)
5. Aplikasi Bluetooth untuk Komunikasi data pada Laboratorium Pemantauan Kualitas Udara 68–73
(*Ade Cahyana dan Indra Sakti*)
6. Perancangan dan Realisasi Antena Planar T- Shaped untuk Frekuensi Operasi Multiband 74–81
(*Yuyu Wahyu dan Folin Oktaviani*)
7. Sistem Perangkat Lunak untuk Pengukuran Kuat Medan Sinyal TV 82–87
(*Yusuf Nur Wijayanto dan Pamungkas Daud*)
8. Ilustrasi dari MPEG (Moving Picture Experts Group) dan Aplikasinya 88–92
(*Pamungkas Daud dan Deni Permana*)
9. Indeks Elektronika dan Telekomunikasi
 - Volume 7 No. 1, Januari Juni 2007 1–42
 - No. 2, Juli Desember 2007 42–94
 - A. Indeks Pengarang 93
 - B. Indeks Judul Makalah 93
 - C. Indeks Kata Kunci / KeyWords 94

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Salam Sejahtera untuk kita semua

Pembaca Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi yang budiman

Kita panjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia sehingga Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi bisa terbit di hadapan para pembaca semua.

Pada terbitan Volume 7, nomor 2 tahun 2007 ini meliputi bidang komponen mikroelektronika, bidang elektronika dan bidang telekomunikasi sesuai dengan bidang kompetensi kami dengan judul-judul antara lain : *Penentuan Tahanan Kontak Metal Ag pada Permukaan Silikon Multikristal Menggunakan Metoda Transfer Length, Perancangan Resistor Film Tebal dengan Teknik Multi Chips Module untuk Aplikasi Slic sebagai Modul Telekomunikasi, Fabrikasi Awal Ring Resonator Optik untuk Aplikasi Sensor Telekomunikasi dengan Menggunakan Bahan Polyimide, Karakterisasi Elemen Transduser Piezoelektrik untuk Sistem Komunikasi Bawah Air, Aplikasi Bluetooth untuk Komunikasi data pada Laboratorium*

Pemantauan Kualitas Udara, Perancangan dan Realisasi Antena Planar T-Shaped untuk Frekuensi Operasi Multiband dan Sistem Perangkat Lunak untuk Pengukuran Kuat Medan Sinyal TV dan Ilustrasi dari MPEG (Moving Picture Experts Group) dan Aplikasinya.

Kami mengharapkan saran dan kritik dari para pembaca untuk perbaikan jurnal ini agar lebih berkualitas. Mudah-mudahan apa yang kami sajikan dapat menambah wawasan dan bermanfaat bagi kita semua.

Redaksi

Penentuan Tahanan Kontak Metal Ag Pada Permukaan Silikon Multikristal Menggunakan Metoda Transfer Length

Erlyta Septa Rosa, Shobih, Ika Ismet

Puslit. Elektronika dan Telekomunikasi (PPET) LIPI
Kampus LIPI Gedung 20 Jl. Sangkuriang Bandung 40135
e-mail : erlyta@ppet.lipi.go.id

Abstract

Contact resistance below the fingers on solar cell plays an important role in determining the efficiency of the crystalline silicon solar cells. The contact formation is sensitive to many parameters, especially for screen-printed contacted cells. This paper reports the use of Transfer Length Method (TLM) to determinate the contact resistance at the interface between the Ag metal and the multicrystalline silicon and to study the effect on solar cells performance. The lowest contact resistance around $13.83 \text{ m}\Omega$ was obtained through sintering at 700C for 10 minutes and resulted in efficiency of 7.83% for cell with $5 \times 5 \text{ cm}^2$ dimension.

Keywords: contact resistance, solar cell, multicrystalline silicon

Abstrak

Tahanan kontak di bawah kontak bagian atas (grid) pada sel surya merupakan elemen yang sangat menentukan dalam meningkatkan efisiensi sel surya silikon kristal. Khususnya pada kontak metal yang dibuat menggunakan teknik penyablolan (screen printing) dimana kualitas kontak yang dihasilkan sangat sensitif terhadap parameter proses. Tulisan ini melaporkan mengenai penentuan tahanan kontak metal Ag pada silikon multikristal menggunakan metoda Transfer Length (TLM) dan pengaruhnya pada karakteristik listrik sel surya. Tahanan kontak terkecil yaitu sekitar $13,83 \text{ m}$ diperoleh melalui pemanasan pada temperatur 700C selama 10 menit dan menghasilkan efisiensi sekitar 7,83% untuk sel surya dengan dimensi $5 \times 5 \text{ cm}^2$.

Kata kunci : tahanan kontak, sel surya, silikon multikristal

1. Pendahuluan

Salah satu faktor yang menentukan besarnya efisiensi dan daya yang dihasilkan oleh sel surya adalah adanya rugi-rugi yang diakibatkan oleh tahanan seri R_s . Tahanan seri yang ada pada sel surya merupakan penjumlahan dari beberapa tahanan pada komponen sel surya seperti yang terlihat pada Gambar 1 [1].

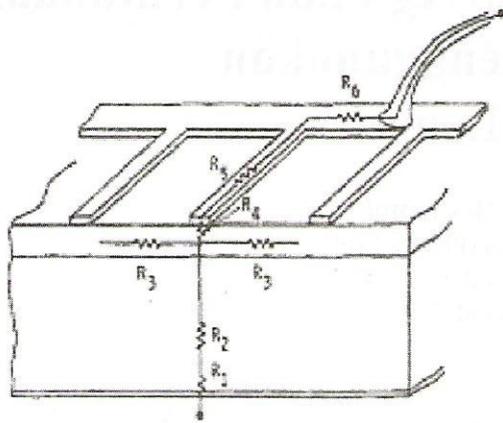
Tahanan yang terjadi antara substrat dengan kontak bagian bawah (*back contact*) R_1 umumnya dapat diabaikan karena biasanya substrat yang digunakan adalah silikon tipe-p yang mempunyai tegangan *barrier* yang rendah sehingga kontak areanya dapat bersifat aktif secara vertikal. Tahanan substrat (*bulk*) R_2 ditentukan oleh adanya

doping pada substrat. Tahanan permukaan (*sheet*) R_3 merupakan salah satu kontributor utama terhadap tahanan seri. Tahanan kontak atas R_4 adalah tahanan yang terjadi pada antarmuka (*interface*) antara substrat dan kontak metal, sedangkan tahanan grid R_5 dan tahanan busbar R_6 sangat bergantung kepada jenis metal yang digunakan, geometri, dan metoda deposisinya [1].

Jenis material semikonduktor dan tahanan permukaan semikonduktor, serta jenis material kontak yang digunakan juga sangat dominan terhadap besarnya tahanan kontak R_4 sel surya [2].

Pengukuran tahanan kontak antarmuka metal-semikonduktor R_4 dapat dilakukan menggunakan metoda dua terminal, tiga terminal, empat terminal

Gambar 1.: Komponen tahanan seri pada sel surya [1].



R_1 = kontak bawah	R_4 = kontak atas
R_2 = bulk	R_5 = garis grid
R_3 = lapisan difusi	R_6 = jalur busbar
$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6$	

maupun enam terminal [3].

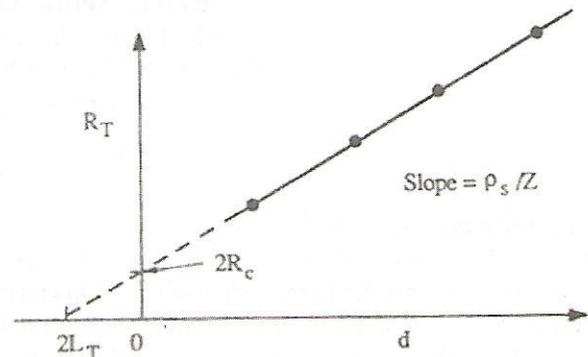
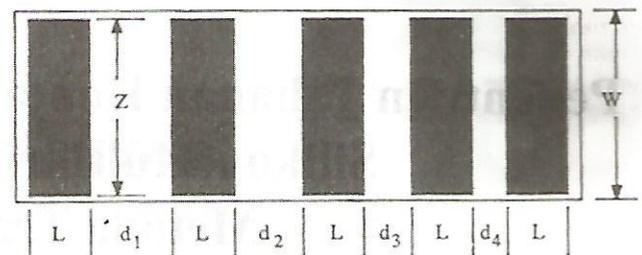
Teknik *Transfer Length Method (TLM)* adalah salah satu teknik yang dikembangkan oleh Schokley menggunakan metoda tiga terminal. Teknik ini mempunyai keunggulan dibandingkan dengan teknik lainnya karena dapat diperoleh tiga parameter sekaligus yaitu tahanan permukaan, tahanan kontak dan tahanan kontak spesifik, menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$R_T = \frac{\rho_s}{Z} d + 2R_c \quad (1)$$

dimana R_T , Z , d , dan R_c masing-masing adalah tahanan total, tahanan jenis, panjang kontak, jarak antar kontak, dan tahanan kontak antarmuka metal-semikonduktor (R_c) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Kelemahan dari metoda Schokley ini adalah akurasi pengukurannya hanya dapat digunakan untuk pengukuran tahanan kontak di atas $10^{-6}\Omega$ [3,4].

Tulisan ini melaporkan hasil penelitian mengenai penentuan tahanan kontak metal Ag pada silikon multikristal menggunakan *TLM* dan



Gambar 2.: Pola struktur pengukuran tahanan kontak R_c dengan teknik *TLM* dan plot tahanan total R_T terhadap jarak antar kontak d [3,4].

pengaruhnya terhadap karakteristik listrik sel surya dimana metalisasi kontak Ag dilakukan menggunakan teknik penyablonan (*screen printing*). Metoda ini dipilih karena hampir 90% proses metalisasi sel surya di industri menggunakan teknik penyablonan [2].

2. Eksperimen

Substrat yang digunakan dalam penelitian ini adalah silikon multikristal tipe-p berukuran $5 \times 5 \text{ cm}^2$ dengan resistivitas bulk antara $1 - 2 \Omega\text{cm}$. Setelah proses teksturing dan pencucian menggunakan larutan KOH dan RCA, dilakukan proses difusi untuk pembentukan sambungan p-n. Proses difusi dilakukan dengan cara menyemprotkan larutan H_3PO_4 pada permukaan atas substrat silikon, dan kemudian dipanaskan dalam tungku ban berjalan (*conveyor furnace*) pada temperatur 860C selama 25 menit. Proses selanjutnya adalah *deglaing* menggunakan larutan HF 10%. resistivitas permukaan (*sheet resistivity*)

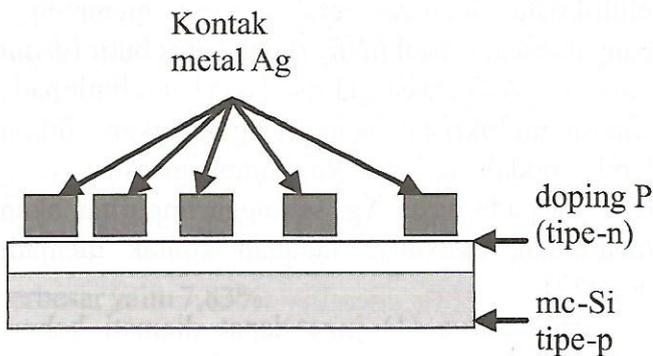
sambungan p-n yang dihasilkan sekitar $38-40\Omega/$.

Pasta perak (Ag) jenis Ferro FX-3349 dilapiskan pada permukaan silikon multikristal dengan menggunakan teknik penyablonan dengan tebal lapisan sekitar $20\ \mu\text{m}$. Pola lapisan metal Ag mengikuti pola seperti pada Gambar 2, sedangkan dimensi yang digunakan adalah sebagai berikut :

No.	Z	W	L	d1	d2	d3	d4
	(mm)						
1	18	20	0,2	10	7,5	5	2,5
2	36	40	0,4	10	7,5	5	2,5

Pembentukan kontak metal Ag dilakukan melalui pemanasan di dalam tungku ban berjalan pada berbagai temperatur dan waktu pemanasan. Pengukuran tahanan total R_T dilakukan menggunakan Elektrometer. Gambar 3 memperlihatkan skema penampang lintang pembentukan kontak metal Ag pada permukaan silikon multikristal.

Untuk mengetahui pengaruh tahanan kontak Ag terhadap tahanan seri dan efisiensi sel surya, maka dilakukan proses fabrikasi sel surya silikon multikristal.



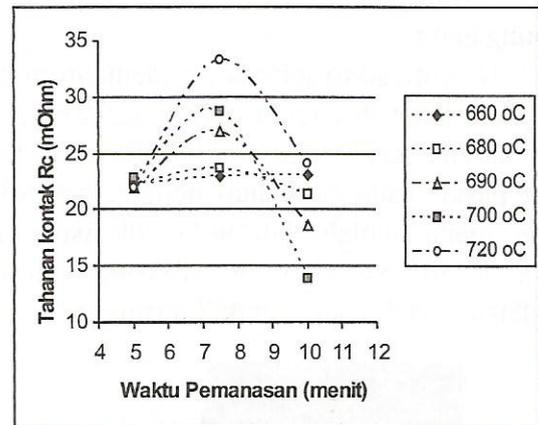
Gambar 3. : Skema penampang lintang pembentukan kontak metal Ag pada permukaan silikon multikristal.

Tahapan proses fabrikasi sel surya yang digunakan meliputi teksturing dan pencucian, pembentukan sambungan p-n (emiter) menggunakan H_3PO_4 sebagai bahan dopan fosfor,

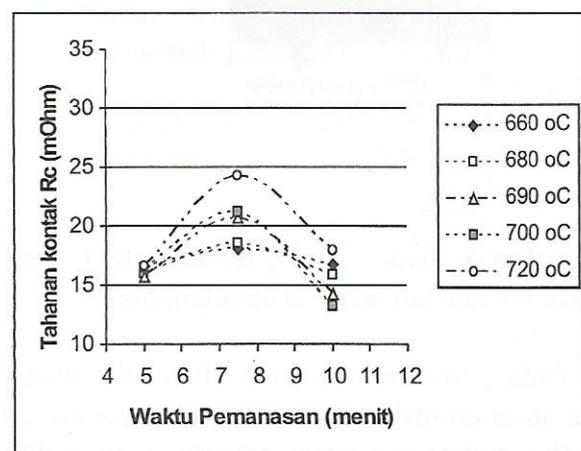
pembentukan kontak metal Ag pada bagian atas dan AlAg di bagian bawah, serta pelapisan antirefleksi TiO_2 . Pembentukan kontak metal Ag, AgAl dan lapisan antirefleksi TiO_2 dilakukan menggunakan teknik sablon. Karakterisasi sel surya dilakukan menggunakan Simulator Matahari SPI-240A dengan kondisi pengukuran daya cahaya sebesar $100\ \text{mW}/\text{cm}^2$ pada 25C .

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penentuan tahanan kontak R_c melalui plot pengukuran tahanan total R_T terhadap jarak kontak d pada berbagai waktu dan temperatur pemanasan dapat dilihat pada Gambar 4.



(1)



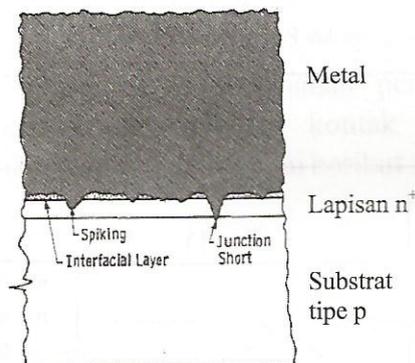
(2)

Gambar 4.: Tahanan kontak R_c pada berbagai waktu dan temperatur pemanasan untuk dimensi (1) dan (2).

Pada Gambar 4 tersebut dapat diamati bahwa pada pemanasan antara 660-720°C selama 5 menit tahanan kontak R_c mempunyai nilai yang hampir sama yaitu sekitar 22,23 m Ω untuk dimensi (1) dan 15,85 m Ω untuk dimensi (2). Pada pemanasan selama 7,5 menit terlihat bahwa tahanan kontak R_c meningkat dengan meningkatnya temperatur pemanasan, sedangkan pada pemanasan selama 10 menit R_c yang dihasilkan menjadi menurun.

Pada pemanasan antara 660-720°C selama 5 menit sebagian besar atom-atom Ag masih berada di permukaan silikon (Si) atau sebagaimana diilustrasikan oleh Gambar-5 berada di atas *interfacial layer*, sehingga belum terbentuk kontak secara homogen antara metal Ag dengan sambungan p-n.

Pada pemanasan selama 7,5 menit atom-atom Ag berada tepat di daerah *interfacial layer*, akan tetapi karena adanya *glassfrit*, yang terdapat di dalam pasta, yang berikatan dengan permukaan silikon maka seolah-olah terbentuk isolator di antara atom Ag dengan silikon, sehingga menghasilkan tahanan kontak R_c tertinggi.



Gambar 5. : Kontak yang terjadi antara metal kontak dengan substrat semikonduktor [2].

Pada pemanasan selama 10 menit sebagian besar atom-atom Ag mulai menerobos (*spiking*) ke daerah sambungan p-n dan terbentuk kontak ohmik yang baik, hal tersebut ditandai dengan rendahnya tahanan kontak R_c yang dihasilkan, yaitu sekitar 13,83 - 24,15 m untuk dimensi (1) dan 13,22 17,94 untuk dimensi (2).

Pemanasan pada temperatur 700°C, menghasilkan tahanan kontak terkecil yaitu 13,83 m Ω untuk dimensi (1) dan 13,22 m Ω untuk dimensi (2), sebaliknya pemanasan pada temperatur 720°C menghasilkan tahanan kontak terbesar yaitu masing-masing 24,15 m Ω dan 17,94 m Ω untuk dimensi (1) dan dimensi (2). Perbedaan tersebut disebabkan karena pada temperatur yang lebih tinggi atom-atom Ag menerobos terlalu dalam mendekati batas bawah sambungan p-n (*junction short*), akibatnya mulai terjadi kebocoran arus, sehingga tahanan kontak R_c yang dihasilkan menjadi lebih besar. Penelitian yang dilakukan oleh S.B. Rane dkk. [5] juga menunjukkan bahwa degradasi sambungan p-n dapat diminimalkan dengan melakukan pemanasan pada rentang temperatur antara 600 700°C meskipun temperatur *eutectic* Ag-Si lebih tinggi yaitu 840°C.

Vinod dkk. [6] melaporkan bahwa tahanan kontak rata-rata metal Ag di atas silikon kristal yang dibuat dengan teknik penyablonan adalah sekitar 5 m Ω . Tahanan kontak yang diperoleh pada penelitian ini adalah 13,83 m Ω atau 2,5X lebih tinggi, hal ini disebabkan karena substrat silikon yang digunakan dalam penelitian ini adalah silikon multikristal kualitas rendah yang mempunyai banyak cacat kristal (*defect*) dan batas butir (*grain boundary*). Adanya cacat kristal dan batas butir pada silikon multikristal akan mengakibatkan silikon lebih mudah terlarut ke dalam *glassfrit* yang terdapat pada pasta Ag, sehingga impuritas akan meningkat, akibatnya tahanan kontak menjadi besar [7].

Pada kurva (1) juga dapat diamati bahwa waktu dan temperatur pemanasan kontak Ag sangat berpengaruh terhadap besarnya R_c . Berbeda dengan kurva (2), dimana luas area kontak 2X lebih besar, R_c yang dihasilkan hanya berbeda tipis dan nilai tahanan kontak yang dihasilkan juga lebih kecil. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil area kontak maka semakin besar pengaruh waktu dan temperatur pemanasan metal Ag terhadap besarnya tahanan kontak R_c yang dihasilkan.

Hasil karakteristik listrik sel surya silikon multikristal yang dibuat menggunakan kontak metal Ag dapat dilihat pada Tabel-1. Nilai Tahanan kontak R_c yang digunakan dalam Tabel-1 adalah untuk dimensi (1) karena lebar garisnya (L) sesuai dengan lebar garis pola grid pada sel surya yang dibuat.

Tabel 1. : Pengaruh temperatur pemanasan kontak Ag terhadap karakteristik listrik sel surya silikon multikristal.

Karakteristik Listrik	Temperatur Pemanasan ($^{\circ}\text{C}$) selama 10 menit			
	680	690	700	720
Tahanan kontak R_c ($\text{m}\Omega$)	21,39	18,59	13,83	24,15
Tahanan seri R_s ($\text{m}\Omega$)	371	273	240	375
Arus hubung singkat I_{sc} (mA)	551	561	603	544
Tegangan sirkit terbuka V_{oc} (mV)	553	565	566	550
Daya P (mW)	161	166	191	150
Efisiensi η (%)	6,61	6,83	7,83	6,10

Dari Tabel-1 dapat diamati bahwa tahanan kontak yang rendah akan menghasilkan sel surya dengan karakteristik yang lebih baik. Tahanan kontak yang terendah diperoleh pada pemanasan 700C dan menghasilkan tahanan seri R_s yang rendah pula yaitu sebesar 240 $\text{m}\Omega$. Akibatnya arus hubung singkat I_{sc} , tegangan sirkit terbuka V_{oc} , dan daya P yang dihasilkan meningkat menjadi 603 mA, 566 mV, dan 191 mW, yang pada akhirnya mampu menghasilkan sel surya dengan efisiensi terbesar yaitu 7,83%.

4. Kesimpulan

Metoda *transfer length* (TLM) dapat digunakan untuk menentukan tahanan kontak R_c metal Ag dengan silikon multikristal.

Tahanan kontak yang terendah yaitu 13,83 $\text{m}\Omega$ diperoleh melalui pemanasan pada temperatur 700C selama 10 menit, dan menghasilkan sel surya dengan tahanan seri 240 $\text{m}\Omega$ dengan efisiensi 7,83%.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Program Kompetitif LIPI 2004-2007 dengan judul "Modul Surya 50 Wp untuk Menunjang Program Nasional" (Surat Perjanjian No. 11.05/SK/KPPI/2007).

5. Daftar Pustaka

1. D.K. Schroder dan D.L. Meier, "Solar Cell Contact Resistance A Review", *IEEE Trans. Elec. Dev.* **31** (1984), hal. 637-646.
2. D.L. Meier dan D.K. Schroder, "Contact Resistance: Its Measurement and Relative Important to Power Loss in a Solar Cell", *IEEE Trans. Elec. Dev.* **31** (1984), hal. 647-653.
3. D.K. Schroder (1990), *Semiconductor Material and Device Characterization*, John Wiley & Sons, Canada, hal. 109-130.
4. A.S.H. van der Heide, J.H. Bultman, J. Hoornstra, dan A. Schonecker, "Error diagnosis and optimization of c-Si solar cell processing using contact resistances determined with the Corescanner", *Sol. Mat. Sol. Cells* **74** (2002), hal. 43-50.
5. S.B. Rane, P.K. Khanna, T. Seth, G.J. Phatak, D.P. Amalnerkar, dan B.K. Das, "Firing and processing effects on microstructure of fritted silver thick film electrode materials for solar cells", *Materials Chemistry and Physics* **82** (2003), hal. 237-245.
6. P.N. Vinod, B.C. Chakravarty, Mohan Lal, Ravi Kumar dan S.N. Singh, "A novel method for the determination of the front contact resistance in large area screen printed silicon solar cells", *Semicond. Sci. Technol.* **15** (2000), hal. 286-290.
7. G.C. Cheek, R.P. Merten, R. Van Overstraeten, dan L. Frisson, "Thick-Film Metallization for Solar Cell Applications", *IEEE Trans. Elec. Dev.* **31** (1984), hal. 602-609.

Perancangan dan Fabrikasi Resistor Film Tebal untuk Aplikasi Slic sebagai Modul Telekomunikasi

Lilis Retnaningsih, Lia Muliani dan Gandi Sugandi

Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi - LIPI

Kampus LIPI Gd. 20, Jl. Sangkuriang Bandung 40135

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

Email : retna@ppet.lipi.go.id

Abstract

In the development of electronics component technology, high density fabrication followed by high performance are applied. MCMIC (Multi Chip Module IC) technology is one of hybrid fabrication technology in which both side of the ceramic alumina substrat (Al_2O_3) are applied. In this technique, thick film process is chosen.

This technology is widely in telecommunication, industry, outomotives, avionics and many military instruments. This paper describes design and fabrication thick film resistor technology of telecommunication module particularly SLIC, where three different resistors paste, are applied to observe the influences of these materials to the devices performance, and the comparision between the calculated and the measured resistance values.

Key Word : multi chip module, alumina ceramic, thick film hybrid

Abstrak

Dalam pengembangan teknologi komponen elektronika, tingkat kepadatan komponen yang diikuti dengan keandalan tinggi biasa dilakukan. Teknologi IC dengan sistem MCM (Multi Chip Module) adalah salahsatu teknologi fabrikasi dimana kedua sisi substrat alumina (Al_2O_3) digunakan. Pada teknik ini digunakan teknologi hybrid film tebal. Teknologi ini telah banyak digunakan pada berbagai peralatan telekomunikasi, industri, otomotif, avionik dan berbagai peralatan militer.

Dalam tulisan ini dibahas perancangan resistor film tebal dengan menentukan dimensi dan jenis pasta resistor yang sesuai untuk diaplikasikan pada modul telekomunikasi yang dalam hal ini dipilih rangkaian SLIC, serta membandingkan nilai resistansi hasil perhitungan dan nilai resistansi hasil proses.

Kata Kunci : multi chip module, keramik alumina, hybrid film tebal

1. Pendahuluan

Proses perancangan dan pembuatan rangkaian elektronika dirasakan semakin kompleks sementara diperlukan kehandalan yang lebih tinggi, dengan dimensi komponen dan tata letak yang lebih padat. Guna mengikuti peningkatan kompleksitas pembuatan rangkaian tersebut, maka diperlukan penggunaan teknologi perancangan dan fabrikasi yang lebih tepat. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan untuk mengatasi hal di atas dan telah lama dikembangkan adalah hybrid IC berbasis film tebal.

Teknologi proses film tebal semakin lama perkembangannya membutuhkan teknik proses yang lebih baik untuk mencapai tingkat kerapatan rangkaian yang lebih tinggi. Salah satu teknik yang dilakukan adalah (*multi chips module*) MCM dengan system dua sisi (*double sided*) dan multilayer, dengan melalui banyak tahapan proses. Pembuatan komponen hybrid film tebal melalui beberapa tahapan proses dengan menggunakan metoda screen printing yang terdiri atas sejumlah langkah yang dapat diulang sesuai dengan kebutuhan antara lain pembuatan screen,

pencetakan pasta, pengeringan dan pembakaran pasta. Bahan pasta yang digunakan bergantung kepada kebutuhan komponen, selain bahan-bahan yang sudah tertentu juga diperlukan ketepatan pemakaian bahan pasta yang akan dicetak serta dimensi yang tepat karena akan mempengaruhi nilai resistansi resistor yang dihasilkan. Keunggulan utama teknologi hybrid film tebal ini adalah kemungkinan dapat dibuat resistor dengan nilai resistansi dengan jangkauan yang lebih lebar dan jumlah yang banyak dalam satu substrat, juga dapat diproses pada kedua sisi substrat.

Keterbatasan dimensi komponen menjadi salah satu faktor untuk menggunakan teknik perancangan yang lebih fleksibel.

2. Resistor film tebal

2.1 Bentuk Resistor

Pada rangkaian hybrid film tebal salah satu komponen yang dapat diproses sebagai komponen pasif adalah resistor, selain konduktor dan dielektrik. Proses pembuatan resistor film tebal memiliki beberapa tahapan, antara lain perancangan bentuk dan dimensi resistor, pemilihan jenis pasta resistor yang akan digunakan harus sesuai dengan nilai hasil perhitungan perancangan. Nilai resistansi sebuah resistor film tebal dipengaruhi oleh dimensi (panjang dan lebar) resistor dan resistivitas lebar (sheet resistivity) dari pasta resistor yang digunakan [5], dimana nilai sebuah resistor dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$R = R_s(L/W) \dots\dots\dots(1)$$

$$R = \rho(L/tW) \dots\dots\dots(2)$$

$$R_s = \rho/t \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

R = resistansi resistor persatuan volume

ρ = resistivitas lembar dari pasta

R_s = Resistivitas lembar pasta/satuan tebal

L = panjang resistor

W = lebar resistor

t = tebal film hasil cetakan

Perbandingan panjang (L) dan lebar (W) resistor disebut aspek rasio $L/W = N$

Bentuk dan dimensi resistor yang dapat dibuat dengan teknologi film tebal ada bermacam-macam diantaranya adalah resistor persegi panjang, resistor kurva, resistor zig-zag, resistor topi dan resistor labirin [3]. Aplikasi bentuk resistor tersebut disesuaikan dengan kebutuhan komponen, bentuk yang sering dibuat adalah resistor persegi panjang. Penggunaan bentuk resistor ini biasanya dipakai pada komponen yang membutuhkan banyak resistor dengan berbagai nilai resistansi.

2.2 Pasta Resistor

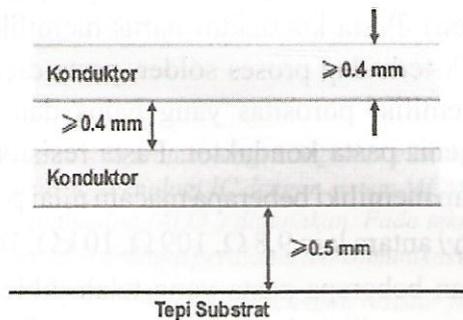
Pasta merupakan bahan utama untuk pembuatan komponen hybrid film tebal, pada proses pembuatan komponen hybrid film tebal dibutuhkan pasta konduktor, pasta dielektrik, pasta resistor dan pasta encapsulasi (sebagai pelindung komponen). Pasta konduktor harus memiliki sifat yang baik terhadap proses solder, pasta dielektrik harus memiliki porositas yang halus dan sesuai dengan jenis pasta konduktor. Pasta resistor yang digunakan memiliki beberapa macam nilai ρ (sheet resistivity) antara lain 9,8 Ω , 109 Ω , 10 k Ω , 101 k Ω , 1 M Ω dan beberapa pasta yang telah diblending. Blending pasta dilakukan untuk menghasilkan nilai ρ pasta sesuai dengan yang diinginkan, agar dimensi pasta yang dirancang sesuai dengan aturan perancangan. Perbedaan nilai resistivitas pasta ini dipengaruhi oleh bahan pembentuk pastinya, dengan demikian pada aplikasinya kita sesuaikan pasta mana yang tepat digunakan, dan disesuaikan dengan dimensi yang telah dibuat didasarkan pada perhitungan rumus yang ada.

Pada proses pencetakan pasta, pasta konduktor dicetak paling awal, setelah proses pembakaran, kemudian dicetak di atasnya beberapa jenis pasta resistor sesuai dengan tata letak yang telah dibuat atau juga pasta dielektrik jika ada cross over atau multi layer.

2.3 Tata Letak Rangkaian Film Tebal

Teknologi hybrid film tebal menggunakan Alumina sebagai substrat untuk mencetak komponen pasif di permukaannya. Substrat ini memiliki dua sisi yang kedua sisinya dapat digunakan sebagai media pencetakan komponen, sehingga dapat menghemat tempat dan memperkecil dimensi. Pada perancangan rangkaian, besarnya dimensi substrat disesuaikan dengan kebutuhan modul. Jika pada perancangan dibutuhkan banyak resistor dan komponen aktif yang lain, sedang dimensi substrat kecil maka dapat digunakan teknik dielektrik multilayer atau digunakan kedua sisi substrat.

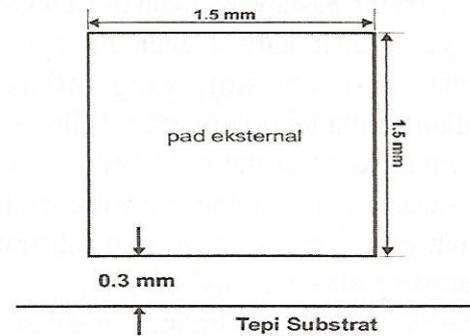
Pada dasarnya perancangan suatu komponen diatas substrat alumina dengan teknologi film tebal mempunyai beberapa aturan [5]. Untuk jalur konduktor, aturan umum perancangannya adalah seperti pada gambar 1. dibawah ini.



Gambar 1: Aturan perancangan jalur konduktor film tebal

Pada penelitian ini dibuat suatu rangkaian berupa slic (suatu modul yang didalamnya terdiri atas rangkaian komponen yang memiliki suatu fungsi) dengan teknologi hybrid film tebal, dimana didalam rangkaian ini terdiri dari komponen pasif dan komponen aktif, komponen yang akan dirancang dan diproses dengan menggunakan teknologi screen printing adalah komponen pasif yaitu jalur konduktor dan sejumlah resistor dengan berbagai dimensi dan nilai resistansi. Pada ujung-ujung jalur rangkaian ini memiliki beberapa pad eksternal sebagai tempat menempelnya kaki-kaki

penghubung, dimensi ideal dari pad eksternal adalah 1,5 mm x 1,5 mm sampai dengan 2 mm x 2 mm dengan jarak dari tepi substrat sebesar 0,3 mm, seperti gambar 2 dibawah ini.



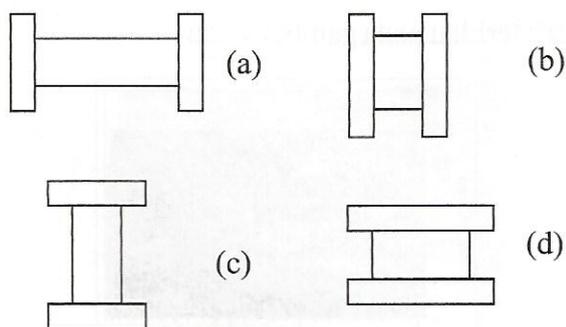
Gambar 2: Aturan perancangan pada eksternal film tebal

Untuk perancangan resistor film tebal seperti juga halnya pada konduktor yaitu harus memperhatikan batas minimal dan maksimal dimensinya serta jarak antar resistor. Hal ini akan berpengaruh pada proses pencetakan dan nilai resistansi yang dihasilkan.

Dalam satu rangkaian komponen resistor Array Film Tebal, arah dan dimensi resistornya berbeda-beda, arah suatu resistor dipengaruhi oleh posisi konduktornya dan arah pencetakannya [2]. Ada beberapa kemungkinan arah suatu resistor jika kita lihat dari posisi konduktor dan aspek rasionya :

- Arah lebar dari resistor sejajar dengan arah printing, dimana $L/W > 1$, sehingga bentuk resistor memanjang horisontal.
- Arah lebar dari resistor sejajar dengan arah printing, dimana $L/W < 1$, sehingga bentuk resistor melebar vertikal.
- Arah panjang dari resistor sejajar dengan arah printing, dimana $L/W > 1$, sehingga bentuk resistor memanjang vertikal.
- Arah panjang dari resistor sejajar dengan arah printing, dimana $L/W < 1$, sehingga bentuk resistor melebar horisontal.

Contoh arah dan dimensi resistor di atas dapat ditemukan dalam satu kesatuan rangkaian, perbedaan arah resistor dipengaruhi oleh letak



Gambar 3: Gambar posisi konduktor dan arah resistor

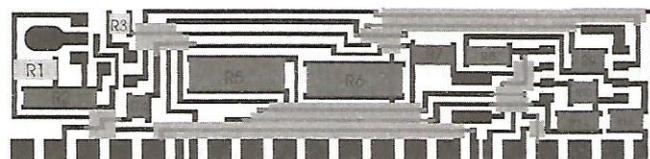
konduktor tempat menempelnya resistor dan dimensi substrat yang digunakan. Dimensi resistor dipengaruhi oleh ρ (sheet resistivitas) pasta yang digunakan, sedangkan posisi kedua konduktor mengikuti dimensi resistor. Perbandingan antara panjang dan lebar suatu resistor L/W (aspect Ratio) dan ukuran mutlak suatu komponen merupakan parameter yang penting untuk menentukan tata letak suatu resistor.

Dimensi terkecil maupun terbesar suatu resistor mempunyai batas-batas tertentu karena harus mempertimbangkan disipasi daya dari seluruh komponen [6].

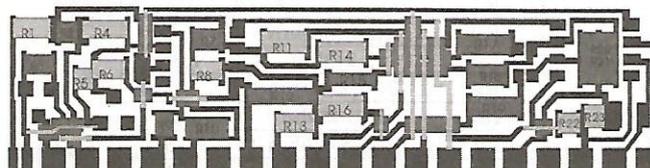
4. Perancangan Rangkaian Slic Resistor

Pada perancangan rangkaian slic perlu diperhatikan beberapa aturan yang telah disebutkan di atas, dimana tataletak dan arah resistornya bervariasi. Demikian pula untuk memperkecil dimensi dilakukan teknik cross over. Dalam hal ini yang perlu diperhatikan agar agar cross over yang dihasilkan baik (tidak bocor) maka dimensi lapisan dielektrik tidak boleh terlalu kecil dan dapat menutup seluruh permukaan konduktor yang di maksud, demikian juga dengan konduktor yang di atasnya, dimensinya harus disesuaikan.

Jumlah resistor yang dibuat sebanyak 12 buah pada sisi A dengan bentuk, dimensi dan nilai resistansi yang berbeda seperti pada gambar 4 di bawah ini :



Gambar 4 : Skema Rangkaian SLIC Resistor Sisi A



Gambar 5 : Skema Rangkaian SLIC Resistor Sisi B

Sedangkan untuk sisi B jumlah resistornya sebanyak 23 buah dengan ukuran yang berbeda. Penentuan dimensi resistor dipengaruhi oleh nilai resistansi yang diinginkan dan set resistivitas pasta resistor yang akan digunakan. Set resistivitas pasta yang kurang sesuai dengan dimensi yang ditentukan dapat dilakukan dengan cara blending pasta dengan perbandingan campuran yang telah ditentukan [3]. Contoh perhitungan untuk menghasilkan nilai R hasil perhitungan :

$$\begin{aligned}
 R1 &= R_s \cdot L/w \\
 &= 109 \times 2,2 \\
 &= 239,8 \text{ ohm} \sim 240 \text{ ohm}
 \end{aligned}$$

Tabel 1: Nilai Resistansi Hasil Perhitungan pada Sisi Slick A

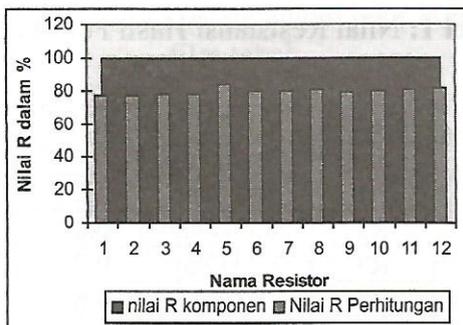
Nama komp	Nilai Resistansi	L/W
R1	330 Ohm	2,2
R2	28,6 kOhm	0,2
R3	3,2 kOhm	0,7
R4	102 kOhm	0,6
R5	92 Ohm	0,28
R6	112 Ohm	0,28
R7	382 k Ohm	1,8
R8	9,3 kOhm	2
R9	81 kOhm	0,6
R10	6 kOhm	0,85
R11	52 kOhm	0,32
R12	92 kOhm	0,48

Pengelompokan resistor ditentukan oleh jenis pasta yang digunakan yang disesuaikan dengan nilai resistansi yang diinginkan.

Tabel 2: Nilai Resistansi Hasil Perhitungan pada Sisi Slic B

Nama Komp	Nilai Resistansi	L/W
R1	88,2 kOhm	1,8
R2	1,24 MOhm	0,75
R3	2 kOhm	1,35
R4	304,1 kOhm	2,3
R5	83,3 kOhm	0,7
R6	224,5 kOhm	1,5
R7	2,2 kOhm	2,3
R8	2,2 kOhm	1,3
R9	41 kOhm	1,2
R10	12,43 kOhm	0,35
R11	99,1 kOhm	1,85
R12	0,587 MOhm	4
R13	87,5 kOhm	2
R14	354 kOhm	2
R15	0,49 MOhm	3,7
R16	83,5 kOhm	1,9
R17	0,442 MOhm	2,5
R18	2,78 MOhm	1,7
R19	0,413 MOhm	2,5
R20	10 kOhm	0,25
R21	10 kOhm	0,25
R22	101 kOhm	0,75
R23	31 kOhm	0,65

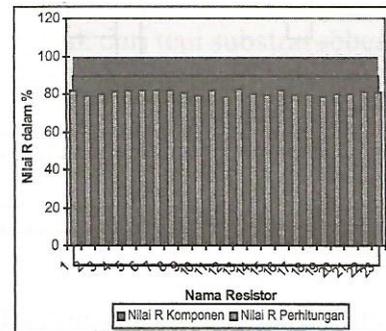
Dalam perhitungan nilai yang diperoleh harus kurang lebih 20% dibawah nilai yang diinginkan. Untuk lengkapnya dapat dilihat pada gambar grafik 6 dan 7.



Gambar 6 : Perbandingan dalam Prosentasi R Komponen dengan R hasil Perhitungan pada SLIC A

Untuk dimensi yang lain digunakan pasta yang lain juga, perbedaan pasta yang digunakan dapat dibedakan dari warna resistor yang berlainan

seperti terlihat pada gambar 4 dan 5.



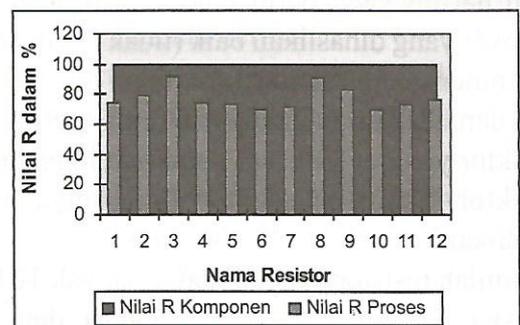
Gambar 7: Perbandingan dalam Prosentasi R Komponen dengan R hasil Perhitungan Pada SLIC B

Dari gambar grafik 6 dan 7 dapat dilihat bahwa nilai R hasil perhitungan berada di wilayah 80% dari nilai yang diinginkan.

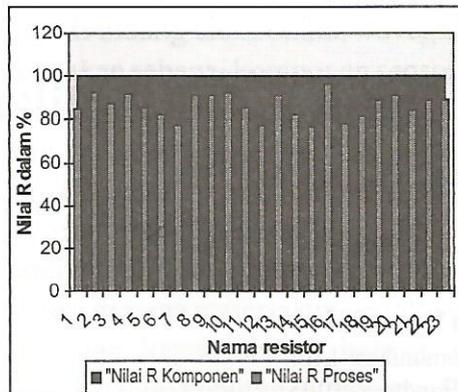
5. Hasil Proses Resistor dan Pembahasan

Dari rancangan dan perhitungan yang telah dilakukan kemudian dilanjutkan tahapan proses pembuatan resistor film tebal, yaitu pembuatan film, penimbunan film rangkaian pada screen, pencetakan komponen, pemanasan dan pembakaran. Hasilnya resistornya kemudian diukur menggunakan multimeter (Ohm meter).

Nilai resistansi hasil perhitungan di rancang agar menghasilkan nilai resistansi sebesar 20 % dibawah nilai resistansi yang diinginkan atau 80 % dari nilai yang dikehendaki, sedangkan nilai hasil proses fabrikasi prosentasinya dapat dilihat pada gambar grafik batang 8 dan 9 di bawah ini.



Gambar 8 : Perbandingan Prosentasi R Komponen dengan R Hasil Proses pada SLIC A



Gambar 9 : Perbandingan Prosentasi R Komponen dengan R Hasil Proses pada SLIC B

Nilai hasil perhitungan pada tabel 1 dan 2 dan nilai hasil proses pada gambar grafik 8 dan 9 masih dibawah nilai yang dikehendaki yaitu dibawah 100%, hal ini menunjukkan bahwa perancangan dimensi dan hasil proses dapat dilanjutkan karena nilainya masih berada dibawah nilai yang diinginkan. Perbedaan nilai nilai tersebut masih dalam batas toleransi nilai yang diinginkan. Masih ada tahapan proses selanjutnya yang akan dapat menaikkan nilai resistansi sesuai dengan nilai yang dikehendaki.

Pada prosentasi hasil pengukuran ada perbedaan dengan hasil proses fabrikasi, hal ini dipengaruhi oleh faktor dari alat proses dan kondisi pasta yang dipergunakan namun perbedaan ini tidak terlalu mempengaruhi terhadap nilai resistansi yang ingin dicapai, karena nilainya masih dapat dinaikkan dengan proses trimming.

6. Kesimpulan

1. Pada perancangan komponen dengan teknologi film tebal perlu memperhatikan aturan pembuatan konduktor maupun dimensi dan penempatan tata letak resistor.
2. Pada perancangan resistor perlu dilakukan perhitungan dimensi untuk menghasilkan nilai resistansi yang diinginkan.
3. Diperlukan nilai resistivitas pasta yang tepat untuk menghasilkan nilai resistansi resistor yang baik.
4. Dapat dilakukan blending pasta untuk menghasilkan resistivitas pasta yang diinginkan

dengan perbandingan yang tepat.

5. Dari hasil perhitungan dan proses fabrikasi diperoleh nilai resistansi resistor masih dibawah nilai resistansi yang diinginkan yaitu sekitar 20% atau sekitar 80% dari nilai yang dikehendaki.

Ucapan Terima kasih

Kegiatan penelitian ini dilakukan dalam rangka melaksanakan program kegiatan DIPA 2006 di PPET - LIPI. Penulis ucapkan terimakasih kepada Puslit PPET - LIPI yang telah memberikan fasilitas dan kepada rekan-rekan atas kerjasamanya.

7. Daftar Pustaka

1. Topfer, Morton. L " Thick Film Microelectronics, Fabrication, Desain and Application", *Van Nostrand Reinhold Company*, New York, 1971.
2. Harper, Charles. A., "Handbook of Thick Film Hybrid Microelectronics", *Mc Graw Hill Book Company*, new York, 1974
3. C. Sudhir, Dhara, "Precious Metals As Conductors In Microelectronics", *Inc Santa Springs Hybrid Circuit Technology*, California, 1991
4. Sugandi. G, Muliani. L, Saegandi. Totok MS, Retnaningsih.L, "Proses Pembuatan Rangkaian Terintegrasi Multi Chip Module dengan Teknologi Dielektrik Multilayer", *Prosiding Seminar Nasional Ke-34 Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia*, 2005.
5. Harkard, MR, "Thick Film Hybrid, Manufacture and design" *Prentice Hall*, New York, London, Toronto, Sydney, Tokyo, 1988.
6. Jovanovic, Dragan, "Characterization and Processing of Thick Film material for MCM C Applications". *Proc 22nd International Conference on Microelectronics*, vol 2, NIS Serbia, 14-17 May 2000.

Fabrikasi Awal Ring-Resonator Optik untuk Aplikasi Sensor dan Telekomunikasi dengan Menggunakan Bahan Polyimide

Dadin Mahmudin, Dedi, Iip Syarif H

Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi-LIPI,
Kampus LIPI Gd. 20, Jl.Sangkuriang Bandung 40135,
dadin@ppet.lipi.go.id

Abstract

The results of our studies on various optical components, was found that polymeric materials have become elementary materials for optical components based on waveguide for integrated optical device. This is due to its excellent properties such as high speed(100GHz), low voltage driven, easy in fabrication, allowing interconnection of optical and electronic devices on the same substrate, and low cost. In our experiments we deposited this polyimide polymer on wafer silicon substrate by spin coating at 5000 rpm. Based on the measurement using ellipsometer, it was found that the resulting refractive index was about 1.73, while thickness the measurement using digimatic indicator has shown that increasing the rotation of the speed results in decreasing but more uniform thickness of polyimide layer. After wet etching process, the waveguide patterns of each structure has been observe using an optical microscope. Showed that with a 60 second exposure time, this observation shows that the width of 200 m waveguide is patterned better than 50 m waveguide.

Key Word : material, polymeric, polyimide, optical waveguide

Abstrak

Berdasarkan hasil pengkajian berbagai komponen optik, diketahui bahwa material polymer akan menjadi bahan dasar untuk komponen optik berbasis waveguide untuk integtated optical device karena memiliki keunggulan; murah, fabrikasinya mudah, memungkinkan interkoneksi optik dan elektronik dalam satu substrat, high speed (100 GHz) dan low voltage driven. Pada penelitian ini, telah dilakukan pelapisan polimer di atas substrat silikon wafer single polish menggunakan metoda wet etching dengan kecepatan 5000 rpm. Dari hasil pengukuran dengan elipsometer diperoleh indeks refraksi sebesar 1.73. Pengukuran ketebalan dengan jarum ukur menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan putar, maka ketebalan lapisan polymer yang dihasilkan akan semakin tipis dan permukaannya semakin rata. Pola-pola waveguide untuk masing-masing struktur, yang dihasilkan setelah proses wet etching, dapat diamati dengan menggunakan mikroskop optik. Dengan waktu exposure selama 60 detik, hasil pengamatan menunjukkan bahwa waveguide dengan lebar 200 m terpola cukup baik, dibandingkan waveguide dengan lebar 50 m..

Kata Kunci : material, polimer, polyimide, optical waveguide

1. Pendahuluan

Aplikasi polimer untuk waveguide optik telah diteliti di banyak laboratorium di berbagai negara. Golongan polimer yang digunakan pada waveguide optik termasuk acrylates, polyimides, polycarbonates, dan olefins (mis. Cyclobutene). Dibandingkan dengan waveguide yang berbasis silikon (silica), waveguide polimer memiliki keuntungan antara lain : murah, mudah

dalam fabrikasinya, dan memungkinkan untuk interkoneksi optik dan elektronik dalam satu substrat[1]. Dari waveguide optik yang berbasiskan polimer dapat dibuat berbagai bentuk (struktur) untuk aplikasi di bidang telekomunikasi dan elektronika. Di bidang telekomunikasi, waveguide polymer dapat digunakan sebagai filter cahaya (optical filter) seperti : Mach-Zehnder Interferometer dan Microring-Resonator.

Sedangkan di bidang elektronika, *waveguide* optik dapat digunakan sebagai komponen sensor.

Polyimide adalah gugus yang sangat menarik dari bahan polimer yang memiliki kekuatan luar biasa dan ketahanan terhadap panas dan bahan kimia yang sangat baik. Kekuatan dan ketahanannya terhadap panas dan bahan kimia begitu bagus, dimana material ini sering di lapiskan pada gelas dan logam seperti halnya baja, dan diaplikasikan dalam kebutuhan industri. *Polyimide* bahkan digunakan dalam kehidupan sehari-hari, karena memiliki kestabilan termal, ketahanan terhadap minyak, pelumas, dan lemak, serta sifat transparansinya terhadap radiasi gelombang mikro. Jenis polimer ini juga dapat digunakan dalam *circuit board*, isolator, fiber untuk pelindung pakaian, komposit dan *adhesif*[1].

Jika dibandingkan dengan sebagian besar material polimer organik lainnya, polyimide menunjukkan kombinasi luar biasa, dari stabilitas termal (>500°C), kekuatan mekanik, dan ketahanan kimianya. Sebagai tambahan *polyimide* ini memiliki sifat dielektrik yang sangat baik. Karena duktilitasnya yang tinggi dan rendahnya CTE (coefficient of thermal expansion), *polyimide* ini dapat diimplementasikan dalam berbagai macam aplikasi mikroelektronik.[1] Penelitian ini pada dasarnya bertujuan untuk menghasilkan produk *planar waveguide* berbasis polimer (*polyimide*). Adapun sasaran yang akan dicapai adalah tersedianya komponen optik yang berkualitas dan dapat digunakan oleh industri dalam negeri.

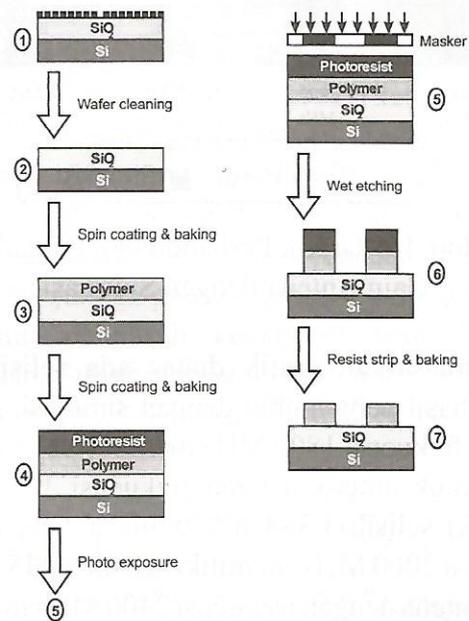
2. Fabrikasi Waveguide Polimer

Waveguide yang difabrikasi merupakan tipe *ridge waveguide* dengan polimer sebagai *core* dan SiO₂ (*Silicon Dioxide*) serta udara sebagai *cladding*. Polimer yang digunakan adalah tipe PI-2545 yang diproduksi oleh *HD Microsystems*. PI-2545 merupakan polimer *photosensitive* dengan indeks bias sebesar 1.78 dan menggunakan proses *photo exposure* (*photo lithography*) serta *wet etching* (*chemical etching*) dalam pembentukan

pola *waveguide* di atas wafer SiO₂. Tahap-tahap yang dilakukan dalam fabrikasi *waveguide* polimer ini ditunjukkan pada Gambar 1.

Polimer PI-2545 adalah prekursor asam poliamik dengan berat molekul yang besar. Prekursor ini reaktif terhadap basa lemah seperti halnya *developer photoresist* positif.[4] Dalam proses etsa basah, substrat ini diaktivasi terlebih dahulu dengan *promotor adhesive* VM-651, diikuti dengan pemakaian polimer[4]. Setelah polimer dilapiskan pada substrat, perlu dilakukan pembakaran untuk menghilangkan pelarut pembawa dan sebagian imida yang ada dalam lapisan film.

Tahap pembakaran adalah salah satu parameter proses yang sangat penting dari keseluruhan proses. Pengolahan PI-2545 harus



Gambar 1: Proses Fabrikasi Waveguide Polimer

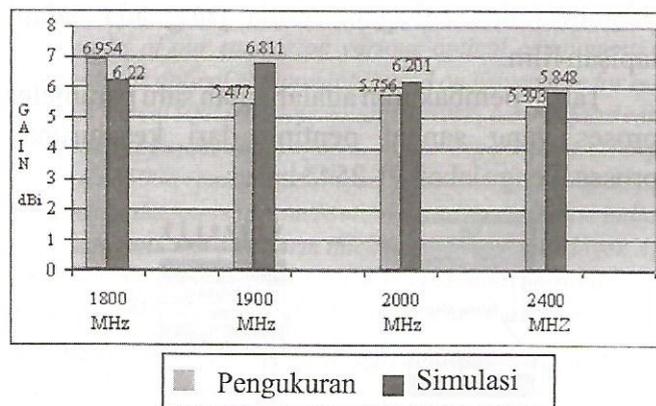
dilakukan pada kondisi *clean room* standar. Untuk memperoleh hasil terbaik dibutuhkan kondisi *clean room* dan kondisi kelembaban relatif ($\pm 2.0^\circ\text{C}, \pm 2\% \text{RH}$).

2.1 Persiapan Substrat

Substrat yang digunakan adalah berupa wafer SiO₂ *single polish*. Sebelum dilakukan

pola pancarnya berada di suatu ruangan ideal tanpa adanya pantulan dan sumber lain. Sedangkan pada pengukuran yang dilakukan, kondisinya ada terlalu banyak sinyal-sinyal yang tidak diinginkan, misalnya dari pantulan-pantulan sinyal yang mengenai benda disekitar akibat oleh ketidakhomogenan tempat pengukuran ataupun gelombang dari sistem lain yang tertangkap seperti misalnya sinyal dari BTS disekitar tempat pengukuran.

6.3 Gain Antena



Gambar 16: Grafik Perbandingan Pengukuran Gain Antena dengan Simulasi

Berdasarkan grafik diatas ada selisih gain antena hasil pengukuran dengan simulasi. Antena dengan frekuensi 1800 MHz memiliki selisih 1.266 dB, untuk antena dengan frekuensi 1900 MHz memiliki selisih 1.334 dB, untuk antena dengan frekuensi 2000 MHz memiliki selisih 0.445 dB dan untuk antena dengan frekuensi 2400 MHz memiliki selisih 0.667 dB. Perbedaan hasil yang didapatkan ini disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya yaitu:

1. Penggunaan substrat dielektrik yang cukup tipis mengakibatkan rendahnya efisiensi radiasi yang dihasilkan dan itu mempengaruhi perolehan gain pada proses pengukurannya.
2. Pada proses pengukurannya menggunakan antena *dipole sleeve* $\lambda/2$ sebagai antena referensi dengan mengasumsikan bahwa pembanding gain antena terhadap isotropis

adalah 2.14 dB. Tetapi tentunya angka pembanding tersebut merupakan asumsi yang didapatkan dari proses perhitungan secara teoritis dan tidak mungkin di dunia ini ada antena yang sama persis dengan keadaan teoritisnya.

3. Kesalahan pembacaan level daya yang sangat mungkin terjadi akibat fluktuasi daya terima yang terukur di *spectrum analyzer*.

6.4 Polarisasi Antena

Dari hasil pengukuran didapatkan data sebagai berikut:

Daya terima maksimum (sumbu mayor) = -42.749 dBm = $5.310 \cdot 10^{-8}$ watt

Daya terima minimum (sumbu minor) = -52.969 dBm = $5.048 \cdot 10^{-9}$ watt

Dengan analisis rasio kuat medan elektrik, maka dapat diketahui tipe polarisasinya. Untuk mendapatkan besar kuat medan elektrik, maka digunakan penurunan rumus sebagai berikut :

$$P_D = \frac{V^2 / m^2}{Z_{in}} \tag{4.4}$$

$$P = P_D \cdot x A_e \tag{1}$$

$$P = \frac{V^2 / m^2}{Z_{in}} \cdot x A_e \tag{2}$$

$$P_{dB} = 10 \log \left(\frac{E^2}{Z_{in}} \cdot x A_e \right) \tag{3}$$

$$P_{dBm} = 10 \log \left(\frac{E^2}{377} \cdot x A_e \right) \tag{4}$$

Maka, $P_{watt} = \frac{E^2}{377} \cdot x A_e \tag{4.9}$

$$E^2 = \frac{P_{watt} \cdot x 377}{A_e}$$

$$E = \sqrt{\frac{P_{watt} \cdot x 377}{A_e}}$$

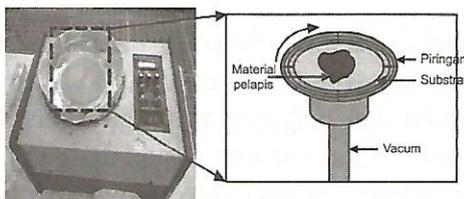
Rasio kuat medan elektrik(numerik) $\tag{4.10}$

$$= \frac{\text{Mayor}}{\text{Minor}}$$

pembersihan wafer, maka terlebih dahulu wafer dipotong menjadi beberapa bagian yang sama besar dengan menggunakan laser trimer. Kemudian wafer direndam dalam cairan acetone panas lalu dikeringkan. Setelah kering, wafer dibersihkan dengan larutan RCA-1 dan RCA-2.[2,3] Larutan RCA-1 untuk membuang sisa-sisa organik yang dihasilkan pada waktu proses pengoksidasian wafer, sedangkan RCA-2 untuk membuang ion-ion metal yang terdapat pada wafer[2,3]. Proses pembuatan RCA-1, RCA-2 dan pembersih wafer bias dilihat dalam buku teks karangan Mark Bachman[2,3]

2.2 Spin Coating

Proses *spin coating* dilakukan untuk melapisi wafer silikon yang telah dibersihkan dengan larutan RCA-1 dan RCA-2. *Spin coater* yang digunakan dalam fabrikasi ini mempunyai kecepatan putar 0 8000 rpm dengan lamanya waktu percepatan (*acceleration*) serta perlambatan (*deceleration*) yang bisa diatur secara manual. *Spin coater* yang digunakan dan proses *spin coating* ditunjukkan pada Gambar 2.

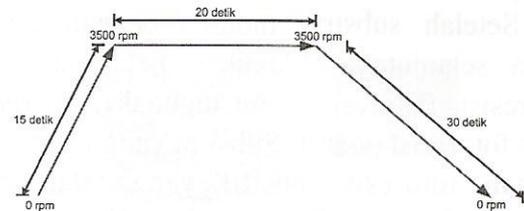


Gambar 2: Spin Coater

2.2.1 Spin Coating Promotor Adhesive

Sebelum dilapisi *polymer*, maka terlebih dahulu substrat dilapisi dengan *promotor adhesive*. Pelapisan *promotor adhesive* dilakukan untuk meningkatkan daya lekat *polymer* terhadap permukaan wafer[4,5]. *Promotor adhesive* yang digunakan adalah tipe VM-651 yang diproduksi oleh *HD Microsystems*. Substrat diletakkan di atas *spin coater* dan divacumkan. Larutan VM-651 yang mengandung *G-aminopropyltriethoxysilane* diteteskan diatas wafer dan *spin coater*

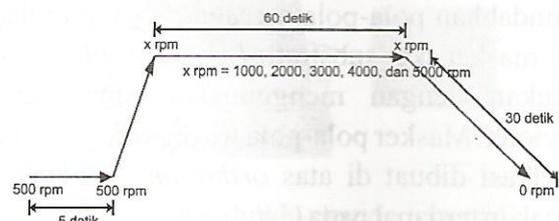
diputar dengan variasi kecepatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Substrat yang telah dilapisi dengan VM-651, kemudian dipanaskan 120°C di atas *hotplate* selama 60 detik.



Gambar 3: Profil Kecepatan Untuk Pelapisan VM-651

2.2.2 Spin coating Polimer

Selanjutnya dilakukan proses pelapisan polimer (PI-2545) diatas substrat. Substrat diletakkan diatas *spin coater*, divacumkan, dan ditetesi dengan PI-2545. *Spin coater* diputar dengan kecepatan putar (rpm) yang diinginkan selama 60 detik, untuk memperoleh ketebalan yang diharapkan. Lanjutkan dengan *spin dry* pada kecepatan 500 rpm selama 30 detik. Dalam penelitian ini, dilakukan percobaan pelapisan polyimide dengan berbagai kecepatan spin seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, sehingga dapat diketahui pengaruh kecepatan spin terhadap ketebalan. Substrat yang telah dilapisi dengan PI-2545, kemudian dipanaskan 140°C diatas *hotplate* selama 6 menit.



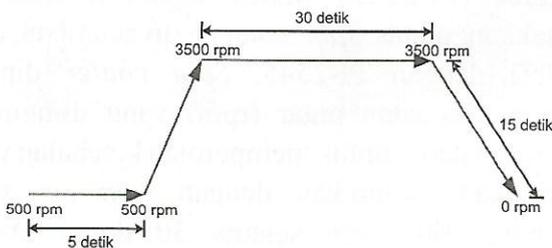
Gambar 4: Profil Kecepatan Untuk Pelapisan PI-2545

Substrat yang telah terlapisasi harus didinginkan pada temperatur ruang maksimum selama 24 jam, terlebih dahulu sebelum pelapisan *photoresist*. Jika disimpan lebih dari 24 jam, polimer tidak dapat digunakan lagi. Indeks refraktif lapisan polimer diukur dengan elipsometer, dan ketebalan substrat

diukur dengan menggunakan alat jarum ukur (*digimatic indikator*).

2.2.3 Spin Coating Photoresist

Setelah substrat dilapisi dengan *polymer*, maka selanjutnya dilakukan pelapisan dengan fotoresist. Fotoresist yang digunakan merupakan jenis fotoresist positif. Substrat yang telah ditetesi dengan fotoresist positif yang telah dipilih (mengandung: Etilasetat dan N-Butilasetat), kemudian diputar dengan *spin coater*. Profil kecepatan yang digunakan dalam proses ini ditunjukkan pada Gambar 5. Setelah dilakukan proses pelapisan, kemudian substrat dipanaskan 90°C di atas *hotplate* selama 60 detik.

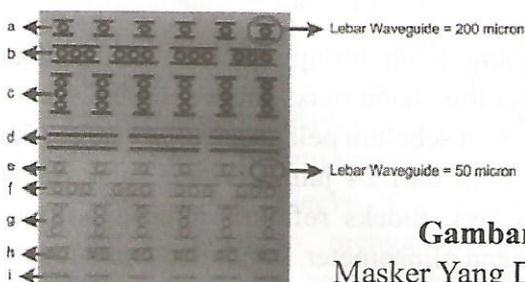


Gambar 5: Profil Kecepatan Untuk Pelapisan Photoresist

2.3. Photo Exposure, Wet Etching, dan Resist Strip

Proses *exposure photoresist* dilakukan untuk memindahkan pola-pola *waveguide* yang terdapat pada masker ke substrat. *Exposure photoresist* dilakukan dengan menggunakan sinar lampu ultraviolet. Masker pola-pola *waveguide* yang akan difabrikasi dibuat di atas *orthofilm*. Masker yang digunakan terdapat pada Gambar 6.

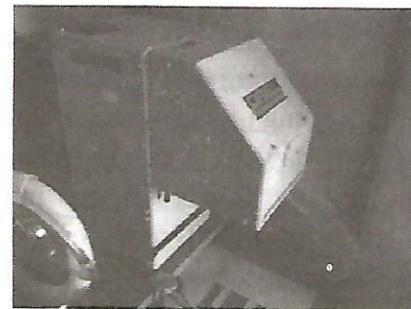
Keterangan :



Gambar 6: Masker Yang Digunakan

- a dan e. *Single Microring-Resonator* (SMR).
- b dan f. *Parallel-Cascaded Microring-Resonator* (PCMR).
- c dan g. *Serial-Cascaded Microring-Resonator* (SCMR).
- d. *Waveguide* lurus.
- h. *Asymmetric Parallel-Cascaded Microring-Resonator* (APCMR).
- i. *Coupler*.

Pada fabrikasi ini digunakan alat *photo exposure* dari *Oriel Corporation* tipe 81150 dengan menggunakan lampu Xenon. Alat *photo exposure* yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7: Alat Photo Exposure Yang Digunakan

Setelah substrat diexposure, maka selanjutnya dilakukan proses *etching* untuk membuang lapisan *photoresist* dan *polymer* sehingga dihasilkan pola *waveguide* di atas substrat sesuai dengan pola pada masker. Pada fabrikasi ini digunakan *photoresist* positif, sehingga proses *etching* akan membuang lapisan substrat yang tidak tertutupi oleh masker (bagian selain pola *waveguide* yang berupa garis hitam). *Etching* yang dilakukan yaitu *wet etching* dengan menggunakan larutan $(CH_3)_4NOH$ yang biasa disebut sebagai larutan TMAH (*Tetra Methyl Ammonium Hydroxide*). *Etching* dilakukan dengan cara merendam substrat yang telah diexposure dalam larutan TMAH sampai terbentuk pola-pola *waveguide*.

Selanjutnya dilakukan proses *resist strip* untuk membuang sisa lapisan *photoresist* yang berada di atas lapisan *polymer*. Proses *resist strip* ini akan menghasilkan *waveguide polymer*. *Resist strip*

1,5-2 μm . Pelapisan polimer di atas substrat silikon wafer *single polish* menggunakan metoda *spin coating* dengan kecepatan 5000 rpm menghasilkan indeks refraktif rata-rata sebesar 1,73 (pengukuran 49 titik dengan elipsometer). Nilai indeks refraksi hasil percobaan berbeda 0,05 dari nilai indeks refraktif polyimide referensi dupont yaitu 1,78, sehingga memenuhi syarat untuk diaplikasikan dalam pembuatan *optical waveguide*.

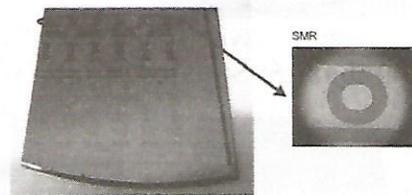
Polimer jenis PI-2545 dapat dipola menggunakan *photoresist* positif, pelapisan polyimide dapat berfungsi sebagai lapisan anti reflektif yang mengabsorpsi cahaya antara 350-450 nm. Absorpsi ini dapat benar-benar mengurangi efek refleksi pada proses *exposure photoresist*. Setelah *soft bake*, lapisan polyimide mempunyai kelarutan minimum dalam jenis-jenis pelarut fotorealist. *Photoresist* kemudian dapat *dicoating* tepat di atas lapisan polimer tanpa terjadi campuran antar lapisan. Ketebalan *photoresist* dapat menjadi parameter yang penting dari proses *wet etching* dan dapat dioptimasi untuk mencapai resolusi *wet etching* yang terbaik. Dari serangkaian proses *wet etching* yang telah dilakukan, diperoleh berbagai pola rangkaian waveguide yang diharapkan.

Berdasarkan hasil optimasi proses yang telah dilakukan, maka parameter-parameter yang digunakan dalam fabrikasi *waveguide* ini antara lain sebagai berikut :

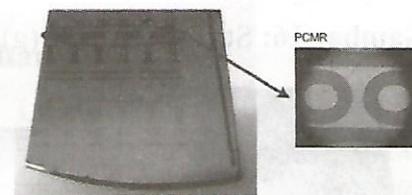
- Kecepatan putar pada pelapisan VM-651 sebesar 3500 rpm.
- Kecepatan putar pada pelapisan PI-2545 sebesar 5000 rpm.
- Kecepatan putar pada pelapisan *photoresist* sebesar 3500 rpm.
- *Photo exposure* dilakukan selama 60 detik menggunakan lampu Xenon dengan daya sebesar 300 Watt dan jarak substrat ke titik pusat lensa sejauh 5 cm.
- *Wet etching* menggunakan larutan TMAH.
- *Resist Strip* menggunakan larutan *N-butylacetate*.

Pola-pola waveguide yang dihasilkan pada

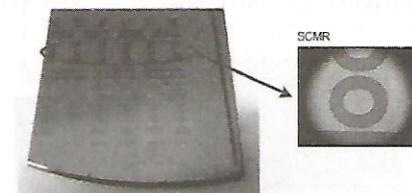
substrat setelah proses *wet etching* beserta foto perbesaran untuk masing-masing struktur dengan menggunakan mikroskop optik ditunjukkan pada Gambar 10-18.



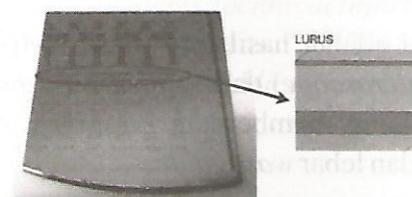
Gambar 10: Struktur SMR (a)



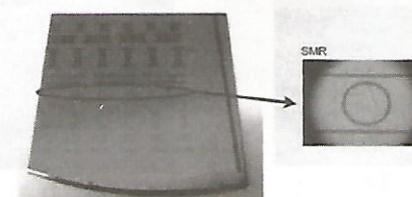
Gambar 11: Struktur PCMR (b)



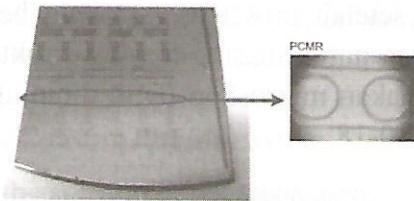
Gambar 12: Struktur SCMR (c)



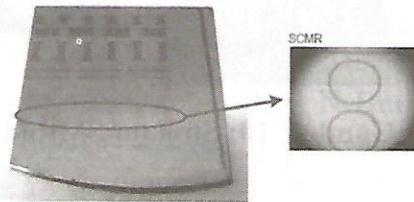
Gambar 13: Waveguide lurus (d)



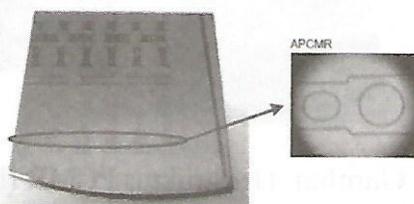
Gambar 14: Struktur SMR (e)



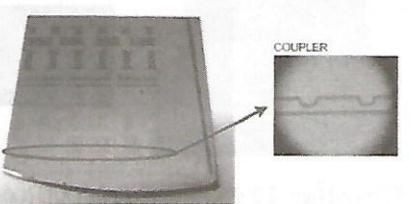
Gambar 15: Struktur PCMR (f)



Gambar 16: Struktur SCMR (g)

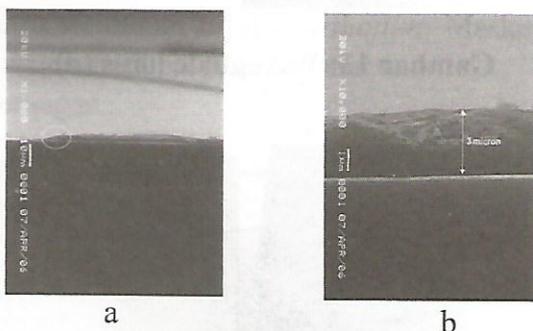


Gambar 17: Struktur APCMR (h)



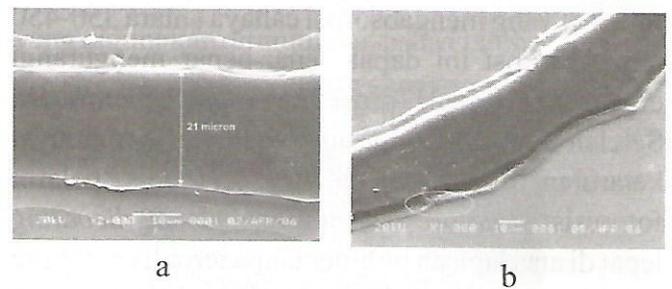
Gambar 18: Coupler (i)

Berikut ini adalah hasil foto-foto SEM (*scanning electron microscope*) dari sampel *waveguide* hasil fabrikasi, yang memberikan informasi mengenai ketebalan dan lebar *waveguide*.



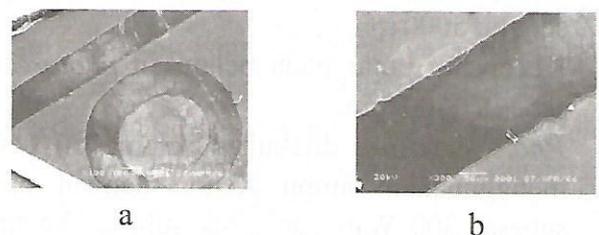
Gambar 19: Penampang Samping Waveguide 200 micron

Pada Gambar 19.a (penampang samping dengan perbesaran 1,000 kali) dapat dilihat bahwa ujung dari *waveguide* membentuk segitiga (lingkaran kuning). Ini disebabkan karena *wet etching* menggunakan TMAH yang bersifat *anisotropic*. Pada Gambar 19.b (penampang samping dengan perbesaran 10,000 kali) menunjukkan bahwa ketebalan polimer *waveguide* yang dihasilkan sebesar 3 micron. Gambar tersebut juga memperlihatkan bahwa lapisan fotoresist yang berada di atas lapisan polimer, telah berhasil dideveloping menggunakan TMAH.



Gambar 20: MRR 200 micron sebelum resist strip

Dari Gambar 20.a dapat dihitung bahwa lebar *waveguide* setelah fabrikasi menjadi 21 micron (lebar *waveguide* di masker sebesar 50 micron). Ini berarti lebar *waveguide* berkurang sebesar 58 % setelah fabrikasi. Dari Gambar 20.b dilihat bahwa ada lapisan resist yang berada di permukaan silikon (di lapisan dasar *waveguide*) yang ditunjukkan oleh lingkaran berwarna kuning). Gambar 20.b juga menunjukkan bahwa dinding *waveguide* 50 micron yang berhasil difabrikasi belum rata.



Gambar 21: MRR 200 micron sesudah resist strip

Dari Gambar 21.a dapat dilihat bahwa belum maksimalnya proses *resist strip* yang dihasilkan, sehingga permukaan *waveguide* menjadi kotor dan

menghilangkan sebagian lapisan polimer. Pada Gambar 21.b (setelah *resist strip*) maka terlihat bahwa proses *resist strip* telah menghilangkan lapisan resist yang terdapat di lapisan dasar *waveguide* (ditunjukkan oleh lingkaran berwarna kuning).

Waktu lamanya *exposure* akan mempengaruhi hasil pola *waveguide* yang terbentuk, jika waktu *exposure* terlalu sebentar atau terlalu lama maka daerah yang tidak terkena cahaya dapat ikut larut dalam larutan *developer*, sehingga pola *waveguide* tidak terbentuk. Sejauh ini dengan waktu *exposure* selama 60 detik, masker *waveguide* dengan lebar 200 m terpola cukup baik, sedangkan pola dengan lebar 50 m sebagian masih belum terbentuk optimal. Lebar garis pada pola *waveguide* ini, diharapkan dapat mencapai ≤ 50 m.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa indeks refraksi polimer dari hasil *spin coating* pada kecepatan 5000 rpm adalah 1.73 sedangkan referensi dupont adalah 1.78, perbedaannya sebesar 0.05. Berdasarkan hasil SEM (Scanning Electron Microscope), proses fabrikasi *waveguide* dengan kecepatan putar 5000 rpm pada pelapisan PI-2545 menghasilkan ketebalan lapisan polimer sebesar 3 m. Masker *waveguide* dengan lebar 50 m, mengalami penyusutan lebar yang lebih besar dibandingkan masker 200 m. Proses Resist Strip yang telah

dilakukan berhasil menghilangkan lapisan resist yang terdapat di dasar *waveguide*. Oleh karena itu, untuk memperoleh hasil *waveguide* yang lurus dan rata, dengan lebar dan ketebalan yang diharapkan, saat ini masih dilakukan optimasi dalam proses *exposure*, *wet etching*, dan *resist strip*

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didanai melalui program Kompetitif tahun anggaran 2006 untuk itu kami ucapkan terimakasih atas terlaksananya penelitian tersebut.

5. Daftar Pustaka

1. Louay Eldada, "Polymer Integrated Optics : Promise vs. Practicality", *DuPont Photonics Technologies*.
2. Mark Bachman, "RCA-1 Silicon Wafer Cleaning", *UCI Integrated Nanosystems Research Facility University of California*, 1999.
3. Mark Bachman, "RCA-2 Silicon Wafer Cleaning", *UCI Integrated Nanosystems Research Facility University of California*, 2002.
4. HD MicroSystems, "VM-651 and VM-652 Adhesion Promoters", *HD MicroSystems Technical Information*.
5. HD MicroSystems, "PI-2545 Wet Etch Polyimide", *HD MicroSystems Technical Information*.

Karakterisasi Elemen Transduser Piezoelektrik Untuk Komunikasi Bawah Air

Syamsu Ismail dan Deni Permana

Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI
Kampus LIPI Gd. 20 Jl. Sangkuriang Bandung 40135
e-mail : ismail@ppet.lipi.go.id

Abstract

A transducer is a key element in underwater communication and other electronic application systems, because its performance determines the quality of the system. Therefore, characterization of the transducer is very important to be done. There are two possible functions, of conversion done by an underwater transducer i.e., as hydrophone, it accomplishes the task of converting vibratory mechanical energy to alternating electrical energy, and as projector, it reverses the function. This paper describes a characterization of a transducer as a projector and as a hydrophone. Measurement, of the transducer as projector is done by applying driver signal to the transducer, then a calibrated hydrophone accepts the generated vibration. The measured parameters are frequency response, maximum driving power, saturation, and conversion factor. In measurement, of the transducer as a hydrophone, it converts mechanical vibration energy from acoustical vibration source, generated by standard projector which is driven by sonic power generator. The measurement results are the sensitivity at certain frequency, maximum acoustical driven power, self noise, and conversion factor. Those measurements determine the appropriate treatment of the transducer, whether the transducer better used as a projector, a hydrophone, or both.

Key words : piezoelectric transducer, projector, hydrophone, frequency response, maximum power.

Abstrak

Transduser adalah elemen penting pada sistem komunikasi bawah air, juga pada aplikasi elektronik bawah air lainnya, karena kinerjanya merupakan salah satu factor yang menentukan kualitas dari sistem itu. Oleh karena itu, karakterisasi transduser menjadi sangat penting untuk dilakukan. Terdapat dua jenis konversi pada elemen transduser untuk aplikasi bawah air, yaitu hidrofons yang mengkonversikan energi getaran mekanik menjadi energi getaran listrik, dan proyektor yang melakukan konversi energi sebaliknya. Tulisan ini akan menjelaskan karakterisasi transduser sebagai proyektor dan sebagai hidrofon. Pengukuran sebagai proyektor dilakukan dengan memberikan sinyal pendorong pada terminal listrik transduser, kemudian menangkap getaran akustik yang dihasilkannya dengan hidrofon terkalibrasi. Dari pengukuran ini diperoleh data frekuensi respons, daya maksimum yang dapat ditransfer, dan faktor konversi projectoric. Pada proses kebalikan, di mana transduser diperlakukan sebagai hidrofon, sumber getaran akustik dibangkitkan oleh proyektor standard yang diberi daya pendorong dari generator sonik. Pengukuran transduser sebagai hidrofon menghasilkan data kepekaan, level kebisingan diri (self noise), dan faktor konversi hidrofonsik. Dari kedua cara pengukuran tersebut dapat diketahui apakah transduser itu sesuai untuk proyektor, hidrofon, atau keduanya.

Kata kunci : piezoelektrik transduser, proyektor, hidrofon, tanggapan frekuensi, daya maksimum.

1. Pendahuluan

Elemen transduser piezoelektrik yang beredar di pasaran elektronik Indonesia, biasanya tidak dilengkapi dengan lembar data teknis yang memadai. Hal ini akan sangat menyulitkan pada saat Kita ingin memaksimalkan aplikasi dari transduser. Oleh karena itu, karakteristik dari

sebuah elemen transduser piezoelektrik merupakan hal penting yang harus diketahui. Dengan adanya permasalahan tersebut, maka pada tulisan ini akan dibahas bagaimana cara melakukan pengukuran karakteristik dari sebuah elemen transduser piezoelektrik. Pada saat elemen transduser piezoelektrik tersebut difungsikan

sebagai projector, maka pengukuran yang dilakukan meliputi respon frekuensi, serta daya pendorong elektrik maksimum yang dapat dikonversikan. Sementara pada saat sebuah elemen transduser piezoelektrik difungsikan sebagai hidrofon, maka pengukuran yang dilakukan meliputi sensitivitas, tingkat kebisingan sendiri (*self noise level*), faktor konversi serta frekuensi respon.

2. Teori Dasar

Dalam pengukuran respons frekuensi, sebagai sumber sinyal respons akan Kita menggunakan *function generator type BK Precision 4040A 20 MHz Sweep/Function Generator*. Sinyal keluaran dari generator diset pada frekuensi tengah dari frekuensi kerja transduser, dan level yang terukur akan dicatat sebagai level acuan untuk semua frekuensi di sisi bawah maupun di sisi atasnya. Untuk pengukuran level daya sonic maksimum, dapat dilakukan dengan menaikkan daya pendorong pada transduser sampai daya keluaran pada hidrofon jenuh, level daya mulai jenuh adalah merupakan daya listrik maksimum. Dalam Pengukuran kepekaan, dilakukan dengan menurunkan level daya akustik sampai pada level tertentu dimana level tersebut masih dikonversikan oleh hidrofon dengan persyaratan yang masih terpenuhi. Kebisingan diri (*self noise*) harus diukur pada saat tidak ada getaran akustik di dalam medium transmisi, air. Sedangkan faktor konversi dihitung dari perbandingan daya akustik yang jatuh pada permukaan transduser dengan daya *output* listrik yang dikonversikan. Faktor konversi dari proyektor diperoleh dengan prosedur kebalikan dari hidrofon. Persamaan 1 menunjukkan faktor konversi atau efisiensi transduser sebagai proyektor^[1].

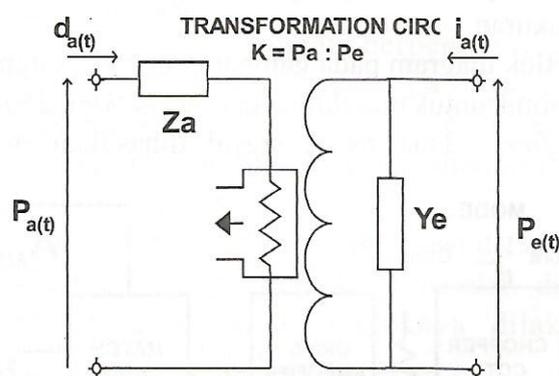
$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \dots\dots\dots(1)$$

Sedangkan persamaan 2 faktor konversi atau efisiensi transduser sebagai hydrophone.

$$\eta = \frac{\text{Converted Power}}{\text{Incident Power}} \dots\dots\dots(2)$$

Pengertian umum transduser adalah suatu divais yang dapat mengkonversikan suatu bentuk energi ke dalam bentuk energi lain. Sistem komunikasi bawah air membutuhkan transduser untuk mengkonversikan energi getaran akustik ke dalam energi getaran listrik, atau sebaliknya. Rangkaian ekuivalen dari suatu transduser elektroakustik ditunjukkan oleh gambar 1. besaran energi akustik yang berupa getaran mekanik di dalam medium, akan dikonversi ke dalam besaran energi getaran listrik jika transduser tersebut difungsikan sebagai *hydrophone*. Sedangkan untuk transduser elektroakustik yang berfungsi sebagai proyektor, maka energi getaran listrik akan dikonversi ke dalam energi getaran akustik.

Rangkaian ekuivalen pada gambar 1. adalah merupakan transformator, dengan K merupakan perbandingan transformator. Pada sisi akustik, besaran yang sekawan adalah $d_{a(t)}$ dan $P_{a(t)}$, sedangkan di sisi elektrikal, besaran yang sekawan adalah $i(t)$ dan $P_{e(t)}$. Impedansi akustik atau mekanik adalah Z_a , dan admintansi listrik Y_e .



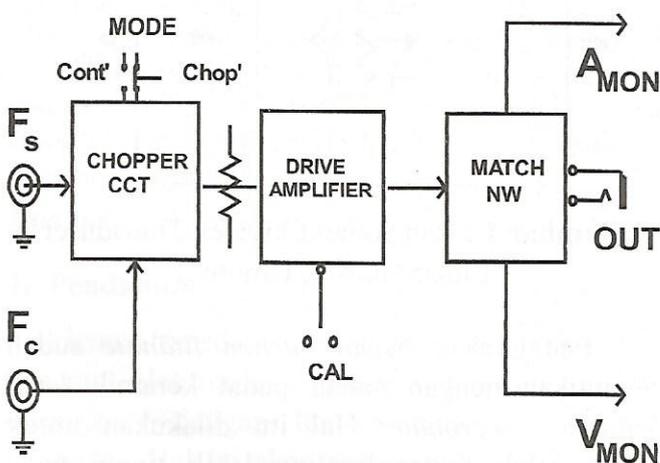
Gambar 1 : Rangkaian Ekuivalen Transduser Elektroakustik Umum^[2].

Penggunaan bahan *barium titanate* sudah digantikan dengan bahan padat keramik *Lead Titanate Zincronate*. Hal itu dilakukan untuk memperoleh faktor kopling lebih tinggi pada transduser piezoelektrik. Rumus kimia bahan tersebut adalah $Pb(Zr,Ti)O_3$, oleh Cletive

Corporation dengan nama PZT. Bahan PZT tersebut digunakan pada hydrophone dan proyektor^[2]. Transduser yang difungsikan sebagai hidrofon akan bekerja bila ada medan gaya yang jatuh pada lempeng, sehingga lempeng bergetar, dan akan menghasilkan beda potensial listrik pada kedua kutub elektroda, gaya tersebut berasal dari gelombang akustik di dalam medium^[3]. Besar potensial listrik yang timbul sebanding dengan besar medan gaya yang jatuh di permukaan kristal. Sebaliknya bila transduser berfungsi sebagai proyektor, maka pemberian medan listrik pada kedua elektroda dapat mengakibatkan perubahan ketebalan, atau perubahan bentuk menyerong (*shear*) pada lempeng kristal. Besarnya penyimpangan dimensi ketebalan kristal maupun bentuk permukaan (*shear*) akan sebanding dengan perubahan potensial pada kedua elektroda kristal piezo.

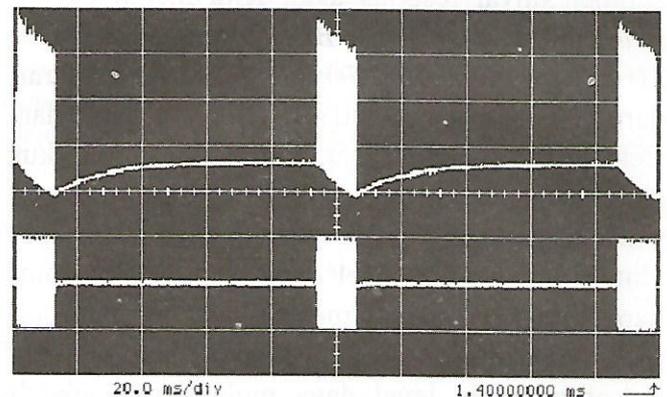
Dalam pengukuran transduser sebagai hidrofon dibutuhkan sumber standar. Untuk kebutuhan tersebut, maka transduser standar sebagai proyektor akan digunakan. Proyektor dihubungkan pada rangkaian *drive amplifier* dengan daya elektrik yang dapat dimonitor selama pengukuran.

Blok diagram pada gambar 2. adalah penguat daya sonik untuk proyektor, atau *Power Sonic Drive Amplifier*. Dua mode sinyal dihasilkan oleh



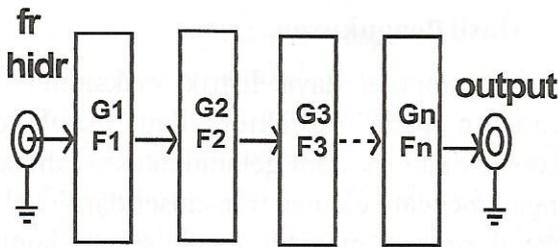
Gambar 2 : Blok Diagram *Power Sonic Drive Amplifier* untuk Proyektor.

rangkaian ini, yaitu sinyal kontinu dan sinyal terputus-putus dengan frekuensi F_c . Dalam pengukuran, terutama di lapangan, biasanya digunakan sinyal terputus-putus. Daya pendorong yang dipancarkan dimonitor pada V_{MON} . Bentuk sinyal keluaran *Power Sonic Drive Amplifier* sebelum dan sesudah *matching network* ditunjukkan pada gambar 3. *Matching network* adalah rangkaian antar muka untuk menyesuaikan impedansi output *Drive Amplifier* dengan Proyektor. Disamping itu, juga sebagai rangkaian isolasi antara medium air dengan sistem.



Gambar 3 : Sinyal Keluaran *Power Sonic Drive Amplifier*.

Pada pengukuran transduser berfungsi sebagai proyektor dibutuhkan penerima sinyal akustik standar. Penerima sinyal akustik tersebut terdiri dari Hidrofon standar dengan penguat sinyal yang sudah dikalibrasi. Sinyal dari keluaran hidrofon diperkuat beberapa kali dengan rangkaian penguat rendah derau. Untuk membatasi frekuensi, digunakan filter pembatas frekuensi rendah dan tinggi (BPF). Faktor Penguatan G dan *Noise Figure* F pada tingkat awal besar pengaruhnya pada *noise factor* dari sistem penerima, dalam hal ini penerima akustik. *Noise factor* merupakan perbandingan antara S/N keluaran dengan S/N masukan^[4], seperti ditunjukkan pada persamaan 2. Diagram blok penguat dengan kaskade n -tingkat untuk hidrofon dapat dilihat pada gambar 4^[4].



Gambar 4 : Blok Diagram Penguat dengan Kaskade n-Tingkat untuk Hidrofon.

Persamaan *noise factor*, atau disebut juga dengan *noise figure* (dalam dB), untuk tiap tingkat pada diagram gambar 3.3 adalah sebagai berikut :

$$F = \frac{(S/N)_{\text{output}}}{(S/N)_{\text{input}}} \dots\dots\dots(3)$$

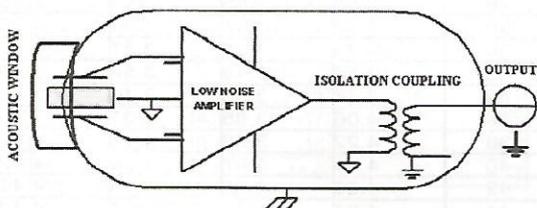
Noise factor total jika diturunkan akan menghasilkan umum persamaan 3^[4].

$$F_t = F_1 \frac{(F_1 - 1)}{G_1} \dots \frac{(F_n - 1)}{G_1 \cdot G_2 \dots G_{(n-1)}} \dots\dots\dots(4)$$

Untuk sistem dengan tingkat awal berupa redaman L, *noise factor* akan bertambah sesuai dengan besar redamannya. Persamaan 4. menunjukkan peningkatan *noise factor* bila antara hidrofon dengan penguat tingkat pertama ada redaman sebesar L.

$$F_t = L \cdot F_1 \frac{(F_1 - 1)}{G_1} \dots \frac{(F_n - 1)}{G_1 \cdot G_2 \dots G_{(n-1)}} \dots\dots\dots(5)$$

Oleh karena itu, pemasangan penguat tingkat pertama harus diusahakan sedekat mungkin dengan elemen hidrofon, bahkan sebaiknya menjadi rangkaian terintegrasi. Gambar 5. salah satu contoh konstruksi elemen hidrofon terintegrasi dengan *Low Noise Amplifier*.



Gambar 5 : Konstruksi Elemen Hidrofon yang Terintegrasi dengan LNA.

Daya noise dasar yang muncul dalam sistem penguat adalah seperti persamaan 5. berikut ini.

$$N = F_1 k T_s B_w \dots\dots\dots(6)$$

dengan : $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ [J/K] adalah konstanta Boltzman, T_s adalah noise temperatur dalam [K], dan B_w dalam [Hz] adalah lebar pita frekuensi dari sistem.

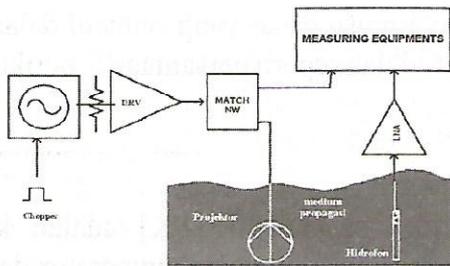
3. Metoda Pengukuran

Dalam sebuah sistem komunikasi, permasalahan yang sering dihadapi adalah :

1. Lemahnya daya penerimaan, setelah gelombang pembawa berpropagasi melalui medium. Hal tersebut sangat ditentukan oleh kuatnya daya yang dipancarkan sumber, jarak, kondisi medium propagasi, sensitivitas dan selektivitas pada bagian penerima. Sensitivitas penerima akustik ditentukan oleh faktor penguatan dari sistem dan faktor konversi dari hidrofon.
2. Respons frekuensi yang tidak tepat, yang akan berpengaruh pada kapasitas dan kecepatan komunikasi.
3. *Noise*, yang sangat berpengaruh pada perolehan perbandingan antara sinyal dengan *noise* (S/N) dari sistem, yang pada akhirnya akan mempengaruhi kualitas penerimaan.

Dengan melakukan karakterisasi dari elemen transduser diharapkan masalah-masalah di atas dapat di atasi, atau setidaknya dilakukan kompensasi untuk perbaikan.

Untuk pengukuran transduser sebagai proyektor (Tx) dibutuhkan rangkaian pendorong dengan daya yang dapat diatur sesuai kebutuhan, seperti ditunjukkan pada gambar 2. Sebagai alat pengukur radiasi digunakan penerima akustik standar. Gambar 6. menunjukkan blok diagram pengukuran transduser^[4]. Sinyal dari sumber ada dua mode, yaitu mode kontinyu dan mode intermiten pada frekuensi rendah (*mode Chopper*).



Gambar 6 : Blok Diagram *Setup* Pengukuran Transduser.

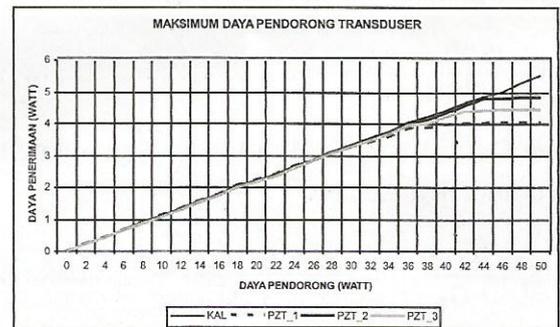
Untuk pengukuran dibutuhkan medium yang luas dan kedalaman yang memadai. Lokasi pengukuran dilakukan di danau (Cirata) dengan kedalaman sekitar 50 m. Jarak antara hidrofona dengan proyektor sekitar 9 m. Dalam pengukuran daya maksimum yang dapat dikonversikan oleh transduser sebagai proyektor, dibutuhkan jarak yang lebih jauh, tergantung pada jenis dari proyektor. Dalam pengukuran ini jarak yang dibutuhkan sampai 200m. Pada jarak tersebut sinyal yang diterima tidak terjadi *clipping* pada sinyal untuk pencatatan daya maksimum, dengan demikian berarti sistem penerimaan masih berada di dalam daerah linier. Untuk Pengukuran transduser, sebagai hidrofona maupun proyektor, ada persyaratan yang harus dipenuhi yaitu posisi keduanya ditentukan pada daerah *Far Field*. Oleh karena itu, maka diperlukan media yang cukup luas dan dalam. Pemilihan danau air tawar, disamping jarak lokasi dekat, juga didasari oleh situasi ombak, arus air yang relatif kecil. Waktu pengukuran dipilih pada jam-jam tertentu dengan suhu air harus selalu dimonitor, sehingga pengukuran dilakukan pada suhu yang relatif sama, atau setidaknya diketahui. Foto gambar 7. menunjukkan lokasi pengukuran.



Gambar 7 : Lokasi Pengukuran Transduser.

4. Hasil Pengukuran.

Kemampuan daya listrik maksimum yang dicatukan pada proyektor, dan masih dapat dikonversikan menjadi getaran akustik, dilakukan dengan mencatu elemen transduser dari level daya terkecil sampai menjadi jenuh secara kontinu. Posisi pemasangan hidrofona dan proyektor ditunjukkan pada gambar 7. Pada gambar 8 dan tabel 1 ditunjukkan hasil pengukuran daya maksimum, yang diset dari daya rendah sampai mencapai titik jenuh untuk transduser sebagai proyektor.

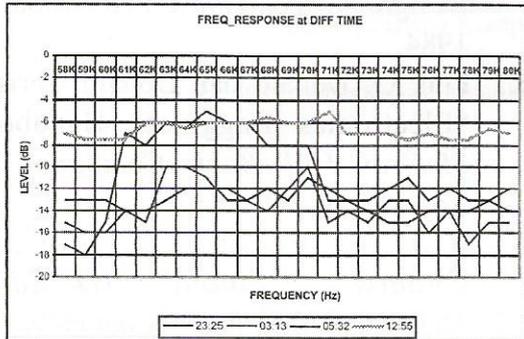


Gambar 8 : Daya Maksimum sampai Jenuh dari Transduser PZT.

Tabel 1 : Maksimum Daya sampai Jenuh dari Transduser PTZ.

KEDALAMAN HPR & PZT = 2m, D = 150m				
Lokasi: Wilayah Patok Beusi Danau Cirata				
Daya (Watt)	KAL (Watt att)	PZT_1 Rx(Watt)	PZT_2 Rx(Watt)	PZT_3 Rx(Watt)
0	0	0	0	0
2	set 0.22	set 0.22	set 0.22	set 0.22
4	0.44	0.44	0.44	0.44
6	0.67	0.67	0.67	0.67
8	0.89	0.89	0.89	0.88
10	1.11	1.13	1.1	1.07
12	1.33	1.34	1.32	1.29
14	1.56	1.56	1.55	1.54
16	1.78	1.78	1.77	1.74
18	2.05	2.05	2.04	2.01
20	2.21	2.22	2.19	2.17
22	2.41	2.42	2.39	2.36
24	2.67	2.68	2.65	2.62
26	2.88	2.85	2.85	2.85
28	3.12	3.1	3.08	3.06
30	3.33	3.28	3.27	3.27
32	3.56	3.43	3.52	3.49
34	3.78	3.58	3.74	3.67
36	4.06	3.85	4.01	3.96
38	4.22	3.88	4.15	4.02
40	4.44	3.97	4.36	4.22
42	4.66	4.02	4.59	4.41
44	4.87	4.03	4.8	4.43
46	5.02	4.05	4.82	4.45
48	5.31	4.07	4.83	4.45
50	5.53	4.07	4.83	4.45

Pengukuran frekuensi respons transduser sebagai proyektor dilakukan dengan mencatatkan sinyal berdaya tertentu pada beberapa frekuensi. Untuk karakterisasi digunakan penerima hidrofon. Gambar 7. dan tabel 2. merupakan hasil pengukuran frekuensi respons pada waktu-waktu tertentu untuk sebuah proyektor.



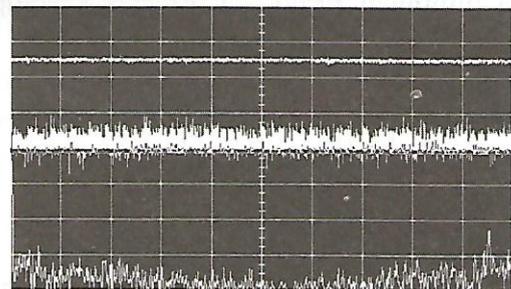
Gambar 9 : Respons Frekuensi Proyektor pada beberapa kondisi Media.

Tabel 2 : Frekuensi Respons Proyektor.

FREQ_RESPONSE Rx-Tx (di CIRATA)				
PXT_01	9-Jul-07	10-Jul-07	10-Jul-07	10-Jul-07
	G = FULL			
FREQ (KHz)	n :-17/-16	n :-17/-16	n :-15/-14	n = -8
	23:25	0:13	5:32	12:55
58K	-17	-15	-13	-7.2
59K	-18	-16	-13	-7.5
60K	-15	-15.8	-13	-7.5
61K	-7	-14	-14.2	-7.5
62K	-7.8	-14.6	-14	-6.8
63K	-6	-10	-13.2	-6.6
64K	-6	-10.1	-12.3	-6.5
65K	-5	-11	-12	-6.1
66K	-5.9	-12.8	-11.9	-6.2
67K	-6	-13	-13	-6
68K	-8	-13.9	-12	-5.5
69K	-7.9	-12.2	-12.6	-6
70K	-8	-10.1	-11.5	-6.4
71K	-13.1	-14.9	-12	-5.9
72K	-13	-14.1	-13	-7
73K	-15	-15	-13.4	-7.1
74K	-15	-13	-12	-7.3
75K	-14.1	-13.2	-11.2	-7.5
76K	-14.3	-15.8	-13	-7.6
77K	-14.2	-14	-12	-7.5
78K	-14.1	-17	-13.1	-7.5
79K	-13.5	-15	-13	-6.5
80K	-13.9	-14.6	-12	-7

Setup pengukuran transduser hidrofon sama dengan diagram gambar 6. Sumber gelombang

akustik berasal dari proyektor standar. Pengukuran daya noise hidrofon dilakukan di dalam lingkungan yang kedap getaran, tanpa sumber getaran akustik, dengan mengukur keluaran dari penguat hidrofon. Hasil pengukuran daya noise, pada daerah frekuensi 55 KHz sampai 75 KHz, dari output penguat hidrofon diperlihatkan pada gambar 10, terukur -28 dBm setelah dikuatkan 30dB dengan lebar pita 30 KHz.



Gambar 10 : Level Noise dari Hidrofon, saat OFF dan ON (tidak real time).

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan peralatan ukur seperti : *GW Instek oscilloscope type GOS 6103 100MHz*, *Synthesizer Level Generator type MG442A*, *Function Generator type BK Precision 4040A 20 MHz Sweep/Function Generator*, serta *Programmable DC PSU type TSX3510P* sebagai sumber tegangan searah yang diperlukan oleh sistem.

Grafik paling atas dalam gambar 10. menunjukkan saat pencatuan hidrofon OFF. Sinyal yang terukur adalah noise dari rangkaian penguat sinyal, pengukuran ini tidak menggunakan mode real time (*oscilloscope* bukan dalam mode real time). Sedangkan grafik tengah adalah noise pada saat pencatuan hidrofon ON. Grafik paling bawah adalah level noise dari hidrofon dalam frequency domain.

5. Kesimpulan

Dari karakteristisasi tansduser PZT_01 dapat dioperasikan sebagai proyektor untuk daerah frekuensi 55 KHz sampai 75 KHz, dengan daya

efektif maksimum sampai 50 Watt. Sedangkan pada pengoperasian sebagai hidrofona, transduser ini tidak sesuai karena noise yang dibangkitkan terlalu besar.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai melalui DIPA Program Tematik LIPI tahun anggaran 2007. Dalam kesempatan, Kami sampaikan ucapan terima kasih kepada pimpinan PPET - LIPI atas kesempatan yang diberikan untuk mempublikasikan hasil penelitian ini. Ucapan yang sama Kami sampaikan juga kepada rekan-rekan yang telah memberikan bantuan dalam penelitian ini.

6. Daftar Pustaka

1. Tucker D.G, D.Sc dan B.K. Gazey, PhD., "Applied Underwater Acoustics", Elsevier Publishing Company, New York :1962.
2. Fischer, F. A," Fundamental Of Electro-acoustics", Interscience Publisher, Inc, New York, London :1955.
3. Babikov O. I., "Ultrasonics and its Industrial Applications", Consultant Bureau, New York :1960.
4. Erst Stephen J., "Receiving System Design", Artech House , Norwood MA: 1984.
5. Fink G. Donald dan Donald Christian, "Electronics Enggineer Handbook", McGraw-Hill Book Company, New York:1986.
6. Urick J. Robert, "Principles of Underwater Sound", 3D Edition McGraww-Hill Book Company, New York :1983.

Aplikasi Bluetooth untuk Komunikasi Data pada Laboratorium Pemantau Kualitas Udara

Ade Cahyana , Indra Sakti

Peneliti Puslit Informatika LIPI

Jl.Sangkuriang Komplek LIPI Gd.20 Lt.III, Bandung, 40135

Telp : (022)2505711, 2504712

E-mail:cahyana@informatika.lipi.go.id, indra.sakti@informatika.lipi.go.id

Abstract

Monitoring air quality is one of the important tasks to maintain the quality because it will bring very serious impact to human health and environment. There for an integrated, preventive and conceptional effort is recessing to maintain the air quality. The air quality monitoring laboratory requires information from the observation fields and this information can be send via Bluetooth signaltransmission. Bluetooth is a developing technology which can be used to provide data communications between electronic equipment in a short distance.

Key Words : bluetooth, monitoring, communication

Abstrak

Pemantauan kualitas udara merupakan unsur yang sangat penting untuk dipertahankan kualitasnya karena akan membawa dampak yang sangat serius terhadap derajat kesehatan manusia dan lingkungan oleh karena itu diperlukan upaya pencegahan serta penanggulangan secara terpadu dan konsepsional agar mutu dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Salah satu kebutuhan dari laboratorium pemantau kualitas udara adalah informasi dari hasil proses pemantauan di lapangan. Dalam tulisan ini kami menggunakan media bluethooth untuk mengirimkan informasi dari lapangan. Bluetooth merupakan teknologi yang berkembang sebagai solusi kebutuhan komunikasi antar perlengkapan elektronik agar dapat saling mempertukarkan data dalam jarak yang terbatas.

Kata Kunci : bluetooth, pemantauan, komunikasi

1. Pendahuluan

Udara merupakan unsur yang sangat penting untuk mempertahankan kehidupan manusia, binatang dan tumbuh-tumbuhan. Udara yang dihirup oleh makhluk hidup dikenal dengan kualitas udara ambien yang merupakan hal pokok yang harus tetap dijaga kualitasnya, agar dapat dimanfaatkan sesuai dengan fungsinya. Ambang batas yang ditetapkan di dalam baku mutu kualitas udara ditentukan berdasarkan kajian mendalam hasil studi-studi hubungan *dosis-respons* (*dose-respons*) antara konsentrasi pencemar tertentu dan tingkat respons yang dirasakan oleh reseptor.

Perkiraan besarnya dampak yang terjadi diprediksi dengan melihat hubungan statistik antara konsentrasi di udara ambien dengan respons

gangguan kesehatan berdasarkan studi-studi dosis-respons. Oleh sebab itu, pemantauan pencemaran di udara ambien sangat penting untuk mengevaluasi dan mengetimasi besaran dampak kesehatan dan kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh pencemar tertentu. Kualitas udara ambien ditentukan oleh banyak faktor diantaranya adalah faktor meteorologi, demografi, cuaca dan sumber emisi. Pada umumnya bahan pencemar udara yang terdapat di daerah perkotaan diantaranya berupa: SO₂, NO_x, O₃, CO, HC, debu, dan pb.

Pengelolaan kualitas udara melibatkan kegiatan pencegahan, penanggulangan, dan pemulihan yang di dalamnya terdapat unsur pemantauan kualitas udara yang cukup penting

perannya dimana hasil pemantauan kualitas udara dapat memberikan kebijakan atau tindakan dalam pencegahan, penanggulangan dan pemulihan. Seperti pada tabel 1 terdapat beberapa zat pencemar utama yang dapat diidentifikasi

Tabel 1. Zat Pencemar

No	PENCEMAR	SUMBER	KETERANGAN
1	Karbon monoksida (CO)	Buangan kendaraan bermotor	Standar kesehatan: 10 mg/m ³
2	Sulfur dioksida (SO ₂)	Panas dan fasilitas pembangkit listrik	Standar kesehatan: 80 ug/m ³ (0.03 ppm)
3	Partikulat Matter	Buangan kendaraan bermotor; beberapa proses	Standar kesehatan: 50 ug/m ³ selama 1 tahun; 150 ug/m ³
4	Nitrogen dioksida (NO ₂)	Buangan kendaraan bermotor; panas dan fasilitas	Standar kesehatan: 100 pg/m ³ (0.05 ppm) selama 1 jam
5	Ozon (O ₃)	Terbentuk di atmosfer	Standar kesehatan: 235 ug/m ³ (0.12 ppm) selama 1 jam

Kegiatan pemantau kualitas udara dilakukan dengan kurun waktu yang kontiyu dimana kebutuhan akan pengolahan data hasil dari pemrosesan di lapangan membutuhkan kecepatan pengiriman data maka komunikasi data dilakukan dengan menggunakan media Bluetooth

2. Laboratorium Pemantau Kualitas Udara

Pertumbuhan kegiatan ekonomi dan pembangunan yang masih terpusat pada daerah perkotaan sekitar 70 % industri diperkirakan berlokasi di kawasan perkotaan dan sekitarnya, memacu arus urbanisasi sehingga berpengaruh terhadap penyebaran penduduk. Dengan meningkatnya jumlah penduduk dan luas lahan yang terbatas akan berakibat terhadap menurunnya kemampuan daya dukung dan daya tampung lingkungan. Pengelolaan kualitas udara melibatkan kegiatan pencegahan penanggulangan dan pemulihan yang di dalamnya terdapat unsur pemantauan kualitas udara yang cukup penting peranannya dimana hasil pemantauan kualitas udara tersebut dapat dikembangkan kebijakan atau tindakan dalam pencegahan, penanggulangan atau pemulihan.

Saat ini pemantauan kualitas udara dilakukan oleh beberapa lembaga pemerintah untuk berbagai tujuan, Kementerian Lingkungan Hidup melakukan pemantauan kualitas udara yang dilaksanakan

melalui Pusat Pengelolaan Lingkungan (Environmental Management Centre, EMC), Badan-Badan dan Dinas-Dinas Lingkungan Hidup Daerah, Laboratorium Kesehatan Lingkungan (BTKL), Badan Meteorologi dan Geofiska (BMG), PTNBR (BATAN), LAPAN, Departemen Kesehatan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan Raya (Puslitbang Jalan Raya), dan berbagai lembaga pendidikan tinggi/universitas.

Pada tahun 2000 pemerintah mulai mengoperasikan jaringan pemantau kontinyu otomatis di 10 (sepuluh) kota, yaitu Jakarta, Bandung, Denpasar, Jambi, Medan, Palangkaraya, Pekanbaru, Pontianak, Semarang dan Surabaya. Sistem pemantauan tersebut memantau konsentrasi CO, SO₂, NO_x, O₃ dan debu (PM₁₀). Data yang diperoleh dari pemantauan ini dipergunakan untuk menghitung Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan ditampilkan pada papan display ISPU yang tersebar di beberapa lokasi di dalam kota. Perhitungan ISPU dilakukan berdasarkan data pemantauan selama 24 jam. Indeks ISPU untuk tiap parameter yang dipantau menunjukkan kualitas udara selama periode 24 jam pemantauan.

- Nilai indeks <51 menunjukkan kualitas udara "Baik";
- 50<indeks<101 kualitas udara "Sedang";
- 100<indeks<199 kualitas udara "Tidak Sehat";
- 200<indeks<299 kualitas udara "Sangat Tidak Sehat";
- dan >300 "Berbahaya".

ISPU dihitung dengan menggunakan data 24 jam sebelumnya, dengan kata lain sebetulnya menunjukkan kualitas udara pada hari sebelumnya. Informasi ini umumnya tidak diketahui oleh masyarakat, dan menimbulkan kesalah pengertian yang umum berupa anggapan bahwa data yang ditampilkan adalah data saat ini (*real-time*). ISPU bertujuan untuk menampilkan kualitas udara rata-rata di seluruh wilayah kota, sehingga angka ISPU yang ditampilkan adalah yang nilainya paling tinggi dari seluruh parameter di semua lokasi

pemantauan. Hal ini juga umumnya belum diketahui oleh masyarakat luas sehingga terdapat kesalahan anggapan lain bahwa ISPU yang ditampilkan adalah kualitas udara pada lokasi papan display.

Data pemantauan kualitas udara dapat digunakan untuk mengetahui distribusi dan variasi pemajanan pencemar udara, dan selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi dan menentukan prioritas dalam pengelolaan kualitas udara. Dengan keterbatasan sumber daya pemantauan yang terjadi pada saat ini, salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai distribusi spasial dan temporal pencemaran udara adalah dengan melakukan pemodelan. Pemodelan dapat juga digunakan untuk mengestimasi dan mengevaluasi dampak dari aksi pengelolaan kualitas udara yang telah atau akan diimplementasikan.

Untuk memantau kualitas udara dibutuhkan stasion pemantau udara yang merupakan suatu sistem peralatan pemantau yang ditempatkan di dalam stasion yang dirancang khusus. Hasil pengukuran dari stasion ini meliputi : Karbon monoksida (CO), Oksida Sulfir (SO_x), Oksida nitrogen (NO_x), Hidrokarbon (HC, Timbal (Pb), Ozon perkotaan (O₃), dan partikulat (debu). Berdasarkan analisa pada stasion pemantauan laboratorium kualitas udara bergerak dan cara kerja sistem di unit mobile yaitu sistem UWEDAT (*Software dedicate laboratorium mobile Austria*), maka data-data hasil pengukuran diolah dan disimpulkan dalam data HMV (Halfhour Mean Values) yang disimpan dalam penyimpanan unit, selanjutnya dikirim ke kantor pusat (head quarter) secara periodik dengan menggunakan media Bluetooth.

Penggunaan media Bluetooth pada kegiatan ini dimaksudkan sebagai diseminasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkaitan dengan komunikasi data, dan juga sebagai penguasaan teknologi yang dapat diaplikasikan pada komunikasi data di laboratorium pemantau kualitas

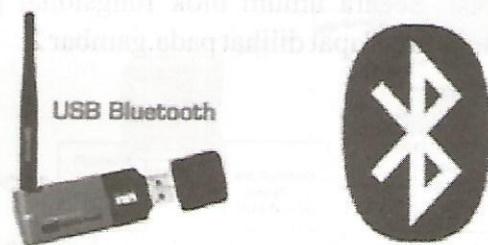
udara. Pemilihan media Bluetooth dititikberatkan untuk penggunaan komunikasi data pada jarak tertentu (jarak dekat) dengan layanan komunikasi secara *real-time*. Media ini lebih murah jika dibandingkan dengan menggunakan jalur telepon dan lebih fleksibel dibandingkan dengan menggunakan radio konvensional.

3. Bluetooth

Bluetooth merupakan teknologi komunikasi wireless (nir kabel) yang beroperasi dalam frekuensi 2,4 GHz unlicensed ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) dengan menggunakan sebuah frequency hopping tranceiver yang mampu menyediakan layanan komunikasi data dan suara secara real-time antara host-host bluetooth dengan jarak jangkauan layanan yang terbatas. Bluetooth berupa card yang bentuk dan fungsinya hampir sama dengan card yang digunakan untuk *wireless local area network* (WLAN) dimana menggunakan frekuensi radio standar IEEE 802.11, bluetooth mempunyai jangkauan jarak layanan yang lebih pendek, kemampuan transfer data yang lebih rendah dengan interoperability yang lebih baik yang mampu menyediakan layanan yang beragam.

Sistem bluetooth menyediakan layanan komunikasi point to point maupun komunikasi point to multipoint, perangkat-perangkat yang dapat diintegrasikan dengan teknologi bluetooth antara lain: PC to PC file synch (notebook to desktop), mobile PC (personal computer), mobile phone, PDA (Personal Digital Assistant), headset, kamera digital, printer, router, LAN ethernet access dan lain - lain.

Gambar.1 adalah merupakan perangkat bluetooth.



Gambar1: Perangkat Bluetooth

Beberapa perusahaan seperti : Ericsson, IBM, Intel, Nokia dan Toshiba membentuk sebuah *Special Interest Group* (SIG) untuk membuat spesifikasi yang diberi nama 'bluetooth'. Pada Tahun 1999 dokumen spesifikasi bluetooth versi 1.0 mulai diluncurkan, kemudian disusul dengan pembuatan dokumen spesifikasi bluetooth versi 2.0 yang masuk dalam standar IEEE 802.15.

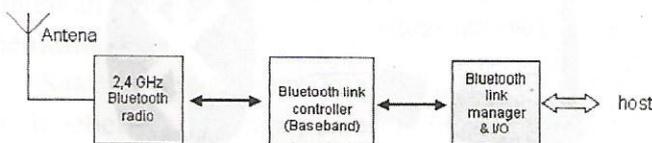
Dari proses perkembangan teknologi Bluetooth dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Perkembangan Teknologi Bluetooth

TAHUN	VERSI	KETERANGAN
Juli, 1999	1.0 dan 1.0 B	Dibutuhkan perintah manual pada Hardware Device Address (BD-ADDR) transmisi saat proses koneksi di antara dua device dalam satu jaringan (handshaking process). Keamanan user tidak terjamin. Penggunaan protokol tanpa nama (anonymite mode) tidak dimungkinkan.
Oktober, 1999	1.1 dan 1.2	Digunakannya masks pada perangkat Hardware Device Address (BD-ASSR) untuk melindungi user dari identity snooping (pengintai) maupun tracker. Penggunaan protokol tanpa nama (anonymite mode) sudah tersedia namun tidak diimplementasikan, sehingga user biasa tidak dapat menggunakannya. Adaptive Frequency Hopping (AFH), memperbaiki daya tahan dari gangguan frekuensi radio, didalam hopping sequence.
	2.0	Diperkenalkannya Non-hopping narrowband channels. Yang dapat digunakan untuk layanan profile bluetooth oleh berbagai device dengan volume yang sangat tinggi dari perangkat bluetooth secara simultan. Tidak dienkripsinya informasi yang bersifat umum secara realtime, sehingga dasar kemacetan trafik informasi dan laju trafik ke tujuan dapat dihindari waktu ditransmisikan oleh perangkat dengan melewati setiap host dengan kecepatan tinggi. Koneksi berkecepatan tinggi. Multiple speeds level.

3.1 Deskripsi Sistem Bluetooth dan Karakteristik

Sistem bluetooth terdiri dari sebuah radio transceiver, baseband link controller dan sebuah link manager. Baseband link controller menghubungkan perangkat keras radio ke base band processing dan layer protokol fisik. Link manager melakukan aktivitas-aktivitas protokol tingkat tinggi seperti melakukan link setup, autentikasi dan konfigurasi. Secara umum blok fungsional pada sistem bluetooth dapat dilihat pada.gambar 2.



Gambar 2 : Blok Fungsional Sistem Bluetooth

Dari gambar fungsional sistem bluetooth terdapat karakteristik seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik Bluetooth

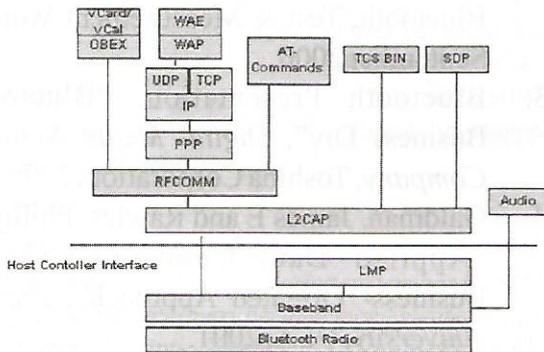
Parameter	Spesifikasi
Transmitter :	
Frekuensi	ISM band, 2400 - 2483.5 MHz (mayoritas), beberapa negara mempunyai batasan frekuensi berbeda, spasi kanal 1 MHz.
Maximum Output Power	Power class 1 : 100 mW (20 dBm) Power class 2 : 2.5 mW (4 dBm) Power class 3 : 1 mW (0 dBm)
Modulasi	GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying), Bandwidth Time : 0,5; Modulation Index : 0.28 sampai dengan 0.35.
Out of band Spurious Emission	30 MHz - 1 GHz : -36 dBm (operation mode), -57 dBm (idle mode) 1 GHz - 12.75 GHz: -30 dBm (operation mode), -47 dBm (idle mode) 1.8 GHz - 1.9 GHz: -47 dBm (operation mode), -47 dBm (idle mode) 5.15 GHz - 5.3 GHz: -47 dBm (operation mode), -47 dBm (idle mode)
Receiver :	
Actual Sensitivity Level	-70 dBm pada BER 0,1%.
Spurious Emission	30 MHz - 1 GHz : -57 dBm 1 GHz - 12.75 GHz : -47 dBm
Max. usable level	-20 dBm, BER : 0,1%

3.2 Protokol Bluetooth

Protokol bluetooth menggunakan sebuah kombinasi antara circuit switching dan packet switching. Bluetooth dapat mendukung sebuah kanal data asinkron, tiga kanal suara sinkron simultan atau sebuah kanal dimana secara bersamaan mendukung layanan data asinkron dan suara sinkron. Setiap kanal suara mendukung sebuah kanal suara sinkron 64 kb/s. Kanal asinkron dapat mendukung kecepatan maksimal 723,2 kb/s asimetris, dimana untuk arah sebaliknya dapat mendukung sampai dengan kecepatan 57,6 kb/s. Sedangkan untuk mode simetris dapat mendukung

sampai dengan kecepatan 433,9 kb/s.

Stack protokol bluetooth dapat dibagi ke dalam empat layer sesuai dengan tujuannya. Berikut protokol-protokol dalam layer-layer di dalam stack protokol bluetooth yang tertera pada gambar 3.



Gambar 3: Protokol Bluetooth

Tiga buah lapisan fisik yang utama dalam protokol arsitektur Bluetooth ini adalah :

Bluetooth radio merupakan layer terendah dari spesifikasi Bluetooth. Layer ini mendefinisikan persyaratan yang harus dipenuhi oleh perangkat tranceiver yang beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz ISM.

Baseband, layer yang memungkinkan hubungan RF terjadi antara beberapa unit Bluetooth membentuk piconet. Sistem RF dari bluetooth ini menggunakan frekuensi-hopping-spread spectrum yang mengirimkan data dalam bentuk paket pada time slot dan frekuensi yang telah ditentukan, layer ini melakukan prosedur pemeriksaan dan paging untuk sinkronisasi transmisi frekuensi hopping dan clock dari perangkat bluetooth yang berbeda.

LMP (Link Manager Protocol) bertanggung jawab terhadap link set-up antar perangkat Bluetooth. Hal ini termasuk aspek securiti seperti autentifikasi dan enkripsi dengan pembangkitan, penukaran dan pemeriksaan ukuran paket dari lapis baseband.

Protokol-protokol dan layer-layer di stack protokol Bluetooth. Tabel 4.

Tabel 4. Protokol Layer

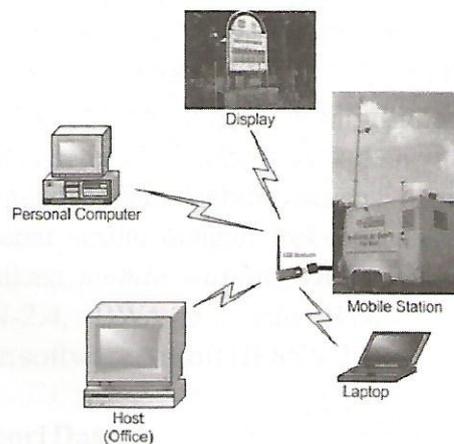
Protocol Layer	Protocols in the stack
Bluetooth Core Protocols	Baseband, LMP, L2CAP, SDP
Cable Replacement Protocol	RFCOMM
Telephony Control Protocols	TCS Binary, AT-commands
Adopted Protocols	PPP, UDP/TCP/IP, OBEX, WAP, vCard, vCal, IrMC, WAE

(sumber : Bluetooth SIG)

4. Aplikasi Sistem

Instalasi Bluetooth untuk komunikasi data pada laboratorium pemantau kualitas udara adalah sebagai berikut, seperti yang terlihat pada gambar 4. :

1. Bluetooth diinstal dan di set-up pada mobile station, dimana pada mobile station terdapat komputer untuk mengumpulkan data kualitas udara melalui sensor-sensor yang dipasang pada mobile station yang menghasilkan data-data : PM₁₀, SO₂, NO_x, O₃, CO, dan HC.
2. Dari mobile station akan disebarkan melalui komunikasi Bluetooth, yaitu ke Host (Office/Kantor), Personal Computer, Laptop, serta Display yang berada tidak jauh dari mobile station tersebut.



Gambar 4: Instalasi Sistem Pemantau Kualitas Udara

5. Kesimpulan

Dari beberapa penjelasan di atas, terlihat bahwa bluetooth mampu menawarkan solusi yang cukup efektif dan efisien di dalam memberikan layanan kepada user untuk melakukan transfer data dengan kecepatan kurang dari 1 Mbit/s dan jangkauan yang relatif pendek. Teknologi bluetooth masih memungkinkan untuk terus berkembang menuju kesempurnaan baik dari sisi standarisasi maupun aplikasi yang dapat diterapkan.

Bluetooth mampu menyediakan berbagai macam aplikasi, layanan, dengan pengoperasian dan interoperability yang tinggi dimungkinkan akan menjadi fasilitas standar pada personal komputer dimasa yang akan datang.

Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapedal Jawa Barat yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan kegiatan ini terutama kepada Drs. H. Iping dan juga rekan-rekan yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

6. Daftar Pustaka

1. Siyamta, "Pengantar Teknologi Bluetooth", *Artikel Populer Ilmu Komputer. Com*, 2005
2. Robinson . Angus, Anritsu, Stevenage, UK, "On Your Marks for Testing Bluetooth, Test & Measurement Works", September 2000.
3. Bluetooth Presentation, "Bluetooth Business Div", *Digital Media Network Company*, Toshiba Corporation, 2000.
4. Galdman. James E and Rawles. Phillip T, "Applied Data Communication A Business- Oriented Approach", *Purdue University*, USA, 2001.
5. Laporan Tahunan Bapedal AQMS., 2000.
6. Peraturan Pemerintah RI No. 41, "Pengendalian Pencemaran Udara", *Pemerintah RI*, 1999.
7. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. Kep-45/MENLH/1997, "Indeks Standar Pencemar Udara", *Pemerintah RI*, 1997.
8. "Laporan Akhir Pengendalian Pencemaran udara di Jawa Barat" Tahun 2003.

Perancangan Dan Realisasi Antena Planar *T-Shaped* untuk Frekuensi Operasi Multiband

Yuyu Wahyu dan Folin Oktafiani

Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI

Kampus LIPI Gd. 20, Jl Sangkuriang Bandung 40135

Telp. 022 250 4660, 250 4661 Fax. 022 250 4659

Email : yuyu@ppet.lipi.go.id, folin@ppet.lipi.go.id,

Abstract

Planar T-Shaped antenna for multiband operation frequency specifically for DCS, PCS, UMTS, WLAN 2.4, BWA 5.2 and BWA 5.8 wireless mobile communication system has been designed and fabricated. Planar T-Shaped antenna has been developed by modified physical part became many shape variations. The radiation pattern of the antenna is unidirectional and also its polarization is elliptic. The achievable gain of this antenna is ranged on 5,848 6,954 dBi. From measurement results of VSWR, bandwidth and input impedance, it is shown that antenna be able to operate for DCS, PCS, UMTS, WLAN 2.4, BWA 5.2 and BWA 5.8 with best performance for PCS, UMTS, dan BWA 5.2.

Keywords: BWA, planar T-Shaped, multiband

Abstrak

Telah dirancang dan dibuat suatu antena planar T-Shaped untuk frekuensi operasi multiband khususnya untuk sistem komunikasi mobil wireless DCS, PCS, UMTS, WLAN 2.4, BWA 5.2 dan BWA 5.8. Antena planar T-Shape dikembangkan dengan cara memodifikasi bagian fisiknya (geometri patch antena) dengan berbagai bentuk variasi. Pola radiasi yang dihasilkan unidireksional dan berpolarisasi elips. Gain yang yang mampu dicapai antena ini berkisar antara 5,848 6,954 dBi. Dari hasil pengukuran VSWR, bandwidth dan impedansi input menunjukkan bahwa antena yang dibuat mampu beroperasi untuk sistem komunikasi mobil wireless DCS, PCS, UMTS, WLAN 2.4, BWA 5.2 dan BWA 5.8 dengan performansi terbaik pada PCS, UMTS, dan BWA 5.2.

KataKunci : BWA, planar T-Shaped, multiband

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi komunikasi bergerak nirkabel yang semakin cepat dan beragam menyebabkan munculnya berbagai standar teknologi yang baru dan modern. Teknologi tersebut diantaranya *digital communication system* (DCS), *Personal Communication System* (PCS), *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS), WLAN 2.4, BWA 5.2 serta BWA 5.8. Standar-standar teknologi itu memiliki frekuensi pengoperasian yang berbeda-beda sehingga akan membutuhkan antena yang berbeda-beda pula.

Pada penelitian ini dibuat suatu antena yang mampu mendukung sistem komunikasi *mobile wireless* DCS, PCS, UMTS, WLAN 2.4, BWA 5.2

dan BWA 5.8. Antena yang dipilih adalah antena planar T-shaped yang memiliki dimensi yang sederhana (*compact*) dan karakteristik frekuensi operasi pada daerah dual band (2.4 dan 5 GHz).

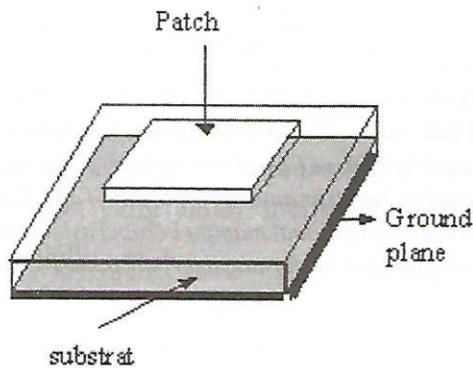
Agar antena dapat mendukung sistem komunikasi tersebut maka dilakukan modifikasi untuk mendapatkan daerah frekuensi operasi yang lebih lebar sesuai dengan frekuensi kerja sistem komunikasi *mobile wireless* DCS, PCS, UMTS, WLAN-2.4, BWA 5.2 dan BWA-5.8 dengan bantuan software Ansoft HFSS 9.2.

2. Teori Dasar

Antena planar merupakan suatu pengembangan dari antena mikrostrip dimana pada

dasarnya antena planar memiliki karakteristik fisik yang lebih sederhana, dan bandwidth yang cukup lebar. Antena planar secara umum terdiri dari 3 bagian utama yaitu : *groundplane*, *substrate* dan *patch* peradiasi. *Patch* berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik, sedangkan *groundplane* berfungsi sebagai reflektor seperti tembaga atau perak.

Proses transformasi gelombang ke udara terjadi ketika gelombang tersebut mencapai tepian dari *patch* yang kemudian sebagian gelombang dipantulkan dan sebagian lagi dipancarkan. Sedangkan *substrate* yang merupakan bidang antara *patch* dan *groundplane*, memiliki peranan yang signifikan dalam proses pemancaran gelombang. Untuk lebih jelas mengenai geometri antena planar, dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1: Bentuk Geometri Antena Planar

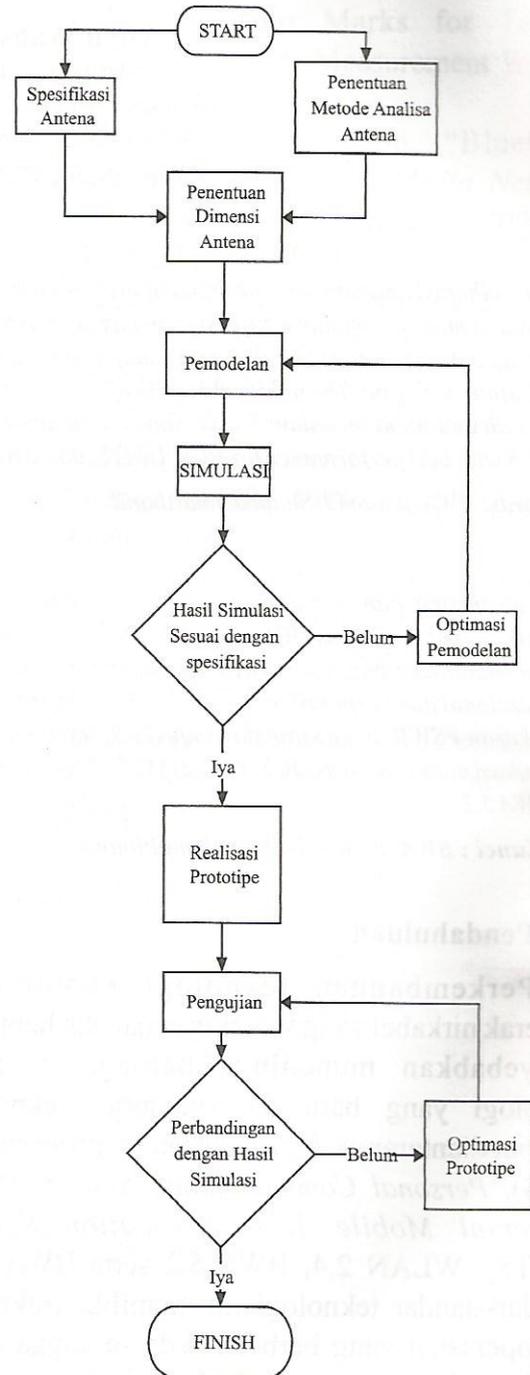
3. Spesifikasi Antena

Spesifikasi antena yang akan dirancang adalah sebagai berikut

1. Frekuensi kerja :
 - (1700-2500) MHz kategori frekuensi kerja DCS, PCS, UMTS dan WLAN
 - (5100-5900) MHz kategori frekuensi kerja BWA 5,2 dan BWA 5,8
2. Impedansi Terminal : 50Ω
3. *VSWR* : ≤ 2
4. *Gain* : ≥ 5 dBi

Bahan dielektrik yang digunakan sebagai substrat pada antena adalah *epoxy FR4*.

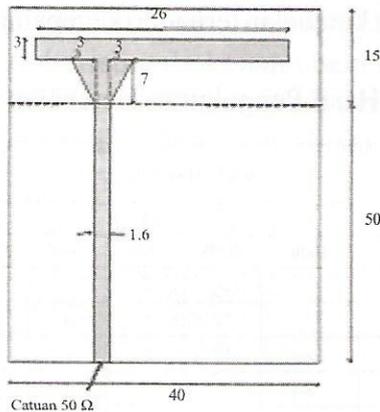
Antena planar T-Shape dikembangkan dengan cara memodifikasi bagian fisiknya (*geometri patch* antena) dengan berbagai bentuk variasi. Pada gambar 2 ditunjukkan diagram alir proses pelaksanaannya.



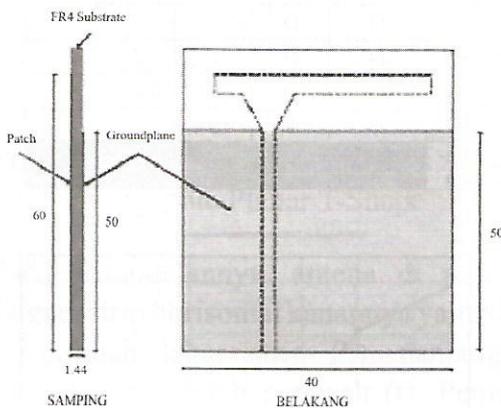
Gambar 2: Diagram Alir Proses Pengerjaan Modifikasi Antena

4. Pemodelan dan Simulasi Antena Monopole Planar T-shape

Antena yang akan di modifikasi adalah antena planar *T-shaped* yang dikembangkan oleh Y.L Kuo dan K.L Wong [6] dan pemodelan antenanya adalah sebagai berikut (dalam mm):



Gambar 3: Antena Planar T-Shape Tampak Depan

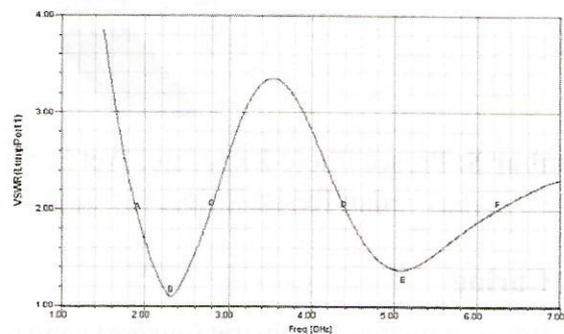


Gambar 4: Antena Planar T-Shape Tampak Samping dan Belakang

Pada gambar 3 dan 4 memperlihatkan bahwa pemodelan antena tersebut menggunakan konektor terminal 50Ω serta elemen peradiasi berdimensi $3 \times 26 \text{ mm}^2$ yang dicetak pada substrat epoxy FR4 dengan tebal 1.44 mm dan permitivitas relatif sebesar 4.4. Sebagai dasarnya maka dipilih *ground plane* yang memiliki luas $40 \times 50 \text{ mm}^2$ sebagai pendukung saluran mikrostripnya.

Dalam desainnya, terlihat bahwa antena

planar *T-Shape* terdiri dari suatu strip vertikal dan 2 buah strip horizontal yang tidak simetris di atasnya. Strip vertikal adalah saluran mikrostrip yang akan mencatu bagian patch peradiasinya dan strip horizontal yang tidak simetris akan menyebabkan 2 lintasaan arus permukaan yang berbeda sehingga mampu menghasilkan suatu mode dual resonansi. Setelah dilakukan proses simulasi maka didapatkan nilai VSWR seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 5: Grafik VSWR terhadap Frekuensi Hasil Simulasi Antena Planar T-Shaped

Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa strip horizontal kanan menghasilkan resonan dari frekuensi 1.9 GHz sampai frekuensi 2.78 GHz untuk nilai SWR yang kurang dari 2 serta didapatkan SWR terendah 1.11 pada frekuensi 2.31 GHz.

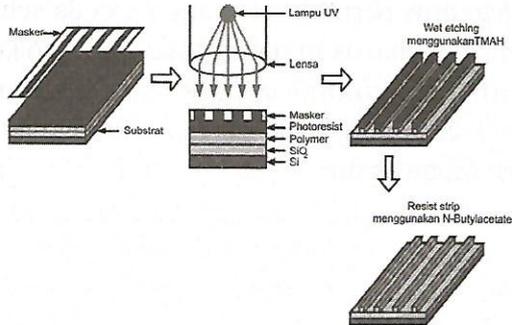
Sedangkan untuk strip horizontal kiri menghasilkan resonan dari frekuensi 4.4 GHz sampai 6.24 GHz untuk SWR kurang dari 2, serta SWR terendah 1.38 terjadi pada frekuensi 5.12 GHz. Sehingga dari data simulasi ini bisa dikatakan bahwa antena planar T-shape hanya mampu bekerja untuk sistem komunikasi *mobile wireless* UMTS, WLAN 2.4, BWA 5.2 dan BWA 5.8.

Seperti yang diinginkan sebelumnya bahwa antena planar *T-shape* kita modifikasi sehingga mampu mendukung sistem komunikasi *mobile wireless* DCS, PCS, UMTS, WLAN 2.4, BWA 5.2 dan BWA 5.8.

Akan tetapi dari hasil simulasi menunjukkan antena ini hanya mampu beroperasi pada sistem

dilakukan dengan cara merendam substrat yang telah *dietching* dalam larutan *N-Butylacetate* sampai lapisan *photoresist* hilang.

Gambar 8 menunjukkan proses *photo exposure*, *wet etching*, dan *resist strip*.



Gambar 8: Proses Photo Exposure, Wet Etching, dan Resist Strip

2.4 Curing

Proses pemanasan substrat (*curing*) yang telah selesai di *resist strip* dilakukan untuk menghilangkan sisa pelarut dan mengubah prekursor polimer (atau asam *polyamic*) menjadi lapisan polimer yang tak larut. Proses ini membutuhkan kenaikan temperatur dan kontrol lingkungan untuk mencapai hasil yang terbaik. Pada tahap *cure* terjadi reaksi imidisasi yang melepaskan produk molekul air. Untuk mencapai 90% reaksi imidisasi dibutuhkan energi termal yg cukup pada suhu 200°C. Sedangkan untuk mengusir pelarut yang tersisa dan mencapai reaksi imidisasi sempurna, dibutuhkan temperatur yang lebih tinggi, biasanya antara 300-375°C, dengan demikian sifat mekanik dan dielektrik dapat dicapai secara optimum.

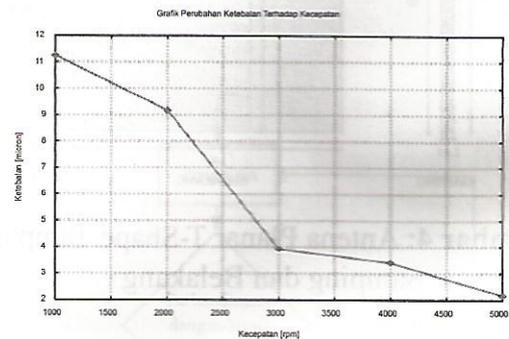
3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Fabrikasi *waveguide* polimer dalam penelitian ini, melibatkan beberapa tahapan proses seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Untuk mengetahui pengaruh kecepatan spin terhadap ketebalan polimer, maka sebelumnya dilakukan pelapisan polimer pada substrat silikon *single polish* dengan variasi kecepatan antara 1000 - 5000

rpm. Pengukuran ketebalan dengan jarum ukur menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan putar, maka ketebalan lapisan polimer yang dihasilkan akan semakin tipis. Pengukuran ketebalan lapisan polimer di 12 titik pada substrat dengan menggunakan jarum ukur ditunjukkan pada Tabel 1. Sedangkan Gambar 9 menunjukkan grafik perubahan ketebalan terhadap kecepatan.

Tabel 1: Hasil Pengukuran Ketebalan di 12 Titik

KETEBALAN					
Titik	Kecepatan				
	1000	2000	3000	4000	5000
1	3	3	2	1	2
2	7	12	5	3	3
3	9	13	4	5	3
4	8	6	2	1	2
5	14	9	6	4	2
6	12	8	7	4	1
7	13	7	7	4	3
8	9	7	1	7	0
9	17	12	7	3	3
10	14	11	2	2	1
11	16	14	1	3	3
12	13	8	3	4	3
Rata-rata	11,250	9,167	3,917	3,417	2,167

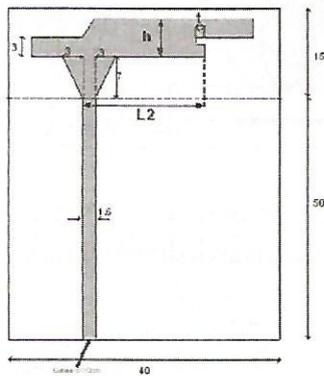


Gambar 9: Grafik Perubahan Ketebalan Terhadap Kecepatan

Di antara lima variasi kecepatan yang digunakan, ketebalan lapisan yang paling tipis dan rata dihasilkan pada kecepatan spin 5000 rpm dengan ketebalan rata-rata 2,167 μm. Hasil ini lebih mendekati ketebalan lapisan yang dibutuhkan untuk aplikasi *wave guide single mode* yaitu sekitar

komunikasi UMTS,WLAN 2.4, BWA 5.2 dan BWA 5.8 sehingga antenna perlu dimodifikasi kembali agar mampu mendukung juga DCS dan PCS.

Karena pita frekuensi DCS (1710-1885 MHz) dan PCS (1907.51912.5 MHz) berada pada band bawah maka yang perlu di modifikasi hanya bagian patch strip horizontal kanan. Ini disebabkan karena patch strip horisontal kanan bekerja untuk resonator frekuensi bawah sesuai dengan band frekuensi yang dihasilkan. Untuk itu kita buat pemodelan modifikasinya seperti terlihat pada gambar 6.



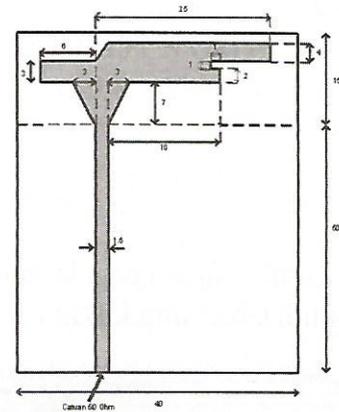
Gambar 6: Pemodelan Modifikasi Antena Monopole Planar T-Shape

Pada pemodelannya, antenna di modifikasi pada bagian strip horisontal kanannya yaitu dengan mengubah-ubah lebar strip (h), panjang strip bawah (L_2), dan celah pemisah (t). Pemodelan modifikasi ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Jan, J.Y dan Tseng, L.C yang melakukan modifikasi untuk antenna L-Shape[5] dan hasilnya membuktikan bahwa dengan mengubah lebar, panjang dan mengisi celah pemisah pada kedua sisi stripnya, nilai frekuensi resonan untuk antenna tersebut juga berubah.

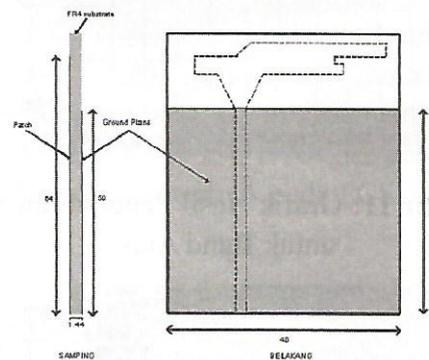
Setelah dilakukan simulasi diperoleh nilai lebar strip yang hampir mendekati spesifikasi adalah lebar strip dengan ukuran 7 mm. Panjang strip horisontal bawah yang optimal yang mendekati dengan spesifikasi adalah ukuran panjang 16 mm. Celah diantara strip yang sesuai

dengan spesifikasi adalah 1 mm.

Dari hasil simulasi maka pada gambar 7 dan 8 ditunjukkan hasil pemodifikasian dari antenna yang juga sekaligus sebagai pemodelan prototipenya .



Gambar 7: Pemodelan Prototipe Tampak Atas.

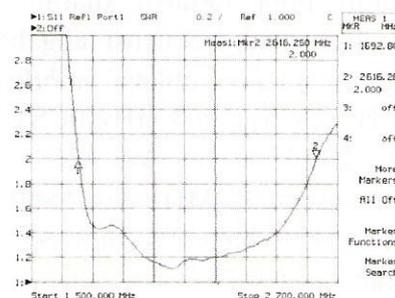


Gambar 8: Pemodelan Prototipe Tampak Samping dan Belakang

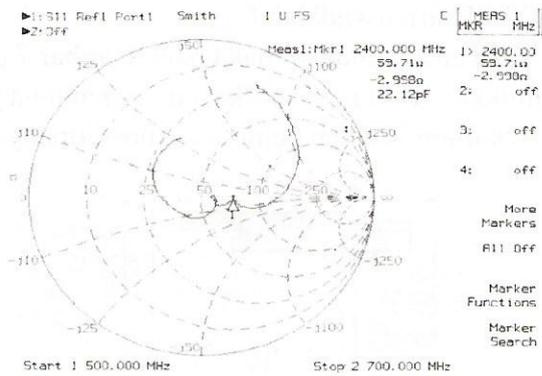
5. Hasil Simulasi dan Pengukuran

5.1 Pengukuran VSWR,Bandwidth, dan Impedansi input

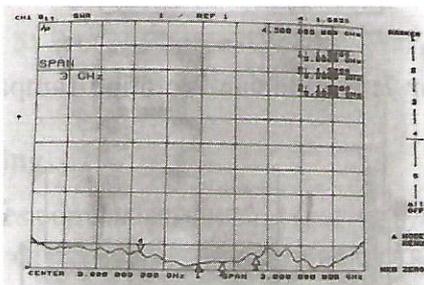
Gambar dibawah ini menunjukkan hasil pengukuran VSWR dan impedansi pada band atas dan bawah dari antenna yang dirancang.



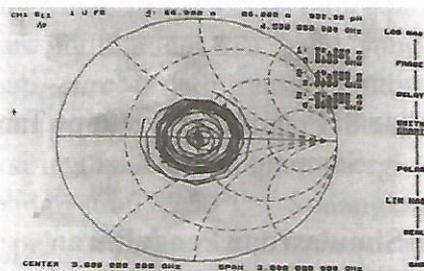
Gambar 9: Grafik hasil pengukuran SWR untuk Band bawah



Gambar 10: Grafik Hasil Pengukuran Impedansi pada Smith Chart untuk Band Bawah



Gambar 11: Grafik Hasil Pengukuran SWR untuk Band Atas

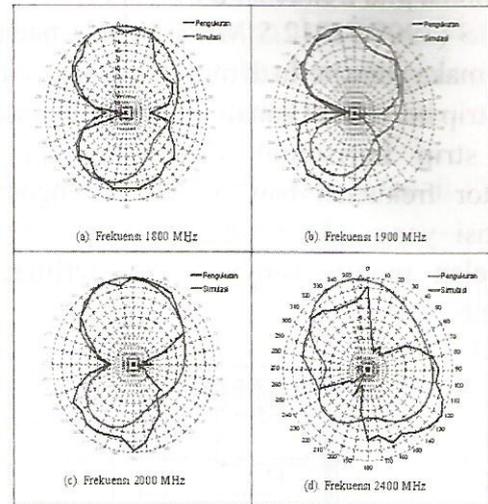


Gambar 12: Grafik Hasil Pengukuran Impedansi pada Smith Chart untuk Band Atas

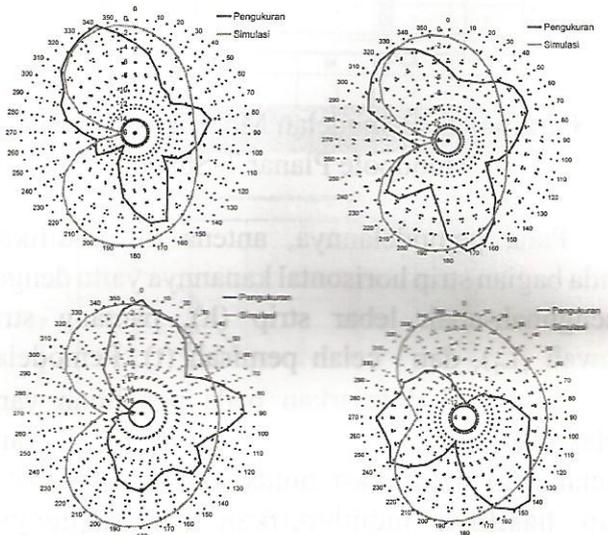
5.2 Pengukuran Pola Radiasi

Untuk pengukuran pola radiasi, diambil beberapa frekuensi yang menjadi frekuensi tengah untuk masing-masing sistem komunikasi *mobile wireless* yaitu 1800 MHz (DCS), 1900 MHz(PCS), 2000 MHz(UMTS), 2400 MHz (WLAN), sedangkan untuk frekuensi 5200 MHz dan 5800 MHz tidak diambil karena keterbatasan perangkat pendukung pengukuran disebabkan tidak adanya

kabel koaxial yang mendukung sampai frekuensi 5 GHz keatas. Perbandingan Pola Radiasi arah Azimuth dan Elevasi antara hasil simulasi dan pengukuran ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 13: Perbandingan Pola Radiasi Arah Azimuth antara Hasil simulasi dan Pengukuran



Gambar 14: Perbandingan Pola Radiasi Arah Elevasi antara Hasil Simulasi dengan Pengukuran

5.3 Pengukuran Gain Antena

Pada proses pengukuran, pengambilan data dilakukan sebanyak sepuluh kali karena adanya fluktuasi di level daya penerimaan yang kemudian

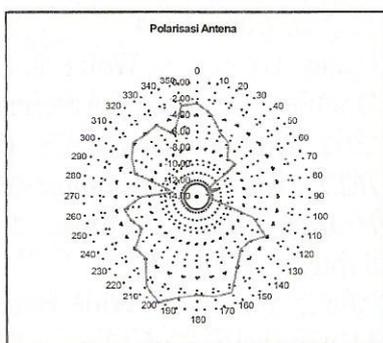
nantinya diambil rata-rata. Untuk pengambilan datanya dilakukan pada frekuensi 1800 MHz, 1900 MHz, 2000 MHz dan 2400 MHz, sedangkan untuk 5200 MHz dan 5800 MHz tidak dilakukan karena keterbatasan alat pendukung pengukuran. Hasil pengukuran *gain* dapat dilihat dari tabel di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Daya Terima Maksimum AUT dan Sleeve Dipole $\lambda/2$

No	1800 MHz		1900 MHz		2000 MHz		2400 MHz	
	AUT	REF	AUT	REF	AUT	REF	AUT	REF
	(dBm)	(dBm)	(dBm)	(dBm)	(dBm)	(dBm)	(dBm)	(dBm)
1	-35.83	-40.67	-33.13	-37.33	-39.00	-42.67	-45.50	-49.33
2	-36.00	-41.33	-33.67	-37.17	-38.67	-42.33	-45.17	-48.67
3	-35.33	-40.17	-33.83	-38.00	-38.50	-43.83	-45.67	-49.00
4	-36.17	-40.33	-34.17	-37.67	-38.33	-42.00	-45.33	-48.17
5	-36.00	-40.67	-34.33	-36.33	-38.50	-42.67	-45.67	-48.83
6	-36.33	-41.13	-34.17	-37.17	-38.33	-41.17	-45.67	-49.67
7	-36.17	-41.33	-33.17	-36.33	-38.50	-41.33	-45.83	-48.53
8	-36.33	-40.67	-34.00	-37.50	-38.67	-42.83	-45.67	-49.50
9	-36.33	-41.67	-33.67	-36.17	-38.83	-42.33	-45.67	-48.67
10	-36.17	-40.83	-33.83	-37.67	-38.67	-41.00	-45.83	-48.17
Rata-Rata	-36.066	-40.88	-33.797	-37.134	-38.6	-42.216	-45.601	-48.854
Gain (dBi)	6.954		5.477		5.756		5.393	

5.4 Pengukuran Polarisasi Antena

Hasil pengukuran polarisasi antena ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 15: Polarisasi antena

6. Analisa

6.1 VSWR, Bandwidth, dan Impedansi input

Sesuai dengan hasil pengukuran, antena bekerja pada range frekuensi yang cukup lebar. Jika antena dibatasi dengan $VSWR \leq 1.4$, maka

didapatkan antena ini hanya mampu beroperasi untuk sistem komunikasi *mobile wireless* PCS, UMTS, dan BWA 5.2. Tetapi jika kita ambil $VSWR \leq 2$, maka antena ini mampu beroperasi untuk sistem komunikasi *mobile wireless* yang kita inginkan yaitu DCS, PCS, UMTS, WLAN 2.4, BWA 5.2 dan BWA 5.8. Jika dibandingkan antara keduanya, $VSWR \leq 1.4$ memberikan koefisien pantul sebesar 0.166 dengan daya yang dipantulkan sebesar 2.77 % dan daya yang ditransmisikan sebesar 97.22 %, sedangkan $VSWR \leq 2$ memberikan koefisien pantul 0.333 dengan daya yang dipantulkan sebesar 11.11 % dan daya yang ditransmisikan sebesar 88.88 %. Dengan persentasi daya yang diperoleh ini, maka daya yang ditransmisikan masih dikategorikan relatif besar sehingga antena masih layak digunakan pada batasan $VSWR \leq 2$. Dari hasil pengukuran dan analisis tersebut maka antena ini mampu beroperasi untuk sistem komunikasi *mobile wireless* DCS, PCS, UMTS, WLAN 2.4, BWA 5.2 dan BWA 5.8 dengan performansi terbaik pada PCS, UMTS, dan BWA 5.2.

6.2 Pola Radiasi

Hasil pengukuran dan simulasi diperoleh bahwa antena ini memiliki pola radiasi unidireksional dengan arah mainbeam sejajar dengan strip vertikal. Selain itu terdapat beberapa penyimpangan hasil pengukuran dengan simulasi. Untuk arah azimuth pada frekuensi 1800 MHz, 1900 MHz, dan 2000 MHz, hasil pengukuran dan simulasi mendekati sama untuk daerah main lobenya tetapi untuk back lobenya sangat berbeda. Sedangkan untuk frekuensi 2400 MHz antara hasil simulasi dan pengukuran sangat berbeda. Sama halnya dengan pengukuran parameter pola radiasi arah elevasi yang hasilnya sangat berbeda dengan hasil simulasi.

Beberapa hal yang menyebabkan penyimpangan ini diantaranya yaitu pada simulasi, vektor medan yang datang hanya dari gelombang yang diinginkan saja dan diasumsikan pembentukan

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\sqrt{\frac{P_{\text{watt mayor}} \times 377}{A_e}}}{\sqrt{\frac{P_{\text{watt minor}} \times 377}{A_e}}} \\
 &= \frac{\sqrt{P_{\text{watt mayor}} \times 377}}{\sqrt{P_{\text{watt minor}} \times 377}} = \frac{\sqrt{5.310 \times 10^{-8} \times 377}}{\sqrt{5.048 \times 10^{-9} \times 377}} = \frac{4.474 \times 10^{-3}}{1.379 \times 10^{-3}} = 3.244
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rasio kuat medan elektrik (dB)} &= \\
 (10 \log 4.474 \times 10^{-3}) - (10 \log 1.379 \times 10^{-3}) &= \\
 -23.493 - (-28.604) &= 5.111 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Sehingga dari perhitungan rasio kuat medan elektrik dapat diketahui bahwa AUT berpolarisasi elips.

7. Kesimpulan

1. Antena planar T-Shape yang memiliki frekuensi dualband untuk WLAN 2.4 dan BWA 5.2 dapat dimodifikasi lebih lanjut menjadi multiband untuk mendukung sistem komunikasi *mobile wireless* DCS, PCS, UMTS, WLAN 2.4, BWA 5.2 dan BWA 5.8. dengan cara memodifikasi dimensi strip horizontal kanannya dengan bantuan simulator Ansoft HFSS 9.2.
2. Bentuk pola radiasi yang didapatkan menyerupai unidireksional dengan arah main beam sejajar terhadap strip verticalnya.
3. Bentuk polarisasi yang didapatkan adalah polarisasi elips.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Pusat Penelitian

Elektronika dan Telekomunikasi yang telah memberi kesempatan untuk menyusun makalah ini, juga kepada Dewan Redaksi Jurnal Elektronika yang telah memungkinkan tulisan ini dimuat.

8. Daftar Pustaka

1. _____, *hfss_onlinehelp*, Pittsburgh: Ansoft Corporation
2. Balanis, Constantine A., "Antenna Theory: Analysis and Design", *New York: Harper & Row Publisher Inc*, 1982
3. Ciais, P., C. Luxely A. Diallo, R. Staraj, G. Kossiavas, "Design of Internal Multiband Antennas for Mobile Phone and WLAN Standars", *IEEE Antennas and Wireless Propagation*, France. 2004
4. James, J.R dan Hall, P.S., "(Introduction Microstrip Antenna) Handbook of Microstrip Antennas", *IEEE Electromagnetic Waves Series*, London: Peter Pelegrinus Ltd, 1989.
5. Jan, J.Y. dan Tseng, L.C., "Small Planar Monopole Antenna With a Shorted Parasitic Inverted-L Wire for Wireless Communications in the 2.4-, 5.2-, and 5.8-GHz Bands", *IEEE Transaction Antennas and Wireless Propagation*, Vol 52, No. 7, Juli 2004
6. Liang, Y.Kuo dan Wong, K.Lu, "Printed Double-T Monopole Antenna for 2.4/5.2 GHz Dual-Band WLAN Operations", *IEEE Transaction Antennas and Wireless Propagation*, Volume. 51, No. 9, September 2003.
7. Woong, Y. Jang, "Wide-Band T-Shaped Microstrip-Fed Twin-Slot Array Antenna", *ETRI Journal*, Volume 23, No 1, Maret 2001

Sistem Perangkat Lunak untuk Pengukuran Kuat Medan Sinyal TV

Yusuf Nur Wijayanto dan Pamungkas Daud

Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI
Kampus LIPI Gd. 20, Jl. Sangkuriang Bandung - 40135
Telp. 022 2504660, 2504661 Fax. 022 2504659

Email : yusuf@ppet.lipi.go.id; pmkdaud@ppet.lipi.go.id

Abstract

Software for measuring radio frequency especially for TV signal field strength has been designed. This software is an interface of several hardwares such as field strength meter, Global Positioning System (GPS), and altimeter, which is controlled by personal computer through input/output port (I/O port). This software using Delphi program as an interface and Paradox as a database system was designed. The result obtained is a software for measuring field strength of radio frequency especially for TV transmitter signal. Further application measurement can also be taken in moving place such as Mobile Laboratory.

Keywords : mobile laboratory, TV, field strength

Abstrak

Telah dirancang sistem perangkat lunak untuk melakukan pengukuran kuat medan dari frekuensi radio terutama pada sinyal TV. Perangkat lunak ini merupakan interface dari beberapa hardware antara lain field strength meter, GPS dan altimeter, yang dikendalikan oleh komputer melalui port-port input output (I/O) yang sesuai. Sistem perangkat lunak ini dibangun menggunakan program Delphi sebagai interface dan paradox sebagai sistem database-nya. Hasil yang diperoleh berupa software yang digunakan untuk mengukur kuat medan frekuensi radio khususnya pada pemancar TV dan proses pengukurannya dapat juga dilakukan pada tempat yang sedang bergerak atau laboratorium bergerak.

Kata kunci : laboratorium bergerak, TV, kuat medan

1. Pendahuluan

Dunia *broadcast* dan *multimedia* terutama televisi (TV) telah berkembang dengan pesat. Hal ini ditunjukkan dengan berdirinya stasiun-stasiun TV swasta dengan kualitas siaran memadai dan kuantitas acara yang mampu bersaing serta cakupan (*coverage area*) yang semakin luas. Untuk menjaga kualitas pertelevisian diperlukan sistem survai pengukuran kuat sinyal (*field strength*) dari pemancar TV tersebut, sehingga penerimaan sinyal TV pada masing-masing lokasi dapat dipertahankan dan diterima dengan baik sesuai standar.

Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan sistem pengukuran kuat medan TV

dengan bantuan *personal computer* (PC) sebagai pengolah data. Dalam pengambilan data dengan cara lama biasanya digunakan secara manual dengan mencatat hasil pengukuran parameter-parameter yang telah ditentukan, kemudian dianalisa lebih lanjut dengan PC dengan waktu yang berbeda, sedangkan pada perancangan ini sistem dapat bekerja secara bersamaan. Dengan kata lain bahwa sistem ini dikendalikan oleh PC dengan menggabungkan alat-alat yang dapat mengukur parameter-parameter yang dibutuhkan antara lain *Field Strength Meter* yang merupakan alat untuk mengukur besarnya kuat medan pada rentang (*range*) radio frekuensi, *Global Positioning System* (GPS) yang merupakan alat untuk menentukan posisi secara koordinat dimuka

bumi menggunakan parameter satelit, dan *altimeter* adalah alat untuk mengukur ketinggian permukaan bumi terhadap ketinggian air laut yang menggunakan perbedaan tekanan udara. Dengan cara ini diharapkan diperoleh sistem yang mampu mengambil data dengan cepat, yang selanjutnya dilakukan analisa untuk diperoleh keluaran baik berupa grafik dan pola propagasi.

2. Teori Dasar

Broadcast adalah sistem distribusi sinyal *audio* dan sinyal *video* kepada penerima (masyarakat secara umum) dengan menggunakan media TV. Pada sistem *broadcast* diperlukan sistem pemancar sinyal *audio* dan *video* dengan menggunakan media udara yang akan diterima oleh pesawat penerima TV. Televisi merupakan sistem telekomunikasi untuk penyiaran yang menerima gambar bergerak dan suara pada suatu jarak. Frekuensi yang digunakan secara umum oleh transmiter TV adalah spektrum UHF dan VHF. UHF secara luas digunakan untuk komunikasi radio dua jalur (sering kali menggunakan modulasi frekuensi pita sempit/ *narrow band frequency*) [5,7].

Untuk mengukur kualitas dari suatu pemancar yang baik adalah dengan mengukur kualitas sinyal yang diterima pada masing-masing lokasi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, antara lain *Consultative Committee International Telegraphy and Telephony* (CCITT), *Consultative Committee International Radio* (CCIR), dan *Federal Communications Commission* (FCC) [6]. Propagasi gelombang elektromagnetik bergantung antara lain kepada kondisi seperti ketinggian, konduktivitas tanah, aktivitas matahari, dan lapisan atmosfer bumi serta kondisi alam lainnya. Dengan mengacu pada standar CCITT, CCIR, dan FCC ditetapkan nilai batas penerimaan medan elektromagnetik dipenerima (*receiver*) adalah grade I sebesar 70 dB μ V (kualitas yang baik) dan grade II sebesar 48-55 dB μ V (kualitas cukup baik untuk dipancar ulang/relay). Sistem Pengukuran

kuat medan sinyal TV yang mengacu pada standar internasional harus memperhitungkan beberapa parameter [1,6].

Kualitas penerimaan siaran TV dipengaruhi oleh beberapa parameter dari stasiun pemancar antara lain daya pancar, penguatan (*gain*) dan sistem antena pemancar, jarak lokasi pemancar dengan lokasi penerimaan, frekuensi saluran yang digunakan, penguatan dan sistem antena dari pesawat penerima, karakteristik antara antena pemancar dengan antena pesawat penerima, dan ketinggian lokasi pemancar terhadap lokasi penerima. Sesuai dengan standar CCIR diperoleh persamaan 1, merupakan parameter-parameter yang mempengaruhi sistem penerimaan sinyal TV [1,4,8].

$$P_{fs} = P_o + G_{antTx} - A_{pl} + G_{antRx} \quad (1)$$

Dimana :

- P_{fs} : Level kuat sinyal (dB)
- P_o : Daya keluaran pemancar (dB)
- G_{antTx} : Penguatan antena pemancar (dB)
- A_{pl} : Atenuasi Path Loss (dB)
- G_{antRx} : penguatan antena penerima (dB)

Besarnya daya pancar akan mempengaruhi besarnya sinyal penerimaan siaran TV pada suatu tempat dan jarak tertentu dari stasiun pemancar TV. Semakin tinggi daya pancar maka semakin besar level kuat medan penerimaan siaran TV tersebut. Namun demikian besarnya penerimaan siaran TV tidak hanya dipengaruhi oleh besarnya daya pancar.

Antena juga mempengaruhi sistem pemancar TV. Besarnya penguatan antena dipengaruhi oleh jumlah dan susunan antena serta daerah frekuensi yang digunakan. Antena pemancar UHF tidak mungkin digunakan untuk pemancar TV VHF dan sebaliknya, karena akan menimbulkan VSWR yang tinggi, sedangkan antena penerima VHF dapat saja untuk menerima signal UHF dan sebaliknya, namun penguatan antenanya akan lebih kecil dari yang seharusnya [1,2].

Path Loss dapat diartikan sebagai redaman propagasi, yaitu besarnya daya yang hilang dalam menempuh jarak tertentu. Besarnya redaman disamping ditentukan oleh kondisi alam seperti tidak adanya halangan antara pemancar dengan penerima dan kondisi ketinggian dari masing-masing lokasi maupun antara kedua lokasi, redaman sangat dipengaruhi oleh jarak antara pemancar dengan penerima dan frekuensi yang digunakan. Dengan memperhitungkan kondisi alam dan lokasi pemancar dan penerima berada, besarnya *Path Loss* (A_{pl}) dapat dihitung dengan menggunakan rumus "*Free Space Loss*", dapat dilihat pada persamaan 2 [1,2,4]. Dimana nilai jarak (D) dalam km dan frekuensi (f) dalam MHz [8].

$$A_{pl} = 32,5 + (20 \log D) + (20 \log f) \quad (2)$$

Untuk level kuat medan penerimaan siaran TV untuk frekuensi band tertentu, CCIR memberikan rekomendasi yang dapat digunakan sebagai referensi, namun demikian di setiap negara dapat saja memiliki kebijaksanaan tersendiri tentang kualitas penerimaan siaran TV yang dikaitkan dengan persyaratan kuat medan minimum. Sampai saat ini di Indonesia belum ada kebijaksanaan khusus mengenai persyaratan minimum kuat medan pancaran siaran TV yang harus dipenuhi untuk suatu penerimaan siaran TV yang dianggap baik. Sementara itu, untuk kebutuhan perencanaan pengembangan perluasan jangkauan digunakan rekomendasi CCIR sebagai acuan. Tabel 1

Tabel 1 : Kuat medan minimum oleh CCIR

Band	f (Mhz)	Saluran	Kuat Medan (dBuV/m)		
			Urban	SubUrban	Rural
HF I	47-61	2-3			48
HF II mono	87-108		70	60	48
HF II stereo	87-108		74	66	54
HF III	174-230	4-11			55
HF IV	470-605	21-37			65
HF V	606-807	38-70			70

merupakan daftar kuat medan minimum menurut rekomendasi kuat medan minimum oleh CCIR [1,6].

Untuk menganalisa perbedaan kebutuhan daya pancar antara pemancar VHF dengan UHF dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan propagasi gelombang pada "*free space*" atau menggunakan grafik propagasi yang disusun oleh CCIR serta dengan memegang variabel-variabel tertentu dalam kondisi yang sama [1,2,3].

Perhitungan dengan menggunakan rumus propagasi gelombang pada "*free space*" dengan variabel-variabel yang dipegang tetap yaitu sebagai berikut [1,2,3]:

1. Jarak pemancar dengan penerima adalah 20 Km.
2. Antara pemancar dan penerima tidak ada halangan dan ketinggian kedua antenna tidak diperhitungkan.
3. $f_{VHF} = 200$ Mhz dan $f_{UHF} = 500$ Mhz.
4. $P_{fs} =$ Kuat medan untuk $P_{fs VHF} = 75$ dB μ V/m = 50 Ω .
5. $P_{fs} =$ Daya kuat medan, $P_{fs UHF} = 80$ dB μ V/m = 50 Ω .
6. $G_{ant} = 10$ dB
7. $P_o =$ power output pemancar.

Daya keluaran pemancar diperoleh dengan mensubstitusikan harga A_{pl} dari persamaan 2 pada persamaan 1, yang dinyatakan dengan persamaan 3 berikut ini [1,4,8].

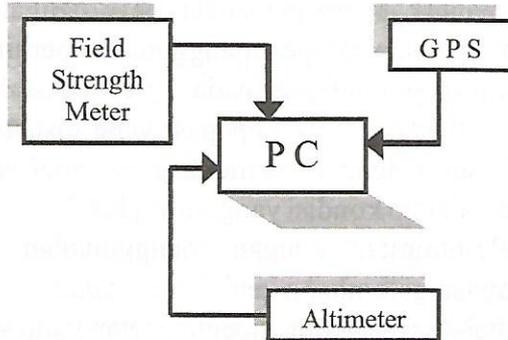
$$P_o = P_{fs} - G_{ant} + 32,5 + (20 \log D) + (20 \log f) \quad (3)$$

Dengan menggunakan persamaan 3 diperoleh besar daya keluaran pemancar VHF adalah 62,5 dBm (1,8 KW), sedangkan untuk pemancar UHF diperlukan daya keluaran sebesar 75,5 dBm (35 KW).

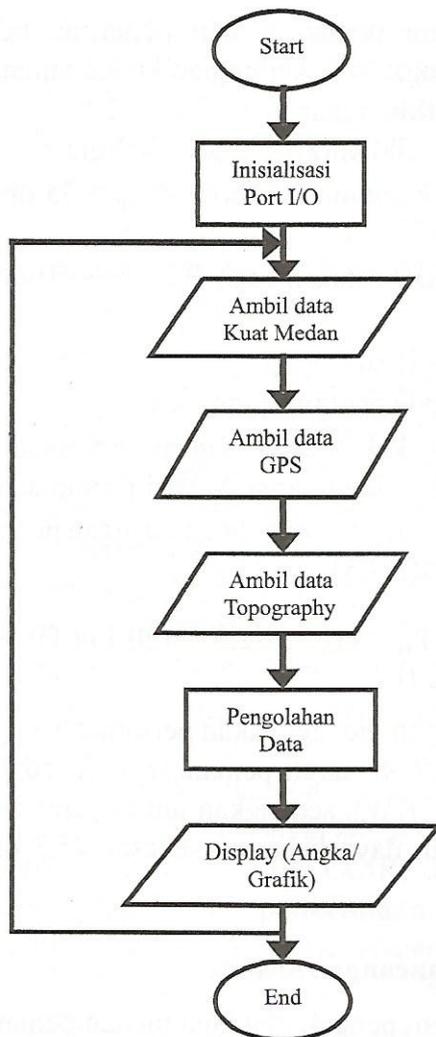
3. Perancangan Sistem

Sistem pengukuran kuat medan pemancar TV ini juga melakukan pengukur posisi dan ketinggian. Diagram blok sistem untuk pengukuran

kuat medan TV dapat dilihat pada gambar 1. PC digunakan sebagai pengolah data dan antarmuka, sehingga data yang diperoleh diubah dalam bentuk angka, grafik dan gambar ilustrasi.



Gambar 1: Diagram blok sistem



Gambar 2: Diagram alir software

Diagram alir pemrograman dapat dilihat pada gambar 2. Bahasa pemrograman menggunakan Delphi sebagai antarmuka dengan tampilan yang baik, mudah menghubungkan dengan perangkat keras, dan cocok untuk pengolahan database.

Sebelum melakukan pengambilan data dilakukan inisialisasi terhadap port-port yang digunakan antara lain *serial port*, *paralel port*, dan *Universal Serial Bus (USB) port*. Kemudian dilakukan pengambilan data baik kuat medan, posisi maupun ketinggian. Setelah itu dilakukan pengolahan data yang akan disimpan dalam database dan akan ditampilkan untuk dianalisa lebih lanjut.

Program *interfacing* antara komputer dengan alat yang digunakan melalui *serial port*, *paralel port*, dan *USB*. Komponen pendukung untuk *interfacing* telah banyak dibuat, hanya perlu sedikit pengaturan agar dapat terhubung. Salah satu bagian dari program *interfacing* yaitu pengambilan data melalui *serial port* menggunakan komponen ComPort adalah sebagai berikut :

```

    procedure TFormMain.ComPort1RxChar(Sender:
    TObject; Count: Integer);
    var
        recieved : String;
    begin
        FormMain.ComPort1.ReadStr(recieved,Count);
        DataAll := DataAll+recieved;
    end;
  
```

Database yang digunakan adalah Paradox 7, ini merupakan salah satu database yang sudah termasuk dalam paket program Delphi. Struktur data dalam program ini dapat dilihat pada gambar 3. Sebagai keterangan A (*alpha*) merupakan data dalam bentuk teks (*string*) dan N (*number*) merupakan data dalam bentuk angka (*integer*) serta + (*autoincrement*) adalah nilai selalu bertambah satu dari nilai yang terakhir. Tabel kanal beisikan data kanal yang ada, tabel lokasi merupakan data lokasi pengambilan data, dan tabel kuat medan merupakan data hasil pengukuran kuat medan.

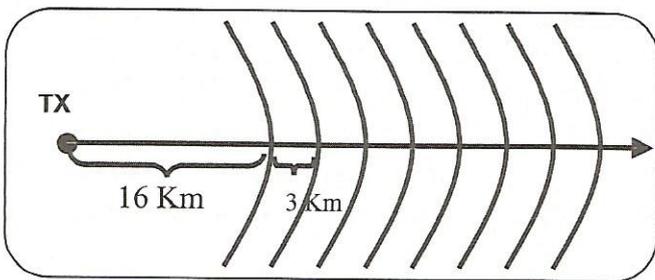
Field Name	Type	Size
Kanal	A	2
FrekuensiAudio	N	
FrekuensiVideo	N	
Stasiun	A	30

Field Name	Type	Size
Lokasi	A	30
PosisiS	A	10
PosisiE	A	10
Keterangan	A	30

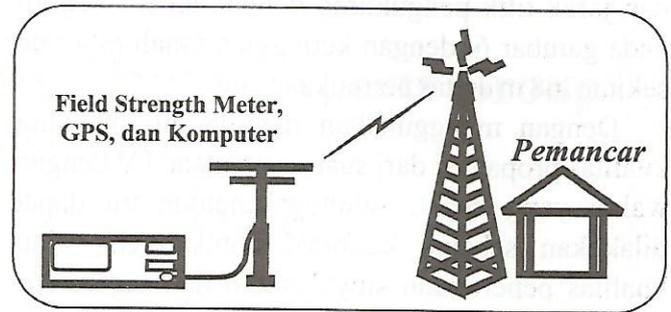
Field Name	Type	Size
No	+	
Lokasi	A	30
Kanal	A	2
KuatMedanAudio	N	
KuatMedanVideo	N	
Keterangan	A	30

Gambar 3: Struktur Data

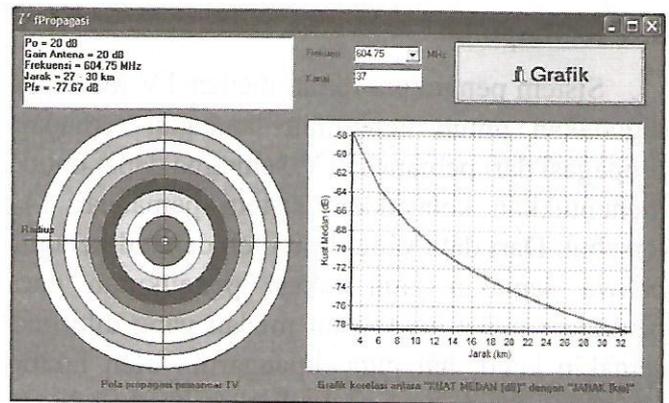
Percobaan pengambilan data kuat medan TV dilakukan dengan cara menentukan lokasi yang akan diukur lengkap dengan peta topographinya. Dari peta tersebut dibuat lingkaran (*radial*) secukupnya dari titik pemancar. Selanjutnya pada peta beri tanda untuk jarak 16 km dari pemancar, lakukan pengukuran kuat medan dan berturut-turut setiap 3 km menjauhi pemancar, terlihat seperti gambar 4. Kemudian ambil data kuat medan, posisi dan ketinggian melalui PC dan catat kondisi disekeliling lokasi seperti gedung, pohon, bukit, cuaca, waktu.



Gambar 4: Metode pengukuran



Gambar 5: Ilustrasi pengukuran



Gambar 6: Contoh grafik dan pola propagasi

4. Hasil dan Analisa

Perangkat lunak dapat melakukan pengambilan data dari pengukuran kuat medan, posisi, dan ketinggian melalui Input Output Port (port I/O) PC. Port I/O yang harus dimiliki oleh PC antara lain *serial port* (DB9) untuk interface dengan *field strength meter*, *parallel port* untuk koneksi dengan altimeter, dan *USB port* sebagai interface dengan GPS. Setelah melakukan pengambilan data dari PC memproses kemudian menyimpan ke database dan menampilkan hasilnya. Setelah melakukan pengambilan data pada titik sesuai dengan metode yang digunakan kemudian dilakukan proses analisa. Proses analisa ini akan menampilkan gambaran sederhana pola propagasi dari pemancar TV dan berbentuk grafik. Sebagai contoh pada kanal 37 dengan frekuensi suara 604,75 MHz dan dimisalkan besar daya keluaran adalah 20 dB dan penguatan antena adalah 20 dB, maka diperoleh grafik antara kuat medan

dan jarak titik pengukuran dengan antena seperti pada gambar 6, dengan ketinggian tanah rata-rata sekitar 768 m di atas permukaan laut.

Dengan menggunakan metode ini diketahui kualitas propagasi dari suatu pemancar TV dengan waktu yang cepat, sehingga metode ini dapat dilakukan sebagai kalibrasi untuk mengetahui kualitas penerimaan sinyal audio dan video dari pemancar TV dan menentukan kelayakan dari suatu sistem pemancar TV.

5. Kesimpulan

Sistem pengukuran kuat medan TV ini dapat digunakan untuk pengujian lapangan terhadap propagasi dari pemancar TV, sehingga dapat untuk menentukan kelayakan sistem pemancar TV tersebut. Dari data yang diperoleh dapat diketahui bahwa semakin jauh lokasi pengukuran dari pemancar maka besar kuat medan yang diterima semakin kecil, hal juga dipengaruhi oleh faktor alam antara lain posisi, ketinggian, gedung, gunung, dan lain-lain. Kuat medan yang diterima oleh *field strength* mengalami penurunan secara logaritmik terhadap jarak. Sistem ini dapat dikembangkan untuk menentukan tingkat siaran suatu acara yang paling banyak digemari pemirsa dari suatu stasiun TV yang menentukan bisnis dunia *broadcast*. Selain untuk mengukur kuat medan TV sistem ini juga mampu untuk mengukur propagasi dari pemancar RF yang lain selama masih dalam batas kemampuan sistem pengukuran kuat medan sinyal TV ini.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai menggunakan anggaran DIPA 2006. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Telekomunikasi PPET-LIPI yang telah memberikan fasilitas dalam pengujian alat dan semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

6. Daftar Pustaka

1. P. Daud, Y. Nur Wijayanto, D. Mahmudin, "Kajian Sistem Pengukuran Kuat Medan sinyal TV", *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi, Vol.6 No.1 pp.32-39*, 2006.
2. S. Mischa, "Information Transmission, Modulation and Noise", *Mc Graw Hill Book, International Editions*, 1990.
3. D. Roddy, K. Idris, J. Coolen, "Komunikasi Elektronika", *Penerbit Erlangga*, 1986.
4. PT. SCTV, "Term of Reference Pengukuran Field Strength dan Kualitas Video/Audio", *Pemancar SCTV*, 2002.
5. Harian KOMPAS KCM, "Solusi Atasi Gangguan Siaran Radio dan TV", *Jum'at 10 September 2004*
6. *CCIR Documents [1970-74]: CMTT/207 (Italy) dan CMTT/210 (Italy)*;
7. Setiawan D, "Prinsip perencanaan frekuensi TV Siaran di Indonesia", *Ditjen Postel-DepHub*, 2 Des. 2004
8. N. Violette. et al, "Electromagnetic Compatibility Handbook", *Van Nostrand Reinhold Company*, 1987.

Ilustrasi dari MPEG (Moving Picture Experts Group) dan Aplikasinya

Pamungkas Daud dan Deny Permana

Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi

Kampus LIPI Gd.20, Jl. Sangkuriang Bandung - 40135

Phone : 022 2504660 Fax : 022 2504659 Email : pmkdaud@ppetlipi.go.id

Abstract

MPEG is the important technology in supporting digital communication systems especially in video and audio coding. This report is about performance of Moving Picture Expert Group (MPEG) system and showed with some examples to illustrate how the system work and its for multimedia implementation to make this System easy to understand therefore we can used the advantage of MPEG system for our own applications.

Key Words : digital, communication, multimedia, MPEG

Abstrak

MPEG merupakan teknologi yang sangat berperan dalam memajukan dunia digital khususnya bidang multimedia video maupun audio. Dalam makalah ini penulis akan mencoba menceritakan kinerja sistem MPEG beserta tujuan sistem ini dibuat dan beberapa contoh ilustrasi dari sistem ini sehingga diharapkan dapat mudah dipahami, berdasarkan isi makalah ini diharapkan pembaca dapat mengaplikasikan keberadaan dari sistem ini sesuai dengan kebutuhan dan tujuan yang diinginkan.

Kata Kunci : digital, komunikasi, multimedia, MPEG

1. Pendahuluan

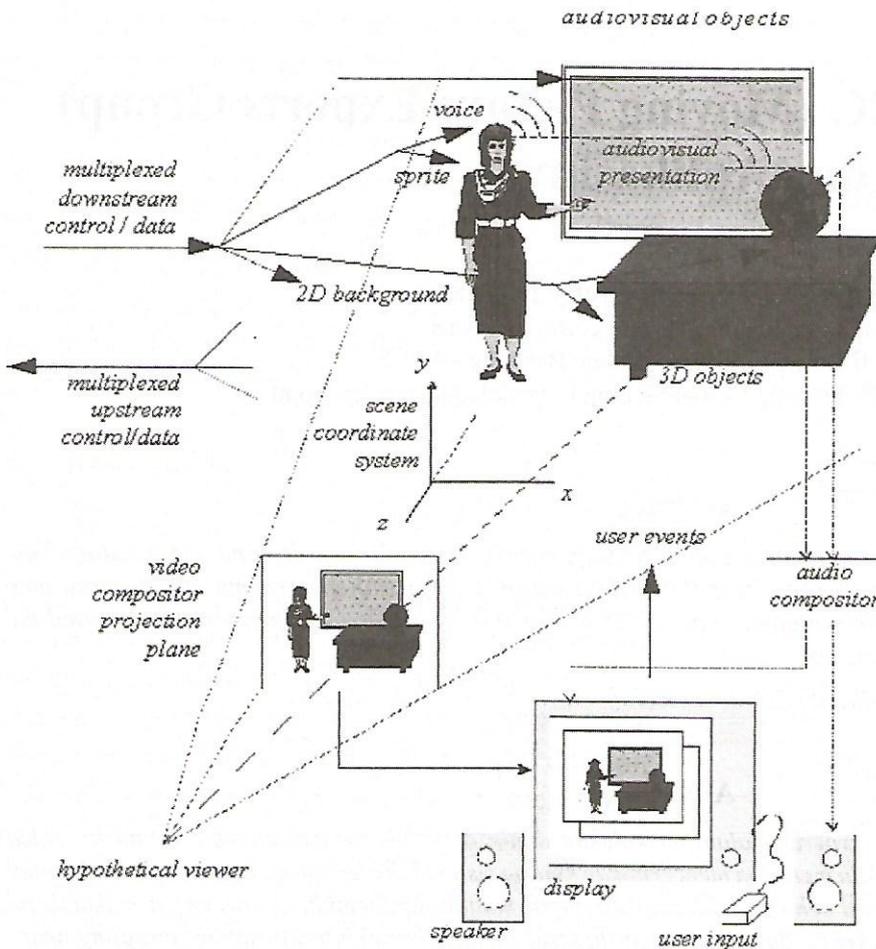
MPEG-4 adalah standard ISO/IEC yang dikembangkan oleh MPEG (Moving Picture Experts Group). Standar MPEG-4 adalah ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N4030. Tujuan MPEG-4 adalah penyediaan *tools* dan algoritma untuk penyimpanan memori yang efisien, transmisi data video dalam lingkungan multimedia[4]. Motivasi utamanya adalah kesuksesan video digital dalam bidang televisi digital, aplikasi grafis interaktif (*synthetic image content*), dan multimedia interaktif (*World Wide Web*, distribusi dan akses kandungan citra). *Audiovisual* MPEG-4 tersusun dari beberapa objek media, seperti:

- citra diam sebagai latar tetap (*fixed background*),
- objek *video* (contohnya, orang yang sedang berbicara tanpa-latar)

- objek *audio* (contohnya, suara orang yang sedang berbicara tersebut);

Content-based coding: Kebalikan teknologi pengkodean video konvensional, gambar ditampilkan sebagai suatu komposisi *video objects* (VO) dengan properti-properti intrinsik, seperti: bentuk (*shape*), gerak, dan tekstur. Dalam beberapa aplikasi, *user* dapat mengakses objek-objek dalam gambar dan memanipulasinya. MPEG-4 mendefinisikan spesifikasi *codec video* yang diharapkan dalam bentuk *verification models* (VM).

Pada gambar 1 menjelaskan tentang suatu adegan audiovisual dalam MPEG-4 yang digambarkan terdiri atas beberapa objek. Gambar diatas mengandung objek-objek media campuran yang menggabungkan objek-objek media primitif. Contohnya, objek visual orang yang sedang



Gambar 1: Contoh sebuah adegan dalam MPEG-4

berbicara dan suara orang tersebut disatukan membentuk objek media campuran yang baru, yang mengandung komponen-komponen aural dan visual orang tersebut.

2. Teori

2.1 Arsitektur ObjectBased MPEG-4

Secara diagram blok arsitektur object-based MPEG-4 dapat dilihat pada gbr. 2 sebagai berikut : Perbedaan besar dengan standard audiovisual sebelumnya, pada dasar fungsional yang baru, adalah model representasi audiovisual *object-based*. Adegan *object-based* dibangun menggunakan objek-objek yang mempunyai hubungan dalam ruang dan waktu, menawarkan sejumlah keuntungan.

Beberapa keuntungan tersebut adalah :

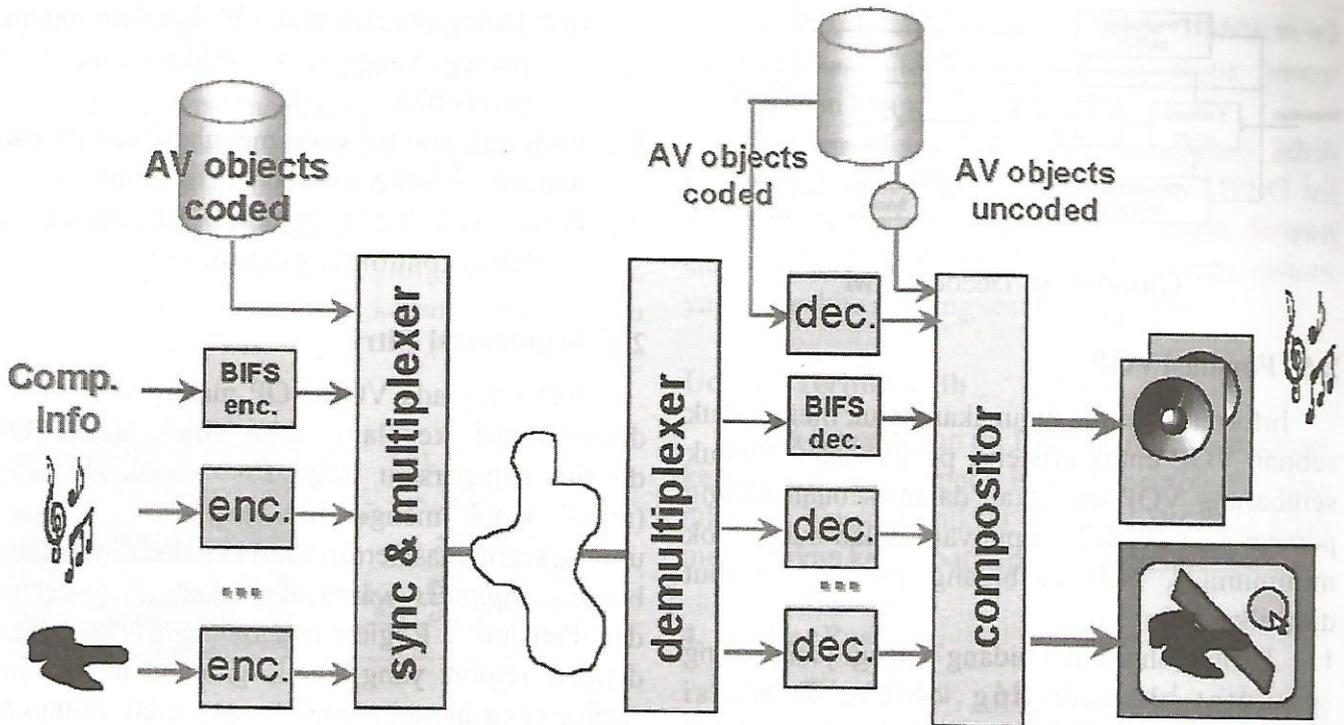
1. Tipe-tipe objek yang berbeda dapat

mempunyai representasi pengkodean yang berbeda, sementara keuntungan video dari representasi 'smart' nilai-nilai *pixel*.

2. Memungkinkan integrasi yang harmonis dari tipe-tipe data yang berbeda kedalam satu adegan: sebuah animasi kartun dalam dunia nyata, atau manusia nyata dalam suatu studio virtual.
3. Interaksi dengan objek-objek dan *hyperlinking* dari objek tersebut saat ini dimungkinkan.

2.2 Video Object Plane (VOP)

Dalam pengkodean *frame video based-objek* didefinisikan sebagai layer VOP. Tiap VOP adalah sebuah *frame video* dengan objek tertentu yang dikodekan. Misalkan, sebuah *frame video* dari sebuah kapal terbang, balon udara, dan langit

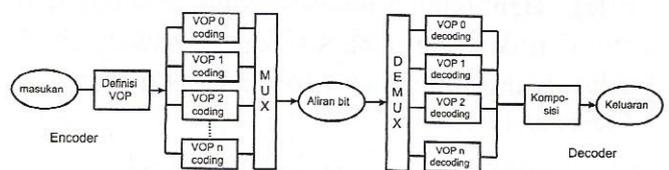


Gambar 2 : Arsitektur *objectbased* MPEG-4

dengan awan-awannya, dibagi dalam 3 VOP. Balon udara adalah VOP_1 , pesawat terbang adalah VOP_2 , dan langit adalah VOP_0 (dengan *codec* konvensional, seperti H.263). *Encoder* hanya mengkodekan VOP_1 dan VOP_2 , sedangkan VOP_0 dikodekan hanya sekali yang secara berulang-ulang dimasukkan ke *plane-plane* objek lain yang dikodekan. Dalam MPEG-4, VOP diketahui dari konstruksi urutan video (urutan hibrid berdasarkan pada komposisi *blue screen* atau urutan sintesis) atau didefinisikan oleh segmentasi semiotomatis. Informasi bentuk direpresentasikan oleh 8 bit, dikenal dengan *grey scale alpha plane*. Kasus kedua, bentuk adalah *binary mask*, mengidentifikasi pinggiran objek dan posisi objek dalam *frame*. VOP dapat mempunyai sembarang bentuk. Jika deretan hanya mempunyai satu VOP rectangular dengan ukuran tetap ditampilkan dalam interval tetap, dinamakan pengkodean *frame-based* (sama dengan H.263).

2.3 Pengkodean Objek

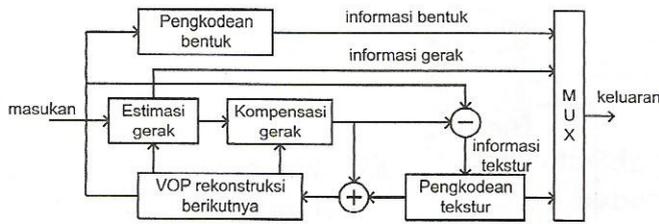
Tiap VOP menyesuaikan setelah dikodekan menjadi satu kesatuan yang dimasukkan ke aliran bit. *Encoder* juga mengirim informasi komposisi bersama dengan VOP, untuk mengindikasikan dimana dan kapan tiap VOP ditampilkan.



Gambar 3: *Encoder* VM

2.4 Encoding VOP

Secara umum struktur *encoder* VOP terdiri atas 2 bagian, yaitu: *Encoder* untuk bentuk dan *encoder* untuk gerak dan tekstur (seperti pada H.263).

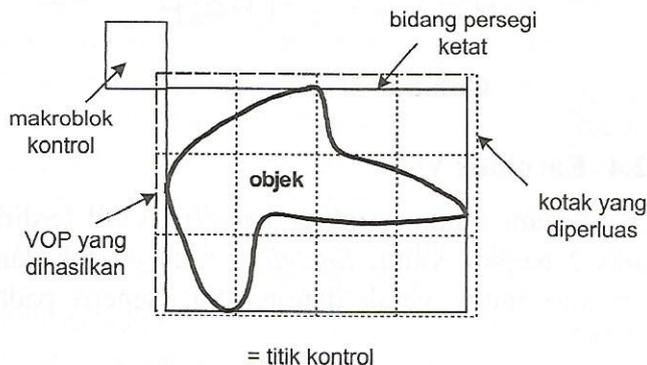


Gambar 4: Decoder VM

2.5 Formasi VOP

Informasi bentuk digunakan untuk membentuk sebuah VOP untuk efisiensi pengkodean. Bentuk sembarang VOP disatukan dalam sebuah bidang persegi agar objek mempunyai jumlah makroblok minimum[1]. Sebuah bidang persegi tersebut dihasilkan sbb:

1. Bentuklah sebuah bidang persegi yang paling ketat disekeliling objek. Dimensi chrominance VOP setengah luminance VOP (4:2:0), lalu posisi ujung kiri dari bidang persegi tersebut menjadi nomor pixel genap.
2. Jika posisi ujung kiri bidang persegi adalah frame asli, lanjutkan dengan prosedur formasi.
3. Bentuklah sebuah makroblok kontrol (MB) pada sudut kiri atas bidang persegi ketat tersebut.
4. Hitung jumlah makroblok seluruhnya yang mengandung objek, mulai dari tiap titik makroblok kontrol bernomor genap,
 - (i). Bentuklah sebuah bidang tersebut dari titik kontrol ke sisi kanan bawah objek yang terdiri 16 x 16 pixel makroblok.



Gambar 5: Formasi VOP cerdas

(ii). Hitung jumlah makroblok dalam bidang persegi yang paling sedikit terdiri satu pixel objek.

5. Pilih titik kontrol yang menghasilkan jumlah makroblok terkecil dari objek tersebut.
6. Perluas koordinat ujung kiri bidang persegi ke koordinat kontrol yang dipilih.

2.6 Segmentasi Citra

Jika tidak ada VOP-VOP maka frame video disegmentasi kedalam objek-objek dan VOP dikirim satu persatu. Region ini adalah selubung (mask) untuk mengekstrak objek citra. Secara umum, segmentasi terdiri atas ekstraksi region citra berupa brightness, warna, atau tekstur. Segmentasi dan Penyatuan Region (region merging): Mulai dengan region yang kecil, gabungkan region-region yang hampir sama sampai tidak mungkin digabung lagi. Region awal pada level yang paling bagus dapat pixel-pixel itu sendiri yang disebut atomic region. Atomic region dikonstruksi dari bagian ujung (dengan metoda ekstraksi ujung Operator Sobel) sesuai kontur objek. Ada suatu threshold antara bagian ujung (dikuatkan) dengan yang bukan ujung sehingga untuk memperoleh banyak atomic region, threshold harus rendah untuk yang kontrasnya rendah.

2.7 Pemisahan Wilayah (region splitting):

Mulai dengan wilayah yang besar, pisahkan wilayah² sampai tidak mungkin dipisah lagi. Berdasarkan asumsi foreground dan background dibedakan lewat nilai tingkat keabu-abuannya, yaitu dari perhitungan statistik nilai pixel dalam wilayah → histogram yang menunjukkan posisi threshold yang optimal[2].

2.8 Gabung dan Pecah (merge and split):

Mulai dengan wilayah ukuran kecil, seperti blok² ukuran tetap, gabungkan wilayah yang sama dan pisahkan wilayah yang tidak digabung. Segmentasi Objek Dibagi dalam 2 kelas:

1. Metoda untuk ekstraksi selubung objek
2. Segmentasi yang berdasarkan gerak jika hanya deretan monoskopik.

Diinginkan wilayah citra yang terhubung dengan gerak yang sama adalah satu objek. Pendekatan berdasarkan *scale-space* digunakan untuk ekstraksi hanya ujung yang menyatakan permukaan fisik dan bukan karena tekture atau derau[3].

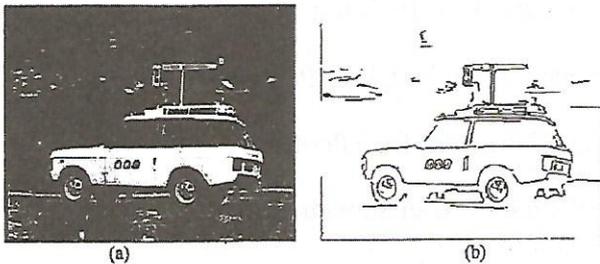
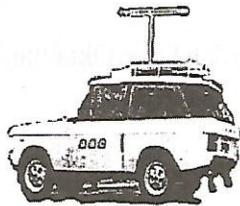


Figure 9.6 (a) composite frame of a BBC-CAR and (b) edge selection with thresholding



(c) Segmented car with the constraint on motion

Gambar 6 : (a) Frame komposit mobil BBC
(b) Seleksi ujung dengan *thresholding*
(c) Mobil yang disegmentasi dengan gerak

3. Kesimpulan

Sistem MPEG-4 merupakan penyempurnaan dari sistem MPEG sebelumnya, dimana penyediaan *tools* dan algoritma untuk penyimpanan memori lebih efisien.

Andil dari adanya sistem MPEG-4 ini sangat berperan dalam kemajuan dibidang televisi digital,

Multimedia interaktif (*World Wide Web/w.w.w*) serta aplikasi grafis interaktif (*Synthetic image content*) dan lain sebagainya.

Dengan mempelajari dan mengamati lebih dalam lagi dari perkembangan sistem MPEG ini kita akan banyak mengambil keuntungan dengan cara mengaplikasikannya kepada sistem sistem yang akan kita rancang sesuai keinginan.

Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET) LIPI yang telah memberikan kesempatan publikasi makalah ini.

4. Daftar Pustaka

1. Ghanbari, Mohammed, "Video Coding:an introduction to standard codecs, p. 191-235, *The Institution of Electrical Engineering*, 1999.
2. Pereira, Fernando, MPEG-4: "Why, What, How and When?", *Instituto Superior Técnico - Instituto de Telecomunicações*.
3. Olivier Avaro (Deutsche Telekom - Berkom GmbH), Alexandros Eleftheriadis (Columbia University, Dept. of Electrical Engineering), Carsten Herpel (Deutsche Thomson-Brandt GmbH), Ganesh Rajan (General Instrument), Liam Ward (Teltec Ireland, DCU), *MPEG-4 "Systems: Overview"*.
4. International Organisation For Standardisation, "Coding of Moving Pictures and Audio", *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N4030*, March 2001.

INDEKS ELEKTRONIKA DAN TELEKOMUNIKASI**Volume 7 No. 1, JANUARI JUNI 2007****No. 2, JULI - DESEMBER 2007****A. INDEKS PENGARANG**

Ade Cahyana dan Indra Sakti	68	Lilis Retnaningsih, Lia Muliani, Gandi Sugandi	47
Aloysius Adya P, Arief Suryadi S, Asep yudi H	27	Pamungkas Daud dan Dadin M	1
Asep Yudi H dan Ros Sariningrum	33	Pamungkas Daud dan Deni Permana	88
Dadin M, Dedi dan Iip Syarif H	53	Syamsu Ismail dan Deni Permana	61
Deni Permana dan Syamsu Ismail	12	Teguh Praludi, Arief Suryadi S, Ros Sariningrum	21
Erlita Septa Rosa, Shobih dan Ika Hartika Ismet	42	Yusuf Nur Wijayanto dan Pamungkas Daud	82
Lilis Retnaningsih, Lia Muliani, Gandi Sugandi	7	Yuyu Wahyu dan Folin Oktaviani	74

B. INDEKS JUDUL MAKALAH

Aplikasi Bluetooth untuk Komunikasi Data pada Laboratorium Pemantauan Kualitas Udara.	68	Pengaman Arus Kontinu pada Sistem Pengapian Motor Bakar.	12
Fabrikasi Awal Ring Resonator Optik untuk Aplikasi Sensor Telekomunikasi dengan menggunakan Bahan Plyimide.	53	Pengamanan Data dengan Metoda Knapsack.	21
Ilustrasi dari MPEG (Moving Picture Experts Group) dan Aplikasinya.	88	Perancangan dan Fabrikasi Resistor Film Tebal untuk Aplikasi Slic sebagai Modul Telekomunikasi.	47
Implementasi Radio Frekuensi Identification pada Layanan Jasa Parkir.	1	Perancangan dan Realisasi Antena Planar T-Shaped untuk Frekuensi Operasi Multiband.	74
Karakterisasi Elemen Transduser Piezoelektrik untuk Sistem Komunikasi Bawah Air.	61	Simulasi Penentuan Posisi Mobile Station dengan Antena Larik Adaptif dan Algoritma LMS.	27
Pemilihan Bahan Pasta untuk Pembuatan Rangkaian MCM (Multi Chip Module) dengan Racangan dua sisi.	7	Sistem Pengukuran Saluran Telepon pada Jarlokot.	33
Penentuan Tahanan Kontak Metal Ag pada Permukaan Silikon Multikristal Menggunakan Metoda Transfer Length.	42	Sistem Perangkat Lunak untuk Pengukuran Kuat Medan Sinyal TV.	82

C. INDEKS KATA KUNCI / KEYWORDS INDEX

- Antena larik adaptif 27
 Algoritma LMS 27
 Arus kontinu 12
- Bluetooth 68
 BTS 27
 BWA 74
- Daya maksimum 61
 Dekripsi 21
 Digital
- Elektromagnetik 1
 Enkripsi 21
- Gangguan fisik 33
- Hybrid film tebal 7
- Jarlokot 33
- Keramik 7
 Keramik Alumina
 Knapsack 21
 Komunikasi 68
 Kuat medan 82
 Kumparan pengapian 12
- Laboratorium bergerak 82
- Material 53
 MPEG 88
 Multiband 74
 Multichip modul 7
 Multimedia 88
- Optikal waveguide 53
- Pemantauan 68
 Pengacak data 21
 pengaman elektronik 12
 Pengukuran 33
 Planar T-Shaped 74
 Polimid 53
 Polimer 53
 Proyektor 61
- Reader 1
- Saluran telepon 33
 Sel Surya 42
 Silikon multikristal 42
 Sistem pengapian 12
- Tag 1
 Tahanan kontak 42
 Tanggapan frekuensi 61
 Transduser piezoelektrik 61
 TV 82
- Adaptive array antenna 27
 Alumina ceramic 47
- Bluetooth 68
 BWA 74
- Ceramic 7
 Communication 68
 Contact resistance 42
- Decryption 21
 Digital 88
- Electromagnetic 1
 Electronic protector 12
 Encryption 21
- Field strength 82
 Frequency response 61
- Highly continuous current 12
 Hydrophone 61
- Ignition Coil 12
 Ignition System 12
- Jarlokot 33
- Knapsack 21
- LSM algorithm 27
- Material 53
 Maximum power 61
 Measurement 33
 Mobile laboratory 82
 Monitoring 68
 MPEG 88
 Multichips module 7
 Multicrystallin silicon 42
 Multimedia 88
- Optical waveguide 53
- Physically disturbances 33
 Piezoelectric transducer 61
 Polyimide 53
 Polymeric 53
 Projector 61
 Protector 27
- Reader 1
- Scramble 21
 Solar cell 42
- Tag 1
 Telephon line 33
 Thick Film hybrid 7
 TV 82



Aturan Penulisan Jurnal Elektronika 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 Direksi.
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, metoda 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**], intansi, 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, Charles. A, "Handbook of Thick Film Hybrid Microelectronic", *McGraw-Hill*, New York, 1974.
14. Makalah maksimal 6 halaman, termasuk gambar dan tabel.



LIPI

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>