

JURNAL Elektronika dan Telekomunikasi

ISSN 1411-8289

VOLUME III, NOMOR 2

AGUSTUS - SEPTEMBER 2003

© Kata Pengantar

© Pengukuran Curah Hujan Berbasis Scada

*Iwan Muhammad Erwin ¹⁾
Indra Sakti ¹⁾
Yuyu Wahyu ²⁾*

© Penerima Pengendalian Stepper Motor Jarak Jauh

*Indra Sakti ¹⁾
Iwan Muhammad Erwin ¹⁾
Yudi Yulius Maulana ²⁾*

© Analisa Aplikasi Komunikasi Data pada Laboratorium
Kualitas Udara Bergerak

*Ade Cahyana ¹⁾
Dicky Riyanto ¹⁾*

© AlGaInP/GaAs-LED (Light Emitting Diode):
Sumber Cahaya Alternatif Pengganti Lampu Pijar?

*Jumril Yunas ¹⁾
Slamat Widodo ¹⁾
Topik Teguh Estu ¹⁾*

© Proses Pengacakan pada Rangkaian Codec dalam Sistem
Komunikasi Radio Digital

*Robert V.M ¹⁾
Purwoko Adhi ¹⁾*

© Struktur Mikro dan Sifat Magnetik Barium Heksaferit Hasil
Pemaduan Mekanik Oksida CRM

*Efendi ¹⁾
Dedi ²⁾
N. Idayanti ²⁾
Wiryolukito ³⁾*

© Pemrograman W670 Laser Trim System Berbasis Bahasa C
Untuk Pemotongan Wafer Silikon

*Nana Subarna ¹⁾
Soegijardjo Soegijoko ²⁾
Gandhi Sugandi ³⁾
Goib Wiranto ³⁾*

© Radio-Frequency Identification (RFID) dengan Active
Integrated Antennas (AIAs)

*Yuyu Wahyu ¹⁾
Deni Rahadian ²⁾
Rustamaji ²⁾*



PUSAT PENELITIAN ELEKTRONIKA DAN TELEKOMUNIKASI - LIPI

Jl. Cisitua No. 21/154 D Tlp. (022) 250 4660, 250 4661 Fax. (022) 250 4659 - Bandung 40135
<http://www.telkoma.lipi.go.id>

JURNAL Elektronika dan Telekomunikasi

SUSUNAN REDAKSI

Penanggung Jawab : Kepala Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi,
Kasi (PPET - LIPI)

Dewan Redaksi : Prof. Dr. M. Barmawi
Prof. Ir. Ahmadi Djajasugita M.Sc
Prof. Dr. Ir. Soegijardjo Soegijoko
Prof. Dr. Ir. Djoko Hartanto
Dr. Anung Kusnowo, M.Tech
Dr. Masbah RT. Siregar
Dr. Totok MS Soegandi, APU
Dr. Goib Wiranto
Ir. Sukarna Djaja, APU
Ir. Rustini S. Kayatmo, DIC
Ir. Yahya Sukri
Ir. Elly Herlia Effendi
Syamsu Ismail, ST

Redaksi Pelaksana :
Ketua : Ir. Yuyu Wahyu, MT

Anggota : Ir. Pamungkas Daud
Deni Permana, ST
Dedi, ST
Bagus Edy Sukoco, ST
Drs. Slamet Widodo

Sirkulasi : Lilis Retnaningsih, SSi
Endang Ridwan

Alamat Redaksi : Seksi JASA DAN INFORMASI
PPET - LIPI
Jl. Cisitua No. 21/154 D Bandung 40135
Tlp. (022) 250 4661 Fax. (022) 250 4659
E-mail : info@ppet-lipi.go.id

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	ii
Pengukuran Curah Hujan Berbasis Scada	1
(Iwan Muhammad Erwin [*] , Indra Sakti [*] , Yuyu Wahyu ^{**})	
Penerima Pengendalian Stepper Motor Jarak Jauh	7
(Indra Sakti [*] , Iwan Muhammad Erwin [*] , Yudi Yulius Maulana ^{**})	
Analisa Aplikasi Komunikasi Data pada Laboratorium Kualitas Udara Bergerak	12
(Ade Cahyana [*] , Dicky Riyanto [*])	
AlGaInP/GaAs-LED (Light Emitting Diode): Sumber Cahaya Alternatif Pengganti Lampu Pijar?	17
(Jumril Yunas [*] , Slamet Widodo [*] , Topik Teguh Estu [*])	
Proses Pengacakan pada Rangkaian Codec dalam Sistem Komunikasi Radio Digital ...	22
(Robeth V.M [*] , Purwoko Adhi [*])	
Struktur Mikro dan Sifat Magnetik Barium Heksaferit Hasil Pemaduan Mekanik Oksida CRM	26
(Efendi ¹⁾ , Dedi ²⁾ , N. Idayanti ²⁾ , Wiryolukito ³⁾)	
Pemrograman W670 Laser Trim System Berbasis Bahasa C untuk Pemotongan Wafer Silikon	32
(Nana Subarna ¹⁾ , Soegijardjo Soegijoko ²⁾ , Gandhi Sugandi ³⁾ , Goib Wiranto ³⁾)	
Radio-Frequency Identification (RFID) dengan Active Integrated Antennas (AIAs)	37
(Yuyu Wahyu ¹⁾ , Denis Rahadian ²⁾ , Rustamaji ³⁾)	

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Pembaca *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi* yang budiman.

Terbitan kedua volume ketiga "Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi" kali ini alhamdulillah dapat terbit sesuai jadwal yang direncanakan karena materi sudah cukup tersedia sebelumnya.

Pada terbitan kedua ini materi jurnal sangat beragam meliputi *Pengukuran Curah Hujan Berbasis Scada, Penerima Pengendalian Stepper Motor Jarak Jauh, Analisa Aplikasi Komunikasi Data pada Laboratorium Kualitas Udara Bergerak, AlGaInP/GaAs-LED: Sumber Cahaya Alternatif Pengganti Lampu Pijar, Proses Pengacakan pada Rangkaian Codec dalam Sistem Komunikasi Radio Digital, Struktur Mikro dan Sifat Magnetik Barium Heksaferit Hasil Pemanduan Mekanik Oksida CRM, Pemograman W670 Laser Trim System Berbasis Bahasa C untuk pemotongan Wafer Silikon, dan Radio Frekuensi Identification (RFID) dengan Active Integrated Antennas (AIAs).*

Kami mengharapkan saran dan kritik dari para pembaca untuk kesempurnaan jurnal ini.

Terima kasih atas perhatiannya. Semoga apa yang kami sajikan dapat menambah wawasan informasi dan bermanfaat bagi kita semua.

Selamat membaca.

Redaksi.

PENGUKURAN CURAH HUJAN BERBASIS SCADA

Oleh: Iwan Muhammad Erwin, *) Indra Sakti, *) Yuyu Wahyu**)

ABSTRACT

Precipitation is an event liquid falling from atmosphere to earth surface. Precipitation is one of control factor that viewable in hydrological cycle. There are many device which is used to measure rainfalls, one of them is rain gauge. Then precipitation terminology was meant as much water of rainfall is caught into rainfall measurement device.

To know how much rainfall which have measured, an operator will look directly to location where a measurement device installed. If there are many device and spreaded in far location, it is difficult for operator. To solve this problem, it is need to build rainfall measurement station based SCADA, in which rainfall data sent to master station directly by telecommunication media.

INTISARI

Presipitasi adalah peristiwa jatuhnya cairan dari atmosfer ke permukaan bumi. Presipitasi termasuk faktor pengendali yang mudah diamati dalam sirkulasi hidrologi. Banyaknya curah hujan dapat diukur dengan alat pengukur hujan (rain gauge). Istilah presipitasi selanjutnya hanya diartikan sebagai jumlah air hujan yang terukur/tertampung dalam alat pencatat hujan.

Untuk mengambil data curah hujan yang terukur/tertampung, seorang pengamat melihat langsung ke alat pencatat hujan itu. Apabila jumlah alatnya banyak dan tersebar diberbagai lokasi yang cukup jauh, hal ini akan merepotkan pengamat. Untuk mempermudah pengambilan data, maka dibuat suatu stasiun curah hujan berbasis SCADA, dimana data curah hujan akan dikirim langsung secara *online* ke master stasiun (kantor pusat) menggunakan media komunikasi data.

Korespondensi:

*) Iwan Muhammad Erwin dan Indra Sakti adalah Puslit Informatika - LIPI.

**) Yuyu Wahyu adalah peneliti di Puslit Elektronika dan Telekomunikasi - LIPI. Jl. Cisit 21/154D Bandung 40135.

1. PENDAHULUAN

Alat pengukur curah hujan dibagi menjadi dua, yaitu:

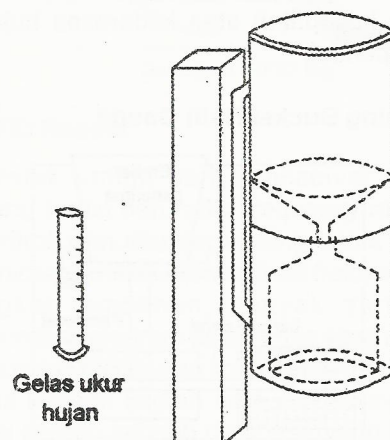
- Alat pengukur curah hujan biasa
- Alat pengukur curah hujan otomatis (Automatic Rain Gauge/Recorder).

Satuan curah hujan adalah mm atau inch

Tujuan pengukuran curah hujan adalah untuk mengukur banyaknya dan intensitas hujan yang turun pada permukaan datar, tanpa memperhatikan adanya infiltrasi, pengaliran atau penguapan.

1.1 Alat pengukur curah hujan biasa

Pada dasarnya alat ini merupakan corong dengan diameter tertentu (umumnya 8") dan sebuah gelas ukur, ditunjukkan pada gambar 1. Untuk mengukur jumlah hujan yang turun (mm) atau (inch) dalam 1 hari sebelum pengukuran dilakukan (hujan kumulatif untuk periode 24 jam). Sedangkan untuk berbagai keperluan dan analisa dibutuhkan pula intensitas dalam (mm/jam).



Gambar 1. Pengukur curah hujan biasa.

Kerugian alat pengukur curah hujan biasa

- Pada hujan lebat, kemungkinan air yang berada pada tabung akan luber, sehingga hasil pengukuran tidak memperlihatkan keadaan sebenarnya.
- Sejumlah air (1%) tidak merupakan pengaruh hujan, misalnya proses kohesi.
- Intensitas (jumlah hujan/satuan waktu) tidak bisa diketahui dengan merata-ratakan hujan dalam 1 hari dibagi 24 jam. Karena pada umumnya hujan tidak turun terus menerus selama 24 jam dan nilai kederasan/intensitas curahan air yang berbeda memberi pengaruh yang berbeda.

Syarat-syarat penempatan alat pengukur curah hujan biasa (Operational Hydrologie)

- Harus ditempatkan ditempat yang bebas halangan, supaya tidak ada pengaruh hujan tidak langsung. Misalnya air dari tumbuh-tumbuhan yang terbawa angin. Umumnya $<45^\circ$ terhadap horizontal bebas halangan, atau alat ditempatkan pada jarak antara 2 sampai 4x tinggi objek terdekat.
- Mulut penakar diletakan sekira 120 cm, untuk mencegah adanya air hujan yang terpantul dan tidak boleh miring.
- Harus dipagari, supaya tidak terganggu binatang/manusia. Jarak alat terhadap pagar sekira 2 - 4 x tinggi pagar.
- Diusahakan dekat dengan tenaga pengamat.
- Syarat-syarat teknis alat harus dipenuhi.

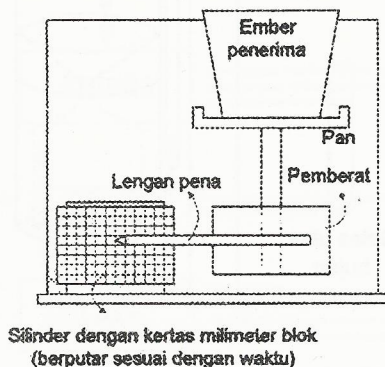
1.2 Alat pengukur curah hujan otomatis

Ada tiga tipe alat pengukur/perekam curah hujan otomatis:

1. Weighing Bucket Rain Gauge
2. Float Type Rain Gauge
3. Tipping Bucket Rain Gauge

Alat perekam hujan ini, dapat digunakan untuk menentukan kecepatan atau kederasan hujan untuk suatu waktu pendek.

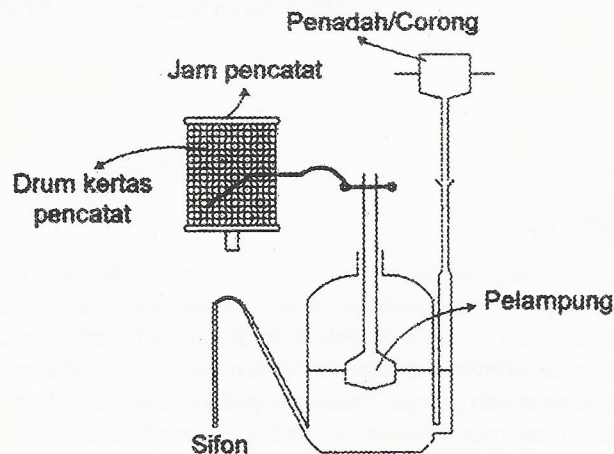
1.2.1 Weighing Bucket Rain Gauge



Gambar 2. Pengukur curah hujan tipe *Weighing Bucket Rain Gauge*.

Pergerakan ember penerima karena pertambahan berat air, gerakan ini diteruskan ke penayang akan merekam di atas grafik. Putaran grafik dan silinder dikendalikan oleh jam.

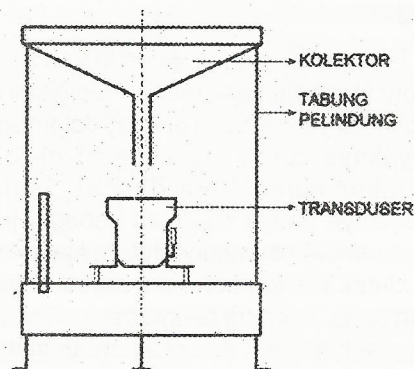
1.2.2 Float Type Rain Gauge



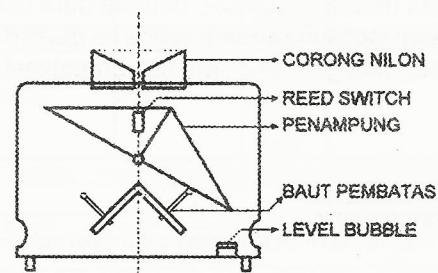
Gambar 3. Pengukur curah hujan tipe float (pelampung).

Gerakan pena disebabkan oleh naik turunnya pelampung. Bila air dalam tabung naik sehingga air pada sifon meluap keluar, maka seluruh air pada tabung akan terkosongkan.

1.2.3 Tipping Bucket Rain Gauge



Gambar 4. Pengukur curah hujan tipe *tipping bucket* (penampung berjungkit).

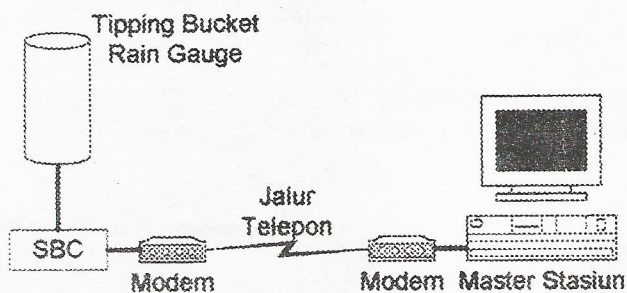


Gambar 5. Bagian transducer dari tipping bucket.

Penampung jenis ini dapat berjungkit simetris pada sumbu horizontal. Apabila sebelah sisinya penuh terisi air hujan, maka titik berat berubah, *bucket* berjungkit sambil menumpahkan air, sehingga sekarang sisi yang lainnya siap menampung air hujan, begitu seterusnya. Setiap kali penampung berjungkit, akan dibangkitkan satu pulsa. Dengan menghitung jumlah pulsa ini maka dapat diukur besarnya curah hujan.

2. Konfigurasi sistem pengukuran curah berbasis SCADA

Konfigurasi minimum sistem SCADA adalah sebuah remote stasiun, sebuah master stasiun dan jaringan komunikasi data. Dalam hal ini remote stasiun bertindak sebagai stasiun pengukur curah hujan yang terdiri dari RTU (Remote Terminal Unit), modem, I/O module, jaringan komunikasi data, power supply dan sensor curah hujan. Master stasiun adalah merupakan suatu unit yang terdiri dari PC (Personal Computer), modem, program HMI (Human Machine Interface) dan jaringan komunikasi data.



Gambar 6. Sistem pengukuran curah hujan berbasis SCADA.

2.1 Stasiun pengukur curah hujan

Pada dasarnya prototip stasiun curah hujan ini terdiri dari bagian atau modul sebagai berikut:

- RTU berupa sebuah BC (Single Board Computer) berbasis mikrokontroler keluarga MCS-51.
- Modem telepon.
- Jaringan komunikasi (PSTN).
- Alat pengukur curah hujan (Tipping Bucket Rain Gauge).

Master stasiun berupa sebuah PC (Personal Computer) dengan software aplikasi HMI, modem telepon dan jaringan komunikasi telepon (PSTN). Gambar 6 menunjukkan contoh sistem pengukuran curah hujan yang bersifat on-line melalui jalur telepon.

Spesifikasi masing-masing modul adalah:

- SBC (Single Board Computer)
Spesifikasi SBC sbb:
Processor : Microcontroller 80C52
Memory : 8 - 32 Kilo Byte EPROM (dapat diset) dan 8 Kilo Byte RAM

2 buah port serial, 1 port paralel dan data bus RTC (Real Time Clock) Y2K compliant.

Keypad dan LCD connenctor.

Komunikasi data serial 2400 bps (full duplex)

Power: 5 Volt DC (5%)

- Modul modem
Menggunakan modem telepon dengan kecepatan 36 Kbps atau 56Kbps.
- Alat pengukur curah hujan
Tipe penampung berjungkit (tipping bucket rain gauge)
Ketelitian $\pm 3\%$ untuk *rate* 0 - 150 mm/jam.
Output berupa kontak sesaat dari *reed-switch*.

A. Modul single board computer (SBC)

Modul SBC adalah pengendali dan pengatur dari stasiun curah hujan. Modul ini berisi komponen utama yaitu microcontroller MCS'51, EPROM, RAM, RTC, pengendali RS232, pengendali LCD, pengendali tombol keypad. Microcontroller MCS'51 adalah pengendali mikro yang fungsinya sama seperti microprocessor dengan tambahan fasilitas yaitu jumlah port input-output (bidirectional) yang bertambah, dukungan UART (Universal Asynchronous Receive Transceiver), pin *interrupt* dan *timer*. EPROM adalah ROM yang dapat dihapus dan diisi program. ROM berfungsi sebagai media tempat program. Program berfungsi untuk menjalankan *hardware* (SBC) secara menyeluruh sehingga fungsi prototip yang diharapkan dapat terpenuhi. RAM berfungsi sebagai media penyimpanan data sementara selama proses pengukuran. Pengendali RS232 berupa IC MAX232 atau ICI-232, berfungsi sebagai antarmuka TTL dengan sistem komunikasi data RS232. RTC (Real Time Clock) yang dipakai adalah DS12887. RTC berfungsi sebagai pembangkit pewaktu bagi SBC. RTC dapat diset dan dipakai seperti halnya clock pada sebuah PC. Penampil LCD berfungsi untuk menampilkan hasil pencatatan curah hujan terukur dan waktu pengukuran (time), dll. Keypad berfungsi sebagai masukan perintah untuk memilih menu: pengubahan setting waktu, penampilan data terekam.

B. Pembuatan program hardware dan integrasi modul

Program *hardware* berfungsi untuk mengaktifkan fungsi SBC yang telah dibuat. Fungsi-fungsi tersebut antara lain: inisialisasi sistem, pengaktifan RTC, LCD, modem, pengambilan data curah hujan, penyimpanan data curah hujan ke memori SBC dan mode pengiriman data melalui modem.

Format data ditentukan sendiri yaitu selebar 25 byte, dalam bentuk string.

Format datanya sebagai berikut:

##dd:mm:yy:hh:mm:ss:n₁n₂n₃**

dimana

penanda awal frame data

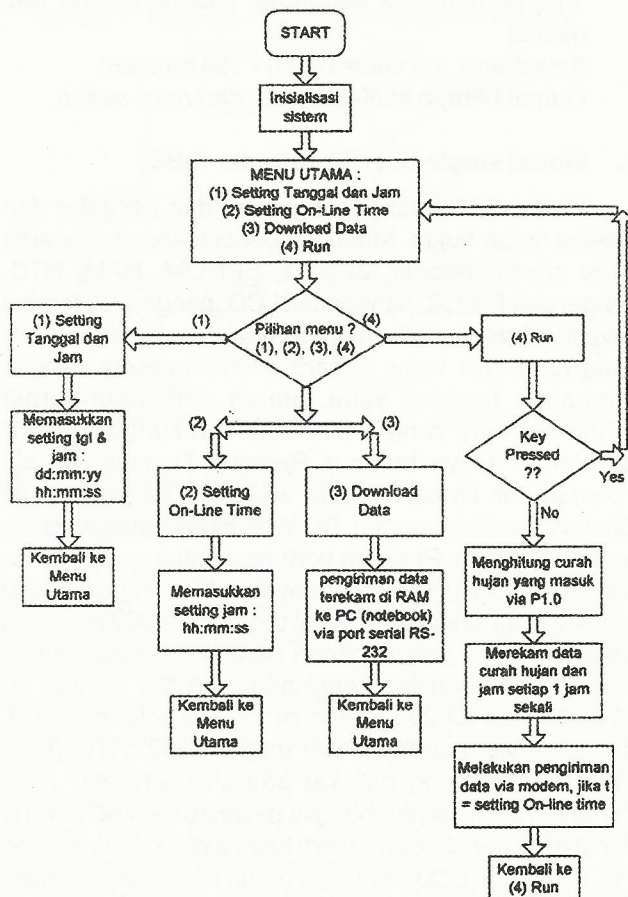
** penanda akhir frame data

dd:mm:yy adalah data tanggal

hh:mm:ss adalah data waktu

n₁n₂n₃ adalah data curah hujan dalam mm.

Flow-chart program ditunjukkan oleh gambar 7.



Gambar 7. Flowchart program EPROM untuk SBC.

C. Rancang bangun program aplikasi HMI

Perangkat lunak ini dijalankan di PC yang berfungsi untuk mengumpulkan data hasil pengukuran dari memory SC melalui media modem dan line telepon. Perangkat lunak ini juga akan melakukan pengolahan data sehingga dihasilkan data informasi curah hujan di daerah RTU terpasang. Program aplikasi ini dapat menampilkan data informasi curah hujan dalam berbagai format antara lain grafik dan table.

3. Stasiun curah hujan dan master stasiun

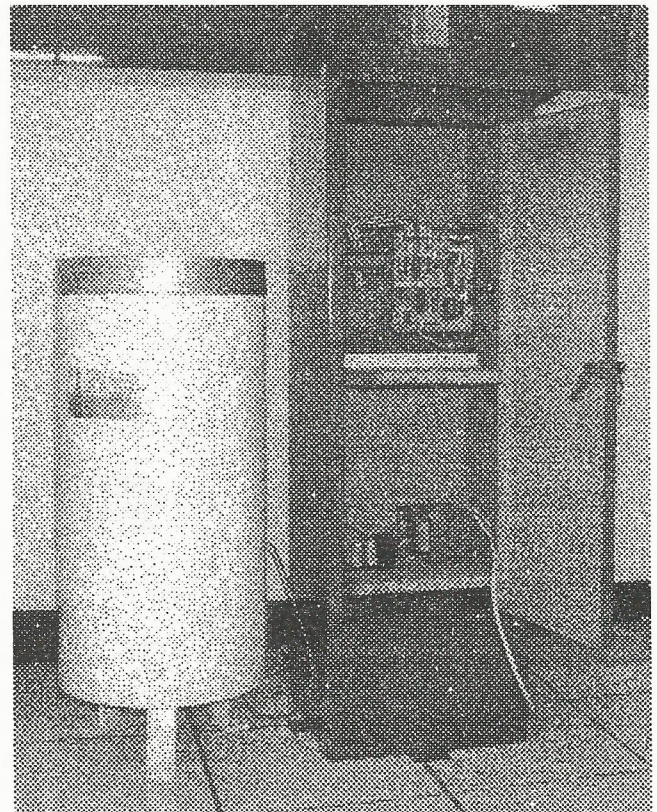
3.1 Stasiun curah hujan

Stasiun curah hujan terdiri dari bagian-bagian:

- SBC (Single Board Computer), berfungsi sebagai

pengambil data dari *tipping bucket rain gauge*, penentuan setting kalender (jam dan tanggal) dan setting waktu on-line (waktu pengiriman data), dan SBC juga melakukan pengiriman data ke master stasiun.

- Modem, berfungsi mengubah data digital dari SBC menjadi data analog yang dapat ditransmisikan melalui jaringan telepon.
- Jaringan telepon sebagai media komunikasi antara stasiun (SBC) dan master stasiun.



Gambar 8. Prototipe stasiun curah hujan.

Prototipe stasiun curah hujan diperlihatkan dalam gambar 8. SBC dan power supply dimasukkan ke dalam kotak pelindung. Nantiya tipping bucket diletakkan di atas kotak pelindung. Kotak pelindung terbuat dari pelat besi yang kuat dan kokoh menopang *tipping bucket* di atasnya.

3.2 Tipping bucket sebagai pembangkit pulsa

Dari gambar 5 di atas (bagian transduser dari *tipping bucket*), terdapat sebuah *reed switch* yang akan kontak apabila penampung dari tipping bucket bergerak (berjungkit). Curah hujan diukur dalam satuan milimeter (mm), dimana harga tersebut menunjukkan kedalaman air hujan yang ditampung oleh suatu luas penampang terbuka (kolektor) yang sisi-sisinya tegak lurus, luas kolektor hujan antara 200 s.d. 500 cm². Pengukur curah hujan ini mempunyai resolusi 1 mm, ketelitian $\pm 3\%$ untuk

rate hujan dari 0 sampai dengan 150 mm/jam. Keluaran pengukur cuah hujan ini berupa kontak sesaat dari *reed-switch*.

Air hujan yang tertangkap bagian kolektor disalurkan ke dalam salah satu bagian penampung berjungkit. Apabila jumlah air yang mengisi penampung mencapai volume tertentu (melampaui keadaan kesetimbangan), maka penampung tersebut akan berjungkit dan penampung yang kedua (berikutnya) siap menampung air hujan dari kolektor. Pada saat penampung berjungkit maka *reed-switch* yang dihubungkan dengan tegangan DC 5 Volt akan bekerja on-off memberikan keluaran berupa satu pulsa listrik tegangan DC (kaki common *reed-switch* dihubungkan dengan sumber DC 5 Volt). Dengan menghitung banyaknya pulsa listrik maka jumlah mm curah hujan dapat diketahui.

3.2.1 Kalibrasi

Setting *default* pabrik dari *tipping bucket* ini adalah daya respon terhadap perubahan sebesar 1 mm curah hujan pada kecepatan dari mendekati 0 sampai 150 mm/jam. Data dari buku petunjuk, berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, alat ukur curah hujan akan bekerja di luar spesifikasi setelah bekerja selama 10.000 mm. Kalibrasi dan kalibrasi ulang sebaiknya dilakukan di pabrik pembuatnya karena memerlukan peralatan yang tepat (presisi) seperti buret standar, buret besar, pipet, gelas ukur, tool set, obeng instrumen, *stop watch*, Digital Volt Meter, aliran air yang dapat diatur, lak, *water pass*, kunci pas atau kunci ring, dan pelaksana yang terlatih baik.

3.2.2 Perawatan

Perawatan sebaiknya dilakukan setiap enam bulan sekali, pada menjelang musim penghujan dan kemarau. Perawatan pada saat menjelang musim penghujan digunakan untuk menyiapkan sensor bekerja lebih keras selama musim penghujan. Perawatan pada saat menjelang musim kemarau ditujukan untuk membenahi alat dari kemacetan yang disebabkan oleh sampah atau debu. Perawatan mencakup rumah (tabung pelindung), pengumpul (kolektor), dan penampung berjungkit.

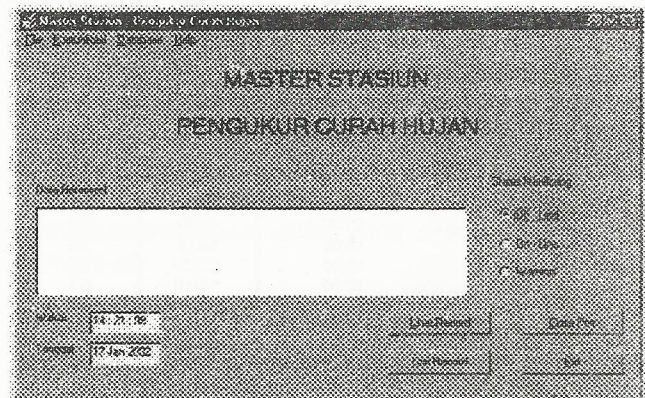
Sebaiknya ada perawatan tambahan yang dilaksanakan setiap 6 bulan genap. Pastikan alat ukur curah hujan bekerja baik dengan cara membuat simulasi curah hujan melalui corong ke dalam penampung sampai 1 mm curah hujan terkumpul. Air dengan berat seperti itu harus menyebabkan penampung berjungkit pada porosnya, dan menggerakkan penampung satunya tepat di bawah corong. Pergerakan penampung harus mengaktifkan *switch*, sehingga membuat penutupan sementara untuk tiap 1 mm curah hujan. Luaran curah

hujan berupa sebuah pulsa listrik untuk setiap 1 mm curah hujan yang dikumpulkan. Hal ini dapat diamati pada penampil LCD yang ada di SBC.

3.3 Master Stasiun

Master stasiun berupa sebuah PC dengan program aplikasi komunikasi data dan pengolahan data. PC dilengkapi dengan modem telepon yang berfungsi mengubah data analog dari line telepon menjadi data digital. Data digital yang diperoleh berupa besarnya curah hujan dan waktu pengambilan data tersebut.

Contoh tampilan awal program aplikasi di master stasiun ditunjukkan oleh gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Program HMI, Master Stasiun - Pengukur Curah Hujan.

4. Penutup

Untuk mendapatkan data pengukuran curah hujan pada area yang lebih luas perlu tambahan jumlah stasiun curah hujan. Sebuah master stasiun dapat menerima data curah hujan dari beberapa stasiun pengukur curah hujan. Pada dasarnya stasiun pengukur curah hujan dapat mewakili suatu area dengan luas tertentu. Banyaknya stasiun pengukur curah hujan yang akan dibangun pada suatu area tertentu harus disesuaikan dengan tujuan atau sasaran dari pengukuran curah hujan ini. Untuk itu perlu koordinasi langsung dengan dinas/instansi terkait.

DAFTAR PUSTAKA

1. E.M. Wilson, : "Hidrologi Teknik", Edisi Keempat, Penerbit ITB Bandung, Bandung, 1990.
2. Joyce Martha W. Ir. dan Wanny Adidarma Ir. Dipl.H., "Mengenai Dasar-Dasar Hidrologi", Penerbit Nova, Bandung.
3. Intel Corporation: "Embedded Microcontrollers and Processors", Intel Corporation, Volume I, 1992.
4. Irasindo PT., "Buku Petunjuk Alat Ukur Curah Hujan", Irasindo PT, Tangerang.



The Integrated Air Quality Management for Metropolitan Areas

Daily Air Quality Report for Monitoring Stations
Laporan harian kualitas udara di stasiun pemantau

Date / Tanggal: 05.21.2003
City / Kota: Bandung
Station / Stasiun: BSM1 (Mobile station)

Report prepared at / Laporan disiapkan di: BPLHD Jabar

Waktu	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	CO mg/m^3	O ₃ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO $\mu\text{g}/\text{m}^3$
00:00	74.00	5.3	0.72	42.30	26.50	2.60
00:30	66.40	5.2	0.53	45.60	16.60	0.70
01:00	67.90	4	0.63	25.20	14.90	0.70
01:30	65.40	3.1	0.59	21.10	16.90	0.10
02:00	76.30	4.4	0.82	16.80	22.10	0.70
02:30	91.60	3.6	0.83	15.20	21.80	0.60
03:00	105.70	2.6	0.72	15.70	20.20	0.20
03:30	81.60	2.9	0.66	17.50	17.50	0.00
04:00	71.40	2.6	0.81	14.80	23.50	1.70
04:30	70.50	2.6	0.66	20.60	15.40	0.10
05:00	73.10	2.6	0.79	21.20	18.80	0.20
05:30	80.30	2.8	1.51	9.70	33.40	5.60
06:00	99.10	3.5	1.53	11.10	29.70	2.00
06:30	105.00	5	2.29	12.00	30.60	2.00
07:00	140.10	6.1	3.05	5.40	42.30	7.70
07:30	164.10	17	4.31	13.30	64.70	27.30
08:00	179.80	65.7	3.18	18.30	81.50	27.60
08:30	189.60	66.8	2.16	42.70	64.60	12.40
09:00	161.40	51.2	2.03	71.20	59.20	7.50
09:30	160.10	49.7	1.86	86.30	50.60	5.90
10:00	167.40	39.4	1.82	109.80	54.90	2.70
10:30	149.90	30.4	1.70	124.80	44.90	1.70
11:00	126.50	22.7	1.47	116.20	44.40	2.10
11:30	122.50	16.8	1.24	115.70	33.40	1.90
12:00	118.60	14.5	0.99	125.40	26.70	1.80
12:30	124.30	12.9	1.00	119.40	27.50	2.20
13:00	117.90	10.3	0.93	106.60	23.00	1.00
13:30	111.30	8.3	0.92	94.20	21.30	1.10
14:00	92.20	6.4	0.67	91.70	15.60	1.50
14:30	76.70	5.3	0.78	91.90	16.30	1.60
15:00	75.90	7.1	1.02	90.70	27.40	2.20
15:30	68.40	6.8	0.88	106.60	26.10	0.80
16:00	77.30	12.4	0.81	109.70	20.70	0.50
16:30	102.70	13.1	0.92	106.50	23.90	0.70
17:00	125.60	12.3	1.70	90.30	45.60	1.70
17:30	137.40	8.6	1.83	90.10	36.60	0.90
18:00	133.40	7.4	2.25	71.70	46.90	1.00
18:30	141.90	6.8	2.72	53.50	54.90	1.60
19:00	153.30	9.2	3.55	30.70	60.00	2.70
19:30	156.50	8.2	3.30	21.80	73.50	6.10
20:00	164.80	11.1	3.42	13.30	72.50	10.50
20:30	161.00	8.9	2.17	17.20	37.50	3.20
21:00	146.10	5.5	1.53	23.10	24.40	1.50
21:30	101.40	5.3	1.34	21.00	29.10	1.90
22:00	83.40	5.2	1.05	26.60	25.00	1.00
22:30	86.00	4.8	1.04	24.20	27.50	0.10
23:00	85.20	5.2	0.96	22.40	23.90	0.60
23:30	81.50	5.2	1.02	19.00	31.40	3.20
Minimum / Minimum	66.40	2.60	0.53	5.40	14.90	0.00
Mean / Nilai Rata-rata	113.27	12.90	1.52	63.34	34.98	3.42
Maximum / Maksimum	189.60	66.80	4.31	125.40	81.50	27.60

Legends / Simbol:
PM10: Partikel < 10 μm
SO₂: Sulfur Dioxide
CO: Carbon Monoxide
O₃: Ozone
NO₂: Nitrogen Dioxide
NO: Nitrogen Oxide

Prepared by / Disiapkan oleh	Checked by / Diperiksa oleh
Signature / Tanda tangan	Signature / Tanda tangan

PENERIMA PENGENDALIAN STEPPER MOTOR JARAK JAUH

Oleh: Indra Sakti,*) Iwan Muhammad Erwin,*) Yudi Yulius Maulana**)

ABSTRACT

The Radio Control Receiver for Stepper Motor is part from Radio Control for Stepper Motor. This device is used IC LM 1872 (Receiver), pair IC LM 1871 (Transmitter) and operation frequency at 49 MHz. When operated in conjunction with the companion transmitter (LM 1871), it provides four independent information channels. Two of these channels are Analog Pulse Width Modulated (PWM) types, while the other two are simple ON/OFF digital channels with 100 mA drive capability. Two are simple ON/OFF digital channels used for The Radio Control Receiver for Stepper Motor.

INTISARI

Penerima Pengendalian Stepper Motor Jarak Jauh ini merupakan bagian dari pengendalian stepper motor jarak jauh. Alat ini menggunakan IC LM1872 (Penerima/Receiver) yang merupakan pasangan dari IC LM1871 (Pengirim/Transmitter) dan bekerja pada frekuensi 49 MHz. Ketika beroperasi setelah digabungkan dengan IC LM 1871 akan menghasilkan empat 'k' anal informasi yang bebas. Dua kanal merupakan sinyal Analog Pulse Width Modulated (PWM), sedangkan dua yang lainnya merupakan sinyal digital ON/OFF sederhana. Dua kanal sinyal ON/OFF ini yang digunakan untuk Penerima Pengendalian Stepper Motor Jarak Jauh.

PENDAIULUAN

Sejalan dengan perkembangan teknologi yang menuju kepada kemajuan, maka diperlukan teknologi yang dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, termasuk dalam bidang keamanan. Teknologi yang akan diaplikasikan dalam bidang keamanan ini salah satunya adalah teknologi telekomunikasi yaitu perancangan alat Pengendali Motor Stepper untuk gerakan kamera jarak

jauh dengan menggunakan media transmisi udara bebas dengan bantuan sinyal pembawa yang menghasilkan sinyal RF (Radio Frequency/Frekuensi Radio).

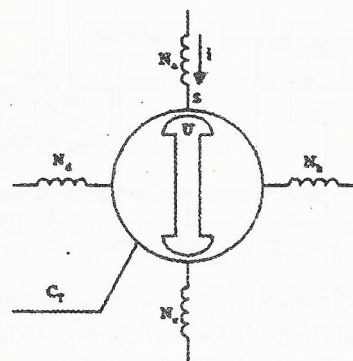
Untuk menghubungkan sinyal informasi dengan bantuan sinyal RF diperlukan rangkaian yang disebut dengan bagian Pengirim (Transmitter/Tx) dan bagian Penerima (Receiver/Rx). Pada tulisan ini akan dibahas bagian Penerima (Receiver/Rx).

Bagian Penerima ini dibagi-bagi dalam beberapa bagian diantaranya bagian penerima frekuensi radio dan pemrosesan sinyal informasi menjadi pengendali motor stepper untuk gerakan kamera.

CARA KERJA MOTOR STEPPER

Stepper motor adalah motor yang gerakannya dapat dikendalikan ke kiri atau ke kanan dan berhenti tanpa harus ada pengereman. Stepper motor terdiri dari rotor magnet permanen dan belitan stator, sama seperti motor induksi. Bedanya stepper motor memiliki beberapa lilitan stator yang jumlahnya menunjukkan besar derajat tiap langkah. Stepper motor 4 bit, berarti ada 4 buah belitan stator yang menunjukkan gerakan rotor.

Pada gambar menunjukkan cara kerja stepper motor 4 bit. Jika suatu lilitan induktor dengan arah tertentu dialiri listrik, maka akan menimbulkan medan magnet U-S pada ujung-ujung inti besinya. Empat buah belitan N_a , N_b , N_c , dan N_d , jika dieksitasi akan menimbulkan kutub Selatan atau kutub Utara (tergantung dari arah arus) pada ujung yang menghadap rotor.



Korespondensi:

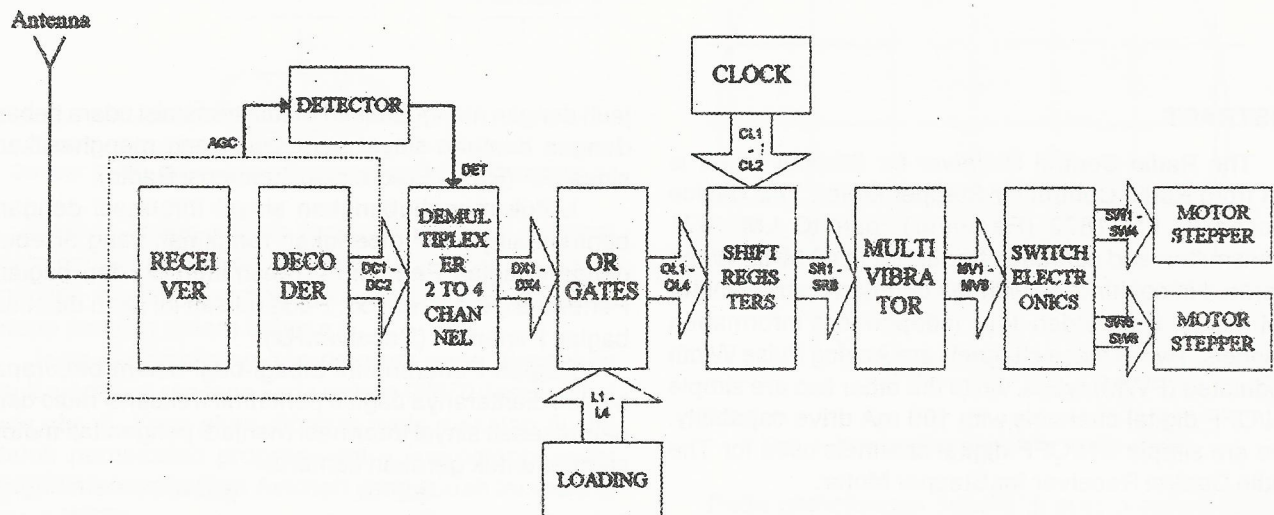
*) Indra Sakti dan Iwan Muhammad Erwin adalah Puslit Informatika - LIPI.

**) Yudi Yulius Maulana adalah peneliti di Puslit Elektronika dan Telekomunikasi - LIPI. Jl. Cisit 21/154D Bandung 40135.

Misalkan pada posisi awal rotor seperti pada gambar, kemudian belitan N_a dieksitasi, sedangkan belitan lainnya dibiarkan terbuka, maka kutub Utara magnet permanen rotor akan segaris dengan kutub Selatan N_a , berikutnya hanya belitan N_b yang dieksitasi, maka posisi rotor akan bergeser 90° setiap kali belitan dieksitasi berturut-turut. Derajat pergeseran tiap langkah

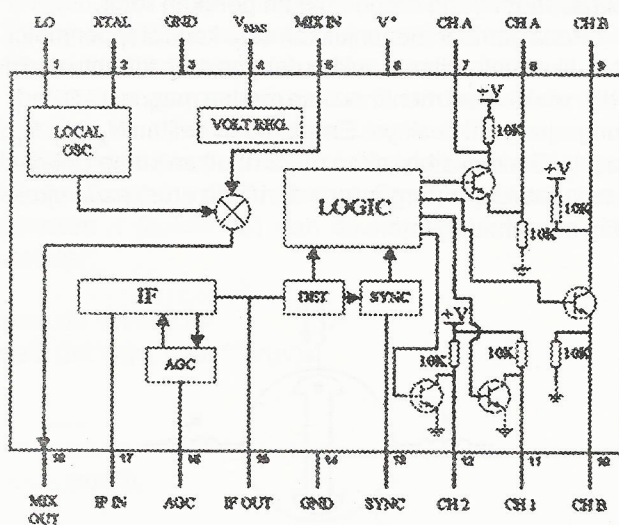
diperhalus dengan mengeksitasi 2 belitan, kemudian 1 belitan secara bergantian dengan cara terus-menerus. Eksitasi 2 belitan akan menyebabkan aksi tarik-menarik antara 2 belitan tersebut terhadap kutub rotor yang menyebabkan posisi rotor terletak di tengah-tengah kedua belitan tersebut. Jadi posisi rotor akan bergeser 45° setiap sekali proses eksitasi dilaksanakan.

BLOK DIAGRAM

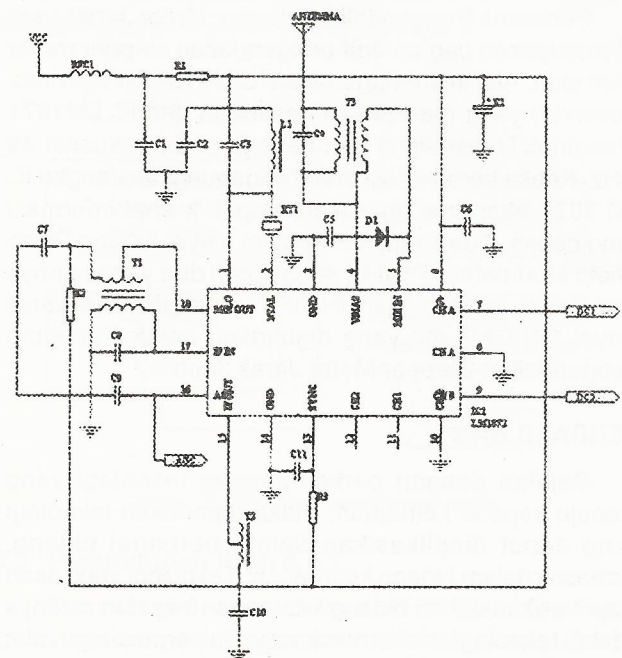


RECEIVER DAN DECODER

Rangkaian ini menggunakan IC LM1872 yang merupakan pasangan dari IC Transmitter (IC LM1871). Rangkaian dalam dari IC LM1872 dapat dilihat pada gambar di bawah yang terdiri dari Receiver sinyal RF dan Decoder dari frame yang dikirim oleh Transmitter.



Gambar di bawah merupakan rangkaian Receiver/Decoder sinyal RF pada frekuensi kerja 49 MHz. Output dari rangkaian ini dapat dilihat pada tabel.



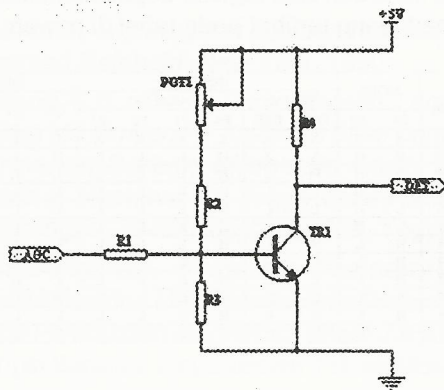
DETECTOR

Detector adalah rangkaian untuk mendeteksi output AGC dari Receiver yang akan diteruskan ke rangkaian Demultiplexer, dimana jika pada Transmitter tidak

mengeluarkan sinyal, maka Detector akan memberikan sinyal high dan pada saat Transmitter mengeluarkan sinyal, maka Detector akan memberikan sinyal low.

Pada pengukuran AGC, didapat pada saat Transmitter tidak memberikan sinyal output AGC berlevel 0,73 V, sedangkan pada saat yang sama enable dari Demultiplexer harus berlevel high dan pada saat Transmitter memberikan sinyal output AGC berlevel 1,41 V, pada saat yang sama pula enable Demultiplexer harus berlevel low.

Untuk merealisasikan kondisi tersebut, maka dibuat rangkaian Detector seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



dimana,

R1 = 270 KOhm

R2 = 1 MOhm

P1 = 100 KOhm

R3 = 220 KOhm

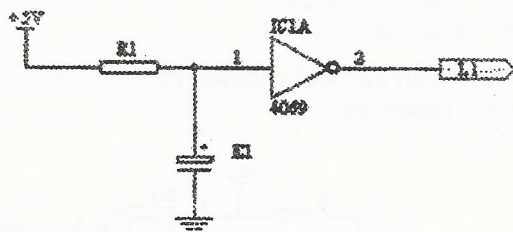
R4 = 27 KOhm

TR1 = BC 107 dengan $\beta = 355$ (pengukuran)

$\beta = 200$ (datasheet)

RANGKAIAN LOADING

Rangkaian Loading adalah untuk mengisi data pada saat awal sistem diaktifkan. Gambar di bawah ini memperlihatkan rangkaian Loading.



dimana,

R1 = 100 KOhm

E1 = 33 μ F

Perhitungan untuk peralihan tegangan rangkaian Loading adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_c &= VCC \cdot (1 - e^{-t/RC}) \\ &= 5V \cdot (1 - e^{-t/100K \cdot 33\mu}) \\ &= 5V \cdot (1 - e^{-t/3,3}) \end{aligned}$$

IC 4096 yang digunakan mempunyai tegangan threshold = 1,18 Volt.

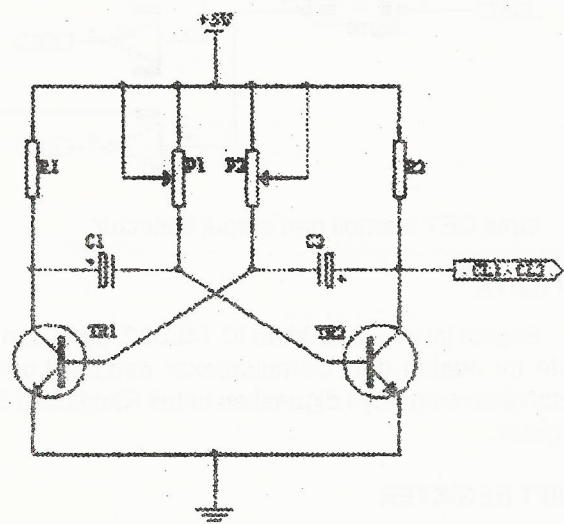
Maka waktu (t) untuk rangkaian ini adalah:

$$\begin{aligned} V_t &= 5V \cdot (1 - e^{-t/3,3}) \\ 1,8 &= 5V \cdot (1 - e^{-t/100K \cdot 33\mu}) \\ -\frac{t}{3,3} &= \ln\left(1 - \frac{1,18}{5}\right) \\ t &= -3,3 \ln\left(1 - \frac{1,18}{5}\right) \\ t &= 0,888 \text{ s} \end{aligned}$$

Sinyal output dari Rangkaian Loading akan masuk ke OR Gate bersama-sama dengan output dari Rangkaian Demultiplexer yang digunakan untuk mendrive Shift Register.

CLOCK

Rangkaian Clock dibuat dari rangkaian multivibrator astable. Rangkaian Clock ini berfungsi untuk memberikan lonceng pada Shift Register agar terjadi pergeseran data yang diinginkan.



dimana,

R1 = R2 = 6,8 KOhm

C1 = C2 = 1 μ F

P1 = P2 120 KOhm

TR1 = TR2 = BC 107

maka frekuensi yang didapat dari Rangkaian Clock adalah sebagai berikut:

$$f = \frac{1}{0,7 \cdot C1 \cdot P1 + 0,7 \cdot C2 \cdot P2}$$

$$= \frac{1}{0,7 \cdot 1\mu \cdot 120K + 0,7 \cdot 1\mu \cdot 120K}$$

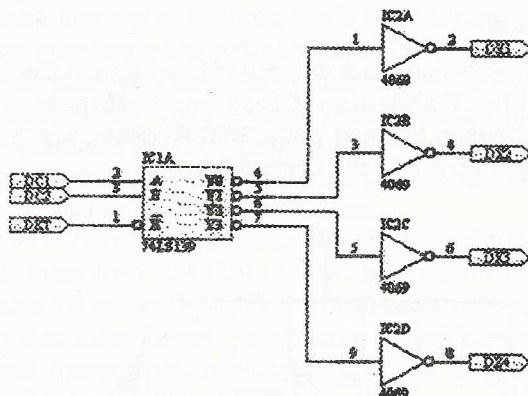
$$= 5,95238 \text{ Hz}$$

$$\approx 6 \text{ Hz}$$

DEMULTIPLEXER

Demultiplexer ini digunakan untuk merubah sinyal dari demodulator (bagiandari Receiver) yang menghasilkan sinyal on/off dua channel menjadi sinyal on/off empat channel. Demultiplexer ini menggunakan IC 74LS139 yang didalamnya terdiri dari dua demultiplexer yang berdiri sendiri-sendiri dalam satuan kemasan.

Pada perancangan untuk mengendalikan gerakan stepper motor ini digunakan satu bagian dari IC 74LS139 yang dihubungkan ke NOT Gate untuk membalikan output dari IC 74LS139 seperti yang terlihat pada gambar.



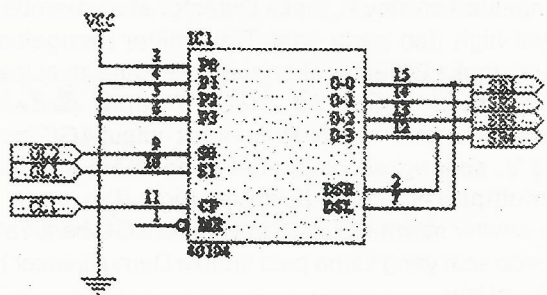
Input DET diambil dari output Detector.

OR GATE

Bagian ini menggunakan IC 74LS32. Input dari OR Gate ini adalah dari Demultiplexer dengan Loading sedangkan outputnya digunakan untuk Rangkaian Shift Register.

SHIFT REGISTER

Rangkaian ini menggunakan IC 40194 yang berfungsi untuk menggeser data yang ada pada register dengan merakit rangkaian seperti yang terlihat pada gambar di bawah:



Input dari Shift Register ini adalah dari dua buah OR Gate dan Clock.

Cara kerja dari shift register dapat dibuatkan sebuah tabel seperti yang terlihat pada tabel di bawah:

CLOCK KE-	MR	MODE		INPUT				OUTPUT					
		SI	SO	SERIAL	PARALLEL	P0	P1	P2	P3	Q0	Q1	Q2	Q3
-	L	X	X	X	X	X	X	X	X	L	L	L	L
1	H	H	H	X	X	H	L	L	L	H	L	L	L
2	H	L	H	H	L	H	L	L	L	L	H	L	L
3	H	L	H	L	L	H	L	L	L	L	L	H	L
4	H	L	H	L	L	H	L	L	L	L	L	L	H
5	H	L	H	L	H	H	L	L	L	H	L	L	L
6	H	H	L	H	L	H	L	L	L	L	L	L	H
7	H	H	L	L	H	H	L	L	L	L	L	H	L
8	H	H	L	L	L	H	L	L	L	L	H	L	L
9	H	H	L	L	L	H	L	L	L	H	L	L	L
10	H	H	L	H	L	H	L	L	L	L	L	L	H
11	H	L	L	L	H	H	L	L	L	L	L	L	H

MULTIVIBRATOR

Rangkaian ini berfungsi untuk tidak menstabilkan keadaan tinggi dari sebuah Shift Register, jika pada pengirim tidak melakukan perubahan gerakan atau Shift Register yang lain sedang bekerja.

Rangkaian ini menggunakan IC 14093 keluaran MOTOROLA dengan tegangan ambang lumrah (pada $T = 25^\circ\text{C}$) adalah sebagai berikut:

$$V_{DD} = 5 \text{ V}$$

$$V_P = 2,70 \text{ V}$$

$$V_N = 2,44 \text{ V}$$

$$V_H = 0,26 \text{ V}$$

dimana,

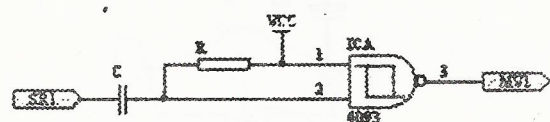
V_{DD} = tegangan catu daya

V_P = tegangan positif

V_N = tegangan negatif

V_H = tegangan histerisis

Rangkaian dari Multivibrator ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



dimana,

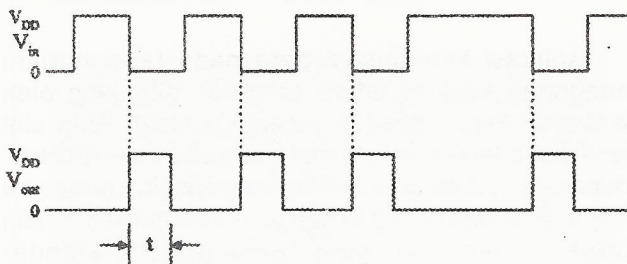
$$R = 10 \text{ K}\Omega$$

$$C = 10 \mu\text{F}$$

Dengan perhitungan waktu (t) sebagai berikut:

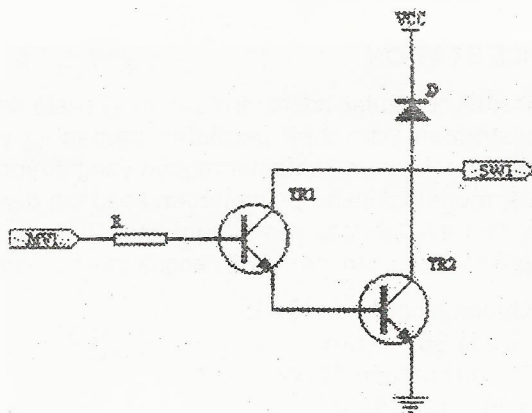
$$\begin{aligned}
 t &= R \cdot C \cdot \ln \frac{V_{DD}}{(V_{DD} - V_P)} \\
 &= 10 \text{ K} \times 10 \mu \times \ln \frac{5 \text{ V}}{(5 - 2,7) \text{ V}} \\
 &= 0,077653 \text{ s} \\
 &= 77,563 \text{ ms}
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan tersebut di atas dapat dibuat dalam sebuah diagram waktu yang terlihat pada gambar.



SWITCH ELEKTRONIK

Rangkaian ini berfungsi sebagai switch (skelar) elektronik seperti yang terlihat pada gambar di bawah:



dimana,

$$\begin{aligned}
 R &= 68 \text{ K}\Omega \\
 D &= \text{IN4002} \\
 \text{TR1} &= \text{BC107B} \\
 \text{TR2} &= \text{2SC3074}
 \end{aligned}$$

KESIMPULAN

- Dengan dirancangnya pengendalian stepper motor jarak jauh ini dapat diperoleh gambaran yang jelas tentang kegunaan dari stepper motor untuk gerakan kamera.
- Sebagai komponen transmisi digunakan IC LM1872 yang merupakan pasangan dari IC LM1871, karena pada IC LM1872 ini di dalamnya telah tercakup lokal osilator, mixer, IF detector, AGC, driver sync output, dan dekoder logika.

DAFTAR PUSTAKA

1. Distefano, Joseph J., III, Ph.D., Allen R. Stubberrud, Ph.D., Ivan J. Williams, Ph.D., terjemahan Ir. Herman Widodo Soemitro. 1992. "Sistem Pengendalian dan Umpanbalik. Jakarta: Erlangga.
2. Freeman, Roger L. 1991. "Telecommunication Transmission Handbook", Third edition. Wiley Interscience.
3. Lee, Samuel C., terjemahan Sutrisno. 1990. "Rangkaian Digital dan Rangkaian Logika." Jakarta: Erlangga.
4. Malvino, Albert Paul. Ph.D. dan Donald P. Leach, Ph.D., terjemahan Ir. Irwan Wijaya. 1992. "Prinsip-prinsip dan Penerapan Digital", Edisi ketiga. Jakarta: Erlangga.
5. Schwartz, Mischa. 1980. "Information Transmisison, Modulation, and Noise", Third edition. New York: McGraw-Hill.

ANALISA APLIKASI KOMUNIKASI DATA PADA LABORATORIUM KUALITAS UDARA BERGERAK

Oleh: Ade Cahyana*), Dicky Riyanto*)

ABSTRAK

Keberadaan laboratorium kualitas udara bergerak pada proyek AQMS (air quality mobile station) di pemerintah propinsi Jawa Barat dalam hal ini Bapedal (Badan Pengendalian Dampak Lingkungan) belum sepenuhnya ditunjang dengan peralatan pendukung komunikasi data sehingga menjadi kendala tersendiri bila pada pengoperasian pengukuran di daerah-daerah atau pada industri-industri pabrik yang lokasinya jauh dari jangkauan jaringan telepon kabel membuat sistem pelaporan dari hasil pengukuran menjadi tidak up to date, karena kecenderungan (trend) tingkat kualitas udara terukur tidak bisa dilaporkan langsung pada saat itu.

Analisa dari kendala-kendala yang terjadi dilapangan, dengan sistem serta teknologi apa yang sesuai dengan kebutuhan dan urgensi sebelum mengaplikasi sistem komunikasi data menggunakan telepon *wireless* dalam hal ini yang berbasis GSM (Global System for Mobile communication) dengan lebih menekankan pada operator jaringan telepon selular yang memiliki coverage area paling luas yang mencakup keseluruhan pelosok daerah-daerah.

Hasil kesimpulan dari analisa ini melalui perbandingan teknis dan non teknis dari beberapa teknologi, operator, struktur jaringan yang ada dan lain-lain, sehingga bisa mengambil keputusan yang tepat sesuai dengan analisis kebutuhan.

PENDAHULUAN

Salah satu dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh sistem transportasi yang tidak sustainable adalah dampak terhadap lingkungan udara, kualitas udara menurun khususnya di perkotaan merupakan akibat tingginya aktivitas transportasi, dengan demikian kualitas udara perlu dipantau secara terus menerus.

Aplikasi komunikasi data pada laboratorium monitoring kualitas udara bergerak ditunjang oleh perangkat keras maupun perangkat lunak serta alat pendukung lainnya yang dapat mengelola, mengontrol, menampung data-data dari tingkat pencemaran secara online, sehingga hasil dari pengukuran dapat digunakan untuk menentukan nilai ISPU (indeks standar pencemaran udara), menentukan tingkat kualitas udara (baik, sedang, bahaya), melihat kecenderungan (trend) tingkat kualitas udara, menjadi alat ukur keberhasilan program pengendalian pencemaran udara, mengukur kualitas udara pada kejadian bencana misal: kebakaran hutan atau kebocoran gas.

MOBILE STATION

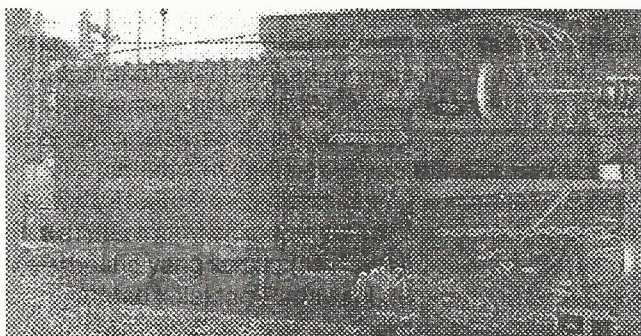
Station pemantau udara ini merupakan suatu sistem dari instrumen-instrumen peralatan pemantau yang ditempatkan didalam kontainer mobile yang dirancang khusus, memungkinkan pemantauan keadaan dengan akurat dan avabilitas yang tinggi, station pemantau merupakan sistem otonom, hasil pengukuran itu meliputi:

1. Karbon monoksida (CO);
2. Oksida Sulfur (Sox);
3. Oksida nitrogen (Nox);
4. Hidrokarbon (HC);
5. Timbal (Pb);
6. Ozon perkotaan (O3);
7. Partikulat (debu).

Berdasarkan analisa pada stasiun pemantau laboratorium kualitas udara bergerak (mobile) dan cara kerja sistem di unit mobile yaitu sistem UWEDAT (software dedicated laboratorium mobile Austria), maka data-data hasil pengukuran diolah dan disimpulkan dalam data HMMV (Halfhour Mean Values) yang disimpan dalam penyimpanan unit^[1]. Gambar 1. Mobile station monitoring kualitas udara.

Korespondensi:

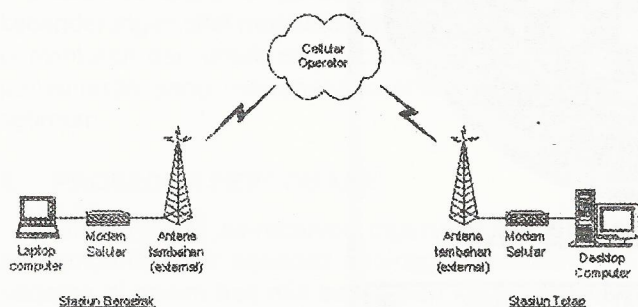
*) Ade Cahyana dan Dicky Riyanto adalah Puslit Informatika (PPI-LIPI). Jl. Cisititu 21/154D Telp. (022) 2504711 - Fax. 2504712 Bandung 40135.



Gambar 1. Mobile stasion

KOMUNIKASI DATA

Dengan alat laboratorium monitoring kualitas udara yang selalu berpinda-pindah pada saat melakukan pemantauan kiranya perlu ditunjang dengan alat yang bisa mendukung guna pelaporan data-data yang terukur ke kantor pusat yaitu dengan menggunakan komunikasi data via selular GSM, seperti pada ilustrasi gambar 2.



Gambar 2. Instalasi sistem

Perangkat pada stasiun bergerak terdiri dari:

- Laptop/Notebook Computer;
- Modem driver untuk selular (*optional*);
- Software aplikasi untuk komunikasi data (*Cellular Data Communication Software*);
- Cable data untuk konek ke selular;
- Selular
- SIM card

Sedangkan di stasiun tetap digunakan IBM PC compatible yang dihubungkan ke selular. Dari hasil analisa percobaan dengan beberapa media komunikasi di lapangan terdapat beberapa perbedaan yang cukup mencolok, sehingga GSM menjadi pilihan untuk media komunikasi^[2], seperti terlihat pada Tabel 1. hasil percobaan

Tabel 1. Hasil Uji coba

Kategori	Kategori	Kategori	Kategori	Uji
Coverage area	Terbatas	Luas	Terbatas	*
Akurasi data	Tdk menjamin	Terjamin	Terjamin	*
Reliability komunikasi	Tdk menjamin	Ok.	Sedang	*
Koneksi awal	Lama	Cepat	Sering time out	*
Instalasi	Cukup besar	Kecil	Kecil	*
Konsumsi daya	Besar	Kecil	Kecil	*
Geografis	Ada	Tidak	Tidak	*
Cost tambahan feature	Tidak ada	Tidak ada	Ada	*
Cost peralatan komunikasi	Mahal	Murah	Murah	*
Gangguan cuaca	Ada	Tidak ada	Ada	*
Peralatan mudah didapat	Cukup Sulit	Mudah	Mudah	*

Keterangan:*

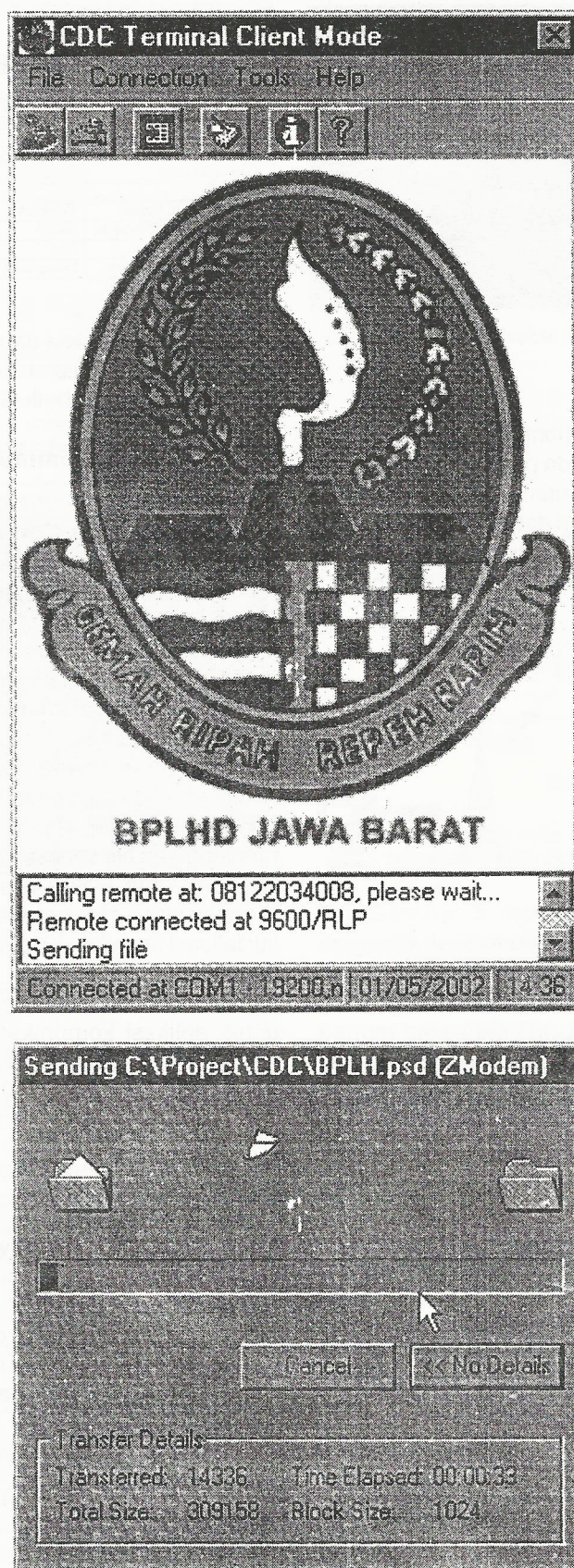
Menurut hasil analisa dan percobaan di lapangan (untuk media selular telah dilakukan percobaan dari beberapa operator baik GSM maupun AMPS)

Cellular Data Communication Terminal (ODC Terminal)

Cellular Data Communication Terminal (CDC Terminal) adalah aplikasi komunikasi data menggunakan media selular yang menggunakan standar perintah (GSM 07.07, GSM 07.05 dan V.25ter command set). CDC Terminal dapat menghubungkan dua buah perangkat komputer (PC) secara *wireless* melalui pesawat telepon selular. Kecepatan transfer data dibatasi oleh kemampuan selular dan operator jaringan yang dipakai yaitu berkisar pada *baudrate* 9600bps. Dengan kecepatan 9600bps pada prakteknya data yang terkirim rata-rata sebesar 400-500Byte/detik, sehingga untuk mengirimkan file sebesar 10KB diperlukan waktu selama 20 detik, dan waktu efektif yang dibutuhkan untuk mengirimkan file sebesar 10KB dari mulai proses inialisasi (*handshaking*) hingga koneksi ditutup sekitar 30 detik.

CDC Terminal ini merupakan software dedicated untuk aplikasi komunikasi data, dimana software ini mempunyai kelebihan sebagai berikut:

- Urgensi dan Prioritas
- Reliability
- Akses data
- Coverage area
- Site yang mobile
- Kualitas komunikasi yang lebih baik
- Kapasitas pengiriman dan kecepatan data relatif lebih besar
- Menaikan akses dan distribusi data informasi
- Fleksibilitas integrasi dengan aplikasi lain
- Membantu proses analisis dan historis pencemaran udara
- Membantu proses desentralisasi



Gambar 3. Proses pengiriman file menggunakan aplikasi CDC Terminal.

Tabel 2 dan Tabel 3. Hasil pemantauan pengukuran serta proses pengolahan data setelah terjadi komunikasi data.

Tabel 2. Hasil pengukuran di laboratorium mobile



The Integrated Air Quality Management for Metropolitan Areas
Daily Air Quality Report for Monitoring Stations
Laporan harian kualitas udara di stasiun pemantau

Date / Tanggal: 05.21.2000
City / Kota: Bandung
Station / Stasiun: BAM1 (Mobile station)

Report prepared at / Laporan disiapkan di: BPLHD Jabar

Waktu	PM10 µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	CO mg/m ³	O ₃ µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	NO µg/m ³
00:00	74.00	5.3	0.72	42.30	26.50	2.60
00:30	68.40	5.2	0.53	45.60	16.60	0.70
01:00	67.90	4	0.63	25.20	14.90	0.70
01:30	65.40	3.1	0.59	21.10	16.90	0.10
02:00	78.30	4.4	0.82	16.80	22.10	0.70
02:30	91.80	3.6	0.83	15.20	21.80	0.60
03:00	105.70	2.6	0.72	15.70	20.20	0.20
03:30	81.80	2.9	0.68	17.50	17.50	0.00
04:00	71.40	2.8	0.81	14.80	23.50	1.70
04:30	70.50	2.6	0.66	20.60	15.40	0.10
05:00	73.10	2.6	0.79	21.20	18.80	0.20
05:30	80.30	2.8	1.51	9.70	33.40	5.60
06:00	99.10	3.5	1.53	11.10	29.70	2.00
06:30	105.00	5	2.23	12.00	30.80	2.00
07:00	140.10	6.1	3.05	5.40	42.30	7.70
07:30	164.10	17	4.31	13.30	64.70	27.30
08:00	179.80	65.7	3.18	18.30	81.50	27.80
08:30	189.80	66.8	2.16	42.70	64.80	12.40
09:00	161.40	51.2	2.03	71.20	59.20	7.50
09:30	160.10	49.7	1.86	86.30	60.80	5.90
10:00	167.40	39.4	1.82	109.80	54.90	2.70
10:30	149.90	30.4	1.70	124.90	44.90	1.70
11:00	126.50	22.7	1.47	116.20	44.40	2.10
11:30	122.50	16.8	1.24	115.70	33.40	1.90
12:00	118.60	14.5	0.99	125.40	26.70	1.80
12:30	124.30	12.9	1.00	119.40	27.50	2.20
13:00	117.90	10.3	0.93	106.80	23.00	1.00
13:30	111.30	8.3	0.92	94.20	21.30	1.10
14:00	92.20	6.4	0.67	91.70	15.60	1.50
14:30	76.70	5.3	0.78	91.90	16.30	1.80
15:00	75.90	7.1	1.02	90.70	27.40	2.20
15:30	66.40	8.8	0.86	106.60	26.10	0.80
16:00	77.30	12.4	0.81	109.70	20.70	0.50
16:30	102.70	13.1	0.92	106.50	23.90	0.70
17:00	125.60	12.3	1.70	90.30	45.60	1.70
17:30	137.40	8.6	1.83	80.10	38.60	0.90
18:00	133.40	7.4	2.25	71.70	46.90	1.00
18:30	141.90	8.6	2.72	53.50	54.90	1.60
19:00	153.30	9.2	3.55	30.70	60.00	2.70
19:30	156.50	8.2	3.30	21.80	73.50	6.10
20:00	164.80	11.1	3.42	13.30	72.50	10.50
20:30	181.00	6.9	2.17	17.20	37.50	3.20
21:00	146.10	5.5	1.53	23.10	24.40	1.50
21:30	101.40	5.3	1.34	21.00	29.10	1.90
22:00	83.40	5.2	1.05	26.80	25.00	1.00
22:30	66.00	4.8	1.04	24.20	27.50	0.10
23:00	85.20	5.2	0.96	22.40	23.90	0.80
23:30	61.50	5.2	1.02	19.00	31.40	3.20
Minimum / Minimum	65.40	2.60	0.53	5.40	14.90	0.00
Mean / Nilai Rata-rata	113.27	12.39	1.52	53.34	34.98	3.42
Maximum / Maksimum	189.80	66.80	4.31	125.40	81.50	27.80

Legend / Keterangan:
PM10: Partikel < 10 µm
SO₂: Sulfur Dioxide
CO: Carbon Monoxide
O₃: Ozone
NO₂: Nitrogen Dioxide
NO: Nitrogen Oxide

Prepared by / Disiapkan oleh	Cited by / Dipertanggungjawabkan
Use Signature / Tanggal-Tanda Tangan	Use Signature / Tanggal-Tanda Tangan

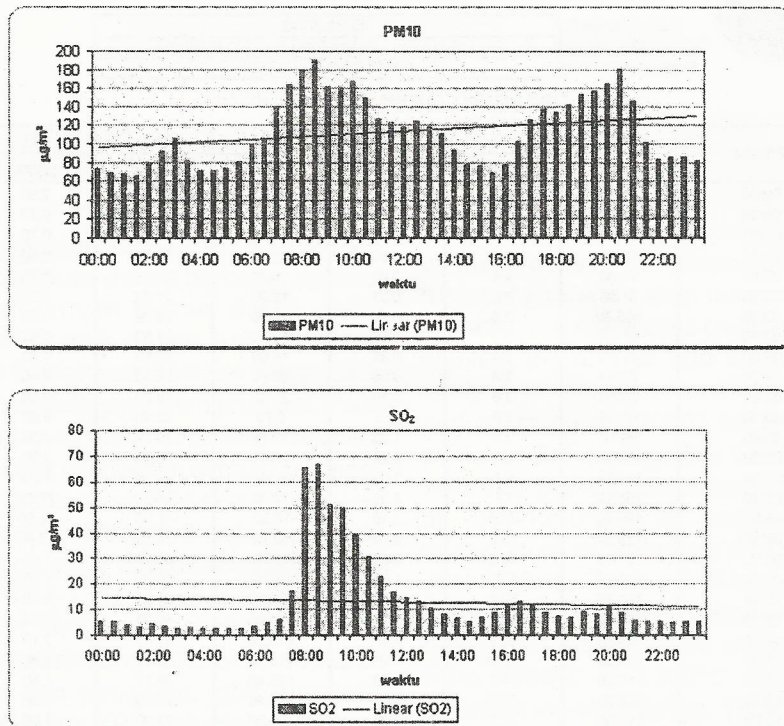
Tabel 3. Report grafik



The Integrated Air Quality Management for Metropolitan Areas
Daily Air Quality Report for Monitoring Stations
Laporan harian kualitas udara di stasiun pemantau

Date / Tanggal: 05.21.2000
City / Kota: Bandung
Station / Stasiun: BAM1 (Mobile station)

Report prepared at / Laporan disiapkan di: BPLHD Jabar



Gambar 4. Instalasi uji coba komunikasi data.

kondisi tertentu harus diketahui dengan segera dan dikirim ke kantor pusat, sehingga bisa ditindak lanjuti dengan langkah-langkah kongrit untuk meminimalkan kondisi pencemaran udara di suatu titik pengukuran.

Dari hasil data-data yang terukur dapat di analisis historis, grafis, dan data mining setelah melalui suatu proses pengiriman data secara online sertadapat mendukung proses desentralisasi, Aplikasi komunikasi data ini juga telah diuji coba serta melalui suatu proses analisis kebutuhan baik aspek teknis, manfaat, serta cost.

Dengan sistem ini pihak-pihak yang terkait akan mendapatkan akses yang cepat dan tepat terhadap informasi yang berkembang serta sebagai penunjang dalam pengambilan keputusan khususnya masalah lingkungan udara.

KESIMPULAN

Analisa dari aplikasi komunikasi data pada laboratorium monitoring kualitas udara bergerak ini dapat membantu kelancaran tugas monitoring kualitas udara mobile guna mengetahui kondisi yang berkembang (trend) pada saat itu di suatu daerah tertentu yang pada

DAFTAR PUSTAKA

1. Proyek AQMS Indonesia.
2. Laporan akhir proyek pencemaran udara Bapedalda Jawa Barat 2002.

AlGaInP/GaAs-LED (Light Emitting Diode): SUMBER CAHAYA ALTERNATIF PENGANTI LAMPU PIJAR?

Oleh: Jumril Yunas*), Slamet Widodo*), Topik Teguh Estu*)

INTISARI

Paper ini mengetengahkan trend perkembangan dalam teknologi LED (dioda emisi-Light Emitting Diode). Fokus tulisan ini diarahkan pada aspek material dan teknologi proses fabrikasi divais yang menghasilkan LED dengan intensitas tinggi pada berbagai spektrum cahaya tampak, dan mampu diaplikasikan sebagai display ruang terbuka (outdoor display), bahkan diharapkan pada masa mendatang dapat menggantikan lampu pijar konvensional). Dari segi dimensi LED pasaran merupakan divais tunggal yang berukuran lebih dari $400 \times 400 \mu\text{m}^2$. Dalam penelitian ini telah dilakukan percobaan fabrikasi LED dengan struktur mesa yang dapat menghasilkan LED berdimensi lebih kecil dari pada LED tunggal. Beberapa teknik proses, seperti pembentukan struktur kontak secara liftoff, deposisi metal serta etsa material telah kami tampilkan. Selanjutnya telah pula dilakukan karakterisasi berupa sifat optik dan listrik.

1. PENDAHULUAN

LED cahaya tampak (visible - Light Emitting Diodes) telah dikenal sebagai komponen optoelektronika yang memiliki umur operasi panjang, reliability yang tinggi dan dapat bekerja dengan konsumsi energi yang rendah[1]. Pada saat ini LEDs secara umum banyak digunakan sebagai bagian switching pada sistem otomasi, jaringan telekomunikasi, serta sebagai display pada kendaraan dan elektronika konsumen. Hal ini menjadikannya sebagai salah satu komponen elektronika dengan prospek aplikasi yang cukup besar. Beberapa literatur terdahulu telah banyak menjelaskan hasil penelitian dibidang optoelektronika, khususnya penggunaan bahan baru maupun teknik pembuatan divais LED. Selanjutnya LED dari bahan semikonduktor golongan III-V merupakan senyawa yang banyak pula mendapat

perhatian industri optoelektronika saat ini. Salah satu aplikasi senyawa dari golongan ini adalah divais UHB (Ultra High Brightness)-LED yang memiliki kekuatan intensitas cahaya tinggi, sehingga cocok digunakan sebagai display penunjuk di alam terbuka (outdoor display) dan diharapkan pada masa mendatang akan dapat menggantikan lampu pijar.

Tulisan ini mengetengahkan divais LED dari bahan AlGaInP. Bagian pertama dari tulisan ini akan difokuskan pada fisik divais dan sifat material, selanjutnya pada bagian kedua akan ditampilkan teknik proses fabrikasi dan karakterisasi unjuk kerja.

2. MATERIAL AlGaInP/GaAs dan FISIK DIVAIS LED

LED (Light Emitting Diode) merupakan divais dengan struktur PN dioda yang paling sederhana diantara divais semikonduktor lainnya. Karakteristik yang membedakannya adalah pada terbentuknya emisi cahaya bila mana pada sambungan kedua daerah p dan n diberi tegangan bias maju yang selanjutnya membangkitkan pembawa muatan minoritas sehingga menghasilkan proses rekombinasi. Proses rekombinasi yang terjadi pada material AlGaInP/GaAs terbentuk secara langsung (direct bandgap). Seperti terlihat pada gambar 1, elektron yg terkumpul didalam conduction band berada pada level energi minimum sedangkan hole berada pada level energi valence band maksimum. Dengan demikian rekombinasi yang terjadi akan menghasilkan emisi cahaya dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Susunan material AlGaInP merupakan kristal campuran golongan III-III-III-V dari Aluminium, Galium, Indium dan Phospor dengan susunan kimia sebagai berikut,

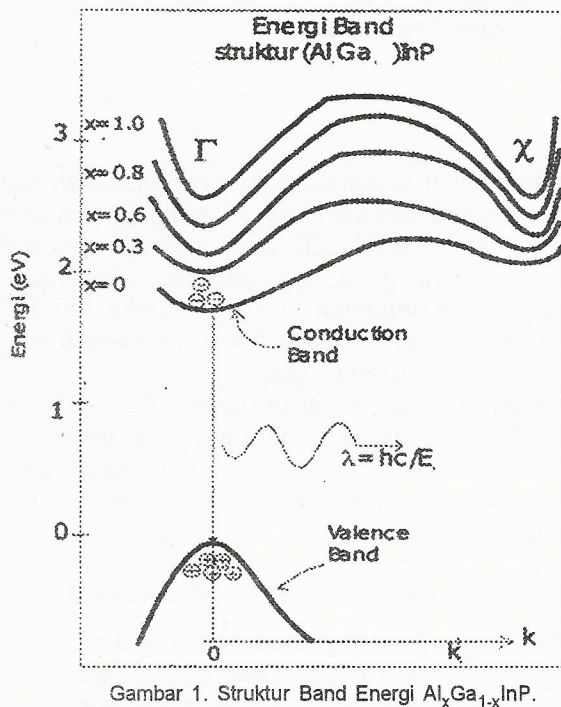
$$[\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}]_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P} \quad \text{dimana: } x < 0.3 ;$$

Gambar 1. memperlihatkan hubungan kandungan Al terhadap lebarband. Faktor x menyatakan komposisi Al di dalam senyawa. Untuk $0 \leq x \leq 0.6$ terlihat material AlGaInP memiliki sifat direkt dengan lebar band energi 1.9eV-2.3eV atau spektrum panjang gelombang antara

Korespondensi:

*) Jumril Yunas, Slamet Widodo, Topik Teguh Estu adalah Puslitbang TELKOMA-LIPI. Jl. Cisit 21/154D Bandung-40135. Telp. (022) 2504660 Fax. (022) 2504659 E-Mail: jumril@telkoma.lip.go.id

560 nm - 650 nm. Dengan demikian AlGaInP-LED dapat memancarkan cahaya untuk spektrum hijau sampai merah. Sedangkan untuk komposisi $x > 0.6$ bandgap bersifat *indirect*. Lapisan LED terdiri dari lapisan aktif divais LED (terbuat dari material AlGaInP), lapisan pelindung AlGaInP dan substrat dari bahan GaAs. Pada bagian atas divais terdapat lapisan jendela GaP yang berfungsi sebagai pembentuk kontak ohmik (gambar 2).



Gambar 1. Struktur Band Energi $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{InP}$.

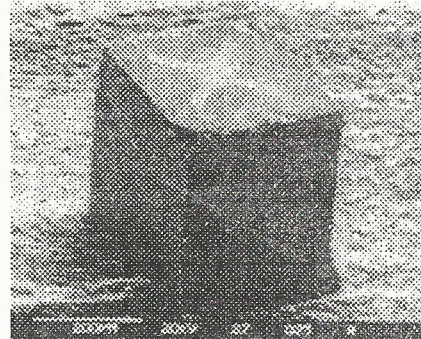
Untuk menghubungkan kontak dengan rangkaian luar, dideposisi lapisan metal dari bahan Au-Zn (untuk kontak p) pada sisi sebelah atas dan Au-Ge (untuk kontak n). Kontak atas didesain berbentuk X (silang) sehingga diharapkan terjadi kondisi optimal antara besar celah emisi yang keluar dari permukaan dengan besarnya penyebaran arus yang melewati kontak.

p-GaP Windowlayer	100nm	$\text{Mg}:2 \cdot 10^{18} \text{cm}^{-3}$
p- $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{InP}$ Cladding	1.45 μm	$\text{Mg}:2 \cdot 10^{17} \text{cm}^{-3}$
$\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{InP}$	500nm	Intrinsic
n- $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{InP}$ Cladding	500nm	$\text{Si}:2 \cdot 10^{17} \text{cm}^{-3}$
n-GaAs Substrat		$\text{Si}:2 \cdot 10^{18} \text{cm}^{-3}$

Gambar 2. Struktur Lapisan AlGaInP/GaAs.

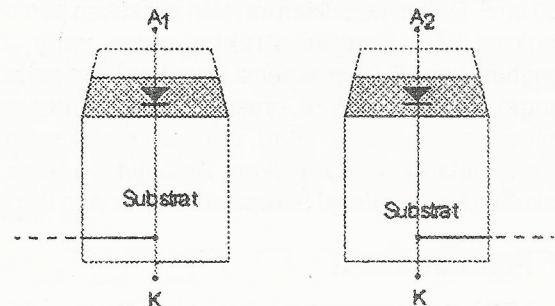
Divais LED pasaran biasanya berbentuk LED tunggal dengan ukuran $400 \times 400 \mu\text{m}^2$. Selanjutnya pada penelitian terdahulu telah dilakukan fabrikasi LED tunggal (*single chip*) dengan ukuran yang lebih kecil. Pada saat proses pemotongan terjadinya keretakan dan pecahnya dinding divais (lihat gambar 3 dan gambar 4a). Hal ini

menyebabkan terbatasnya dimensi LED tunggal, sehingga jumlah divais per wafer yang diproduksi akan sangat sulit ditingkatkan.

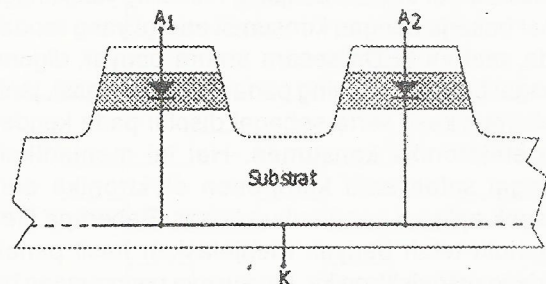


Gambar 3. Profil LED tunggal setelah proses pemotongan.

Pengembangan selanjutnya diarahkan untuk mendapatkan dimensi yang lebih kecil dengan menggunakan proses yang sederhana dan murah. Pada penelitian ini telah dicobakan proses fabrikasi divais dengan teknologi mesa (gambar 4b), yaitu teknik pembentukan banyak divais diatas wafer yang sama namun terisolasi satu sama lain.



Gambar 4a. Skema LED tunggal



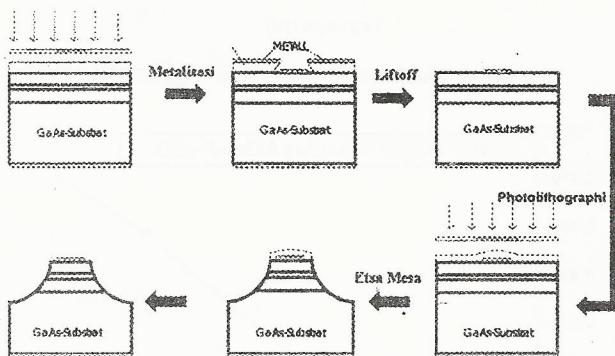
Gambar 4b. Skema LED mesa.

Struktur mesa ini cocok untuk pembuatan banyak divais LED sehingga memungkinkan membentuk display profil dengan tingkat resolusi rendah di atas satu wafer. Syarat utama terbentuknya mesa adalah dengan etsa material di luar profil yang tertutup masker. Etsa yang dilakukan harus mencapai substrat sehingga masing-

masing divais dioda hanya berhubungan disisi katoda. Pembuatan LED dengan metoda teknik mesa membutuhkan sedikitnya satu kali proses etsa. Metoda yang gambar dan murah adalah proses etsa kimia basah (*Wet Etching*).

3. PROSES FABRIKASI

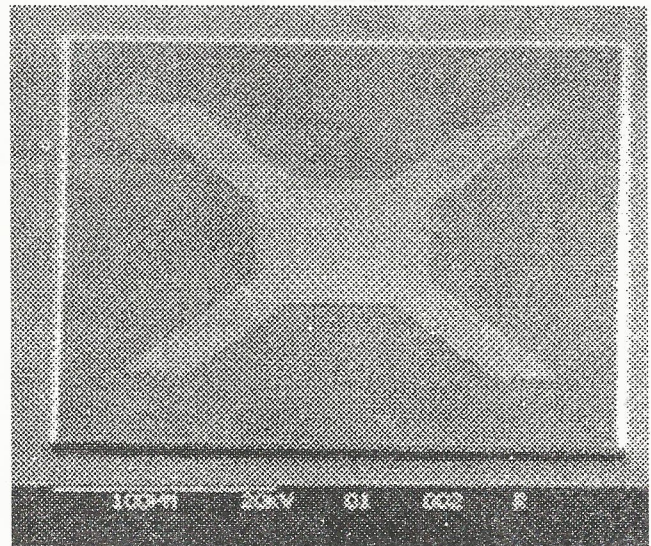
Untuk mendapatkan struktur dan profil yang diharapkan, maka beberapa metoda langkah proses fabrikasi telah dilakukan pada penelitian terdahulu[2]. Untuk itu proses liftoff telah dipilih sebagai satu proses yang sederhana dan murah. Adapun langkah prosesnya adalah sebagai berikut (lihat gambar 5):



Gambar 5. Langkah Proses Fabrikasi LED Mesa.

Proses fabrikasi diawali dengan pencucian standar menggunakan acetone propanol dan DI water. Pencucian ini dimaksudkan untuk menghilangkan kotoran ataupun lemak yang menempel pada permukaan substrat. Selanjutnya dilakukan deposisi metal kontak bawah (AuGe) menggunakan evaporasi. Untuk deposisi kontak atas dilakukan terlebih dahulu proses litografi yang berfungsi untuk membentuk profil kontak atas. Dalam proses litografi dilakukan pembentukan lapisan resist positif yang akan berpolimerisasi setelah diberi sinar uv dan direndam di dalam larutan pengembang untuk selanjutnya membentuk profil yang diinginkan. Selanjutnya dilakukan deposisi AuZn untuk kontak atas menggunakan sputtering. Melalui perendaman divais yang terdeposisi metal ke dalam acetone maka struktur yg berada diatas resist akan melarut sekaligus mengangkat metal diatasnya (proses liftoff). Dengan demikian terbentuklah struktur kontak atas. Selanjutnya untuk membentuk struktur mesa dilakukan sekali lagi proses litografi dilanjutkan dengan etsa material menggunakan larutan etsa $\text{HCl} : \text{CH}_3\text{COOH} : \text{H}_2\text{O}_2 = 1:5:1$ [3]. Langkah terakhir proses fabrikasi adalah annealing pada temperatur 450°C selama 10 detik dalam atmosfer N_2 . Annealing ini dimaksudkan untuk membentuk alloying (pencampuran) antara metal dengan semikonduktor sehingga dengan demikian terbentuk kontak yang bersifat ohmik. Hasil proses

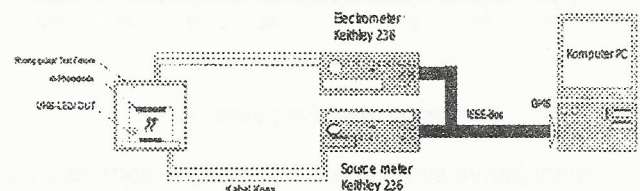
seperti terlihat pada gambar6, menunjukkan hasil yang baik dimana divais dapat dibentuk dengan ukuran $250 \times 250 \mu\text{m}^2$. Kontak terbentuk dengan baik dan tidak terjadi pengurangan dimensi, selanjutnya terlihat juga permukaan material yang bersih. Dinding divais terbentuk dengan sempurna.



Gambar 6. LED Mesa

4. KARAKTERISASI

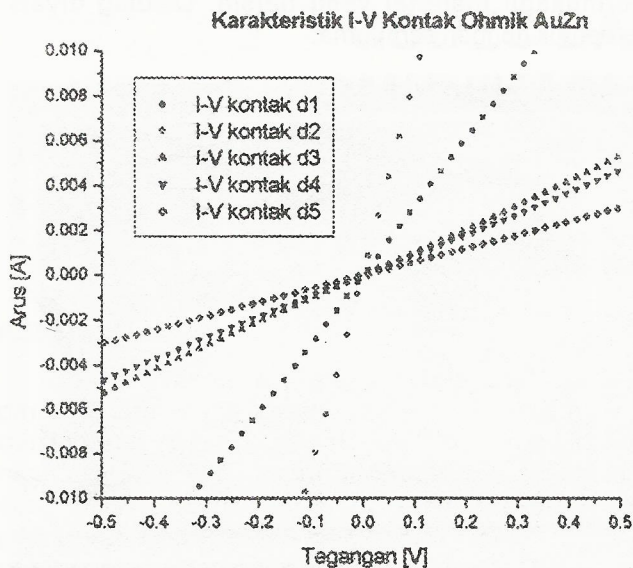
Tahapan terakhir adalah karakterisasi, ada dua bentuk karakterisasi yang dilakukan yaitu karakterisasi sifat optik dan sifat elektrik. Pengukuran sifat elektrik dilakukan dengan menggunakan sistem pengukuran I-V Keithley 236. Seperti terlihat pada skema gambar7. Sistem ini terdiri dari *test fixture* sebagai *probe* dan terminal pengukuran (tempat sample yang akan diukur), sebuah alat ukur (Keithley 236) dan sumber daya (Keithley 238) yang dihubungkan melalui sebuah interface GPIB dan kabel coax ke komputer PC. Pengukuran selanjut di kontrol dan data keluaran diolah menggunakan software program pengukuran ICS-Metrix.



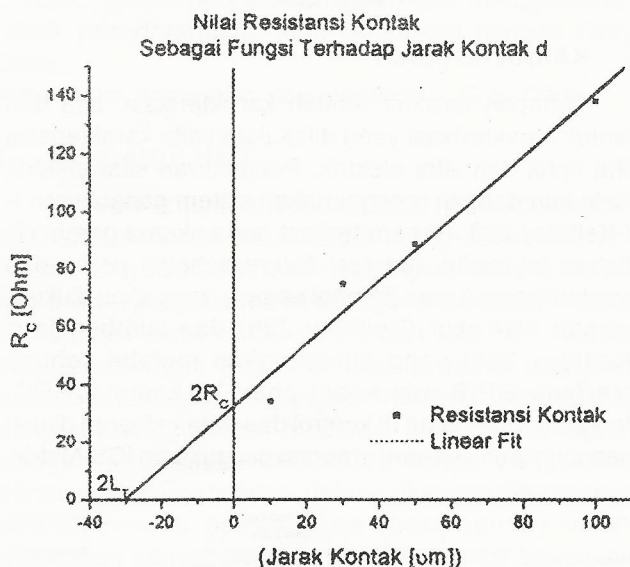
Gambar 7. Skematik sistem Pengukuran I-V dan Intensitas LED

Sifat listrik merupakan karakteristik yang sangat perlu dilakukan mengingat perkembangan divais LED diarahkan pada kemampuan menyerap energi listrik yg lebih efisien dengan tingkat intensitas yg tinggi. Adapun salah satu faktor penyebab rugi rugi daya adalah resistansi kontak. Karakteristik kontak metal dilakukan

menggunakan metoda TLM [4]. Hasil pengukuran memperlihatkan sifat ohmik yang baik, dimana Hambatan kontak $R_c = 10 \Omega$ (lihat gambar 8a dan 8b).

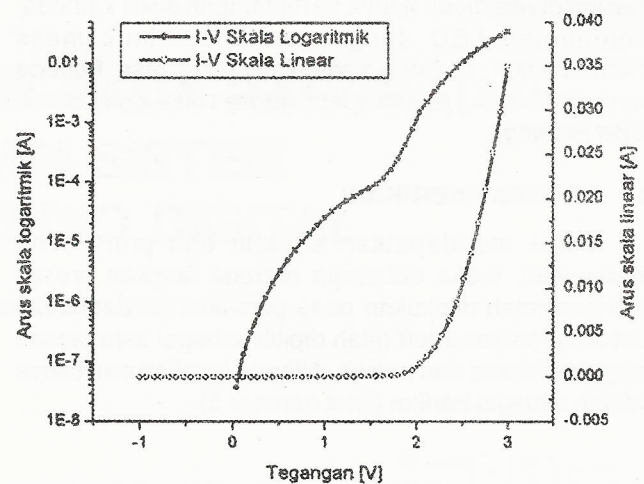


Gambar 8a. Karakteristik kontak Ohmik AuZn

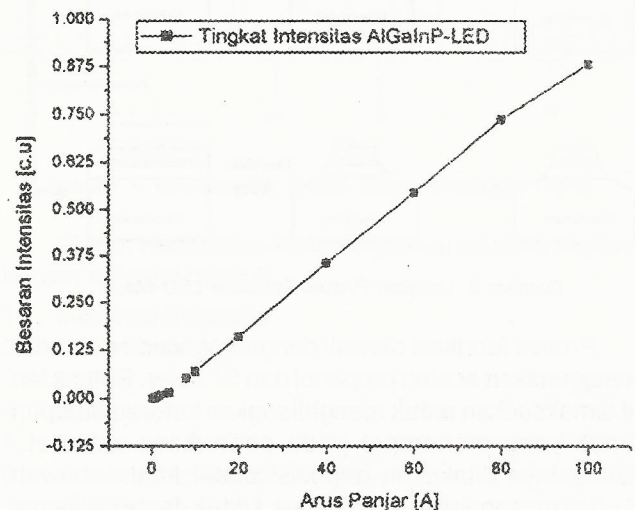


Gambar 8b. Hasil Pengukuran TLM

Selanjutnya sifat listrik LED sebagai dioda terlihat pada gambar 9 dalam dua penskalaan, dimana terlihat pada skala linear dapat dihitung $R_{seri} = 11.58 \Omega$ dan V_{turnon} (tegangan patahan) = 1.8 volt, sedang pada skala logaritmik terlihat nilai arus rendah (dikenal sebagai leakage current) mencapai 5.10^{-8} ampere.



Gambar 9. Karakterisasi Sifat Listrik AlGaInP-LED



Gambar 10. Hasil Pengukuran I-L

Pengukuran sifat optik terdiri dari pengukuran photoluminescence (PL) menggunakan frekuensi analyzer Rohde & Schwarz dan pengukuran intensitas cahaya (IL). Pada gambar 10 terlihat intensitas masih menunjukkan linearitas sampai pemberian arus panjar 100 mA, selanjutnya pada pengukuran PL dipastikan bahwa AlGaInP memancarkan cahaya pada panjang gelombang $\lambda_p = 595.68 \text{ nm}$.

5. KESIMPULAN

Pada tulisan ini telah dipaparkan trend baru pengembangan teknik pembuatan LED dengan menggunakan metoda mesa. Hasil proses memperlihatkan hasil yang baik dimana divais terisolasi dapat terbentuk dengan ukuran $250 \times 250 \mu\text{m}^2$ (hampir 2x lebih kecil dibanding LED tunggal). Selanjutnya telah pula dilakukan karakterisasi sifat optik dan listrik dimana intensitas emisi cahaya masih menunjukkan linearitas sampai pemanjangan arus 100 mA.

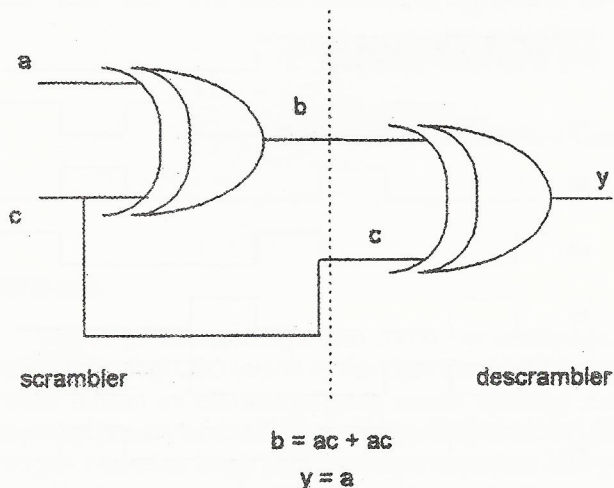
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sze. S. M., "Physics of Semiconductor Devices", John Wiley & Sons, New York (1981), 2nd Edition.
 - [2] J. Yunas, dkk. "Proses Pembuatan Struktur Kontak Pada Divais AlGaInP/GaAs UHB-LED", Jurnal Fisika-HFI, Vol.2, No.3, Oktober 1999.
 - [3] Kambayashi. T, Kitara. C, Iga. K., "Chemical etching of InP and GaInAsP for Fabricating laser diodes and integrated optical circui", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 19, No.1 (1980), pp 78-85.
 - [4] Dieter. K. Schroeder, "Semiconductor Material and Device Characterization", John Wiley & Sons, Inc. Singapore, 1990.
-

22

secara 100 % data dilakukan proses pengacakan secara random.

Prinsip kerja dari rangkaian pengacak (*scrambler*) dapat dipahami dengan mengamati gambar 2 di bawah ini:



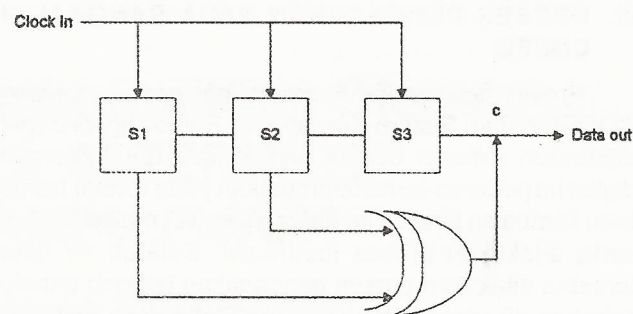
Gambar 2. Rangkaian Dasar Scrambler-Descrambler.

Sedangkan untuk tabel kebenaran yang dihasilkan dari rangkaian tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Tabel kebenaran Rangkaian Scrambler-Descrambler

a	c	b	y
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	1
1	1	0	1

Dari tabel kebenaran yang diperoleh, dapat diketahui bahwa keluaran dari y identik sama dengan masukan data pada a setelah diproses bersama dengan masukan c dan melalui gerbang EX-OR pada rangkaian scrambler-Descrambler. Sedangkan input c dapat diperoleh melalui teknik *pseudorandom* dengan menggunakan rangkaian *shift register*. Berikut ini adalah pembangkit sinyal pseudorandom dengan menggunakan tiga buah *flip-flop shift register* dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 2, kemudian data word yang diperoleh akan berulang dengan mengikuti aturan rumus $2^n - 1$ (dimana n = banyaknya bit yang digeser).

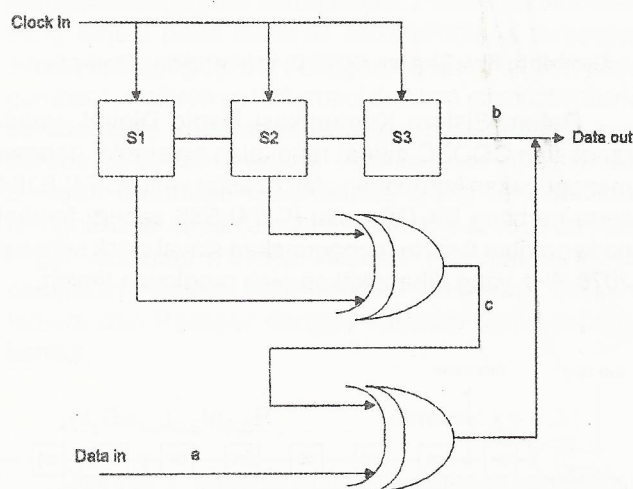


Gambar 3. Pseudorandom Generator.

Tabel 2. Tabel Kebenaran Pseudorandom Generator

S1	S2	S3	C	Word
1	0	1	1	1
1	1	0	1	2
1	1	1	0	3
0	1	1	0	4
0	0	1	1	5
1	0	0	0	6
0	1	0	1	7
1	0	1	1	Data berulang

Berikut ini merupakan rangkaian lengkap untuk Scrambler dengan menggunakan pseudorandom generator 3 bit seperti yang ditunjukkan pada gambar 4 berikut ini.

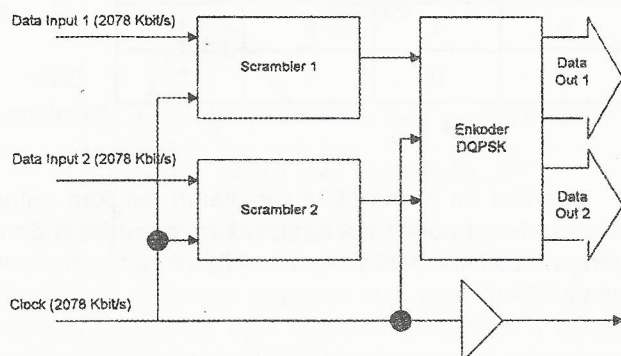


Gambar 4. Rangkaian Lengkap Scrambler 3 bit.

III. PROSES PENGACAKAN PADA RANGKAIAN CODEC

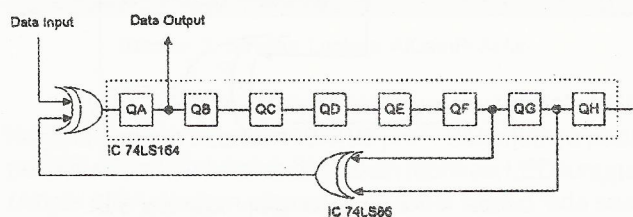
Proses pengacakan (*scrambling*) pada rangkaian CODEC dalam Sistem Komunikasi Radio Digital dapat dijelaskan sebagai berikut, sinyal data dalam format digital ini pertama-tama ditempatkan pada format frame baru kemudian setelah itu data tersebut di multiplekskan serta dilakukan proses justifikasi. Setelah itu data tersebut dilakukan proses pengacakan terlebih dahulu sebelum dikodekan dengan Gray Code yang nantinya diteruskan ke modulator. Secara keseluruhan, proses ini dilakukan pada sub bagian dari Sistem Komunikasi Radio Digital yaitu CODEC (*Coder-Decoder*).

Alasan lain digunakannya teknik pengacakan (*scrambling*) dengan metoda pseudorandom ini adalah untuk memperoleh sinyal clock apabila data yang ditransmisikan berupa data nol maupun satu yang cukup panjang. Sebagaimana diketahui bahwa sinyal *clock* sangat diperlukan pada *Receiver* dalam Sistem Komunikasi Radio Digital untuk proses sinkronisasi dalam pengkodean kembali sinyal data yang ter-acak dari Transmitter sehingga tidak terjadi kesalahan (*error*). Sedangkan Blok Diagram dari rangkaian CODEC dapat dilihat pada gambar 5 di bawah ini,



Gambar 5. Blok Diagram CODEC arah pengirim (*Transmitter*).

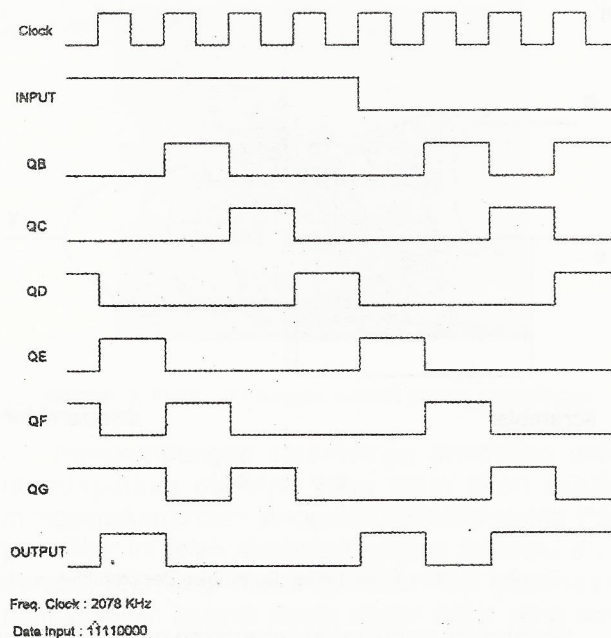
Dalam Sistem Komunikasi Radio Digital, untuk rangkaian CODEC dibuat rangkaian scrambler dengan menggunakan komponen *shift register* yaitu IC 74LS164 serta gerbang EX-OR yaitu IC 74LS86 seperti terlihat pada gambar 6 serta menggunakan sinyal clock, sebesar 2078 KHz yang dibangkitkan oleh rangkaian *timing*.



Gambar 6. Rangkaian Scrambler.

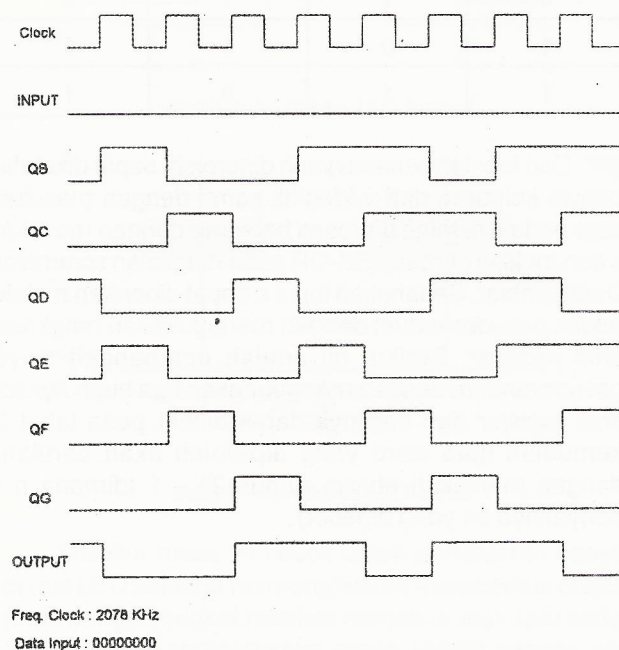
IV. HASIL PENGUKURAN

Berikut ini merupakan hasil pengukuran yang diperoleh dari rangkaian scrambler yang telah dibuat,



Gambar 7. Data Pengukuran Rangkaian Scrambler.

Kemudian dilakukan pengujian untuk rangkaian *scrambler* pada CODEC tersebut dengan memberikan deretan data nol yang cukup panjang sehingga dapat diperoleh pengkodean data yang dilakukan oleh rangkaian *scrambler* tersebut seperti pada gambar dibawah ini,



Gambar 8. Data Pengukuran Rangkaian Scrambler untuk data berupa deretan nol.

Dari data hasil pengujian yang ditunjukkan pada gambar 8 di atas dapat dilihat bahwa untuk data input berupa deretan data nol yang cukup panjang maka hasil output data dari rangkaian *scrambler* tersebut bukan berupa deretan data nol lagi tetapi sudah dilakukan proses pengkodean sehingga dimungkinkan untuk dapat diperoleh kembali sinyal clock pada sisi penerima. Demikian juga halnya apabila data input berupa deretan data satu yang panjang.

V. KESIMPULAN

Proses pengacakan (*randomising*) merupakan bagian dari fungsi CODEC sebagai sub bagian dari Sistem Komunikasi Radio Digital. Sinyal data yang diterima oleh CODEC diacak dengan mengikuti metoda *Pseudorandom* sebelum ditransmisikan dengan modulasi QPSK sehingga penyebaran spektrum transmisi menjadi merata serta dapat dilakukan

perolehan sinyal clock kembali dari data output yang diterima pada receiver baik berupa data digital yang bervariasi maupun deretan data nol atau satu yang cukup panjang untuk proses sinkronisasi.

REFERENCE:

- [1] Elan Djaelani, "*Struktur frame pada salah satu Sistem Radio Digital*": IPT Technical Journal Vol. 1 No.2, 1995.
- [2] NOKIA, Operating Manual Book DR240-1800.
- [3] Marthin S. Roden, "*Digital and Data Communication Systems*", Prentice-Hall. inc, 1982.
- [4] Don J. Torrieri, "*Principles of Secure Communication Systems*," Artech House, 1992.
- [5] Robert G. Winch, "*Telecommunication Transmisison Systems*," McGraw-Hill, 1993.

STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MAGNETIK BARIUM HEKSAFERIT HASIL PEMADUAN MEKANIK OKSIDA CRM

Oleh: Efendi¹⁾, Dedi²⁾, N. Idayanti²⁾, S. Wiryolukito³⁾

ABSTRAK

Barium heksaferit merupakan magnet keramik yang banyak digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi dan masih menempati tempat teratas dalam pasar magnet permanen dunia baik dalam hal nilai uang maupun jumlah produk karena ketersediaan bahan baku yang relatif murah dan kemudahan dalam produksi. Pada tulisan ini disajikan pembuatan magnet barium heksaferit melalui pemaduan mekanik dilanjutkan dengan kalsinasi. Sebagai bahan baku pemaduan mekanik digunakan campuran oksida besi dari limbah pabrik baja dan oksida barium karbonat. Serbuk yang dihasilkan dipress dan disinter pada selang 1000-1300°C untuk mempelajari kecenderungan sifat magnetik terhadap suhu penyinteran. Karakterisasi yang dilakukan meliputi difraksi sinar x, SEM dan pengujian sifat magnetik dengan permagraph. Analisis XRD terhadap campuran serbuk hasil pemaduan mekanik Fe_2O_3 dan BaCO_3 dilanjutkan dengan kalsinasi pada 1200°C selama 3 jam menunjukkan puncak-puncak intensitas untuk senyawa $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$. Hasil pengujian dengan permagraph menunjukkan sifat magnetik meningkat dengan meningkatnya suhu penyinteran dari 1000°C ke 1200°C dan menurun kembali pada suhu penyinteran selanjutnya. Hasil-hasil ini dikorelasikan dengan struktur mikro magnet yang terbentuk setelah penyinteran yang diamati dengan SEM.

Kata Kunci: oksida CRM, barium heksaferit, pemaduan mekanik, penyinteran, sifat magnetik, struktur mikro.

ABSTRACT

Barium hexaferrite or $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ is the most widely used ceramic magnet for many application and still place the top of global permanent magnet market in term of

monetary value and product weight because of inexpensive raw material availability and the simplicity of the process. This paper present the synthesis of barium hexaferrite from the powders mixture of Fe_2O_3 of cold rolling mill wastes and BaCO_3 through mechanical alloying in ball mill and subsequent calcining. XRD analysis on powders resulted from mechanical alloying and calcining at 1200°C for 3 hours showed intensity peaks of $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$. The barium hexaferrite powders were then pressed and sintered at a range of temperature of 1000-1300°C in air and the influence of sintering temperature on magnetic proerties and microstructure were studied. The magnetic properties measurement by permagraph showed that Br, He and (BH)max of barium hexaferrite increased as sintering temperature raised from 1000°C to 1200°C and decreased at higher temperature of sintering. These results was correlated with the microstructures developed after sintering which was observed by SEM.

Keywords: CRM oxides, barium hexaferrite, mechanical alloying, sintering, magnetic properties, microstructure.

I. PENDAHULUAN

Barium heksaferit merupakan keramik oksida kompleks dengan rumus kimia $\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ atau $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$. Barium heksaferit mempunyai kestabilan kimia yang bagus dan relatif murah untuk dibuat karena ketersediaan bahan baku yang relatif murah dan kemudahan dalam produksi. Walaupun kekuatan magnet heksaferit lebih rendah dibandingkan jenis magnet terbaru berbasis logam tanah jarang, magnet permanen heksaferit (Ba-ferit dan Sr-ferit) masih menempati tempat teratas dalam pasar magnet permanen dunia baik dalam hal nilai uang maupun berat produk¹⁾.

Barium heksaferit dapat disintesa dengan beberapa metoda seperti kristalisasi gas, presipitasi hidrotermal, sol-gel, aerosol, copresipitasi dan pemaduan mekanik. Diantara metoda ini pemaduan/gerus mekanik adalah ekonomis karena ketersediaan bahan baku secara komersial dan relatif murah. Selain itu, penanganan material relatif sederhana untuk proses pemaduan

Korespondensi:

- 1) Efendi adalah pada Pusat Penelitian Metalurgi LIPI, Serpong, Tangerang.
- 2) Dedi dan N. Idayanti adalah pada Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI, Bandung. e-mail: dedi@ppet.lipi.go.id.
- 3) S. Wiryolukito adalah pada Departemen Teknik Mesin ITB, Bandung.

mekanik dan produksi skala besar dapat diimplementasikan dengan mudah.²⁾

Endang S.B. dan Dedi³⁾ mempelajari sifat magnetik Barium Stronsium Ferit yang dibuat dari kerak CRM (*Cold Rolling Hill*) pada suhu penyinteran 1125, 1250 dan 1270°C dan menyimpulkan bahwa suhu penyinteran tidak begitu besar pengaruhnya terhadap pembuatan magnet permanen. Sedangkan Beni P.M.⁴⁾ dengan metoda statistik membandingkan pengaruh suhu, waktu dan kecepatan pendinginan proses penyinteran pada pembuatan magnet ($0.8\text{BaO}, 2\text{SrO}, 0.5\text{Fe}_2\text{O}_3$) dan menyimpulkan bahwa dari ketiga faktor tersebut yang paling berpengaruh adalah suhu penyinteran.

Penelitian yang dilakukan di dalam dua referensi tersebut masing-masing hanya menggunakan 3 dan 2 suhu penyinteran sehingga tidak diperoleh kecenderungan sifat magnetik terhadap suhu penyinteran dan belum diketahui pada suhu penyinteran berapa akan menghasilkan sifat magnetik dan struktur mikro yang optimum. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan serangkaian percobaan untuk mempelajari kecenderungan sifat magnetik terhadap suhu dan waktu penyinteran dan untuk mendapatkan suhu dan waktu penyinteran yang menghasilkan sifat magnetik yang optimum.

II. PROSEDUR PERCOBAAN

Oksida CRM *as-received* digerus basah dengan menambahkan air aquades sehingga diperoleh 60% padatan di dalam ball mill baja tahan karat berukuran 13.8 cm x 14 cm selama 24 jam⁵⁾. Setelah itu dikeringkan dan serbuk yang dihasilkan disaring -400 mesh (-38 mikron). Kemudian serbuk CRM dan serbuk barium karbonat dengan komposisi $1\text{BaCO}_3 + 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ dimasukkan di dalam ball mill untuk pemaduan mekanik. Pemaduan mekanik dilakukan dalam kondisi basah selama 6 jam⁵⁾. Campuran serbuk yang dihasilkan dikalsinasi pada suhu 1200°C di dalam tungku muffle temperatur tinggi Thermolyne seri 46.100 selama 3 jam⁵⁾. Kalsin yang diperoleh dikarakterisasi dengan difraksi sinar x (Shimadzu dengan radiasi $\text{Cu K}\alpha$) untuk melihat senyawa yang terbentuk. Kemudian kalsin digerus basah kembali di dalam ball mill selama 16 jam dan disaring -400 mesh.

Tahap selanjutnya masing-masing sebanyak 3 gram serbuk dipress berbentuk tablet di dalam cetakan logam berdiameter lubang 1,5 cm dengan tekanan 5 ton/cm².⁵⁾ Hasil pengepresan berupa bakalan disinter di dalam tungku muffle temperatur tinggi Thermolyne seri 46100 pada suhu yang bervariasi yaitu 1000, 1100, 1200, 1225, 1250 dan 1300°C selama 1 jam. Sampel hasil penyinteran diukur densitas dan sifat magnetnya. Pengukuran sifat magnet dilakukan dengan alat permagraph Sedangkan untuk melihat struktur mikro sampel dilakukan dengan SEM.

III. HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

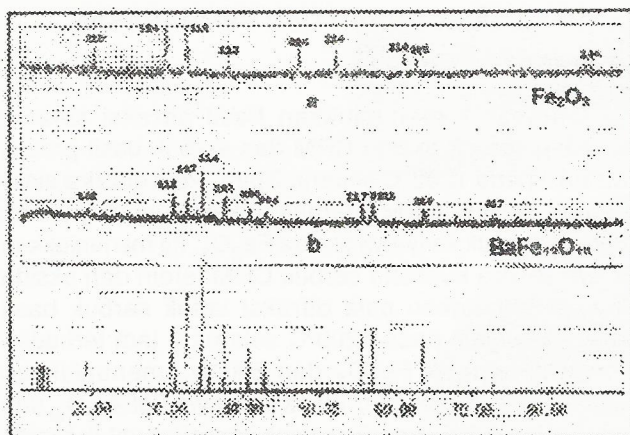
3.1 Karakterisasi Serbuk

Gambar 1 menunjukkan hasil difraksi sinar x terhadap serbuk oksida CRM dan serbuk hasil proses kalsinasi pada 1200°C selama 3 jam. Pola difraksi sinar x untuk serbuk CRM memunculkan puncak-puncak intensitas untuk senyawa oksida Fe_2O_3 . Ini menunjukkan bahwa secara kualitatif serbuk CRM terdiri dari oksida Fe_2O_3 . Sedangkan pola difraksi untuk serbuk hasil proses kalsinasi pada 1200°C selama 3 jam terhadap campuran serbuk Fe_2O_3 dan BaCO_3 menunjukkan puncak-puncak intensitas untuk senyawa $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ dan tidak terdapat lagi puncak-puncak intensitas untuk oksida Fe_2O_3 maupun BaCO_3 atau BaO . Secara kualitatif ini menunjukkan bahwa BaCO_3 sudah terdekomposisi menjadi BaO (padat) + CO_2 (gas) dan BaO yang terbentuk mengalami proses interdifusi dengan oksida Fe_2O_3 menghasilkan senyawa $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$. Fenomena interdifusi oksida-oksida yang terjadi pada suhu 1200°C selama 3 jam ini untuk campuran serbuk Fe_2O_3 dan BaCO_3 yang berukuran -400 mesh (-38 μm) secara kualitatif sudah dapat dikatakan sempurna karena semua puncak intensitas yang muncul merupakan puncak-puncak intensitas untuk senyawa $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$.

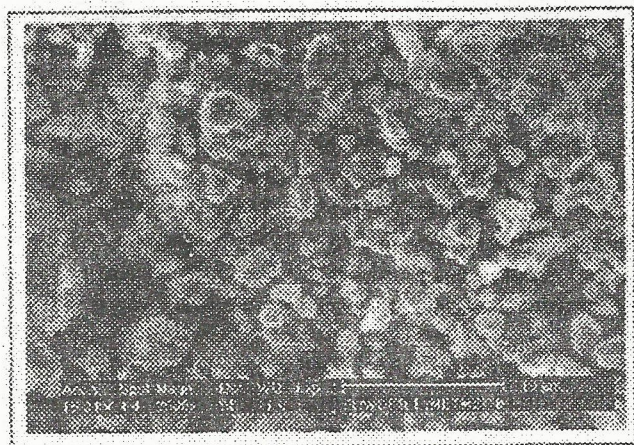
Untuk dilakukan proses pengepresan, serbuk kalsin ini perlu digerus kembali di dalam ball mill untuk mendapatkan ukuran partikel yang halus (sekitar 1 μm) agar magnet yang dihasilkan memiliki koersifitas yang tinggi. Pada gambar 2 ditunjukkan gambar yang di diambil dari mikroskop elektron SEM untuk serbuk kalsin ini yang telah digerus di dalam ball mill selama 16 jam. Serbuk kalsin yang telah digerus tersebut mempunyai ukuran partikel rata-rata 1,51 μm .

3.2 Pengaruh Suhu Penyinteran

Pengaruh suhu penyinteran terhadap densitas barium heksaferit ditunjukkan oleh gambar 3. Dari gambar tersebut tampak bahwa densitas sinter naik dengan naiknya suhu penyinteran dari 1000°C ke 1200°C dan mencapai pada suhu penyinteran yang lebih tinggi, maksimum pada suhu 1200°C yang kemudian sedikit menurun. Adanya peningkatan densitas ini menunjukkan tingkat pemadatan yang terjadi pada sampel yang disinter pada 1200°C lebih besar dibandingkan pada sampel yang disinter pada suhu 1000°C. Hal itu terjadi karena proses penyinteran ditentukan oleh proses transportasi atom-atom atau difusi yang merupakan proses yang teraktivasi oleh termal (*thermally activated process*). Sehingga semakin tinggi suhu penyinteran, semakin banyak atom-atom yang mempunyai energi yang sama atau melebihi energi aktivasi untuk dapat terbebas dari posisinya dan bergerak menuju tempat-tempat kekosongan (*vacant site*) yang menyebabkan proses pemadatan dan penghilangan pori semakin cepat.



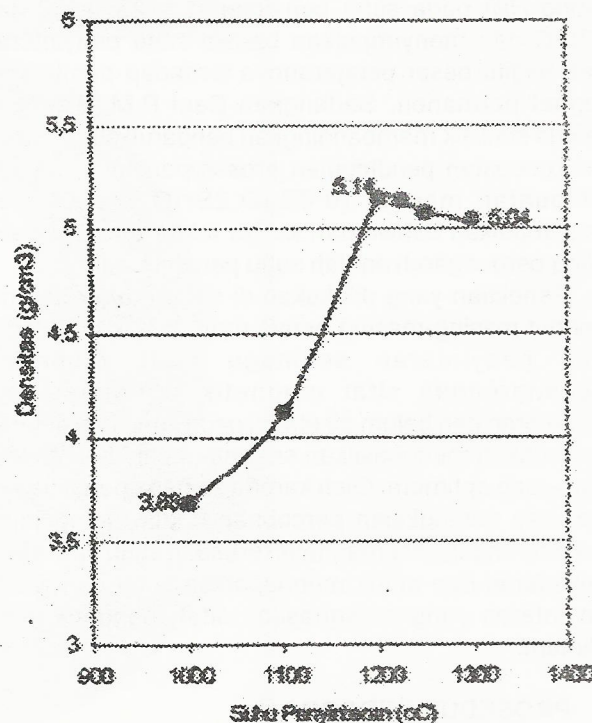
Gambar 1. Pola difraksi sinar x untuk (a) Serbuk CRM
(b) Serbuk hasil kalsinasi pada suhu 1200°C, 3 jam.



Gambar 2. Gambar SEM untuk serbuk hasil kalsinasi yang digerus selama 16 jam.

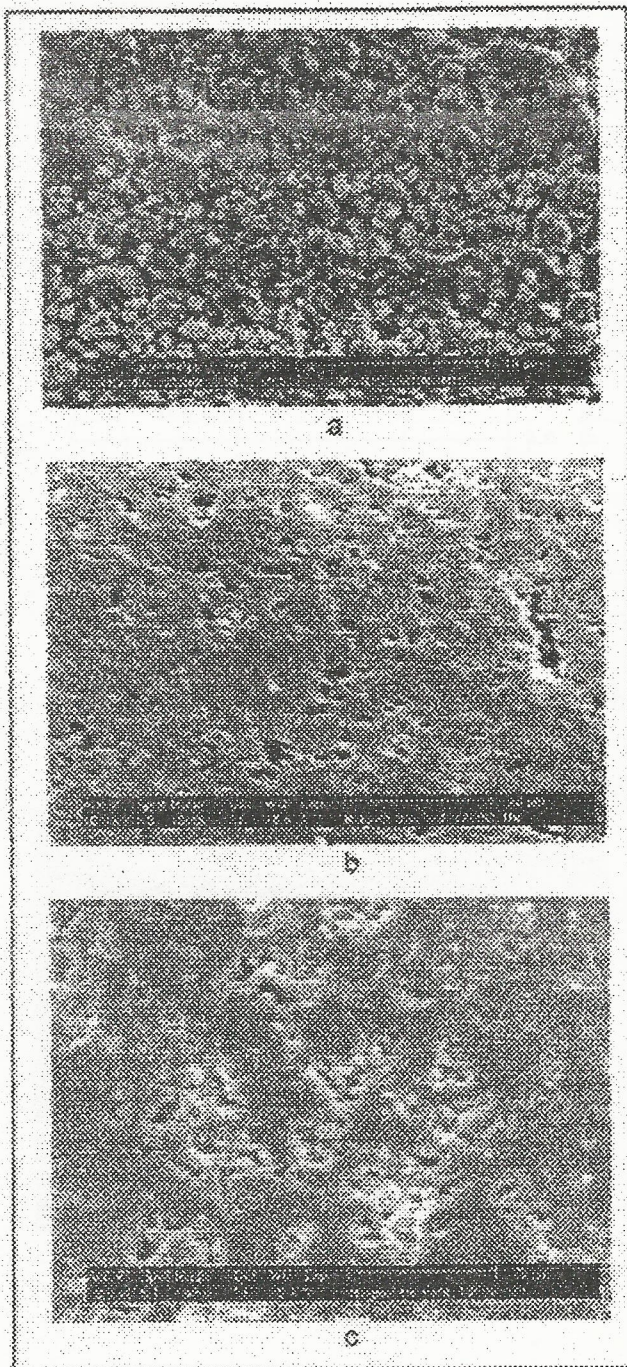
Pengukuran porositas terhadap magnet sampel barium heksaferit setelah proses penyinteran menunjukkan bahwa pada sampel hasil penyinteran pada suhu 1000°C memiliki porositas 31,25% sedangkan pada sampel hasil penyinteran pada suhu 1200°C porositas turun menjadi 11,98%. Sedikit penurunan kembali densitas sampel yang disinter pada suhu di atas 1200°C merupakan fluktuasi pada daerah densitas yang konstan. Penurunan densitas ini juga sesuai dengan basil pengukuran porositas pada sampel yang disinter pada 1300°C yang menunjukkan nilai yang lebih besar dari porositas sampel yang disinter pada 1200°C yaitu 14.85%. Terjadinya fluktuasi ini bisa dikarenakan faktor ketidakteelitian pengukuran atau karena jumlah sampel per titik suhu penyinteran hanya satu buah sehingga memerlukan jumlah sampel yang lebih banyak untuk mengambil nilai rata-rata atau membentuk pita yang konstan. Struktur mikro sampel hasil penyinteran pada suhu 1000°C dan 1200°C dan 1300°C selama 1 jam ditunjukkan oleh gambar 4. Dan gambar tersebut terlihat bahwa struktur mikro sampel yang disinter pada suhu 1000°C memiliki porositas yang lebih banyak (31,25%)

dibandingkan porositas pada struktur mikro sampel yang disinter pada suhu 1200°C yaitu 11,98% dan pada suhu 1300°C yaitu 14.85%.



Gambar 3. Pengaruh suhu penyinteran terhadap densitas barium heksaferit. Waktu penahanan 1 jam, atmosfer udara.

Gambar 5 menyajikan basil pengukuran sifat magnetik dengan permagraph terhadap sampel barium heksaferit hasil penyinteran pada berbagai suhu. Dan gambar tersebut terlihat kecenderungan sifat magnetik barium heksaferit (B_r , H_c dan BH_{max}) terhadap suhu penyinteran. Grafik untuk B_r memiliki bentuk yang mirip dengan grafik densitas yaitu naik tajam dari suhu penyinteran 1000°C ke 1200°C dan kemudian berfluktuasi pada harga konstan. Hal ini terjadi karena harga B_r yang diperoleh setelah magnetisasi ditentukan oleh besarnya harga induksi saturasi B_s yang sebanding dengan magnetisasi saturasi melalui hubungan $B_s = \mu_0 M_s$. Besarnya magnetisasi saturasi ini (M_s) dipengaruhi langsung atau berbanding lurus oleh densitas melalui hubungan $M_s = N_s \mu_B N_0 \rho / A$ dimana ρ adalah densitas.

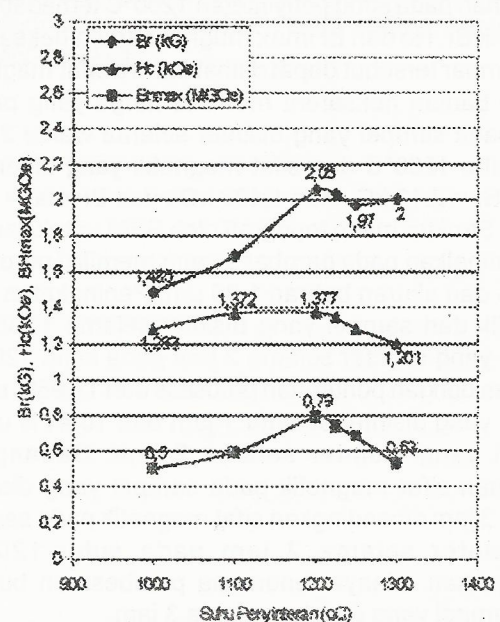


Gambar 4. Gambar SEM barium heksaferit hasil penyinteran pada (a) 1000°C (b) 1200°C (c) 1300°C, 1 jam, udara. (a) topografi (b), (c) poles tanpa etsa.

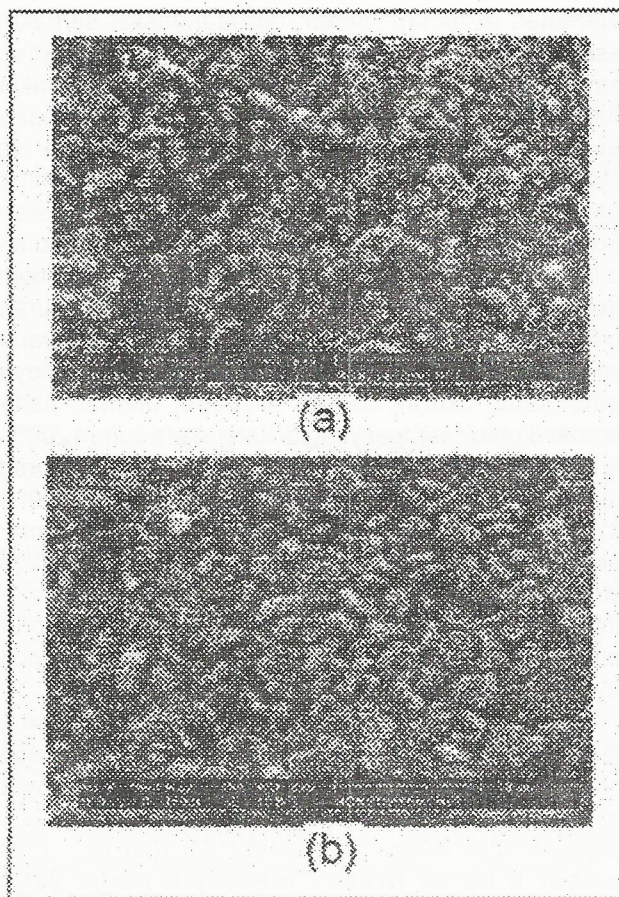
Harga H_c selain dipengaruhi oleh densitas juga dipengaruhi oleh ukuran butir yang berperan dalam menghambat pergerakan dinding domain. Oleh karenanya setelah tercapai harga densitas yang cenderung konstan setelah suhu penyinteran 1200°C, harga H_c selanjutnya sangat bergantung kepada ukuran butir dan material. Semakin kecil ukuran butir berarti semakin banyak batas antar butir dan semakin banyak penghalang pergerakan dinding domain sehingga

katahanan terhadap medan demagnetisasi semakin besar yang berarti harga H_c semakin tinggi. Sebaliknya semakin besar ukuran butir, dinding domain makin mudah bergerak sehingga katahanan terhadap medan demagnetisasi semakin kecil yang berarti harga H_c semakin kecil. Oleh karena itu pada gambar 4 terlihat bahwa harga H_c setelah naik dari suhu penyinteran 1000°C ke 1200°C karena naiknya densitas, kemudian H_c turun kembali pada suhu penyinteran yang lebih tinggi dari 1200°C dikarenakan pengaruh pembesaran ukuran butir berperan menggantikan pengaruh densitas yang sudah mencapai daerah fluktuasi konstan. Terjadinya pembesaran ukuran butir ini dapat diamati pada gambar 6 untuk sampel yang disinter pada suhu 1200°C dan 1300°C. Terlihat jelas terjadinya pembesaran ukuran butir pada sampel yang disinter pada suhu 1300°C dibandingkan ukuran butir pada sampel yang disinter pada suhu 1200°C. Hasil pengukuran menunjukkan sampel yang disinter pada suhu 1200°C ukuran butir rata-ratanya 1,6 μm , sedangkan untuk sampel yang disinter pada suhu 1300°C ukuran butir rata-ratanya meningkat menjadi 2,48 μm .

Harga energi magnetik maksimum (BH_{max}) yang merupakan produk perkalian maksimum B_r dan H_c (atau pada kurva B-H merupakan luas daerah segiempat terbesar di bawah kurva demagnetisasi) mengikuti kedua kuantitas sifat magnetik tersebut (B_r dan H_c). Dari gambar 5 harga BH_{max} mencapai harga yang maksimum pada harga B_r dan H_c yang maksimum pula yaitu pada sampel barium heksaferit yang disinter pada suhu 1200°C. Harga BH_{max} yang diperoleh pada sampel barium heksaferit yang disinter pada 1200°C selama 1 jam adalah 0,79 MGOe.



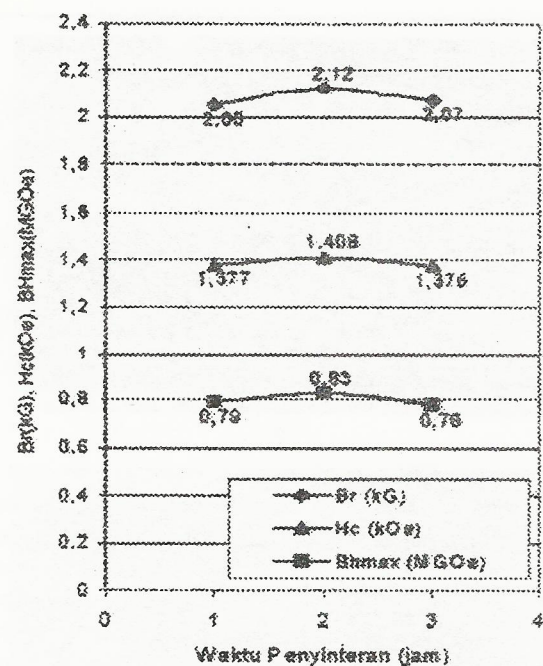
Gambar 5. Pengaruh suhu penyinteran terhadap sifat magnetik barium heksaferit. Lama penahanan 1 jam, atmosfer udara.



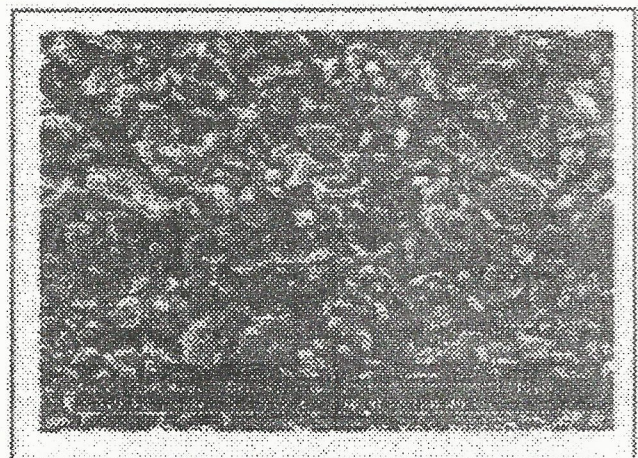
Gambar 6. Gambar SEM Struktur topografi Ba-F hasil sinter pada (a) 1200°C (b) 1300°C; 1 jam, atmosfer udara.

3.3 Pengaruh Waktu Penyinteran

Gambar 7 menunjukkan pengaruh waktu penahanan pada suhu penyinteran 1200°C terhadap sifat magnetik Br, Hc dan BHmax magnet barium heksaferit. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa sifat magnetik sampel barium heksaferit memiliki harga yang paling tinggi pada sampel yang disinter selama waktu 2 jam pada suhu 1200°C dan sifat magnetik yang diperoleh adalah Br = 2.12 kG, Hc = 1,408 kOe dan BHmax = 0,83 MGOe. Struktur mikro topografi oleh SEM untuk sampel ini diperlihatkan pada gambar 9 yang memiliki porositas 10,41% dan ukuran butiran 1,96 μm . Peningkatan sifat magnetik dari sampel yang disinter selama 1 jam ke sampel yang disinter selama 2 jam pada suhu 1200°C berkaitan dengan penurunan porositas dari 11,98% untuk sampel yang disinter selama 1 jam dan 10,41% untuk sampel yang disinter selama 2 jam. Sedangkan penurunan sifat magnetik pada sampel yang disinter selama 3 jam dibandingkan sifat magnetik pada sampel yang sinter selama 2 jam pada suhu 1200°C menunjukkan adanya fenomena pembesaran butiran pada sampel yang disinter selama 3 jam.



Gambar 7. Pengaruh waktu penyinteran terhadap sifat magnetik sampel barium heksaferit. Suhu penyinteran 1200°C, atmosfer udara.



Gambar 8. Gambar SEM topografi struktur sampel barium heksaferit yang disinter pada 1200°C, 2 jam, atmosfer udara.

IV. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Oksida CRM dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan magnet barium heksaferit melalui jalur metalurgi serbuk.
2. Pada pembuatan magnet barium heksaferit dari oksida CRM dengan parameter suhu kalsinasi 1200°C, tekanan pengepresan 5 ton/cm², diperoleh suhu dan waktu penyinteran yang menghasilkan sifat dan struktur magnetik yang optimum, yaitu pada suhu 1200°C dan waktu 2 jam. Magnet yang

dihasilkan memiliki sifat magnetik $B_r = 2,12$ kGc, $H_c = 1,408$ kOe dan $BH_{max} = 0,83$ MGOe dan struktur mikro dengan ukuran butir $1,96 \mu m$ dan porositas 10.41%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Fiepke, JW, *Permanent Magnet Materials*, ASM Metal Handbook, vol.2, 1992.
2. Ng, W.K., Ding, J., Lu, L., *Comparative Study of Barium Ferrite Prepared by Mechanical Milling and Co-Precipitation*, Journal of Metastable and Nanocrystalline Materials, vol. 2-6, 1999, hal. 159-164.
3. Goldman, A., *Modern Ferrite Technology*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.
4. Endang S.B., Dedi, *Pemanfaatan Limbah Cold Rolling Mill Limbah PT Krakatau Steel Untuk Magnet Permanen Barium Stronsium Ferit*, Prosiding Seminar Nasional TX Kimia dalam Industri dan Lingkungan, 21-22 Nopember 200, Yogyakarta.
5. Manurung, BP, *Pengaruh Temperatur, Lama Penahanan dan Laju Pendinginan Proses Sintering Pada Pembuatan Magnet ($0,8BaO, 2Sr$) $0,5Fe_2O_3$* , Skripsi Sarjana. Departemen Teknik Mesin, 2002.
6. Idavanti, N., Dedi, *Pemanfaatan Limbah Hot Strip Mill Sebagai Bahan Baku Pembuatan Magnet Permanen*, Prosiding Seminar Nasional X "Kimia dalam Industri dan Lingkungan", 6-7 Nopember 2001, Yogyakarta,
7. Calleja, A., Obradors, X., Roig, A., Martinez, B., Pinol, S., Sandiumenge, *Hexaferrite-Magnetite Nanocomposite Permanent Magnets Produced by Mechanical Alloying*, Materials Science Forum, vol. 269-272, 1998, hal. 943-948, Trans Tech Publications, Switzerland.
8. Ding, J., Miao, W.F., McCormick, P.G., Street, R., *High Coercivity Ferrite Magnets Prepared by Mechanical Alloying*, Journal of Alloys and Compounds, vol. 281, 1998, hal. 32-36.
9. Lloyd, A., *Application of Hard and Soft Ferrites*, Key Engineering Materials vol. 122/124, 1996, hal. 175-182. Trans Tech Publications, Switzerland.
10. Stadelmaier, H.H., *Magnetic Properties of Materials*, Materials Science and Engineering A. vol. 287, 2000, hal. 138-145.
11. Parker, R.J., Studders, R.J., *Permanent Magnets and Their Application*, John Wisley and Sons. Inc., 1962.
12. Cullity, B.D., *Introduction to Magnetic Materials*, Addison-Wesley Publishing Company, 1972.
13. Schaffer, J.P., Saxena, A., Antolovich, S.D., Sanders, Jr., T.H., Warner, S.B., *The Science and Design of Engineering Materials* WCB McGraw-Hill, 1999.
14. German, R., *Powder Metallurgy Science*, second edition, MPIF, 1994.

PEMROGRAMAN W670 LASER TRIM SYSTEM BERBASIS BAHASA C UNTUK PEMOTONGAN WAFER SILIKON

Oleh: Nana Subarna¹⁾, Soegijardjo Soegijoko²⁾, Gandhi Sugandi³⁾, Goib Wiranto³⁾

ABSTRAK

Pada makalah ini akan diterangkan tentang pengembangan *perangkat lunak* berbahasa C pada pemrograman *W670 Laser Trim System*. *Perangkat lunak* yang dikembangkan digunakan mengatur fasilitas *cutting W670* pada pemotongan *wafer* silikon.

Untuk mendapatkan hasil etsa anisotropik yang baik, diperlukan persyaratan tahapan proses yang ketat diantaranya yaitu orientasi dan *alignment* antara *wafer* dengan *masker*. Kesalahan *alignment* akan menyebabkan kesalahan pada ukuran hasil etsa, sehingga jika *wafer* akan dipotong menjadi beberapa bagian, orientasi *wafer* jadi sangat penting.

Ada beberapa cara yang dapat digunakan dalam memotong *wafer* yaitu dengan menggunakan proses etsa, *diamond cutter*, manual, dan *laser trimmer*. Penggunaan *laser trim system* pada pemotongan *wafer* memperkecil kesalahan pemotongan.

Laser Trim System merupakan alat yang digunakan untuk men-trim ketebalan film pada pembuatan komponen *thick film hybrid*. Terdiri dari bagian penggerak *chuck* dan *laser beam*. Pengaturan kedua komponen tersebut menggunakan program berbasis PC dengan *perangkat lunak* dalam bahasa C.

Pengembangan *perangkat lunak* pada pemrograman fasilitas *cutting* pada *laser trim system* dapat dilakukan dengan baik. Hasil pemotongan dengan menggunakan *laser trim* hasilnya sangat sesuai dengan yang diinginkan.

Laser trim dapat digunakan sebagai alat bantu dalam pembuatan komponen elektronik dengan teknologi *micromachining*. Salah satunya adalah pemotongan *wafer* silikon untuk bahan pembuatan sensor gas dengan metode *field ionization*.

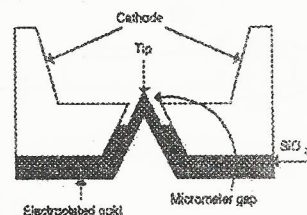
Keywords: *Laser trim*, anisotropik, *alignment*, orientasi, *micromachining*, *field ionization*.

1. Pendahuluan

Field ionization adalah keluarnya elektron dari atom atau molekul gas oleh adanya medan listrik tinggi yang menyebabkan gas terionisasi. Pada tekanan dan suhu standar, besarnya tegangan yang diperlukan untuk mengionisasi gas tergantung pada jenis gas dan elektroda ionisasi yang digunakan. Salah satu hasil dari *field ionization* adalah *corona* yang merupakan salah satu jenis ionisasi yang terjadi pada daerah *dark discharge*. *Corona* dapat terjadi pada ujung runcing, sisi tajam, atau kawat halus.

Syarat terjadinya *corona* adalah tegangan ionisasi suatu gas dengan elektroda tertentu lebih kecil dari pada tegangan *breakdown*-nya, tetapi mempunyai medan listrik lebih besar dari pada medan listrik *breakdown*. Kondisi ini tidak akan terjadi jika elektroda ionisasi yang digunakan berupa 2 pelat paralel karena sebelum terjadi *corona*, gas sudah mengalami *breakdown* duluan sehingga *corona* tidak akan terjadi.

Untuk menurunkan tegangan ionisasi yang besar, digunakan elektroda dengan ujung runcing. Efek ujung runcing akan menurunkan tegangan ionisasi [3]. Besarnya tegangan ionisasi yang digunakan untuk mengionisasi udara dengan medan listrik *breakdown* 3MV/m dan keruncingan $r < 4 \mu\text{m}$ diperlukan tegangan ionisasi sekitar 12V. Elektroda yang digunakan berupa *microtip* dengan bahan dari silikon, lihat gambar 1. Pembuatan *microtip* dilakukan dengan fasilitas mikrofabrikasi standar pada fabrikasi IC CMOS dan teknologi *micromachining*.



Gambar 1. *Micro tip* sebagai sensor gas.

Korespondensi:

- 1) Nana Subarna adalah pada Teknik Elektro ITENAS, Jl. Penghulu KH. Hasan Mustafa No. 23 Bandung 40124.
- 2) Soegijardjo Soegijoko adalah pada Lab. Biomedika, Dept. Teknik Elektro ITB.
- 3) Gandhi Sugandi dan Goib Wiranto adalah pada Telkoma LIPI Bandung. nana_sub@itenas.ac.id.

Bahan yang digunakan pada pembuatan sensor adalah silikon (100) tipe n dengan etsa anisotropik. Hasil etsa anisotropik sangat bergantung pada orientasi wafer dan pada kasus *microtip* yang berbentuk piramida terbalik, selain pengaruh orientasi wafer juga akurasi dimensi. Pengaruh orientasi yang disebabkan *misalignment* sebesar α° akan menyebabkan kesalahan sebesar

$$\Delta x = x(\sin \alpha^\circ + \cos \alpha^\circ - 1) \dots\dots\dots (1)$$

dan perbedaan lebar x dan lebar y pada alas piramida akan menyebabkan *microtip* yang terjadi bukan berupa tip yang runcing tetapi garis yang tajam dengan lebar,

$$t_w = x - y \dots\dots\dots (2)$$

Selain disebabkan *misalignment*, kesalahan orientasi wafer dapat terjadi saat pemotongan wafer yang tidak tepat *alignment*-nya sehingga pemotongan wafer menjadi penting jika wafer akan di etsa anisotropik. Pada penelitian ini, pemotongan wafer dilakukan untuk menghemat pemakaian wafer, karena objek yang akan dibuat mempunyai ukuran yang kecil.

Ada beberapa cara memotong wafer yang bisa dilakukan di sini yaitu dipotong dengan a) *diamond cutter*,

- diamond cutter*,
- etsa,
- manual atau
- laser trimmer*.

Cara a) kurang baik karena pemotongan dilakukan secara manual kecuali dilakukan dengan mesin pemotong. Cara b) beresiko tinggi jika terjadi kesalahan etsa, maka wafer tidak dapat digunakan.

Cara c) memanfaatkan sifat fisik dari wafer (100) dimana jika diberi patahan kecil pada arah x atau y maka wafer akan mudah terpotong pada arah tersebut. Cara d) menggunakan *laser trim system* dan dilakukan secara otomatis. Cara c) dan d) hasilnya baik, baik hasil potongannya maupun orientasinya. Pada penelitian ini penulis hanya mencoba cara d), karena selain hasilnya baik juga untuk memperkenalkan penggunaan fasilitas *laser trim system* untuk aplikasi *micromachining*.

2. Laser Trim System

2.1 Sistem Perangkat Keras

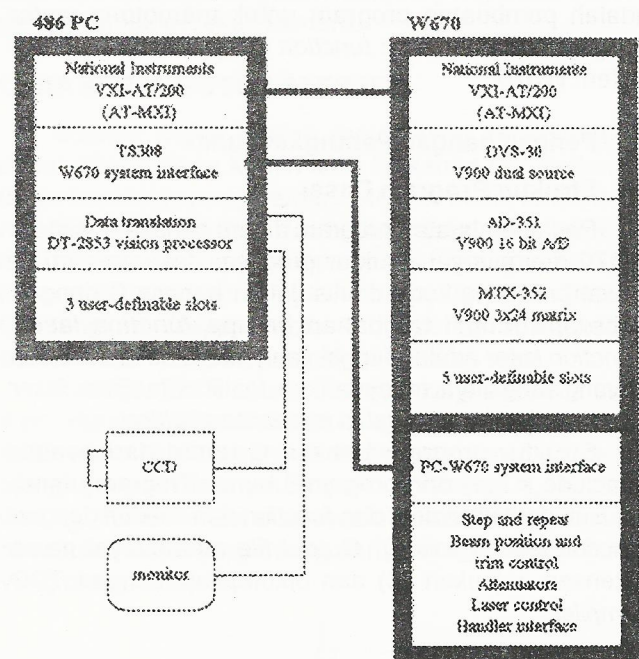
Sistem *laser trim system* terdiri dari bagian perangkat keras dan perangkat lunak yang dibagi kedalam lima bagian yaitu *optical group*, *handler group*, *measument group*, *operating group* dan *system controller*.

Optical group terdiri dari sistem laser, *programmable attenuators*, *viewing system* dan *scanhead*. Laser yang

digunakan adalah YAG laser dengan batang Yttrium Aluminum Garnet (YAG) sebagai *lasing medium* dan krypton arc lamp sebagai pompa optik. Panjang gelombang laser ada pada daerah infra merah 1.06 μ m dengan output 6 Watt (standar) dan 30 atau 25 μ m *spotsizes*. Output laser dapat diatur dari 75% dipancarkan (25% diredam) sampai 1% dipancarkan (99% diredam) dengan *programmable attenuator*. Untuk mengarahkan sinar laser digunakan *scanhead* yang terdiri dari *galvanometer*, *galvo mirror* dan *objective cutting lens*. Sistem monitoring menggunakan kamera CCTV dan video monitor.

Handler group terdiri dari *step and repeat handler system*, *pneumatic Z stage*, *chuck top* dan *X-Y driver*. Sistem penggerak *handler* menggunakan sistem *pneumatic* dimana *handler* bergerak di atas bantalan udara dengan tinggi bantalan 12.7 μ m.

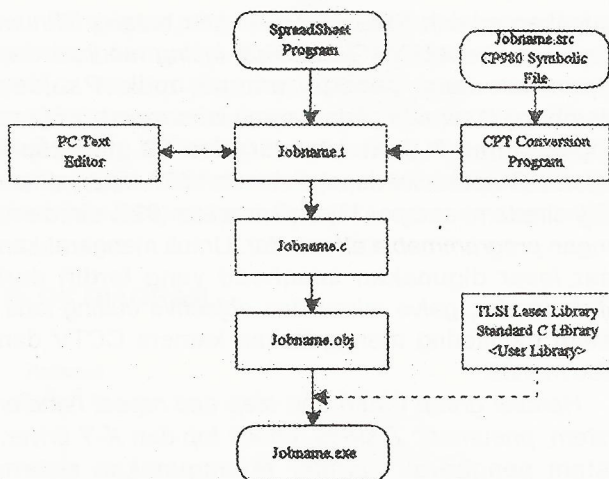
Operating group terdiri dari M515 Multi-Leg Trim (MLT) Hardware Processor dan Control Panel. MLT berfungsi mengatur *step and repeat handler* dan *interface* ke *workstation*. System controller terdiri dari PC/AT, W670 system software dan system checkers. Diagram blok fungsional dari W670 dan *workstation* dapat dilihat pada gbr. 2.



Gambar 2. Diagram blok W670 Laser Trim dan workstation 486PC.

2.2 Sistem Perangkat Lunak

Ada dua metoda pada pembuatan rencana kerja sistem W670, yaitu *resistor spreadsheet program* untuk mendefinisikan dan menentukan resistor yang akan di-trim. Program ini dilengkapi dengan fasilitas konversi data CAD file ke *spreadsheet data*.



Gambar 3. File dan program pada pembuatan rencana kerja.

Metoda kedua adalah dengan membuat program dalam bahasa C dengan *GSI-laser language*. *GSI-laser language* adalah *command* untuk sistem W670 yang berupa *function* dalam bahasa C.

Jenis *file extension* dan program yang digunakan untuk membuat rencana kerja sistem W670 dapat dilihat pada gbr. 3. Yang akan dibahas pada makalah di sini adalah pembuatan program untuk memotong *wafer* dengan memanfaatkan *function* yang sudah tersedia di sistem W670.

3. Pengembangan Perangkat Lunak

3.1 Struktur Program Dasar

Pada pembuatan program dalam bahasa C, sistem W670 mempunyai struktur program dasar seperti di bawah, rencana kerja ditulis dalam bahasa C dengan beberapa fungsi tambahan berupa *function laser*. *Function laser* adalah fungsi yang ditulis dalam bahasa C yang fungsinya menjalankan fasilitas-fasilitas *laser trim*, misal mengatur *galvo mirror* atau *cutting*.

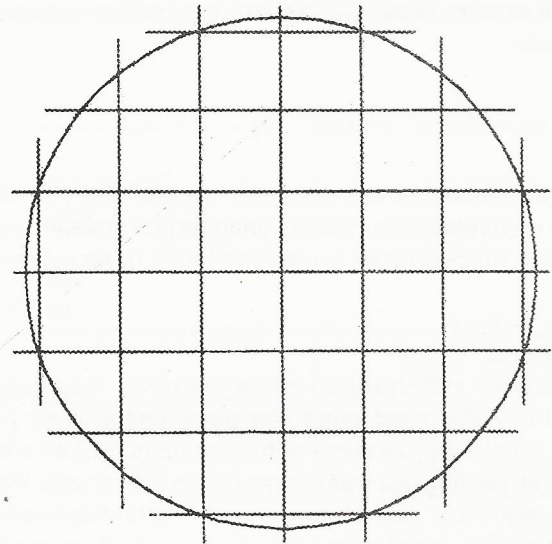
Struktur program bahasa C terdiri dari *header* (`#include <...>`) dan program utama. Program utama disusun dari *statement* dan *function* dan diakhiri dengan *function laser t_exit(0)*. *Output file* mempunyai nama ekstensi .t (bukan .C) dan dikompilasi dengan *TCC compiler*.

```

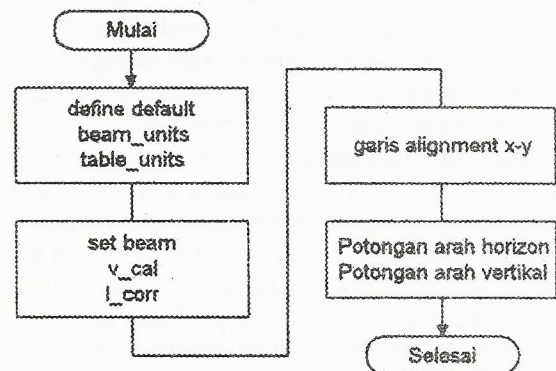
#include <W670.h>
main (int argc, char **argv)
{
    .....
    .....
    t_exit(0);
}
  
```

3.2 Rencana Kerja

Perangkat lunak yang akan dikembangkan berupa rencana kerja untuk memotong *wafer* silikon (100) dengan diameter 3" menjadi beberapa bagian dengan ukuran 12mm x 12mm, lihat gambar 4.

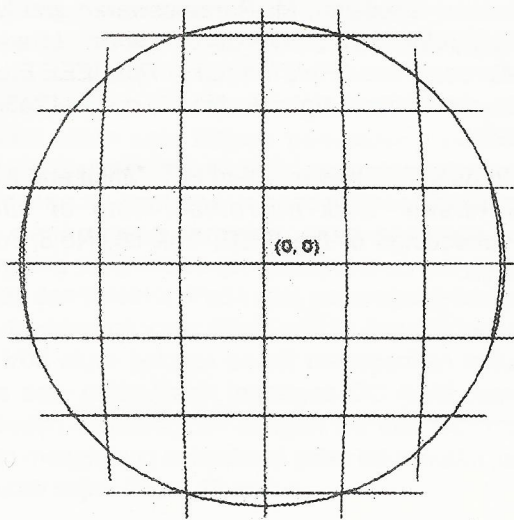
Gbr. 4. Pola pemotongan *wafer* silikon (100).

Pada pemotongan seperti di atas program dibuat untuk melakukan proses definisi unit yang digunakan, *set beam*, pembuatan garis *alignment x dan y*, dan pemotongan arah x dan y, lihat gambar 5.

Gambar 5. Flowchart pemotongan *wafer*.

3.3 Pemotongan Arah X # Y

Pemotongan *wafer* dilakukan dengan membuat garis x atau garis y secara berulang-ulang (yang dilakukan penulis 10x). Dari hasil pengamatan diketahui bahwa pemotongan arah vertikal tidak dapat menghasilkan garis linear, tetapi sedikit melengkung. Kondisi ini akan semakin terlihat jika garis vertikal semakin jauh dari titik tengah, lihat gambar 6.



Gambar 6. Kesalahan lintasan arah vertikal.

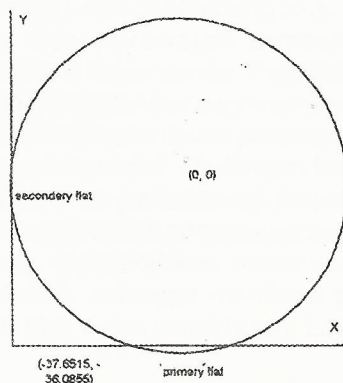
Untuk mengatasi hal ini penulis melakukan sedikit perubahan pada saat pembuatan garis vertikal. Garis vertikal tidak dibuat langsung dengan mengarahkan *laser beam* (*galvo mirror*) pada objek, tetapi dengan menggeser objek (*chuck*) ke tengah (0,0) kemudian baru dilakukan pemotongan arah vertikal. Dengan cara ini diharapkan garis yang terjadi berupa garis lurus.

Walaupun ketelitian *galvo mirror* (1.55 $\mu\text{m/lb}$) lebih teliti dari *chuck* (12.7 $\mu\text{m/lb}$) tetapi ketidak linearan gerak *galvo mirror* pada arah vertikal dapat menyebabkan pemotongan *wafer* tidak berjalan mulus.

4. Pemotongan Wafer Silikon

Pemotongan *wafer* dimulai dengan membuat garis horizontal dan vertikal pada media aluminium tempat objek dipotong. Media aluminium berada di atas *table* (*chuck*). Fungsi kedua garis tersebut sebagai garis *alignment* antara *wafer* dengan *chuck*.

Wafer alignment di atas *chuck* dilakukan dengan cara *alignment* antara *primary flat* dan *secondary flat* pada *wafer* dengan garis x dan y pada *chuck* (media aluminium), lihat gambar 6.

Gambar 7. Alignmet *wafer* dengan *chuck*.

Setelah *alignment* selesai baru program pemotongan difungsikan. Pada pembuatan program, proses *alignment* dan pemotongan dilakukan dalam satu kali proses sehingga program difungsikan dua kali. Pertama untuk membuat garis *alignment* dan kedua untuk memotong *wafer*. Uji coba pemotongan dilakukan pada *single side wafer* kemudian dicoba pada *double side wafer*.

Hasil dari proses pemotongan, *wafer* masih utuh belum terpotong, tetapi sudah ada garis-garis potongnya sebagai garis bantu untuk mematahkan *wafer*. Untuk memotongnya dilakukan secara manual, dengan mematahkan *wafer* pada garis potong tersebut.

5. Hasil Yang Diperoleh

Pengembangan perangkat lunak berbahasa C pada pemrograman fasilitas *cutting Laser Trim System* telah dicoba pada *single side* dan *double side wafer* dan berfungsi dengan baik. Hasil pemotongan berupa garis potong sesuai dengan pola pemotongan menghasilkan potongan-potongan *wafer* yang sesuai dengan yang diinginkan.

Ketelitian hasil pemotongan sangat ditentukan oleh *alignment* antara *wafer* dengan *chuck*. Untuk mengatasi kesalahan saat *alignment* bisa dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas *pattern recognition* yang terdapat pada W670. Fasilitas ini belum digunakan.

6. Kesimpulan dan Saran

Pemotongan dengan W670 *Laser Trim System* menghasilkan potongan yang baik. Penggunaan W670 tidak terbatas hanya pada pemotongan bentuk segi empat saja, tetapi dapat juga untuk bentuk-bentuk lainnya.

Dengan memanfaatkan *statement* dan fungsi *laser* yang tersedia pada W670 dapat juga digunakan untuk keperluan *engineering* lainnya, misal pada aplikasi *micromachining* pada pembuatan *sensor* dengan bentuk *microstructur*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih atas segenap bantuan dan fasilitas laboratorium yang telah diberikan oleh Puslitbang Telkoma LIPI dalam penelitian ini.

Ucapan terimakasih disampaikan pula kepada Teknik Elektro ITENAS, dan Lab. Biomedika, Dept. Teknik Elektro ITB atas segala bantuannya sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

Tidak lupa saya ucapkan terimakasih kepada Dr. Masbah RT. Siregar dan Dr. Totok Sugandi atas bantuan dan dukungannya dalam penelitian ini, dan juga Ir. Elli H. Efendy atas penggunaan W670 *Laser Trim System*.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) *W670 LASER TRIM SYSTEM, Cutomer Service Manual*. GENERAL SCANNING INC., TLSI Division. USA. 1993.
 - 2) *W670 USER'S GUIDE, Software Manual*. GENERAL SCANNING INC., Laser Systems Division. USA. 1995.
 - 3) Nana Subarna at all. "Pembuatan *Microtip* sebagai Elektroda Ionisasi Gas", Jurnal TELKOMA LIPI, Juli 2002.
 - 4) Bahran Ghodsian, M. Parameswaran and Marek Syrzycki. *Gas Detector with Low-Cost Micromachined Field ionization Tips*. IEEE Electron Device Letters, Vol. 19, No. 7, pp. 241243. July 1998.
 - 5) Gregory T.A. Kovacs, Nadim I. Maluf and Kurt E. Petersen. *Bulk micromachining of silicon*. Proceedings of the IEEE, Vol. 86, No.8, August 1998.
-

RADIO-FREQUENCY IDENTIFICATION (RFID) DENGAN ACTIVE INTEGRATED ANTENNAS (AIAs)

Oleh: Yuyu Wahyu¹⁾, Denis Rahadian²⁾, Rustamaji³⁾

ABSTRACT

This paper provides a review of REID (Radio-Frequency Identification) systems with the Active Integrated Antennas (AIAs) technology. We describe RFID technology as a smart tag with capable of transmitting data by radio and with the uses of AIAs make REID tag both receiving and transmitting. RFID technology may be used to replace or compliment bar code technology without the line-of-sight, read-only, and clean environment restrictions bar code technology imposes. RFID provides all the benefits of bar code, with the possible exception of pricing, plus the added ability to write information to the RFID.

INTISARI

Makalah ini menyajikan sebuah pembahasan mengenai sistem identifikasi frekuensi radio dengan teknologi antena aktif terintegrasi. Kami menggambarkan teknologi RFID sebagai sebuah etiket cerdas yang dapat mentransmisikan data melalui radio dan dengan menggunakan fungsi dari AIAs menjadikan etiket RFID sebagai penerima dan pengirim. Teknologi RFID dapat digunakan sebagai pengganti atau penyempurna teknologi kode batang (*bar code*) tanpa jarak pandang, hanyamembaca, dan penempatan kode batang terbatas pada lingkungan yang bersih. RFID menyediakan semua keuntungan dari kode batang, dengan harga yang dapat diterima, ditambah dengan kemampuan untuk menuliskan informasi pada RFID.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan terhadap teknologi komunikasi tanpa kabel menggunakan media transmisi gelombang mikro (*microwave*) makin pesat dalam beberapa tahun terakhir, diakibatkan oleh beberapa kelebihan dan

keuntungan dibandingkan dengan sistem komunikasi jaringan konvensional dengan menggunakan media kabel dan serat optik. Didalam sistem komunikasi tanpa kabel tradisional, keberadaan antena digunakan sebagai pemancar atau penerima gelombang sinyal radio kepada atau dari dalam suatu jaringan komunikasi radio. Sekarang dengan menggunakan sistem Active Integrated Antennas (AIA), sebuah antena dapat menjadi antena penerima sekaligus menjadi antena pemancar.

Penggunaan AIA dalam sistem komunikasi tanpa kabel mewujudkan suatu bentuk sistem pengidentifikasian otomatis tanpa harus melakukan kontak fisik secara langsung. Teknologi tersebut dikenal dengan Radio-Frequency Identification (RFID) yang dapat diwujudkan dalam bentuk kartu (*tag*) seperti dalam sistem smart card yang sudah lebih dulu dikenal. Dengan teknologi RFID Tag proses pengiriman dan pengambilan data informasi dapat dilakukan dalam waktu bersamaan, sehingga beberapa proses pengidentifikasian dan proses perintah tereksekusi dijalankan secara otomatis dan simultan.

II. ACTIVE INTEGRATED ANTENNAS (AIAs)

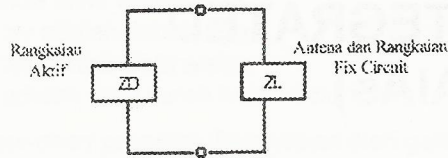
AIA dapat digambarkan sebagai rangkaian sirkuit gelombang mikro aktif yang mana keluaran dan masukannya merupakan ruang kosong (*free space*) sebagai alternatif dari antarmuka 5052, konvensional. Dalam kasus ini, antena tersebut dapat menyediakan beberapa fungsi sebagai rangkaian resonansi, rangkaian filter, dan rangkaian duplex. Sedangkan dari pandangan para designer antena, AIA merupakan antena yang memiliki pembangkit sinyal dan kemampuan untuk memproses gelombang seperti pencampuran (*mixing*) dan penguatan sinyal (*amplification*).

Jika dilihat dari rangkaian sirkuit AIA terdapat beberapa perangkat aktif seperti dioda Gunn dan tiga perangkat terminal (MESFET, HEMT, atau HBT) untuk menciptakan sebuah sirkuit aktif, dan rangka antena seperti dipoles, microstrip patches, bowties, atau slot antennas. Sehingga kita dapat memberi gambaran sederhana terhadap AIA yaitu merupakan suatu antena

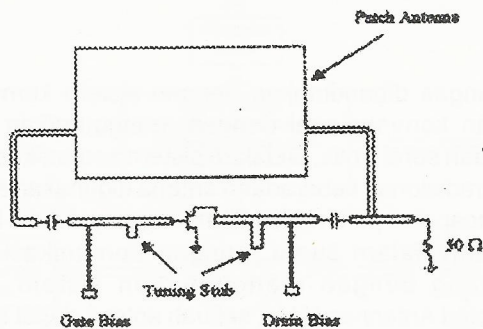
Korespondensi:

- 1) Yuyu Wahyu adalah pada Peneliti Puslit Elektronika dan Telekomunikasi-LIPI.
- 2) Denis Rahadian adalah Mahasiswa Teknik Elektro-ITENAS.
- 3) Rustamaji adalah Dosen Teknik Elektro-ITENAS.

pasif yang memiliki pembangkit sinyal sendiri - rangkaian sirkuit aktif berada dalam satu rangkaian antenna, dalam hal ini ditempatkan osilator sebagai rangkaian pembangkit sinyal aktif.



Gambar 1. Rangkaian Umum Active Integrated Antennas dengan Oscillator Circuit.

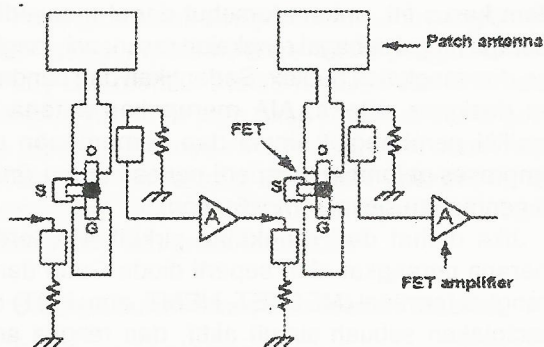


Gambar 2 Rangkaian Integrated FET patch-antennas Oscillator.

II.1 KONFIGURASI ANTENA

1. Rangkaian aktif

Pada rangkaian aktif ini terdapat dua jenis perangkat yang dapat digunakan bersamaan atau terpisah. Perangkat tersebut berupa perangkat dua terminal seperti dioda IMPATT dan dioda Gunn, dan perangkat tiga terminal seperti MESFET, HEMT, dan HBT. Perangkat dua terminal baik digunakan dalam aplikasi daya tinggi pada frekuensi gelombang milimeter (*millimeter-wave*), tetapi memiliki kelemahan pada efisiensi rendah DC-to-RF. Sedangkan perangkat tiga terminal memiliki kelebihan pada efisiensi tinggi DC-to-RF tetapi terbatas pada frekuensi cut-off rendah, dan memiliki keuntungan lain dalam kemudahan untuk terintegrasi dalam rangkaian sirkuit planar, baik dalam pendekatan hybrid atau monolithic.



Gambar3. Rangkaian aktif pada perangkat AIAs, berupa pembangkit sinyal 6 GHz dengan teknik injection-locking dalam proses transmisi.

2. Elemen Antena.

Pengembangan penelitian pada antenna aktif terkonsentrasi pada tipe-tipe microstrip patch, dimana perangkat solidstate (umumnya berupa dioda atau FET) terintegrasi bersamaan dengan microstrip patches menghasilkan planar yang baik, yang memiliki elemen rendah radiasi. Mereka tidak hanya sebagai pembawa keluaran dari osilator tetapi juga sebagai rangkaian resonator, mengatur frekuensi osilator. Impedansi input dari elemen antenna digunakan sebagai informasi dalam perancangan AIA. Selain sebagai osilator dalam rangkaian AIA, dimana perangkat aktif tersebut berfungsi sebagai osilator dengan elemen radiasi pasif pada bagian keluarannya, perangkat aktif juga berfungsi sebagai amplifier dalam rangkaian AIA. Dalam kasus ini, perangkat aktif bekerja sebagai amplifier dengan elemen antenna pasif pada bagian masukan dan keluaran. Saat dimana elemen antenna terintegrasi pada bagian masukan dan keluaran, sirkuit menjadi sebuah quasi-optical amplifier. Amplifier yang terintegrasi dalam struktur antenna pasif meningkatkan gain dan bandwidth antenna dan meningkatkan kualitas noise.

II.2 PENGGUNAAN AIAs DALAM APLIKASI KOMERSIAL

Aplikasi potensial dari rangkaian AIA memiliki fungsi yang secara normal muncul pada rangkaian sirkuitnya diluar fungsi antenna yang umum seperti penditeksian, proses modulasi, proses pencampuran, dan proses penguatan. Dibandingkan dengan pendekatan konvensional terhadap ukuran, berat, dan biaya penggunaan AIA dapat melakukan penekanan pada sejumlah sektor tersebut. Aplikasi penggunaan antenna aktif dalam radar dan komunikasi dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Aplikasi Penggunaan Antena Aktif

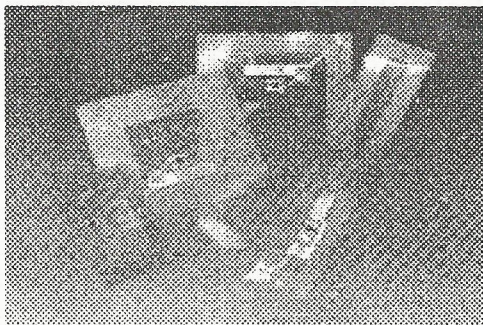
Aplikasi Automotive	
Doppler radar	Mendeteksi velocity pada tanah.
Polarization sensitive radar	Mendeteksi kondisi jalan.
FM-CW atau Pulsed radar	Melakukan perhitungan jarak terhadap kendaraan disekitar.
Interferometer radar	Melakukan survei dan perhitungan pada daerah buta terhadap prediksi tabrakan.
Aplikasi Sensor dan Komunikasi	
	Tagging. Penggunaan pada kendaraan dan kereta api. Pengidentifikasian barang (items) pada daerah konstruksi. Wireless smart carts. Komunikasi dalam ruangan tertutup.

Pada aplikasi umum dibutuhkan design band frekuensi yang dapat diakses oleh semua orang. Untuk kebutuhan tersebut, ISM (Industrial, Scientific and Medical) band telah ditentukan. Pada umumnya aplikasi sensor menggunakan band pada 433 MHz, 2.4 GHz, 5.8 GHz, dan 24 GHz. Sedangkan untuk aplikasi automotive dapat ditemukan pada 24 GHz, 60GHz, dan 76 GHz band untuk radar.

Penggunaan aplikasi antena aktif akan dikhususkan pada aplikasi sensor dan komunikasi terutama komunikasi dalam ruangan tertutup. Kebutuhan akan sebuah alat pengidentifikasian yang mampu melakukan pendeteksian data secara acak dan tepat dimana proses yang dibutuhkan sangat cepat dalam pengiriman, pendataan dan pengidentifikasi data. Research telah banyak dilakukan dan menghasilkan produk alat identifikasi yang mana sistem kerja pokoknya menggunakan kartu dengan sistem magnetik tradisional pemecah kode yang membutuhkan kontak fisik antara kartu tersebut dengan sebuah reader.

III. RADIO-FREQUENCY IDENTIFICATION

Secara umum penggunaan dari sistem RFID ini memiliki prinsip yang sama dengan yang dimiliki generasi sebelumnya yaitu *smart card*. Penggunaannya dalam bentuk kartu dan tag yang mempunyai ukuran dan bentuk yang sama dengan *ISO card* atau *thin card*. Umumnya RFID tag ini digunakan pada lingkungan industri dan distribusi. Sekarang RFID dapat digunakan pada media yang sangat tipis seperti kertas kartu dan proses lebih lanjut dapat dioperasikan pada kartu tipe IC tanpa kontak seperti kartu identitas untuk kontrol akses, kunci pintu, dan point card.



Gambar 4. RF tag pasif dengan penampang IC dan antenna.

III.1 KOMPONEN DASAR RFID

Tujuan penggunaan RFID system dalam teknologi komunikasi adalah untuk membawa data dalam transponder yang lebih baik, yang umum dikenal dengan istilah *tag*, dan melakukan transmisi data dua arah (*Bi-directional*). Sistem yang dibutuhkan dalam melakukan pengidentifikasian dan transmisi dua arah berupa sistem pembacaan dan pengintrogasian data pada tag yang berarti terjadi komunikasi data ke sistem manajemen

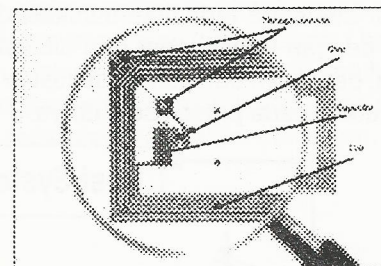
informasi. Sistem tersebut juga mengikutsertakan fasilitas dalam pemrograman data sebagai input pada tag.

Dalam RFID system terdapat tiga komponen pembentuk utama, yaitu:

- RFID tag, atau *transponder*, yang diletakkan pada objek yang akan diidentifikasi dan berfungsi sebagai data carrier dalam RFID systems.
- RFID reader, atau *transceiver*, yang berfungsi sebagai sistem bacatulis dalam pembacaan data dari transponder dan penulisan data pada transponder.
- Data Processing subsystems, sebagai sistem pengolahan data dari transceiver untuk keperluan proses dalam program utama.

1. RFID Tag

Bentuk umum dari transponder (*transmitters/ responders*) terdiri dari sebuah microchip yang berfungsi untuk menyimpan data dan elemen kopling, seperti *coiled antenna* sebagai antena induksi, yang berfungsi untuk melakukan komunikasi melalui media transmisi radio frekuensi. Transponder dapat berupa komponen aktif atau pasif. Transponder aktif digunakan pada tag sebagai power supply (seperti battery) dan secara aktif melakukan pengiriman sinyal RF untuk komunikasi, sementara transponder pasif menggunakan mendapatkan tenaga dari sinyal introgasi transceiver dan merefleksikan atau menerima sinyal modulasi dari sinyal transceiver untuk komunikasi. Secara umum transponder, komponen aktif dan pasif, hanya dapat melakukan komunikasi ketika mereka diintrogasi oleh transceiver.



Gambar 5. RFID tag.

2. RFID Reader

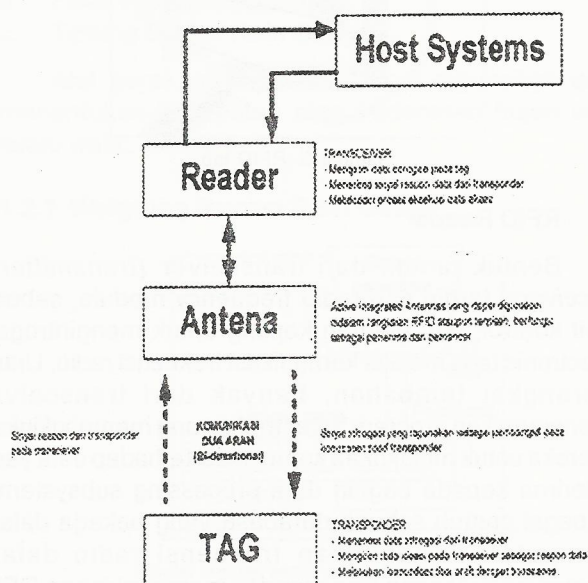
Bentuk umum dari transceiver (*transmitters/ receivers*) terdiri dari radio frequency module, sebuah unit kontrol, dan elemen kopling untuk mengintrogasi electronic tags melalui komunikasi frekuensi radio. Untuk perangkat tambahan, banyak dari transceiver menggunakan program antar muka yang memungkinkan mereka untuk melakukan komunikasi terhadap data yang diterima kepada bagian data processing subsystems, sebagai contoh sebuah database yang bekerja dalam computer. Penggunaan frekuensi radio dalam komunikasi dengan transponder memungkinkan RFID reader untuk membaca RFID tag pasif pada radius jarak

3. Data Processing Subsystems.

- Komunikasi dan Transceiver-Transponder Coupling.

III.2 PRINSIP KERJA RFID

Secara umum tag pasif memperoleh sumber energi mereka dengan melakukan komunikasi baik melalui induktansi kopling atau pengambilan dari medan energi yang jauh. Induktansi kopling memanfaatkan medan magnet yang dibangkitkan dari sinyal komunikasi untuk menginduksi elemen kopling (umumnya berupa sebuah coiled antennas dan sebuah kapasitor). Elemen kopling yang terinduktansi mengisi kapasitor dalam tag yang menyediakan tegangan untuk beroperasi, dan energi untuk tag tersebut. Dalam hal ini, induktansi kopling hanya dapat bekerja jika berada dekat medan sinyal komunikasi. Jarak terdekat dari medan untuk frekuensi f memiliki range sebesar $1/(2 \pi f)$ meter dari sumber sinyal.



Gambar 7. Blok diagram ilustrasi prinsip kerja RFID systems.

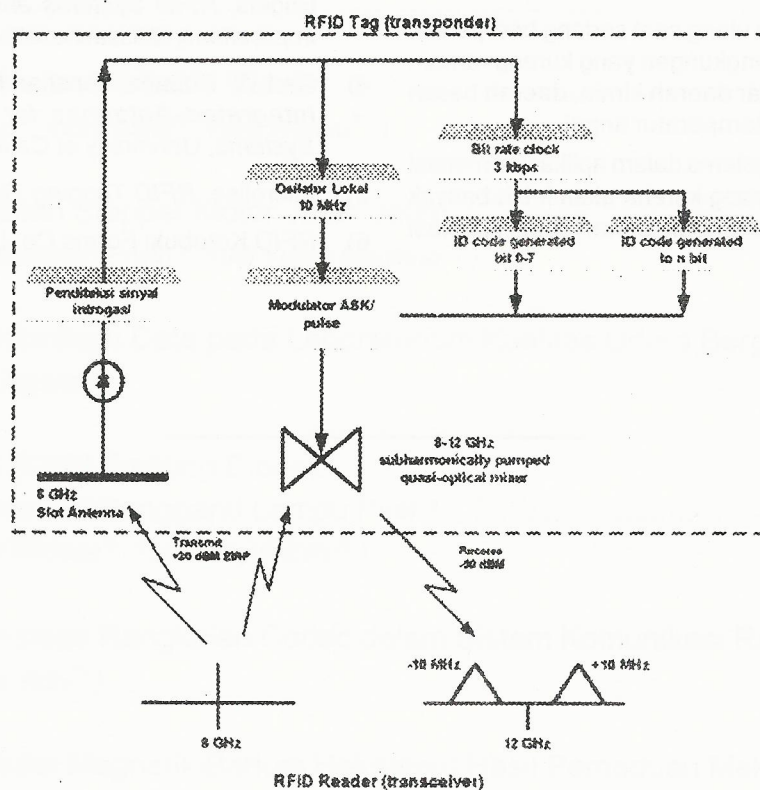
Tabel 2. Perbandingan penggunaan jarak band frekuensi Taq.

<u>Radius Frekuensi</u>	<u>LF</u> <u>125 KHZ</u>	<u>HF</u> <u>13.56</u> <u>MHz</u>	<u>UHF</u> <u>300-</u> <u>1200</u> <u>MHz</u>	<u>Microwave</u> <u>2.45 & 5.8</u> <u>GHz</u>
<u>Radius Baca Tag</u>	<u>< 0.5</u> <u>meter</u>	<u>1 meter</u>	<u>100</u> <u>meter</u> <u>(aktif)</u>	<u>10 meter</u> <u>(aktif)</u>
<u>Sumber Energi</u>	<u>Umumnya</u> <u>hanya tag</u> <u>pasif</u>	<u>Umumnya</u> <u>hanya tag</u> <u>pasif</u>	<u>Tag</u> <u>aktif</u> <u>atau</u> <u>tag</u> <u>pasif</u>	<u>Tag aktif</u> <u>atau tag</u> <u>pasif</u>
<u>Transfer Data</u>	<u>Lambat</u> ----- <u>Cepat</u>			
<u>Pengambilan Energi</u>	<u>Kecil</u> ----- <u>Besar</u>			
<u>Efisiensi Energi</u>	<u>Tinggi</u> ----- <u>Rendah</u>			

Untuk tag yang ideal, tegangan operasional diperoleh dalam jarak d dari reader sehingga menghasilkan besaran flux yang proporsional. Medan magnet yang dipancarkan oleh antenna reader mengalami penurunan energi secara proporsional pada $1/d^3$ terhadap jarak medan terdekat. Oleh karena itu, dapat dilihat bahwa untuk besaran flux pada coiled antenna memiliki besaran maksimal pada jarak d (dalam meter) ketika $R \cong \sqrt{2} \cdot d$, dimana R adalah radius dari reader's antenna coil. Oleh karena itu, dengan meningkatkan R range komunikasi yang dimiliki reader akan semakin

luas, dan radius optimal antenna reader R adalah 1.414 kali jarak baca d yang diinginkan.

Pengambilan energi dari daerah yang jauh menggunakan energi yang berasal dari medan sinyal interogasi yang jauh untuk memberikan sumber tenaga pada tag. Jarak medan terjauh dihitung pada akhir jarak medan terdekat, pada jarak $1/(2\pi f)$ dari antenna pemancar. Cacat pada sinyal dapat muncul saat antenna tag menerima tegangan pada terminal masukkan. Tegangan tersebut dideteksi oleh rangkaian sirkuit RF front-end pada tag dan digunakan untuk mengisi kapasitor yang menyediakan tegangan untuk tag agar dapat beroperasi.



Gambar 9. Blok diagram proses operasional komunikasi sinyal.

Penggunaan antenna aktif pada sistem komunikasi transceiver-transponder sangat dibutuhkan dalam pengiriman dan penerimaan sinyal. Penyediaan sinyal transmisi 6 GHz dapat dilakukan dengan AIAs pada transceiver, sehingga sinyal interogasi 6 GHz dapat mengaktifkan elemen kopling transponder untuk mentransmisikan sinyal respon 12 GHz. Transponder memiliki struktur rangkaian quasi-optical yang memiliki dioda antiparalel Schottky dihubungkan pada slot antenna (Gambar 9). Dengan struktur tersebut yang memiliki alam sebagai broadband memungkinkan transponder menerima sinyal interogasi dan mentransmisikan sinyal respon pada elemen aktif. Pembangkit sinyal data transponder

membutuhkan tegangan dc yang diperoleh dari sinyal interogasi untuk mengaktifkan kartu dari keadaan standby.

IV. KESIMPULAN

Penggunaan perangkat identifikasi otomatis telah mengalami peningkatan selama 10 tahun terakhir, terutama dibidang industri, saints, pengobatan, rumah sakit, dan militer. Dikarenakan oleh faktor kenyamanan dan keamanannya, RFID makin diminati sebagai alat identifikasi modern. Berikut perbandingan antara sistem identifikasi konvensional yang menggunakan bar code dengan sistem identifikasi menggunakan RFID. Pada dasarnya kedua sistem identifikasi tersebut memiliki

persamaan yaitu mampu melakukan proses identifikasi secara otomatis dan meningkatkan kualitas manajemen operasional, seperti:

- Mengurangi faktor kerja manusia.
- Menghilangkan faktor human errors.
- Meletakkan kontrol data sepenuhnya pada anda.

Perbedaan antara sistem bar code dan RFID tag, yaitu:

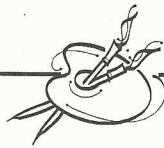
- Penempatan tag dapat dilakukan pada tempat tersembunyi dan pada permukaan material, tanpa membutuhkan tempat khusus untuk dapat dilihat. Mereka dapat membaca data melalui material kayu, plastik, lapisan papan kartu, segala jenis material terkecuali metal.
- Tag dapat diprogram ulang saat sedang beroperasi.
- Mampu beropersi dilingkungan yang kurang ramah, seperti alam, disekitar daerah kimia, daerah basah dan daerah dengan temperatur tinggi.

Penggunaan RFID systems dalam aplikasi komersial menjadi pembahasan penting karena akan lebih banyak kita temukan dalam kehidupan sehari-hari. Aplikasi

komersial tersebut umumnya berupa sistem sensor seperti penggunaannya dalam pengidentifikasian barang (item) di supermarket dan industri, kartu identitas, pengidentifikasian kendaraan di jalan tol dan area parkir, sistem keamanan kendaraan (crash sensor) dan masih banyak lagi.

V. DAFTAR PUSTAKA

- 1) Martin Kaleja, *Active Integrated Antennas for Sensor and Communication Applications*, Universitat Munchen, 2001.
- 2) TI-RFID, *Tag-it HF Transponder Inlays*, Texas Instrument Technology, 2001.
- 3) Sanjay E. Sarma, Stephen A. Weis, Daniel W. Engels, *RFID Systems and Security and Privacy Implications*, Massachusetts Institute of Technology.
- 4) Carl W. Pobanz, Jenshan Lin, Tatsuo Itoh, *Active Integrated Antennas for Microwave Wireless Systems*, University of California.
- 5) Microlise, *RFID Tagging Technology*, 2003.
- 6) RFID Kotobuki Forms Co, Ltd, 2003.



Catatan Penulis :

- Redaksi menerima naskah karangan berupa hasil penelitian, pengembangan, dan penerapan dalam bidang Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, diutamakan hasil dari kelompok kerja penelitian.
- Naskah karangan ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris, diketik rapi dengan jarak dua spasi.
- Setiap karangan harus dilengkapi dengan intisari yang ditempatkan di antara judul dan isi karangan, dan tidak melebihi 300 kata.
- Gambar harus diberi nomor berurutan, diberi keterangan ringkas dan disebutkan dalam isi karangan. Gambar harus disesuaikan dengan ukuran halaman majalah (A4) dan berkualitas bagus.
- Daftar Pustaka atau referensi ditulis mengikuti aturan sebagai berikut : nomor, nama pengarang, tahun penerbitan, judul karangan, nama jurnal/majalah/penerbit, jilid, nomor halaman.
- Redaksi berhak mengubah susunan naskah karangan tanpa mengubah isinya.



**JURNAL
ELEKTRONIKA dan TELEKOMUNIKASI**

PUSAT PENELITIAN ELEKTRONIKA DAN TELEKOMUNIKASI - LIPI
Jl. Cicitu No. 21/154 D Tlp. (022) 250 4660, 250 4661 Fax. (022) 250 4659 - Bandung 40135
<http://www.telkoma.lipi.go.id>