

ISSN 2580-1988



# PROSIDING

**SEMINAR NASIONAL TEKNIK ELEKTRO**

**Volume 2 Tahun 2017**

**Strategi Peningkatan Indeks Pembangunan Manusia Indonesia  
melalui Peranan Penelitian Teknologi Terapan dan Berkelanjutan**



**Penyelenggara :  
Jurusan Teknik Elektro  
Politeknik Negeri Jakarta  
Depok, 15 Desember 2016**

ISSN 2580-1988

Prosiding

# Seminar Nasional Teknik Elektro

Volume 2 tahun 2017

Strategi Peningkatan Indeks Pembangunan  
Manusia Indonesia melalui Peranan Penelitian  
Teknologi Terapan dan Berkelanjutan



KAMIS, 15 DESEMBER 2016  
AULA GEDUNG DIREKTORAT LANTAI 3  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA  
KAMPUS UI DEPOK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA  
2017

**Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro  
Volume 2 tahun 2017  
ISSN 2580-1988 (Media Cetak)  
SK No. 0005.25801988/JL.3.1/SK.ISSN/2017.06  
Tanggal : 5 Juni 2017**

**TIM EDITOR**

Mohamad Fathurahman  
Rahmat  
Nuralam  
Wisnu Hendri Mulyadi  
Yenniwarti Rafsyam  
Murie Dwiyaniti

Prosiding ini adalah berisi artikel ilmiah yang disajikan pada SNTE tahun 2016.  
Mengutip sebagian atau seluruh isi dari buku ini harus mendapat izin langsung  
dari penulis.

Pihak penerbit tidak menambah atau mengurangi isi yang ada pada buku ini dan  
tidak bertanggungjawab apabila terdapat kesalahan.

**DIPUBLIKASIKAN OLEH:**

Jurusan Teknik Elektro  
Politeknik Negeri Jakarta  
Email: [snte@elektro.pnj.ac.id](mailto:snte@elektro.pnj.ac.id)  
Telp/fax : (021)7863531

Hak Cipta @Jurusan Teknik Elektro  
Politeknik Negeri Jakarta

## EDITORIAL

Pembaca yang budiman,

Pelaksanaan kegiatan Seminar Nasional Teknik Elektro (SNTE) tahun ini mengambil tema *Strategi Peningkatan Indeks Pembangunan Manusia Indonesia melalui Peranan Penelitian Teknologi Terapan dan Berkelanjutan*. Tema ini dipilih dengan alasan bahwa setiap kegiatan penelitian yang dilakukan haruslah berkontribusi dalam proses peningkatan Indeks Pembangunan Manusia Indonesia apalagi dengan jenis penelitian terapan yang diharapkan dapat langsung diaplikasikan. Kegiatan seminar tahun ini telah menginjak tahun ke-6 yang dilaksanakan secara nasional.

Melalui media ini, kami selaku penyelenggara SNTE tahun 2016 mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah berpartisipasi demi terselenggaranya kegiatan ini. Apresiasi tinggi kami haturkan kepada para pemakalah yang telah mengirimkan makalahnya yang berasal dari berbagai perguruan tinggi baik negeri maupun swasta seperti, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Politeknik Negeri Bengkalis, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang, STIKOM Dinamika Bangsa Jambi, Universitas Satyagma Bandung, Telkom University Bandung, Politeknik Negeri Semarang, Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI Bandung, Politeknik Sakti Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Institut Teknologi Nasional Malang, Politeknik Negeri Malang dan Universitas Tadulako Palu Sulawesi Tengah serta tentu saja dari Politeknik Negeri Jakarta. Terima kasih juga kami sampaikan kepada seluruh Panitia SNTE tahun 2016 yang telah bekerja keras demi suksesnya kegiatan ini.

Atas nama redaksi dan editor, saya ucapkan banyak terima kasih atas kepercayaan para pemakalah dan pembaca, serta selamat menikmati dan mengambil manfaat dari terbitan ini.

Salam,

Mohamad Fathurahman, ST.,MT.  
NIP. 19710824 200312 1 001

## **SAMBUTAN KETUA JURUSAN TEKNIK ELEKTRO POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

Assalamu'alaikum. Wr. Wb  
Salam Sejahtera untuk kita semua

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan Rahmat dan KaruniaNya kepada kita semua, penerbitan Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro ini dapat terwujud dan telah mendapatkan nomor ISSN sebagai terbitan ilmiah berkala dalam bentuk media cetak. Prosiding ini terbit sekali dalam satu tahun menyesuaikan penyelenggaraan kegiatan Seminar Nasional Teknik Elektro yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

Salah satu bentuk pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi adalah publikasi hasil penelitian. Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro ini dapat digunakan sebagai wadah untuk mendesiminasikan hasil penelitian yang merupakan ukuran kualitas dari potensi riset dalam upaya *link and match* antara perguruan tinggi dengan lembaga penelitian dan praktisi industri. Kualitas riset yang baik merupakan kunci inovasi pengembangan iptek sehingga tercipta masyarakat dialogis dan terbuka saling mengisi dan mendorong demi terwujudnya kemandirian bangsa. Hal ini sejalan dengan tema dari penyelenggaraan SNTE tahun 2016 yakni *Strategi Peningkatan Indeks Pembangunan Manusia Indonesia melalui Peranan Penelitian Teknologi Terapan dan Berkelanjutan*. Tema ini dipilih dengan alasan bahwa setiap kegiatan penelitian yang dilakukan haruslah berkontribusi dalam proses peningkatan Indeks Pembangunan Manusia Indonesia apalagi dengan jenis penelitian terapan yang diharapkan dapat langsung diaplikasikan.

Akhirnya kami berharap artikel yang ada dalam prosiding ini dapat bermanfaat dan sebagai media saling tukar informasi antar peneliti. Tak lupa kami ucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah terlibat dalam penerbitan prosiding ini dan pelaksanaan Seminar Nasional Teknik Elektro pada tahun 2016 lalu.

Depok, 05 Juni 2017  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Drs. Nuhung Suleman, ST.,MT.  
NIP. 19591231 198703 1 252

## Daftar Isi

Halaman Sampul	i
Halaman Hak Cipta	ii
Editorial	iii
Sambutan Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta	iv
Daftar isi	v
<b>KOMPARASI METODE PI DAN FUZZY-PI PADA PENGENDALIAN TEGANGAN OUTPUT DC-DC BUCK CONVERTER</b>	1-5
<i>Jumiyatun dan Andi Fatmawati</i>	
<b>ALGORITMA TRACKING DAN SCANNING PADA ROBOT SOCCER</b>	6-11
<i>Syaiful Amri</i>	
<b>PERBANDINGAN ESTIMASI JARAK BOLA BERDASARKAN LUAS AREA BOLA DAN SUDUT PADA ROBOT SOCCER</b>	12-16
<i>Syaiful Amri</i>	
<b>IMPLEMENTASI TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR GAMBUT MENJADI AIR LAYAK KONSUMSI BAGI WARGA DESA SUNGAI ALAM KABUPATEN BENGKALIS</b>	17-22
<i>Wan Muhammad Faizal, Johny Custer</i>	
<b>PERANCANGAN DAN SIMULASI ANTENA ARRAY VIVALDI <math>4 \times 4</math> PADA FREKUENSI S-BAND UNTUK APLIKASI RADAR TIGA DIMENSI</b>	23-29
<i>Nurlaila Safitri, Bambang Setia Nugroho dan Yuyu Wahyu</i>	
<b>SISTEM MONITORING SUHU DAN KELEMBABAN TANAMAN CABAI PADA GREENHOUSE BERBASIS LABVIEW</b>	29-33
<i>Syafrizal Syarief, William Benelliwod Neparassi, Gendis Anisa Nurwidiana.</i>	
<b>REKAYASA SISTEM HYBRID SOLAR WATER HEATER DAN ELECTRIC HEATER UNTUK EFISIENSI PEMAKAIAN LISTRIK BERBASIS SCADA</b>	34-39
<i>Sila Wardono, Wisnu Hendri Mulyadi, Nuralam</i>	
<b>ANTENA MICROSTRIP CIRCULAR PATCH PLANAR ARRAY LIMA ELEMEN UNTUK JARINGAN WLAN 2.4 GHZ</b>	40-45
<i>Triprijoetomo, Angga Septian Cahya</i>	
<b>DESAIN MONITORING KUALITAS DAYA LISTRIK</b>	46-49
<i>Ismujianto dan Isdawimah</i>	

<b>PEMANFAATAN TEKNOLOGI MIKROHIDRO UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN AIR BERSIH</b> <i>Radita Arindya</i>	50-54
<b>PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PENILAIAN KINERJA KARYAWAN MENGGUNAKAN ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) BERBASIS WEB (STUDI KASUS STIKOM DINAMIKA BANGSA)</b> <i>Benni Purnama, Ibnu Sani Wijaya</i>	55-60
<b>MEDIA PEMBELAJARAN DAILY ACTIVITY BAGI ANAK TUNA GRAHITA BERBASIS AUGMENTED REALITY</b> <i>Fajri Profesio Putra, Lidya Wati dan Sri Mawarni</i>	61-65
<b>EFEKTIFITAS SISTEM DETEKSI KESALAHAN PENGAMBILAN CITRA SIDIK JARI MENGGUNAKAN LVQ</b> <i>Yoyok Supriyono dan Sukarjadi</i>	66-70
<b>KLASTERISASI CITRA SIDIK JARI NORMAL DAN KERING MENGGUNAKAN METODE KOHONEN</b> <i>Sila Abdullah Syakry, Muhammad Syahroni dan Mulyadi</i>	71-74
<b>PENGASUTAN MOTOR INDUKSI TIGA PHASA DENGAN MENGGUNAKAN STARTER DOL (DIRECT ON LINE) DAN BINTANG-SEGITIGA (Y-<math>\Delta</math>)</b> <i>Tri Jatmiko dan Siti Nuramanah</i>	75-78
<b>ALGORITMA VARIASI INSTRUKSI GERAKAN ROBOT AUTOMATED GUIDED VEHICLE TANPA DOWNLOAD PROGRAM</b> <i>Muhamad Soli, B. S. Rahayu Purwanti</i>	79-84
<b>PENGARUH WARNA TERHADAP SERAPAN PANTULAN CAHAYA YANG MELEWATI MEDIA KACA</b> <i>B. S. Rahayu Purwanti, Husein Ramadhan R, Yudo Novianto Putra</i>	85-91
<b>PENGEMBANGAN SISTEM SMART AQUAPONIK</b> <i>Zulhelman, Haidar Afkar Aushaf, Rachma Maharani Ulfa</i>	92-96
<b>RANCANG BANGUN ANTENA PARABOLA DENGAN FEED POINT MIKROSTRIP RECTANGULAR ARRAY 2 ELEMEN UNTUK APLIKASI WIFI 2,4 GHZ (SEBAGAI TRANSMITTER)</b> <i>Sri Danaryani, Riris Pitaloka Handayani</i>	97-103
<b>ANALISIS PERBANDINGAN PERHITUNGAN EVENT RELATED DESYNCHRONIZATION/EVENT RELATED SYNCHRONIZATION (ERD/ERS) PADA BRAIN COMPUTER INTERFACE MENGGUNAKAN METODE MASTOID</b>	104-108

<b>REFERENCE DAN COMMON AVERAGE REFERENCE (CAR)</b>	
<i>Muhammad Hilman Fatoni Achmad Arifin dan Tri Arief Sardjono</i>	
<b>PENGEMBANGAN REMOTE MATRIX SWITCH UNTUK Mendukung Laboratorium Remote</b>	109-111
<i>F. Yudi Limpraptono dan Irmalia Suryani Faradisa</i>	
<b>PERANCANGAN ROBOT HUMANOID BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 32 DAN ARDUNO UNO</b>	112-116
<i>Sopian Soim dan Amperawan</i>	
<b>SOFTWARE PENDETEKSI PLAGIARISME ANTPLAG TERINTEGRASI PADA OPEN JOURNAL SYSTEM (OJS)</b>	117-120
<i>Mardiyono, Liliek Triyono dan Sukamto, Prayitno</i>	
<b>RANCANG BANGUN KONVERTER BUCK PADA SISTEM CHARGING SEPEDA LISTRIK</b>	121-125
<i>Supriatna Adhisuwignjo, Indrazno Siradjuddin, Muhamad Rifa'i, Ratna Ika Putri</i>	
<b>PERBANDINGAN EFISIENSI BAK PROSES DUA SEL DAN TIGA SEL DALAM MENURUNKAN KANDUNGAN WARNA DALAM AIR GAMBUT SECARA ELEKTROKOAGULASI</b>	126-131
<i>Sutanto, Endang Saepudin dan Nuryati</i>	
<b>TEKNOLOGI SMART MIKROGRID DAN PROSPEKNYA KE DEPAN DI INDONESIA</b>	132-137
<i>Danang Widjajanto</i>	
<b>PROTOTIPE SISTEM PENCATATAN KWH METER OTOMATIS BERBASIS WIRELESS ZIGBEE</b>	138-143
<i>A.Damar Aji, Murie Dwiyaniti, dan Kendi Moro Nitisasmita</i>	
<b>PROTOTYPE SISTEM MONITORING POSISI BUS POLITEKNIK DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI BERBASIS ANDROID</b>	144-150
<i>Mohamad Fathurahman, Nur Muhamad Ziko Iskandar dan Ivan Arrianto</i>	
<b>PERANCANGAN DAN KONFIGURASI ASTERISK UNTUK KOMUNIKASI SUARA DAN VIDEO BERBASIS VoIP (VOICE OVER INTERNET PROTOCOL) DI LABORATORIUM TEKNIK TELEKOMUNIKASI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA</b>	151-155
<i>Dandun Widhiantoro dan Mohammad Itsnan Syauiya Rabban</i>	
<b>RANCANG BANGUN PERANGKAT LUNAK MANAJEMEN ADMINISTRASI TK AISYIYAH 2 &amp;3 DEPOK</b>	156-160

*Mera Kartika Delimayanti, Dewiyanti Liliana dan Sri Danaryani*

**PEMODELAN SISTEM RADAR UNTUK MENDETEKSI SALURAN KABEL LISTRIK DI BAWAH TANAH** 161-166

*Amir D, Indrawati dan Akhyar*

**DISAIN KUALITAS DAYA PADA INSTALASI LISTRIK YANG MENGGUNAKAN BEBAN NON LINIER DI GEDUNG BENGKEL LISTRIK POLITEKNIK NEGERI JAKARTA** 167-171

*Kusnadi dan A.Damar Aji*

# Komparasi Metode Pi Dan Fuzzy-Pi Pada Pengendalian Tegangan Output DC-DC Buck Converter

Jumiyatun<sup>1</sup>, Andi Fatmawati<sup>2</sup>

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Jl. Soekarno Hatta Tondo, Palu, 94112, Indonesia

E-mail: Jum@untad.ac.id

## Abstrak

Penggunaan catu daya DC saat ini cukup luas, baik untuk skala tegangan rendah, tegangan menengah maupun tegangan tinggi. Komponen elektronik hampir semuanya menggunakan catu daya DC seperti mikroprosesor, teknologi IC dll. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem yang dapat mengkonversikan tegangan DC dari suatu tingkat tegangan ke tingkat tegangan yang lain, seperti halnya transformator dalam sistem ac. Sistem ini harus dapat bekerja secara efisien dan tegangan keluarannya juga memiliki kualitas yang baik. *Switching converter* merupakan salah satu alternatif yang tepat, selain ukurannya kecil mempunyai efisiensi tinggi. *Buck converter* merupakan salah satu jenis *switching converter* yang dapat menurunkan tegangan keluarannya. Untuk mengatur keluaran dari *buck converter* pada paper ini menggunakan dua metode *controller* yaitu PI dan Fuzzy-PI. Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa metode Fuzzy-PI mempunyai rise time yang lebih cepat yaitu 9.237 dibanding menggunakan metode PI yaitu 70.724 ms.

## Abstract

Comparison of methode PI and Fuzzy-PI On Control of output voltage DC-DC Buck Converter. The use of dc power supply is now quite extensive, both for the scale of low voltage, medium voltage and high voltage. electronic components almost everything using dc power supply such as microprocessors, IC technology, etc. Therefore we need a system that can convert the dc voltage from one voltage level to another voltage level, such as the transformer in the AC system. This system must be able to work efficiently and the output voltage has a good quality. Switching converter is one of the appropriate alternative, in addition to its small size, has a high efficiency. Buck converter is one type of switching converter which serves to decrease the output voltage. To set the output of Buck converter in this paper uses two methods, the control PI and Fuzzy-PI. From the simulation results show that the Fuzzy-PI have a faster rise time is 9.237 compared with PI method that is 70.724 ms.

**Keywords:** *buck converter; PI control, Fuzzy-PI control*

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi elektronik saat ini banyak menggunakan catu daya DC baik tegangan rendah seperti yang digunakan pada mikrokontroler, IC, gerbang, tegangan menengah seperti pada motor, generator, dan sampai skala tegangan tinggi untuk transmisi listrik tegangan tinggi. Untuk itu diperlukan suatu sistem yang bekerja efisien yang dapat mengkonversikan tegangan DC dengan keluaran yang kualitasnya baik. Untuk mengkonversi daya DC atau DC-DC *converter* ada dua tipe yaitu tipe linier dan tipe *switching* (DC chopper). Tipe linier merupakan cara termudah untuk mencapai tegangan keluaran yang bervariasi, namun kurang diminati karena tingginya daya yang hilang pada transistor sehingga efisiensi

rendah. Pada paper ini akan membahas salah jenis dari *switching converter* yaitu *buck converter*. *Buck converter* merupakan *switching converter* yang dapat menurunkan tegangan keluarannya dengan mengatur *duty ratio* yang diberikan kepada *switching device* seperti: Mosfet, Thyristor, IGBT, GTO.

Untuk dapat mengendalikan tegangan output *converter* dibutuhkan metode kontrol yang dapat meningkatkan efisiensi, menghilangkan offset dan menghasilkan perubahan awal yang besar. Metode PI merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghasilkan output yang konstan. Metode Fuzzy juga merupakan salah satu metode kontrol yang mampu memperbaiki waktu respon dari PI, sehingga metode ini telah banyak dikembangkan. Dalam penelitian ini, penulis

menggabungkan metode Fuzzy dengan PI untuk menghasilkan waktu respon yang lebih baik.

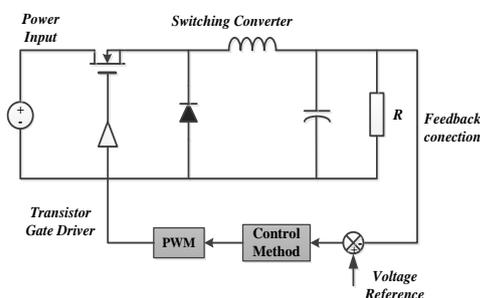
Ada beberapa penelitian yang sudah dilakukan berkaitan dengan kontrol *buck converter* yaitu Bhagyashri U et al. dalam penelitiannya yang berjudul “Adaptive Fuzzy Logic Controller For Buck Converter” membahas tentang perubahan beban dan tegangan input akan mempengaruhi berkurangnya efisiensi *converter* dan daya. Fungsi kontrol fuzzy untuk mempertahankan tegangan output tetap konstan meskipun tegangan input dan beban diubah-ubah dengan waktu yang cepat. [1]

Sutedjo et al. dalam penelitiannya yang berjudul “Rancang Bangun Modul DC-DC Converter Dengan Pengendali PI” membahas tentang PI controller dapat mengendalikan tegangan output dari rangkaian *buck* dan *boost converter* agar lebih stabil sekalipun dengan kondisi tegangan masukan yang tidak seimbang, pada saat rangkaian bekerja.[2]

Seongmin et al. dalam penelitiannya yang berjudul “A DC-DC Buck Converter With Using A Digital PID Regulator Based on A Simple Control Algorithm” membahas algoritma kontrol PID sederhana yang digunakan untuk mengimplementasikan DC-DC *buck converter* yang sederhana, tidak rumit dan mudah dibuat. Dari hasil simulasi menunjukkan *buck converter* dapat diatur dengan baik sesuai target *duty ratio* dengan menggunakan teknik kompensator sederhana PID sehingga mudah membuat DC-DC *buck converter* secara digital, yang dapat digunakan untuk perangkat elektronik tegangan rendah seperti ponsel.[3]

## 2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, DC-DC *buck converter* di modelkan dengan pemodelan *state space* dan dilakukan perbandingan metode kontrol untuk menghasilkan output dengan respon *steady state* yang lebih baik. Perbandingan ini dilakukan dengan menggunakan metode PI, dan Fuzzy-PI. Diagram keseluruhan dari sistem dapat di lihat di bawah ini :



Gambar 1. Diagram Sistem

Pada Gambar 1 diagram sistem di atas *buck converter* menerima tegangan masukan dan arus dari sumber DC, kemudian mengubah tegangan output lebih rendah dari

tegangan masukan dan hasilnya di alirkan ke beban, agar tegangan yang mengalir ke beban dapat bernilai sesuai dengan *set point* yang telah ditentukan maka keluaran dari *buck converter* di umpan balik ke kendali. Dengan membandingkan hasil kendali menggunakan metode PI, dan fuzzy-PI.

### 2.1 Buck Converter [4]

Dalam mendesain sistem nilai parameter suatu komponen dari *buck converter* harus di tetapkan agar keseluruhan sistem berjalan dengan baik.

Tabel 1. Parameter *buck Converter*

Parameter	Nilai
Tegangan Input ( $V_{in}$ )	1000 Volt
Tegangan Output ( $V_o$ )	400 Volt
Ripple Tegangan ( $\Delta V$ )	5%
Arus Output ( $I_o$ )	12 A
Ripple Arus ( $\Delta I$ )	20%
Frekuensi Switching	10 KHz

- Penentuan nilai *duty cycle*

$$S_{on} = S_{off}$$

$$(V_{in} - V_o)t_{on} = V_o.t_{off}$$

$$V_{in}.t_{on} - V_o.t_{on} = V_o.T - V_{on}.t_{on}$$

$$V_{in}.t_{on} = V_o.T$$

$$\frac{t_{on}}{T} = \frac{V_o}{V_{in}}$$

$$D = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{400V}{1000V} = 0,4$$

- Penentuan nilai resistor

$$R = \frac{V_o}{I_o} = \frac{400V}{12A} = 33,33\Omega$$

- Penentuan nilai induktor

$$\Delta I_L = 20\% \times 12A$$

$$\Delta I_L = 1,2A$$

$$L = \frac{V_{in}(1 - D)D}{\Delta I_L \times f_s}$$

$$L = \frac{1000V(1 - 0,4) \cdot 0,4}{1,2A \times 10Khz}$$

$$L = 0,02H$$

- Penentuan nilai kapasitor

$$\Delta V = 5\% \times 400V \quad R = \frac{V_o}{I_o} = \frac{400V}{12A} = 33,33\Omega$$

$$\Delta V = 20V$$

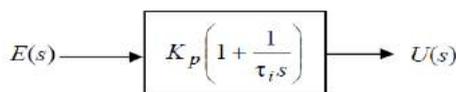
$$C = \frac{(D \cdot V_{in} + \Delta V)(1 - D)}{f_s \cdot R \cdot \Delta s}$$

$$C = \frac{(0,4 \cdot 1000V + 20V)(1 - 0,4)}{10000 \times 33,33 \times 20V}$$

$$C = 37,84\mu 7$$

### 2.2 PI Controller [5]

Kontrol proporsional ditambah integral (PI) merupakan *controller* yang aksi *controllernya* mempunyai sifat proporsional dan integral terhadap sinyal kesalahan. Diagram blok dari *controller* proporsional ditambah integral adalah sebagai berikut:



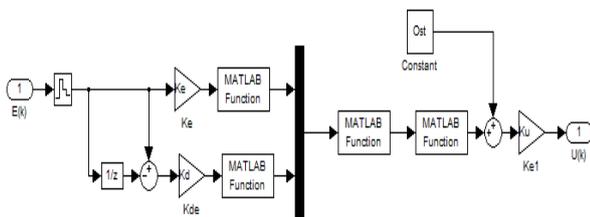
Dimana :

$k_p$  = penguatan proporsional

$t_i$  = Waktu integral

### 2.3 Fuzzy-Pi Controller [6]

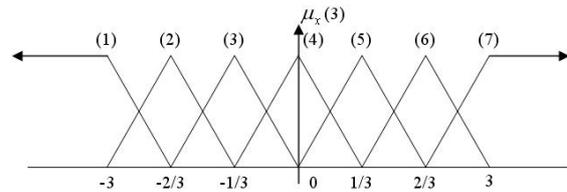
PI like Fuzzy *controller* merupakan fuzzy *controller* yang memiliki perilaku menyerupai pengendali PI. Perancangan terdiri dari proses kuantisasi, fuzzifikasi, inference, dan defuzzifikasi. Pada tipe kendali Fuzzy yang digunakan pada perancangan ini, pembentukan  $K_e$  dan  $K_{de}$  digunakan untuk menormalisasi batas  $E$  dan  $\Delta E$  ke dalam batas -3 s/d +3.  $K_u$  digunakan untuk denormalisasi batas sinyal kendali dari 0 s/d 3 ke 0 s/d  $U_{max}$  atau -3 s/d 3 ke  $U_{min}$  s/d  $U_{max}$ . Rancangan sistem kendali fuzzy ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2. Blok diagram Kontrol Logika Fuzzy Pada Buck Konverter

Gambar 2. merupakan representasi linier, pemetaan masukan derajat keanggotaan yang mendefinisikan fungsi keanggotaan untuk  $E$ ,  $\Delta E$  dan sinyal kendali

dalam bentuk ternormalisasi pada bentuk segitiga dengan 7 himpunan pendukung.



Gambar 3. Fungsi Segitiga

Membuat aturan dasar fuzzy yang digunakan untuk menentukan sinyal kendali dengan bantuan *inference*. Penyusunan aturan pengendali fuzzy dengan himpunan keanggotaan untuk masing-masing masukan berjumlah tujuh keanggotaan ditunjukkan pada Tabel 2

Tabel 2. Penyusunan Aturan Fuzzy

E/dE	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	2	2	3	3	4
2	1	2	2	3	3	4	5
3	2	2	3	3	4	5	5
4	2	3	3	4	5	5	6
5	3	3	4	5	5	6	6
6	3	4	5	5	6	6	7
7	4	5	5	6	6	7	7

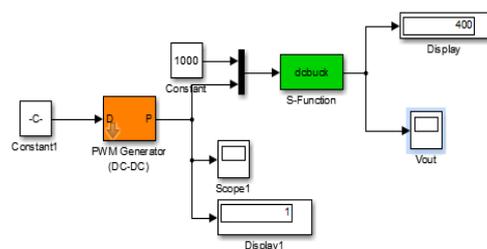
*Inference* yang digunakan adalah *inference* metode Mamdani yang mana memiliki Persamaan :

$$\mu_y(k) = \max [\min \{ \mu_u(k), \mu_R(E(i), \Delta E(j)) \}]$$

Untuk mendapatkan nilai aksi kontrol (u) perlu dilakukan proses defuzzifikasi, dalam hal ini dipilih defuzzifikasi dengan metode COA (*Center Of Area*).

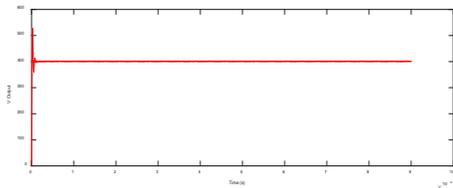
### 3. Hasil Dan Pembahasan

- Pengujian Open Loop Buck Converter



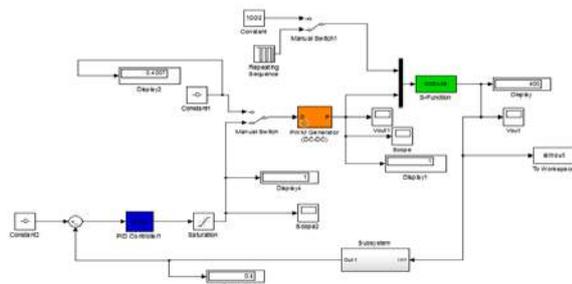
Gambar 4. Simulasi Buck Converter Pada Saat Open Loop

Pada gambar 5. menunjukkan respon tegangan output dari *buck converter* pada saat kondisi *open loop*, dengan  $V_{input}$  1000 dan  $V_{output}$  400, sistem masih kurang stabil dengan adanya osilasi dan pada saat diberi gangguan.



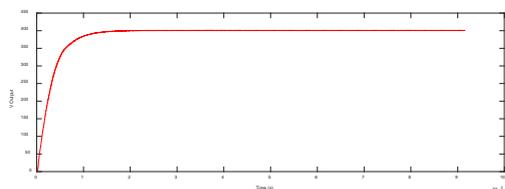
Gambar 5. Respon Tegangan Output Buck Converter Pada Saat Open Loop

- Pengujian Close Loop PI Kontrol



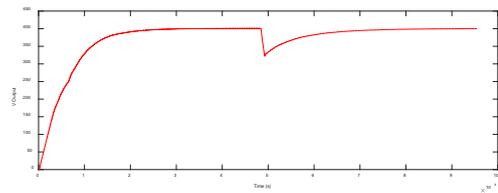
Gambar 6. Simulasi Buck Converter Pada Saat Close Loop Menggunakan Metode Kontrol PI

Gambar 7. menunjukkan respon dari tegangan output *buck converter* pada saat  $V_{input}$  1000 dan  $V_{output}$  yang diinginkan 400. Dengan menggunakan metode kontrol PI, dapat dilihat respon sistem stabil tanpa *error steady state* nol dan osilasi hilang dengan *rise time* 70.724 ms.



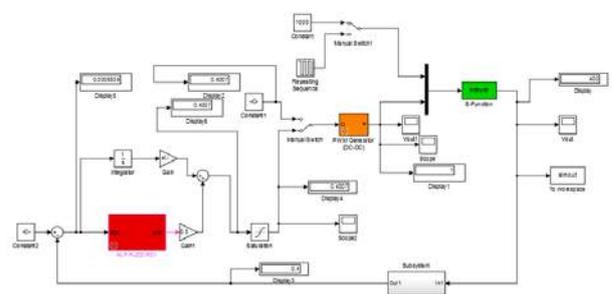
Gambar 7. Respon Tegangan Output Buck Converter Pada Saat Close Loop Menggunakan Metode Kontrol PI

Gambar 8. menunjukkan respon tegangan output *buck converter* pada saat  $V_{input}$  1000 dan  $V_{output}$  yang diinginkan 400, diberi gangguan input berupa *repeat sequence*. Dapat dilihat bahwa metode kontrol PI mampu mengendalikan  $V_{output}$  tetap stabil meskipun diberi gangguan, *error steady state* nol.



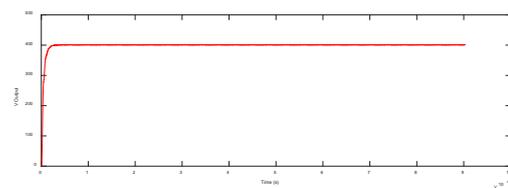
Gambar 8. Respon Tegangan Output Buck Converter Pada Saat Diberi Gangguan Menggunakan Metode Kontrol PI

- Pengujian Close Loop Fuzzy Kontrol



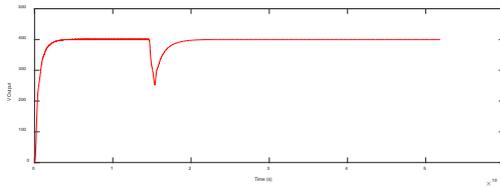
Gambar 9. Simulasi Buck Converter Pada Saat Close Loop Menggunakan Metode Kontrol Fuzzy-PI

Gambar 10. menunjukkan respon tegangan output *buck converter* pada saat  $V_{input}$  1000 dan  $V_{output}$  yang diinginkan 400. Dengan menggunakan metode kontrol Fuzzy respon sistem terlihat stabil, dapat menghilangkan osilasi dengan *error steady state* nol, dengan *rise time* cepat yaitu 9.237 ms.



Gambar 10. Respon Tegangan Output Buck Converter Pada Saat Close Loop Menggunakan Metode Kontrol Fuzzy-PI.

Gambar 11. menunjukkan respon tegangan output *buck converter* pada saat  $V_{input}$  1000 dan  $V_{output}$  yang diinginkan 400, diberi gangguan input berupa *repeat sequence*. Dari grafik dapat dilihat bahwa metode Fuzzy-PI dengan cepat dapat mengendalikan sistem, sehingga sistem tetap stabil, tanpa osilasi dan *error steady state* nol.



**Gambar 11. Respon Tegangan Output Buck Converter Pada Saat Close Loop Menggunakan Metode Kontrol Fuzzy-PI**

- Perbandingan Respon Sistem

Dari hasil pengujian *buck converter* kontrol PI dan Fuzzy-PI yang telah di dapat maka dilakukan perbandingan hasil *overshoot*, *setting time*, *peak team*, *rise time*, *error steady state*.

Tabel 3. Perbandingan Respon Sistem

<b>Respon Sistem</b>	<b>PI</b>	<b>Fuzzy-PI</b>
<i>overshoot</i>	0.501%	0.497 %
<i>Settling time</i>	-	15.344 ms
<i>Peak time</i>	401.252	401.252
<i>Rise time</i>	70.724 ms	9.237 ms
<i>Error steady state</i>	0	0

Dari data perbandingan PI, dan Fuzzy-PI diatas dapat diketahui bahwa kontrol Fuzzy-PI memiliki respon lebih baik dibandingkan dengan metode PI.

#### 4. Kesimpulan

Hasil simulasi komparasi metode kontrol PI, dan fuzzy-PI menunjukkan pengaturan menggunakan controller Fuzzy-PI lebih bagus performansinya dan respon lebih cepat dibanding metode konvensional yaitu PI. Hal ini dapat dilihat dari grafik respon tegangan output dengan beda *rise time* yang cukup besar.

#### Daftar Acuan

- [1] Bhagyashri U, Patil, Satyawan R.jagtap. International Conference on Computation of Power Energy, Information and Communication. 2015
- [2] Sutedjo, Zaenal Efendi, Dina Mursyida. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS .
- [3] Seongmin, LEE, and Jinwook.BURM. Dept.of Electronic Engineering, Sogang University, Seoul,Korea. 2011
- [4] Rashid, Muhammad. Power Electronic Handbook .Akademik Press.Canada.2001
- [5] Gamayanti, Nurlita.Kontrol PID. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.2007
- [6] Ana Ratna Wati, Dwi. Sistem Kendali Cerdas. Cetakan Pertama.Graha Ilmu.2011
- [7] Ogata, Katsuhiko. Teknik Kontrol Automatik. Jakarta, Erlangga. 1996
- [8] Rashid, Muhammad H.Terjemahan Elektronika Daya.PT prehallindo.Yogyakarta.1993

# **Algoritma *Tracking* dan *Scanning* Pada Robot Soccer**

Syaiful Amri<sup>1</sup>

1. Teknik Elektronika, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bengkalis, Sungai Alam, Bengkalis, 28711, Indonesia

*E-mail: syaifulamri@polbeng.ac.id*

## **Abstrak**

Robot *soccer* adalah robot yang didisain untuk bermain bola sebagaimana manusia bermain sepak bola, salah satu algoritma yang dimiliki oleh robot *soccer* untuk dapat melihat bola adalah algoritma *scanning* dan *Tracking*. Aktuator yang digunakan untuk melakukan proses *scanning* dan *Tracking* adalah dua buah motor servo dynamixel AX12. Tugas dari aktuator adalah melakukan pergerakan arah horizontal dan arah vertikal dengan kontrol yang digunakan pada proses *Tracking* adalah kontrol *proportional*. Hasil yang didapatkan setelah dilakukan pengujian dengan jarak bola yang bervariasi mulai dari 5cm hingga 500 cm, proses *scanning* dan *Tracking* dengan mencari nilai titik tengah koordinat (posisi) objek bola dapat dilakukan pada resolusi *frame* citra 160x120 *pixel* dengan jarak maksimal yang bisa diidentifikasi adalah 350 cm.

## **Abstract**

Robot soccer is a robot designed to play ball like humans playing football, one algorithm that is owned by the robot soccer to be able to see the ball is scanning algorithms and Tracking. Actuators are used to make the process of scanning and tracking are two servo motors Dynamixel AX12. The task of the actuators is to move towards a horizontal and vertical direction with controls that are used in the process of tracking control is proportional. The results obtained after testing with a range balls ranging from 5 cm to 500 cm, the process of scanning and tracking by finding the value of midpoint coordinates (position) of the object ball can be performed on a resolution of the frame image of 160x120 pixels with a maximum distance that can be identified is 350 cm.

**Keywords:** *Proportional control, scanning and tracking, dynamixel Ax12.*

## **1. Pendahuluan**

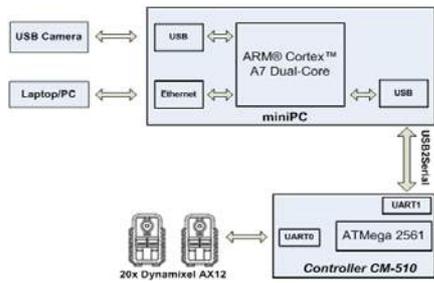
Robot *soccer* merupakan salah satu devisi dari Kontes Robot Indonesia (KRI) yang diselenggarakan setiap tahunnya oleh kemristekdikti. Ada dua jenis robot *soccer* yang dipertandingkan yaitu Kontes Robot Sepak Bola Indonesia (KRSBI) dan Ekshibisi Robot Sepak Bola Beroda (ERSB). Kedua jenis robot tersebut punya tugas yang sama yaitu bermain sepak bola sebagaimana manusia bermain bola. dimana KRSBI adalah robot humanoid (Robot yang menyerupai manusia) sedangkan ERSB sebagai penggerak utamanya adalah Roda. Sensor yang digunakan pada robot *soccer* adalah adalah sama yaitu kamera sebagai input citra yang akan diolah.

Proses *scanning* dan *Tracking* adalah algoritma yang harus dimiliki robot *soccer* untuk bermain bola. Proses *scanning* adalah suatu algoritma untuk menemukan objek yang belum dideteksi sedangkan proses *Tracking* yaitu suatu proses mengikuti jejak dari pergerakan bola dan proses untuk mempertahankan posisi bola berada pada

posisi *center* kamera. Algoritma *Scanning* dan *Tracking* adalah salah satu algoritma yang dimiliki robot *soccer* sebagai pendeteksi untuk memperebutkan bola dan menendang bola ke gawang lawan. Namun pada devisi ERSB, proses *scanning* dan *Tracking* tidak terlalu dibutuhkan karena pada devisi ERSB menggunakan *coach computer*. Dengan kamera *coach computer* yang diletakkan diatas lapangan yang bisa memetakan seluruh lapangan pertandingan.

## **2. Konfigurasi sistem**

Pada penelitian ini secara umum ada dua perancangan, yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).



**Gambar 1. Interkoneksi perangkat keras sistem Tracking dan scanning**

Interkoneksi masing-masing perangkat keras dari satu perangkat ke perangkat lainnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, perangkat kerasnya meliputi : usb webcam, miniPC (*mini personal computer*), controller CM510, aktuator dynamixel AX12 dan laptop.

Adapun penjelasan interkoneksi masing-masing perangkat keras adalah sebagai berikut :

- USB Camera berfungsi untuk mengambil video yang kemudian dikonversi menjadi citra digital. Citra Digital kemudian akan di proses oleh miniPC untuk melakukan proses pengolahan citra dengan bantuan bahasa pemrograman C/C++ dan openCV library. Citra yang dihasilkan dari webcam merupakan citra digital yang selanjutnya akan diproses.
- Untuk menghubungkan laptop ke miniPC yaitu dengan menggunakan kabel jaringan atau yang biasa dikenal dengan kabel UTP.
- Controller CM-510 yang digunakan pada penelitian ini adalah berbasis ATmega2561, dimana pada controller ini terdapat dua jalur komunikasi UART. Pada UART1 digunakan untuk jalur komunikasi controller dengan miniPC. Dimana pada port USB miniPC ditambah dengan USB2Serial converter agar bisa terhubung secara serial dengan UART1 controller CM-510.
- Hasil identifikasi objek yang diproses dalam miniPC akan ditransfer yaitu berupa data nilai posisi dan jarak objek yang dibutuhkan oleh controller CM-510. Sementara pada UART0 digunakan untuk jalur komunikasi controller dengan aktuator dynamixel AX12 dengan mode *half duplex*.

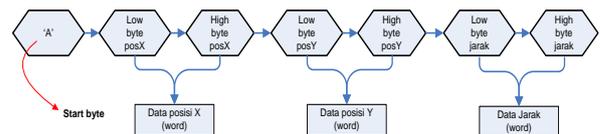
Untuk pengujian dilakukan pada masing-masing bagian sesuai blok diagram. Pengujian ini bertujuan untuk menguji apakah tiap-tiap blok sistem telah sesuai dengan seluruh sistem yang direncanakan. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian:

- Kecepatan capture kamera
- Komunikasi diantara miniPC dengan controller (driver motor)
- Komunikasi diantara controller dengan aktuator dynamixel AX-12.

- Kecepatan processor pada miniPC untuk melakukan proses pengolahan citra dan identifikasi.

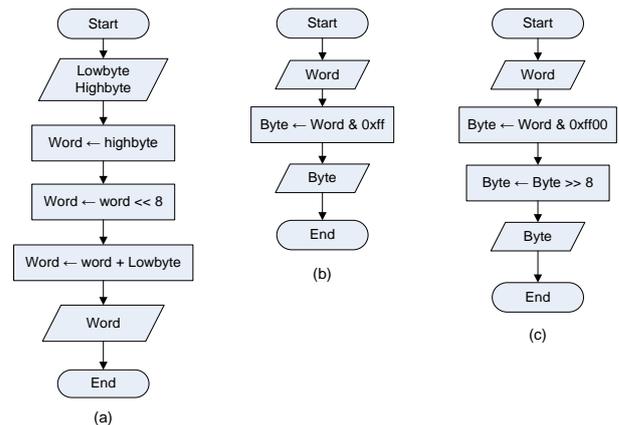
### 3. Komunikasi miniPC dengan Controller CM-510

Hasil identifikasi objek yaitu berupa data posisi (posisi horizontal dan vertikal) dan data jarak objek yang di proses miniPC akan di kirim ke controller CM-510 melalui jalur komunikasi serial (UART). Karena lebar data yang akan dikirim melebihi dari 1 byte (lebih besar dari 255), maka data posisi dan jarak di ekstrak masing-masing menjadi 2 bagian (2 byte) seperti pada Gambar 2. Setelah data diterima di controller CM-510, data tersebut akan di gabungkan kembali dari 2 byte terpisah menjadi data dengan kapasitas 1 word (16 bit). miniPC menjalin komunikasi dengan controller melalui jalur serial asynchronous dengan 8 bit, 1 stop bit dan no parity dengan baudrate 57600bps.



**Gambar 2. Paket data pengiriman menggunakan UART**

Adapun algoritma untuk merubah word menjadi 2 byte dan algoritma untuk menggabungkan 2 byte menjadi word dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Algoritma menggabungkan 2 byte menjadi word. (b)Algoritma mendapatkan nilai low byte dari word. (c)Algoritma mendapatkan high byte dari word**

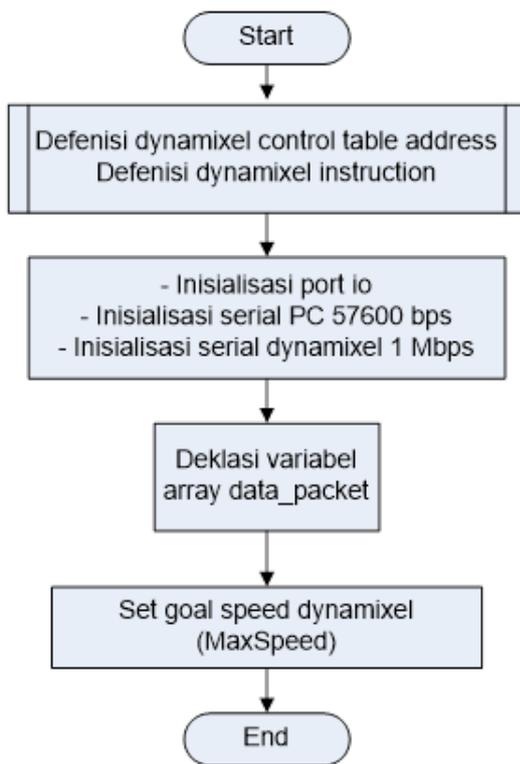
Keterangan :

- Word = 2 byte
- byte = 8 bit
- << = Shift left (geser kiri)
- >> = Shift right (geser kanan)
- & = Operator and

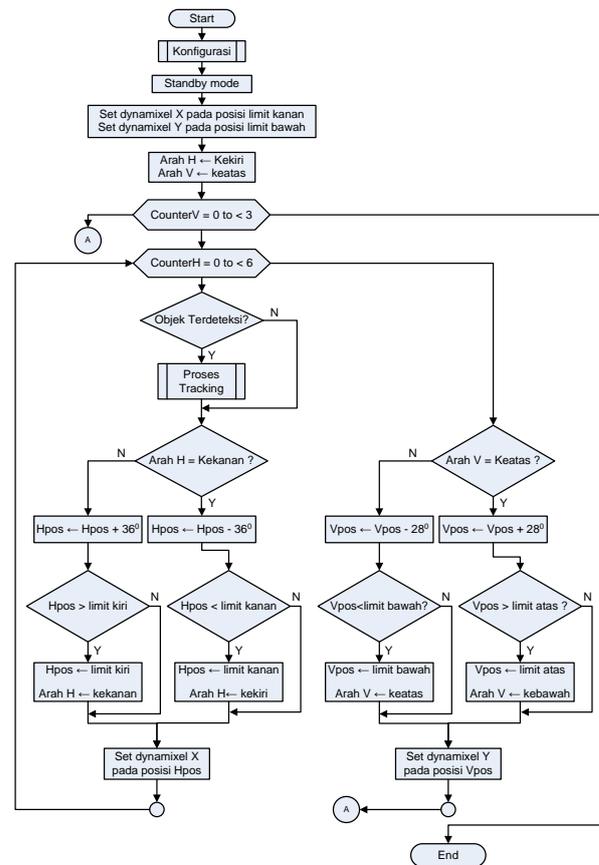


( $centerY > 0$ ), maka aktuatorY akan bergerak keatas. Sebaliknya apabila objek berada di posisi bawah ( $centerY < 0$ ), maka aktuatorY akan bergerak kebawah dan aktuatorY akan berhenti jika sudah berada diposisi tengah vertikal ( $centerY = 0$ ). Jika objek teridentifikasi maka proses *Tracking* ini akan berlangsung terus menerus (*endless loop*) sampai waktu pertandingan selesai.

Langkah pertama pada konfigurasi adalah mendefinisikan semua alamat kontrol dan instruksi set dynamixel AX12, kemudian dilakukan proses inialisasi, baik inialisasi port input\_output, serial PC\_LINK (UART1) yang digunakan untuk komunikasi ke PC dan serial half duplex (UART0) yang digunakan untuk koneksi aktuator dynamixel AX12. Salah satu kerja *controller* CM-510 adalah menerima data posisi objek yang dikirim dari miniPC sehingga perlu di deklarasikan variabel array (*data\_packet*) dengan tipe char untuk menyimpan data serial yang diterima (sebagai *buffer*).



Gambar 6. Konfigurasi sistem



Gambar 7. Algoritma *scanning* untuk *controller* CM-510

Proses berikutnya adalah menentukan *speed\_goal* dan posisi awal aktuator dynamixel AX12, baik untuk pergerakan posisi horizontal (aktuatorX) dan pergerakan posisi vertikal (aktuatorY), posisi awal yang dimaksud disini adalah posisi default secara horizontal dan vertikal yaitu posisi aktuatorX berada pada posisi limit\_kanan, sedangkan aktuatorY berada pada posisi limit\_bawah.

Algoritma *scanning* yang ditunjukkan pada Gambar 5.22 terdapat beberapa variabel dan konstanta, adapun penjelasannya adalah :

Hpos = variabel posisi horizontal.

Vpos = variabel posisi vertikal.

Limit\_kanan = konstanta batas gerak kanan untuk aktuatorX ( $60^0$ ).

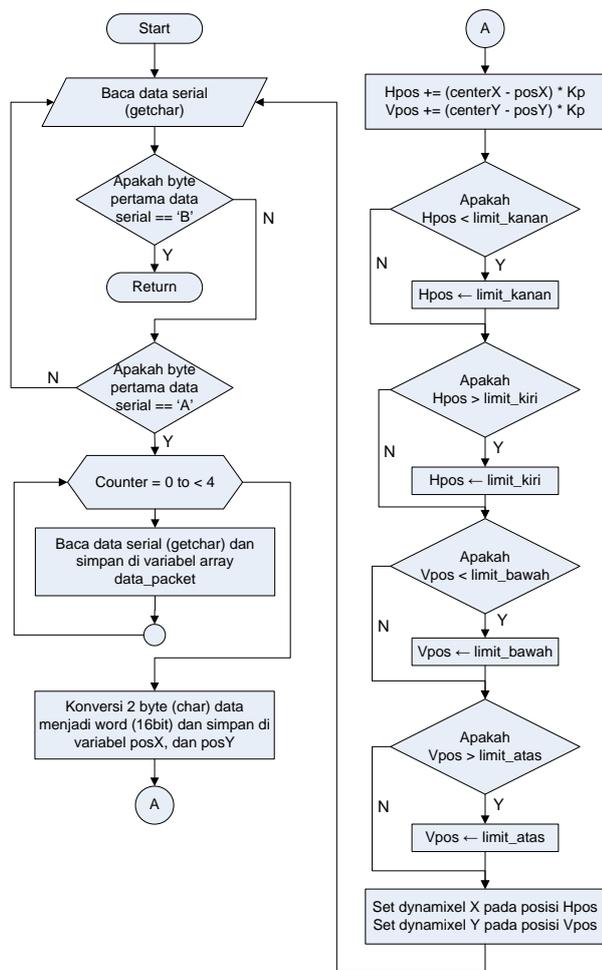
Limit\_kiri = konstanta batas gerak kiri untuk aktuatorX ( $240^0$ ).

Limit\_atas = konstanta batas gerak atas untuk aktuatorY ( $75^0$ ).

Limit\_bawah = konstanta batas gerak bawah untuk aktuatorY ( $142^0$ ).

Arah H = penanda untuk gerakan horizontal (arah kekanan atau kekiri).

Arah V = penanda untuk gerakan vertikal (arah keatas atau kebawah).



Gambar 8. Algoritma controller CM-510 untuk proses Tracking

Setelah konfigurasi sistem, berikutnya adalah memerintahkan robot pada kondisi *standby* (berdiri untuk melakukan *scanning* dan *Tracking*). Sesuai rule standar robot *soccer*, bahwa pergerakan kepala robot (arah pandang) tidak diizinkan melebihi  $180^{\circ}$  pada garis horizontal dan tidak melebihi dari  $90^{\circ}$  pada garis vertikal. Dengan menggunakan 2 aktuator (aktuatorX dan aktuatorY), aktuatorX bergerak  $180^{\circ}$  pada garis horizontal dengan interval sudut gerak  $36^{\circ}$ , sedangkan aktuatorY bergerak pada garis vertikal dengan interval sudut gerak  $28^{\circ}$ . Proses ini akan berlangsung terus menerus sampai objek terdeteksi, setelah objek terdeteksi akan dilakukan proses *Tracking* yaitu algoritma untuk mempertahankan posisi objek berada tetap pada tengah-tengah kamera ( $centerX=0, centerY=0$ ). Dengan demikian, robot dapat menentukan langkah selanjutnya berdasarkan letak objek pada saat itu. Setelah objek teridentifikasi, maka dilanjutkan proses *Tracking* yang diawali dengan membaca data *port* serial, pada penelitian ini menggunakan 7 *byte* data dimana *byte* pertama yang akan dikirim adalah karakter 'A' atau 'B' yang berfungsi sebagai indikator *byte* pertama (*start*

*byte*), sedangkan 6 *byte* berikutnya adalah data posisi horizontal dua *byte*, posisi vertikal 2 *byte* dan data jarak 2 *byte*. Karena data serial hanya bisa dikirim per-*byte*, sementara data posisi yang dikirim dari miniPC adalah tipe integer (2 *byte*) yaitu dengan nilai maksimal data adalah  $640 \times 480$  *pixel*, sehingga data yang dikirim dipisahkan menjadi per-*byte*. Pada saat diterima di controller CM510 data paket perlu digabungkan kembali dari 6 *byte* menjadi 3 *integer* (*word*) yaitu dengan nama variabel *posX* (posisi horizontal) dan *posY* (posisi vertikal) seperti pada Gambar 4. Berikutnya adalah menentukan posisi aktuatorX dan aktuatorY, setelah nilai posisi aktuatorX dan aktuatorY didapatkan, data tersebut perlu di *filter* kembali agar tidak melebihi batas maksimal posisi kiri dan kanan pada aktuatorX begitu juga batas maksimal posisi atas dan bawah pada aktuatorY. Kemudian baru diperintahkan aktuatorX dan aktuatorY untuk bergerak sesuai dengan nilai yang sudah didapatkan. Ada 2 variabel yang dibutuhkan untuk melakukan proses *scanning* dan *Tracking* adalah Hpos dan Vpos. kontrol untuk menentukan nilai Hpos dan Vpos menggunakan metode kontrol *proportional* yaitu :

$$pos = Kp \times error$$

$$error = SP - PV$$

Dimana,

- Pos = posisi (*goal\_position*)
- Kp = konstanta *proportional*
- SP = set point
- PV = proses variabel

*Error* adalah deviasi atau simpangan antara variabel terukur (PV) dengan nilai acuan (SP).

PV yang dimaksud adalah posisi objek yang terukur yaitu pada kasus ini adalah variabel *posX* dan *posY* yang didapatkan dari proses identifikasi dan pencarian titik pusat (*centroid*) objek. Sedangkan SP adalah nilai yang diinginkan, yaitu posisi tengah citra yaitu *centerX* dan *centerY*. Pada *frame*  $160 \times 120$  *pixel*,  $centerX = 80$  dan  $centerY = 60$  Sehingga didapatkan :

$$errorX = (centerX - posX)$$

$$Hpos += Kp \times errorX$$

$$errorY = (centerY - posY)$$

$$Vpos += Kp \times errorY$$

Dimana,

- errorX* = *error* pada posisi X (horizontal)
- Hpos = estimasi posisi horizontal untuk aktuatorX
- errorY* = *error* pada posisi Y (vertikal)
- Hpos = estimasi posisi vertikal untuk aktuatorY.

Pada penelitian ini nilai Kp yang sesuai adalah 0.25 pada *frame*  $160 \times 120$  *pixel*.

Setelah nilai posisi aktuatorX dan aktuatorY didapatkan, data tersebut perlu di-*filter* kembali agar tidak melebihi batas maksimal posisi kiri dan kanan pada aktuatorX,

begitu juga batas maksimal posisi atas dan bawah pada aktuatorY. Kemudian baru diperintahkan aktuatorX dan aktuatorY untuk bergerak sesuai dengan nilai yang sudah didapatkan. Proses *Tracking* dilakukan selama objek masih teridentifikasi dan kembali melakukan proses *scanning* jika objek tidak teridentifikasi.

## 6. Hasil Pengujian *Scanning* dan *Tracking* Bola

Sesuai dengan aturan pertandingan robot *soccer* bahwa gerakan leher (arah pandangan) robot tidak boleh melebihi dari  $180^{\circ}$  arah horizontal, sehingga pada pengujian *Tracking* ini, dilakukan didalam wilayah sudut  $140^{\circ}$ .

Tabel 1. Hasil pengujian *scanning* dan *Tracking* bola pada jarak 5cm- 100cm

No Uji	Jarak		
	5 cm (7,91 <sup>0</sup> )	50 cm (54,24 <sup>0</sup> )	100 cm (72,05 <sup>0</sup> )
1	Berhasil	Berhasil	Berhasil
2	Berhasil	Berhasil	Gagal
3	Gagal	Berhasil	Berhasil
4	Gagal	Berhasil	Berhasil
5	Berhasil	Berhasil	Berhasil

Tabel 2. Hasil pengujian *scanning* dan *Tracking* bola pada jarak 200cm – 350cm

No Uji	Jarak		
	200 cm (77,62 <sup>0</sup> )	300 cm (80,26 <sup>0</sup> )	350 cm (82,02 <sup>0</sup> )
1	Berhasil	Berhasil	Berhasil
2	Berhasil	Berhasil	Gagal
3	Gagal	Berhasil	Berhasil
4	Gagal	Berhasil	Berhasil
5	Berhasil	Berhasil	Berhasil

Hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 1 dan 2, dimana jarak minimal 5 cm dan maksimal 350 cm (jarak di ukur dari kaki robot ke bola) yang masing-masing jarak di uji sebanyak 5 kali. Dari hasil pengujian seperti pada Tabel 1 dan 2, bahwa terjadi banyak kegagalan pada jarak 5 cm dan 350 cm. Penyebab kegagalan pada jarak 5 cm ini dikarenakan citra yang diambil dari kamera terhalang oleh bodi robot. Sedangkan kegagalan pada jarak 350 cm, ini dikarenakan resolusi *frame* citra 160x120 *pixel* belum bisa mendeteksi *pixel* objek (bola) pada jarak jauh, pada pengujian ini memiliki banyak *noise* pada jarak lebih besar dari 350 cm.

## 7. Kesimpulan

Algoritma *scanning* dan *tracking* objek bola dapat dilakukan dengan kontrol *proportional* dengan nilai  $K_p$  0.25 pada resolusi *frame* citra 160x120 *pixel*, sedangkan jarak maksimal yang bisa diidentifikasi adalah 350 cm.

## 8. Daftar Acuan

- [1] M. N. A. Wahab., N. Sivadev and K. Sundaraj. *Target Distance Estimation Using Monocular Vision System for Mobile Robot*. IEEE Conference on Open System (ICOS2011), 2011.
- [2] Anon. *Buku Panduan buku panduan KRCI RoboSoccer Humanoid League 2013 versi 1.0*, Jakarta, 2013.
- [3] Amri. S., Suyono. H., Setyawaty. O. *Identifikasi Warna pada Robot Soccer dengan Color Filtering, k-NN dan Naive Bayes*. Jurnal EECIS Vol.8, No.2, 2014.
- [4] Jatmiko. Wisnu Dkk. *Robotika Teori dan Aplikasi*. Perpustakaan Nasional Fakultas Ilmu Komputer UI. Depok, 2012.

# Perbandingan Estimasi Jarak Bola Berdasarkan Luas Area Bola dan Sudut Pada Robot Soccer

Syaiful Amri<sup>1</sup>

1. Teknik Elektronika, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bengkalis, Sungai Alam, Bengkalis, 28711, Indonesia

E-mail: [syaifulamri@polbeng.ac.id](mailto:syaifulamri@polbeng.ac.id)

## Abstrak

Jarak bola adalah variabel yang sangat penting yang harus diketahui oleh robot *humanoid soccer*, karena dengan mengetahui jarak bola, robot bisa melakukan aksi seperti menendang, menggiring dan melangkah. Objek bola yang telah diidentifikasi melalui proses klasifikasi warna yaitu nilai HSV (*Hue Saturation Value*) yang didapatkan dari hasil konversi nilai RGB citra dengan aksi *scanning* dan *tracking*, selanjutnya dihitung jarak antara kaki robot terhadap bola dengan menggunakan metode mencari diameter bola atau luas area bola (dalam satuan *pixel*) dan dengan menggunakan metode persamaan *trigonometry* berdasarkan sudut motor servo dynamixel. Penentuan jarak bola berdasarkan luas area bola mempunyai rata-rata error estimasi yang lebih kecil (4,05%) dibandingkan dengan berdasarkan diameter bola (4,37%) dan sudut aktuatorY (15,71%).

## Abstract

The distance the ball is the most important variables that must be known by a humanoid robot soccer, because by knowing the distance of the ball, the robot can perform actions such as kicking, driving and walking. Object balls that have been identified through the classification process color value is HSV (Hue Saturation Value) obtained from the conversion of RGB value of the image by the action of scanning and tracking, then calculated the distance between the robot legs to the ball by using the method of searching for the diameter of the ball or the area football (in pixel units) and using trigonometry equations based on the angle Dynamixel servo motors. The determination of the distance the ball based on the area the ball has an average error of estimate is smaller (4.05%) compared to the diameter of the ball by (4.37%) and the angle aktuatorY (15.71%).

**Keywords:** *scanning dan tracking, persamaan trigonometry, segmentasi citra HSV.*

## 1. Pendahuluan

Robot humanoid *soccer* adalah salah satu divisi dari Kontes Robot Indonesia (KRI). Tugas robot ini adalah bermain bola sesuai dengan *rule* standar internasional yang telah ditetapkan organisasi *RoboCup*. Sensor-sensor yang digunakan pada robot *soccer* ini harus merupakan representasi dari indera yang dimiliki oleh manusia. Sensor kamera adalah solusi yang paling tepat untuk memenuhi kebutuhan *vision* ini, dimana sensor kamera ini juga bisa mengenali objek yang lebih spesifik, diantaranya bisa berfungsi untuk mengidentifikasi objek (warna dan bentuk), dan mengukur jarak objek yang merupakan fitur yang penting pada robot *soccer*. Objek yang dimaksud pada robot *soccer* adalah objek-objek yang ada pada lapangan pertandingan robot *soccer* seperti bola, gawang, garis putih, warna lapangan dan robot lawan.

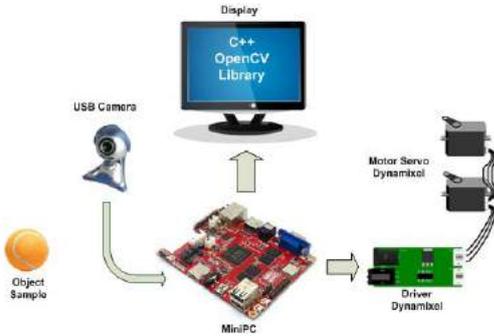
## 2. Block diagram sistem

Perancangan blok diagram sistem identifikasi objek ditunjukkan pada Gambar 1. Sedangkan penjelasannya adalah sebagai berikut :

- *USB Camera* berfungsi untuk mengambil *video* yang kemudian dikonversi menjadi citra digital.
- Citra Digital kemudian akan di proses oleh miniPC untuk melakukan proses pengolahan citra dengan bantuan bahasa pemrograman C/C++ dan *openCV library*. Pada proses ini termasuk juga segmentasi citra berdasarkan warna.
- Dari hasil identifikasi objek tersebut, jika objek teridentifikasi akan dilakukan proses estimasi jarak dan posisi objek, dengan posisi objek yang telah diketahui, miniPC akan memerintah aktuator *dynamixel AX12* untuk bergerak sesuai

dengan posisi objek dengan bergerak horizontal dan vertikal (*scanning* dan *tracking*).

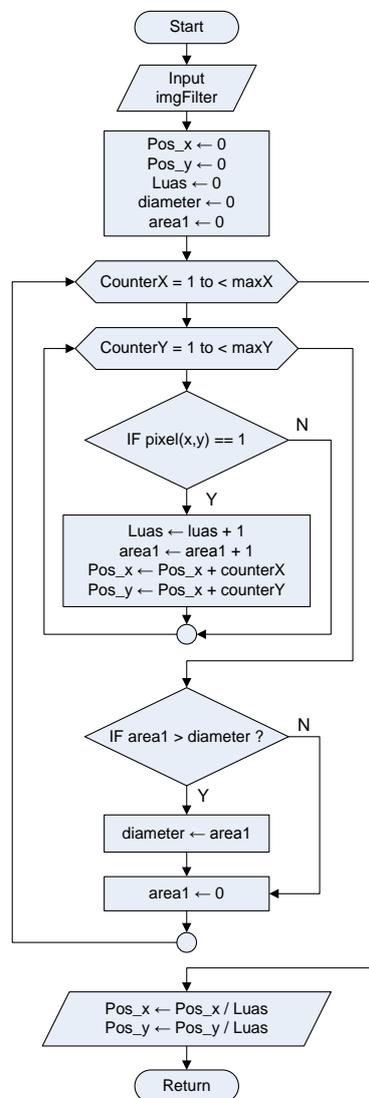
- LCD monitor berfungsi untuk *editing* program dan menampilkan hasil identifikasi.



Gambar 1. Block diagram sistem

### 3. Algoritma Mencari Luas, Diameter dan Moment

Setelah kontur di-filter, proses berikutnya adalah mencari posisi (titik koordinat) objek yaitu dengan mencari pusat massa atau *centroid* dengan menggunakan nilai rerata koordinat setiap *pixel* yang menyusun objek.



Gambar 2. Algoritma mencari posisi koordinat (*moment*) objek

Pada citra biner yang mana  $a_{xy}$  akan bernilai 0 atau 1, *moment* tingkat ke-0 ( $m_{00}$ ) adalah sama dengan area dari

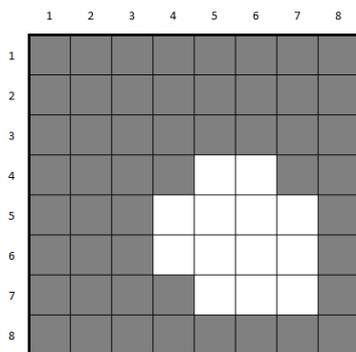
objek. Adapun algoritma untuk mencari *moment* objek ditunjukkan pada *flowchart* Gambar 2.

- counterX = variabel iterasi X (horizontal/kolom).
- counterY = variabel iterasi Y (vertikal/baris).
- maxX = nilai maksimal X (jumlah maksimal kolom).
- maxY = nilai maksimal Y (jumlah maksimal baris).
- Pos\_x = variabel untuk  $m_{10}$ .
- Pos\_y = variabel untuk  $m_{01}$ .
- Luas = variabel untuk menyimpan luas area objek ( $m_{00}$ ).

Pusat dari area atau massa (*centroid*) adalah parameter untuk menyatakan lokasi dari objek. Pusat area dari suatu objek didefinisikan sebagai berikut.

$$x' = \frac{m_{10}}{m_{00}} \text{ dan } y' = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (1)$$

Dimana ( $x'$ ,  $y'$ ) merupakan pusat koordinat dari objek. Pada Gambar 4.30 adalah contoh hasil dari *threshold* yang akan dicari pusat koordinat sehingga akan diketahui lokasi objek pada citra.



Gambar 3. Contoh objek hasil dari segmentasi

Dari Gambar 4.30 dapat dicari luas area, dan koordinat dengan rerata setiap *pixel* yang menyusun objek pada citra.

Tabel 1. Iustrasi menentukan nilai koordinat

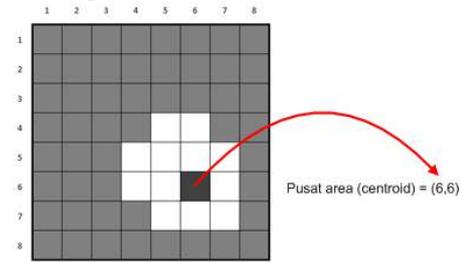
Luas/Area	koordinat <i>pixel</i>		Luas/Area	koordinat <i>pixel</i>	
	x	y		x	y
1	5	4	8	5	6
2	6	4	9	6	6
3	4	5	10	7	6
4	5	5	11	5	7
5	6	5	12	6	7
6	7	5	13	7	7
7	4	6	<b>jumlah</b>	<b>73</b>	<b>73</b>

$$x' = \frac{m_{10}}{m_{00}} \text{ dan } y' = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

$$x' = \frac{73}{13} = 5,6 \rightarrow 6$$

$$y' = \frac{73}{13} = 5,6 \rightarrow 6$$

Sehingga posisi objek pada koordinat *pixel* (6,6) yang diperlihatkan pada Gambar 4.31.



Gambar 4. Contoh titik koordinat objek

#### 4. Estimasi Jarak Bola dengan Segmentasi Color Filtering

Untuk mengkonversi diameter bola (*pixel*) menjadi jarak(cm), maka sebelumnya harus dilakukan pengukuran diameter pada setiap interval jarak antara kaki robot terhadap bola. Pada Tabel 2 ditunjukkan hasil pengukuran diameter bola pada setiap interval 20 cm dengan rentang jarak pengukuran minimal 10 cm dan maksimal 360 cm.

Tabel 1. Hasil pengujian jarak bola dan diameter bola

Jarak (cm)	Diameter ( <i>pixel</i> )
360	8
340	8
320	10
300	10
280	10
260	12
240	14
220	14
200	14
180	18
160	18
140	22
120	24
100	30
80	36
60	44
40	64
20	86
10	96

Dari Tabel 1, dapat dibuat kurva hubungan antara jarak (cm) terhadap diameter bola (*pixel*) seperti pada Gambar 5.

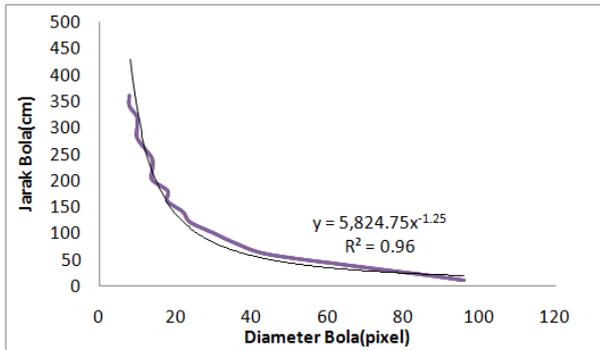
Pada Gambar 5.5 diperlihatkan hubungan jarak bola (cm) terhadap diameter bola (pixel) yang didapatkan dari hasil pengujian tidak linier, akan tetapi dapat digunakan dengan pendekatan power yaitu.

$$y = 5.824,75 x^{-1,25}$$

Dimana,

y : Jarak antara bola dan kaki robot (cm).

x : Diameter bola (pixel)



Gambar 5. Kurva hubungan jarak bola terhadap diameter bola

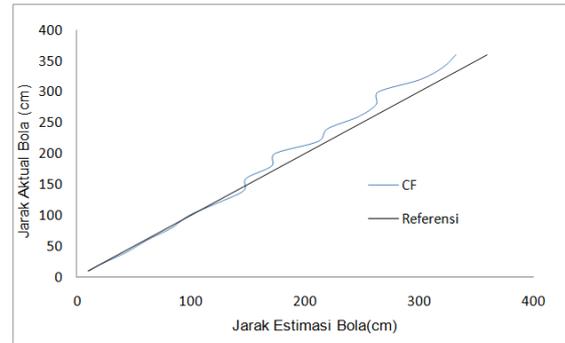
Setelah pendekatan estimasi didapatkan, selanjutnya dilakukan pengukuran jarak berdasarkan diameter bola. Untuk mendapatkan persentase error dapat dicari dengan persamaan.

$$\%error = \frac{Jarak\ aktual - jarak\ estimasi}{jarak\ aktual} \times 100\% \quad (2)$$

Tabel 2. Error estimasi jarak bola

Jarak Aktual (cm)	Jarak Estimasi (cm)	Error (%)
360	332,59	7,61
340	321,37	5,48
320	301,19	5,88
300	264,51	11,83
280	262,92	6,10
260	247,19	4,93
240	219,75	8,44
220	212,09	3,60
200	173,8	13,10
180	171,14	4,92
160	148,72	7,05
140	146,58	4,7
120	123,51	2,93
100	98,69	1,31
80	83,61	4,51
60	61,95	3,25
40	43,45	8,63
20	20,17	0,85
10	10,92	9,2
Rata – Rata Error :		6,02

Dari hasil pengujian seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.4 didapatkan bahwa rata-rata error estimasi berdasarkan diameter bola 6,02 %.



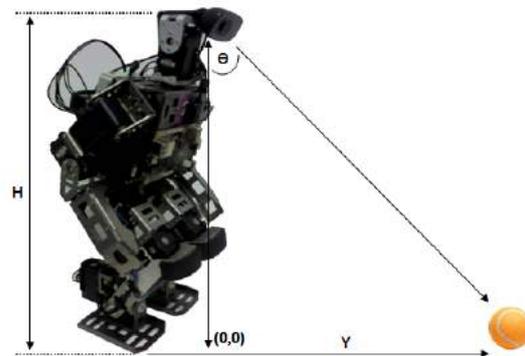
Gambar 6. Kurva error estimasi jarak bola

Rata-rata error estimasi berdasarkan diameter bola dengan segmentasi Color Filtering adalah sebesar 6,02 %. Ini dikarenakan berberapa faktor diantaranya :

- Kurva hubungan jarak terhadap diameter bola tidak sama dengan garis pendekatan power seperti pada Gambar 5.5.
- Error estimasi yang terjadi pada jarak lebih besar dari 120 cm menjadi lebih besar dikarenakan resolusi diameter bola (pixel) sangat kecil rata-rata 2 pixel, bahkan ada yang tidak terjadi perubahan nilai diameter bola pada jarak diatas 120 cm seperti pada Tabel 5.3.
- Hasil segmentasi dengan metode Color Filtering sangat berpengaruh pada tahap kalibrasi dalam menentukan range (nilai minimal dan maksimal) HSV.

### 5. Estimasi Jarak Bola Berdasarkan Sudut AktuatorY

Ada dua cara yang bisa dilakukan untuk mengestimasi jarak bola yaitu berdasarkan sudut aktuatorY, dan berdasarkan luas area atau diameter bola yang dihasilkan dari data percobaan.



Gambar 7. Hubungan sudut aktuatorY terhadap jarak bola

Dengan mengetahui adanya perubahan sudut aktuatorY, maka jarak bola dapat diestimasi seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7.

Dengan menggunakan persamaan trigonometry, sehingga didapatkan.

$$Y = H \tan \theta \quad (3)$$

Y = Jarak antara kaki robot terhadap bola  
 H = Tinggi robot (36 cm)  
 $\Theta$  = Sudut pandang robot terhadap bola (sudut aktuatorY).

Dengan berubahnya jarak bola, maka akan berubah pula sudut pandang robot (aktuatorY). Untuk mengkonversi nilai data aktuatorY menjadi sudut, langkah pertama adalah dengan mengasumsi jarak pengukuran pertama yaitu jarak aktual (40 cm), kemudian didapatkan sudut aktuatorY 48<sup>0</sup> yang di representasikan dengan nilai data 353, sehingga inilah menjadi asumsi pertama untuk mendapatkan sudut aktuatorY yaitu dengan diketahui Y=40cm dan H=36cm sehingga didapatkan sudut acuan pertama yaitu :

$$\tan^{-1} \vartheta = \frac{Y}{H} \tag{4}$$

Setelah sudut acuan didapatkan, berikutnya pada jarak yang berbeda bisa dicari dengan persamaan.

$$\vartheta = \frac{\text{Selisih data}}{kd} + \text{sudut acuan} \tag{5}$$

$\Theta$  = sudut hasil konversi nilai data aktuatorY yang terbaca.

Kd = konstanta data aktuatorY yaitu (3,41/derjat).

Selisih data = nilai data aktuatorY yang terbaca dikurangi data acuan (353).

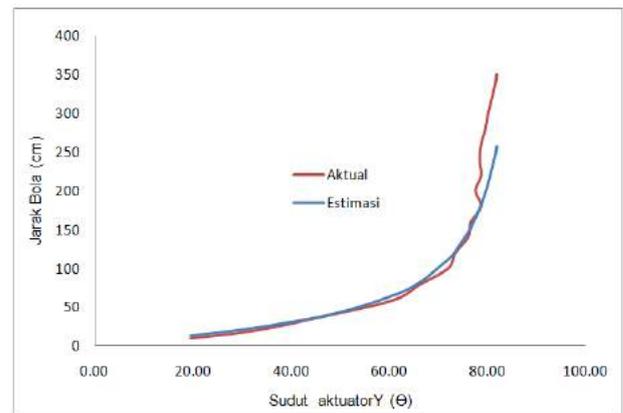
**Tabel 3. Hasil pengujian jarak bola berdasarkan sudut aktuatorY**

Jarak Aktual (cm)	Data AktuatorY	$\Theta$	Jarak Estimasi (cm)	Error (%)
350	469	82,02	256,73	26,65
330	467	81,43	238,92	27,60
300	463	80,26	209,68	30,11
280	461	79,67	197,54	29,45
260	458	78,79	181,68	30,12
240	457	78,50	176,92	26,28
220	458	78,79	181,68	17,42
200	454	77,62	163,99	18,00
180	458	78,79	181,68	0,93
160	451	76,74	152,76	4,53
140	449	76,15	146,04	4,32
120	440	73,51	121,64	1,36
100	435	72,05	111,11	11,11
80	416	66,48	82,70	3,37
60	398	61,20	65,47	9,12
40	353	48,00	39,98	0,04
20	300	32,46	22,90	14,48
10	256	19,55	12,79	27,87
Rata-rata :			15,71	

Dari data pengujian seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3, didapatkan sudut aktuatorY, maka didapatkan jarak estimasi yang kemudian didapatkan error estimasi jarak terhadap jarak aktual. Untuk mendapatkan persentase

nilai error estimasi jarak, dapat menggunakan persamaan 2.

Dari hasil pengujian didapatkan rata-rata error adalah 15,71 %. Pada Gambar 8 diperlihatkan hubungan sudut aktuatorY terhadap jarak estimasi dan jarak aktual.



**Gambar 8. Hubungan jarak bola terhadap sudut aktuatorY dan error estimasi jarak**

Dari kurva pada Gambar 8 dapat disimpulkan bahwa terdapat error estimasi pada jarak lebih besar 180 cm dikarenakan resolusi data sudut aktuatorY pada jarak lebih besar 180 cm sangat kecil seperti pada Tabel 3, bahkan jika dikonversi menjadi sudut tidak melebihi dari 1 derajat, karena 1 derajat sama dengan 3,41 data aktuatorY.

## 6. Kesimpulan

Penentuan jarak bola berdasarkan luas area bola mempunyai rata-rata error estimasi yang lebih kecil (4,05%) dibandingkan dengan berdasarkan diameter bola (4,37%) dan sudut aktuatorY (15,71%).

## Daftar Acuan

- [1] Wahab M. N. A, Sivadev, and K. Sundaraj. Target Distance Estimation Using Monocular Vision System for Mobile Robot . IEEE Conference on Open System (ICOS2011). 2011.
- [2] Jatmiko, Wisnu Dkk. Robotika Teori dan Aplikasi. Perpustakaan Nasional Fakultas Ilmu Komputer UI. Depok. 2012.
- [3] Kadir , Abdul., Susanto, Adhi. Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra, Yogyakarta: Penerbit ANDI. 2013.
- [4] Amri. S., Suyono. H., Setyawaty. O. Identifikasi Warna pada Robot Soccer dengan Color Filtering, k-NN dan Naive Bayes. Jurnal EECIS Vol.8, No.2, 2014.

# **Implementasi Teknologi Pengolahan Air Gambut Menjadi Air Layak Konsumsi Bagi Warga Desa Sungai Alam Kabupaten Bengkalis**

Wan Muhammad Faizal<sup>1</sup>, Johny Custer<sup>2</sup>

1,2. Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis 2865

*Email: wanfaizal@polbeng.ac.id, johny@polbeng.ac.id*

## **Abstrak**

Ketersediaan air bersih yang memenuhi standart minimal air bersih menjadi kendala bagi sebagian besar warga kecamatan Bengkalis, khususnya warga Desa Sei Alam Kecamatan Bengkalis Kabupaten Bengkalis dengan data kependuduk sebanyak 2.525 orang dari 652 kepala keluarga. Sebagian besar warga Desa Sei Alam menggunakan air dengan memanfaatkan air gambur, air sumur bor dan air hujan. Air Gambut dan air sumur bor yang ada belum tentu air tersebut layak dikonsumsi untuk digunakan dalam mencukupi kebutuhan sehari-hari. Dari kondisi yang ada maka dibuat sebuah gagasan membuat program pengabdian masyarakat yaitu untuk mengimplementasikan teknologi pengolahan air gambut menjadi air bersih yang layak dikonsumsi, menggunakan sistem penyaringan makro dan mikro serta dikombinasikan dengan mesin RO (reverse osmosis) yang dikontrol sensor PH untuk mengetahui kualitas PH air yang dihasilkan. Metode yang dilakukan antara lain: 1) Dengan melakukan survei ke warga masyarakat desa sungai alam. 2) Melakukan diskusi dan kerja sama dengan mitra dalam hal ini Poskedes dan Kantor Desa Sungai Alam. 3) Mengadakan dan membuat sistem pengolahan air gambut/air sumur bor serta pengujian laboratorium untuk mengetahui kelayakan air dan jika memenuhi syarat maka akan didistribusikan ke masyarakat. 4) Melakukan sosialisasi ke masyarakat. Analisis kualitas air dapat dilakukan di laboratorium agar teruji secara klinis, sehingga terciptanya instalasi pengolahan air bersih yang memanfaatkan saringan makro, saringan mikro dan mesin RO sebagai filter dan terbentuknya suatu komunitas masyarakat yang peduli dengan hidup bersih dan sehat.

## **Abstract**

The availability of clean drinking water that qualified the minimum standards of clean drinking water be an obstacle for most nitizens of Bengkalis district, especially citizens of Sei Alam vilage of Bengkalis District of Bengkalis regency with a total population data is 2,525 people from 652 households. Most of the Sei Alam citizens use water by utilizing peat water, artesian well water and rainwater. Peat water and artesian well water, the water is not necessarily suitable for consumption for use in their daily. Based on this conditions, then created an idea to make community service program is to implement technology of peat water treatment into clean drinking water for consumption, use a filtering system of macro and micro combined with RO (reverse osmosis) machine controlled by PH censor to determine the quality of PH water is produced. The method implemented that 1) by conducting a survey to Sungai Alam Citizens. 2) discussion and cooperation with partner Poskesdes and Sungai Alam Office. 3) Organize and make the water treatment system of peat water and artesian well water and then laboratory testing to determine the feasibility of water and if eligible, it will be distributed to the citizens. 4) Socialize to citizens. The analysis of water quality can be tested in the laboratory so that clinically tested. so that creating a water treatment installation which utilizes macro filter, micro filter and the Ro machine as a filter and the formation of a community of people who care about clean and healthy living.

**Keyword:** *Macro Filter, micro filter, RO machine.*

## **1. PENDAHULUAN**

Bengkalis merupakan daerah dataran rendah dengan ketinggian rata-rata sekitar 2 sampai 6,1 m dari

permukaan laut. Sebagian besar jenis tanah di pulau bengkalis banyak mengandung bahan organik berupa histosol atau organosol atau gambut. Hal ini mengakibatkan sebagian besar daerah di pulau bengkalis

memiliki air tanah yang kurang bagus (berwarna agak merah kecoklatan) dan tidak layak untuk dikonsumsi oleh masyarakat.

Jumlah air yang layak dikonsumsi saat ini makin lama makin berkurang. Bahkan saat ini, dari seluruh air yang ada di dunia, hanya 1% yang layak minum. Apabila terus menerus mengkonsumsi air yang tidak layak dikonsumsi, maka akan rentan terkena penyakit berbahaya. Data dari USAID tahun 2008, ketersediaan air bersih di Indonesia baru mencapai 49%, dengan separuh penduduk Indonesia masih mengandalkan sumber air minum dari air permukaan, air sumur gali, air sungai, dan air hujan yang tidak terlindungi yang sebagian besar tercemar oleh koli tinja. Dikatakan oleh ahli hidrogeologis Prof. Dr Sari Bahagiarti, jumlah air tawar di bumi hanya 4%, dengan hanya kurang dari 1% adalah air yang bisa dikonsumsi. Karena jumlah air bersih yang makin berkurang, maka kita harus makin berhati-hari dalam menggunakan air yang kita minum atau masak. Selama ini masyarakat Desa Sungai Alam dalam memenuhi kebutuhan air memiliki kebiasaan menampung air hujan (gambar 1.1) pada saat musim hujan dan beralih menggunakan air tanah pada saat musim kemarau. Namun air tanah di Pulau Bengkalis banyak mengandung bahan organik berupa gambut (gambar 1.2). Apabila ditinjau dari ilmu kesehatan, air hujan dan air gambut termasuk air yang tidak layak untuk di minum. Dalam dunia kesehatan penggunaan air hujan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari dapat berdampak buruk bagi kesehatan. Air hujan tidak memiliki kandungan mineral yang lengkap, sehingga bila rutin dikonsumsi dapat mengakibatkan kepadatan gigi kurang sehingga rawan terserang penyakit bahkan sampai gigi keropos. Selain itu kekurangan mineral dalam kandungan air hujan dapat juga mengganggu sistem metabolisme tubuh. Air gambut yang berwarna merah kecoklatan mengandung senyawa organik trihalometan yang bersifat karsinogenik dapat memicu kanker. Selain itu, air gambut mengandung logam besi dan mangan dengan kadar cukup tinggi. Apaliga bila sumber air diambil langsung dari parit (selokan) yang tingkat kebersihan dan kesehatan tidak terjamin.

Air bersih merupakan kebutuhan utama bagi manusia, namun saat ini masih banyak masyarakat Bengkalis pada umumnya dan masyarakat Sungai Alam khususnya kekurangan air bersih yang layak untuk dikonsumsi. Kendala yang dihadapi adalah berupa sistem pengolahan dan penyaluran air serta tingkat kebersihan air itu sendiri. Mahalnya biaya pengadaan infrastruktur dalam penyaluran air bersih juga menjadi faktor penghambat tersedianya air bersih bagi masyarakat. Sumber air bersih untuk kecamatan bengkalis disuplai oleh PDAM. Karena keterbatasan instalasi pipa, air PDAM belum sampai ke daerah sungai alam. Memang PDAM ada menyiapkan 2 unit mobil tangki air untuk membantu masyarakat, masing-masing berkapasitas 5000 liter dan 2000 liter.

Namun 2 unit mobil tangki ini tentu tidak memadai untuk memenuhi kebutuhan air bagi masyarakat Pulau Bengkalis yang terdiri dari Kecamatan Bengkalis dengan jumlah desa sebanyak 31 (tiga puluh satu) desadan Kecamatan Bantan yang berjumlah 23 (dua puluh tiga) desa.

Seperti yang diberitakan "portal berita Info Publik" pada tanggal 16 febuari 2015, membuat berita dengan judul "Masyarakat Pulau Bengkalis Kesulitan Air Bersih". Untuk memenuhi kebutuhan air bersih untuk memasak, masyarakat terpaksa membeli air galon isi ulang seharga Rp 7.000/galon (isi 19 liter), namun dengan penghasilan mayoritas masyarakat dari perkebunan karet yang penghasilan getah tidak seberapa akibat anjloknya harga getah (karet). Salah seorang warga masyarakat menyatakan, "kami benar-benar mengharapkan uluran perhatian pemerintah untuk membantu menyediakan air bersih, jangan sampai menunggu masyarakat terjangkau wabah penyakit kulit seperti yang terjadi pada tahun 2013 lalu. Dari sumber berita online "Potret Terkini.com" di desa Teluk Pambang (ujung pulau Bengkalis) air PDAM untuk ukuran 5.000 liter dijual seharga Rp. 800.000, -. Sedangkan di Desa Sungai Alam air PDAM untuk ukuran 2.000 liter dijual seharga Rp. 100.000,-. Mobil tangki kapasitas besar (5.000 liter) memang khusus untuk melayani daerah radius diatas 20 KM dari pengolahan air PDAM. Kondisi seperti ini jelas tidak baik bagi kesehatan masyarakat. Air bersih yang sehat harus sesuai dengan persyaratan kesehatan yang telah ditetapkan melalui Peraturan Menteri Kesehatan No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air. Pemenuhan kebutuhan air bagi masyarakat diperjelas lagi dalam Undang-undang Kesehatan No. 23 tahun 1992 Ayat 3 terkandung makna bahwa air minum yang dikonsumsi oleh masyarakat harus memenuhi persyaratan kualitas maupun kuantitas. Dilihat dari sudut pandang ilmu kesehatan masyarakat, penyediaan air bersih harus dapat memenuhi kebutuhan masyarakat karena persediaan air bersih yang terbatas dapat memudahkan timbulnya penyakit di masyarakat.



Gambar 1. Penampungan Air Hujan di Rumah Warga



Gambar 2. Salah satu sumber Air Gambut

Kualitas air gambut memiliki kekeruhan rendah, berwarna coklat tua sampai hitam (124 - 850 unit PtCo), kadar organik tinggi (138 - 1560 mg/lit KMnO4), dan bersifat asam (pH 3,7 - 5,3). Data tersebut menunjukkan bahwa sebelum dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber air untuk keperluan masyarakat, air gambut masih memerlukan pengolahan khusus terlebih dahulu. Zat organik pada air gambut didominasi oleh senyawa humat yang bersifat sulit dirombak oleh mikroorganisme atau bersifat nonbiodegradable. Karena keterbatasan pengetahuan masyarakat, kebiasaan mengonsumsi air hujan dan air gambut tidak menjadi permasalahan berarti bagi masyarakat. Bahkan beberapa orang lebih suka mengonsumsi air gambut tersebut dibandingkan dari air mineral kemasan. Hal ini karena faktor tradisi dan masalah rasa atau selera (lidah). Namun kebiasaan ini tentu tidak bisa terus menerus dibiarkan, karena mengonsumsi air hujan dan air gambut yang belum diolah dapat mengakibatkan rentan terhadap penyakit.

**2. METODE PELAKSANAAN**

Pada program Ipteks Bagi Masyarakat (IbM) ini akan dibuat sebuah sistem teknologi pengolahan air gambut menjadi air bersih yang layak dikonsumsi masyarakat, khususnya warga desa Sungai Alam. Dalam melakukan program IbM ini, dilakukan metode pelaksanaan bersama mitra kerja guna memperlancar kegiatan IbM itu sendiri. Pola kerja sama yang dilakukan dengan kedua mitra dalam hal ini Kantor Desa Sungai Alam dan Poskedes (Pos kesehatan desa) Sungai Alam adalah sebagai berikut:

1. Melakukan survei awal dan diskusi  
 Survei awal dan diskusi dilakukan untuk mendapat informasi jumlah penduduk, informasi profil budaya masyarakat tempatan akan hal mengonsumsi air, informasi sumber air baku dan informasi kesehatan masyarakat di Desa Sungai Alam.

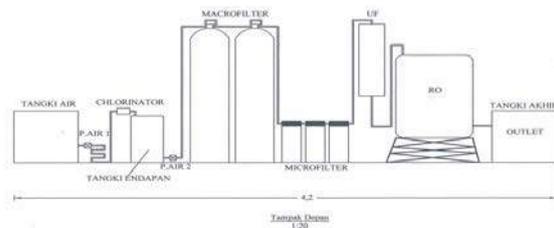


Gambar 3. Kantor Kepala Desa Sei. Alam (Mitra)



Gambar 4. Kantor Poskedes Sei. Alam (Mitra)

2. Pembuatan Alat Pengolahan Air Gambut dan Pengujian Laboratorium  
 Pembuatan alat pengolahan air gambut menjadi air bersih ini akan melibatkan warga yang dikoordinir oleh kepala desa. Keterlibatan warga bertujuan untuk melatih sekaligus belajar bagaimana memelihara dan memperbaiki jika sistem mengalami kerusakan. Alat pengolahan air gambut bersifat permanen dan dipusatkan di kantor desa sungai Alam. Berikut adalah gambar desain dari sistem yang akan dibuat:



Gambar 5. Desain Sistem Pengolahan Air Gambut

3. Sosialisasi Penggunaan Sistem Pengolahan Air Gambut

Sosialisasi kepada warga masyarakat dilakukan bertujuan untuk melatih beberapa warga yang ditunjuk dari kantor kepala desa sungai alam agar dapat memahami menjalankan sistem pengolahan air gambut dan cara memelihara serta cara mmpaerbaiki alat ketika terjadi kerusakan. Pada sosialisasi ini akan dipaparkan tentang cara sehat dalam mengkonsumsi air yang bersih sesuai standar peraturan departemen kesehatan. Dalam melakukan kegiatan sosialisasi ini akan melibatkan mitra (kepala desa dan kepala poskedes).

### 3. HASILDANPEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh selama kegiatan IbM ini adalah menghasilkan produk berupa sistem teknologi pengolahan air gambut/air sumur bor untuk diproses menjadi air bersih. Hasil kegiatan IbM ini sebagai berikut:

#### 3.1 Pembelian Peralatan Utama dan Penunjang



Gambar 6. Filter Makro



Gambar 7. Mesin RO (Reverse Osmosis)



Gambar 8. Filter Mikro

#### 3.2 Pekerjaan Pembuatan Penyangga Tangki Air



Gambar 9. Penyangga Tangki Air

#### 3.3 Pekerjaan Instal Mesin RO (Reverse Osmosis)

Pekerjaan instal mesin RO ini meliputi pemasangan membran yang berjumlah 8 buah. Dilanjutkan dengan setting valve untuk luaran air kotor dengan air bersih.



Gambar 10.a.Instal Mesin RO



**Gambar 10.b. Instal Mesin RO**

### 3.4 Pekerjaan Pemasangan Seluruh Peralatan

Pekerjaan pemasangan ini melibatkan beberapa pemuda tempatan dan dibantu satu orang teknisi. Pemasangan seluruh peralatan ini dimulai dengan pemasangan 2 buah tabung makro filter, dilanjutkan dengan pemasangan 2 buah mikro filter. Seterusnya pemasangan mesin RO, pemasangan pompa air dan terakhir dengan pemasangan panel listrik.



**Gambar 13. Pemasangan Sistem Kelistrikan**



**Gambar 14. Peralatan Utama Sudah Terpasang**



**Gambar 11. Pemasangan Tabung Filter Makro**



**Gambar 14. Pengujian Air Bersih dengan Alat Ukur TDS**



**Gambar 12. Pemasangan Mesin RO**



**Gambar 15. Sumber Air dan Air Bersih yang dihasilkan**

Hasil pengukuran dengan alat ukur TDS menghasilkan kualitas air bersih yang dihasilkan

sebesar 28 TDS. Air bersih ini akan dilakukan pengujian di laboratorium BPOM di Provinsi Riau, sehingga akan menghasilkan air bersih yang layak dikonsumsi sesuai standar kesehatan dan selanjutnya akan didistribusikan ke masyarakat.

#### KESIMPULAN

Kegiatan IbM telah penulis laksanakan, dengan merancang dan membangun sistem pengolahan air gambut/air sumur bor menjadi air bersih, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemasangan sistem teknologi pengolahan air gambut ini sudah sesuai dengan prosedur, sehingga luaran air bersih yang diharapkan dapat diperoleh dengan maksimal.
2. Pemanfaatan air bersih untuk sementara akan digunakan untuk aktivitas di kantor desa Sei. Alam Bengkalis. Untuk masyarakat akan dilakukan sosialisasi dulu dengan melibatkan aparat Kantor Desa Sei Alam dan tenaga Kesehatan dari kantor Polides Sei. Alam Bengkalis
3. Kegiatan IbM ini masih mengalami beberapa kendala, terutama dalam penggunaan bahan kimia dalam tabung mikro filter.
4. Hasil pengukuran dengan alat ukur TDS menghasilkan kualitas air bersih yang dihasilkan sebesar 28 TDS. Air bersih ini akan dilakukan pengujian di laboratorium BPOM di Provinsi Riau, sehingga akan menghasilkan air bersih yang layak dikonsumsi sesuai standar kesehatan dan selanjutnya akan didistribusikan ke masyarakat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Herlambang, dan N.I. Said, 2005, "Aplikasi Teknologi Pengolahan Air Sederhan untuk Masyarakat Pedesaan", 2005, JAI Vol 1, No.2.
- [2]. D. Fitria, S. Notodarmojo, 2007, "Penurunan Warna dan Kandungan Zat Organik Air Gambut dengan Cara Two Stage Coagulation", Jurnal Teknik Lingkungan, Vo.13 No.1, April 2007.
- [3]. Ignasius D.A. Sutapa, 2012, " Kajian Jar Test Koagulasi-Flokulasi Sebagai Dasar Perancangan Instalasi Pengolahan Air Gambut (Ipag) Menjadi Air Bersih", Research Centre For Limnology – Lipi.
- [4]. Iva Rustanti Eri, Wahyono Hadi, 2009, "Kajian Pengolahan Air Gambut Menjadi Air Bersih Dengan Kombinasi Proses Upflow Anaerobic Filter Dan Slow Sand Filter", Tesis, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP- ITS.
- [5]. Kepmenkes. 2002. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907/Menkes/SK/VII/2002.
- [6]. Nusa Idaman Said dan Wahyu Hidayat, 2011, "Teknologi Pengolahan Air Gambut Sederhana", Buku Air Minum Bab 8, BPPT.
- [7]. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air".

# Perancangan dan Simulasi Antena Array Vivaldi $4 \times 4$ Pada Frekuensi *S-Band* Untuk Aplikasi Radar Tiga Dimensi

Nurlaila Safitri<sup>1</sup>, Bambang Setia Nugroho<sup>2</sup> dan Yuyu Wahyu<sup>3</sup>

1,2. Jurusan Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University

Jalan Telekomunikasi Terusan Buah Batu, Bandung, 40257, Indonesia

3. Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI, Bandung

<sup>1</sup>[nurlailasafitri@students.telkomuniversity.ac.id](mailto:nurlailasafitri@students.telkomuniversity.ac.id) <sup>2</sup>[bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id](mailto:bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id) <sup>3</sup>[yuyu@ppet.lipi.go.id](mailto:yuyu@ppet.lipi.go.id)

## Abstrak

*Radio Detection and Ranging* (RADAR) adalah suatu sistem gelombang elektromagnetik yang berguna untuk mendeteksi posisi, mengukur jarak lintasan benda, serta informasi cuaca. Salah satu jenis radar yaitu radar tiga dimensi, radar ini menyediakan informasi objek secara elevasi dan juga azimuth. Pada penelitian ini, telah dirancang antena array yang disusun membentuk susunan persegi dengan ukuran  $4 \times 4$  menggunakan antena vivaldi. Antena ini dirancang dan disimulasikan menggunakan FR-4 sebagai substrat ( $\epsilon_r = 4.35$  dan  $h = 1.6$  mm). Hasil rancangan menghasilkan antena yang berkerja pada frekuensi 2,9 - 3,1 GHz dengan nilai  $VSWR \leq 1.5$ ,  $return\ loss \leq -14$  dB, berpolarisasi linear dan mempunyai pola radiasi unidireksional dengan  $gain \geq 17$  dB. Dengan spesifikasi tersebut antena mampu bekerja dengan baik untuk aplikasi radar tiga dimensi.

## Abstract

Radio Detection and Ranging (RADAR) is a system of electromagnetic waves that are useful for detecting position, measure the distance of the path objects, and weather information. One type of radar that is a three-dimensional radar, these radar provides elevation and azimuth information when scanning objects. In this study, the proposed antenna was designed to form an array with a size of  $4 \times 4$  planar using Vivaldi antenna. The antenna was designed and simulated using FR-4 as the substrate material ( $\epsilon_r = 4.35$  and the  $h = 1.6$  mm). As a result, the proposed antenna works in the S-Band frequencies (2.9 - 3.1 GHz,  $VSWR \leq 1.5$ ,  $return\ loss \leq -14$  dB, have a linear polarization and unidirectional pattern with  $gain \geq 17$  dB. With these specifications, the proposed antenna is capable of working well for three-dimensional radar.

**Keywords:** antenna, array planar, telecommunication, vivaldi

## 1. Pendahuluan

RADAR (*Radio Detecting and Ranging*) adalah suatu sistem gelombang elektromagnetik yang berguna untuk mendeteksi posisi, mengukur jarak lintasan benda, serta informasi cuaca. Salah satu jenis radar yaitu radar tiga dimensi, radar ini merupakan radar yang menyediakan informasi objek secara elevasi dan juga azimuth. Salah satu pendekatan untuk implementasi radar tiga dimensi adalah *single pencil beam* yang berguna untuk memindai objek secara elevasi dengan cepat sehingga mampu mencakup sektor vertikal selama waktu yang dibutuhkan untuk memindai objek secara azimuth [1]. *Single pencil beam* ini dapat tercapai dengan menggunakan antena dengan gain yang besar, sehingga menghasilkan *beam* yang kecil. Antena yang digunakan

untuk aplikasi radar tiga dimensi ini yaitu antena vivaldi. Pemilihan antena ini berdasarkan kelebihan yang dimiliki antena tersebut, antara lain bersifat *ultra wide band*, gain yang besar, *low side lobe*, direktivitas yang tinggi dan mampu memancarkan pola radiasi yang simetris dibidang E dan H [2]. Pada penelitian ini, antena disusun membentuk array planar, kelebihan yang dimiliki oleh susunan ini adalah pengaturan dan pengendalian arah pola radiasi sehingga memberikan pola yang lebih simetris dan *low side lobe* [3]

Output penelitian ini adalah antena array vivaldi  $4 \times 4$  pada frekuensi S-Band untuk penggunaan radar tiga dimensi dan juga sebagai inovasi dalam bidang riset khususnya dalam peningkatan indeks pembangunan

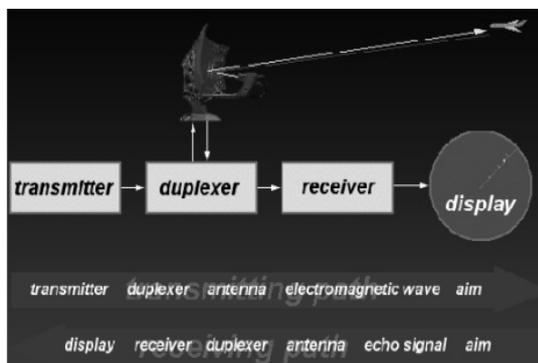
manusia Indonesia melalui peran penelitian teknologi terapan dan berkelanjutan.

## 2. Deskripsi

### 2.1 Radar 3 Dimensi

Radar Tiga Dimensi merupakan radar yang memiliki kemampuan untuk menentukan jarak secara azimuth dan elevasi dalam sekali pemindaian [4]

Pada blok sistem radar terlihat bahwa radar bekerja dengan cara mengirimkan sinyal radio ke udara melalui *transmitter* dan menunggu hingga sinyal tersebut kembali untuk ditangkap oleh *receiver*. Adanya *duplexer* sebagai *switch* alternatif menyebabkan antenna mampu bekerja sebagai *transceiver* dan *receiver* sehingga hanya butuh satu antenna pada radar [5]



Gambar 1 . Blok sistem radar

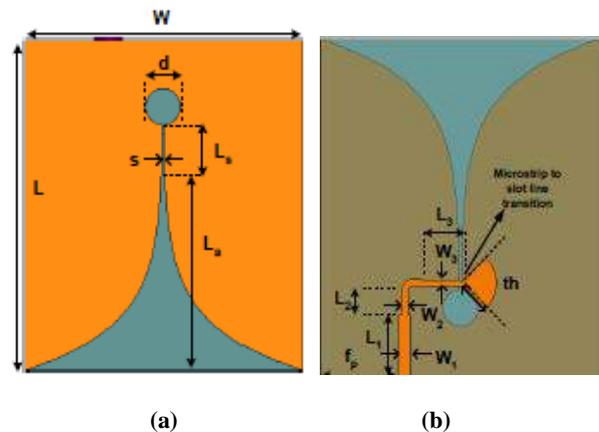
Untuk menjaga keefektifan daya pancar dari antenna terhadap objek yang dituju, maka *beamwidth* antenna harus sekecil mungkin sehingga antenna butuh gain yang besar [4]

### 2.1 Antena Vivaldi

Antena Vivaldi adalah antenna yang banyak digunakan untuk aplikasi radar, antenna ini diciptakan oleh Gibson pada tahun 1979 [6]. Antena Vivaldi memiliki beberapa keuntungan yaitu memiliki pita frekuensi yang lebar, struktur sederhana dan fabrikasi yang mudah. Antena ini juga banyak dipakai untuk pengembangan array karena memiliki dimensi lateral yang kecil dan integrasi yang sederhana [7]. Antena memiliki celah runcing yang dikenal dengan istilah *Tapered Slot Antenna* (TSA) yang menyebabkan antenna memiliki *bandwidth* yang lebar, direktivitas yang tinggi dan mampu memancarkan pola radiasi yang simetris [8].

Untuk mendapatkan dimensi antenna vivaldi dapat menggunakan persamaan eksponensial yang ditunjukkan Pers. (1-3).

$$y(x) = ce^{k_a x} \tag{1}$$



Gambar 2. Struktur Antena Vivaldi (a)depan (b)belakang

Dimana konstanta  $c$  dan nilai pembukaan  $k_a$  adalah :

$$c = \frac{c}{2} \quad ; \quad k_a = \frac{1}{L_a} \ln \left( \frac{W}{s} \right) \tag{2}$$

Selanjutnya dapat dicari panjang dan lebar dimensi antenna vivaldi

$$W = L = \frac{c}{f_0} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \tag{3}$$

Keterangan :

- W : Panjang dimensi antenna
- L : Lebar dimensi antenna
- c : kecepatan cahaya *free space*
- $f_0$  : frekuensi kerja antenna
- $\epsilon_r$  : konstanta dielektrik

### 2.3 Antena Array

Antena array adalah antenna yang terdiri dari beberapa elemen yang saling berhubungan dan diatur dalam struktur yang teratur untuk membentuk menjadi satu antenna. Cara ini dilakukan untuk mendapatkan direktivitas dan gain yang tinggi. Salah satu konfigurasi antenna array adalah array planar yang berbentuk persegi dengan ukuran  $M \times N$ . Kelebihan dari konfigurasi array planar ini adalah pengaturan dan pengendalian arah pola radiasi sehingga memberikan pola yang lebih simetris dan *low side lobe* [3]

### 2.3 Impedance Matching

*Impedance matching* atau penyepadanan impedansi pada saluran transmisi merupakan cara atau teknik yang dipakai untuk menyesuaikan dua impedansi yang tidak

sama, yaitu impedansi karakteristik saluran ( $Z_0$ ) dan impedansi beban ( $Z_{ant}$ ). Untuk mendapatkan kondisi *matching* dilakukan dengan menambahkan transformator  $\lambda/4$  dengan cara memberikan saluran transmisi dengan impedansi  $Z_T$  di antara dua saluran transmisi yang tidak sepadan (*match*). Untuk mendapatkan kondisi yang *match*, impedansi saluran harus dibuat  $Z_{in} = Z_0$  [9]. Untuk memperoleh  $Z_T$  digunakan Pers. (4) dibawah ini

$$Z_T = \sqrt{Z_0 Z_{ant}} \tag{4}$$

Keterangan :

$Z_T$  adalah impedansi transformator  $\lambda/4$ .  
 $Z_0$  adalah impedansi karakteristik 50  $\Omega$ .  
 $Z_{ant}$  adalah impedansi antenna (beban)

### 2.4 Teknik Pencatuan

Teknik pencatuan yang digunakan adalah teknik *microstrip feedline*. Untuk mendapatkan lebar saluran pada antenna dapat menggunakan Pers. (5-10)

$$\frac{W}{A} = \begin{cases} \frac{2e^{2A}}{e^{2A}-2} & \text{for } \frac{W}{A} < 2 \\ \frac{2}{\left[ \frac{1}{2} \left( B-1 - \ln(2B-1) + \frac{e^{-2A}}{2A} (\ln(B-1) + 0,39 - \frac{0,25}{e^{2A}}) \right) \right]} & \text{for } \frac{W}{A} > 2 \end{cases} \tag{5}$$

Dengan nilai A dan B oleh Pers. (6) dan Pers. (7)

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{\epsilon_r+1} \left( 0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right)} \tag{6}$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \tag{7}$$

Adapun rumus untuk menentukan panjang saluran mikrostrip menggunakan Pers. (7-8)

$$L = \frac{1}{4} \lambda_g \tag{8}$$

$$\lambda_g = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_{eff}}} \tag{9}$$

Untuk menghitung konstanta dielektrik efektif ( $\epsilon_{eff}$ ) dapat menggunakan Pers. (9)

$$\epsilon_{eff} = \begin{cases} \left\{ \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[ \frac{1}{1+\frac{12k}{h}} + 0,04 \left( 1 + \frac{W}{h} \right)^2 \right] \right\} ; \text{ untuk } \frac{W}{h} \leq 1 \\ \left\{ \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[ \frac{1}{1+\frac{12k}{h}} \right] \right\} ; \text{ untuk } \frac{W}{h} \geq 1 \end{cases} \tag{10}$$

### 3. Eksperimental

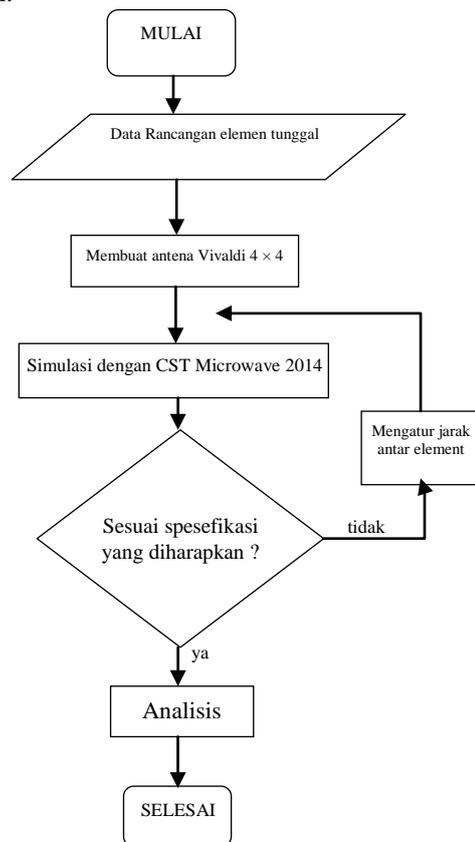
Berikut spesifikasi perancangan antenna array vivaldi 4x4 yang diinginkan :

1. Frekuensi Kerja : *S-Band* (2,9-3,1 GHz)
2. VSWR :  $\leq 1,5$
3. *Return Loss* :  $\leq -14$  dB
4. Pola Radiasi : Unidireksional
5. Gain :  $\geq 17$  dBi
6. Impedansi : 50  $\Omega$  (Konektor SMA)
7. Bandwidth :  $\geq 200$  MHz



Bahan yang digunakan dalam perancangan antenna ini adalah *copper* pada bagian *groundplane*, *patch*, dan *feedline*. *Copper* dengan ketebalan 0,035 mm ini memiliki permitivitas relatif ( $\epsilon_r$ ) yang bernilai 1. Sedangkan pada substrat menggunakan FR-4 dengan ketebalan 1,6 mm per *layer* dengan permitivitas relatif ( $\epsilon_r$ ) sebesar 4,35.

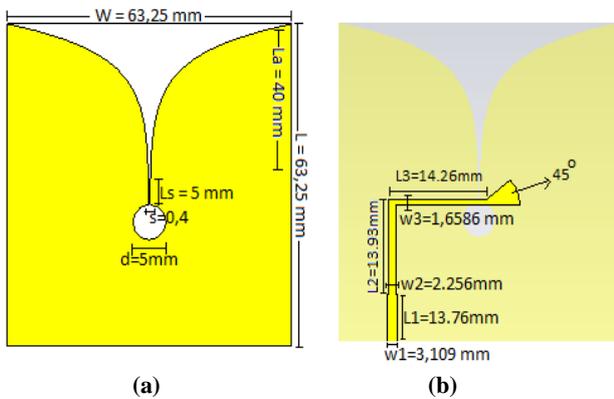
Gambar 3 menunjukkan alur pengerjaan antenna array. Setelah menentukan spesifikasi antenna, selanjutnya melakukan perhitungan menggunakan Pers. (1-10). Langkah selanjutnya adalah mendesain antenna elemen tunggal menggunakan perangkat lunak *CST Microwave Studio 2014* untuk mendapatkan nilai *return loss*  $\leq -14$  dB, jika parameter ini terpenuhi, antenna elemen tunggal disusun membentuk array planar dengan ukuran 4x4, dan melakukan optimasi jika hasil belum sesuai.



Gambar 3. Diagram alir perancangan antenna

### 3.1 Desain dan Simulasi Element Tunggal

Dengan menggunakan Pers. (1-10) dan nilai impedansi pada catuan sebesar 50 Ω, 60 Ω dan 70 Ω maka didapat dimensi antenna seperti pada gambar 4.



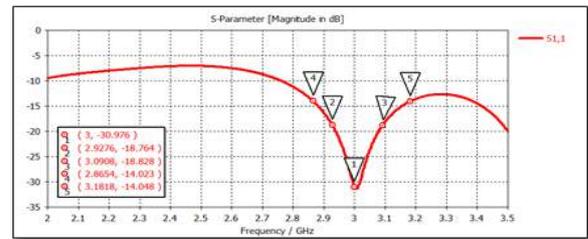
Gambar 4. Dimensi antenna (a) depan (b) belakang

Berdasarkan dimensi antenna yang didapat melalui perhitungan, belum dicapai nilai *return loss* ≤ - 14 dB sehingga perlu dilakukan optimasi seperti tabel 1.

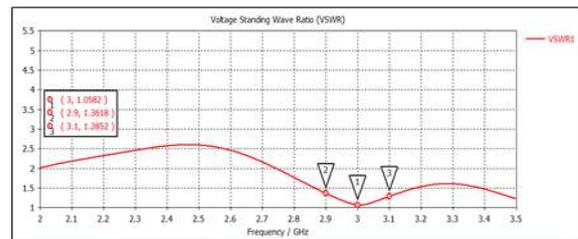
Tabel 1. Dimensi antenna sebelum dan sesudah optimasi

Parameter	Dimensi sebelum optimasi (mm)	Dimensi setelah optimasi (mm)	Keterangan
L	63,25	91	Panjang dimensi
La	40	46	Panjang Kurva
Ls	5	5	Jarak kurva & lingkaran
W	63,25	86	Lebar dimensi
C	d*2	d*2	Lingkaran belakang
D	5	5	Diameter lingkaran
Fp	15	15	Jarak saluran 50 Ω
Hp	0,035	0,035	Tebal patch
Hs	1,6	1,6	Tebal substrat
L1	13.76	13.76	Panjang Saluran 50 Ω
L2	13.93	27	Panjang Saluran 60 Ω
L3	14.26	30	Panjang Saluran 70 Ω
W1	3.109	3.109	Lebar Saluran 50 Ω
W2	2.256	2.256	Lebar Saluran 60 Ω
W3	1.6586	1.6586	Lebar Saluran 70 Ω
s	0.4	0.4	Lebar Gap
x	0.01	0.01	Konstanta pembantu

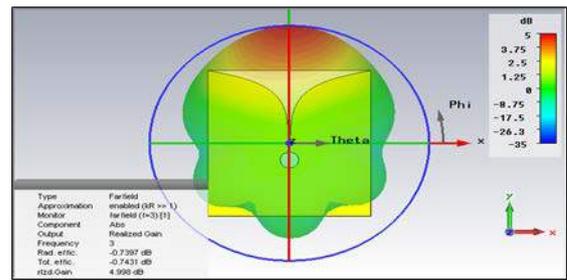
Setelah dilakukan optimasi didapat nilai *return loss* elemen tunggal ≤ - 14 dB dan juga terlihat bahwa pada frekuensi tengah nilai *return loss* didapat sebesar - 30,976 dB dengan nilai VSWR sebesar 1,0582. Dari gambar 6 tersebut juga didapat nilai bandwidth sebesar 316 MHz dengan besarnya gain 5 dB.



Gambar 5. Return Loss elemen tunggal



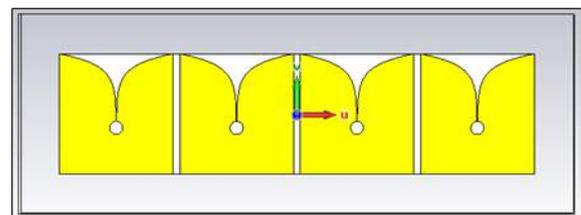
Gambar 6. VSWR elemen tunggal



Gambar 7. Gain elemen tunggal

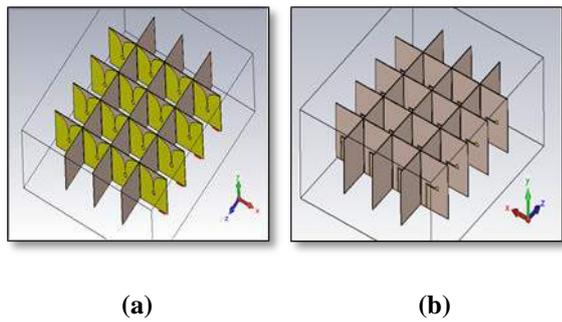
### 3.2 Desain dan Simulasi Antena 4x4

Sebelum mendesain dan mensimulasikan antenna 4x4, dilakukan pensimulasian antenna 1x4 untuk mendapat jarak antar antenna yang optimum. Simulasi antenna dilakukan dengan mengatur jarak antar elemen. Hasil yang optimum didapat dengan jarak sebesar 5 mm.



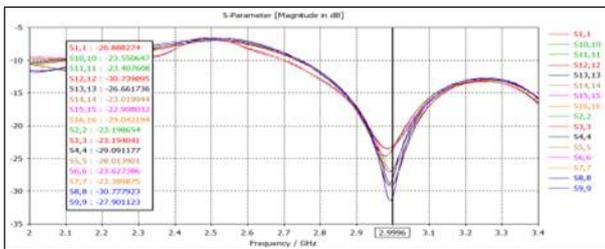
Gambar 8. Antena array 1 x 4

Selanjutnya dilakukan simulasi antenna 4x4 dengan menyusun antenna 1x4 dengan jarak sebesar W = 86 mm

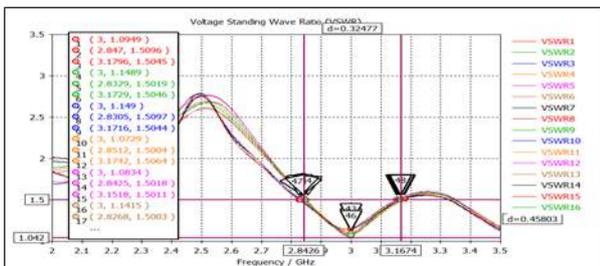


Gambar 9 . Antena 4x4 (a) depan (b) belakang

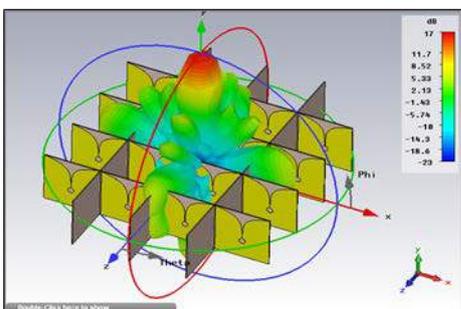
Berdasarkan simulasi didapat nilai  $gain \geq 17$  dB dengan pola radiasi unidireksional,  $return\ loss \leq -14$  dB, polarisasi linear dan  $VSWR \leq 1,5$  yang telah sesuai dengan spesifikasi.



Gambar 10. Return Loss antena 4x4



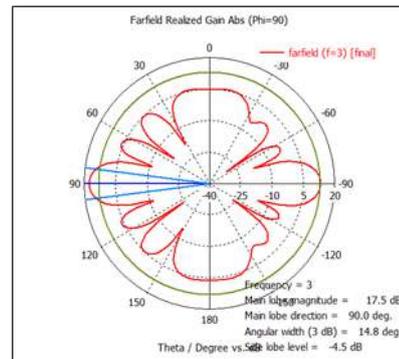
Gambar 11. VSWR antena 4x4



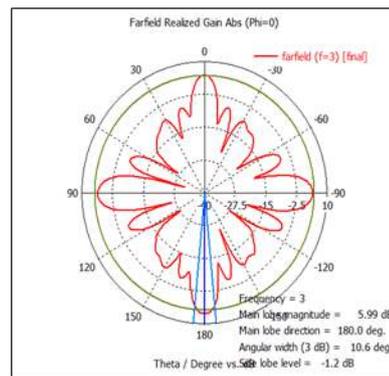
Gambar 12. Gain antena 4x4

Gambar 13 (a) menunjukkan pola radiasi dalam bidang elevasi ( $\phi = 90^\circ$ ) dengan *main lobe direction* terdapat

pada sudut  $90^\circ$  dan HPBW sebesar  $14,8^\circ$ . Sedangkan pada gambar 13 (b) menunjukkan pola radiasi dalam bidang azimuth ( $\phi = 0^\circ$ ) dengan *main lobe direction* terdapat pada sudut  $180^\circ$  dan HPBW sebesar  $10,6^\circ$ . Antena ini juga berpolarisasi linear seperti yang ditunjukkan pada gambar 14

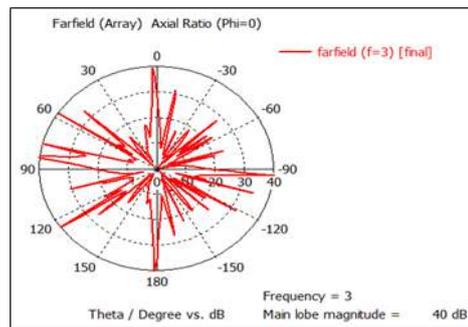


(a)



(b)

Gambar 13. Pola radiasi bidang (a) elevasi (b) azimuth



Gambar 14. Polarisasi antena 4x4

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan proses simulasi menggunakan perangkat lunak didapat hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel 2 dan tabel 3. Nilai yang didapat pada antena array ini ketika frekuensi kerja sebesar 3 GHz.

Tabel 2. Return Loss, VSWR dan Bandwidh

Port	Return Loss (dB)	VSWR	Bandwidh (MHz)
1	-26,878	1,0949	323,7
2	-23,186	1,1489	328,2
3	-23,179	1,149	327,7
4	-29,074	1,0729	315,5
5	-27,956	1,0834	303,5
6	-23,598	1,1415	319,9
7	-23,357	1,1458	315,8
8	-30,713	1,06	303,5
9	-27,843	1,084	303,1
10	-23,52	1,1429	319,6
11	-23,376	1,1455	315,1
12	-30,674	1,06	301,1
13	-26,622	1,09	313,7
14	-23,002	1,1523	331,8
15	-22,98	1,1528	326,5
16	-29,009	1,0735	312,8

Tabel 3. Gain, Pola Radiasi dan Polarisasi

Gain	≥ 17 dB
Pola Radiasi	Unidireksional
Polarisasi	Linear

Pada tabel 3 terlihat bahwa gain antena telah memenuhi spesifikasi yang diharapkan, yakni  $\geq 17$  dB, antena ini berpolarisasi linear dengan pola radiasi unidireksional.

### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dapat diambil kesimpulan bahwa antena array vivaldi  $4 \times 4$  pada frekuensi 2,9 – 3,1 GHz dapat digunakan untuk aplikasi radar tiga dimensi. Hal ini dapat dilihat melalui spesifikasi yang telah terpenuhi yaitu nilai  $VSWR \leq 1.5$ ,  $return\ loss \leq -14$  dB, berpolarisasi linear dan mempunyai pola radiasi unidireksional dengan gain  $\geq 17$  dB.

### Daftar Acuan

[1] S. A. L. a. David K. Barton, Radar Technology Encyclopedia, Boston.London: Artech House, 1998.

[2] G. K. Pandey, H. S. Singh, P. K. Bharti, A. Pandey, and M. K. Meshram, "High Gain Vivaldi Antenna for Radar and Microwave Imaging Applications," *International Journal of Signal Processing Systems*, vol. 3, no. No. 1, pp. 35-39, 2015.

[3] Constantine A. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design Third Edition, Canada: A John Wiley & Sons, INC., Publication, 2005.

[4] Ting Shu, Bin Tang, Min Zhang, Xingzhao Liu, Wenxian Yu, "Advanced digital beamforming technique for target height finding in phased array 3D radar systems," in *IEEE*, Shanghai Jiao Tong University, 2013.

[5] Z. Fatimah, "Perancangan dan Realisasi Antena Phased Array Mikrostrip  $1 \times 4$  X-Band," Telkom University, Bandung, 2015.

[6] Gibson J, "The Vivaldi Aerial," *Proc. the 9th European Microwave Conference*, pp. 101-105, 1979.

[7] A. E. F. Yazhou Wang, "Design of a Compact Tapered Slot Vivaldi Antenna Array for See Through Concrete Wall UWB Applications," EECS Department, University of Tennessee, Knoxville, USA.

[8] Handayani, Indri, "Perancangan dan Realissai Antena Array Vivaldi  $1 \times 8$  pada Frekuensi 2,9 GHz - 3,1 GHz untuk Aplikasi Radar Tiga Dimensi," Telkom University, Bandung, 2016.

[9] Kraus, Jhon D. and Mar. Hefka Ronald D, *Antennas For All Aplication*, New York: McGraw-Hill Book Company, 1988.

[10] Sri Hardiati, Yuyu Wahyu, Raja Patar Silitonga, Heroe Wijanto, "Antena Patch Mikrostrip Triple Band Bercelah Rectangular," in *Prosiding SNTE 2015*, Depok, 2015.

# Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Tanaman Cabai Pada Greenhouse Berbasis Labview

Syafrizal Syarief<sup>1</sup>, William Benelliwod Neparassi<sup>2</sup>, Gendis Anisa Nurwidiana<sup>3</sup>

1,2,3. Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425

E-mail: syafrizal\_pnj@yahoo.com

## Abstrak

Penelitian ini membahas Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Tanaman Cabai pada Greenhouse Berbasis LabVIEW. Setiap tanaman membutuhkan iklim agar dapat tumbuh dengan optimal dan hasil penanaman yang berkualitas. Greenhouse merupakan tempat ideal untuk budidaya berbagai tanaman terutama tanaman cabai. Pada greenhouse digunakan beberapa sensor seperti sensor DHT11 yang berfungsi sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban lingkungan, sensor soil moisture sebagai pendeteksi kelembaban tanah dan penambahan sensor LDR sebagai pendeteksi intensitas cahaya. Menggunakan Mikrokontroler ATmega16 sebagai alat yang dapat mengolah data dari sensor dan menginstruksikan kerja aktuator sebagai pengganti iklim pada greenhouse. Pada greenhouse dengan bentuk miniatur dirancang sebuah sistem monitoring suhu dan kelembaban ruang untuk tanaman cabai. Pemantauan dilakukan pada layar LCD 4x20 karakter dan front panel LabVIEW. Pada LabVIEW terdapat datalogger yang menyimpan data hasil monitoring secara berkala sebagai bahan evaluasi. Perkembangan tanaman cabai pada greenhouse dengan iklim yang sesuai dengan kebutuhannya terbukti lebih optimal seperti lebih tingginya tanaman cabai pada greenhouse dibandingkan dengan tanaman cabai diluar greenhouse. Selisih dari rata-rata tinggi pertumbuhan tanaman cabai di dalam dan di luar greenhouse yaitu 1,15 cm selama empat minggu masa penelitian.

**Kata kunci:** Tanaman Cabai, Greenhouse, Mikrokontroler ATMEGA16, LabVIEW

## 1. Pendahuluan

### Latar Belakang

Tanaman Cabai Rawit merupakan salah satu potensi pertanian yang sangat besar di Indonesia. Produksi cabai rawit tahun 2013 sebesar 0,714 juta ton, mengalami kenaikan sebanyak 11,25 ribu ton (1,60persen) dibandingkan tahun 2012. Setiap tanaman membutuhkan suhu dan kelembaban tertentu. Tanaman Cabai Rawit membutuhkan kelembaban tanah berkisar 60-80% dan suhu 18°-30° supaya dapat tumbuh optimal. (Cahyono, B. 2013).

Perubahan iklim lingkungan yang tidak menentu dapat mengganggu produktifitas pertumbuhan tanaman dan menjadikan tanaman berkualitas rendah. Untuk itu diperlukan perancangan suatu sistem pada sebuah bangunan berupa *greenhouse* yang dapat mengendalikan iklim di dalamnya sehingga sesuai dengan kebutuhan tumbuh kembang tanaman cabai. Pada *greenhouse* juga diperlukan perancangan suatu sistem pemantauan nilai suhu dan kelembaban. Pemantauan dilakukan pada layar LCD 4x20 karakter dan *fort panel software* LabVIEW 2013.

### Tujuan dan Manfaat

- Menjadikan tanaman cabai di Indonesia yang berkualitas dan dapat diproduksi tanpa melihat kondisi musim.
- Mengintegrasikan dan menguji coba sistem *Greenhouse* dengan dalam bentuk prototype.
- Memonitoring suhu dan kelembaban ruangan serta kelembaban tanah menggunakan teknologi modern.

### Permasalahan Teori

- Menggunakan beberapa sensor dan mikrokontroler sebagai pendeteksi dan pengendalian iklim pada *greenhouse* dengan aktuator.
- Membuat sistem pemantauan suhu dan kelembaban *greenhouse* menggunakan LabVIEW 2013

## 2. Metode Penelitian

Agar penelitian ini selesai sesuai dengan yang diharapkan, maka dalam pelaksanaannya digunakan

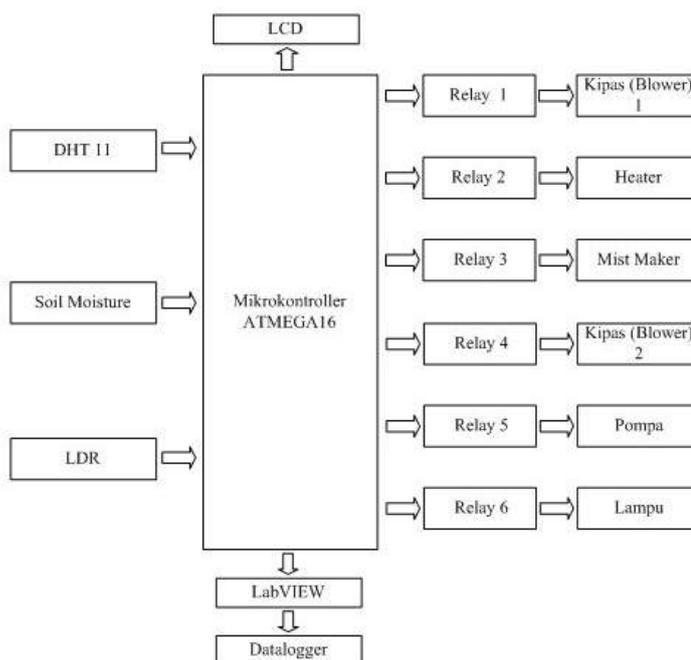
metode sebagai berikut :

- a. Membuat rancangan *prototype* dan komponen-komponen yang dibutuhkan seperti Sensor DHT11, Sensor *Soil moisture*, Pompa Air, *Mist Maker*, *Heater* dan *Blower* yang dihubungkan dengan Mikrokontroler ATMEGA16 pada modul minimum sistem.
- b. Membuat rancangan program pengendali.
- c. Membuat rancangan aplikasi program.
- d. Membuat program pendukung butir C. Untuk

mengatasi hasil tersebut maka diperlukan beberapa strategi yaitu :

1. Mencari literatur yang berkaitan dengan sistem kerja alat.
2. Gunakan sumber daya yang mudah didapat.
3. Melakukan konsultasi dan diskusi dengan anggota kelompok maupun dosen pembimbing untuk mencari solusi yang tepat dalam mengatasi kendala yang terjadi.
- e. Uji kinerja dan penyempurnaan alat.

### Diagram Blok Sistem



Gambar 1 Diagram Blok

Pada gambar 1 terlihat bahwa input data dari beberapa sensor yaitu sensor DHT11, sensor *soil moisture* dan sensor LDR akan diproses oleh Mikrokontroler ATMEGA16. Selanjutnya output berupa beberapa aktuator akan bekerja sesuai instruksi mikrokontroler. Nilai data yang di hasilkan oleh sensor kemudian ditampilkan pada layar LCD *hardware* dan *front panel* LabVIEW. Pada LabVIEW terdapat *datalogger* sebagai penyimpanan data hasil pendeteksian setiap sensor.

- Sensor DHT11 : Mendeteksi suhu dan kelembaban udara didalam *greenhouse*.
- Sensor *Soil Moisture* : Mendeteksi kelembaban tanah pada pot tanaman.
- Sensor LDR : Mendeteksi intensitas cahaya pada ruangan *greenhouse*.
- Mikrokontroler : Input data dari Sensor DHT11, Sensor *Soil Moisture*, ATMEGA16 dan Sensor LDR diproses oleh mikrokontroler yang telah di Program.

- Relay : Saklar otomatis *on/off* untuk output.
- Kipas : Untuk menurunkan suhu didalam *greenhouse*.
- Heater : Untuk menaikkan suhu di dalam *greenhouse*.
- *Mist Maker* : Untuk menaikkan kelembaban ruangan pada *greenhouse*.
- Pompa : Mengaliri air untuk pot tanaman cabai.
- Lampu : Untuk proses fotosintesis.
- LCD : Menampilkan nilai suhu ruangan, kelembaban ruangan dan kelembaban tanah.
- LabVIEW : Menampilkan nilai suhu ruangan, kelembaban ruangan dan kelembaban tanah yang disertakan dengan grafik.
- (Lampiran 1)

### 3. Hasil Dan Pembahasan

Proses akhir dari penelitian ini yaitu pengujian alat. Tujuannya untuk mengetahui proses kerja dan fungsi alat secara keseluruhan. Pengujian dilakukan dengan cara mengambil data dari percobaan untuk mengetahui kinerja dan kekurangan sistem. Dari setiap pengujian tersebut diberikan hasil percobaan dan analisa.

#### Pengujian Suhu di dalam Greenhouse

Pengujian dilakukan pada greenhouse dengan nilai yang ditentukan untuk pertumbuhan tanaman cabai yaitu 23°C -27°C, selama 840 detik dengan pengambilan data setiap 60 detik sekali atau sebanyak 15 kali. Nilai suhu awal yang terdeteksi pada LCD adalah sebesar 28°C dan terdeteksi pada termometer adalah sebesar 29,0°C dengan kondisi kipas dan heater off. Pada akhir detik pengujian, suhu yang terdeteksi pada LCD dan termometer berada pada nilai yang sama yaitu 27°C sehingga kipas dan heater masih dalam kondisi off.

Pengujian juga dilakukan secara manual. Ini bertujuan untuk mengetahui bahwa kerja sistem dan aktuator berfungsi dengan baik. Pada pengujian manual didapatkan saat suhu berada di bawah 23°C atau pada

nilai 22°C kipas off dan heater on, dan saat suhu berada di atas 27°C atau pada nilai 28°C kipas on dan heater off.

#### Pengujian Kelembaban di dalam Greenhouse

Pada pengujian ini nilai yang ditentukan untuk kelembaban udara sebesar 60-80 %. Pengujian dilakukan selama 840 detik dengan pengambilan data setiap 60 detik sekali atau sebanyak 15 kali. Nilai kelembaban awal yang terdeteksi pada LCD adalah sebesar 47% dan terdeteksi pada higrometer adalah sebesar 40% dengan kondisi mist maker on. Pada akhir detik pengujian, kelembaban yang terdeteksi pada LCD berada pada nilai 85% dan pada termometer berada pada nilai 99% dengan kondisi mist maker off. Pada pengujian kelembaban ini didapatkan hasil bahwa:

- Apabila kelembaban bernilai lebih dari 80% maka kondisi mist maker off.
- Apabila kelembaban bernilai kurang dari 80% maka kondisi mist maker on.

#### Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

**Tabel 1 Data hasil pengujian kelembaban tanah**

No	Percobaan	Nilai Soil Moisture Meter	Nilai ADC
1	Percobaan 1 yaitu tanah kering dalam pot tidak diberikan air.	1	1000
2	Percobaan 2 yaitu tanah kering dalam pot diberikan air 20 ml	2	766
3	Percobaan 3 yaitu tanah dalam pot diberikan air 40 ml	5	422
4	Percobaan 4 yaitu tanah kering dalam pot diberikan air 60 ml	6	278

#### Analisa Data Hasil Pengujian Kelembaban Tanah

Pada pengujian ini dilakukan sebanyak 4 kali percobaan dengan memberikan jumlah air yang berbeda pada setiap pot yang sudah disediakan. Pengujian menggunakan soil moisture meter analog yang memiliki range jarum dari 0 sampai 10. Nilai 0 menandakan tanah bersifat kering dan nilai 10 menandakan tanah bersifat basah. Sedangkan ADC yang digunakan adalah 10 bit. Hasil data dari tabel 4.1 terlihat bahwa pada saat percobaan 1 nilai dilakukan, yaitu dengan cara mengukur langsung tanah kering di dalam pot maka didapat nilai pengukuran dari alat ukur soil moisture meter yaitu 1 dan nilai pada ADC pada LCD yaitu 1000.

Pada percobaan 2 dilakukan, yaitu dengan cara memberikan air sebanyak 20 ml pada tanah di dalam pot maka didapat nilai pengukuran dari alat ukur soil moisture meter yaitu 1 dan nilai ADC pada LCD yaitu 766. Pada percobaan 3 dilakukan, yaitu dengan cara memberikan air sebanyak 40 ml pada tanah di dalam pot maka didapat nilai pengukuran dari alat ukur soil moisture meter yaitu 1 dan nilai pada ADC pada LCD yaitu 422.

Selanjutnya, Pada percobaan 4 dilakukan, yaitu dengan cara memberikan air sebanyak 60 ml pada tanah di dalam pot maka didapat nilai pengukuran dari alat ukur soil moisture meter yaitu 1 dan nilai pada ADC pada LCD yaitu 278.

Tabel 2 Hasil Pengukuran pada sensor soil moisture

No	Nilai ADC	Vout Sensor (V)	Arus (A)	Resistansi ( $\Omega$ )
1	1000	4,85	0,00047	10319
2	766	3,7	0,00047	7282
3	422	2,05	0,0103	199
4	278	1,35	0,0104	129

*Greenhouse* menggunakan input sensor *soil moisture* untuk mendeteksi kelembaban tanah. Sensor *soil moisture* bekerja secara resistif. Data yang di dapat dari sensor *soil moisture* menunjukkan bahwa semakin kering tanah maka, semakin besar nilai resistansinya dan semakin basah tanah, maka semakin kecil nilai resistansinya. Saat tanah kering nilai resistansinya yaitu 1.0319  $\Omega$ , arus yang mengalir 0,00047 ampere,

tegangan pada output sensor *soil moisture* sensor 4,85 Volt dan nilai ADC menunjukan 1000. Sedangkan pada saat tanah basah (diberikan air 60 ml) resistansinya yaitu 128  $\Omega$ , arus yang mengalir 0,0104 ampere, dan tegangan pada output sensor *soil moisture* 1,35 volt dan nilai ADC menunjukan 278.

### Hasil Perkembangan Tinggi Tanaman Cabai

Tabel 3 Hasil Perkembangan Tanaman Cabai

No	Tanggal	Tinggi Tanaman Cabai (cm)	
		Di Dalam Greenhouse	Di Luar Greenhouse
	25 Juli 2016	0 cm	0 cm
2	1 Agustus 2016	3,2 cm	2,3 cm
3	8 Agustus 2016	5 cm	3,5 cm
4	15 Agustus 2016	7,4 cm	5,2 cm

### Analisa Data Hasil Perkembangan Tinggi Tanaman Cabai

Penelitian dilaksanakan selama 4 minggu dengan pengambilan data setiap 1 minggu sekali. Tinggi bibit tanaman cabai di dalam *greenhouse* dan di luar *greenhouse* pada minggu pertama adalah 0 cm. Pada minggu keempat tinggi tanaman cabai di dalam

*greenhouse* adalah 7,4 cm, dan tinggi tanaman cabai di luar *greenhouse* adalah 5,2 cm. Jumlah daun pada masing masing pot sebanyak 4 buah. Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa:

- Tanaman cabai di dalam *greenhouse* mengalami pertumbuhan lebih cepat dibandingkan di luar *greenhouse*.

Tabel 4 Selisih tinggi pertumbuhan tanaman cabai di dalam dan di luar greenhouse

Di Dalam Greenhouse (cm)	Di Luar Greenhouse (cm)	Selisih (cm)
0	0	0
3,2	2,3	0,9
5	3,5	1,5
7,4	5,2	2,2
<b>Total</b>		<b>4,6 cm</b>

$$\begin{aligned} \text{rata rata} &= \frac{\text{total selisih tinggi tanaman cabai}}{\text{banyak pengambilan data}} \\ &= \frac{4,6 \text{ cm}}{4} \\ &= 1,15 \text{ cm} \end{aligned}$$

## 4. Kesimpulan

Sistem pemantau suhu dan kelembaban tanaman cabai dapat dibuat dalam bentuk *prototype*. Pada *greenhouse* dapat dilakukan pengendalian iklim yaitu, apabila suhu

kurang dari 18°C maka kipas *off* dan *heater on*, suhu pada 18°C - 30°C maka kipas *off* dan *heater off* dan suhu lebih dari 30°C maka kipas *on* dan *heater off*. Dari hasil data pengujian kelembaban tanah yaitu, semakin kering kondisi tanah maka semakin besar nilai resistansi sensor *soil moisture*, dan semakin basah kondisi tanah maka semakin kecil nilai resistansi sensor *soil moisture*. Hasil dari pemantauan nilai suhu *greenhouse*, kelembaban *greenhouse* dan kelembaban tanah di pot tanaman *greenhouse* menggunakan layar LCD 4x20 karakter dan *front panel* LabVIEW 2013 didapatkan nilai yang sama.

## Ucapan Terimakasih

Dalam proses pelaksanaan penelitian ini penulis mengucapkan terimakasih kepada P3M Politeknik Negeri Jakarta selaku penyandang dana.

## Daftar Pustaka

- [1]. Rachmatullah, M.A. Setiawati, E. dan Tjahaja, P.I. 2015. Penentuan Faktor Transfer dan Grow Value 134Cs dan 60Co pada Tanaman Bunga Matahari (*Helianthus annuus L.*) Dengan Cara Hidroponik untuk Kajian Awal Fitoremediasi. *Young Physics Journal*. Vol. 4, No. 1 : 139-148.
- [2]. Suhendri, Irawan, B. dan Rismawan, T. 2015. Sistem Pengontrolan Kelembaban Tanah Pada Media Tanaman Cabai Rawit Menggunakan Mikrokontroler Atmega 16 dengan Metode PD (Proportional & Derivative). *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*. Vol. 03, No.3 21:29 ISSN: 2338-493X
- [3]. Aditya, M.Y.E dan Wibawanto, H. 2013. Sistem Suhu dan Kelembaban Pada Rumah Berbasis Mikrokontroler Atmega8. *Jurnal Teknik Elektro Vol 5, No.1: 15-17*
- [4]. Mulyono “ Fungsi, manfaat & kegunaan Greenhouse”
- [5]. <http://www.uvplastik99.com/search?q=greenhouse> pada tanggal 15 April 2016 pukul 10.05
- [6]. Prawireddjo, A. dan Iriyanto. 2008. Robot Pengantar Barang Otomatis Berbasis Mikrokontroler AVR Atmega16. *Jetri Vol 8, ISSN 1412-0372 :17-36*
- [7]. Sawidin, S. Melo, O.E. Dan Marsela, T. 2015. Monitoring Kontrol Greenhouse Budidaya Tanaman Bunga Krisan dengan LabView. *JNTETI Vol. 04 No.04 ISSN 2301-4156*
- [8]. Thomson.2016. *International Journal of Greenhouse Gas Control*. ISSN: 1750-5836

# Rekayasa Sistem *Hybrid Solar Water Heater* Dan *Electric Heater* Untuk Efisiensi Pemakaian Listrik Berbasis SCADA

Sila Wardono<sup>1</sup>, Wisnu Hendri Mulyadi<sup>2</sup>, Nuralam<sup>3</sup>

1,2,3. Dosen Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425 Telp/Fax Elektro: ( 021) 7863531, ( 021) 7270036

Email: <sup>1</sup>[sila\\_wardono@yahoo.co.id](mailto:sila_wardono@yahoo.co.id), <sup>2</sup>[mulyadiwisnu@yahoo.co.id](mailto:mulyadiwisnu@yahoo.co.id), <sup>3</sup>[nuralampnj@yahoo.com](mailto:nuralampnj@yahoo.com)

## Abstrak

Saat ini energi terbarukan terus dikembangkan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi energi fosil yang memiliki akibat atau pencemaran yang tinggi bagi lingkungan. Disamping itu energi fosil persediaannya diprediksi kedepan akan semakin menipis. Dengan demikian energi terbarukan yang lebih bersih, murah dan ramah lingkungan lingkungan menjadi mutlak diperlukan. Energi matahari merupakan salah satu energi terbarukan yang terus dikembangkan. Energi matahari memiliki kelebihan antara lain, energi bersih, persediaan melimpah, dapat digunakan didaerah terpencil sekalipun dan dapat dikembangkan sampai tingkat efisiensi tertinggi. Salah satu kegunaan dari pemanfaatan energi matahari adalah sebagai *solar water heater*. *Solar water heater* merupakan alat untuk pemanas air yang memanfaatkan tenaga dari energi matahari. Dalam penelitian ini digunakan sebuah metode rekayasa sistem *hybrid*. Metode ini menggabungkan metode *solar water heater* dan *elektric heater*. Dengan metode ini dihasilkan sebuah hasil yang dapat menghemat dan mengefisienkan pemakaian energi listrik. Dengan penambahan metode *solar water heater* maka pemakaian energi listrik akibat *elektric heater* menjadi berkurang. Pengendalian sistem *hybrid* menggunakan pemrograman PLC dengan desain HMI berbasis SCADA. Software yang digunakan untuk pemrograman PLC adalah CX Programmer dan desain HMI berbasis SCADA menggunakan software CX Designer.

## Abstract

**Hybrid System Engineering Solar Water Heater And Electric Heater For The Efficiency Of Electricity Use-Based Scada.** Currently renewable energy continues to be developed. It is intended to reduce fossil energy has an effect or high pollution to the environment. Besides, predictable supply of fossil energy future will be dwindling. Thus renewable energy that is cleaner, cheaper and environmentally friendly environment becomes absolutely necessary. Solar energy is one renewable energy continues to be developed. Solar energy has advantages, among others, energy is clean, abundant supply, though it can be used in remote areas and can be developed to the highest level of efficiency. One of the uses of solar energy utilization is a solar water heater. Solar water heater is a device for water heaters that utilize energy from solar energy. This study used a method Hybride systems engineering. This method combines the method of solar water heater and Elektric heater. With this method produced a result that can save and efficient use of electrical energy. With the addition method of solar water heater, the electrical energy consumption to be reduced due to Elektric heater. Hybride control system using PLC programming with SCADA-based HMI design. Software used for programming PLCs is CX Programmer and HMI design based SCADA using CX Designer software.

**Key Word :** *Solar Water Heater, Electric Heater, HMI, SCADA*

## 1. Pendahuluan

Pada umumnya untuk memanaskan air dapat dilakukan dengan menggunakan *Heater* Listrik yang memanfaatkan sumber energi listrik menjadi energi panas, dan pembakaran air melalui tungku dan hal ini memerlukan sumber bahan bakar untuk pembakarannya.

Disamping itu, Indonesia merupakan negara tropis yang selalu disinari oleh cahaya matahari sepanjang hari, hal ini merupakan potensi sumber energi yang besar untuk dapat dimanfaatkan. Selain dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik melalui panel sel surya, efek radiasi panas matahari juga dapat dimanfaatkan untuk pemanasan air, sehingga air panas tersebut dapat

dimanfaatkan untuk berbagai keperluan masyarakat dan juga pelaku industri.

Pemanfaatan energi matahari tidak hanya digunakan sebagai energi alternatif melainkan sebagai energi utama untuk menggantikan energi fosil yang cepat atau lambat akan habis, sedangkan energi matahari merupakan sumber energi yang tetap dan mudah didapatkan dan dalam jumlah yang besar. Saat ini, pemanfaatan sumber energi matahari di Indonesia masih belum dimanfaatkan secara optimal untuk kesejahteraan masyarakat dan ketahanan energi, hal tersebut terjadi karena penguasaan teknologi dan biaya investasi yang cukup mahal untuk pemanfaatan sumber energi tersebut.

Energi surya adalah energi yang berupa panas dan cahaya yang dipancarkan matahari. Energi surya (matahari) merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang paling penting. Indonesia mempunyai potensi energi surya yang melimpah. Namun melimpahnya sumber energi surya di Indonesia belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu pemanfaatan energi surya adalah radiasi panas yang dibawa bersama energi cahaya. energi panas yang dihasilkan energi matahari digunakan untuk memanaskan air menjadi air panas yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari, alat yang digunakan mentransformasi energi cahaya menjadi energi panas adalah *Solar Water Heater*.

Pemanas air tenaga surya atau *solar water heater* memiliki berbagai desain dan teknologi, yang pada dasarnya menggunakan energi panas matahari untuk memanaskan air. Pemanas air tenaga surya terdiri dari kolektor surya yang mengumpulkan energi matahari yang memanaskan air, dan tangki penyimpanan terisolasi tempat menyimpan air panas. Energi surya yang diterima kolektor diserap oleh panel *absorber* dan panas tersebut dipindahkan ke pipa di bawah panel yang akan memanaskan air. Air yang telah dipanaskan dikirim ke tangki penyimpanan air panas. Air panas ini kemudian diresirkulasi melalui panel penyerap dan dengan cara ini suhu air akan naik sampai 176 derajat Fahrenheit (80 derajat Celcius) pada hari yang cerah. Seluruh sistem kolektor surya, tangki penyimpanan air panas dan pipa, dikenal sebagai sistem pemanas air tenaga surya. Untuk mengendalikan proses pada *solar water heater* seperti sistem suhu, sirkulasi dan kondisi level air serta mekanisme kerja pemanas air listrik untuk *backup*. Sistem diperlukan alat kendali yang handal agar sistem dapat bekerja secara aman, efisien dan tepat guna.

Salah satu alat kendali yang cocok digunakan dalam pengendalian *solar water heater* adalah dengan PLC. PLC merupakan suatu alat pengontrol sistem secara logika berbasis komputer PC yang menjalankan intruksi-instruksi logika yang dapat melakukan kontrol terhadap rangkaian-rangkaian logika dari input, proses, yang kemudian outputnya dapat melakukan suatu tujuan

tertentu pada aplikasi yang bersifat fisikal yang dapat diatur oleh suatu program dengan efisien, cepat dan handal.

PLC (*programmable logic controller*) yaitu kendali logika terprogram merupakan suatu sistem atau piranti elektronik yang di rancang untuk dapat beroperasi secara digital dengan menggunakan memori sebagai media penyimpanan instruksi-instruksi internal untuk menjalankan fungsi-fungsi logika, seperti fungsi pecacah, fungsi urutan proses (sekuensial), fungsi pewaktu, fungsi aritmatika dan fungsi lainnya dengan cara memprogramnya untuk mengontrol berbagai macam mesin, mengendalikan sistem lampu dan memproses modul masukan atau keluaran baik digital maupun analog. Program-program yang dibuat kemudian dimasukkan dalam PLC melalui programmer atau monitor, pembuatan program dapat menggunakan komputer sehingga dapat mempercepat hasil pekerjaan.

Sistem SCADA adalah suatu metode dalam sistem kontrol, dimana operator dapat melakukan fungsi kontrol (*controlling*), pengawasan (*monitoring*) dan pengambilan serta perekaman data (*data acquisition*) dari sebuah sistem yang sedang bekerja. SCADA dapat difungsikan sebagai sistem yang dapat mengumpulkan informasi atau data-data dari lapangan dan kemudian mengirimkannya ke sebuah komputer sentral yang akan mengatur dan mengontrol data-data tersebut.

SCADA dapat digunakan untuk mengatur berbagai macam peralatan. Biasanya sistem SCADA pada PLC digunakan untuk melakukan proses industri yang kompleks secara otomatis, dapat menggantikan tenaga manusia dan biasanya merupakan proses-proses yang melibatkan faktor-faktor kontrol yang lebih banyak dan berbahaya, serta faktor-faktor kontrol gerakan cepat, dan lain sebagainya. SCADA dapat digunakan dalam aplikasi-aplikasi yang membutuhkan kemudahan dalam pemantauan sekaligus juga pengontrolan, dengan berbagai macam media *interface* dan komunikasi yang tersedia saat ini.

Sebuah sistem SCADA biasanya memiliki perangkat keras sinyal untuk memperoleh dan mengirimkan I/O, kontroler, jaringan, antarmuka pengguna dalam bentuk HMI (*Human Machine Interface*), piranti komunikasi dan beberapa perangkat lunak pendukung. Semua itu menjadi satu sistem, jadi istilah SCADA merujuk pada sistem pusat keseluruhan. Sistem sentral ini biasanya melakukan pemantauan data-data dari berbagai macam sensor di lapangan atau bahkan dari tempat-tempat yang lebih jauh lagi (*remote locations*).

Sistem pemantauan dan kontrol industri biasanya terdiri dari sebuah *host* sentral atau master (biasa dinamakan sebagai *master station*, *master terminal unit* atau MTU), salah satu atau lebih unit-unit pengumpul dan kontrol data lapangan (biasa dinamakan *remote station*, *remoter terminal unit* atau RTU) dan sekumpulan perangkat

lunak standar maupun *customized* yang digunakan untuk memantau dan mengontrol elemen-elemen data di lapangan.

Sistem SCADA mengacu pada kerja PLC, dimana pada PC akan ditunjukkan dan ditampilkan simulasi dan tombol kontrol pada *plant* secara *real-time* dari sistem dengan bantuan perangkat lunak SCADA (dalam hal ini menggunakan program Vijeo Citect). Jadi PC akan memiliki fungsi untuk melakukan *controlling* dan *monitoring plant*. Perangkat lunak SCADA didukung oleh fitur-fitur untuk menampilkan proses dari sistem dengan memanfaatkan *data acquisition*. Sedangkan untuk menghubungkan perangkat lunak SCADA dengan PC agar dapat dikontrol dan diamati oleh operator serta dengan PLC yang bekerja pada *plant*, maka dibutuhkan media komunikasi seperti jalur komunikasi serial pada PC (*serial port PC*)

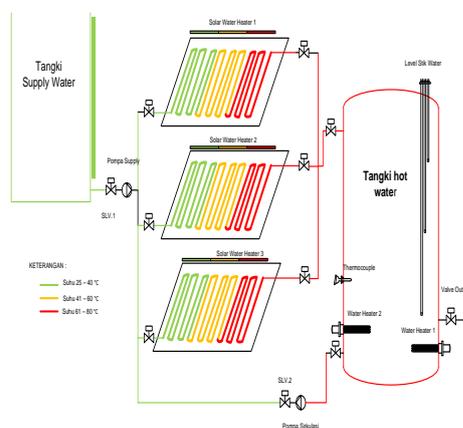
## 2. Metodologi Penelitian

Dalam melakukan penelitian sistem hybrid antara solar water heater dan elektrik water heater berbasis PLC dan SCADA, adalah dengan

1. Merencanakan Lay Out Plant solar water heater
2. Merencanakan deskripsi kerja plant sistem hybrid solar water heater
3. Mendisain Tampilan dalam Visualisasi Sistem SCADA
4. Menentukan Komponen Input dan Output Sistem Hybrid solar water heater
5. Merancang program PLC sesuai dengan deskripsi kerja
6. Mensimulasikan program yang dibuat dengan program simulasi PLC
7. Menghubungkan dengan indikator Input dan output PLC.
8. Mengintegrasikan Software Program PLC dengan Visualisasi Sistem SCADA
9. Mensimulasikan Program SCADA

### 2.1. Lay Out Plant

Layout Plant yang akan disimulasikan adalah seperti gambar berikut :

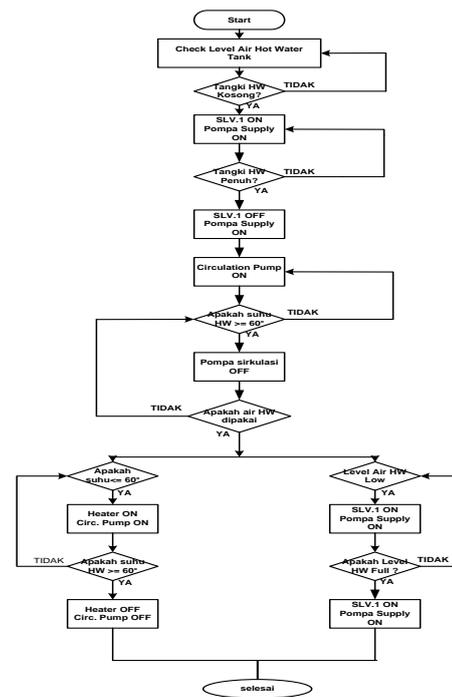


Gambar 1. Lay Out Simulasi Plant

Pada simulasi plant diatas terdapat tangki supply water, tiga unit solar water heater dan sebuah tangki untuk menyimpan air panas hasil pemanasan solar water heater. satu buah pompa sirkulasi untuk mensirkulasi air ke solar water heater sehingga didapatkan panas yang diinginkan. dan pompa supply untuk mensupply air baku

### 2.2 Flow chart diagram sistem solar water heater

Sedangkan untuk deskripsi kerja dari simulasi plant adalah seperti pada flow diagram berikut :

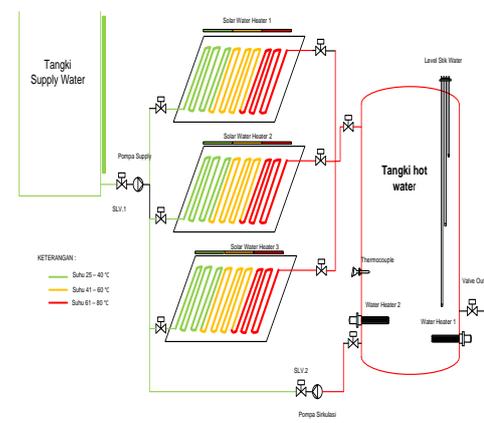


Gambar 2. Flow Chart Diagram Kerja Simulasi

## 3. Hasil dan Pembahasan

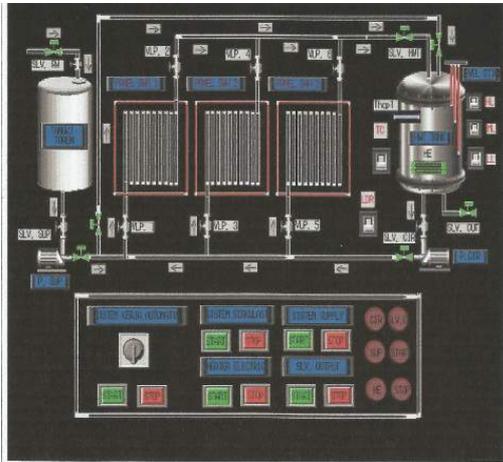
### 3.1. Disain sistem HMI SCADA Solar water heater

Berdasarkan lay out perencanaan sistem hybrid yang telah di design seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 3. Lay out plant simulasi solar water heater

Berdasarkan gambar rancangan disain solar water heater maka dibuat tampilan visualisasi sistem HMI SCADA sistem solar water heater dengan menggunakan bantuan software pemograman CX Designer, sehingga didapat tampilan visualisasi sistem SCADA berikut :



Gambar 4 Tampilan HMI SCADA Solar water heater

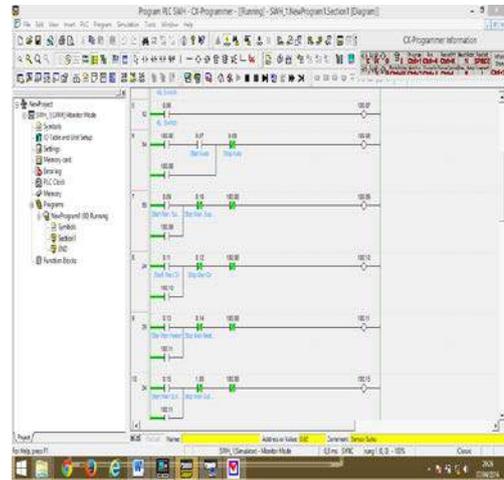
Dari Gambar 4 tampilan HMI SCADA Solar water heater berbasis SCADA terdapat dua tangki utama yaitu :

1. Tangki Supply water yang berfungsi untuk mensupply air dengan suhu ambien temperatur untuk di supply menuju solar water heater.
2. Tangki Hot water yang menampung air hasil pemanasan dari solar water heater. Pada tangki hot water terdapat komponen :
  - Level kontrol yang berfungsi untuk mengendalikan level tangki hot water agar tidak terjadi over capacity dan mencegah agar tangki hot water tidak kosong yang akan mengakibatkan kerusakan pompa sirkulasi
  - Temperatur kontrol untuk mengatur suhu air dalam tangki hot water agar tidak over heating dan mengendalikan pompa sirkulasi
  - Electric Heater berfungsi untuk membantu pemanasan air pada tangki hot water apabila dalam kasus tertentu kebutuhan air panas terlampaui banyak sehingga solar water heater tidak mampu memenuhi kebutuhan air panas
  - Selenoid electric valve yang berfungsi sebagai buka tutup sistem sirkulasi dan distribusi hot water.
3. Pompa supply air berfungsi untuk mensupply air dari tangki raw water menuju tangki hot water melalui solar water heater.
4. Tangki sirkulasi berfungsi untuk mensirkulasi tangki hot water untuk mendapatkan nilai suhu yang di inginkan.
5. Solar water heater alat yang berfungsi untuk mengkonfersi/ menangkap panas matahari yang digunakan untuk memanaskan air di dalam pipa pipa kapiler solar water heater.

6. Operasi sistem solar water heater, merupakan alat yang digunakan untuk mengontrol dan mengoperasikan solar water heater sistem.

**3.2. Simulasi Program PLC**

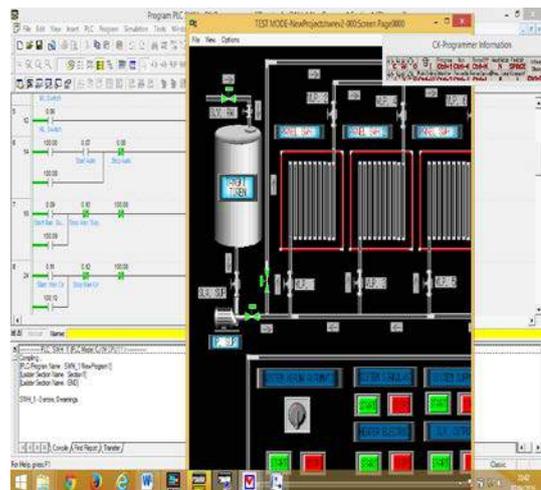
Setelah program dibuat dilakukan pengetesan proses simulasi program PLC seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 5 Simulasi program PLC

**3.3. Integrasi program PLC dan HMI SCADA**

Setelah dilakukan pengetesan program PLC sesuai dengan deskripsi kerja sistem, maka dilakukan intergerasi antara program PLC dengan software pemograman CX-Programmer dengan software HMI SCADA CX-Designer seperti terlihat pada gambar berikut :

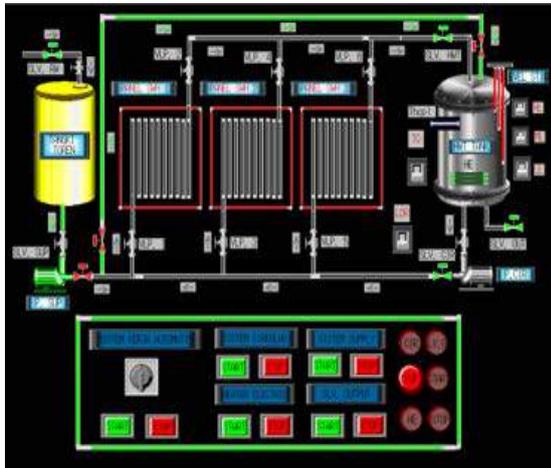


Gambar 6 Integrasi program PLC dan HMI SCADA

Gambar 6 merupakan integrasi sistem program PLC dengan design HMI SCADA, setelah integrasi sukses maka dapat dilanjutkan dengan menganalisa sistem solar water heater secara keseluruhan.

**3.4. Analisa kerja Sistem**

Analisa kerja sistem solar water heater terdiri dari beberapa tahapan proses yaitu proses supply air baku, proses sirkulasi dan proses penggunaan air panas. Seperti terlihat pada gambar berikut :

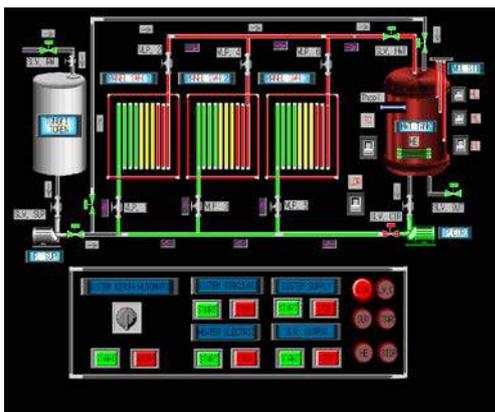


Gambar 7 Sistem Supply Air ke Tangki Hot Water

Gambar 7 merupakan proses pengisian air dari tangki supply menuju tangki hot water. Dengan menekan push button Start maka pompa supply akan bekerja mengisi air dari tangki supply menuju tangki hot water, pengoperasian dilakukan dengan cara manual dengan menggunakan tombol stop sistem supply dan menggunakan otomatis berdasarkan level air pada tangki hot water.

### 3.5. Proses sirkulasi :

Proses sirkulasi merupakan proses pemanasan air dengan menggunakan solar water heater yang di sirkulasi, seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 8 sistem sirkulasi

Gambar 8 merupakan proses sirkulasi, dengan menekan push button ON sistem sirkulasi maka pompa sirkulasi akan bekerja mensirkulasi air dari tangki hot water menuju solar water heater, terjadi pemanasan pada solar water heater dan kembali lagi ke tangki hot water sampai suhu mencapai settingan sesuai dengan yang di inginkan. operasi sistem dapat dinonaktifkan dengan

menekan push botton OFF secara manual atau secara otomatis dengan pengontrolan suhu hot water dengan menggunakan termocouple temperatur kontroller, sehingga apabila suhu air telah mencapai st point maka sistem akan OFF sirkulasi. Pada saat tertentu operasi solar water heater akan dibantu pemanasan air dengan menggunakan elektrik heater apabila penggunaan air panas cukup besar, sehingga solar water heater tidak mampu memanaskan air.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian di atas maka, dapat disimpulkan bahwa sistem rekayasa ini telah berhasil untuk dapat menggabungkan 2 metode antara *solar water heater* dan *electric water heater*. Tujuan dari penggunaan metode *solar water heater* disamping *electric heater* adalah untuk mengurangi penggunaan tenaga listrik, sehingga pemanfaatan energi fosil dapat dikurangi dan pemanfaatan energi terbarukan dapat dioptimalkan dengan tingkat efisiensi yang lebih tinggi. Penelitian ini dapat mensimulasikan sirkulasi air dalam pipa yang terdistribusi dan tersirkulasi menggunakan sistem kendali berbasis pemograman PLC dan HMI berbasis SCADA. Dengan simulasi tadi dapat dilihat sirkulasi air panas dalam pipa dan tanki yang dapat dikendalikan sesuai dengan tingkat efisiensi yang diperlukan.

## Daftar Acuan

- [1]. Zig-zag Collector, manual on the collector solar water heater, Internet.
- [2]. Cariou Jean. "Solar Water Heater, Research Associate Global Energy Network Institute". August 2010.
- [3]. Nosa Andrew Ogie, Ikponmwosa Oghogho, and Julius Jesumirewhe. "Design and Construction of a Solar Water Heater Based on the Thermosyphon Principle". Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications Vol. 3 (2013), Article ID 235592, 8 pages.
- [4]. Solar Water Heater Training, "Solar System Components, Configurations and Operating Principles". Chapter 3
- [5]. Dr. Ashok Gadgil, Howdy Goudey, Jonathan Slack, "Domestic Solar Water Heater for Developing Countries" May 16, 2007
- [6]. [www.belajarplc.com](http://www.belajarplc.com). "CARA MEMBUAT PROGRAM PLC DENGAN SOFTWARE CX PROGRAMMER + CX SIMULATOR DAN CX DESIGNER". 2010.
- [7]. Andryanto1, Anang Tjahjono2, Era Purwanto3. "Rancang bangun Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) pada proses Water Intake dan Water Forwarding di PDAM Karangpilang I SURABAYA" Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – Institut Teknologi Sepuluh November Kampus ITS Sukolilo.

- [8]. Internet. “ Bab I-III Teori dasar Perencanaan sistem SCADA dan PLC Sistem Kartu parkir”. Maret 2015.

# Antena *Microstrip Circular Patch Planar Array* lima Elemen Untuk Jaringan WLAN 2.4 GHz

Triprijoetomo<sup>1</sup>, Angga Septian Cahya<sup>2</sup>

1. Broadband Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, 16425, Indonesia
2. Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, 16425, Indonesia

## Abstrak

Perancangan, realisasi, dan implementasi antena *Microstrip Circular Patch Planar Array* (MCPPA) lima elemen digunakan untuk komunikasi antar titik jaringan. Antena ini beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz yang berfungsi untuk menggantikan antena monopole pada access point. Dengan pergantian itu diharapkan akan meningkatkan kinerja antena. Antena ini terdiri dari lima buah elemen patch yang disusun secara sejajar dan dihubungkan secara corporate melalui saluran pencatu (feed line) dengan menggunakan T junction power divider. Dimensi keseluruhan antena 340x150x1.6 mm dengan bahan substrat FR4 (epoxy) dan memiliki konstanta dielektrik 4.3. Jenis pencatutan yang digunakan adalah pencatutan langsung dengan lebar saluran pencatu yang telah diatur 50 ohm. Antena MCPPA lima elemen yang dibuat memiliki pola radiasi direksional, frekuensi tengah 2.412 GHz dengan return loss -25,446 dB, bandwidth 80 MHz, vswr 1,113. dan gain sebesar 11,059dBi. Sehingga dapat dikatakan bahwa parameter return loss, VSWR, factor pantulan, tersebut cukup memenuhi dari suatu parameter sebuah antena, sehingga layak untuk digunakan dalam implementasi sesungguhnya

## Abstract

The design, realization and implementation of *Circular Microstrip Patch antenna Planar Array* (MCPPA) five elements are used for communication between network points. This antenna operates at a frequency of 2.4 GHz which serves to replace monopole antenna at the access point. By the turn is expected to improve the antenna performance. This antenna consists of five elements of the patch are arranged in parallel and connected corporate through feed line using the T junction power divider. The overall dimension of the antenna 340x150x1,6 mm FR4 substrate material (epoxy) and has a dielectric constant of 4.3. Type rationing is used directly with the channel width feed line preset 50 ohm. Antenna MCPPA five elements are made to have a directional radiation pattern, the center frequency of 2,412 GHz with a return loss of - 25.446 dB bandwidth of 80 MHz, 1,113 VSWR, dan gain of 11,059dBi.

**Keywords :** *Circular Patch Microstrip Planar Array, WLAN 2,4 GHz, FR4, directional*

## 1. PENDAHULUAN

Dunia telekomunikasi sangat berkaitan dengan media pentransmisi data, dimana masih banyak bergantung pada dunia kabel. Namun, dengan kemajuan teknologi dan perkembangan zaman manusia membutuhkan mobilitas dan fleksibilitas yang tinggi sehingga menuntut kepraktisan. Dan teknologi WiFi menjawab kebutuhan tersebut. WiFi atau *Wireless Fidelity* merupakan teknologi jaringan tanpa kabel yang menggunakan frekuensi tinggi. Frekuensi yang digunakan oleh jaringan WiFi berada pada spektrum

2.4 Ghz., pada kenyataannya level sinyal WiFi tidak selalu konstan dengan baik, ini disebabkan karena beberapa faktor, salah satunya adalah *free path loss* dimana level sinyal akan turun apabila menjauhi sumbernya Untuk mengatasi masalah turunnya level sinyal yang mengakibatkan jarak jangkauan *wireless* berkurang, dibutuhkan sebuah antena yang mempunyai gain > +5dBi, return loss < -10 dB, dan VSWR < 1,3. Pembuatan Antena *Microstrip Circular Patch Planar Array* ( MCPPA ) Lima Elemen untuk membuat antena yang lebih baik. Sebelumnya pernah dibuat namun *design* yang berbeda. Antena ini juga dibuat agar

mendapatkan hasil yang optimal yaitu dapat menjangkau area yang sangat jauh dan berkecepatan tinggi.

## 2. Deskripsi Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang berbentuk papan tipis dan mampu bekerja pada frekuensi yang sangat tinggi. Memiliki panjang gelombang dimana, panjang gelombang berhubungan dengan besar atau kecilnya nilai frekuensi. Panjang gelombang dapat dihitung dengan persamaan (1) :

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Dimana:

$\lambda$  = panjang gelombang (m)

$c$  = kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s)

$f$  = frekuensi (Hz)

Selain itu parameter yang tidak kalah penting yaitu *Return loss* adalah ukuran efektivitas dari daya yang dikirim dari saluran transmisi ke sebuah beban seperti antena. Nilai *return loss* dapat dinyatakan melalui persamaan (2):

$$RL = 20 \log \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

Kemudian menargetkan agar bisa mencapai nilai  $VSWR < 2$ . *VSWR* adalah perbandingan antara tegangan maksimum dan minimum pada suatu gelombang berdiri akibat adanya pantulan gelombang yang disebabkan impedansi *input* dengan saluran *feeder* tidak *matching*. *VSWR* dapat dihitung dengan persamaan (3) sebagai berikut:

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

Dimana:

$\Gamma$  = koefisien refleksi

Dengan nilai  $r$  adalah  $0 \leq |\Gamma| \leq 1$ , sehingga nilai *VSWR* adalah  $1 \leq VSWR \leq \infty$

Agar antena mikrostrip memiliki daya pancar yang baik, maka harus mempertimbangkan nilai gain. Pengujian *gain* harus memperhatikan jarak medan jauh antena yang ditentukan dengan persamaan (4) :

$$R > 2 \frac{D^2}{\lambda}$$

Dimana:

$R$  = jarak jauh medan

$D$  = panjang diagonal antena

$\lambda$  = panjang gelombang

Sedangkan untuk besar *gain* antena dapat dihitung dengan persamaan (5)

$$GAUT = PAUT - PRef + GRef + 2,14 \text{ dBi}$$

Dimana:

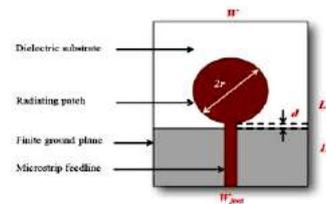
$GAUT$  = *Gain* antena yang diukur (dBi)

$PAUT$  = Daya yang diterima antena yang diukur (dB)

$PRef$  = Daya yang diterima antena referensi (dB)

$GRef$  = *Gain* antena referensi (dB)

Dimensi dari antena MCPA lima Elemen yang sesuai dengan frekuensi yang diinginkan dapat diperoleh dengan persamaan untuk mencari panjang jari-jari dalam *patch* berbentuk *circular* dengan ilustrasi seperti Gambar 1 .



Gambar 1 Bentuk Patch Circular

Panjang jari-jari *patch* dihitung menggunakan persamaan (6) .

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[ \ln \left( \frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}}$$

Nilai  $F$  ditentukan dengan persamaan (7) .

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}}$$

Dimana:

$a$  = jari-jari *patch* (cm)

$F$  = fungsi logaritmik

$h$  = tinggi substrat (cm)

$\epsilon_r$  = permitivitas substrat

$f_r$  = frekuensi kerja antena (MHz)

Selain menghitung *patch* antena, lebar saluran transmisi (*feed line*) juga harus dihitung. Lebar saluran transmisi diperoleh dengan persamaan

$$W_l = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \quad \text{and} \quad W_l = \frac{e^{2A} - 2}{e^{2A} - 2}$$

Dimana:

$$A = \frac{Z_0(\epsilon_r + 1)}{60} \left\{ \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left( 0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right) \right\}^{1/2}$$

### 3. Spesifikasi dan Simulasi Antena Microstrip Patch Planar Array (MCPA) lima elemen

#### 3.1 Spesifikasi Antena

Desain Antena Patch mikrostrip sirkular dalam penelitian ini untuk pengoperasian pada frekuensi 2.412 GHz. Antena ini menggunakan bahan substrat yaitu epoxy FR4 , dengan tebal 1,6 mm , = 4,4 dan dielectric loss tangent( tan) = 0,019. Parameter-parameter dalam spesifikasi teknik dari desain antenna patch mikrostrip sirkular direncanakan sebagai berikut :

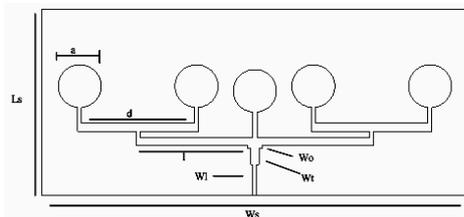
Tabel 1 Spesifikasi Perencanaan

Bentuk Antena	Patch Circular
Frekuensi Kerja	2.412 GHz
Return Loss	< -20
VSWR	< 1.3
Polaradiasi	Unidirectional
Gain	+5 dBi
Substrat	FR4

Antena mikrostrip ini berbentuk Patch sirkular yang terdiri dari 5 Patch dan disusun secara array planar. Desain antenna dimulai dengan menghitung jari-jari fisik dari disk ( sirkular) mikrostrip.

#### 3.2. Desain Antena MCPA

Desain antena Microstrip Circular Patch Planar(MCPA) lima elemen adalah berupa 5 buah patch dan disusun secara array linier dengan satu saluran transmisi ke *ground* seperti pada Gambar 2



Gambar 2 Tampilan rancangan MCPA lima elemen

Setelah daftar spesifikasi antena dan alur pembuatan antena telah ditentukan, langkah selanjutnya adalah menghitung panjang gelombang antena dengan persamaan berikut :

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$f = 2,412 \times 10^9 \text{ Hz}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ Hz}}{2,412 \times 10^9 \text{ m/s}}$$

$$\lambda = 0,1243781 \text{ m} = 124,3781 \text{ mm}$$

Untuk menghitung dimensi *patch* antena MCPA lima Elemen, digunakan persamaan berikut :

$$F = \frac{8.719 \times 10^9}{fr\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{8.719 \times 10^9}{2,412 \times 10^9 \sqrt{4.3}}$$

$$= 1,757627135$$

$$a = \frac{F}{\left( 1 + \frac{2h}{\pi\epsilon_r} \left[ \ln \frac{\pi F}{2h} + 1.776 \right] \right)^{1/2}}$$

$$a = \frac{1,757627135}{\left( 1 + \frac{2(1,6)}{3,14(4,3)} \left[ \ln \frac{3,14(1,757627135)}{2(1,6)} + 1.776 \right] \right)^{1/2}}$$

Jadi, jari-jari dan panjang tiap sisi MCPA lima Elemen adalah 17,5653588 mm.

Lebar saluran transmisi pada antena mikrostrip sangat berpengaruh dengan kondisi *matching* antena. Impedansi saluran transmisi antena mikrostrip harus sesuai dengan impedansi kabel koaksial, yaitu sebesar 50 Ω.

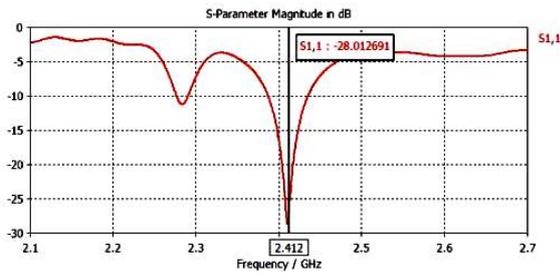
Untuk mendapatkan kondisi *matching* tersebut, dilakukan perhitungan dengan menentukan parameter-parameter perhitungan sebagai berikut:

$$Z_0 = 50 \Omega$$

Tabel 2 Parameter simulasi

Parameter	Panjang (mm)
Panjang Substrat (Ls)	150
Lebar Substrat (Ws)	340
Jari-jari Patch (a)	17,16
W <sub>0</sub>	3,1124
W <sub>T</sub>	5,325
W <sub>L</sub>	6,712
d	59

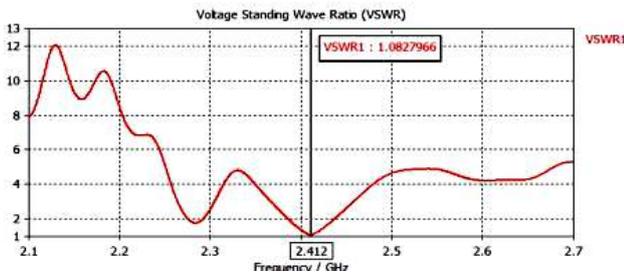
Setelah perubahan parameter selesai dilakukan, didapatkan hasil simulasi akhir *return loss* antena yang dapat dilihat pada Gambar 3 dimana *return loss* terbaik berada tepat difrekuensi kerja yang diinginkan, yaitu frekuensi 2,412GHz.



Gambar 3 Retun Loss Simulasi Akhir

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai *return loss* menjadi lebih baik dibandingkan sebelum dilakukan modifikasi. Walaupun sebelum dioptimasi nilai *return loss* telah < -10 dB yaitu -12,798554dB, tetapi hasil yang didapat belum sesuai dengan spesifikasi rancangan frekuensi kerja 2,412 GHz. Setelah dilakukan modifikasi, frekuensi telah sesuai dengan spesifikasi awal yaitu 2,412 GHz dengan nilai *return loss* yang menjadi lebih baik yaitu -28,012691 dB.

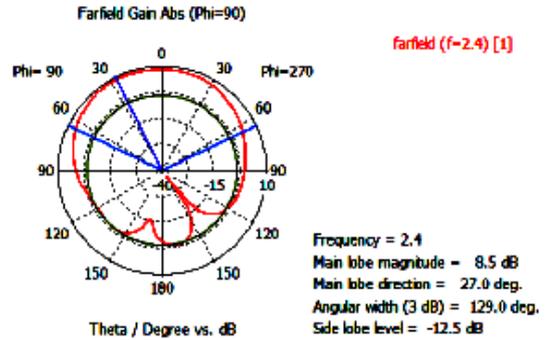
Hasil VSWR setelah dilakukan optimasi dan disimulasikan dapat dilihat pada Gambar 4 dimana VSWR terbaik tepat berada di frekuensi kerja yang diinginkan, yaitu frekuensi 2,412 GHz:



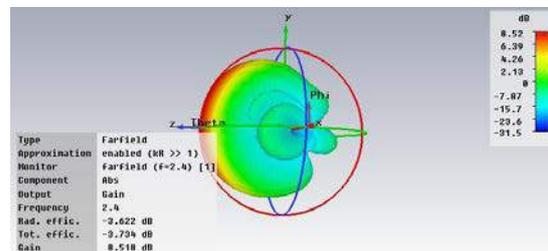
Gambar 4 VSWR Simulasi Akhir

Untuk tampilan polar *gain* antenna setelah optimasi manual dan disimulasikan dapat dilihat pada Gambar 5. Pada Gambar 5 terlihat bahwa HPBW (*angular width*) simulasi akhir adalah 129,0 derajat, lebih besar 0,2 derajat dari simulasi awal. Sedangkan untuk tampilan 3D *gain* antenna setelah optimasi dan disimulasikan dapat dilihat pada Gambar 6, diperoleh gain sebesar 8,518 dB.

Dari hasil optimasi didapatkan hasil simulasi antenna dengan nilai *return loss* -28,012691 dB, VSWR 1,0827996 dan *gain* 8.518 dB. Hasil ini sudah memenuhi nilai spesifikasi awal yang diharapkan.



Gambar 5 Tampilan polar Gain Simulasi Akhir

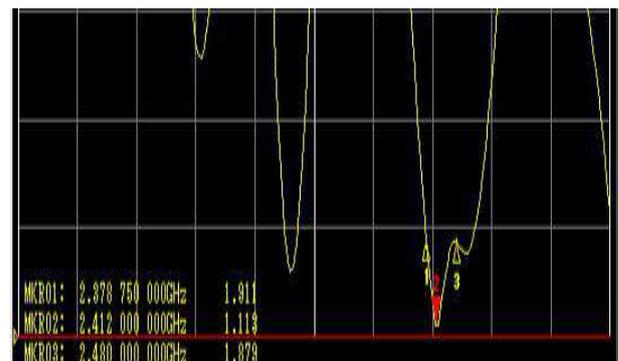


Gambar 6 Tampilan 3D Gain Simulasi Akhir

#### 4. Hasil Pengujian

##### 4.1. Frekuensi Kerja, VSWR, dan Return Loss

Frekuensi kerja antenna didapatkan dari hasil pengujian terhadap VSWR dan *return loss*. Berdasarkan proses pengujian frekuensi kerja, VSWR dan *return loss* yang telah dilakukan di *Network Analyzer*, didapat VSWR seperti Gambar 7.



Gambar 7 Hasil Pengujian VSWR di Network Analyzer

Berdasarkan Gambar 7, titik VSWR terbaik berada di frekuensi 2,412 GHz nilai VSWR sebesar 1,113. Batas bawah VSWR berada pada frekuensi 2,378 GHz dengan nilai 1,911, dan batas atas VSWR berada pada frekuensi 2,480 GHz dengan nilai 1,879 . Hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4.10 dapat diubah dalam

bentuk grafik perbandingan VSWR terhadap frekuensi kerja dalam GHz.

Untuk hasil pengujian *return loss* pada *Network Analyzer* diperlihatkan pada Gambar 8



Gambar 8 Hasil Pengujian *Return Loss* di *Network Analyzer*

Berdasarkan Gambar 8, titik *return loss* terbaik berada di frekuensi 2,412 GHz nilai *return loss* 25,446 dB. Batas bawah VSWR berada pada frekuensi 2,378 GHz dengan nilai - 10,114 dB, dan batas atas VSWR berada pada frekuensi 2,480 GHz dengan nilai -10,298 dB. Hasil pengujian *return loss* juga dapat dilihat Tabel 3 berikut

Tabel 3 *Return Loss*

Frekuensi	Return loss
2,340	-5,17
2,350	-5,98
2,360	-7
2,370	-8,43
2,380	-10,4
2,390	-13,1
2,400	-17,1
2,410	-25,2
2,420	-26,4
2,430	-17,9
2,440	-14,1
2,450	-12
2,460	-10,8
2,470	-10,3
2,480	-10,3
2,490	-10,6

## 4.2. Hasil Pengujian Kuat Sinyal dan *Throughput*

Hasil pengujian kuat sinyal dan *throughput* pada keadaan LOS dan NLOS dilakukan dalam kondisi antenna MCPPA lima elemen sebagai *transmitter* (Tx) dan antenna MTPPA 2x3 elemen sebagai *receiver* (Rx).

Tabel 4 Hasil Kuat Sinyal dan *Throughput*

Jarak	Kuat Sinyal (dB)		Throughput (Mbps)			
	LOS	NLOS	976 MB		1.6GB	
			LOS	NLOS	LOS	NLOS
10	54	40	98,3	94,1	61,1	56,2
20	45	39	94,6	86,4	50,6	49,8
40	40	33	88,9	81,5	50,3	47,0
70	37	31	84,4	78,5	50,0	41,7
110	34	26	66,9	64,5	46,9	35,7

(Antena MCPPA lima elemen = Tx dan Antena MTPPA 2x3 elemen = Rx)

Berdasarkan Tabel 4, kuat sinyal antenna pada jarak terdekat (10 m) adalah 54 dB (LOS) dan 40 (NLOS), dengan *throughput* pada data 916 MB sebesar 98,3Mbps (LOS) dan 94,1Mbps (NLOS) dan *throughput* data 1,6 GB sebesar 61,1 Mbps (LOS) dan 56,2 Mbps (NLOS) . Sementara kuat sinyal antenna pada jarak terjauh (110 m) adalah 34 dB (LOS) dan 26 dB (NLOS), dengan *throughput* data 976 MB sebesar 66,9 Mbps (LOS) dan 64,5 Mbps (NLOS). Begitu juga dengan *throughput* data 1,6 GB sebesar 46,9 Mbps (LOS) dan 35,7Mbps (NLOS).

Tabel 5 Perbandingan kuat sinyal antenna Rancang Bangun dengan antenna *Omnidirectional*

Jenis Antena		Kuat Sinyal (dB)
Tx	Rx	
MCPPA lima elemen	MTPPA 2x3 elemen	25
MCPPA lima elemen	<i>Omnidirectional</i>	23
MTPPA 2x3 elemen	<i>Omnidirectional</i>	22
<i>Omnidirectional</i>	<i>Omnidirectional</i>	19

Berdasarkan Tabel 5, antenna MCPPA lima elemen dan MTPPA 2 x 3 elemen memiliki keunggulan kuat sinyal dibanding antenna *default omnidirectional*. Pengujian tersebut dilakukan pada jarak ± 70 meter untuk mengetahui kualitas sinyal antenna dalam jarak jauh.

Data kuat sinyal dan *throughput* yang diperoleh pada Tabel 4 dapat dikonversi menjadi grafik perbandingan antara kuat sinyal LOS dengan NLOS dan *throughput* LOS dan NLOS dengan bantuan *Microsoft Excel* untuk memudahkan analisa. Grafik perbandingan kuat sinyal dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Perbandingan Kuat Sinyal LOS dan NLOS

Untuk menganalisa perbandingan hasil *throughput* LOS dan NLOS pada data yang berbeda ukuran, data *throughput* yang diperoleh juga dikonversi kedalam grafik menggunakan *Microsoft Excel*. Grafik perbandingan nilai *throughput* LOS dan NLOS pengiriman data dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Perbandingan *Throughput*

Pengujian antenna juga dilakukan dengan melakukan *speedtest* (uji kecepatan) internet dalam satu sumber internet yang sama. Hal ini untuk membandingkan kecepatan *download* dan *upload* antar sistem dengan jenis antenna beragam. Pengujian sendiri dilakukan pada *outdoor* pada jarak 70 m dengan kondisi LOS. Hasil dari pengujian perbandingan kecepatan *download* dan *upload* internet dapat dilihat pada Tabel 6:

Tabel 6 Perbandingan Kecepatan *Download* dan *Upload* Antena Rancang Bangun dengan Antena *Omnidirectional*

Jenis Antena		Kecepatan (Mbps)	
Tx	Rx	Download	Upload
MCPA lima elemen	MTPPA 2x3 elemen	83,01	37,02
MCPA lima elemen	<i>Omnidirectional</i>	57,76	48,59
<i>Omnidirectional</i>	MTPPA 2x3 elemen	51,67	32,56
<i>Omnidirectional</i>	<i>Omnidirectional</i>	48,75	37,02

Berdasarkan Tabel 6, antenna MCPA lima elemen dan antenna MTPPA 2x3 elemen memiliki keunggulan kecepatan *download* lebih tinggi dibanding sistem antenna *default omnidirectional* dengan selisih kecepatan *download* sekitar  $\pm 10$  Mbps.

### 5. Simpulan

Setelah melakukan rancang bangun, pengujian, dan pengujian antenna mikrostrip MCPA lima elemen, dapat diambil kesimpulan, yaitu:

1. Antena MCPA telah memenuhi spesifikasi perancangan dengan hasil pengujian *return loss* - 25,446 dB, *VSWR* 1,113 dan *gain* 11,059 dB pada frekuensi kerja 2,412 GHz.
2. Antena MCPA lima elemen memiliki pola radiasi *unidirectional*.
3. Antena MCPA lima elemen memiliki HPBW sebesar 12°.
4. Antena MCPA lima elemen memiliki *bandwidth* 80 MHz
5. Antena MCPA lima elemen dan MTPPA 2x3 elemen dapat bekerja pada jaringan WLAN dan dapat berinterkoneksi dengan internet.

### Daftar Pustaka

- [1]. Balanis, Constantine A. 1982. *Antenna Theory: Analysis and Design* (2<sup>nd</sup> Edition.). John Wiley and Sons, Inc..
- [2]. Binti Halim, Nor Ashikin. 2007, Develop a 5.8 GHz Antenna Using Microstrip Technologies, Malaysia, Universiti Teknikal Malaysia Melaka.
- [3]. Bird, Trevor S. 2009. "Definition of Misuse of Return Loss". *IEEE Antennas and Propagation Magazine*. Vol. 51, No. 2. Page 166-167.
- [4]. Garg, R., Bhartia, P., Bahl, I., dan Ittipiboon, A. 2001, *Microstrip Design Handbook*, Artech House Inc., Norwood, MA.
- [5]. Lendino, Jamie. *What is 802.11ac Wi-Fi, and how much faster than 802.11n is it?*. ExtremeTech.com/Computing. <http://www.extremetech.com/computing/160837-what-is-802-11ac-and-how-much-faster-than-802-11n-is-it> (Diakses 22 Juli 2016)
- [6]. Purbo, Onno. W., *Sensivitas Penerima Radio*, Opensource Telkom Speedy. [http://opensource.telkomspeedy.com/wiki/index.php/Sensitivitas\\_Penerima\\_Radio](http://opensource.telkomspeedy.com/wiki/index.php/Sensitivitas_Penerima_Radio) (diakses 19 Juni 2016)
- [7]. Purbo, Onno. W., *Redaman*, Opensource Telkom Speedy. <http://opensource.telkomspeedy.com/wiki/index.php/Redaman> (diakses 15 Juni 2016)

# Desain Monitoring Kualitas Daya Listrik

Ismujianto, Isdawimah

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI, Depok

[ismujianto@gmail.com](mailto:ismujianto@gmail.com)

## Abstrak

Daya listrik yang dikirimkan oleh utilitas ke konsumen mempunyai kualitas yang baik apabila nilai tegangan dan frekuensinya sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Standar tegangan rendah di Indonesia adalah 220V untuk sistem satu fasa, 380V untuk sistem 3 fasa dengan frekuensi 50 Hz dan bentuk gelombangnya adalah sinusoidal murni. Apabila nilai tersebut tidak terpenuhi, maka kualitas daya listriknya berkurang dan dapat menyebabkan berbagai gangguan. Harmonisa merupakan penyebab terbesar dalam hal penurunan kualitas daya listrik. Harmonisa dapat berasal dari utilitas (sumber daya listrik) itu sendiri atau berasal dari beban yang digunakan oleh konsumen. Pengendalian kualitas daya listrik dapat dilakukan bila diketahui nilai besaran listrik yang ada dibandingkan dengan nilai standar yang ingin dicapai. Mengingat perubahan nilai yang ada demikian cepat dan data yang diperlukan adalah data terbaru, maka perlu dilakukan monitoring secara terus menerus. Dalam penelitian ini direalisasikan suatu desain sistem monitoring kualitas daya listrik untuk mengontrol kualitas daya listrik secara terus menerus dengan tampilan data secara *real time*. Sistem monitoring yang dibuat tidak hanya menampilkan nilai kWh, tetapi juga besaran lain yang terkait dengan kualitas daya listrik, seperti: fluktuasi tegangan, arus, frekuensi, daya, power faktor, energi dan THD. Beberapa persamaan digunakan untuk menampilkan data dalam bentuk: angka, bentuk gelombang, vektor diagram dan grafik.

**Keywords:** Power quality, monitoring, harmonic, real time

## 1. Pendahuluan

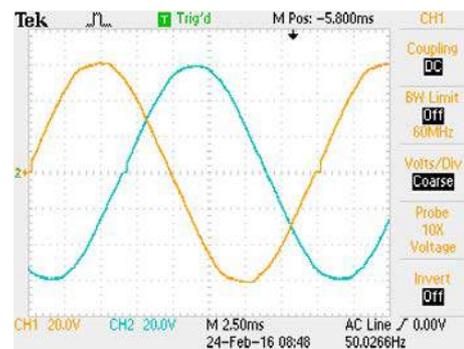
Pengubahan bentuk gelombang sinusoidal (Gambar 1) menjadi bentuk gelombang lain (Gambar 7) menghasilkan distorsi harmonik dan mengakibatkan penurunan kualitas daya listrik. Ada beberapa metode pengubahan bentuk gelombang lain yang berperan meningkatkan distorsi harmonik, seperti penyearah, inverter, DC chopper dan regulator AC [1].

Distorsi harmonik mengakibatkan berbagai gangguan seperti: kenaikan arus di jalur netral, *overheating* pada transformator, getaran mekanik pada motor, gangguan kerja pada *circuit breaker* dan kesalahan pembacaan alat ukur [2].

Sebagai contoh distorsi harmonik dari *switching* frekuensi tinggi pada inverter telah menyebabkan kesalahan pengukuran kWh meter digital hingga 17% [3]. Hal ini diatasi dengan memperhitungkan daya akibat *switching* dan meningkatkan waktu cuplik sinyal [4].

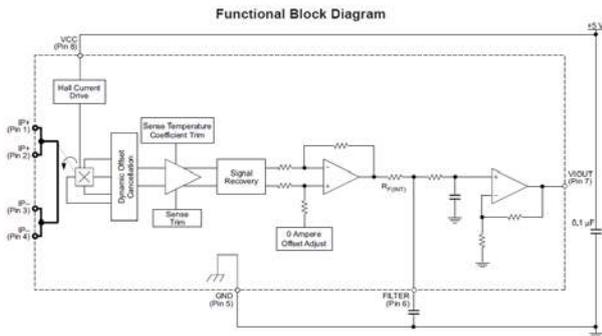
Akuisisi data merupakan pengambilan informasi dari dunia nyata yang kemudian informasi tersebut diolah oleh komputer. Akuisisi data umumnya melibatkan proses pengambilan sinyal dan mengolahnya untuk

memperoleh informasi. Komponen dari sistem akuisisi data meliputi sensor yang mengubah suatu parameter pengukuran menjadi sinyal listrik yang kemudian diterima oleh perangkat keras akuisisi data. Data yang diperoleh ditampilkan, dianalisis dan disimpan dalam PC. Sinyal analog dapat berasal dari sensor atau transduser yang mengubah suatu besaran seperti tekanan, posisi, atau temperatur kedalam tegangan atau arus. Sinyal analog tidak dapat secara langsung dibaca atau diproses oleh komputer. Sinyal analog harus diubah terlebih dahulu kedalam bentuk data digital. Proses ini disebut konversi analog ke digital (A/D).



Gambar 1. Bentuk gelombang sinusoidal dari utilitas

Monitoring ini menggunakan software LabView dengan ACS712 sebagai sensor arus. Hall effect allegro ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus didalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem-sistem komunikasi. Pada umumnya aplikasi sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, switched-mode power supplies dan proteksi beban berlebih.

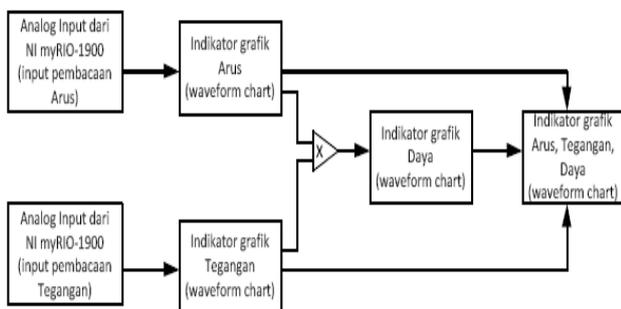


Gambar 2. Sensor arus tipe Hall Effect

Sensor arus ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat rangkaian low-offset linear Hall dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional (Gambar 2).

Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan hall transducer secara berdekatan. Persisnya, tegangan proporsional yang rendah akan menstabilkan Bi CMOS Hall IC.

### 2. Metode Penelitian



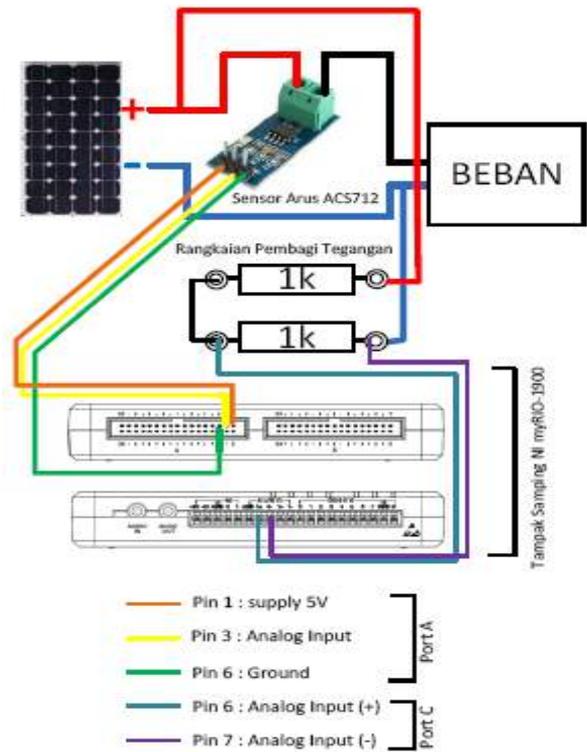
Gambar 3. Diagram rangkaian sistem monitoring

Monitoring kualitas daya listrik dilakukan untuk memperoleh sumber/penyebab harmonisa yang terjadi pada sumber daya listrik. Sistem akuisisi data yang dibuat terdiri dari program pengambilan data dari

jaringan listrik menggunakan piranti lunak LabView, rangkaian pengubah sinyal analog ke digital (ADC), penguat sinyal dan pengolah data menggunakan PC.

Tugas utama sistem akuisisi data yang dibuat adalah mengumpulkan data, mengubah data berupa sinyal analog menjadi sinyal digital dan mengakuisisi data dan dikirim ke sistem pengendali. Data yang dikumpulkan dikirimkan ke unit DAQ untuk diproses, dalam hal ini diperlukan sinyal. Sinyal-sinyal dari combiner untuk ditransmisikan ke PC dan dikirimkan oleh stasiun nirkabel. Data di PC diproses oleh piranti lunak LabVIEW dan ditampilkan secara real time dalam PC (Gambar 3). Pengambilan data berdasarkan IEC Standard 61724, sedangkan pengolahan data berdasarkan standar IEA-PVPS T2-01, 2000.

### 3. Hasil dan Pembahasan

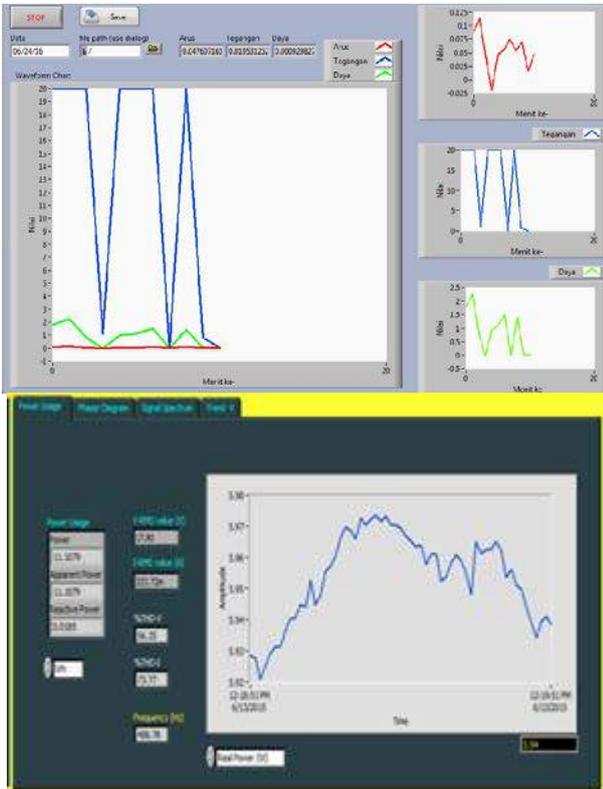


Gambar 4. Diagram Pengkoneksian Sensor

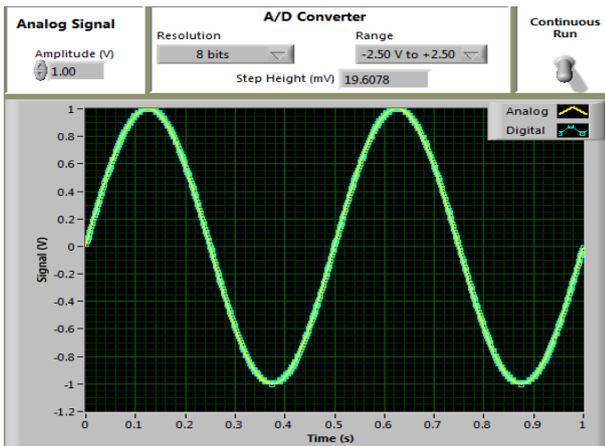
Hardware interface LabVIEW mengolah data input analog yang diterima dari pembacaan sensor yang terhubung dengan plant PLTS dan mengirimkan hasil olahan data tersebut secara real time dan simultan menuju program interface LabVIEW berupa VI (Virtual Instrument) yang telah dibuat dan dirancang pada PC (Gambar 4).

Hasil monitoring ini dapat dilihat secara visual pada Gambar 5 dengan data yang didapat secara real time berupa grafik (waveform chart) dan angka (indikator)

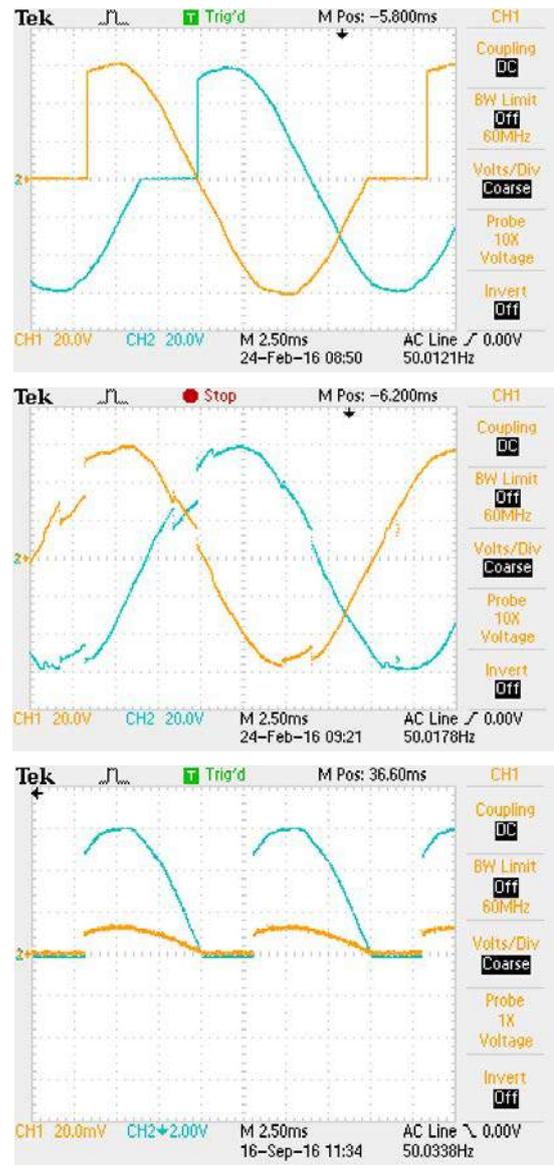
dengan menjalankan program dengan cara menekan CTRL+R atau pilih opsi Run pada menu operate baik pada tampilan front panel maupun block diagram. Bentuk gelombang tegangan juga ditampilkan, seperti pada Gambar 6. Beberapa bentuk gelombang lain tampak pada Gambar 7.



Gambar 5. Data visual system monitoring



Gambar 6. Bentuk gelombang tegangan pada layar monitoring



Gambar 7. Perubahan bentuk gelombang dari sinusoidal ke bentuk lain.

Data monitoring disimpan dalam bentuk dokumen di file storage yang diinginkan pada PC dengan menekan tombol Save File pada tampilan front panel ketika pengoperasian program dilakukan. Contoh file data tampak pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Daya listrik yang dihasilkan solar panel

WAKTU	ARUS	TEGANGAN	DAYA
1	0.563933	13.1445	7.41261732
2	0.3869314	6.40625	2.47877928
3	0.3893728	10.4004	4.04963287
4	0.3905935	11.2695	4.40179345
5	0.3698415	13.1152	4.85054524
6	0.433318	-19.9316	-8.6367215
7	0.417449	12.0508	5.03059441
8	0.3625173	10.2832	3.7278379
9	0.446746	12.7539	5.69775381
10	0.3820486	12.2949	4.69724933
11	0.3649587	13.6816	4.99321895
12	0.3527517	13.1445	4.63674472

Tabel 2. Kinerja Solar Panel

HASIL PENGAMATAN KINERJA SOLAR PANEL			
JAM	LUX	V (volt)	I (ampere)
10.40	88200	16.47	1.768
10.45	85000	16.60	1.775
10.50	86200	16.62	1.829
10.55	89600	16.49	1.784
11.00	34100	15.52	1.223
11.05	65000	16.23	2.066
11.10	79600	16.33	2.119
11.15	71500	16.53	1.778
11.20	78800	16.50	1.725
11.25	61500	16.12	1.548
11.30	32800	15.10	1.076
11.35	45600	16.18	1.511
11.40	64800	16.65	1.792
11.45	26700	14.50	1.213
11.50	22800	15.08	1.069
11.55	25200	15.14	1.037
12.00	31100	15.78	1.296
12.05	49500	16.26	1.626
12.10	46200	16.11	1.552
12.15	45600	16.17	1.584
12.20	62900	16.57	1.835
12.25	93700	16.64	1.924
12.30	94800	16.40	1.757
12.35	58700	16.26	1.668
12.40	68800	16.17	1.571
12.45	68800	14.84	1.654
12.50	22200	14.59	0.936
12.55	56200	14.29	0.702
13.00	75900	14.51	0.812

#### 4. IV. Kesimpulan

Dengan menggunakan program LabVIEW, perangkat interface dapat mengolah data yang terkirim sampai detail per 1 milisecond sehingga fluktuasi keluaran yang tidak terlihat dengan instrument ukur konvensional dapat terbaca di program monitoring ini. Hasil ukur yang ditampilkan terletak pada tingkat kepresisian sensor yang digunakan.

#### Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada P3M PNJ, sehingga Penelitian Unggulan Berbasis Prodi ini didanai dengan nomor kontrak: 63/PL3.1/SPK/2016 Tahun Anggaran 2016.

#### Daftar Acuan

- [1] Roger Dugan, Mark F. Mc. Granaghan, 2004. *Electrical Power Systems Quality*, Second Edition McGraw-Hill.
- [2] R.W,Erickson 2002. *Fundamentals of power electronic*, <http://colorado.edu>.
- [3] Isdawimah, R. Setiabudy, and R. Gunawan, "The Effect of High Switching Frequency on Inverter Against Measurements of kWh-Meter," *IPTEK Journal of Proceedings Series*, vol. 1, pp. 102-108, 2014.
- [4] Isdawimah, R. Setiabudy, and R. Gunawan, "Improving kWh-Meter Performance at PV on Grid System By Multiplying the Number of Sampling Signal," *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 71 No.2, pp. 302-309, 20th January 2015.

# **Pemanfaatan Teknologi Mikrohidro Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Bersih**

Radita Arindya

Universitas Satyagama

*E-mail:raditatech@yahoo.com*

## **Abstrak**

Mata Air Cinyusu mempunyai terjunan yang cukup tinggi pada saluran pembawanya. Kondisi demikian ini merupakan suatu potensi energi yang cukup besar yang dapat dimanfaatkan untuk mengangkat air dari sumber mata air tersebut ke daerah permukiman. Pengukuran di lapangan dengan menggunakan peralatan yang memadai diperoleh hasil yang akurat. Hasil pengukuran untuk situasi lokasi di lapangan dengan menggunakan Theodolit diperoleh jarak daerah permukiman ke sumber air sekitar 387,40 m dengan perbedaan tinggi sekitar  $\pm 43,20$  m. Pengukuran debit air pada saluran pembuang sumber air dengan menggunakan alat "Current meter" pada saat musim kemarau diperoleh debit minimum 120 liter/detik. Teknologi Mikrohidro adalah suatu teknologi yang memanfaatkan terjunan air sebagai sumber energinya dan merubahnya menjadi energi listrik atau lainnya dalam skala kecil sampai menengah. Peralatan yang digunakan terdiri dari Turbin air yang berfungsi merubah energi terjunan air menjadi energi putar (kinetik). Selanjutnya energi putar (kinetik) dari turbin menggerakkan pompa air untuk memompa air dari sumber air ke tempat yang lebih tinggi. Dengan menggunakan teknologi Mikrohidro ini, maka air dari sumber air yaitu Mata Air Cinyusu mampu memenuhi kebutuhan air bersih penduduk Desa Conggeang Wetan setiap saat tanpa harus mengeluarkan biaya yang besar, karena energi yang diperlukan untuk menaikkan air diperoleh secara cuma-cuma yaitu air itu sendiri. Demikian pula pemeliharaan dapat dilakukan secara sederhana dan biaya yang relative murah.

**Kata kunci:** Air bersih, Mata air, Mikrohidro, Turbin air, Pompa Air

## **1. Latar Belakang**

Setiap Desa memiliki potensi sumber daya alam yang unik untuk pembangkit energi atau Sumber Energi Setempat, potensi ini umumnya berskala kecil dan tersebar sehingga jika menggunakan kriteria komersial potensi ini tergolong tidak layak dikembangkan. Setiap daerah mempunyai karakteristik Sumber Energi Setempat yang berbeda, ada yang memiliki potensi angin, potensi sinar matahari, salah satu potensi besar yang dimiliki Indonesia adalah potensi air.

Sumber energi air mampu menggantikan energi lain seperti BBM, Batu bara, Gas, angin dan lain-lain. Di P. Jawa dan Bali dengan waduk-waduk buatan berukuran raksasa seperti Saguling, Cirata maupun Jatiluhur potensi energi air yang besar dan pemanfaatannya belum maksimal. Apalagi diluar P. Jawa dan P. Bali potensi air belum sepenuhnya dimanfaatkan.

Sumber Energi yang dihasilkan Mikrohidro merupakan sebuah alternatif dengan menggunakan teknologi sederhana, bisa dilihat sepanjang sungai besar di wilayah Jawa Barat Selatan masyarakat telah terbiasa

memanfaatkan energi aliran sungai untuk menggerakkan turbin Mikrohidro yang dapat menggerakkan Generator maupun Pompa dengan bermodalkan Turbin dari kayu yang ditempatkan dalam sebuah rumah turbin telah bisa dihasilkan energi yang dimanfaatkan sebagai energi listrik atau menggerakkan Pompa air.

Dalam penerapan Mikrohidro sistem run-off-nya antara lain sebagian air sungai diarahkan ke saluran pembawa, kemudian dialirkan melalui pipa pesat menuju turbin, Setelah dari turbin air kembali ke sungai, tidak ada materi yang diambil melainkan hanya energinya saja. Penerapan Mikrohidro memang tidak memerlukan bahan bakar apapun, masukan energi primer berupa aliran massa air tidak dikurangi tetapi hanya dimanfaatkan energinya dalam jarak ketinggian tertentu atau diambil energi potensialnya saja.

Krisis bahan bakar fosil saat ini akibatkan semakin menipisnya cadangan bahan bakar dunia mengakibatkan melambungnya harga bahan bakar tersebut, hal ini berimbas pada semakin terbatasnya sumber tenaga listrik yang dapat dipasok kepada masyarakat. Mikrohidro menjadi salah satu sumber

energi alternatif yang dipandang penting dikembangkan untuk memenuhi kekurangan energi yang diperlukan.

## 2. Kondisi Geografi dan Topografi

Desa Conggeang Wetan terletak di kaki Gunung Tampomas arah utara tepatnya di Kecamatan Conggeang, Kabupaten Sumedang, Propinsi Jawa Barat. Berjarak  $\pm 240$  km dari Jakarta,  $\pm 45$  km dari Bandung,  $\pm 15$  km dari kota Sumedang kearah Timur, lokasi tepatnya berada pada koordinat  $06^{\circ} 44' 00''$  BT sampai  $06^{\circ} 45' 00''$  LS dan  $108^{\circ} 00' 30''$  BT sampai  $108^{\circ} 02' 00''$  BT. Temperatur rata-rata  $22^{\circ}$  sampai  $27^{\circ}$ , dengan curah hujan yang cukup tinggi yaitu 3199 mm/tahun. Disebelah Utara Desa Conggeang Wetan dibatasi oleh Desa Cacaban, sebelah Selatan oleh Desa Cibeureuyeh, sebelah Barat oleh Desa Conggeang Kulon dan sebelah Timur oleh Desa Babakan Asem.

Ditinjau secara topografi Desa Conggeang Wetan berada pada daerah dataran tinggi dengan ketinggian  $\pm 193$  m s/d 430 m dari permukaan air laut. Dibagian utara wilayah Desa Conggeang Wetan terdapat dataran yang lebih rendah yang merupakan daerah pertanian dan terdapat juga sumber air berupa mata air.

## 3. Metodologi Penelitian

Untuk menghitung potensi Mata Air Cinyusu, metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data primer dan sekunder
2. Analisis data

## 4. Analisis Data

### 4.1. Pengukuran Hidrometri Mata Air Cinyusu

Pengukuran kecepatan aliran dilakukan dengan menggunakan current meter dengan baling-baling No. 1-62370 dengan waktu 40 detik. Pengukuran dilakukan dengan dua metode yaitu metode 2 titik kedalaman (0,2 dan 0,8 h) pada saluran yang kedalaman airnya cukup dalam dan 1 titik kedalaman (0,6 h) untuk saluran yang airnya dangkal. Pengukuran kecepatan aliran telah dilakukan pada 2 lokasi, 1 lokasi di hilir bendung, satu lokasi di saluran pembawa.

Pengukuran dilakukan pada saat puncak musim kemarau, hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan besarnya debit minimum yang akan dipakai sebagai dasar perhitungan daya yang dapat dibangkitkan dan kontinuitas operasi turbin.

Kecepatan aliran dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Untuk } n < 0,59 \rightarrow v = 0,2494 n + 0,011$$

$$\text{Untuk } n \geq 0,59 \rightarrow v = 0,2595 n + 0,005$$

dimana :

$n$  = jumlah putaran per detik

$v$  = kecepatan aliran (m/det).

Debit aliran dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q = V A$$

dimana :

$$Q = \text{debit aliran (m}^3/\text{det)}$$

$V$  = kecepatan aliran (m/det)

$A$  = luas penampang basah ( $\text{m}^2$ ).

Dari hasil pengukuran dan setelah dilakukan perhitungan diperoleh bahwa :

1. Debit disaluran pembawa =  $0,120 \text{ m}^3/\text{det} = 120$  Liter/det
2. Debit di hilir bendung =  $0,08 \text{ m}^3/\text{det} = 80$  Liter/det

### 4.2. Pemilihan Jenis Turbin dan Pompa

Berdasarkan cara kerja daya hidraulik tenaga air pada impeller/runner, turbin dibagi atas 2 (dua) jenis yaitu :

1. **Turbin Impuls**, dimana aliran dengan tinggi tekan diubah menjadi tinggi kecepatan untuk menggerakkan runner. Yang termasuk jenis turbin impuls yaitu turbin *Pelton*, turbin Aliran Silang (*Cross-Flow*) dan turbin *Turgo*.
2. **Turbin Reaksi**, dimana aliran dengan tinggi tekan langsung bekerja pada runner. Yang termasuk jenis turbin reaksi yaitu : turbin *Francis*, turbin *Propeller* dan turbin *Kaplan*.

Pemilihan jenis turbin yang akan digunakan untuk dasar perhitungan penelitian ini didasarkan pada tinggi energi, debit, kecepatan spesifik runner turbin dan yang telah mampu diproduksi di Indonesia.

Pemilihan turbin dengan tinggi energi total ( $H_t$ ) = 6,10 m dan besarnya debit saluran =  $0,120 \text{ m}^3/\text{det}$ , dilakukan dengan analisa sebagai berikut :

- Berdasarkan spesifikasi teknis yang dikeluarkan oleh produsen dalam hal ini **Cihanjuang Inti Teknik** yang mendapat bimbingan teknik dari **Micro Hydro Power Project-GTZ**, Turbin *Cross-flow* dapat bekerja pada tinggi energi yang cukup rendah yaitu antara 2 m sampai 6 m.
- Berdasarkan analisa Tinggi Energi Efektif dan Kecepatan Spesifik Runner Turbin Maksimum sebagai berikut :

Dari persamaan (9)

$$\Delta H = 0,14 \text{ sampai } 0,18 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai } \Delta H = 0,18 \text{ m}$$

maka Tinggi Energi Efektif ( $H_e$ ) dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H_e &= 6,10 - 0,18 \\ &= 5,92 \text{ m} \end{aligned}$$

### 4.3. Debit Rencana Penggerak Turbin

Untuk menggerakkan turbin debit yang diambil adalah debit dari saluran pembawa yang mempunyai debit  $0,120 \text{ m}^3/\text{det}$ . Guna menjamin pengoperasian pompa dengan tenaga mikrohidro sepanjang tahun, debit

rencana penggerak turbin ditentukan sebesar ( $Q_d$ ) =  $0,060 \text{ m}^3/\text{det}$ .

#### 4.4. Saluran Pemasukan ke Bak Simulasi

Saluran pemasukan ke bak simulasi berbentuk persegi dengan lebar 0,60 m, tinggi 0,50 m, dan panjang saluran 1,00 m dengan kemiringan saluran relatif datar. Intake saluran dilengkapi pintu sorong.

#### 4.5. Dimensi Pipa Pesat

$$\text{Tinggi Energi Total } (H_t) = 6,102 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Pipa Pesat } (L) = 7 \text{ m}$$

Berdasarkan data tersebut dan debit rencana ( $Q_d$ ) =  $0,060 \text{ m}^3/\text{det}$ , dilakukan analisa untuk menentukan dimensi pipa pesat sebagai berikut :

Dari persamaan (12) diperoleh :

$$\begin{aligned} \Delta h_t &= 9\% H_t \\ &= 9\% * 6,10 \text{ m} \\ &= 0,549 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka Perkiraan Tinggi Energi Efektif ( $H_e$ )

$$\begin{aligned} H_e &= 6,10 - \Delta h_t \\ &= 6,10 - 0,5328 \text{ m} \\ &= 5,551 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari persamaan dibawah diperoleh kecepatan aliran optimum dalam pipa pesat :

$$\begin{aligned} v &= 0,125 \sqrt{(2 g H)} \\ &= 0,125 \sqrt{(2 * 9,8 * 6,10)} \\ &= 1,3668 \text{ m/det.} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan dibawah, dapat dihitung diameter pipa pesat sebagai berikut :

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{4 Q / (\pi v)} \\ &= \sqrt{4 * 0,060 / (\pi * 1,3668)} \\ &= 0,2365 \text{ m} \end{aligned}$$

Pipa pesat direncanakan dipasang dilapangan adalah pipa PVC dengan diameter ( $\emptyset$ ) = 14 inch atau 0,356 m, tetap dapat digunakan untuk debit rencana ( $Q_d$ ) =  $0,060 \text{ m}^3/\text{det}$ .

#### 4.6. Tinggi Energi Hidraulik Efektif Penggerak Turbin

##### • Kehilangan energi antara intake dan bak simulasi

Dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} \Delta h_{i-bs} &= 0,05 + L_1/I_{\text{saluran pemasukan}} \\ &= 0,05 + 1/(0 * 10^{-4}) \\ &= 0,05 \text{ m} \end{aligned}$$

##### • Kehilangan energi sepanjang pipa pesat, $h_{sp-p}$

Dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} - \text{ Kehilangan energi pada inlet pipa pesat, } h_{in} : \\ v &= 0,060 / \{(\pi * 0,356^2) / 4\} \\ &= 0,6031 \text{ m/det} \\ h_{in} &= f_{in} * v^2 / 2g \\ &= 0,8 * \{0,6031^2 / (2 * 9,8)\} \\ &= 0,0001625 \text{ m} \end{aligned}$$

- Kehilangan energi pada sebuah belokan  $45^\circ$  sepanjang pipa pesat,  $h_b$  :

Belokan  $45^\circ$ ,  $f_b = 0,09$

$$\begin{aligned} h_b &= n * f_b * v^2 / 2g \\ &= 1 * 0,09 * \{0,6031^2 / (2 * 9,8)\} \\ &= 0,00167 \text{ m} \end{aligned}$$

- Kehilangan energi akibat gesekan sepanjang pipa pesat,  $h_{gs}$  :

$$\begin{aligned} \text{Pipa PVC : } k_s &= 0,03 \text{ mm} \\ k_s/D &= 0,000181 \\ R_e &= D v / \nu \\ &= 0,356 * 0,6031 / (1 * 10^{-6}) \\ &= 214704 \end{aligned}$$

dari Diagram Moody diperoleh  $f_{gs} = 0,016$

$$\begin{aligned} h_{gs} &= f_{gs} * L * v^2 / (2gD) \\ &= 0,016 * 7 * 0,6031^2 / (2 * 9,8 * 0,356) \\ &= 0,00083 \text{ m} \end{aligned}$$

- Kehilangan energi pada Nozel pipa pesat,  $h_n$  :

$$\begin{aligned} h_{in} + h_b + h_{gs} &= 0,0001625 + 0,00167 + 0,00083 \\ &= 0,002663 \text{ m} \\ H_t - h_{in} - h_b - h_{gs} &= 6,10 - 0,002663 \\ &= 6,0973 \text{ m} \\ h_n &= \{ (1/C_v^2) - 1 \} * v_n^2 / 2g \rightarrow C_v = 0,95 \\ &= 0,005512 v_n^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_n^2 &= 2g * (H_t - h_{in} - h_b - h_{gs} - h_n) \\ &= 19,6 * (6,097 - 0,0055 v_n^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_n^2 &= 119,501 - 0,10035 v_n^2 \\ v_n^2 &= 108,603 \end{aligned}$$

$$v_n = 10,42 \text{ m/det}$$

$$h_n = 0,598$$

$$\begin{aligned} h_{sp-p} &= h_{in} + h_b + h_{gs} + h_n \\ &= 0,002663 + 0,598 \\ &= 0,6007 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi Energi Efektif ( $H_e$ ) =  $6,10 - 0,6007 = 5,4993 \text{ m}$   
Resume hasil perhitungan pipa pesat adalah sebagai berikut :

- Tinggi energi total = 6,10 m
- Total kehilangan energi = 0,6007 m
- Tinggi energi efektif = 5,4993 m
- Diameter pipa pesat = 14 inchi
- Debit =  $0,060 \text{ m}^3/\text{det}$
- Kecepatan aliran = 10,42 m/det

#### 4.7. Daya Dari Aliran Air

Dengan debit rencana ( $Q_d$ ) =  $0,060 \text{ m}^3/\text{det}$  dan tinggi energi efektif ( $H_e$ ) = 5,4993 m, besarnya daya dari aliran air dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P &= \rho g Q H \\ &= 1000 * 9,8 * 0,060 * 5,4993 \\ &= 3233,588 \text{ Watt} \end{aligned}$$

#### 4.8. Daya Yang Dihasilkan Turbin

Dengan menganggap efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) = 0,80, maka daya yang dihasilkan turbin adalah :

$$\begin{aligned} P_t &= \eta_t \rho g Q H \\ &= 0,80 * 3,233 \text{ kW} \\ &= 2,5868 \text{ kW} \end{aligned}$$

**4.9. Analisa Daya Pompa yang Dibutuhkan untuk Menaikkan Air Ke Bak Penampungan.**

Analisa daya pompa yang diperlukan dilakukan dengan menggunakan data sebagai berikut :

- $D_{\text{pipa suplai}} = 2,5 \text{ inch}$
- $D_{\text{pipa tekan}} = 2,0 \text{ inch}$
- $Q_{\text{pompa}} = 3,0 \text{ Liter/det} = 0,003 \text{ m}^3/\text{det}$
- Volume bak penampungan =  $2 \text{ m}^3$
- Tinggi energi static =  $43,20 \text{ m}$
- Panjang pipa suplai dari bak simulasi ke pompa =  $8,5 \text{ m}$
- Panjang pipa tekan dari pompa ke tampungan =  $387,40 \text{ m}$

Kehilangan energi sepanjang pipa suplai, dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} D_{ps} &= 2,5 \text{ inch} \\ &= 0,0635 \text{ m} \\ A_{ps} &= \pi * D_{ps}^2 / 4 \\ &= 2 0,00317 \text{ m}^2 \\ Q_p &= 0,003 \text{ m}^3/\text{det} \\ v_{ps} &= Q_p / A_{ps} \\ &= 0,9464 \text{ m/det} \end{aligned}$$

Kehilangan energi pada inlet pipa :

$$\begin{aligned} f_i &= 0,8 \\ h_i &= 0,8 * \{0,9464^2 / (2 * 9,8 * 0,0635)\} \\ &= 0,5756 \text{ m} \end{aligned}$$

Kehilangan energi pada belokan. Belokan  $90^\circ$  satu buah ;

$$\begin{aligned} f_{b1} &= 0,14 \\ h_{b1} &= 0,14 * \{0,9464^2 / (2 * 9,8)\} \\ &= 0,04576 \text{ m} \end{aligned}$$

Kehilangan energi akibat gesekan :

Pipa PVC  $\rightarrow k_s = 0,03 \text{ mm}$  ;

$$\begin{aligned} k_s / D_{ps} &= 0,000472 \\ R_e &= v_{ps} D_{ps} / \nu \\ &= 60096 \end{aligned}$$

dari Diagram Moody didapat  $f_{gs} = 0,0215$

$$\begin{aligned} h_{gs} &= 0,0215 * 8,5 * 0,9464^2 / (2 * 9,8 * 0,0635) \\ &= 0,1315 \text{ m} \end{aligned}$$

Kehilangan energi total pipa suplai :

$$\begin{aligned} h_{pst} &= 0,5756 + 0,04576 + 0,1315 \\ &= 0,7528 \text{ m} \end{aligned}$$

Kehilangan energi sepanjang pipa tekan, dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} D_{pt} &= 2,0 \text{ inch} = 0,0508 \text{ m} \\ A_{pt} &= 0,00203 \text{ m}^2 \\ Q_p &= 0,003 \text{ m}^3/\text{det} \\ v_{pt} &= 0,003 / 0,00203 \\ &= 1,478 \text{ m/det} \end{aligned}$$

Kehilangan energi pada belokan :

Belokan  $90^\circ$ , 3 buah ;  $f_{b1} = 0,14$ , didapat  $h_{b1} = 0,00694 \text{ m}$

Kehilangan energi total akibat belokan :  $h_{bt} = 0,00694 \text{ m}$

Kehilangan energi akibat gesekan:

Pipa PVC  $\rightarrow k_s = 0,03 \text{ mm}$

$$k_s / D_{pt} = 0,000591$$

$$\begin{aligned} R_e &= v_{pt} D_{pt} / \nu \\ &= 25044,4 \end{aligned}$$

Dari Diagram Moody didapat  $f_{gs} = 0,027 \rightarrow$  maka  $h_{gs} = 0,932 \text{ m}$

Kehilangan energi akibat 2 buah katup searah :  $K_v = 2,5$

$$h_v = 0,0620 \text{ m}$$

Kehilangan energi total pipa tekan :

$$\begin{aligned} h_{ptt} &= 0,00694 + 0,932 + 0,0620 \\ &= 1,00094 \text{ m} \end{aligned}$$

Total Tinggi Energi Pompa yang diperlukan :

$$\begin{aligned} H_{pompa} &= 0,7528 + 0,00694 + 1,00094 \\ &= 44,954 \text{ m} \end{aligned}$$

Daya Pompa yang Diperlukan :

$$\begin{aligned} P_{pompa} &= \rho * g * Q_{pompa} * H_{pompa} \\ &= 1000 * 9,8 * 0,003 * 44,954 \\ &= 1321,6476 \text{ Watt} \\ &= 1,32165 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dengan menganggap efisiensi transmisi dengan menggunakan V-Belt = 0,8 dan efisiensi pompa,  $\eta_{pompa} = 0,8$ , maka daya yang diperlukan untuk menggerakkan pompa dalam hal ini turbin :

$$\begin{aligned} P_t &= P_{pompa} / (\eta_{pompa} * \eta_{vbelt}) \\ &= 1,32165 / (0,8 * 0,8) \\ &= 2,065075 \text{ kW} \\ &= 2,1 \text{ kW} \end{aligned}$$

Resume hasil perhitungan daya pompa yang diperlukan :

- Debit pompa =  $0,003 \text{ m}^3/\text{det} = 3 \text{ Liter/det}$
- Diameter pipa suplai =  $2,5 \text{ inchi}$
- Panjang pipa suplai =  $8,5 \text{ m}$
- Diameter pipa tekan =  $2 \text{ inchi}$
- Panjang pipa tekan =  $387,40 \text{ m}$
- Tinggi energi statik pompa =  $43,20 \text{ m}$
- Total kehilangan energi pipa suplai =  $0,7528 \text{ m}$ .
- Total kehilangan energi pipa tekan =  $1,00094 \text{ m}$
- Total Tinggi Energi Pompa =  $44,954 \text{ m}$
- Efisiensi pompa =  $80 \%$
- Efisiensi transmisi turbin – pompa =  $80 \%$
- Daya pompa efektif yang diperlukan =  $2,1 \text{ kW}$

**4.10. Kebutuhan Air Permukiman Desa Conggeang Wetan.**

Jumlah penduduk desa yang terdiri dari 596 kepala keluarga, adalah 1873 jiwa, kebutuhan air untuk daerah pedesaan adalah 65 Liter/hari/orang, maka kebutuhan total air untuk Desa Conggeang Wetan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &\text{- Air yang tersedia} \\ &= 3 \text{ Liter/detik} \\ &= 3 * 60 * 60 * 24 \\ &= 259200 \text{ liter/hari} \\ &\text{- Total kebutuhan air} \\ &= 1873 * 65 \\ &= 121745 \text{ Liter/hari} \end{aligned}$$

## 5. Kesimpulan

1. Debit Mata Air Cinyusu terdiri dari sebit dihilir bendung sebesar 80 liter/detik dan debit saluran pembawa sebesar 120 liter/detik.
2. Dengan debit penggerak turbin 60 Liter/det daya yang dapat dibangkitkan sebesar 2,5868 kW, dan dengan debit pompa direncanakan sebesar 3 Liter/det daya yang diperlukan sebesar 2,1 kW
3. Potensi yang dapat dibangkitkan oleh Mata Air Cinyusu dapat memenuhi kebutuhan air penduduk Desa Congeang Wetan.

## 6. Daftar Pustaka

- [1]. Arismunandar, A. dan S. Kuwahara., 1974. Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik – Jilid I Pembangkitan dengan Tenaga Air. Pradnya Paramita, Jakarta: 168pp.
- [2]. Dietzel, F. dan Sriyono, D., 1990. Turbin Pompa dan Kompresor. Erlangga, Jakarta: 418pp
- DESDM., 2006, Blueprint Pengelolaan Energi Nasional (BP-PEN) 2005–2025, Departemen Energi Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- [3]. Harvey, A. Brown, A. Hettiarachi, P. and Inversin, A., 1993. Microhydro Design Manual - A Guide to Small Scale Water Power Schemes. ITGD Publishing, Southampton Row, London, UK: 374pp
- [4]. Kusdiana, D. dkk., 2008. Pedoman Teknis Standardisasi Peralatan dan Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH). Imidap (Integrated Microhydro Development and Application Program, Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.

# Perancangan dan Implementasi Penilaian Kinerja Karyawan Menggunakan Analytic Hierarchy Process (AHP) Berbasis Web (Studi Kasus Stikom Dinamika Bangsa)

Benni Purnama<sup>1</sup>, Ibnu Sani Wijaya<sup>2</sup>

1. Prodi Sistem Informasi, STIKOM Dinamika Bangsa, Jl. Jend. Sudirman No.1, Jambi, 36138, Indonesia

E-mail: bennipurnama@stikom-db.ac.id<sup>1</sup>, i13nu17@stikom-db.ac.id<sup>2</sup>

## Abstrak

Dalam pemberian tunjangan kinerja karyawan STIKOM Dinamika Bangsa yang dikaitkan dengan penilaian kinerja karyawan terdapat beberapa kelemahan diantaranya adalah dalam proses pengisian kuisioner yang disebarkan ke setiap karyawan tidak merata antara satu karyawan dengan karyawan yang lain, bahkan ada karyawan yang tidak mendapatkan kuisioner untuk diisi. Ketidak merataan pengisian kuisioner ini akan mempengaruhi hasil tabulasi dari penilaian kinerja karyawan yang akan dilaporkan. Untuk menjamin bahwa proses pelaksanaan kuisioner dapat berjalan dengan baik, maka penulis mengusulkan suatu aplikasi yang dapat membantu pihak manajemen dalam proses pelaksanaan pengisian kuisioner dimaksud melalui web dimana penilaian kinerja karyawan dengan menggunakan AHP dalam penilaian prosesnya. Dari hasil implementasi diketahui bahwa aplikasi yang dijalankan mampu mengatasi permasalahan tentang pengisian data penilaian kinerja karyawan dan menentukan penilaian kinerja karyawan dengan baik dan akurat. Aplikasi penilaian kinerja ini juga dapat memuat peringkat hasil dari penilaian kinerja karyawan.

**Kata Kunci :** Penilaian kinerja, Karyawan, AHP, Kriteria, Web.

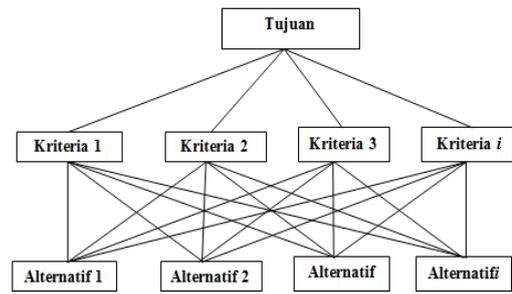
## I. Pendahuluan

AHP adalah salah satu metode dari *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) yang dikembangkan oleh Prof. Thomas Lorie Saaty dari *Wharton Business School* diawaltahun 1970<sup>[1]</sup>. AHP merupakan suatu metode analisis yang digunakan untuk membuat suatu model permasalahan yang tidak mempunyai struktur, serta dapat digunakan untuk memecahkan masalah yang bersifat kuantitatif dan masalah yang memerlukan pendapat (*judgement*)<sup>[2]</sup>. Kinerja merupakan suatu fungsi dari motivasi dan kemampuan untuk menyelesaikan tugas atau pekerjaan. Seseorang sepatutnya memiliki derajat kesediaan dan tingkat kemampuan tertentu. Kinerja merupakan perilaku nyata yang ditampilkan setiap orang sebagai prestasi kerja yang dihasilkan oleh pegawai sesuai dengan perannya dalam instansi<sup>[3]</sup>. Kinerja karyawan merupakan suatu hal yang sangat penting dalam upaya instansi untuk mencapai tujuan. STIKOM Dinamika Bangsa telah memuat tunjangan kinerja dalam komponen penggajian pada setiap karyawannya. Namun dalam pemberian tunjangan kinerja karyawan STIKOM Dinamika Bangsa yang dikaitkan dalam penilaian kinerja karyawan terdapat beberapa kelemahan diantaranya adalah dalam proses pengisian kuisioner yang disebarkan ke setiap

karyawan tidak merata antara satu karyawan dengan karyawan yang lain, bahkan ada karyawan yang tidak mendapatkan kuisioner untuk diisi. Ketidak merataan pengisian kuisioner ini akan mempengaruhi hasil tabulasi dari penilaian kinerja karyawan yang akan dilaporkan. Selanjutnya untuk mengisi data hasil kuisioner juga memerlukan waktu yang lama. Hasil dari kuisioner sendiri juga tidak transparan karena karyawan yang dinilai tidak mendapatkan laporan hasil penilaiannya. Sedangkan dalam prinsip penilaian kinerja karyawan haruslah obyektif, terukur, akuntabel, partisipatif dan transparan. Untuk itulah dalam hal ini penulis mengusulkan suatu aplikasi yang dapat membantu pihak manajemen dalam proses pelaksanaan pengisian kuisioner dimaksud.

Menurut Hadari Nawawi “Kinerja dikatakan tinggi apabila suatu target kerja dapat diselesaikan pada waktu yang tepat atau tidak melampaui batas waktu yang disediakan”<sup>[4]</sup>. Kinerja menjadi rendah jika diselesaikan melampaui batas waktu yang disediakan atau sama sekalitidak terselesaikan. Di sisi lain menyatakan “Kinerja karyawan adalah tingkat dimana para karyawan mencapai persyaratan-persyaratan pekerjaan”<sup>[5]</sup>. Sedangkan menurut Suyadi Prawirosentono, kinerja dapat dinilai atau diukur dengan beberapa indikator yaitu: Efektifitas, tanggung jawab, disiplin dan inisiatif<sup>[6]</sup>.

Dari uraian diatas, maka dapat disimpulkan bahwa banyak kriteria kinerja, maka peneliti menggunakan kriteria kinerja menurut Suyadi Prawirosentono yang meliputi: efektifitas, tanggung jawab, disiplin dan inisiatif. Berbagai macam jenis pekerjaan yang dilakukan oleh karyawan tentunya membutuhkan kriteria yang jelas, karena masing-masing pekerjaan tentunya mempunyai standar yang berbeda-beda tentang pencapaian hasilnya.



Gambar 1. Struktur hierarki decomposition

2. Metode Penelitian

Dalam metode AHP dilakukan langkah-langkah sebagai berikut<sup>[7]</sup>:

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan.
2. Membuat struktur hierarki yang diawali dengan tujuan utama.
3. Membuat matrik perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap tujuan atau kriteria yang setingkat di atasnya.
4. Melakukan Mendefinisikan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh jumlah penilaian seluruhnya sebanyak  $n \times [(n-1)/2]$  buah, dengan n adalah banyaknya elemen yang dibandingkan.
5. Menghitung nilai eigen dan menguji konsistensinya.
6. Mengulangi langkah 3,4, dan 5 untuk seluruh tingkat hirarki.
7. Menghitung vektor eigen dari setiap matriks perbandingan berpasangan.
8. Memeriksa konsistensi hirarki.

Dalam menyelesaikan permasalahan dengan metode AHP ada beberapa prinsip dasar yang harus dipahami,yaitu<sup>[8]</sup>:

a. *Decomposition*

*Decomposition* merupakan prinsip utama dalam metode AHP yang menggunakan konsep yakni menguraikan atau memecahkan persoalan yang utuh menjadi unsur-unsurnya yang diwujudkan ke dalam bentuk hirarki setelah mendefinisikan permasalahan atau persoalan. Untuk mendapatkan hasil yang akurat, pemecahan dilakukan terhadap unsur-unsurnya sampai tidak mungkin dilakukan pemecahan lebih lanjut, sehingga didapatkan beberapa tingkatan dari persoalan yang hendak dipecahkan. Bentuk struktur decomposition yakni : Tingkat pertama berupa tujuan keputusan, tingkat kedua berupa Kriteria-kriteria dan Tingkat ketiga berupa Alternatif Pilihan.

b. *ComparativeJudgement*

Bertujuan untuk membuat penilain tentang kepentingan relatif antara dua elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkatan diatasnya. Penilain ini merupakan inti dari AHP karena akan berpengaruh terhadap prioritas elemen-elemen. Hasil dari penilaian ini lebih mudah disajikan dalam bentuk matrik spairwise comparison yang memuat tingkat preferensi beberapa alternatif untuk tiap kriteria dan skala preferensi tersebut bernilai 1-9. Dalam melakukan penilaian kepentingan relatif terhadap dua elemen berlaku aksioma recipocal. Skala yang digunakan untuk menilai tingkat kepentingan suatu elemen terhadap elemen lainnya adalah skala Saaty, seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 1. Skala Saaty

Tingkat Kepentingan	Definisi
1	Sama pentingnya dibanding yang lain
3	Moderat pentingnya dibanding yang lain
5	Kuat pentingnya dibanding yang lain
7	Sangat kuat Pentingnya dibanding yang lain
9	Ekstrim pentingnya dibanding yang lain
2,4,6,8	Nilai di antara dua penilaian yang berdekatan

c. *Synthesis ofPriority*

Synthesis of Priority dilakukan dengan menggunakan eigen vector method untuk mendapatkan bobot relatif bagi unsur-unsur pengambilan keputusan.

d. *Logical Consistency*

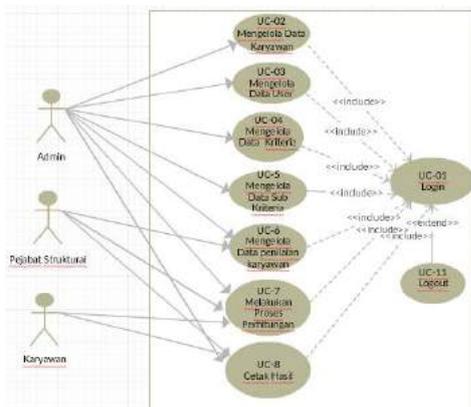
Konsistensi memiliki dua makna. Pertama adalah bahwa obyek-obyek yang serupa dapat dikelompokkan sesuai dengan keseragaman dan relevansinya. Kedua adalah tingkat hubungan antara obyek-obyek yang didasarkan pada criteria tertentu.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Saat ini STIKOM Dinamika Bangsa Jambi telah memiliki 98 pegawai yang bertugas di berbagai bagian diantaranya sebagai dosen, staff hingga petugas keamanan dan kebersihan. Hingga penelitian ini dilakukan, proses penilaian kinerja yang dilakukan oleh wakil ketua II bidang kepegawaian masih dilakukan secara manual, dimana wakil ketua II dibantu oleh kepala BAU menyebarkan lembar penilaian kepada karyawan yang ada di lingkungan STIKOM Dinamika Bangsa. Lembar penilaian tersebut diisi secara manual oleh karyawan yang menilai. Setelah karyawan yang menilai telah mengisi lembar penilaian, selanjutnya diserahkan kepada kepala BAU atau Wakil Ketua II untuk dikumpulkan. Setelah lembar penilaian terkumpul, maka selanjutnya wakil ketua II dibantu oleh Kepala BAU melakukan proses tabulasi terhadap lembar penilaian yang diinputkan kedalam Microsoft Excel. Selanjutnya dari hasil pengolahan Microsoft Excel hasil penilaian baru dapat dilaporkan ke ketua.

Dalam penelitian ini pemodelan yang digunakan adalah usecase yang digunakan untuk melakukan pemodelan sistem informasi yang akan di buat. Usecase mendeskripsikan sebuah interaksi antara satu atau lebih actor dengan sistem informasi yang akan di buat, usecase di gunakan untuk mengetahui fungsi apa saja yang ada di dalam sebuah sistem pendukung keputusan ini dan siapa saja yang menggunakan fungsi – fungsi itu [9].

Use case diagram digunakan untuk menspesifikasikan perilaku sistem (atau bagian dari sistem secara keseluruhan) yang harus dipenuhi oleh sistem yang akan dikembangkan [10,11,12]. Berdasarkan analisa kebutuhan sistem, maka dapat diasumsikan usecase diagram sistem pendukung keputusan untuk penilaian kinerja karyawan pada STIKOM Dinamika Bangsa Jambi dengan menggunakan metode AHP melalui diagram use case berikut ini.

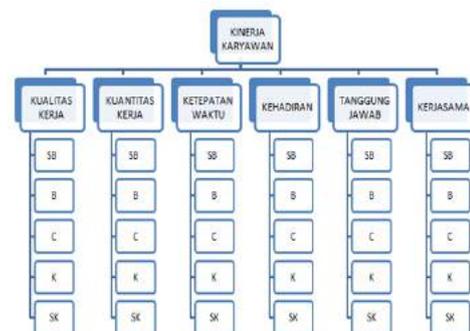


Gambar 2. Use Case diagram Penilaian kinerja Karyawan pada STIKOM Dinamika Bangsa

Di dalam use case diagram terdapat beberapa use case sebagai berikut: *Use Case login* yang dilakukan oleh admin, pejabat struktural dan karyawan, *Use Case mengelola data karyawan*, dimana use case ini menjabarkan bagaimana proses dari mengelola data karyawan. *Use Case mengelola data user* menjelaskan bagaimana proses dari mengelola data user. *Use Case mengelola data kriteria* bagaimana proses dari mengelola data kriteria. *Use Case mengelola data sub kriteria* menjelaskan bagaimana proses dari mengelola data sub kriteria. *Use Case mengelola data penilaian karyawan* menjelaskan bagaimana proses dari mengelola data penilaian karyawan. *Use Case proses perhitungan* menjelaskan bagaimana proses perhitungan dilakukan. *Use Case melihat cetak hasil* menampilkan informasi hasil dari proses perhitungan yang dilakukan oleh admin.

#### 3.1. Analisis Penilaian Kinerja dengan AHP

Suatu kriteria seleksi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kriteria penilaian yang digunakan oleh organisasi dalam menentukan penilaian kinerja karyawan. Misalnya dalam proses penilaian kinerja karyawan ada beberapa kriteria penilaian dalam menentukan penilaian seperti Kualitas kerja, kuantitas kerja, ketepatan waktu, penyesuaian pekerjaan, kehadiran, tanggung jawab dan kerjasama. Masing-masing kriteria ini memiliki standar nilai berupa jangkauan nilai yang dipakai. Dalam kasus ini dapat diperlihatkan tahap penilaian kinerja karyawan kedalam bentuk hierarki seperti tampak pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Hierarki Proses Penilaian kinerja karyawan

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menentukan penilaian kinerja karyawan adalah sebagai berikut:

Langkah pertama menentukan skala perbandingan berpasangan yang mengacu pada bobot kriteria penilaian kinerja karyawan dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Skala Perbandingan Berpasangan Kriteria Kinerja Karyawan

Kriteria / Alternatif	Kualitas kerja	Kuantitas	Ketepatan Waktu	Penyelesaian pekerjaan	Kehadiran	Tanggung jawab	Kerja sama
Kualitas Kerja	1	3	3	3	3	3	3
Kuantitas Kerja	1/3	1	3	3	3	3	3
Ketepatan Waktu	1/3	1/3	1	3	1	3	3
Penyelesaian Pekerjaan	1/3	1/3	1/3	1	3	3	3
Kehadiran	1/3	1/3	1/3	1/3	1	3	3
Tanggung Jawab	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	3
Kerja Sama	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1

Langkah kedua yaitu menghitung tiap jumlah kolom pada matriks perbandingan kriteria yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3  $\sum$  Kolom Kriteria Kinerja Karyawan

Kriteria / Alternatif	Kualitas kerja	Kuantitas	Ketepatan Waktu	Penyelesaian pekerjaan	Kehadiran	Tanggung jawab	Kerja sama
Kualitas Kerja	1,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Kuantitas Kerja	0,330	1,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Ketepatan Waktu	0,330	0,330	1,000	3,000	1,000	3,000	3,000
Penyelesaian Pekerjaan	0,333	0,330	0,330	1,000	3,000	0,200	3,000
Kehadiran	0,333	0,330	0,330	0,330	1,000	3,000	3,000
Tanggung Jawab	0,330	0,330	0,333	0,330	0,333	1,000	3,000
Kerja Sama	0,330	0,333	0,333	0,333	0,330	0,330	1,000
Jumlah	2,987	5,653	8,327	10,993	11,663	13,530	19,000

Langkah ketiga yaitu melakukan pembagian penilaian perbandingan dengan jumlah kolom dapat dilihat pada tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Tiap kolom kriteria /  $\sum$  Kolom Kriteria kinerja karyawan

Kriteria / Alternatif	Kualitas kerja	Kuantitas	Ketepatan Waktu	Penyelesaian pekerjaan	Kehadiran	Tanggung jawab	Kerja sama
Kualitas Kerja	1/2,987	3/5,653	3/8,319	3/10,99	3/11,66	3/13,53	3/19
Kuantitas Kerja	0,33/2,987	1/5,653	3/8,319	3/10,99	3/11,66	3/13,53	3/19
Ketepatan Waktu	0,333/2,987	0,33/5,653	1/8,319	3/10,99	3/11,66	3/13,53	3/19
Penyelesaian Pekerjaan	0,33/2,987	0,33/5,653	0,33/8,319	1/10,99	3/11,66	3/13,53	3/19
Kehadiran	0,33/2,987	0,33/5,653	0,33/8,319	0,33/10,99	1/11,66	3/13,53	3/19
Tanggung Jawab	0,33/2,987	0,33/5,653	0,33/8,319	0,33/10,99	0,33/11,66	1/13,53	3/19
Kerja Sama	0,33/2,987	0,33/5,653	0,33/8,319	0,33/10,99	0,33/11,66	0,33/13,53	1/19

Langkah keempat adalah hasil pembagian pada setiap kolom, maka kriteria pembagian pada setiap kolom ditambahkan untuk mendapatkan hasil TVP. Dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5  $\sum$  Baris / n Kriteria Kinerja Karyawan

Kriteria / Alternatif	Kualitas kerja	Kuantitas	Ketepatan Waktu	Penyelesaian pekerjaan	Kehadiran	Tanggung jawab	Kerja sama	Jumlah	TPV
Kualitas Kerja	0,335	0,531	0,360	0,273	0,257	0,222	0,158	2,136	0,305
Kuantitas Kerja	0,110	0,177	0,360	0,273	0,257	0,222	0,158	1,557	0,222
Ketepatan Waktu	0,110	0,058	0,120	0,273	0,086	0,222	0,158	1,027	0,147
Penyelesaian Pekerjaan	0,112	0,058	0,040	0,091	0,257	0,015	0,158	0,730	0,104
Kehadiran	0,112	0,058	0,040	0,030	0,086	0,222	0,158	0,705	0,101
Tanggung Jawab	0,110	0,058	0,040	0,030	0,029	0,074	0,158	0,499	0,071
Kerja Sama	0,110	0,059	0,040	0,030	0,028	0,024	0,053	0,345	0,049

Untuk hasil perhitungan kolom kriteria kinerja karyawan pada tabel 3 dengan tabel 5 dapat dilihat pada tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Hasil perhitungan kolom kriteria dengan baris kriteria

Kriteria / Alternatif	Kualitas kerja	Kuantitas	Ketepatan Waktu	Penyelesaian pekerjaan	Kehadiran	Tanggung jawab	Kerja sama	Jumlah	TPV	Total
Kualitas Kerja	0,335	0,531	0,360	0,273	0,257	0,222	0,158	2,136	0,305	2,390
Kuantitas Kerja	0,110	0,177	0,360	0,273	0,257	0,222	0,158	1,557	0,222	1,740
Ketepatan Waktu	0,110	0,058	0,120	0,273	0,086	0,222	0,158	1,027	0,147	1,097
Penyelesaian Pekerjaan	0,112	0,058	0,040	0,091	0,257	0,015	0,158	0,730	0,104	0,792
Kehadiran	0,112	0,058	0,040	0,030	0,086	0,222	0,158	0,705	0,101	0,721
Tanggung Jawab	0,110	0,058	0,040	0,030	0,029	0,074	0,158	0,499	0,071	0,510
Kerja Sama	0,110	0,059	0,040	0,030	0,028	0,024	0,053	0,345	0,049	0,365

Langkah kelima TVP ( total Prioritas Value ) / bobot prioritas pada table 6 digunakan sebagai bobot kriteria seperti terlihat pada table 7 berikut.

Tabel 7. Bobot Kriteria Kinerja Karyawan

Kriteria	Bobot
Kualitas Kerja	0,163
Kuantitas Kerja	0,049
Ketepatan Waktu	0,247
Penyelesaian Pekerjaan	0,097
Kehadiran dan Ketepatan waktu	0,189
Tanggung Jawab	0,222
Kerja Sama	0,033

Langkah keenam selanjutnya nilai masing-masing sel pada vector hasil perkalian tersebut dibagi dengan nilai masing-masing sel pada vector prioritas sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} 2,390 \\ 1,740 \\ 1,097 \\ 0,792 \\ 0,721 \\ 0,510 \\ 0,365 \end{bmatrix} \div \begin{bmatrix} 0,305 \\ 0,222 \\ 0,147 \\ 0,104 \\ 0,101 \\ 0,071 \\ 0,049 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7,836 \\ 7,838 \\ 7,463 \\ 7,615 \\ 7,139 \\ 7,183 \\ 7,449 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Gambar 4. Perhitungan menentukan nilai vektor

Langkah ketujuh mencari nilai rata-rata dari keseluruhan kriteria (  $\lambda_{maks}$  ), dengan cara sebagai berikut:

$$\lambda_{maks} = \frac{\lambda_{maksK1} + \dots + \dots + \lambda_{maksKn}}{n} \quad (2)$$

Maka :

$$\lambda_{maks} = \frac{7,836 + 7,838 + 7,463 + 7,615 + 7,139 + 7,183 + 7,449}{7}$$

$$\lambda_{maks} = 7,489$$

Langkah kedelapan mencari nilai *Consistency Index* (CI), yaitu dengan persamaan :

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \tag{3}$$

Maka :  $CI = \frac{7,489 - 7}{7 - 1} = 0,08153$

Langkah kesembilan kemudian mencari *Consistency Ratio* (CR) yaitu table nilai index random, dengan persamaan:

$$CR = CI/RI \tag{4}$$

Ket :

- CR : *Consistency Ratio*
- CI : *consistency Index*
- RI : *Random Index*

Untuk menentukan RI (*Random Index*) sudah mengacu pada tabel yang ditentukan seperti di bawah ini.

Tabel 8. Daftar *index random* konsistensi (IR) (Menurut Thomas L Saaty )

Ukuran Matriks	Nilai IR
1,2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,54
13	1,56
14	1,57
15	1,59

Maka :  $CR = 0,08153 / 1,32$   
 $CR = 0,06176$

Rasio konsistensi matriks kriteria bernilai 0,06176 ( $\leq 0,1$ ) yang menunjukkan konsistensi baik atau diterima. Dan hal ini dapat dilakukan juga pada kriteria yang lainnya dengan menggunakan cara yang sama.

### 3.2. Implementasi Penilaian Kinerja Karyawan

Untuk dapat melakukan implementasi ini penulis telah memuat aplikasi ini melalui web Stikom dengan alamat [www.kinerja.stikom-db.ac.id](http://www.kinerja.stikom-db.ac.id). Untuk masuk ke menu utama terlebih dahulu melakukan login. Login diberikan kepada tiga level berupa Admin, Pejabat Struktural dan Karyawan. Tampilan utama aplikasi dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Tampilan login Aplikasi kinerja karyawan

Setelah melakukan login maka akan tampil halaman utama aplikasi ini yang dapat dilihat pada gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Tampilan Menu Utama Aplikasi kinerja Karyawan

Untuk dapat menginput penilaian karyawan dapat dilakukan pada menu penilaian yang ditunjukkan pada gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Tampilan Menu pengisian penilaian kinerja

Dari penginputan pada menu penilaian kinerja seperti yang ditunjukkan pada gambar 7, maka diperoleh hasil penilaian yang ditunjukkan pada gambar 8. Sedangkan untuk peringkat hasil penilaian terdiri dari Sangat baik dengan skor  $>0,830$ , Baik dengan skor 0,64-0,83, selanjutnya Cukup Baik dengan skor 0,40-0,63. Sedangkan Kurang Baik dengan skor 0,22-0,39 dan untuk sangat kurang dengan skor dibawah 0,22.

Dari hasil implementasi yang dilakukan oleh karyawan dan dosen di lingkungan STIKOM Dinamika Bangsa Jambi sebanyak 20 orang, maka diperoleh hasil kinerja karyawan berdasarkan kriteria sebagai berikut : Sangat baik sebanyak 8 orang, Baik sebanyak 2 orang, cukup baik sebanyak 5 orang. Selanjutnya untuk kriteria kurang baik sebanyak 5 orang.



**STIKOM DINAMIKA BANGSA JAMBI**  
PENILAIAN KINERJA KARYAWAN

—HASIL PROSES PENILAIAN—

NIK	Nama	Bagian / Posisi	Hasil
YOB 07 84 000	Bang, S. Kham, M.Si	Dosen / Kainord TI	1
YOB 04 79 000	Setiawan Asagari, Ph. D	Dosen / Ketua	1
YOB 02 78 000	Hurmatyul, S. Kham, M.Kham	Dosen / Ka. LPPPI	1
YOB 02 72 009	Abdul Muzid	Security	0.9949
YOB 02 75 000	Bahri Purnama, SE, M.Kham	Dosen / Ketua UPIK	0.9443
YOB 08 80 000	Alihan Sumito, S.Kham, MSi	Dosen / Kepala Pustak 1	0.9363
YOB 02 71 000	Jawani, S. Kham, M.Kham	Ka. Sistem Career	0.9048
YOB 11 90 005	H. Fawad Anam, Suka, S. Kham, M.Kham	Dosen / Tutor	0.8991
YOB 09 87 078	Herli, S. Kham, MSi	Dosen / Tutor	0.8887
YOB 08 83 000	Dedy Hendana	BAKAT	0.778
YOB 08 84 000	Ahmad Zuhri	Staff Prodi	0.6511
YOB 11 83 078	Herli Yanti, S. Kham, MSi	Dosen / Kaprodi SI	0.5381
YOB 04 81 001	Harobawan, S. Kham, MSi	Dosen / Pustak 2	0.4749
YOB 11 88 000	Abdul Hamid, S. Kham, MSi	Dosen / Direktur STSI/Old Career	0.4654
YOB 09 82 000	Dedy Anandani, ST, MSi	Dosen / Kainord SI	0.4972
YOB 03 00 004	Herjendo	Dosen	0.3990
YOB 08 84 000	Irena Sari Wijaya, S. Kham, MSi	Dosen / Tutor	0.3928
YOB 11 88 000	Martono, S. Kham, M.Kham	Dosen / Tutor	0.3685
YOB 04 79 000	Sharqulh, S. Kham, M.Kham	Dosen / Tutor	0.3021
YOB 02 79 001	Rivan-Riy	Dosen	0.2880

Gambar 7. Hasil Proses Penilaian Kinerja Karyawan

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian yang disampaikan pada bagian sebelumnya, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penilaian kinerja karyawan adalah hal yang sangat penting dilakukan di dalam suatu organisasi karena didalamnya memuat tentang seberapa besar peranan karyawan dalam melakukan pekerjaannya. Dan dari hasil penilaian tersebut pihak manajemen dapat mengambil keputusan yang akan dibuat untuk menentukan *rewards and punishment*.
2. Dari hasil penelitian ini didapat bahwa aplikasi yang telah dibuat mampu untuk menentukan penilaian kinerja karyawan dengan baik dan akurat.
3. Hasil dari penelitian ini berupa peringkat penilaian kinerja yang dibuat berdasarkan urutan melalui batasan warna. Dengan demikian dapat diketahui secara langsung peringkat penilaian karyawan tersebut.

Berdasarkan kesimpulan dan penjelasan pada bagian sebelumnya, saran yang dapat penulis sampaikan dalam kesempatan ini adalah sebagai berikut.

1. Meskipun hasil penelitian ini dapat menghasilkan peringkat penilaian kinerja karyawan, namun ini tidak dijadikan acuan untuk pengambilan keputusan. Karena aplikasi ini hanyalah sebagai alat bantu untuk pengambilan keputusan manajemen. Hal ini dapat dilihat pada bobot kriteria yang bisa diatur tergantung dari kebijakan manajemen.
2. Karena hasil penelitian ini masih bersifat mendasar dan sederhana, maka hasil penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut sehingga dalam penilaian kinerja karyawan STIKOM Dinamika Bangsa Jambi dapat mewujudkan hasil penilaian kinerja dengan baik, terukur, transparansi dan profesional.

#### Daftar Acuan

- [1] Kusriani, 2007, "Konsep dan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan", Penerbit Andi, Yogyakarta
- [2] Suryadi dan Ramdhani, 1998, "Sistem Pendukung Keputusan", Penerbit PT Remaja Rosdakarya Bandung, Bandung
- [3] Malayu S.P. Hasibuan. (2006). Manajemen Sumber Daya Manusia. Jakarta: BumiAksara
- [4] Hadari Nawawi. (2006). Evaluasi dan Manajemen Kinerja di Lingkungan Perusahaan dan Industri. Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- [5] Dina Nurhayati. 2008. Pengaruh Gaya Kepemimpinan Dan Iklim Kerja Terhadap Kinerja Karyawan Perusahaan Kerajinan AKP CRAFT Bantul. Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta.
- [6] Suyadi Prawirosentono. (2008). Manajemen Sumber Daya Manusia "Kebijakan Kinerja Karyawan". Yogyakarta: BPFE
- [7] Kadarsah, Suryadidan M Ali Ramdani.(1998). Sistem Pendukung Keputusan. PT Remaja
- [8] Saaty, T.L., The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York. 1980.
- [9] Laudon, Kenneth C., Laudon, Jane P. (2003). Management Information System, 7 th. Edition. Prentice Hall, Inc, New Jersey.
- [10] Eko Nugroho. , 2008, *Sistem Informasi Manajemen Konsep, Aplikasi, dan Perkembangan*. Yogyakarta : Andi.
- [11] Sholih., Imam Robandi. , 2010, *Analisis dan Perancangan Berorientasi Objek*. Bandung : CV. Muara Indah.
- [12] Adi Nugroho. , 2005, *Analisis dan Perancangan Sistem Informasi dengan Metodologi Berorientasi Objek*. Bandung : Informatika Bandung.

# Media Pembelajaran *Daily Activity* Bagi Anak Tuna Grahita Berbasis *Augmented Reality*

Fajri Profesio Putra<sup>1</sup>, Lidya Wati<sup>2</sup> dan Sri Mawarni<sup>3</sup>

1. Teknik Informatika, Politeknik Negeri Bengkalis, Jln Bathin Alam Sungai Alam, Bengkalis, 28711, Indonesia

E-mail: fajri@polbeng.ac.id

## Abstrak

Anak tuna grahita adalah mereka yang kecerdasannya berada di bawah rata-rata IQnya berkisar antara 40-70, keterbatasan untuk memahami keterampilan dalam mengurus diri sendiri dan menanamkan konsep pengetahuan kepada anak tuna grahita bukanlah hal yang mudah, guru dituntut untuk memiliki keterampilan, kreatifitas yang tinggi dalam memilih materi media dan metode yang sesuai dengan kondisi dan kemampuan anak. Tujuan penelitian ini membangun animasi yang berisikan kegiatan sehari-hari (*daily activity*) yang dapat dijadikan media pembelajaran bagi anak tuna grahita. Pembuatan media ini menggunakan aplikasi adobe flash untuk desain karakter dan animasi, dan unity untuk penerapan aplikasi berbasis *augmented reality*. Hasil pembuatan aplikasi ini berupa animasi urutan kegiatan sehari-hari yaitu mulai dari bangun tidur, cara membersihkan diri, berpakaian, makan sampai istirahat tidur. Media ini diterapkan pada media smartphone berbasis android dan diharapkan dapat menjadi sarana belajar untuk mengenal *daily activity* pada anak-anak usia dini dan secara khusus untuk anak-anak tuna grahita.

## Abstract

Mentally disabled child are those that intelligence is under the average IQ ranges between 40-70, to understand the limitations of skills in care of themselves and instill the concept of knowledge to mentally disabled children is not easy, teachers are required to have skills, high creativity in selecting media materials and methods in accordance with the conditions and abilities. The purpose of this study build animations containing daily activities (*daily activity*) that can be used as a medium of learning for mentally disabled children. Making this media using adobe flash applications for character design and animation, and unity for the application of augmented reality-based applications. The result of making this application in the form of an animated sequence of daily activities starting from waking up, clean themselves, getting dressed, eating up a break to sleep. This media is applied to the media and the android based smart phone is expected to be a means to learn to know the daily activity at an early age children and specifically for mentally disabled children.

**Keywords:** *daily activity, childhood, mentally disabled, augmented reality*

## 1. Pendahuluan

Anak tuna grahita adalah mereka yang kecerdasannya berada di bawah rata-rata, IQnya berkisar antara 40-70 menggunakan skala sistem penilaian WISC [1]. Anak-anak tersebut dapat melakukan pekerjaan dan tugas-tugas seperti mengikuti pendidikan di sekolah dasar atau di sekolah luar biasa bagian C, kegiatan menolong diri sendiri, sangat memerlukan bantuan dari orang lain. Dalam menanamkan konsep pengetahuan kepada anak tuna grahita bukanlah hal yang mudah, guru dituntut untuk memiliki keterampilan, kreatifitas yang tinggi dalam memilih materi media dan metode yang sesuai

dengan kondisi dan kemampuan anak sehingga pembelajaran lebih menarik dan dapat tercapai tujuan pembelajaran yang diharapkan [2]

Bina diri adalah suatu pembinaan dan pelatihan tentang kehidupan sehari-hari yang diberikan kepada anak berkebutuhan khusus yang bersekolah di sekolah luar biasa maupun di sekolah inklusi yang menyelenggarakan pendidikan untuk anak berkebutuhan khusus [3]. Bina diri yang dimaksud adalah kemampuan dalam kehidupan sehari-hari yaitu kegiatan yang dilakukan dari mulai tidur dan tidur kembali, dikenal dengan istilah ADL (*Activity of Daily Living*).

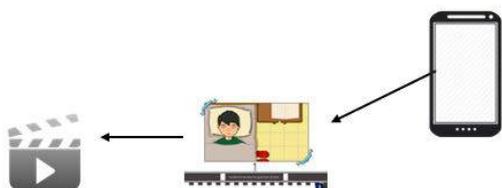
Pembelajaran *daily activity* di sekolah dapat mengembangkan kemampuan motorik anak, salah satunya dalam memahami beberapa aktivitas seperti bangun tidur, mandi, berpakaian dan makan, serta mampu untuk menerapkan kegiatan mandiri tersebut ketika dirumah. Oleh karena itu dibutuhkan suatu media pembelajaran untuk membangkitkan minat anak untuk mengenal dan menghafal *daily activity*, salah satunya cara yaitu dengan membuat pengenalan menjadi lebih menarik yaitu menggunakan media pembelajaran seperti teknologi multimedia [4]. Adapun dalam perkembangannya teknologi banyak diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari, termasuk didalamnya penggunaan media pembelajaran berbasis multimedia.

Augmented reality merupakan sebuah teknologi yang dapat menggabungkan benda maya dua dimensi ataupun tiga dimensi kedalam lingkungan nyata dan kemudian memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam waktu nyata [5]. Teknologi augmented reality, dapat membantu dalam menyampaikan suatu informasi kepada pengguna [6]. Tujuan augmented reality adalah untuk memberikan pemahaman kepada seseorang dengan menambahkan informasi dalam bentuk virtual yang dapat ditampilkan pada secara langsung pada lingkungan asli.

AR memiliki salah satu kelebihan antara lain yaitu dapat diimplementasikan secara luas dalam berbagai media, penggunaan teknologi AR pada proses pembelajaran siswa sekolah diharapkan dapat merangsang siswa agar tertarik dan tidak cepat bosan dalam belajar [7]. Diharapkan dapat memudahkan guru dalam proses belajar mengajar untuk kegiatan bina diri kepada siswa PAUD pada umumnya dan khususnya siswa tuna grahita.

## 2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini aplikasi yang dibangun mampu untuk mengenali sebuah marker kemudian akan memainkan sebuah animasi terkait dengan *daily activity*. Marker yang dibangun terdiri dari 14 marker dan setiap marker mewakili satu buah aktifitas. Aplikasi ini dijalankan menggunakan smartphone yang menggunakan platform android tanpa harus menggunakan akses internet. Gambar 1 menampilkan gambaran penggunaan sistem.



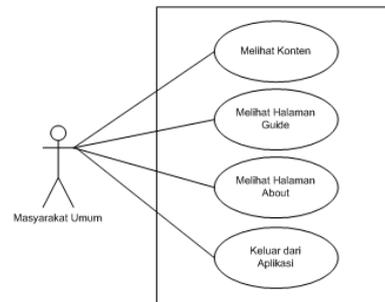
Gambar 1. Gambaran Umum Sistem

User akan mengarahkan kamera handphone kepada marker kemudian berdasarkan marker yang dideteksi otomatis akan menampilkan salah satu animasi *daily activity*.

### 2.1 Perancangan Sistem

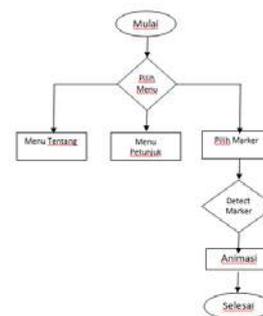
Perancangan sistem dalam penelitian menggunakan *Unified Modelling Language (UML)*. UML merupakan suatu cara yang telah menjadi standar dalam industri untuk visualisasi, merancang dan mendokumentasikan sistem piranti lunak [8]. Penelitian ini menggunakan UML sebagai gambaran sistem yang meliputi *use case diagram*, *activity diagram* dan *sequence diagram*.

Berikut ini merupakan *use case diagram* aplikasi *Daily Activity* versi 1.0 yang dirancang, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Use Case Diagram

Berikut ini adalah blok utama dari sistem yang dirancang:



Gambar 3. Flow Chart Sistem

Pada Gambar 3 dapat dilihat ketika aplikasi dijalankan pengguna dapat memilih beberapa menu. Untuk menjalankan animasi *daily activity* user memilih menu utama kemudian mengarahkan kamera kepada marker. Marker yang di detect oleh kamera maka akan otomatis menjaankan animasi berdasarkan marker yang terditeksi. Contoh jika diarahkan kepada marker untuk aktifitas bangun tidur makan akan menampilkan animasi ketika bangun pagi. Hasil keluaran dari aplikasi berdasarkan marker yang dideteksi oleh kamera smartphone.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan aplikasi *daily activity* menggunakan *augmented reality* sehingga kamera dapat mengenali *marker* untuk menampilkan animasi. Marker tersebut mewakili 7 aktivitas terdiri dari aktifitas bangun pagi, mandi, berpakaian, di sekolah, makan, belajar dan kembali tidur malam. Setiap animasi berisikan gambar animasi dan diiringi oleh suara. Tampilan utama aplikasi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Utama Aplikasi Daily Activity

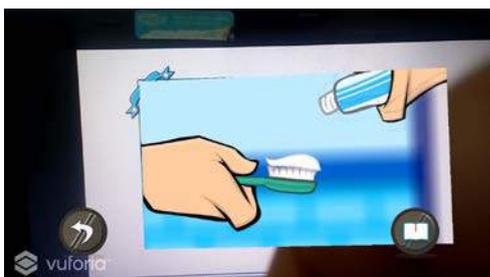
#### a. Marker untuk Augmented Reality



Gambar 5. Marker Untuk Salah Satu Aktifitas

Pada Gambar 5 menampilkan marker untuk salah satu aktifitas yaitu untuk kegiatan dikamar mandi (gosok gigi).

#### b. Marker tampilan konten video



Gambar 6. Tampilan Konten Video

Gambar 6 menampilkan konten video berdasarkan marker dari gambar 5. Potongan script pada Gambar 7 adalah untuk pemanggilan video adalah sebagai berikut :

```
if (m_path == null || m_path.Length == 0)
{
    Debug.Log("Please set a video url in the Inspector");
    HandleStateChanged(VideoPlayerHelper.MediaState.ERROR);
    mCurrentState = VideoPlayerHelper.MediaState.ERROR;
    this.enabled = false;
}
```

Gambar 7. Source Code Pemanggilan Video

#### c. Tampilan menu aplikasi



Gambar 8. Tampilan Menu Petunjuk Aplikasi

Menu petunjuk aplikasi pada gambar 8 digunakan untuk membantu user dalam penggunaan aplikasi.

#### 3.2 Pembahasan

Metode pengujian yang digunakan adalah dengan menguji performa aplikasi. Berikut merupakan skenario pengujian :

1. Penginstallan aplikasi pada sistem operasi *Android* yang berbeda.
2. Pengujian kecepatan aplikasi untuk menampilkan *splash screen* pada sistem operasi *Android* yang berbeda.
3. Pengujian kecepatan aplikasi untuk menampilkan konten video pada sistem operasi *Android* yang berbeda.
4. Pengujian banyak marker yang dapat dideteksi untuk menampilkan video.

Pengujian perangkat lunak dilakukan pada lingkungan yang disesuaikan standar kebutuhan. Aplikasi *Daily Activity* diuji coba pada lingkungan *smartphone* dengan sistem operasi *Android* versi *Jelly Bean* (4.2.2) dan RAM 1GB, *Android* versi *KitKat* (4.4.2) dan RAM 1GB, dan *Android* versi *Lollipop* (5.1) dan RAM 2GB. Setelah melakukan pengujian performa terhadap Aplikasi *Daily Activity* menggunakan multi marker *augmented reality*, maka hasil pengujian tersebut disajikan ke dalam table 1. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Pengujian Performa**

No	Pengujian (Sistem Operasi Android)	Spesifikasi	Hasil Pengujian (Marker)	Waktu Proses
1	<b>Jelly Bean 4.2</b>			
	Splash screen	1 GB	Nama pengembang tidak terlihat	00:00:44.82
	Lihat video	7,0 Inchi	Hanya beberapa video bisa dijalankan, aplikasi close otomatis	00:00:00.54
	Deteksi Marker	1 GHz Dual Core	Hanya mendeteksi 4 marker	00:00:35.1
	Kesesuaian tampilan		Gambar sesuai ukuran layar	-
2	<b>Ice Cream Sandwich 4.4</b>			
	Splash screen	1 GB	Berjalan lancar	00:00:53.32
	Lihat video	7,0 Inchi	Hanya bisa 11 video dari 14 video	00:00:00.54
	Deteksi Marker	Quad-core 1.3 GHz Cortex	Hanya mendeteksi 11 marker	00:00:35.1
	Kesesuaian tampilan		Gambar sesuai ukuran layar	-
3	<b>Kit Kat 5.0</b>			
	Splash screen	1 GB	Sesuai perancangan	00:00:57.3
	Lihat video	5.0 Inchi	Semua bias dijalankan lancar	00:00:00.54
	Deteksi Marker	Quad-core 1.3 GHz	Deteksi semua Marker	00:00:00.51
	Kesesuaian tampilan		Gambar sesuai ukuran layar	-

Berdasarkan Tabel 1 diatas, dapat diketahui bahwa pengujian yang dilakukan terhadap Aplikasi Media Pembelajaran *Daily Activity* Bagi Anak Tuna Grahita Berbasis Augmented Reality secara umum dapat berjalan pada sistem operasi android versi Jelly Bean (4.1.2), KitKat (4.4) hingga Lollipop (5.0). Untuk processor dibawah 1 GHz, aplikasi tidak dapat dijalankan dengan baik pada pengujian. Semakin tinggi versi android dan semakin besar ukuran Processor yang digunakan, maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses dan jumlah marker yang dapat dijalankan dapat dideteksi secara keseluruhan.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Aplikasi ini dapat digunakan sebagai salah satu sarana pembelajaran untuk anak usia dini dan khususnya untuk tuna grahita dalam pengenalan *daily activity*.
2. Aplikasi ini dapat menampilkan konten video animasi *daily activity* dengan menggunakan masing-masing marker yang mewakili setiap kegiatan.
3. Aplikasi dapat berjalan pada sistem operasi android mulai dari Jelly Bean (4.1.2), KitKat (4.4) hingga Lollipop (5.0).
4. Aplikasi dapat membaca marker dengan baik jika smartphone yang digunakan memiliki spesifikasi RAM 1 GB, media penyimpanan 8 GB, sistem operasi Android versi Lollipop (5.1), dan processor di atas 1 GHz.

Aplikasi Media Pembelajaran *Daily Activity* Bagi Anak Tuna Grahita Berbasis Augmented Reality ini dapat dikembangkan dari segi informasi yang ingin disampaikan. Penggunaan objek animasi berbasis 3 dimensi dapat diterapkan agar objek yang ditampilkan lebih terlihat nyata. Animasi 3 dimensi ini dapat dibuat dengan menggunakan aplikasi Blender 3D kemudian diimport ke Unity dalam format \*.fbx.

#### Daftar Acuan

- [1]. Amin, Moh, 1995. *Orthopedagogik Anak Tunagrahita*. Jakarta : Depdikbud Dirjen Dikti.
- [2]. Rahayu, Endang Sri, Ardisal, dan Marlina, 2014, *Meningkatkan Kemampuan Mengenal Rambu- Rambu Di Sekolah Melalui Metode Simulasi Bagi Anak Tunagrahita Ringan Kelas Vii Slb N Center Payakumbuh*, E-JUPEKhu, Vol. 3 No. 3
- [3]. Yani, Wat Putri, Sopandi, Asep Ahmad, dan Kasiyati, 2013, *Meningkatkan Kemampuan Bina Diri Melalui Metode Simulasi Bagi Anak*

*Tunagrahita Sedang Di Slb Bina Bangsa Padang, E-JUPEKhu Vol. 2 No. 3.*

- [4]. Azhima F., *Memudarnya Kebudayaan Tradisional Indonesia dan Mendarah Dagingnya Kebudayaan Western*, Jurnal Pengantar Ilmu Hubungan Internasional, Universitas Al- Azhar Indonesia, 2013)
- [5]. Nugroho, R.P.A., dan Fatta, H.A., 2012, Teknologi Augmented Reality Sebagai Media Informasi Pemasaran Pada Kupu-Kupu Malam Car Auto-Fashion, *Jurnal Dasi*, (13) 4, 29-32.
- [6]. Martono, K.T., 2011, Augmented Reality Sebagai Metafora Baru dalam Teknologi Interaksi Manusia dan Komputer. *Jurnal Sistem Informasi*, (1) 2, 60-64.
- [7]. Yushastara, Brian, 2012, *Teknologi Augmented Reality Untuk Buku Pembelajaran Pengenalan Hewan Pada Anak Usia Dini Secara Virtual*. Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Amikom.
- [8]. Sulistyorini, P., 2009, Pemodelan Visual dengan Menggunakan UML dan Rational Rose, *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, (14) 1, 23-29.

# Efektifitas Sistem Deteksi Kesalahan Pengambilan Citra Sidik Jari Menggunakan LVQ

Yoyok Supriyono<sup>1</sup>,Sukarjadi<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro,Politeknik SAKTI Surabaya  
Jl. Jemursari Selatan IV/3,Surabaya 60111

E-mail: yoyok supri@gmail.com

## Abstrak

Pada bidang *security* teknologi,Identifikasi sidik jari merupakan suatu pilihan yang tepat karena bentuk sidik jari yang *unique*,dan selalu berbeda pada setiap sidik jari manusia.Hal ini banyak dipakai oleh para ahli *forensic* didalam investigasi kriminal,dan data penduduk. Untuk mengurangi banyaknya kesalahan dalam pengambilan data sidik jari dilakukan deteksi kesalahan pengambilan sidik jari. Pada penelitian ini dilakukan klasifikasi kesalahan sidik jari Normal,sidik jari kotor,sidik jari rotasi,sidik jari sebagian ,dan sidik jari berminyak.,dengan LVQ Algoritm dapat melakukan klasifikasi berdasarkan jarak bobot yang paling kecil. Deteksi kesalahan pengambilan sidik jari ini dimulai dengan pengambilan 150 sidik jari dibagi dalam sidik jari normal,sidik jari kotor,sidik jari rotasi,sidik jari sebagian,dan sidik jari berminyak dilakukan pencarian ciri dan dilanjutkan dengan pendekatan LVQ Algoritm,menghasilkan ketepatan deteksi pada 5 klas mencapai 97%. Hal ini menunjukkan pendekatan dengan LVQ sangat tepat.

**Kata kunci:** Jenis Kesalahan Sidik jari, Feature Ekstraction, LVQ Algoritm.

## I. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi yang sudah semakin maju pelayanan dan keamanan kepada masyarakat juga semakin ditingkatkan. Untuk menghindari terjadinya identitas lebih dari satu perlu dipakai identitas yang *uniq* yang setiap user selalu berbeda,untuk itu perlu membuat suatu kunci identitas yang *uniq* dengan menggunakan teknologi Biometrik yang tepat dengan menggunakan sidik jari.

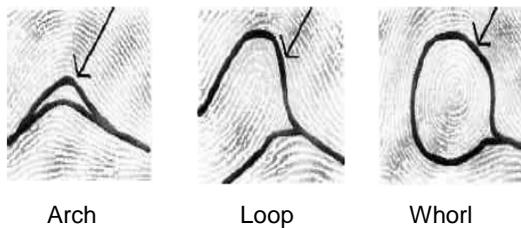
Diantara seluruh indikator biometric,sidik jari memiliki keandalan yang sangat tinggi dan sering digunakan oleh para ahli *forensic* didalam investigasi kriminal. Sidik jari telah dipercaya memiliki keunikan khusus dimana setiap manusia didunia memiliki satu ciri sidik jari yang unik yang tidak akan pernah sama dengan sidik jari manusia lain. Pada pengambilan data sidik jari di masyarakat banyak mengalami keluhan dan kesulitan yang terjadi bila pengambilan sidik jari tidak pada kondisi dan letak yang baik, misalkan sidik jari hanya dibaca sebagian ,posisi sidik jari yang salah, kotor , berminyak,kendala ini menyebabkan banyak pengulangan pengambilan data maupun pencocokan data. Kondisi ini membuang banyak waktu dan tenaga untuk mengulanginya, untuk itu kesalahan pengambilan sidik jari dikelompokkan pada 5 kesalahan pengambilan sidik jari diantaranya : sidik

jari normal,sidik jari kotor,sidik jari berminyak,sidik jari sebagian,dan sidik jari rotasi.Pola sidik jari berisikan Pada pemakaian sidik jari di masyarakat banyak mengalami keluhan dan kesulitan yang terjadi bila kondisi tangan tidak sesuai dengan Pengambilan data yang tepat dikarenakan Sidik jari hanya dibaca sebagian ,posisi sidik jari yang salah, kotor, berminyak,dan kesalahan tersebut tidak terdeteksi ,kendala ini menyebabkan banyak pengulangan pengambilan data maupun pencocokan data. Kondisi ini membuang banyak waktu dan tenaga untuk mengulanginya,dengan kesalahan dari pengambilan sidik jari menjadikan data sulit dibaca,untuk itu dibut penelitian untuk deteksi kesalahan pengambilan sidik jari pada 5 kesalahan pengambilan sidik jari diantaranya : sidik jari normal,sidik jari kotor,sidik jari berminyak,sidik jari sebagian,dan sidik jari rotasi. Pengenalan ciri citra sidik jari di representasikan menjadi sebuah vector dan dilanjutkan dengan metode LVQ untuk mengklasifikasi vektor-vektor input memiliki nilai yang mendekati atau hampir sama untuk mengelompokkan dalam pola yang sama.

## II. DASAR TEORI

### 2.1 Sidik jari

Sidik jari merupakan salah satu sistem biometrik yang banyak diterapkan, hal ini dikarenakan sifat sidik jari yang *uniqueness* dan sidik jari yang tidak pernah berubah. Berdasarkan dari pola garis pola garis (*ridge*) dan lembah (*valley*), sidik jari dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelas utama, yaitu: *Arch*, *Loop* dan *Whorl* (Prabakar).



Gambar 1. Klasifikasi pada sidik jar *Arch*, *Loop* dan *Whorl* (Prabakar)

Dari klasifikasi ini dapat di bagi menjadi beberapa subklasifikasi(prabakar), yaitu :

- *Arch* dibagi menjadi *arch* dan *tented arch*, dari beberapa populasi *arch* mempunyai presentasi sebesar 5%
- *Loop* dibagi menjadi *left loop*, *right loop* dan *double loop*. Berbeda dengan *arch*, jumlah individu yang mempunyai klasifikasi *loop* sangat besar yaitu sebesar 60 %
- *Whorls* pada klasifikasi ini jumlah prosentasi individu sebesar 35%

**2.2 Jenis Kesalahan Pengambilan sidik jari**

Hasil dari pengambilan sidik jari bisa diambil dengan kondisi normal atau bisa menghasilkan sidik jari yang kurang normal,hal ini dikarenakan pengambilan sidik jari yang tidak diambil dengan baik karena kondisi sidik jari yang tidak memperhatikan kondisi sidik jari misalnya sidik jari yang kena kotoran atau tinta,sidik jari yang kena minyak,dan posisi penempatan sidik jari terhadap sensor fingerprint sehingga akan mengakibatkan hasilnya seperti dibawah ini.



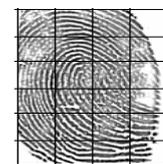
Gambar 2. Berbagai macam hasil pengambilan sidik jari: (a) sidik jari normal, (b) sidik jari kotor(c) sidik jari berminyak, (d) sidik jari rotasi, (e) sidik jari sebagian.

**2.3. Vector Dan Citra Sidik Jari**

Pada data Sidik jari pelatihan maupun pengujian diambil terhadap 5 kondisi yaitu sidik jari normal,sidik jari rotasi, sidik jari sebagian,sidik jari kotor,dan sidik jari berminyak. Citra Sidik Jari yang diambil berada pada sebuah ruang yang disebut **bidang gambar/**

ruang lingkup citra (*image space*). Sebuah citra tersusun atas pixel-pixel yang memiliki nilai. Untuk citra abu-abu (*gray scale*), sebuah pixel memiliki nilai dari 0 - 255.

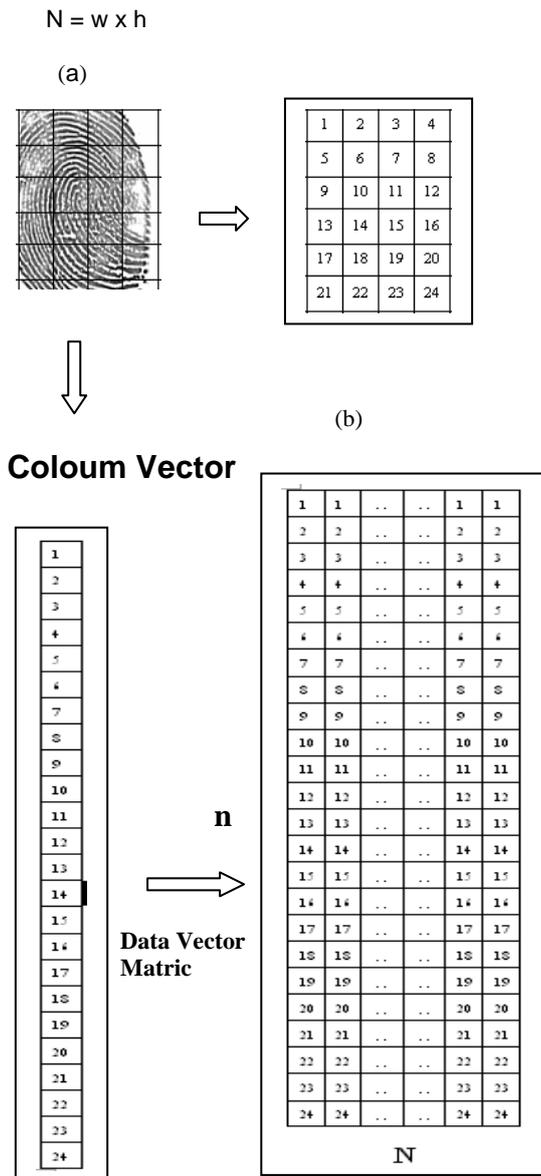
Untuk proses pengolahan citra, sebuah citra sidik jari yang memiliki ukuran lebar dan tinggi dinyatakan dengan ( $I \times t = n$ ). Dan untuk proses berikutnya notasi matrik dinyatakan dalam ( $b \times k$ ) dengan  $b$  adalah baris dan  $k$  kolom. Untuk proses pengolahan citra, data tersebut diubah bentuk menjadi sebuah VECTOR kolom sidik jari ( $n \times 1$ ),yaitu dengan meletakkan nilai kiri atas citra sidik jari pada awal vector dan nilai kanan bawah citra sidik jari pada akhir vector, seperti tampak pada gambar 2.,  $n$  menyatakan jumlah dimensi yang digunakan.



Gambar 3. Representasi citra sidik jari pada sebuah vector

Proses pengenalan/ indentifikasi sidik jari biasanya melibatkan banyak data citra sidik jari. Misalkan ada  $N$  data citra sidik jari {  $x_1, x_2, \dots, x_N$  }, maka vector sidik jari akan disusun menjadi sebuah matrik yang memiliki dimensi ( $n \times N$ ) seperti pada gambar 2.4.,selanjutnya data yang sudah dibuat matrik akan dijadikan input data yang akan ditraining. Target data dibuat untuk dapat mengidentifikasi ciri yang sama untuk dikelompokkan menjadi satu kelompok sehingga akan dilihat apakah target sesuai dengan hasil training. Bila hasil dari training sama dengan target dapat mencapai 100% maka deteksi terhadap kesalahan pengambilan sidik jari akan mendeteksi dengan tepat.

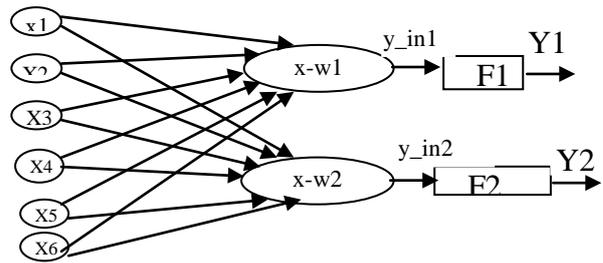




Gambar 4. (a) Ilustrasi dimensi dan tumpukan gambar sidik jari (b) Dimensi data-data sidik jari dalam bentuk matrik

### 2.4.1. Arsitektur LVQ

Arsitektur jaringan saraf LVQ pada dasarnya sama dengan Kohonen Self Organizing Map (tanpa suatu struktur topologis yang diasumsikan untuk output). Arsitekturnya terdiri dari lapisan input, lapisan kompetitif (lapisan tersembunyi/hidden Layer), dan lapisan output seperti pada gambar 2.5. Masing-masing output memiliki kelas yang sebelumnya telah dibentuk dan dikenali dari hasil pelatihan jaringan saraf LVQ ini.



Gambar 5. Arsitektur Jaringan LVQ

### Algoritma LVQ:

1. Tetapkan:
    - a. Bobot awal variabel input ke- $j$  menuju ke kelas (cluster) ke- $i$ :  $W_{ij}$ , dengan  $i=1,2,\dots,k$ ; dan  $j=1,2,\dots,m$ .
    - b. Maksimum epoch: MaxEpoch.
    - c. Parameter learning rate  $\epsilon$
    - d. Pengurangan learning rate. Dec $\epsilon$
    - e. Minimal learning rate yang diperbolehkan: Min $\epsilon$ .
  2. Masukkan :
    - a. Data input:  $X_{ij}$ ;  
Dengan  $i = 1,2,\dots,n$ ; dan  $j=1,2,\dots,m$ .
    - b. Target berupa kelas:  $T_k$ ;  
Dengan  $k=1,2,\dots,n$ .
  3. Tetapkan kondisi awal: epoch=0;
  4. Kerjakan jika: (epoch < MaxEpoch) dan ( $\epsilon >$  Min  $\epsilon$ )
    - a. Epoch = epoch + 1;
    - b. Kerjakan untuk  $i=1$  sampai  $n$ 
      - i. Tentukan  $J$  sedemikian hingga  $|X_i - W_j|$  minimum; dengan  $j=1,2,\dots,k$ .
      - ii. Perbaiki  $W_j$  dengan ketentuan:
        - o Jika  $T = C_j$  maka:  
 $W_j = W_j + \epsilon (X_i - W_j)$
        - o Jika  $T \neq C_j$  maka:  
 $W_j = W_j - \epsilon (X_i - W_j)$
    - c. Kurangi nilai  $\epsilon$   
(pengurangan  $\epsilon$  bisa dilakukan dengan :  $\epsilon = \epsilon - \text{Dec } \epsilon$ ; atau dengan cara:  $\epsilon = \epsilon * \text{Dec } \epsilon$ )
- Setelah dilakukan pelatihan, akan diperoleh bobot-bobot akhir ( $W$ ). Bobot-bobot ini nantinya akan digunakan untuk melakukan simulasi atau pengujian. Misalkan kita akan menguji  $n$  buah data.

### Algoritma Simulasi(Pengujian):

1. Masukkan data yang akan diuji, misal:  $X_{ij}$ ;  
dengan  $i = 1,2,\dots,np$ ; dan  $j=1,2,\dots,m$ .

2. Kerjakan untuk  $i = 1$  sampai  $np$ 
  - a. Tentukan  $J$  sedemikian hingga  $|X_i - W_j|$  minimum; dengan  $j=1,2,\dots,K$ .
  - b.  $J$  adalah klas untuk  $X_i$

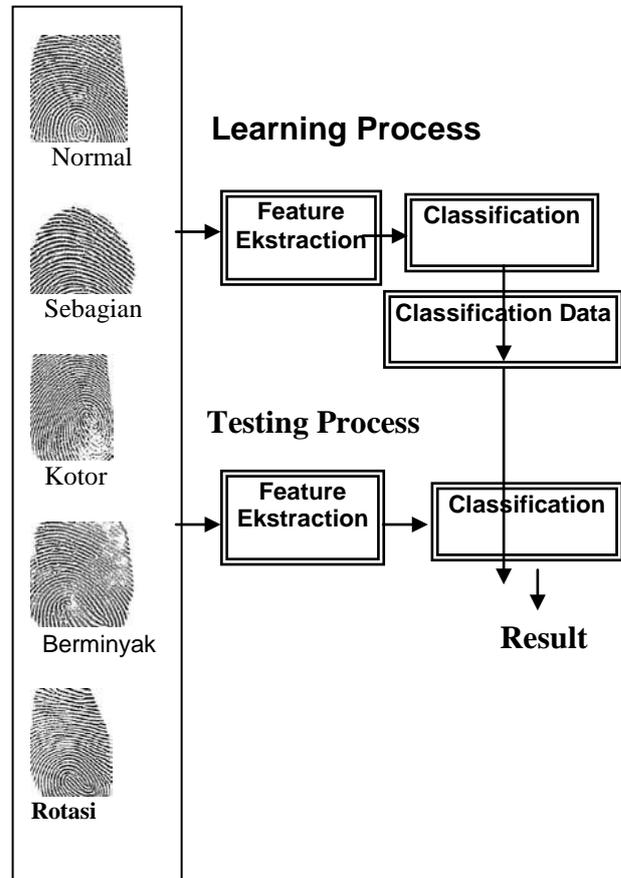
### 3.1 Desain Sistem

#### Proses Identifikasi

Proses identifikasi merupakan proses pencocokan yang dilakukan dengan mencari data dari *database* yang cocok dengan sidik jari yang diujikan. Dalam proses ini, hal pertama yang dilakukan adalah melakukan akuisisi terhadap sampel sidik jari. Pada penelitian ini dilakukan proses identifikasi terhadap masing-masing *user* dengan menggunakan variasi sidik jari sebagai berikut : sidik jari normal, sidik jari kotor, sidik jari berminyak, sidik jari sebagian dan dirotasikan. Jika program memberikan keputusan untuk menolak *user* tertentu, maka proses identifikasi untuk *user* tersebut akan memberikan keterangan jenis kesalahan.

Blok diagram sistem Identifikasi kesalahan dari pengambilan sidik jari secara realtime adalah sebagai berikut:

### DETEKSI KESALAHAN PENGAMBILAN CITRA SIDIK JARI MENGGUNAKAN LVQ ALGORITM



Gambar 6. Identifikasi Kesalahan Pengambilan Sidik Jari

### 4. Hasil Dan Pembahasan

Dalam penelitian ini pengambilan data terhadap 70 Mahasiswa dengan mengambil data sidik jari dalam 5 jenis kesalahan baik kondisi kotor maupun letak sidik jari .data diteliti untuk mendapatkan data yang nanti akan digunakarn 2/3 untuk data training maupun 1/3 untuk data testing.Untuk itu metode yang akan dipakai yaitu Metode LVQ untuk mengklasifikasi data yang digunakan untuk mendeteksi jenis kesalahan data yang diambil dari sensor sidik jari berupa 5 jenis data sidik jari. hasil pendeteksian dibedakan kesalahan yang terjadi yang dibandingkan dengan data tamplate yang ada.Dari data yang berbeda dalam kondisi sidik jari terbaca sebagian,kotor,rotasi dan berminyak.Hasil dari data tersebut di Extraksi terlebih dahulu untuk mendapatkan suatu metode yang dapat mengenali sidik jari secara cepat .Setelah mengalami proses pengenalan

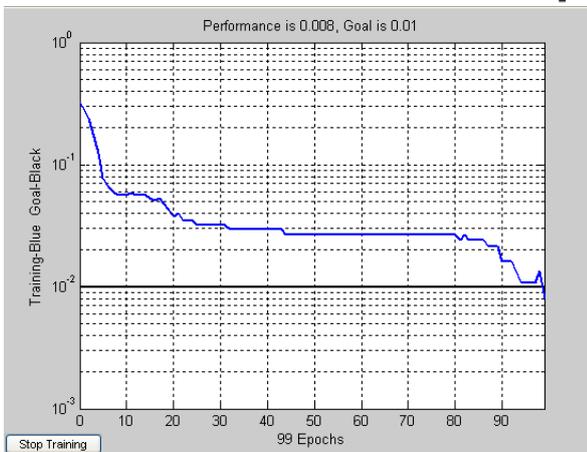
sidik jari kemudian hasilnya akan dicocokkan dengan semua template yang ada untuk menghasilkan kecepatan identifikasi diperlukan algoritma yang baik dengan mencari pola yang yang terdekat, misalkan dengan mencari ciri yang berbeda dari hasil pengambilan sidik jari.

**Tabel 1 Hasil Perbandingan Dengan Penambahan Jumlah Neuron**

Jml Train	Data	Jml Neuron	Jml Training	Jml Data Testing	Nilai Ketepatan	
					Jml	%
150		40	1000	150	146	97 %
150		50	1000	150	147	98 %
150		60	1000	150	147	98%

**Tabel 2 Hasil Perbandingan Jumlah Klas terhadap Ketepatan Deteksi**

Jml Data Sidi Jari	Jml Neuron	Jml Training	Jml Data Testing(random)	Hasil Perbandingan		
				3 Klas	4 Klas	5 Klas
150	40	1000	150	99,3 %	98,4	98 %
150	50	1000	150	98,6 %	98,3	98 %
150	60	1000	150	99,3 %	98,6	98,6 %



**Gambar 7 Grafik dari hasil training**

## 5. Kesimpulan

Dengan merubah image dari grayscale ke data vector matrik dengan melakukan training menggunakan LVQ Algoritm hasil yang didapat mencapai ketepatan deteksi kesalahan pengambilan sidik jari mencapai rata-rata 97% pada 5 klas klasifikasi Kesalahan.

## Pustaka:

- [1]. *Salil Prabhakar* “ Fingerprint Classification and Matching Using a Filterbank” Submitted to Michigan State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of DOCTOR OF PHILOSOPHY Darma Putra “Sistem Biometrika”
- [2]. *Sri Kusumadewi* “ Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB & EXCEL LINK
- [3]. *Neil Yager* “Hierarchical Fingerprint Verification” School of Computer Science and Engineering University of New South Wales
- [4]. *Rinaldi Munir* “Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritma.
- [5]. *Fadlisyah, SSi* “Computer Vision Dan Pengolahan Citra”.
- [6]. **Sharat S. Chikkerur** “ONLINE FINGERPRINT VERIFICATION SYSTEM“ *Sharath Pankanti & Anil Jain* “Fingerprint Classification and Matching” Dept. of Computer Science & Engg. Exploratory Computer Vision Grp. Michigan State University IBM T. J. Watson Research Center East Lansing, MI 48824 Yorktown Heights, NY10598 [jain@cse.msu.edu](mailto:jain@cse.msu.edu) [sharat@us.ibm.com](mailto:sharat@us.ibm.com).
- [7]. *Chaur-Chin Chen and Yaw-Yi Wang* Department of Computer Science National Tsing Hua University Hsinchu, Taiwan”An AFIS Using Fingerprint Classification”.
- [8]. [11] *Graig T. Diefenderfer* “ Fingerprint Recognition”, Naval Postgraduate School, Monterey, California.

# Klasterisasi Citra Sidik Jari Normal dan Kering Menggunakan Metode Kohonen

Sila Abdullah Yakry<sup>1</sup>, Muhammad Syahroni<sup>2</sup> dan Mulyadi<sup>3</sup>

1,3. Prodi TI, Jurusan TIK, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Buketrata PO BOX 90, Lhokseumawe, 24301

2. Prodi TT, Jurusan TE, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Buketrata PO BOX 90, Lhokseumawe, 24301

E-mail: *st\_sila@Yahoo.com*

## Abstrak

Secara Umum permasalahan terjadinya kegagalan proses scanning sidik jari sering disebabkan banyaknya gangguan pada *ridge* dan *valley* yang digunakan sebagai acuan dalam mengenali ini hal ini karena kondisi sidik jari yang tidak dalam kondisi normal yakni adanya gangguan salah satunya yang citra sidik jari berkondisi kering. Perlu proses klasterisasi untuk mengklompokannya, banyak pendekatan yang digunakan dalam mengembangkan metode clustering salah satunya metode kohonen, metode clustering ini menggunakan pendekatan *automatic mapping* (Self-Organising Map/SOM). Dari hasil pengujian algoritma kohonen mampu menkluster normal kering, hal ini disebabkan kemampuan algoritma untuk mengupdate data dari nilai pixel dan pembobotan yang diberikan dimana kluster yang ada menjadi acuan hingga pembobotan terakhir yang dipengaruhi oleh nilai alfa yang dihasilkan. Dari jumlah data sebanyak 1270 diperoleh 382 kluster 1(kering) dan 888 kluster 2 (normal)

## Abstract

**Fingerprint Image Clustering Normal And Dry Using Kohonen Method.** General problems of the occurrence of the failure of the fingerprint scanning process is often caused by many disorders of the ridge and valley are used as reference in this minusi know this because the conditions fingerprints are not in a normal condition that their disorder is one of the fingerprint image arid conditions. Need for mengklompokannya clustering process, many of the approaches used in developing clustering method one method Kohonen, this clustering method using automatic mapping approach (Self-Organizing Map / SOM) .From the test results Kohonen algorithm capable of normal menkluster dry, this is due to the ability of the algorithm to update the data of the pixel values and the weighting given where the existing cluster to be a reference to the final weighting is influenced by the value of alpha is generated. Of the total amount of data obtained 382 1270 Cluster 1 (dry) and 888 Cluster 2 (normal)

**Keywords :** *clusters, methods, Kohonen, normal, dry*

## 1. Pendahuluan

Sistem biometric sidik jari merupakan sistem autentikasi berbasis biometrik yang paling banyak digunakan saat ini karena cenderung memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan mudah untuk diterapkan. Tingkat akurasi yang tinggi dapat menjadi buruk dipengaruhi oleh hasil citra yang jelek atau buruk dari hasil scanner, salah satu sebabnya adalah sidik jari yang kering, dimana kualitas gambarnya *ridge* serta *valley* putus-putus sehingga gambar yang dihasilkan tidak baik untuk menjadi inputan yang dibaca oleh scanner *fingerprint*

Secara Umum permasalahan terjadinya kegagalan proses scanning sidik jari sering disebabkan banyaknya

gangguan pada *ridge* dan *valley* yang digunakan sebagai acuan dalam mengenali ini dapat dikatakan kondisi sidik jari yang tidak dalam kondisi normal, kendalanya adalah hasil citra sidik jari yang diambil berkualitas rendah, ini disebabkan oleh faktor gangguan terhadap jenis kulit. Untuk gangguan yang terjadi pada kulit jari bisa dikategorikan menjadi tiga yaitu, citra sidik jari berminyak, citra sidik jari kering dan citra sidik jari kotor[1], hal tersebut menyebabkan *ridge ending (termination)* dan *ridge bifurcation* menjadi tidak sempurna hal tersebut dapat menyebabkan tidak terbacanya citra sidik jari.

Disebabkan adanya gangguan yang terjadi pada citra sidik jari maka diperlukan adanya metode untuk mengkluster sehingga alat atau teknologi yang

menggunakan citra sidik jari mampu untuk proses selanjutnya yakni perbaikan sehingga alat menjadi berfungsi dengan optimum.

## 2. Metode Penelitian

Bagan Penelitian yang dilakukan adalah mulai pengambilan data hingga klastering dimana tahapannya adalah seperti yang ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1. Schema tahapan penelitian

### 2.1 Input Citra sidik Jari

Secara umum kualitas gambar sidik jari bergantung pada kebersihan/kejelasan *ridges* yang dipisahkan oleh *valley*. Sebuah gambar sidik jari dapat berubah karena beberapa sebab oleh kondisi lingkungan seperti temperature/suhu, kelembaban dan tekanan. Kualitas sidik jari bergantung pada kondisi kulit [1]. Kulit berminyak cenderung terisi dengan uap air, sehingga *valley* tersebut tampak hitam pada gambar yang terlihat mirip dengan struktur *ridge*. Gambar.2 menunjukkan gambar sidik jari berminyak, netral dan kering mendefenisikan gambar sidik jari berminyak dan netral serta kering.

- Gambar berminyak: meskipun perbedaan *ridge* dan *valley* jelas, beberapa bagian *valley* yang penuh menyebabkan tampilannya menjadi gelap atau tempat perhentian *ridge* berdekatan dengan yang lainnya. *Ridge* cenderung sangat tebal.
- Gambar netral : secara umum tidak ada sifat-sifat khusus seperti pada kulit berminyak dan kering.
- Gambar kering : pada bagian *ridge* memiliki goresan secara lokal dan disitu terdapat banyak piksel putih pada *ridge*.



Gambar 2. Kondisi citra sidik jari

Disini inputan citra yang diuji adalah jenis normal (netral) dan kering. dengan data uji citra sidik jari dari 1 127orang dengan data 1270 untuk data acuan dengan format \*.bmp dengan tiap citra sidik jari pengambilan

perorang sebanyak 10 pose dengan menggunakan alat fingerprint, dengan besarnya data acuan maka semakin presisi hasilnya. Data yang digunakan yakni citra yang telah disegmentasi terlebih dahulu Untuk mendapatkan wilayah region of interst (ROI)



Gambar 3. Region of Interest untuk pembaca citra sidik jari

### 2.4 Luasan Pixel

Luasan pixel adalah seberapa besar nilai pixel dalam sebuah region yang akan di gunakan dalam pembacaan citra .

#### Algoritma mencari luas sebagai berikut [2]

Masukan:

- $f(m,n)$ : Citra masukan berukuran M baris dan N kolom

Keluaran:

- luas

luas  $\leftarrow$  0

FOR p = 1 to m

FOR j = 1 to n

IF piksel(p, q) dalam objek

luas  $\leftarrow$  luas + 1

END-IF

END-FOR

END-FOR

Pada penelitian ini akan di cari luas total citra sidik jari, luas ridge(hitam), luas valley(putih) dengan persamaan berikut:

$$L\_Pix\_Putih = L_{Tot\_Sdk} - L\_Pix\_Hitam \quad (3)$$

### 2.4 Kohonen

Klastering adalah suatu metode pengelompokan berdasarkan ukuran kedekatan(kemiripan). Klastering beda dengan group, kalau group berarti kelompok yang sama, kondisinya kalau tidak ya pasti bukan kelompoknya.Tetapi kalau klaster tidak harus sama akan tetapi pengelompokannya berdasarkan pada kedekatan dari suatu karakteristik sample yang ada, salah satunya dengan menggunakan rumus jarak *eclidean*. Aplikasinya cluster ini sangat banyak, karena

hampir semua pengidentifikasi permasalahan atau pengambilan keputusan selalu tidak sama persis akan tetapi cenderung memiliki kemiripan saja.

Ada beberapa pendekatan yang digunakan dalam mengembangkan metode clustering. Dua pendekatan utama adalah clustering dengan pendekatan partisi dan clustering dengan pendekatan hirarki. Clustering dengan pendekatan partisi atau sering disebut dengan *partition-based clustering* mengelompokkan data dengan memilah-milah data yang dianalisa ke dalam cluster-cluster yang ada. Clustering dengan pendekatan hirarki atau sering disebut dengan *hierarchical clustering* mengelompokkan data dengan membuat suatu hirarki berupa dendogram dimana data yang mirip akan ditempatkan pada hirarki yang berdekatan dan yang tidak pada hirarki yang berjauhan. Di samping kedua pendekatan tersebut, ada juga clustering dengan pendekatan *automatic mapping* (Self-Organising Map/SOM)[3]

**Algoritma Self Organizing Maps**

**Step 0 :**

Inisialisasi bobot wij. Set topologi tetangga. Set parameter learning rate.

**Step 1 :**

Lakukan langkah 2 s/d 8 untuk kondisi batas berhenti belum tercapai

**Step 2 :**

Untuk setiap vektor input x lakukan langkah 3 - 5

**Step 3 :**

Untuk setiap j, hitung :

$$D(j) = \sum_i (w_{ij} - x_i)^2 \tag{1}$$

**Step 4 :**

Temukan index J yang membuat D(J) minimum

**Step 5 :**

Untuk setiap unit j pada tetangga J dan semua i hitung

$$w_{ij}(\text{new}) = w_{ij}(\text{old}) + \alpha[x_i - w_{ij}(\text{old})] \tag{2}$$

**Step 6 :**

Update learning rate nya

**Step 7 :**

Kurangi jarak/radius dari topologi tetangga

**Step 8 :** test kondisi stop nya

**3. Hasil dan Pembahasan**

Data yang digunakan adalah hasil dari mencari nilai luas hitam putih pada citra sidik jari yang pengambilannya dengan kondisi normal dan kering. Data disini berjumlah 1270. Setelah dapat nilai ridge valleynya dijadikan input untuk dicek setiap data baris ke- i termasuk klaster mana.

**Tabel 1. Hasil klasterisasi dengan kohonen**

File	LTot_Sdk	L_Pix_Hitam	L_Pix_Pu
test(1)	13460	4433	9027
test(2)	24555	11461	13094
test(3)	25465	12389	13076
.	.	.	.
.	.	.	.
test(1268)	12926	3987	8939
test(1269)	13081	3998	9083
test(1270)	12773	3910	8863

Untuk Pembobotan pada W baris pertama w1,1=40% dan w1,2=60% dimana w1,1 =luas pixel hitam dan w1,2 = luas piksel putih, ini mewakili citra sidik jari kering Pembobotan pada W baris kedua dimana w21=50% dan w22=50% dimana w2,1 = luas pixel hitam dan w2,2 = luas piksel putih, ini mewakili citra sidik jari normal. Kemudian learning ratenya (α=0.6) dan setiap penambahan epoch akan diset α =0.5(α) dan maksimum epoch ditetapkan sebesar 10. Nilai X1 diambil dari nilai pixe putih dan x2 diambil dari pixel hitam sebagai inputan maka setelah dilakukan pengujian diperoleh data sebagai berikut :

Data ke	x1	x2
1	4433	9027
2	11461	13094
3	12389	13076
...	...	...
...	...	...
.	...	...
1268	3987	8939
1269	3998	9083
1270	3910	8863

W =  
 0.4000    0.6000  
 0.5000    0.5000

Epoch 1  
 Epoch 2  
 Epoch 3  
 Epoch 4  
 Epoch 5  
 Epoch 6  
 Epoch 7  
 Epoch 8  
 Epoch 9  
 Epoch 10

α = 5.8594e-004

W =  
 137.0438    148.7369  
 42.5459    72.2184

Tabel 2. Hasil klasterisasi dengan kohonen

Data Ke	Bobot 1	bobot 2	Masuk ke-
1	12014	329	klaster 2
2	820	8641	klaster 1
3	496	10044	klaster 1
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
267	199	17827	klaster 1
268	520	13014	klaster 1
269	16067	53	klaster 2
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
1268	12965	305	Klaster 2
1269	12775	353	Klaster 2
1270	13206	281	Klaster 1

Dari hasil percobaan diatas terlihat bahwa algoritma kohonen mampu menklaster normal kering , hal ini disebabkan kemampuan algoritma untuk mengupdate data dari nilai pixel dan pembobotan yang diberikan dimana klaster yang ada menjadi acuan hingga pembobotan terakhir yang dipengaruhi oleh nilai alfa yang dihasilkan. Dari jumlah data sebanyak 1270 diperoleh 382 klaster 1(kering) dan 888 klaster 2 (normal)

#### 4. Kesimpulan

Dari Pembahasan dapat dibuat beberapa kesimpulan yakni:

- 1 klasterisasi yang dilakukan sangat tergantung kepada nilai bobot yang diberikan
- 2 Nilai bobot untuk citra sidik jari normal adalah berdasarkan nilai ridge dan valley yang sama
- 3 Nilai bobot untuk citra sidik jari kering adalah berdasarkan nilai ridge < nilai valley
- 4 Pada proses klasterisasi dengan kohonen pada 1270 citra dan epoch 10, 382 citra sidik jari dianggap kering sedangkan 888 citra sidik jari dianggap kondisi normal.

#### Daftar Acuan

- [1]. Rahmat Syam, Mochamad Hariadi, Mauridhi Hery Purnomo , Jurnal Ilmiah Makara Seri Teknologi, Volume 15, Nomor 1, (2011) 55-62.
- [2]. Kadir, Abdul, Sushanto adhi, Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra, Andi Publisher (2013) p.313

- [3]. Madhusmita Mishra, H.S. Behera. International Journal of Applied information Systems (IJ AIS) – ISSN : 2249-0868 Foundation of Computer Science FCS, New York, USA Volume 2.3,3(2012) 3
- [4]. Abdel Wahed Motwakel, Rahmat Syam, Mochamad Hariadi, “ Enhancement the Dry Fingerprint Images “ (Seminar Nasional Sains Program Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya (UNESA), Proceeding Surabaya, Januari 2010).
- [5]. Sila Abdullah Syakry, Rahmat Syam, Mochamad Hariadi. “Perbaikan Citra Sidik Jari berminyak Menggunakan Metode Ward’s Algorithm dan Unsharp Filtering “ (Seminar Nasional Pascasarjana (SNPs) IX ITS 2009, Program Pascasarjana ITS, proseding , Surabaya, 12 Agustus 2009)
- [6]. Eko Sedyono, Yesica N, Chrisyanti MR Klasifikasi Sidik Jari Menggunakan Metode Wavelet Simlet (Jurnal Informatika, Vol 5 No 2, NOV 2009)
- [7]. Anil K. Jain, “Handbook of Fingerprint Recognition”, Springer, New York, 2003
- [8]. “Fingerprint Identification”, Pattern recognition and Image Processing Laboratory, Departemen of Computer Science and Enginerring, Michigan State Universty, <http://biometrics.cse.msu.edu/fingerprint.html>
- [9]. Anil K Jain, Sharath Pankati “Fingerprint Classification and matching”, Dept. of Computer Science & Engg. Michigan State Universty, east Lansing, MI 48824-1026, USA
- [10]. Salil Prabhakar, “Fingerprint Classification And Matching Using A Filterbank” , Dept. of Computer Science & Engg. Michigan State, Universty, Dissertation 2001
- [11]. Sharat S. Chikkerur, “Online Fingerprint Verification System” Departemen of Electrical Engineering, state university of New York at Bufallo, Thesis, 2005
- [12]. Josef Strom Bartunek , “Minutiae Extraction From Fingerprint with Neural Network and Minutiae based Fingerprint Verification”, Teknologi Magisterexamen I Elektroteknik, Blekinge Tekniska Hogskola, Thesis, 2005

# Pengasutan Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Menggunakan Starter Dol (Direct On Line) Dan Bintang-Segitiga (Y- $\Delta$ )

Tri Jatmiko<sup>1</sup> dan Siti Nuramanah<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta Jl Prof. Dr. G. A. Siwabessy Kampus Baru UI Depok

Email : [jatmiko210795@gmail.com](mailto:jatmiko210795@gmail.com); [sitinuramanah22@gmail.com](mailto:sitinuramanah22@gmail.com)

## Abstrak

Motor induksi 3 fasa banyak digunakan di industri. Karena memiliki konstruksi sederhana dan mudah dalam perawatannya. Namun dari kelebihan yang dimiliki, motor induksi 3 fasa memiliki kelemahan. Salah satunya arus starting yang cukup tinggi dan torsi awal yang rendah. Untuk mengatasi hal tersebut perlu memilih metode pengasutan. Metode pengasutan konvensional terutama metode pengasutan *Direct On Line* (DOL) merupakan metode pengasutan yang paling sering dipakai di dunia industri karena konstruksinya sederhana, handal dan ekonomis. Namun, Pengasutan DOL memiliki kekurangan pada arus startingnya, maka diperlukan metode starter bintang segitiga (Y- $\Delta$ ) pada motor induksi berdaya besar.

## Abstract

**Starting of three-phase Induction Motor Using Starter Dol (Direct On Line) And Star-Triangle (Y- $\Delta$ )** Three-phase induction motors are widely used in industry. Because it has a simple construction and easy to maintain. But of advantages, 3-phase induction motors have drawbacks. One of them is quite high starting currents and low starting torque. To overcome this need to choose the method of starting. Conventional methods, especially the starting of the starting method Direct On Line (DOL) is a method of starting of the most used in the world of industry because its construction is simple, reliable and economical. However, Starting DOL has shortcomings in its starting currents, the necessary methods Star starter triangle (Y- $\Delta$ ) in large power induction motor.

**Keywords:** *conventional starting, starting current, three-phase induction motor.*

## 1. Pendahuluan

Perkembangan pemanfaatan energy listrik dewasa ini cenderung meningkat. Selain disebabkan semakin meningkatnya sumber daya manusia dan komunitas kehidupan masyarakat, perkembangan dunia industry ikut memicu peningkatan keperluan akan energi listrik. Dalam dunia industry energy listrik digunakan sebagai sumber tenaga untuk penerangan ruangan kerja dan menggerakkan mesin – mesin produksi. Mesin – mesin produksi yang sering digunakan oleh industry adalah motor induksi 3 fasa dimana motor induksi 3 fasa memiliki bentuk yang sederhana, murah dan mudah pemeliharaannya. Selain itu motor induksi 3 phassa mempunyai efisiensi yang baik dan putaran konstan untuk setiap

Karena begitu luasnya penggunaan motor induksi maka banyak dilakukan berbagai penelitian untuk meningkatkan fungsi kerja dari motor induksi. Dari banyaknya penelitian yang dilakukan, diantaranya adalah tentang metode starter motor. Beberapa metode starter motor induksi diantaranya adalah DOL (*Direct On Line*), Bintang - Segitiga (Y- $\Delta$ ), autotransformator, primary resistor, dan *soft starting*. Dari berbagai metode starting diatas yang lebih banyak digunakan pada motor induksi adalah metode starting DOL (*Direct On Line*) yang pengawatannya mudah, murah, dan menghasilkan torsi awal yang besar.

Namun, Pengasutan DOL (*Direct On Line*) memiliki kekurangan dimana arus starting yang besar dan sangat merugikan bila digunakan untuk motor berdaya besar. Arus starting yang sangat besar menyebabkan jatuh - tegangan yang besar dan menurunkan kualitas listrik[1].

Oleh sebab itu diperlukan metode starting star delta agar arus starting tidak tinggi walaupun menghasilkan torsi awal sepertiga dari metode starting DOL.

Tujuan yang hendak dicapai penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan karakteristik arus *starting* motor induksi dengan menggunakan teknik pengasutan DOL (*Direct On Line*) dan Bintang-Segitiga (Y- $\Delta$ ).

## 2. Metode Penelitian

### Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk mengumpulkan informasi dasar dan data pendukung terkait dengan topic penelitian, khususnya mengenai metode starting DOL (*Direct On Line*) dan Bintang Segitiga. Pustaka yang digunakan meliputi jurnal penelitian, buku, sumber internet terpercaya, dan laporan pengamatan.



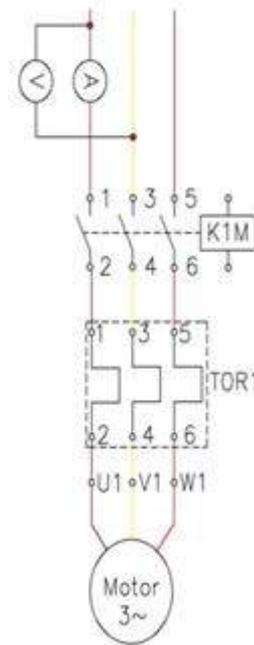
Gambar 1. Panel tiga dimensi

Pengukuran Arus dengan metode starting DOL (*Direct On Line*) dan Bintang Segitiga.

Pengukuran Arus Starting Hubungan Bintang dan Segitiga pada pengasutan DOL

1. Membuat rangkaian dengan pengasutan DOL terminal motor hubung bintang
2. Memposisikan tang ampere pada salah satu fasanya
3. Memasukkan tegangan sumber maksimal 380 V
4. Melihat hasil arus yang terlihat dan mencatat nilainya
5. Mengubah rangkaian dengan pengasutan DOL terminal motor hubung segitiga

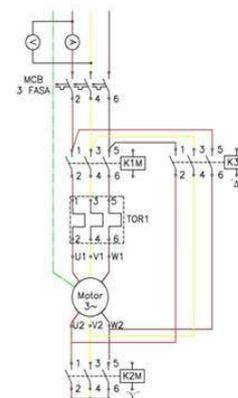
6. Ulangi langkah 2 – 4 pada pengasutan DOL terminal motor hubung segitiga



Gambar 2 Rangkaian Test Arus Start saat Motor terhubung Segitiga

Pengukuran Arus *Starting* pada pengasutan Bintang Segitiga

1. Membuat rangkaian dengan pengasutan Bintang Segitiga
2. Memposisikan tang ampere pada salah satu fasanya
3. Memasukkan tegangan sumber maksimal 380 V
4. Melihat hasil arus yang terlihat dan mencatat nilainya



Gambar 3. Rangkaian test arus *start* saat motor terhubung bintang – segitiga

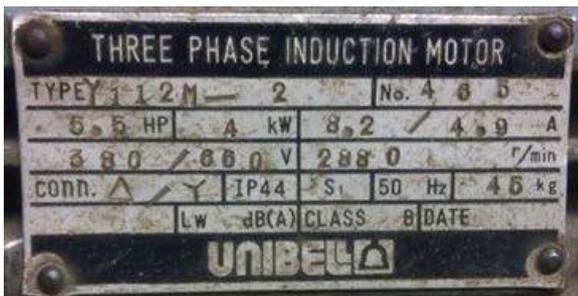
### 3. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran Arus Starting pada metode starting DOL (*Direct On Line*) dan Bintang Segitiga dapat dilihat pada Tabel Data Hasil Pengujian di bawah ini

Tabel 1. Data Pengukuran Rangkaian DOL dan Y - Δ

Metode	Data Pengukuran			Keterangan
	Is (A)	In	t (s)	
DOL	4.8	0.7	1.75	Hubung Y
	14.8	2.1	1.82	Hubung Δ
Y - Δ	6.6	1.9	6.21	Is Hubung Y In hubung Δ

#### Analisa name plate motor dengan pengasutan DOL dan Y - Δ



Gambar 4. Name plate motor dengan pengasutan DOL dan Y - Δ

Tegangan 380/660 V mengartikan bahwa motor tersebut harus digunakan dalam hubungan Δ pada kondisi kerjanya. Apabila digunakan dalam hubungan Y, maka kumparan-kumparan motor hanya akan mendapat tegangan sebesar  $380/\sqrt{3} = 220$  Volt, dengan tegangan kerja yang rendah maka dapat berakibat motor rusak.

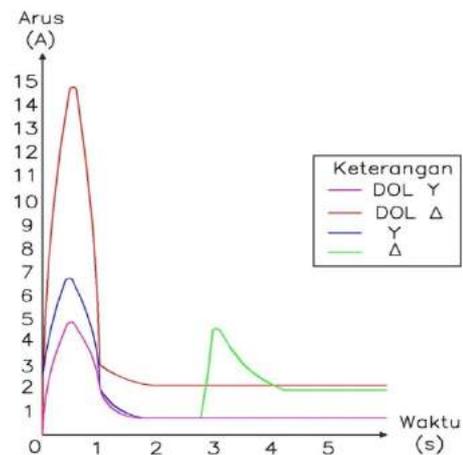
Arus 8.2 / 4.9 A artinya arus nominal pada beban penuh saat kumparan motor dihubungkan Δ = 8.2 A dan arus saat kumparan motor dihubungkan Y = 4.9 A. Dalam penelitian ini, tidak menggunakan beban motor sehingga arus nominal pada motor lebih kecil dibandingkan dengan arus nominal saat motor terbebani. Daya motor yang digunakan motor ini adalah 5.5 HP / 4.1 kW. Frekwensi  $f = 60$  Hz artinya motor dapat dihubungkan dengan frekwensi 60 Hz. Frekwensi berhubungan langsung dengan jumlah putaran yang dihasilkan oleh motor tersebut. 2880 rpm artinya ini merupakan kecepatan putar motor jika motor dihubungkan dengan frekwensi 60 Hz.

In class = B, kelas isolasi dari motor ini menggunakan kelas B yang artinya mampu bekerja pada suhu maksimum 130°C. Kode IP 44 artinya motor terlindung dari benda dengan ukuran >1 mm dan terhadap percikan air yang datang dari segala arah.

#### Analisa Perbedaan Arus Start pada Pengasutan DOL dengan Y - Δ

Dilihat pada tabel 1.1, didapatkan pada saat motor terhubung segitiga pada pengasutan DOL, arus start yang terukur adalah 14.8 A (7 kali dari arus nominal). Saat pengasutan bintang – segitiga arus start yang terukur adalah 6.6 A. Arus starting berkisar 5 sampai 7 kali I nominal pada pengasutan secara langsung (DOL)[3]. Dari data pengujian didapatkan bahwa arus start saat pengasutan bintang segitiga lebih kecil dibandingkan arus start saat pengasutan DOL terhubung bintang.

Tujuan dari pengasutan bintang – segitiga adalah untuk menurunkan arus start yang cukup tinggi. Digunakan metode pengasutan bintang – segitiga dimana motor terlebih dahulu dihubungkan bintang setelah beberapa waktu kemudian dihubungkan secara segitiga. Pada penggunaan metode ini maka arus start dapat dikurangi menjadi berkisar 1/3 kali dari arus start hubungan segitiga.



Gambar 5. Kurva Karakteristik arus bintang – segitiga

Perbedaan Kurva yang terlihat pada gambar jelas menunjukkan bahwa rangkaian bintang – segitiga dapat menurunkan arus awal pada saat start. Pada start langsung dengan hubungan segitiga arus awal sangat besar bila dibandingkan dengan pada saat start dengan hubung bintang terlebih dahulu. Arus awal yang sangat besar pada saat start langsung hubungan segitiga mampu menyebabkan jatuh tegangan yang besar pada pasokan tegangan PLN. Dalam hal ini, motor berdaya kecil sampai 5 kW, Arus pengasutan tidak berpengaruh besar terhadap jatuh tegangan.[4] Tetapi pada motor

dengan daya diatas 30 KW sampai dengan 100 KW, arus asut yang besar akan menyebabkan jatuh - tegangan yang besar dan menurunkan kualitas listrik.[1] Masalah ini lah yang sering terjadi pada industri yang menggunakan motor berdaya besar dengan pengasutan DOL.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan :

1. Dari kedua metode pengasutan tersebut, terlihat bahwa pengasutan DOL pada saat hubung segitiga arus startnya jauh lebih tinggi dibandingkan pengasutan bintang segitiga.
2. Pemilihan metode starter pada motor induksi ditinjau dari besar daya motor induksi.
3. Metode starter bintang segitiga jauh lebih baik dibandingkan metode starter DOL pada motor induksi berdaya besar.

#### Saran

Industri yang menggunakan motor berdaya besar, disarankan menggunakan metode pengasutan bintang – segitiga agar arus start tidak besar.

#### 5. Daftar Acuan

- [1] Siswoyo. 2008. *Teknik Listrik Industri Jilid 2*. Klaten : PT. Macanan Jaya Cemerlang.
- [2] Siswoyo. 2008. *Teknik Listrik Industri Jilid 3*. Klaten : PT. Macanan Jaya Cemerlang.
- [3] Badruzzaman, Yusnan. 2012. *Pengasutan Konvensional Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar Tupai* (vol.1, pp.41 – 47). Semarang : JTET
- [4] Said, A dan Bastiar, Y. 2015. *Pengasutan Motor Induksi Tiga Fasa Pada Pengembangan Instalasi Tenaga dan Instalasi Penerangan di Bengkel Listrik* (vol.14, No. 2).Depok :Politeknologi

# Algoritma Variasi Instruksi Gerakan Robot *Automated Guided Vehicle* tanpa Download Program

Muhamad Soli<sup>1</sup>, B. S. Rahayu Purwanti<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Elektronika Industri, Politeknik Negeri Jakarta<sup>1,2</sup>  
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus Universitas Indonesia, Kode Pos 16425, Indonesia<sup>1,2</sup>

E-mail: <sup>1</sup>[muh.solly@gmail.com](mailto:muh.solly@gmail.com); <sup>2</sup>[bernadeta.purwanti@outlook.com](mailto:bernadeta.purwanti@outlook.com)

## Abstrak

Penelitian ini menguji algoritma pemrograman pada robot untukantisipasi perubahan instruksi. Robot maju/mundur, kanan/kiri, dan berhenti mengikuti instruksi program yang di-download sebelumnya dari Personal Computer (PC). Perubahan instruksi mendadak akibat terhalang jalur/track-nya oleh benda lain menyebabkan robot berhenti/error, perlu download ulang program untuk mengaktifkannya kembali. Robot *Automated Guided Vehicle* (AGV) juga mengikuti arah track-nya. Implementasi ACV di industri untuk memindah/pengangkat barang hasil produksi dari/ke gudang penyimpanan. Pemindahan barang oleh robot menirukan gerakan manusia, tujuannya untuk efisiensi waktu. Saat ini desain robot AGV marak dikembangkan, khusus program untuk merespon perubahan instruksi mendadak penting diujicoba. Oleh karena itu dibuatlah mini robot AGV yang dapat merespon perubahan instruksi tanpa mendownload ulang program dari PC. Penggunaan dua mikrokontroler sebagai *master* dan *slave*, sensor cahaya dan jarak, aktuator motor servo, dan motor DC. Algoritma pemrograman menggunakan DMP telah berhasil diimplementasikan pada mini robot AGV. Mini AGV diuji sebagai pemindah barang yang responsive terhadap perubahan arah/jalur/track baru. Perubahan dimaksud akibat halangan mendadak, secepatnya robot menggunakan algoritma lain yang tersimpan programnya dalam mikrokontroler. Metode *Direct Methode Programming* (DMP) dengan algoritma, program tidak perlu di-download ulang dari PC. Pengujian AGV dikondisikan pada RPM 75, 100 dan 150 derekam datanya (5 pengulangan). AGV berhasil bergerak, berganti arah walaupun tiba-tiba track berubah, jarak tempuh ( $64.4 \pm 0.0011$ ) cm.

**Keywords:** *algorithm, DMP, instruction, master slave, robot AGV*

## I. Pendahuluan

Alat pemindah barang di industri telah bervariasi; penggunaan alat bantu/tools dengan konsep kerja katrol, pengungkit, dan pengangkat. Salah satu yang mutakhir konsep dan teknologinya adalah robot, penggunaannya sebagai pemindah, dan mengangkat barang. Desainnya robot pemindah barang ini menyerupai mobil, bergerak menyusuri jalur/lintasannya berupa garis di tengah jalan. Garis sambung/putus dideteksi oleh robot sebagai pemandu arahnya. Fungsi robot, pendistribusian suatu produk menuju tempat lain/penyimpanan. Gerak robot pemindah barang meniru aktifitas manusia; misalnya menyentuh, memegang, mengangkat, memindah barang. Robot dapat meniru semua aktifitas/gerakan-gerakan manusia karena diprogram. Program dimaksud berbentuk berbagai instruksi untuk menirukan gerakan manusia. Gerakan manusia ditiru oleh robot dengan sistem cerdas, memindah, mengangkat, meletakkan hasil produksi. Seluruh intruksi aktivitasnya telah terprogram dalam mikrokontroler. Saat ini, instruksi yang

dilaksanakan oleh robot masih di *download* dari program yang dibuat di *Personal Computer* (PC). Robot tidak dapat melaksanakan perubahan intruksi mendadak atau tidak sesuai dengan program, kemungkinan robot diam atau eror.

*Automatic Guide Vehicle* (AGV), sebuah robot yang menirukan aktifitas manusia yaitu pemindah, pengangkat barang hasil produksi mesin ke ruang penampung sementara. AGV bergerak mengikuti arah sesuai lintasan hasil dideteksi sensor. Perkembangan terakhir robot AGV dapat tetap bergerak dengan mengikuti garis samar atau tanpa lintasan. Permasalahan baru muncul, AGV berhenti ketika lintasannya terhalang oleh benda lain, bahkan tidak bisa bergerak lagi akibat sering mengalami hal serupa. Setelah di-*restart* robot AGV kemungkinan belum/tidak berfungsi, akibat beberapa kali mengalami gangguan/halangan, download ulang programnya. Oleh karena itu penting untuk mengembangkan variasi algoritma/ pemrograman untuk meningkatkan performa robot AGV. Gerak maju, mundur, belok kiri/kanan robot AGV di-*triger* oleh

output sensor yang mendeteksi benda sebagai penghalang/ rintangan jalur/ lintasannya. AGV memuat program yang tersimpan di dalam memori yang menyatu dengan mikrokontroler pada robot mobil. Roda robot mobil berputar sesuai arah dan gerakannya mengikuti line (track) di suatu area, misalnya gudang. AGV didesain menggunakan dua mikrokontroler untuk menambah port input/output [1] fungsinya sebagai *master slave*. Penggunaannya memungkinkan memori mikrokontroler dapat menyimpan, merespon instruksi berbentuk program gerak maju/mundur, belok kanan/kiri, stop/start pada robot. Robot mobil AGV bergerak mengikuti garis (*track*), memindahkan barang ke gudang penyimpanan untuk menambah efisiensi waktu. [2]. AGV menggunakan mikrokontroler sistem *master slave* untuk mengatur kecepatan putar motor servo melali koneksi port input/output tambahan [3]. Pemindahan barang tidak menggunakan kendaraan dan operator [4], issue terkini fokus pada memindahkan barang ke tempat lainnya, implementasi utamanya di gudang-gudang industri [5]. Teknologi robot AGV semakin berkembang, dari manual dengan operator manusia, tanpa operator dengan mengikuti garis pandu untuk memindah/ mengiirm, meletakkan barang menuju tempat penyimpanan. Keuntungan AGV adalah fleksibilias, memindahkan berbagai ukuran barang/material dari lokasi kerja ke lokasi kerja lain. Pemanfaatan teknologi AGV sangat dibutuhkan di industri untuk membimangi penngkatan jumlah produksi. Hal tersebut berkaitan dengan waktu, akurasi, dan presisi pada system otomasinya.

Penggerak system otomasi mesin-mesin di industri adalah motor yang dapat difungsikan juga sebagai actuator. Motor servo, sebuah perangkat atau aktuator putar dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup. Pengaturan untuk menentukan dan memastikan posisi sudut poros output motor, terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear pada poros motor DC memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo. Potensiometer difungsikan sebagai pembatas posisi putaran poros motor servo [6] akibat perubahan resistansi pada saat motor berputar. Putaan motor inilah yang diatur agar benda yang digerakkannya mengikuti instruksi sesuai dengan algoritma pemrogramnya. Keunggulan AVR dibanding dengan mikrokontroler lainnya, kecepatan eksekusi program lebih cepat, karena sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus *clock*. Sementara MCS 51 dengan arsitektur *Complex Intrukstion Set Compute*). ATMEGA32, *throughput* hampir 1 Million Instruction perSecond (MIPS) per MHz. Akibatnya konsumsi daya menjadi rendah terhadap kecepatan mengeksekusi perintah [7].

Permasalahan robot yang perlu *download* ulang program jika menemukan jalur/track yang berbeda/

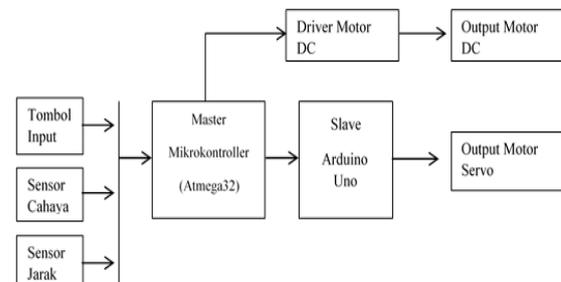
berubah, gagal inialisasi perlu dicarikan solusinya. Penyebab kegagalan inialisasi; jalur tidak dikenal atau programnya berbeda dengan rintangan robot. Hal ini dapat diatasi jika robot menyimpan program pilihan jalur alternatif. Pemilihan dan penggunaan program oleh robot tanpa download ulang program dari PC dikenal sebagai *Direct Methode Programming (DMP)*. Respon robot segera memilih jalur alternatif dan tetap bergerak saat track berbeda, terkait dengan perubahan kecepatan motor penggerak. Kecepatan putar motor penggerak ini mempengaruhi gerakan robot, saat maju, mundur, belok kanan, belok kiri

## II. Metode Penelitian

Studi literatur gerakan Robot AGV secara otomatis, tanpa operator menelusuri jalur/track, Gerakan robot untuk memindahkan barang dari satu titik ke titik lain (*point to point*). Garis sesuai instruksi sebelumnya diprogram dan disimpan di dalam memori mikrokontroler robot AGV. Penggerak, sensor, dan modul-modul pendukung lainnya agar robot mobil dapat menirukan gerakan manusia.

### 2.1. Diagram Blok Sistem

KomponenSecara singkat seluruh tahapan metode penelitian (Gambar 1) dan dirinci per sub-tahapnya (Tabel 1).



Gambar 1 Diagram Blok AGV

Tabel 1 Daftar Komponen dan Alat-alat Robot AGV

Blok	Keterangan
Tombol Input	Input manual pemrograman langsung pada robot/alat
Sensor Cahaya	Pendeteksi garis saat robot menelusuri garis/ sesuai jalur/tracknya
Sensor Jarak	Pendeteksi halangan/rintangan yang mengganggu perjalanan pada jalur robot
Mikrokontroler	Master untuk menyimpan program, memberi instruksi ke robot
Arduino Uno	Slave meneruskan instruksikan

Blok	Keterangan
	master untuk gerakan motor servo
Driver Motor DC	Pengatur kecepatan putar motor servo
Motor DC	Penggerak rtranslasi obot
Servo	Pemindah dan pengangkat barang

### 2.2.Deskripsi Algoritma AGV

Beberapa node pilihan dideskripsikan untuk mengatur arah gerak robot dan posisi sensor (Tabel 2).

Tabel 2 Deskripsi Program

Posisi Sensor	Keterangan
Front LR	
Front L	Kanan, kiri, maju, mundur, dan putar arah
Front R	
Back L	
Back R	
No Read/Timer	

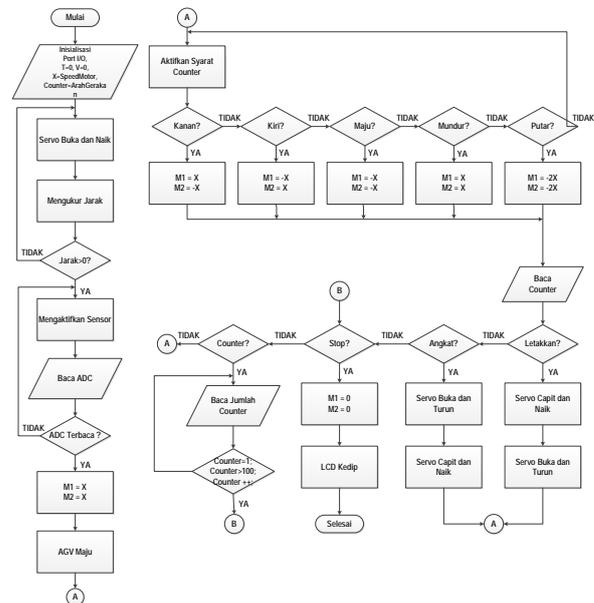
### 2.3. Pengenalan VariasArah Gerak Robot

Perancangan plikasi algoritma DMP diinisialisasi sesuai arah yang dilewati oleh robot. Semua alternatif bentuk simpangan yang kemungkinan ditempuh harus ternisialisasi dalam program. Ivestigasi terhadap kemampuan robot untu merespon program dengan *trial error*. Metode uji *trial error* menguji robot AGV mengenali bentuk/variasi persimpangan.

Tabel 3 Perancangan Algoritma dengan Variasi Bentuk Persimpangan

Nama	Bentuk Track	Syarat	Keterangan
Kiri Siku-Siku		Sensor Front L atau Back L	
Kiri Lancip		Sensor Front L atau Back L	Lurus, Kiri, Putar
Kiri Tumpul		Sensor Front L	
Kanan Siku-siku		Sensor R atau Back R	Lurus, Kanan, Putar
Kanan Lancip		Sensor R atau Back R	
Kanan Tumpul		Sensor R	Lurus, Kanan, Putar

### 2.4. Flowchart



Gambar 2 Flowchart Keseluruhan Sistem Gerakan Robot

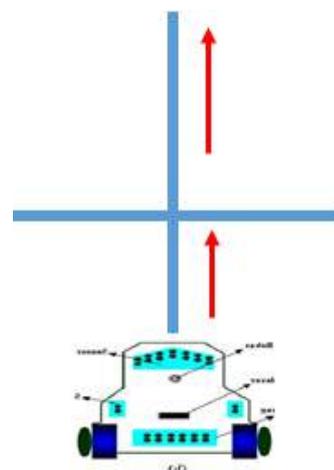
### III. Eksperimental

Beberapa simplifikasi dasar untuk membuat algoritma gerakan sesuai inisialisasi pemrogram agar robot AGV dapat maju, mundur, belok, dan berhenti.

#### 3.1. Kerangka Berfikir Pembuatan Algoritma

Kerangka berfikir sebagai inisialisasi arah dan gerak robot AGV ketika mendeteksi belokan. Bentuk-bentuk belokan, pertigaan, perempatan, attau persimpangan lain sesuai jalur yang dilewatinya. Arah gerak dan posisi robot AGV sesuai kemungkinan belokan, sebagai dasar berfikir algoritma dan memprogram.

- a. Gerakan maju (Gambar 5) sesuai inisialisasi (Tabel 4),

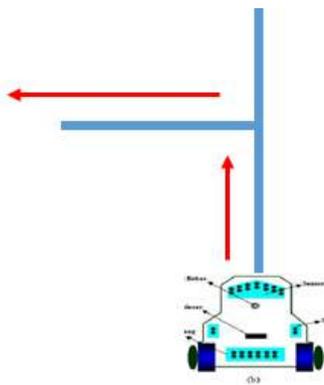


Gambar 3 Arah Gerakan Maju

Tabel 4 Simplifikasi Arah Gerak AGV

Posisi Sensor	Inisialisasi
Front RL, Front L, dan Back L	maju
Delaay; sudut belokan	0°
V Counter (Kecepatan Belokan)	M <sub>i</sub> : 200, M <sub>k</sub> : 200
Timer	3 second
Speed	100 RPM

- b. Gerakan belok kiri Gambar 6) sesuai inisialisasi (Tabel 5),

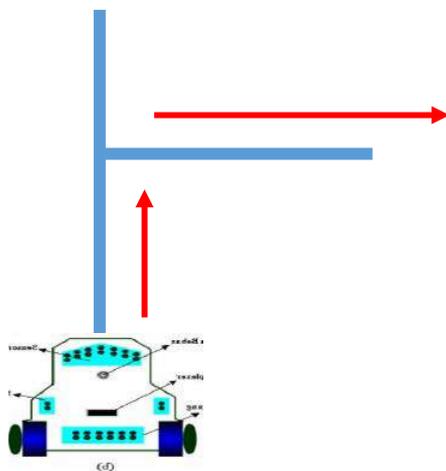


Gambar 4 Arah gerakan kekiri

Tabel 5 Algoritma Belok Kiri

Posisi Sensor	Inisialisasi
Front RL atau dan Back L	Belok kiri
Delay; sudut belokan	90°
V Counter (Kecepatan Belokan)	M <sub>i</sub> : - 200, M <sub>k</sub> : 200
Timer	3 second
Speed	100 M

- c. Arah Gerakan Belok Kanan Gambar 7) sesuai inisialisasi (Tabel 6)



Gambar 5 Arah Gerakan ke Kanan

Tabel 6 Algoritma Belok Kanan

Posisi Sensor	Inisialisasi
Front R, Front R	Belok kanan
Delaay; sudut belokan	90°
V Counter (Kecepatan Belokan)	M <sub>i</sub> : 200, M <sub>k</sub> : -200
Timer	3 second
Speed	100 RPM

#### IV. Hasil dan Pembahasan

Realisasi mini robot AGV telah selesai sesuai dengan rencana, selanjutnya menguji system elektrik dan algoritma program. Pengujian system elektrik untuk memastikan bahwa semua alat/komponen aman dan sesuai fungsinya. Hasil uji system elektrik harus sesuai Prosedur Standar Operasi (POS) mematuhi pelaksanaan pengujian di Laboratorium Elektronika PNJ. Uji coba program robot AGV untuk memastikan arah/gerakan robot sesuai algoritma dan pemrograman. Detail pengujian diuraikan lebih lengkap ada sub-bab berikut, .

##### 4.1 Hasil Pengujian dengan Program DMP

Pengujian program sesuai dengan perencanaan algoritma untuk membuktikan respon robot terhadap variasi instruksi. Metode DMP (Tabel 4.2) dengan cara manual (10 percobaan), oleh sensor nilai jarak terdeteksi secara otomatis.

Angka decimal dari hex 0x00-0xFF menggantikan kecepatan putar motor dengan RPM 0-255. Satuan waktu dapat diatur dengan mengubah periode putaran motor. Satu detik (second) periodenya 60, mili second periodenya 30. Semakin kecil nilai periode semakin sempit lebar waktu yang di eksekusi.

Rumus Matematis, sesuai persamaan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB), respon perlambatan mini robot AGV sesaat setelah mendeteksi benda sebagai penghalang jalur/track (Gambar )

Tabel 7 Pengujian Algoritma Arah Gerakan Maju

Tampilan LCD	Keterangan	Hasil
Sensor Front RL Cnt1 01 +1 Lost	Hasil deteksi sensor menunjuk pada Front LR, Arah gerakan lurus	
B Delay01:001	Susut Elevasi 0°	sesuai
A VCount01:200	Kecepatan Belokan	
Timer 00 :005	Timer awal menuju syarat arah maju (instruksi 1)	
Speed1 00 :100	Kecepatan awal menuju syarat arah maju (instruksi 1)	sesuai

Perhitungan perlambatan jika  $t = 1$  s dan  $S = 410$  cm ( $V_0 = 4.11 = 4.1$  m/s).

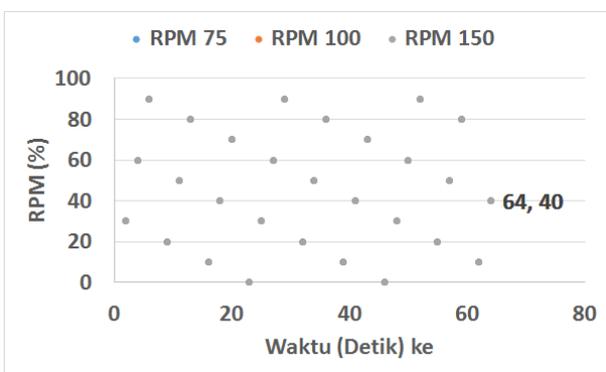
$$V_T^2 = V_0^2 - 2aS$$

$$0 = (4.1)^2 - 2a \cdot 4.1$$

$$a = 468,1/8,2$$

$$a = 0,2 \text{ m/s}^2$$

Besaran perubahan waktu  $t$  (detik) dikondisikan oleh system, kecepatan  $V$  (set program) dan besaran jarak ( $S$ ) diukur dan dari hasil perhitungan.



Gambar 6 Sebaran Data RPM (%)-Waktu (detik)

Kecepatan putar motor dikondisikan pada RPM (75%, 100%, 150%), dengan perubahan waktu (detik) sama. Grafik menunjukkan bahwa nilai RPM berulang dan membentuk 5 kelompok respon yang berbeda. Semakin lama waktu putarnya semakin naik, tetapi turun setelah mencapai turun RPM-nya. *Trend* kurva menunjukkan peredaman kecepatan putar motor dengan lima deretan klasifikasi/kelompok. Hal ini telah mengarah pada desain Logika Fuzzy dengan lima *membership function* Koordinat pada kurva ditunjukkan oleh Tabel 8, baris ke 4 kolom ke 5.

Tabel 8 Hasil pengukuran jarak (Tegangan input 7 Volt)

RPM	Jarak (cm)					Rata2
	1	2	3	4	5	
75	69.0	18.4	27.6	39.1	48.4	40.5
100	92.0	23.0	41.4	50.6	59.8	53.4
150	16.1	29.9	46.7	64.4	82.9	48.0
Rata2	59.0	23.8	38.6	51.4	63.7	47.3

Hasil pengukuran (Tabel 8), menunjukkan bahwa jarak tempuh 64.40 untuk kecepatan putar motor 150 RPM. Perlu dibuktikan kebenarannya dengan rumus *centroid* probabilitas Logika Fuzzy

$$\mu_{\text{Jarak Jauh}} [z] = \begin{cases} 0.525 & z \leq 1.525 \\ (z-1)/84, & 1.525 \leq z \leq 85 \\ 0.425 & z \geq 85 \end{cases}$$

Metode yang digunakan: Centroid

$$z^* = \frac{\int z \cdot \mu_c(z) dz}{\int \mu_c(z)}$$

Momen:

$$M1 = \int_0^{1.525} (0.525)z dz = 0.25z^2 \Big|_0^{1.525} = 0.5814$$

$$M2 = \int_{1.525}^{85} \frac{(z-1)}{85} z dz = \int_{1.525}^{85} (0.01176z^2 - 0.01176z) dz = 0.00392z^3 - 0.00392z^2 \Big|_{1.525}^{85} = 2407.37 - 28.322 = 2379.048$$

$$M3 = \int_5^{85} (0.475)z dz = 0.264z^2 \Big|_5^{85} = 2907.7 - 6.6 = 2901.1$$

Luas Daerah:

$$A1 = 0.525 * 1.525 = 0.8$$

$$A2 = (0.25 + 0.525) * (85 - 1.525) / 2 = 32.346$$

$$A3 = (85 - 5) * 0.475 = 38$$

Titik Pusat:

$$z = \frac{0.581 + 2379.048 + 2901.1}{0.8 + 32.346 + 38} = \frac{4570.729}{71.126} = 64.262$$

Hasil perhitungan jarak tempuh 64.262 cm, sementara hasil pengukuran 64.40. Selisih/perbedaan antara hasil pengukuran dan perhitungan sebesar 0.22 %, atau  $(64.40 \pm 0.11\%)$ . Perbedaan ini tidak signifikan dan pengaruhnya kecil terhadap robot AGV.

Tabel 9 Variabel-variabel Gerakan Robot AGV

Fungsi	Nama	Semesta Himpunan	Satuan	Keterangan
Input	Waktu	Pembicaraan		Sesuai fungsinya
	RPM, Kecepatan	{75, 100, 150}	cm/s	Kecepatan motor
	Waktu	{1, 5}	s	Waktu tempuh
Output	Jarak	{6, 85}	cm	Jarak yang dilewati

Sehingga bisa mengoptimalkan waktu pemrograman ketika terjadinya perubahan instruksi/jalur/track yang berbeda. AGV dikontrol oleh dua mikrokontroler master dan slave. Master berfungsi mengontrol arah gerakan robot dan slave berfungsi mengontrol *gripper* sebagai lengan pemindah barang. Arah gerak robot juga disimulasi dengan metode logika fuzzy. Hal tersebut bertujuan untuk mengukur jarak dari kecepatan dan waktu. Penggunaan metode logika fuzzy bisa mempermudah

antara pengukuran pada robot dengan pengujian pada logika fuzzy. Sehingga mendapatkan nilai perbandingan yang sesuai dan akurat.

## V. Kesimpulan

Respon waktu robot AGV terhadap program DMP untuk menerima pergantian instruksi langsung telah sesuai dengan variasi algoritma. Program tidak perlu didownload ulang dan berhasil mengeksekusi program sesuai algoritma yang didinialisasi oleh robot AGV. Penelitian dilanjutkan dengan pengujian algoritma diprogram dengan perlakuan logika kontrol dibandingkan tanpa control.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada P3M PNJ yang telah mendanai penelitian ini.

## Daftar Acuan

- [1]. Andani. 2011. Sistem Kendali Servo Posisi dan Kecepatan Motor. *Jurnal Ilmiah Foristek*. Vol. 1, No 2, September 2011, Hal 3-5.
- [2]. Borenstein, Johann. 2015. "The OmniMate: A Guidewire- and Beacon-free AGV for Highly Reconfigurable Applications". *International Journal of Production Research*, Vol 38, No 9, Juni 2015, Hal 1-3.
- [3]. Endaryono, Pratama Johansah. 2014 Rancang Bangun Sistem Pembayaran Mandiri Padawahana Permainan berbasis ATmega32. *Journal of Control and Network Systems*. Vol. 3, No. 1 Hal 70-77.
- [4]. Ichwan, Muhamad. 2013. Pembangunan Prototipe Sistem Pengendalian Peralatan Listrik pada Platform Android berbasis Arduino Uno. *Jurnal nformatika*. Vol. 4, No. 1, April 2013 Hal 3-6.
- [5]. Nugraha, Deny Wira. 2010. Perancangan Sistem Kontrol Robot Lengan yang Dihubungkan dengan Komputer. *Jurnal Mektek*. Vol. 7, No. 3 September 2010, Hal 3-5.
- [6]. Sofyan, Andi. 2013. Rancang Bangun Robot Solving Maze dengan Algoritma Depth First Search. *Jurnal Momentum*. Vol. 15, No. 2 Agustus 2013, Hal 3-4.
- [7]. Raditya, Bartolomeus Bregas. 2011. Pengendali Motor Servo DC Menggunakan Pi untuk Diimplementasikan pada Mesin CNC". *Jurnal Teknik Komputer*. Vol 19, No. 2, Agustus 2011, Hal 102-112.
- [8]. Sahul, A. S. 2014. Studi Performa PC Cluster *E-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, Vol 3, No 2, Hal 2-5.

# Pengaruh Warna terhadap Serapan Pantulan Cahaya yang Melewati Media Kaca

Husein Ramadhan R<sup>1</sup>, Yudo Novianto Putra<sup>2</sup>, B. S. Rahayu Purwanti<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425, Indonesia

Email: husein.rr26@gmail.com<sup>1</sup>, yudhovianto@gmail.com<sup>2</sup>, bernadeta.purwanti@oulook.com<sup>3</sup>

## Abstrak

Penelitian ini membuktikan teori pantulan cahaya datang dan serapan yang melewati kaca sebagai media pemantulnya. Gelombang elektromagnetis (matahari) memantul ke segala arah dan diserap oleh media sesuai jenis media permukaan pemantulnya. Intensitas cahaya yang memantul penting dipelajari, terkait dengan penentuan jumlah lampu dan kuat penerangan suatu ruangan. Satu ruang harus cukup cahaya penerangannya, berasal dari cahaya luar dan tambahan nyala lampu. Cahaya luar (siang) dan sinar lampu (malam atau gelap) harus memenuhi syarat standar intensitas sesuai penggunaannya. Penambahan sinar dari lampu idealnya menyesuaikan kebutuhan cahaya luar (matahari). Oleh karena itu dibuatlah modul pengukur intensitas cahaya dengan Light Dependent Resistor (LDR). Sensitivitas LDR tinggi, hasil deteksinya telah teruji, hasil pengukuran presisi dan akurat. Faktor lain yang mempengaruhi hasil deteksi intensitas; warna dinding, jenis kaca sebagai media pantul/serapan, peletakkan sensor. Cara kerja LDR, layaknya rangkaian pembagi untuk memperoleh perbedaan tegangan. Arduino Uno mengkonversi tegangan output sensor menjadi nilai intensitas cahaya (lux). Konversi data menggunakan bahasa C dalam software Arduino. Tujuan penelitian adalah membuktikan teori tentang penyerapan sinar datang oleh media kaca. Sinar datang berasal dari matahari dengan intensitas 150 lux dilewatkan pada 3 jenis kaca. Sinar datang yang melewati 3 jenis kaca diuji untuk mengetahui pengaruh 3 warna (biru, kuning, merah) dinding. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyerapan cahaya untuk warna biru, kuning, dan merah.

**Keywords:** cahaya pantul, intensitas, LDR, warna, serapan.

## I. Pendahuluan

Cahaya memantul ke segala arah sesuai kerataan permukaan dan jenis media pemantulnya. Faktor penentu lainnya sudut pantul, penyerapan permukaan benda media, sudut datang cahaya. Cahaya serap dalam satu ruangan cukup pada siang hari, malam harinya mungkin perlu sinar tambahan dari lampu. Cahaya lampu mengatasi kurangnya sinar dalam suatu ruangan agar tidak mengganggu penglihatan. Acuan penggunaan cahaya dalam ruang telah ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional Tahun 2011 tentang Standar Nasional Indonesia tentang Tata cara pencahayaan buatan pada bangunan gedung. Ketentuan umum intensitas cahaya dalam ruang sesuai standar (SNI-03-6575-2001) untuk rumah (100 lux), ruang kelas (200–300 lux). Hal-hal yang tercantum dalam SNI ini tidak sepenuhnya diabaikan, tetapi pelaksanaannya menggunakan prosedur yang berbeda dan efek sampingnya belum diperhatikan. Seorang pembuat desain interior umumnya belum terbiasa mengukur intensitas cahaya yang masuk sebelum memasang lampu penerang

dalam ruang. Pemasangan letak dan jumlah titik lampu berdasarkan pertimbangan luas dan ketinggian ruangan, serta penyediaan saklar. Jumlah saklar yang terlalu banyak mengurangi estetika penataan cahaya suatu ruangan. Pengurangan jumlah saklar dan tidak sesuai jumlah lampu, atau beberapa lampu dengan satu saklar mengakibatkan pemborosan energi listrik. Sementara penggunaan lampu secukupnya menyebabkan ruangan kurang pencahayaan, cenderung remang-remang/gelap. Sumber cahaya suatu ruangan berasal dari hasil pemantulan/penyerapan sinar lampu yang dipengaruhi oleh warna benda di sekelilingnya. Pemantulan cahaya datang yang mengenai permukaan media pemantulnya penting diteliti. Seseorang mengatakan terang jika cahaya masuk ke dalam ruangan, ukuran terang seseorang dengan yang lain perlu dipastikan dengan pengukuran. Hasil pengukuran ini dimaksudkan untuk menyamakan persepsi terangnya suatu ruangan. Oleh karena itu perlu dibuat sebuah model pengukur intensitas cahaya yang masuk ke dalam suatu ruangan. Hal tersebut telah diteliti [Chairul Gagarin Irianto. 2006], yang menghasilkan sebuah pernyataan “Sistem

instalasi pencahayaan dengan pemadaman dan penyalaan per kolom tidak/belum efisien. Hal tersebut dikarenakan beberapa lampu seharusnya tidak perlu menyala disaat cuaca cerah. Jumlah lampu yang tidak perlu menyala cukup banyak yaitu 16 buah sedangkan yang diperlukan cukup 8 buah saja

Berkurangnya flux sinar lampu dikarenakan cahaya yang diserap oleh lingkungan, peralatan lampu, dan jenis lampu itu sendiri. Kerugian akibat berkurangnya flux disebabkan oleh temperature/tegangan kerja berubah-ubah, material dan optis lampu, serta armaturnya, pengotor lingkungan kerja lampu, lama kerja lampu. Efisiensi perhitungan terkait dengan luminar lampu diklaim oleh [1] lebih efektif menggunakan software Visual Basic (VB). Iluminasi atau satu lux adalah besarnya intensitas penerangan dari sumber cahaya yang diterima oleh permukaan suatu luasan. Besarnya iluminasi dalam ruang di permukaan satu luasan per kuadrat jluasan atau ari-jari yang melalui sudut ruang satu steradian (tersinari lampu).

Besarnya intensitas cahaya yang terserap suatu ruangan penting. Penerangan sarana baca, pekerjaan, usaha, lalu-lintas, dan aktifitas-aktifitas lain perlu pencahayaan yang tepat. Akibat pencahayaan tidak optimal dalam suatu ruangan berkurang [2] menjadi, dikenal sinarnya dan remang-remang hanya cocok untuk tidur.

Faktor-faktor pencahayaan alami menurut [3]; <sup>(1)</sup>sky component (SC), komponen pencahayaan langsung dari cahaya langit, <sup>(2)</sup>Externally reflected component, efeksi benda-benda di sekitar bangunan yang bersangkutan. <sup>(3)</sup>Internally reflected, komponen pencahayaan yang berasal dari benda yang berada di sekitar bangunan Ketiga faktor tersebut untuk penentu variabel-variabel kenyamanan penggunaan ruang. Variabel yang dapat dipilih adalah jenis dan warna benda yang dilewati sinar datang.

Sesuai dengan permasalahan, perlu dibuat modul pengujian intensitas cahaya dengan serapan dan pantulan bahan tembus cahaya. Modul berdimensi (40cm x 30cm x 20cm) dengan sensor LDR untuk mendeteksi cahaya. Sarana pengujian pantulan dan serapan cahaya menggunakan beberapa jenis kaca. Pengukuran sudut datang dari sumber cahaya ke kaca secara manual, menggunakan busur derajat. Nilai iluminasi cahaya datang dideteksi oleh LDR sebagai tegangan akibat perubahan resistansi. Sensor mengirimkan data analog ke Arduino, dikonversi menjadi data digital dengan program Arduino. Pengujian menggunakan metode *trial error* dengan memasang dinding berwarna merah, hijau, dan biru secara bergantian untuk cahaya datang yang sama. membuat perhitungan jumlah lampu dan cahaya terserap sesuai komposisi RGB warna penyerapnya/dinding. Tujuan penelitian, membuktikan teori tentang cahaya datang, cahaya pantul, dan cahaya

serap yang melewati suatu media. Hasil penelitian bermanfaat untuk memperhitungkan kebutuhan jumlah dan intensitas lampu

## II. Metodologi

Cahaya setelah mengenai benda/media pemantulnya. Pantulannya sesuai dengan sudut datang sesuai dengan persentase serapan dan jenis benda penyerap cahayanya.

### 2.1. Studi Pustaka tentang Teori Cahaya

Intensitas cahaya berkurang setelah melewati media perkurang, sebagian terserap atau diteruskan cahayanya oleh media yang dilewatinya. Intensitas dipengaruhi oleh refleksi dan iluminasi [] cahaya pada ruangan sehingga pencahayaan merata.

Iluminasi dapat dihitung menggunakan rumus (1):

$$E = \frac{F}{A} \text{ lux} \quad (1)$$

Keterangan:

E = Iluminasi (*lux*)

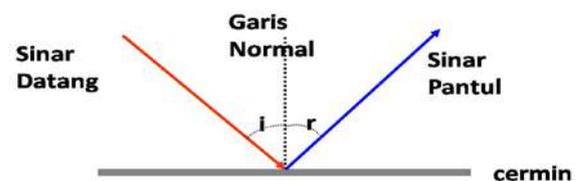
F = Fluks cahaya (lumen)

A = Luas permukaan ( $\text{m}^2$ )

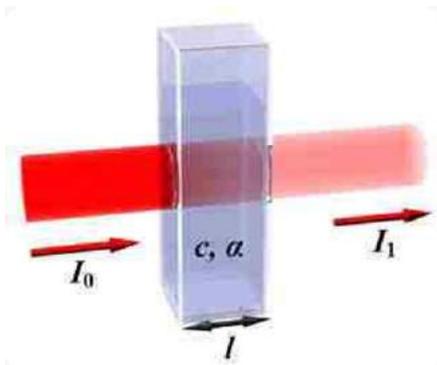
**Rumus Snellius** (Gambar 1) dapat diuraikan dengan:

- Cahaya datang, garis normal, dan cahaya pantul terletak pada satu bidang datar.
- Sudut datang sama dengan sudut pantul. Pada gambar 1 menjelaskan sudut sinar datang (i) sama dengan sudut sinar pantul (r).

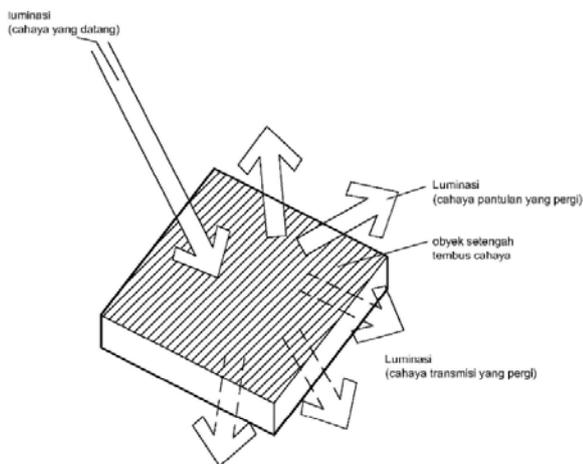
Cahaya dapat diserap benda-benda tertentu [4] dan mengakibatkan berkurangnya nilai intensitas setelah melewati benda penyerapnya. Setelah melewati benda penyerapnya cahaya terbias menuju segala arah sehingga penerangan merata, dengan sisa sinar yang tidak terserap oleh benda penyerapnya.



Gambar 1 Pantulan Cahaya



Gambar 2 Penyerapan Cahaya



Gambar 3 Perbedaan Iluminasi dan Luminasi

Cahaya diserap sesuai dengan tingkat kerapatan [5] dan konsentrasi partikel benda penyerapnya. (Gambar 2). Iluminasi (kuat cahaya) diperlukan untuk pemerataan cahaya dalam ruang (Gambar 3).

## 2.2. Intensitas Cahaya, Lumen, dan Jumlah Lampu

$$V_{OUT} = \frac{R1}{R1 + LDR1} \times V_{IN} \quad (2)$$

Keterangan:

- $V_{OUT}$  : tegangan output (volt)
- $R1$  : resistansi resistor tetap (ohm)
- $LDR1$  : resistansi sensor (ohm)
- $V_{IN}$  : tegangan input (volt)

Perhitungan jumlah (2) lampu diperlukan untuk [6] [7] menentukan nilai intensitas yang sesuai saat tidak ada cahaya datang. Rumus perhitungannya:

$$N = \frac{E \times L \times W}{\phi \times LLF \times CU \times n} \quad (3)$$

Keterangan:

- $N$  : Jumlah lampu

- $E$  : Nilai intensitas yang ingin dicapai (*lux*)
- $L$  : Panjang ruang (meter)
- $W$  : Lebar ruang (meter)
- $\phi$  : Total lumen lampu (Lm/watt)
- $LLF$  : Faktor cahaya rugi (0,7 – 0,8)
- $CU$  : Faktor pemanfaatan (50% - 65%)

Perhitungan untuk  $\phi$  adalah:

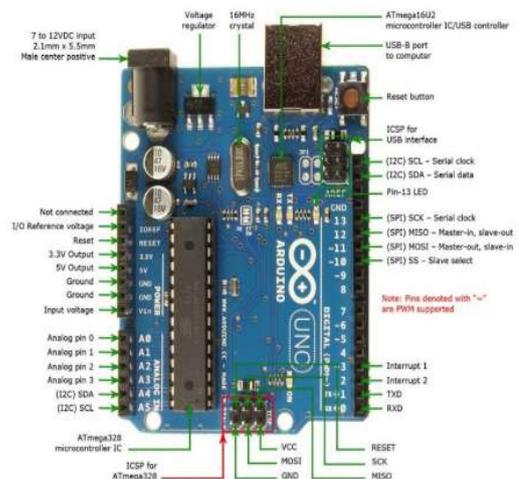
$$\phi = W \times Lm / watt \quad (4)$$

Keterangan:

- $\phi$  = Total lumen lampu (Lm/watt)
- $W$  = Daya lampu (watt)
- Lm/watt = Lumen per watt

## 2.3. Perancangan Komunkasi Modul Ukur dan Mikrokontroler

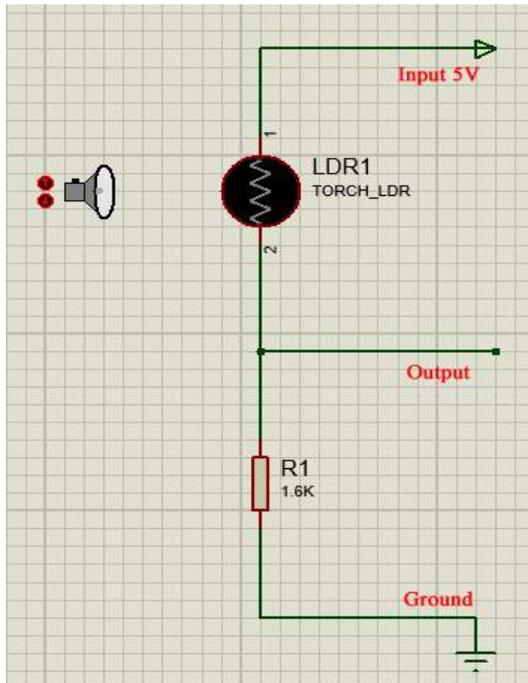
Mikrokontroler Arduino *single board* (Gambar 4) *open source*, dapat diprogram dengan bahasa pemrograman *wiring based* sesuai *syntax* dan *library*. Pemrograman *wiring-based* tidak berbeda dengan C/C++, hanya dengan penyederhanaan modifikasi. Pengembangan mikrokontroler Arduino dengan *Integerated Development Environment* (IDE) berbasis *processing*. Arduino Uno, jenis mikroprosesor Atmel AVR yang dilengkapi dengan *oscillator* bermemori 16 MHz. Besarnya memori ini memungkinkan penggunaannya *realtime*. Penggunaan pin 0 hingga 13 untuk mengirim data digital, berlogik 0 atau 1, pin A0-A5 untuk mengirim data *analog*.



Gambar 4 Board Arduino Uno R3



Gambar 5 Sensor *Light Dependent Resistor* (LDR)



Gambar 6 Rangkaian LDR

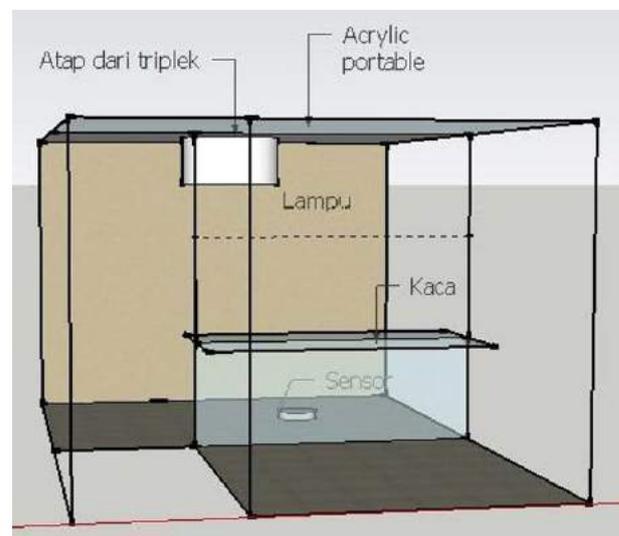
Arduino Uno dilengkapi *Static Random-Access Memory* (SRAM) berukuran 2 KB. SRAM untuk menyimpan data, dan *flash memory* (32 KB), serta *erasable programmable read-only memory* (EEPROM) untuk menyimpan program.

Sensor cahaya *Light Dependent Resistor* (LDR) adalah salah satu jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansinya apabila mengalami perubahan penerimaan cahaya (Gambar 5). Besarnya nilai hambatan pada sensor tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima. LDR adalah resistor yang peka terhadap cahaya. LDR terbuat dari cadmium sulfida yaitu merupakan bahan semikonduktor yang nilai resistansinya menurut banyaknya cahaya (sinar) yang mengenainya. Resistansi LDR di tempat gelap ( $\pm 10 \text{ M}\Omega$ ) dan terang ( $\pm 150 \Omega$ ). Pemasangan LDR pada suatu rangkaian sama seperti pemasangan resistor biasa (Gambar 6). Sensor LDR sebagai pendeteksi cahaya, potensiometer alat pengatur nilai resistansi tetap. Pin  $V_{CC}$  untuk mengalirkan tegangan sumber, pin *output* untuk keluaran hasil pembagi tegangan dari sensor dan

potensiometer. Rangkaian pembagi tegangan terdiri dari sebuah resistor dan LDR disusun seri. Nilai tegangan *output* ( $V_{OUT}$ ) dihitung menggunakan rumus:

#### 2.4. Dimensi Alat Uji dan Spesifikasinya

Perancangan model ruang penguji intensitas cahaya dimodelkan berskala 1:10 dengan ruang sebenarnya (Gambar 7). Media uji (dinding dan kaca) dengan berbagai warna dan jenis permukaan. Hal tersebut disebabkan perbedaan warna dan media uji pemantulnya. Perbedaan intensitas cahaya masuk mempengaruhi pencahayaan suatu ruang. Pengujian alat ini untuk membandingkan intensitas cahaya lampu penerang (LED), sinar matahari dan berbagai media uji agar mendapatkan kuat penerangan merata dan sesuai standar. Spesifikasi Kelistrikan; tegangan sumber AC (220V/50Hz) dan tegangan sumber DC (5VDC  $\pm 10\%$ ).



Gambar 7 Desain Alat/Model Pengukur Intensitas Cahaya (tampak samping)

#### 2.5. Blok Diagram Sistem



Gambar 8 Blok Diagram Sistem

Keseluruhan modul dan sistem, secara singkat (Gambar 8) dengan penjelasan singkatnya;

- Sensor LDR untuk mendeteksi intensitas cahaya
- Pengkondisi sinyal; menggunakan rangkaian jembatan Wheatstone sebagai pengubah besaran resistansi menjadi perubahan tegangan.
- Mikrokontroler Arduino Uno, pengolahan data dari output sensor yang ditampilkan pada display sebagai besaran intensitas cahaya.
- Display, menggunakan PC dan LCD

(e). LED, sebagai output cahaya buatan

### 2.6. Penentuan Nilai RGB

Setelah melakukan beberapa percobaan, warna dari dinding dan jenis kaca sangat berpengaruh dalam besar atau kecilnya nilai intensitas cahaya ruangan. Hal tersebut dikarenakan perbedaan panjang gelombang/spectrum cahaya yang dihasilkan dari media-media tersebut. Akibat perbedaan spectrum cahaya, cahaya yang diserap dan dipantulkan oleh media tersebut berbeda dan mempengaruhi intensitas cahaya pada ruangan. Ketiga warna primer (merah, kuning, biru) menyerap dan memantulkan cahaya yang berbeda. Warna kuning cenderung paling terang. Sesuai data hasil pengukuran (Tabel 2), cahaya yang melewati warna kuning hasil terusan jenis ketiga kaca. Intensitas kuning pada ruangan tetap paling terang daripada warna merah dan biru. Sedangkan warna biru menjadi warna yang paling menyerap banyak cahaya, terbukti nilai intensitas 30

Cahaya pada ruangan ketika dinding berwarna biru menjadi lebih gelap dari warna kuning dan merah. Pengujian pada media kaca, kaca rayban menyerap lebih banyak cahaya yang datang, terbukti pada (Tabel 2), cahaya yang masuk melewati kaca menjadi sangat sedikit dan cahaya pantulnya juga tidak besar. Sedangkan pada kaca transparan, cahaya yang melewati kaca sangat besar, dan cahaya yang dipantulkan juga besar.

### III. Hasil dan Pembahasan

Prosedur pengujian yang dilaksanakan paling awal adalah pengukuran semua arus komponen sebelum diinstalasi, untuk memastikan kesesuaian danantisipasi timbulnya *short circuit*.

#### 3.1. Pengukuran Cahaya Datang

Uji nilai diambil dari masing-masing kondisi sehingga menghasilkan data yang berbeda-beda. Satu persatu dari tiga media uji diukur intensitas cahaya datang dan cahaya pantulnya (Tabel 1). Rata-rata intensitas cahaya datang adalah  $(157.3 \pm 0.05)$  lux, cahaya pantulnya  $(94.7 \pm 0.05)$  lux. Cahaya datang terbesar pada Media kaca rayban terbesar cahaya datangnya (167 lux), dan terbesar pula cahaya pantulnya (126 lux). Media kaca blur terkecil cahaya datangnya (150 lux), dan terkecil pula cahaya pantulnya (60 lux).

Cahaya datang sebagian dipantulkan, selebihnya diteruskan oleh media uji dan diserap oleh warna benda di sekitarnya. Modul uji ini menggunakan tiga warna dasar untuk menyerap cahaya yang diteruskan oleh kaca sebagai media uji. Selanjutnya diukur serapan intensitas cahaya dalam ruang uji menggunakan dinding warna biru, kuning, dan merah. Intensitas yang terserap oleh

masing-masing warna memungkinkan rekomendasi pemilihan warna cat disesuaikan dengan jenis kacanya.

Tabel 1 Pengukuran Cahaya Datang dan Pantul

No	Jenis Kaca	Intensitas Cahaya (lux)		
		Datang	Pantul	Diteruskan
1.	Bening	155	0.37	0.37
2.	Blur	150	0.60	0.60
3.	Rayban	167	0.25	0.25
	Rata-rata	157.3	94.7	0.59

#### 3.2. Pengujian Warna untuk Serapan Intensitas

Uji nilai diambil dari masing-masing kondisi sehingga menghasilkan data yang berbeda-beda.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Cahaya Serap

Warna Kaca	Biru (lux)	Kuning (lux)	Merah (lux)	Rata2 (lux)
Bening	92.5	99.5	98.6	96.9
Blur	92.1	99.0	98.7	96.6
Reyban	87.3	99.4	94.1	93.6
Rata2	90.6	99.3	97.1	95.7

Dari hasil pengukuran (Tabel 2), menunjukkan bahwa perbedaan yang terdeteksi oleh sensor LDR (0-5 volt sesuai dengan perubahan intensitas cahya (lux)

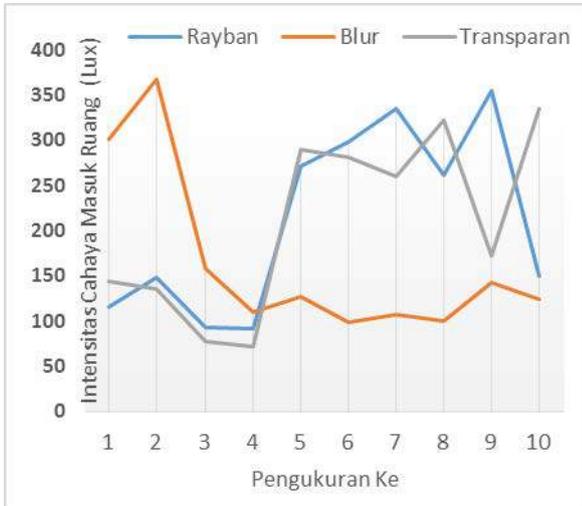
- Intensitas cahaya datang dipengaruhi oleh jenis media pemantulnya
- Intensitas cahaya serap dalam suatu ruangan tergantung pada warna dan media pemantul sinar datang
- Intensitas cahaya serap paling tinggi pada warna kuning, selanjutnya merah, dan biru serapan intensitas cahayanya paling rendah

Gambar 9 intensitas cahaya masuk ke dalam ruang uji. Intensitas cahaya yang masuk melewati kaca blur < dibanding dengan kaca transparan/rayban. Hal ini menunjukkan ruangan berkaca blur lebih gelap dan perlu lampu penerang tambahan. Intensitas cahaya ruang berkaca transparan/ rayban tidak perlu menambah lampu penerangan.

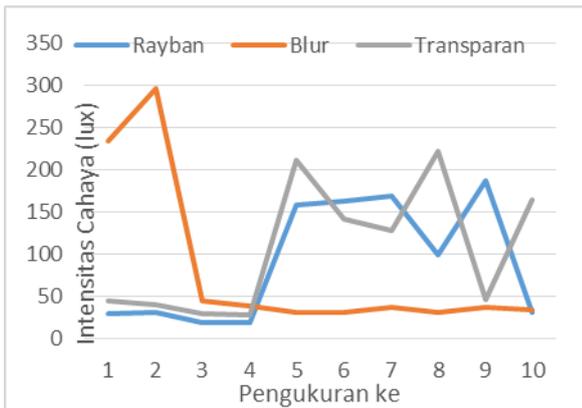
Gambar 10 merupakan grafik cahaya pantul pada tiga media bergeda. Media kaca (tebal 10 mm), bening, blur, rayban. Seluruh intensitasn cahaya yang memantul < dari cahaya yang masuk. Perbedaan tersebut karena cahaya yang diserap oleh benda sebagian dipantulkan atau diteruskan melewati media.

Gambar 11 pengujian 1, media kaca blur nilai intensitas cahaya ruang 234 lux, intensitas cahaya masuk 301 lux. Gambar 11 pengujian 1, media kaca transparan nilai

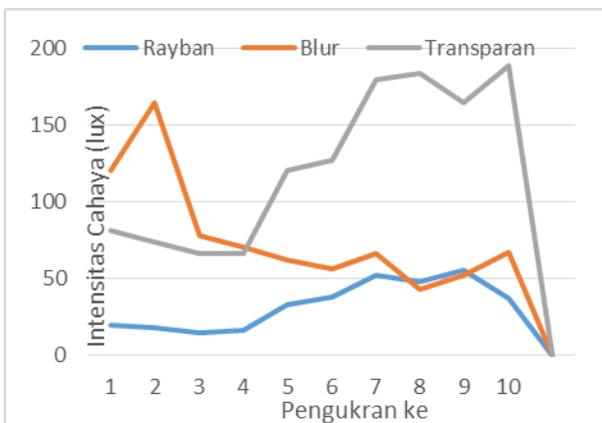
intensitas cahaya masuk 144 lux dengan nilai intensitas cahaya didalam ruang sebesar 81 lux. Penurunan nilai tersebut karena banyak cahaya yang terserap.



Gambar 9 Intensitas Cahaya Masuk ke Ruang Melewati Tiga Jenis Kaca



Gambar 10 Intensitas Cahaya Pantul yang Melewati Tiga Jenis Kaca



Gambar 11 Intensitas Cahaya Serap yang Melewati Tiga Jenis Kaca

### 3.3. Perhitungan Jumlah Lampu

$$N = \frac{E \cdot L \cdot W}{\phi \cdot LLF \cdot CU \cdot n}$$

$$N = \frac{250 \text{ lux} \cdot 0.3 \text{ m} \cdot 0.4 \text{ m}}{68 \text{ watt} \cdot 20 \frac{\text{lm}}{\text{watt}} \cdot 0.65 \cdot 1}$$

$$N = \frac{30}{13.6 \text{ lm} \cdot 0.52}$$

$$N = \frac{30}{7.02} = 4.24$$

Penjelasan pada persamaan (3), E nilai intensitas yang ingin dicapai (250 lux), lebar dan panjang ruangan berturut-turut 0.3 m dan 0.4 m. Nila fluks cahaya (68 watt ), sebuah LED 13,6 lumen, diperoleh dari daya LED (0,68 watt) dikali lumen per watt (20). Hasil perkalian fluks cahaya dikalikan dengan faktor rugi (0,8), pemanfaatan cahaya (65%), dan banyaknya lampu dalam satu titik (1). Jadi, hasil dari perhitungan didapatkan jumlah lampu 4.24. Rekomendasi sesuai hasil perhitungan ruang uji dipasang 4 buah lampu.

## IV. Kesimpulan

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa cahaya diteruskan (62.6 lux) melewati bidang datar dan diserap oleh warna (59) %-nya. Serapan warna ini dapat menjadi pedoman merekomendasikan penggunaan jumlah dan daya lampu dalam suatu ruangan.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada P3M PNJ yang telah mendanai penelitian ini

## Daftar Acuan

- [1]. Feri Diana, Anita Hidayati. 2014. Analisa Perhitungan Kebutuhan Penerangan Pada Bangunan Rig Rasis (Offshore) Berdasarkan Class Abs Dan Bki Berbasis Visual Basic. *Jurnal Kapal*, vol. 11, No.1 Februari 2014, hal 5-12
- [2]. Chairul Gagarin Irianto. 2006. Studi Optimasi Sistem Pencahayaan Ruang Kuliah Dengan Memanfaatkan Cahaya Alam. *JETri* Volume 5, Nomor 2, Februari 2006, Halaman 1-20, ISSN 1412-0372
- [3]. Jusuf Thojib, Muhammad Satya Adhitama. 2013. Kenyamanan Visual Melalui Pencahayaan Alami Pada Kantor (Studi Kasus Gedung Dekanat

- Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang).  
*Jurnal Ruas*, Volume 11` N0 2, Desember 2013,  
ISSN 1693-3702. hal 10-15
- [4]. Wijayanti, Vinda dan Agung Nugroho. 2015. Alat  
Pendeteksi Telur Berbasis Mikrokontroler  
PIC16F84. *Jurnal Ilmiah Go Infotech*, 21, 1693-  
590x.
- [5]. Widyani, Isda. 2015. Kajian Pencahayaan  
Campuran di Ruang Bengkel Kayu Pendidikan  
Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta. [30 Juni 2016].
- [6]. Suprijadi dan W. Hartati. 2010. Pengembangan  
Model Pengukuran Intensitas Cahaya dalam  
Fotometri". *Auto Control and Instrumentation  
Journal 2 (2)*, 2085-2517.
- [7]. Ishak, M. Taufik. 2013. Pengendalian Silau  
terhadap Kenyamanan Visual dalam Ruang.  
*Jupiter*, XII, 1693-5535

## Pengembangan Sistem Smart Aquaponik

Zulhelman<sup>1</sup>, Haidar Afkar Aushaf<sup>2</sup> dan Rachma Maharani Ulfa<sup>3</sup>

1,2,3 Kelompok Penelitian Mahasiswa dan Dosen Program Studi S-1 Terapan Broadband Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta Kampus UI Depok

E-mail: zuhelman@yahoo.co.id, haidar.afkar@gmail.com, maharaniulfa90@gmail.com.

### Abstrak

Permintaan kebutuhan untuk memanfaatkan lahan terbatas untuk pertanian semakin tinggi pada masyarakat di Indonesia, khususnya pada masyarakat di kota-kota besar. Sehingga diperlukan sebuah model pertanian modern yang tidak memakan tempat yang lebih banyak dan waktu yang terbuang, namun dapat menghasilkan hasil panen yang maksimal. Salah satu model pertanian modern di perkotaan (Urban Agriculture) yang sedang berkembang di kalangan masyarakat perkotaan adalah aquaponik. Aquaponik yang tradisional dikembangkan menjadi Smart Aquaponik. Smart aquaponik adalah sebuah sistem budidaya gabungan antara perikanan dan tanaman dalam satu wadah secara otomatis. Inti dasar dari sistem tersebut adalah penyediaan air yang optimum untuk masing-masing komoditas dan memanfaatkan sistem resirkulasi air, yang mana membutuhkan perawatan yang intensif untuk me-monitoring sistem tersebut. Untuk menyempurnakan sistem tersebut, dibutuhkan sebuah sistem embedded aquaponic pintar (smart aquaponic) yang sudah dikembangkan yang dapat me-monitoring kadar ph air, ketinggian air, dan pakan ikan yang terintegrasi dengan mobile application dan jaringan internet secara real-time. Sehingga, mobilitas pengguna aquaponik dapat lebih mudah dan efisien.

### Abstract

**Smart Aquaponic System Development.** The demand to using small space for agriculture is increasingly high on communities in Indonesia, especially in major cities. Thus, it needs a modern agricultural model which does not take some spaces and time, but also it can produce maximum yields. One of the models of modern farming in urban areas that are popular among communities is Aquaponics. The traditional Aquaponics is developed into a Smart Aquaponics. Smart Aquaponics is a system of joint fisheries and aquaculture plants in one container that runs automatically. The basic core of the system is the optimum water supply for each commodity (fisheries and aquaculture plants, red) and utilize the water recirculation system that requires intensive care for the monitoring system. To improve the system, it takes an Aquaponics embedded systems that are already developed, so it could monitor the PH levels of water, water height and food supply for fishes that already integrated to mobile application and internet network in real-time.

**Key words:** smart aquaponic, sistem embedded, real-time mobile application

### 1. Pendahuluan

Pada akhir-akhir ini aktivitas bertani dan berkebun semakin digemari oleh kalangan masyarakat menengah ke atas di Indonesia. Hal ini didukung oleh perkembangan jaringan komunitas berkebun di kota-kota besar di Tanah Air, hal ini dipengaruhi oleh banyaknya informasi tentang pertanian di jaringan sosial media.

Awal mula tren berkebun urban berasal dari Negara Jepang yang didukung Pemerintah, karena manfaat pertanian urban sebagai kehidupan sosial dan kelestarian lingkungan, berupa menambah hasil sumber makanan yang sehat dan segar, termasuk makanan

organik yang rendah kimia. Selain itu, pertanian urban memberikan kesempatan bagi penduduk kota untuk terlibat dalam aktivitas pertanian baik secara langsung (melalui aktivitas berkebun) dan melalui aktivitas jual beli antar konsumen dan petani di gerai-gerai produk pertanian lokal.

Dewasa ini, *Urban Agriculture* (berkebun urban) sudah dikemas dalam berbagai jenis teknologi, seperti aeroponik, hidroponik, dan vertikultur. Sebagai sebuah kreasi agribisnis, *urban agriculture*, tentu bukan hanya sekedar kegiatan hobi atau estetika, namun juga berpotensi untuk merekonstruksi lingkungan, membangun budaya yang sehat, mengoptimalkan lahan, dan menghasilkan produk.

Jenis tren *Urban Agriculture* yang sudah lama berkembang di Indonesia adalah Aquaponik. Aquaponik merupakan sistem pertanian berkelanjutan yang mengkombinasikan akuakultur dengan hidroponik dalam lingkungan yang bersifat simbiotik. Maksud dari sifat simbiotik ini adalah ekskresi hewan yang dipelihara akan diberikan kepada tanaman agar dipecah menjadi nitrat dan nitrit melalui proses alami, dan dimanfaatkan oleh tanaman sebagai nutrisi. Dalam pengertian singkatnya, sistem akuaponik menggunakan air yang mengalir pada sistem tersebut untuk terus bersirkulasi. Pompa listrik mengalirkan air yang mengandung kotoran ikan yang akan menjadi sumber nutrisi bagi tanaman. Lalu air disaring dan dikembalikan ke kolam ikan di bawahnya.

Karena sistem hidroponik dan akuakultur sangat beragam bentuknya, maka sistem akuaponik pun menjadi sangat beragam dalam hal ukuran, kerumitan, tipe makhluk hidup yang ditumbuhkan dan sebagainya.

Tren Aquaponik di Indonesia sudah memiliki komunitas di setiap kota-kota besar. Salah satunya adalah Komunitas Petani Kota (KPK) di Jakarta yang di gagasi oleh pengusaha Akuaponik BOS Letong asal Pamulang bernama bapak Fatulloh. Namun, sistem Aquaponik yang digunakan di Indonesia masih bersifat manual dalam menjaga sirkulasi kualitas air dan tumbuhannya. Beberapa kelemahan sistem aquaponik saat ini adalah :

1. Sangat tergantung pada listrik untuk menggerakkan pompa air. Bila tidak terjadi sirkulasi akan menyebabkan kualitas air buruk dan meningkatkan keasaman sehingga berakibat pada kematian ikan
2. Investasi cukup tinggi karena harus membeli genset yang menyediakan cadangan listrik.
3. Butuhnya keterampilan untuk merawat sistem aquaponik itu sendiri
4. Kemampuan mengenal karakteristik setiap ikan yang akan di pelihara
5. Pemberian pakan terhadap ikan nokturnal seperti lele yang lebih bagus pada malam hari.
6. Pengaturan tingkat PH air agar ikan dan tanaman dapat hidup.
7. Memonitoring PH air secara berkala, user harus selalu datang ke tempat akuaponik.
8. Penguapan air sistem akuaponik yang menyebabkan berkurangnya air pada sistem akuaponik.

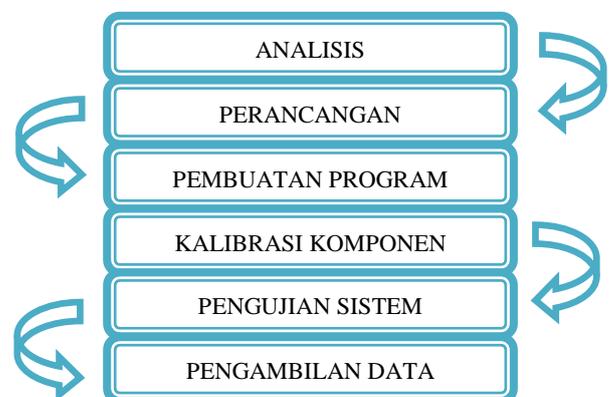
Kekurangan-kekurangan yang telah disebut di atas merupakan permasalahan yang akan diatasi melalui penelitian ini.

## 2. Metode Penelitian

Metodologi penelitian dilakukan secara eksperimental dengan terlebih dahulu menentukan spesifikasi SISTEM SMART AQUAPONIK, kemudian merancang dan

membangun sistem, diakhiri dengan pengujian. Spesifikasi system adalah sebagai berikut , sebagai pengolah sinyal digunakan *Arduino UNO*, yang dioperasikan menggunakan tegangan sebesar 5.5 Volt dan memiliki frekuensi operasi maksimum 20 MHz. *Real Time Clock (RTC)* berkomunikasi melalui I2C. *Liquid Crystal Display (LCD)* menampilkan data akurat hasil pembacaan sensor sehingga dapat memudahkan pengguna dalam mengontrol nilai pH air. *Motor Servo* berfungsi untuk pemberian makan ikan otomatis secara berkala dan membuka tutup saluran air. Motor servo yang digunakan adalah Motor servo *standard (servo rotation 180<sup>0</sup>)* . Sensor *pH* berupa elektrode kaca (*glass electrode*) dengan jalan mengukur jumlah *ion H3O+* di dalam larutan. Sensor pH ini berfungsi untuk mengontrol pH air yang digunakan bernilai 6-7. Sensor Ultrasonik berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu, gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi sangat tinggi yaitu 20.000 Hz. *ESP8266* berfungsi untuk melakukan koneksi terhadap arduino uno dengan *Geeknesia.com* untuk tercapainya fungsi dari IoT (Internet of Things), sehingga data sensor dapat dikirimkan ke situs *Geeknesia.com*.

Dalam Perancangan ini, terdapat beberapa tahapan alur proses yang dilakukan dari awal perancangan hingga akhir perancangan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Proses Perancangan

Seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 1, Tahap Pertama yang dilakukan ialah analisis sistem dengan memeriksa atau mengecek peralatan atau komponen yang digunakan, Alat yang digunakan harus sesuai dengan inti dari permasalahan yaitu dapat mengontrol dan *monitoring pH*, serta ketinggian air sehingga pengambilan data dapat dilakukan secara akurat dan presisi.

Tahap kedua ialah perancangan alat yang sudah ditentukan dengan komponen utama yaitu Arduino Uno serta perangkat sensing yaitu pH meter V1.0, Sensor Suhu air dan Ultrasonik. Selain pH meter, Sensor suhu

air dan Ultrasonik, alat penunjang juga dipersiapkan yaitu dengan menginstall software Arduino IDE. Software itulah yang nantinya akan digunakan untuk membuat program yang akan berjalan pada pH meter, Sensor suhu air dan Ultrasonik sehingga dapat memvisualisasikan data yang diterima oleh sensor.

Tahap ketiga ialah membuat program pada Arduino IDE dan Android dengan menggunakan bahasa C pada Arduino dan bahasa Java pada Android. Bahasa C kemudian diterjemahkan kedalam bahasa biner dan di isi pada mikrokontroler ATmega 328P. Setelah bahasa pemrograman selesai dibuat maka program tersebut akan di-upload pada mikrokontroler ATmega 328P.

Tahap keempat adalah kalibrasi komponen pada pH meter, Float switch, motor servo, LCD, dan Real Time Clock. Tahap ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik asli dari device yang akan kita gunakan dalam pembuatan prototype otomasi sistem Aquaponik ini. Pada tahap ini dilakukan kalibrasi untuk pengambilan data penuh untuk mengetahui rentang uji pada setiap komponen. Jika terjadi ketidaksesuaian pada saat kalibrasi maka kalibrasi harus dilakukan ulang dari awal sampai kalibrasi stabil untuk mendapatkan hasil yang akurat dan presisi. Hasil karakterisasi ini divisualisasikan dengan serial monitor pada Arduino IDE.

Tahap kelima ialah menguji sistem dengan menggabungkan keseluruhan komponen dalam satu rangkaian. Pengujian ini untuk melihat respon microcontroller terhadap masukan dari sensor apakah sudah sesuai antara input yang diberikan dengan output yang yang dihasilkan. Tahap inilah yang menentukan apakah alat yang akan dibuat memiliki tingkat akurasi yang tinggi atau tidak. Dari data yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan nilai ideal yang seharusnya untuk melihat seberapa presisi hasil yang dihasilkan.

Tahap keenam ialah pengambilan data percobaan dengan memasang semua alat yang sudah dirancang pada Aquaponik. Lalu mengunggah data yang didapat dari dari sensor PH, dan Suhu air ke internet untuk di jadikan sebuah data grafik secara streaming. Kemudian akan ditulis pada laporan sebagai data analisa.

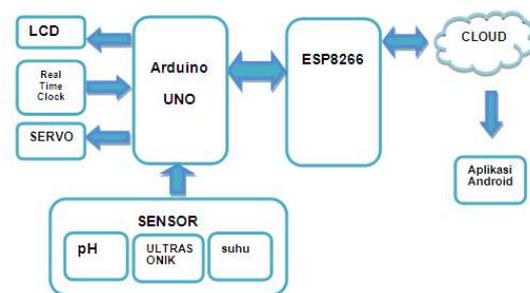
### 3. Hasil dan Pembahasan

Perencanaan Sistem diperlihatkan pada Gambar 2, dimana diagram struktur sistem aquaponik ini terdiri dari delapan komponen, yaitu Arduino Uno single-board mikrokontroler, ESP8266, sensor pH, sensor water level, motor servo, LCD, Real Time Clock.

Arduino Uno merupakan mikrokontoller yang digunakan untuk mengolah sinyal analog dari sensor

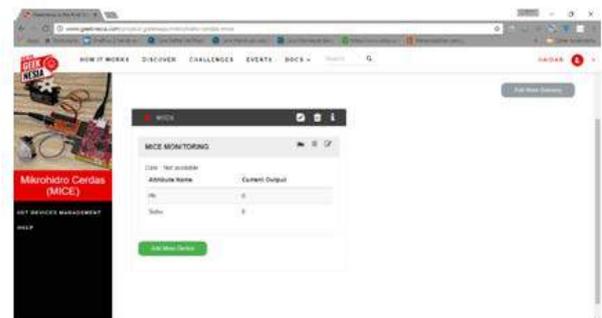
dengan Real Time Clock, data yang dihasilkan ditampilkan pada LCD dan Arduino juga mengendalikan motor servo. ESP8266 digunakan sebagai interface ke cloud computing untuk mengakses web melalui komunikasi nirkabel.

Hasil perancangan system diuji secara langsung secara real-time. Melalui system embedded, pemantauan dengan konsep Internet of Things (IoT), sehingga sistem aquaponik tersebut dapat dimonitor secara Real-Time oleh pengguna sistem aquaponik pintar (Smart Aquaponic System). Pada smartphone Android, hasil monitoring aquaponik dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Diagram blok sistem Aquaponic berbasis mikrokontroler

Halaman Administrator web digunakan untuk mendukung transfer data pada WebESP8266 berfungsi untuk mengkonfigurasi koneksi ke internet seperti yang terlihat pada Gambar 3.

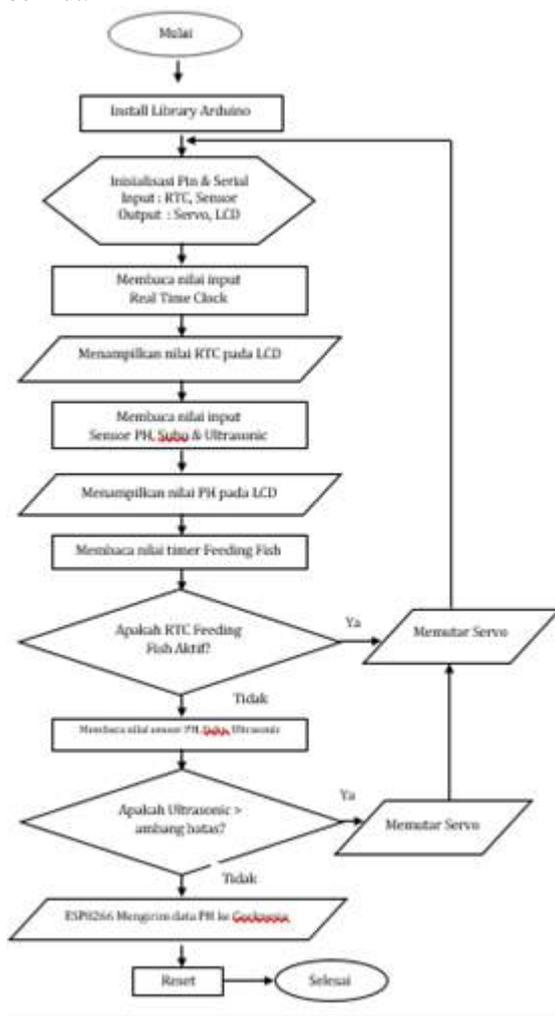


Gambar 3. Halaman Administrator Web

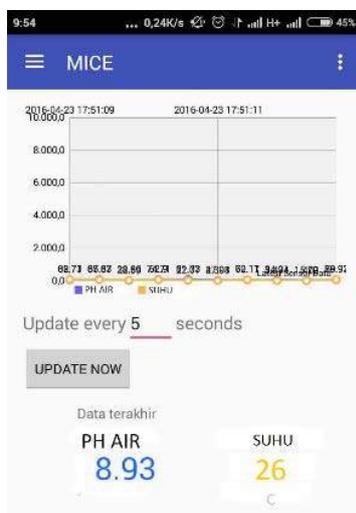
Sedangkan flowchart keseluruhan sistemnya dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4, memperlihatkan tahapan-tahapan dari sistem smart aquaponic. Tahapan awal adalah inialisasi sketch arduino dari arduino IDE kemudian disinkronkan ke komponen embedded. Ph dan temperature air akan terbaca ketika nilai input RTC (Real Time Clock) dapat terlihat dilayar LCD. Pada pengujian tes keseluruhan

sistem ini dipakai waktu pengamatan yang akan diteliti adalah setiap lima detik sekali. Dari memasukkan input pada aplikasi android, didapatkan dengan hasil sebagai berikut:



Gambar 4 Flowchart keseluruhan sistem smart aquaponic



Gambar 5. Hasil pengukuran

Gambar 5, menunjukkan nilai PH Air sekitar 8.93 dengan suhu sekitar 26 derajat celcius. Derajat keasaman menunjukkan aktifitas ion hydrogen dalam air. Makin tinggi konsentrasi ion h+ maka air semakin asam(acid), ditunjukkan dengan PH <7. Sedangkan jika Makin tinggi konsentrasi ion oh- maka air semakin basa (alkali),ditunjukkan dengan PH >7. Air murni (neutral) ditunjukkan dengan PH = 7.

Ikan budidaya kebanyakan lebih suka hidup pada perairan dengan derajat keasaman netral dan condong basa.dalam kisaran PH 6.5 – 9. Optimum pada kisaran PH 7 -8.5. Air budidaya dengan derajat keasaman yang tinggi berbahaya bagi ikan budidaya. Karena bakteri yang tidak diperlukan dapat berkembang dalam suasana asam. Proses fermentasi yang menghasilkan CO<sub>2</sub> juga sangat cepat dalam suasana asam. Aktifitas bakteri nitrifikasi akan berkurang bila PH air dibawah 7. Sehingga pada pengujian sistem keseluruhan ini didapatkan hasil bahwa dengan adanya monitoring berbasis sistem embedded dengan menggunakan android dapat mempermudah user (pengguna) untuk melihat apakah air yang digunakan sudah baik dan efektif.

#### 4. Kesimpulan

Dengan menggabungkan Sistem Embedded atau automasi dengan *Internet of Things*, yang didukung oleh teknologi cloud computing, pengembangan Sistem Smart Aquaponik memberikan kemudahan pengguna untuk memonitori Aquaponik dari jarak jauh secara real time. Kelebihan dari Pengembangan sistem Smart Aquaponic adalah sangat praktis dan efektif, serta dapat digunakan oleh perangkat apapun yang berbasis android.

#### Daftar Acuan

- [1]. AL-Kadi,T., AL-Tuwaijiri,Z., dan AL-Omran, A. 2013 “*Arduino Wi-Fi analyzer*”. *Procedia Computer Science* : 523-525
- [2]. Arief,U. 2011 “*Pengujian Sensor Ultrasonik PING untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air*” *Jurnal Ilmiah “Elektrikal Enjiniring”*, Vol.9 No.2 : 72-74
- [3]. Ivan,S., dan Anggoro,R. 2014 “*Wisata Kuliner dan Agro Organik di Batu*”. *JURNAL eDIMENSI ARSITEKTUR* Vol. II. No.1: 4-6
- [4]. Junaidi,A. 2015 “*Internet of Things, Sejarah, Teknologi dan Penerapannya*”, Vol.1, No.3 : 62-64
- [5]. Nugroho,S., dan Sutrisno. 2008 “*Budi daya ikan & sayuran dengan 95 ystem akuaponik*” *Penebar Swadaya* : 3-6
- [6]. Putra,S., dan Pamukas,S. 2011 “*Pemeliharaan Ikan Selais (Ompok sp) Dengan Resirkulasi*,

- Sistem Aquaponik*". Jurnal Perikanan dan Kelautan 16,1 : 1-2
- [7]. Richardson, M. 2014 "Getting started with intel galileo" Technology & Engineering : 1-3
- [8]. Sairi, F., dan Budiana, N. 2015 "Akuaponik Panen sayur Bonus Ikan" Penebar swadaya : 24-26
- [9]. Shiddiq, M., dan Rahardjo, P. 2008 "Pengukur Suhu dan pH Air tambak terintegrasi dengan data logger". Jurnal EECCIS, Vol.II, No.1: 23-25
- [10]. Usuman, I., dan Ardhi, H. 2010 "Sistem Pendeteksi Suhu dan Asap Pada Ruangan Tertutup Memanfaatkan Sensor LM35 dan Sensor AF30". Berkala Fisika, Vol. 13, No.2: 2 – 5

# Rancang Bangun Antena Parabola dengan *Feed Point* Mikrostrip Rectangular Array 2 Elemen Untuk Aplikasi WiFi 2,4 GHz (sebagai *Transmitter*)

Sri Danaryani<sup>1</sup>, Riris Pitaloka Handayani<sup>2</sup>

1,2 Program Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta  
Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy Kampus UI Depok, 16425

E-mail: [sdanaryani@gmail.com](mailto:sdanaryani@gmail.com)<sup>1</sup>, [ririspitaloka@gmail.com](mailto:ririspitaloka@gmail.com)<sup>2</sup>

## Abstrak

Antena mikrostrip merupakan antenna yang memiliki bentuk yang sederhana, ringan, dan dapat bekerja pada frekuensi 2,4 GHz yang dapat digunakan untuk jaringan WiFi. Namun antena mikrostrip memiliki kekurangan, yaitu nilai gainnya yang rendah. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan cara menambahkan reflektor parabola. Pada artikel ini dibahas tentang rancangan antena parabola dengan feed point mikrostrip rectangular array 2 elemen yang akan digunakan untuk jaringan WiFi yang menghubungkan Gedung D Teknik Elektro dan Gedung G Lab Telekomunikasi. Antena parabola menggunakan bahan aluminium, sementara mikrostrip menggunakan PCB epoxy double layer dengan ketebalan 1,6 mm dan konstanta dielektrik sebesar 4,3. Berdasarkan hasil pengujian, antena ini memiliki nilai  $VSWR \leq 1,5$ , memiliki gain 11,99 dB, bandwidth sebesar 108 MHz dan mampu melakukan koneksi internet.

## Abstract

Microstrip antenna is an antenna that has a simple and lightweight form, and be able to work at a frequency of 2.4 GHz too which can be used for WiFi networks. However, microstrip antennas have a disadvantages, that the value of the gain is low. The way to overcome these problem is by adding a parabolic reflektor. This article will discussed about design of a parabolic antenna with feed point mikrostrip rectangular array of two elements that will be used for a WiFi network that connects building D Electrical Engineering and building G Telecommunications Lab. Parabolic antenna uses aluminum, while the mikrostrip using epoxy PCB double layer with a thickness of 1.6 mm and a dielectric constant of 4.3. Based on test results, this antenna has a  $VSWR \leq 1.5$ , has a gain of 11.99 dB bandwidth of 108 MHz and is able to make an internet connection.

**Keywords:** *Parabolic Antenna, Rectangular Mikrostrip, Frequency, Gain, VSWR*

## 1. Pendahuluan

Saat ini kebutuhan manusia akan informasi dan berkomunikasi dengan satu sama lain membuat teknologi telekomunikasi semakin berkembang. Seiring dengan perkembangan tersebut kian hari teknologi yang digunakan haruslah semakin praktis dan memudahkan manusia untuk melakukan komunikasi.

WiFi (*Wide Fidelity*) merupakan sekumpulan standar yang digunakan untuk Jaringan Lokal Nirkabel (*Wireless Local Area Networks-WLAN*). Untuk membangun jaringan WiFi maka dibutuhkan *wireless router* dan *access point* (AP) yang berfungsi untuk mengirim dan

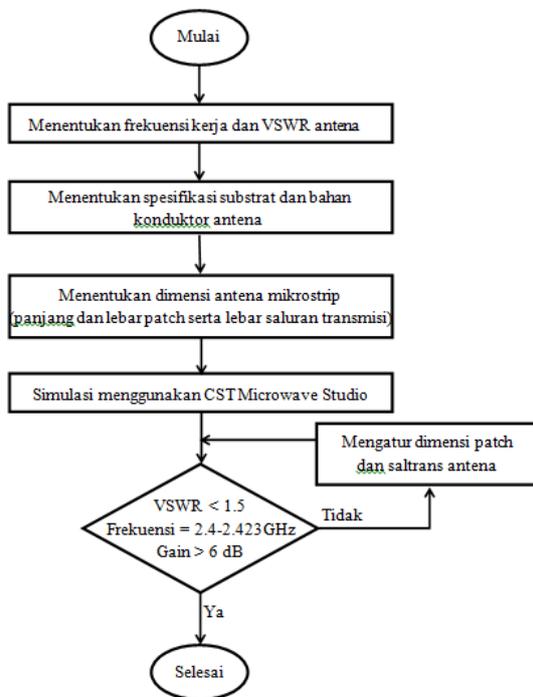
menerima data. Untuk dapat mengirim dan menerima sinyal diperlukan sebuah antena. Antena mikrostrip array merupakan salah satu jenis antena yang dapat digunakan pada WiFi. Antena mikrostrip dipilih karena memiliki bentuk yang sederhana, ringan, dan dapat bekerja pada frekuensi 2,4 GHz yang berguna untuk komunikasi *wireless*. Namun kekurangan dari antena mikrostrip adalah nilai gainnya yang rendah. Gain yang rendah akan menyebabkan sempitnya wilayah yang dapat dijangkau oleh antena. Maka dibutuhkan suatu alat yang mampu meningkatkan nilai gain antena mikrostrip agar antena memiliki jangkauan yang lebih luas dengan cara menambahkan reflektor parabola. Oleh karena itu dibuatlah antena parabola dengan *feed point* mikrostrip

rectangular array 2 elemen untuk aplikasi WiFi 2,4 GHz (sebagai *transmitter*).

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metoda Riset dan Pengembangan. Riset awal dengan mencoba mengaplikasikan hasil perhitungan parameter-parameter yang diinginkan pada aplikasi program CST di komputer. Setelah revisi untuk menyesuaikan dengan rancangan awal, hasilnya dijadikan dasar untuk membuat antenna.

Antena yang sudah jadi harus diuji coba dekat untuk mengetahui besar parameter-parameter yang ada pada medan dekat dan medan jauh dari antenna. Blok diagram alir dari rancangan bangun antenna dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Mikrostrip

## 3. Teori Dasar

WiFi (*Wide Fidelity*) merupakan teknologi yang memanfaatkan peralatan elektronik untuk pertukaran data secara nirkabel atau menggunakan gelombang radio yang banyak digunakan untuk koneksi internet berkecepatan tinggi. Teknologi WiFi memiliki frekuensi kerja 2,4 GHz. Berdasarkan IEEE 802.11b/g WiFi beroperasi pada rentang frekuensi 2,4 GHz sampai dengan 2,488 GHz. Infrastruktur WiFi pada dasarnya memiliki jumlah *channel* yang sangat terbatas. Pada jaringan yang padat, tidak semua *channel* dapat digunakan karena dapat menimbulkan interferensi. Ntana

dibutuhkan agar wifi dapat bekerja sesuai dengan spesifikasinya. Karena tidak selalu tersedia dipasaran, terkadang harus mendisain sendiri antenna wifi.

Parameter-parameter antenna yang dibutuhkan dalam mendesain antenna mikrostrip meliputi : impedansi karakteristik antenna, konstanta dielektrik efektif antenna, pola radiasi antenna, gain, VSWR, *return loss*, lebar bandwidth, dan batasan frekuensi yang dapat digunakan pada bahan substrat.

Antena Mikrostrip merupakan antenna yang terdiri atas elemen radiasi (konduktor) yang sangat tipis yang diletakkan pada bidang tanah (*ground plane*), dimana diantara kedua bidang tersebut dipisahkan oleh substrat dielektrik. Antena mikrostrip memiliki struktur yang terdiri dari 3 lapisan yaitu:

- Patch yang memiliki berbagai macam bentuk seperti *square*, *rectangular*, *dipole*, *circular* dan *triangular*.
- Substrat yang berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektro magnet dari ketebalan substrat berpengaruh pada *bandwidth* dari antenna. Beberapa jenis bahan substat antara lain *epoxy*, duroit, dan alumina, dimana permitivitas relative/konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) dari setiap jenis substrat berbeda-beda.
- Ground Plane*, merupakan lapisan paling bawah yang berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.

Besar impedansi karakteristik ditentukan oleh besar konstanta dielektrik substrat, tinggi substrat  $h$ , serta langsung berhubungan dengan lebar strip konduktor yang digunakan  $W$ . Karena itu dengan besar impedansi karakteristik yang diinginkan dapat ditentukan lebar strip konduktor  $W$  yang diperlukan untuk perencanaan. Hubungan antara impedansi karakteristik dan lebar strip konduktor  $W$  itu dinyatakan dengan persamaan 1:

$$Z_0 = \frac{377 \cdot h}{W \cdot \sqrt{\epsilon_r}} \tag{1}$$

Dimana:

- $h$  : Ketebalan substrat (mm)
- $W$  : Lebar saluran mikrostrip (mm)
- 377 : Impedansi karakteristik pada ruang bebas
- $Z_0$  : Impedansi karakteristik saluran ( $\Omega$ )
- $\epsilon_r$  : Konstanta dielektrik relatif substrat

Untuk menentukan ukuran lebar ( $W_z$ ) dari saluran transmisi, masukan elemen peradiasi, dan transformer menggunakan persamaan 2:

$$Z_0 = \frac{377}{\sqrt{\epsilon_r}} \left( \frac{h}{W_z} \right) \tag{2}$$

### Permitivitas Dielektrik Relatif

Antena mikrostrip memiliki dua bahan dielektrik yang tidak homogen, maka dari itu diperlukan parameter baru yang berguna untuk melihat pengaruh kedua bahan

dielektrik tersebut. Parameter ini disebut konstanta permitivitas dielektrik relatif. Konstanta permitivitas dielektrik relative secara umum dinyatakan dengan persamaan 3:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + \frac{10h}{w} \right]^{-0.5} \quad (3)$$

Sedangkan untuk keadaan strip konduktor yang sangat tipis dimana ketebalan konduktor diabaikan, maka konstanta dielektrik untuk  $w/h \geq 1$  dinyatakan dengan persamaan 4t :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + \frac{12h}{w} \right]^{-0.5} \quad (4)$$

Dimana:

- $\epsilon_{eff}$  : Permittivitas dielektrik relative efektif
- $\epsilon_r$  : Permittivitas dielektrik relative substrat
- 'h : Ketebalan substrat (mm)
- w : Lebar saluran mikrostrip (mm)

Polaradiasi (*radiation pattern*) suatu antenna adalah pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antenna pada medan jauh sebagai fungsi arah. Dengan adanya gambaran pola radiasi maka dapat dilihat bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antenna tersebut. Pola radiasi biasanya digambarkan dalam daerah medan jauh dan ditunjukkan sebuah fungsi koordinat direksional.

Penguatan daya pada antenna mikrostrip dapat ditentukan dari gain perbandingan, yaitu perbandingan daya yang dipancarkan atau diterima oleh antenna yang diuji dengan daya yang dipancarkan atau diterima antenna isotropis. Besarnya gain perbandingan tersebut adalah sebagai berikut:

$$G_o = 2,14 + P_u(dB) - P_s(dB) \quad (5)$$

Dimana:

- $G_p$  : Gain perbandingan antenna uji (dB)
- $P_u$  : Daya yang diterima antenna uji (dB)
- $P_s$  : Daya yang diterima antenna referensi/standar (dB)
- $G_o$  : Gain terhadap sumber isotropis (dB)

*Return loss* adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. Kondisi yang sangat diharapkan untuk nilai *return lost* terbaik yaitu kurang dari -10 dB yang menyatakan nilai hilangnya suatu daya.

VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) merupakan rasio atau perbandingan antara gelombang datang dengan gelombang pantul yang nantinya kedua gelombang tersebut akan membentuk *standing wave* (gelombang berdiri).

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Rancangan antenna parabola yang dibuat dengan *feed point* mikrostrip rectangular array 2 elemen yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dalam system WiFi berfungsi sebagai pengirim koneksi internet dan akan diterima oleh antenna penerima.

#### Perencanaan Dimensi Antena Mikrostrip

Panjang gelombang dengan frekuensi 2.4 GHZ pada ruang bebas didapat 12,4 cm. Panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip dengan  $\epsilon_r = 4,3$

$$\lambda d = \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_r}} = 5,97 \text{ cm}$$

Lebar dimensi antenna:

$$W = \frac{c}{2 \cdot f r} \times \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} = 3.81 \text{ cm}$$

Besar konstanta dielektrik dengan  $h = 0.16 \text{ cm}$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \left( \frac{h}{w} \right) \right]^{-1/2} = 3.995$$

Penambahan panjang antenna  $\Delta L$ :

$$\Delta L = 0,412 \times h \frac{(\epsilon_{eff} + 0,3) \left( \frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0,258) \left( \frac{W}{h} + 0,8 \right)} = 0.074113 \text{ cm}$$

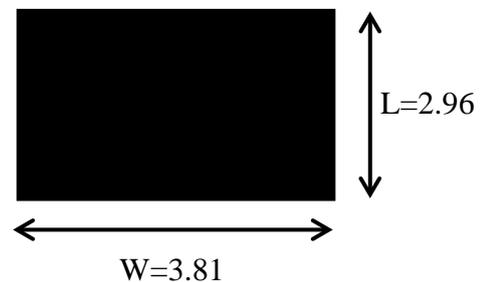
Penambahan panjang efektif :

$$L_{eff} = \frac{c}{2 \times f r \times \sqrt{\epsilon_{eff}}} = 3.11 \text{ cm}$$

Panjang elemen peradiasi (L):

$$L = L_{eff} - 2\Delta L = 2.96 \text{ cm}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka besar path untuk elemen peradiasi pada frekuensi 2412 MHz dimensinya adalah  $W = 3.81 \text{ cm}$  dan  $L = 2.96 \text{ cm}$ , seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Panjang dan Lebar Dimensi Patch

Karena antenna yang akan dibuat adalah antenna mikrostrip rectangular array 2 elemen dengan frekuensi 2.4 GHz , dihitung arak antar elemen peradiasi

$$d = \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2f} = 62.18 \text{ mm}$$

**Perancangan Saluran Transmisi dan Saluran Transformer Antena Mikrostrip**

**Penentuan Impedansi Masukan Elemen Peradiasi Saluran Transmisi dan Transformer**

Dengan menggunakan saluran transmisi T-junction 50 Ohm, impedansi beban pada saluran transmisi  $Z_L$  adalah 50  $\Omega$  dan untuk impedansi saluran transmisi  $Z_o$  dua kali dari  $Z_L$  yaitu 100  $\Omega$ . Selanjutnya untuk menentukan impedansi transformer  $Z_T$ ,

$$Z_T = \sqrt{Z_L \times Z_o} = \sqrt{50 \times 100} = 70 \text{ Ohm}$$

**Penentuan Ukuran Lebar Saluran Transmisi**

Ukuran lebar saluran transmisi dipengaruhi oleh elemen peradiasi dan saluran transformer (WZ)

pada  $Z_o = 100, W_{zo} = \frac{377}{\sqrt{\epsilon_r}} \left( \frac{h}{Z_o} \right) = 2,908 \text{ mm}$

pada  $Z_T = 70, W_{zT} = \frac{377}{\sqrt{\epsilon_r}} \left( \frac{h}{Z_T} \right) = 4.155 \text{ mm}$

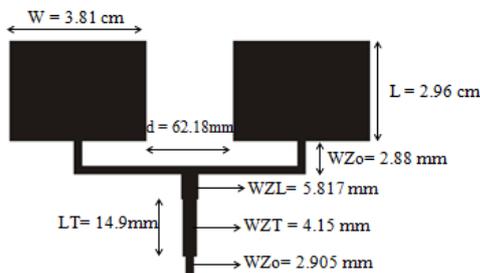
pada  $Z_L = 50, W_{zL} = \frac{377}{\sqrt{\epsilon_r}} \left( \frac{h}{Z_L} \right) = 5.817$

**Panjang Saluran Transformer (LT)**

Panjang saluran transformer ( $L_T$ ) sangat tergantung pada panjang gelombang. Dalam rancangan didapat

$$L_d = \frac{\lambda d}{4} = \frac{5.97}{4} = 1,49 \text{ cm}$$

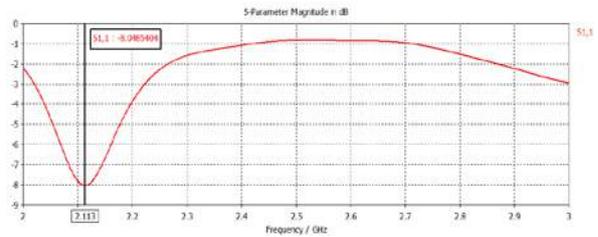
Bentuk dan ukuran antenna mikrostrip yang akan dirancang berdasarkan nilai perhitungan diperlihatkan pada Gambar 3



**Gambar 3. Hasil Perancangan Antena Mikrostrip Array 2 Elemen**

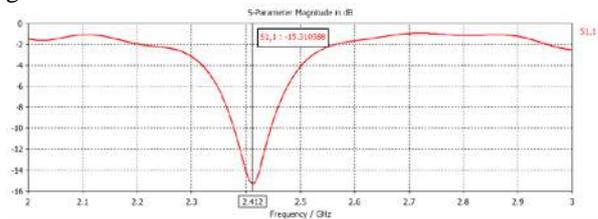
**Simulasi Rancangan Mikrostrip Rectangular Array 2 Elemen**

Parameter-parameter yang telah dihitung akan disimulasikan dengan aplikasi perangkat lunak CST. Microwave Studio. Yang pertama akan dilihat S parameter. Gambar 4 merupakan hasil S parameter dari rancangan.

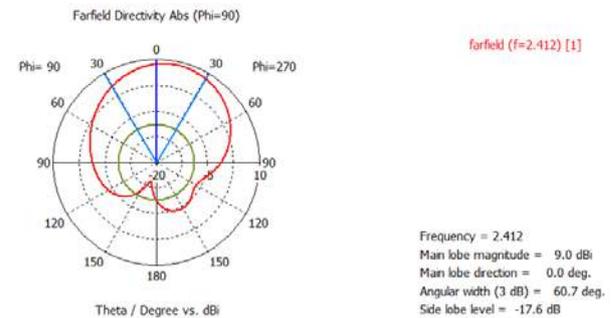


**Gambar 4. S-Parameter Hasil Simulasi Rancangan Awal**

Pada Gambar 4 dapat diketahui bahwa hasil perancangan awal ternyata belum mencapai frekuensi yang diharapkan. Untuk mendapatkan hasil sesuai dengan yang diharapkan maka dilakukan penyesuaian parameter antenna. Dengan melakukan *parameter sweep* pada panjang patch dan nilai  $W_o$  maka didapat hasil S-Parameter sesuai dengan yang diharapkan seperti pada gambar 5



**Gambar 5 S-Parameter Setelah Hasil Optimasi**



**Gambar 6 Hasil Pola Radiasi dan Gain**

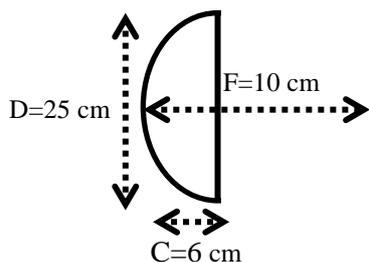
Setelah optimasi, maka polaradiasi antenna dapat dilihat pada CST. Gambar 6 merupakan bentuk pola radiasi dan nilai gain hasil rancangan yang didapat, dimana besar gain 9 dBi atau sebesar 6.86 dB, dimana nilai gain ini sudah sesuai dengan perencanaan awal yaitu lebih besar dari 6 dB.

**Perancangan Dimensi Reflektor Parabola**

Perancangan reflektor parabola ini bertujuan untuk dapat meningkatkan gain dari antenna mikrostrip yang digunakan sebagai *feed point*. Untuk itu perlu ditentukan letak titik fokus F. Reflektor parabola memiliki diameter sebesar 25 cm dan kelengkungan sebesar 6 cm, maka letak titik focus

$$F = \sqrt{\frac{2,6 \times 0,25^2}{16}} = 10 \text{ cm}$$

Gambar 7 merupakan perencanaan bentuk reflektor parabola.



Gambar 7 Hasil Perencanaan Reflektor Parabola

Setelah diketahui dimensi dari antenna parabola maka selanjutnya dapat dihitung gain yang akan didapat dengan menggunakan persamaan berikut

$$G = 10 \log \frac{4 \pi x D x F}{\lambda^2} \tag{6}$$

Dengan memasukan besar D, F dan  $\lambda$  didapat G = 4.035 dB. Berdasarkan perhitungan tersebut maka diharapkan dengan penambahan reflektor parabola pada antenna mikrostrip dapat meningkatkan gain antenna mikrostrip sebesar 4,035 dB.

**Pengujian Parameter Antena**

Setelah antenna selesai dibuat berdasarkan rancangan diatas, berikutnya akan diadakan beberapa uji untuk mengetahui performansi dari antenna, baik untuk medan dekat maupun medan jauh. .

**Pengujian Parameter Medan Dekat**

Pengujian parameter medan dekat terdiri dari pengukuran VSWR dan Return Loss.

**Pengujian VSWR**



Gambar 8 Pengujian VSWR

Gambar 3.8 nilai VSWR pada frekuensi 2,412 GHz sebesar 1,294. Berdasarkan hasil dari pengujian tersebut maka VSWR antenna telah memenuhi spesifikasi antenna yang diinginkan, yaitu < 1,5.

**Pegujian return loss**

Pengujian return loss menggunakan Network Analyzer dengan hasil seperti pada Gambar 9, dimana pada frekuensi 2,346 GHz memiliki nilai return loss sebesar -10,003 dan pada frekuensi 2,454 GHz memiliki nilai return loss sebesar -10,004. Sementara nilai return loss pada frekuensi 2,412 GHz sebesar -17,823 dB. Nilai return loss antenna ini sudah memenuhi target awal, dimana nilai return loss ditargetkan < -10 dB.



Gambar 9. Pengujian return loss

Dari hasil pengujian return loss tersebut maka dapat diketahui nilai bandwidth

$$BW = fupper - flower$$

$$BW = 2,454 GHz - 2,346 GHz = 0,108 GHz$$

$$Bandwidth = 108 MHz$$

**Pengujian Parameter Medan Jauh**

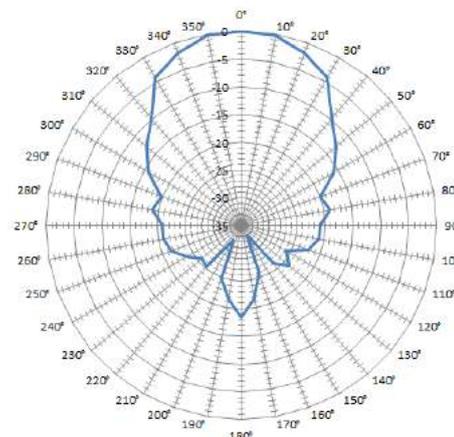
Pada pengujian terhadap parameter medan jauh antenna meliputi pengujian pola radiasi dan gain. Untuk itu digunakan alat ukur Spectrum Analyzer.

**Pengujian Pola Radiasi**

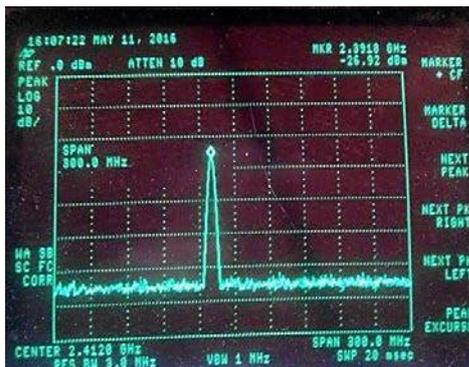
Pola radiasi antean parabola adalah directional, dimana kuat sinyal yang diterima besar pada arah maju dan kecil pada belakang. Untuk mengetahui pola radiasi antenna, antenna harus diputar per 10<sup>0</sup>, dan pada titik itu diukur kuat medan yang diterima, Setelah selesai hasil pengukuran dibuat tabel menggunakan excel, dan dengan fungsi grafik radar maka dapat digambarkan pola radiasi antenna yang diukur. Hasil pengukuran dari antenna yang dibuat dapat dilihat pada gambar 10. Dari situ terlihat bahwa pola radiasi antenna ini sudah sesuai dengan harapan, yaitu directional.

**Pengujian Gain**

Gain antenna didapatkan dengan melakukan pengukuran level sinyal antenna mikrostrip, level sinyal antenna mikrostrip dengan reflektor parabola dan level sinyal antenna referensi. Antena referensi yang digunakan dalam pengukuran ini adalah antenna horn yang memiliki gain 12 dB. Gambar 11 merupakan hasil pengujian gain mikrostrip rectangular tanpa parabola



Gambar 10. Pola Radiasi



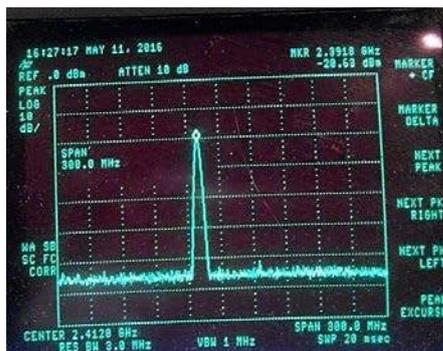
Gambar 11. Gain Mikrostrip Rectangular Tanpa Parabola

Berdasarkan diatas didapat nilai level sinyal maksimum sebesar -26,92 dBm. Besar gain antenna

$$G = P1 - P2 + Pref$$

$$G = -26,92 - (-22,89) + 12 \text{ dB} = 7,97 \text{ dB}$$

Sementara hasil pengujian nilai gain antenna mikrostrip rectangular dua elemen dengan menggunakan parabola dapat dilihat pada Gambar 12



Gambar 12. Gain Mikrostrip Rectangular Dengan Parabola

Berdasarkan gambar di atas nilai level sinyal maksimum sebesar -20,68 dBm. Maka untuk mengetahui nilai gain dapat menggunakan persamaan:

$$G = P1 - P2 + Pref$$

$$G = -20,68 - (-20,67) + 12 \text{ dB} = 11,99 \text{ dB}$$

Dari persamaan di atas dapat diketahui bahwa nilai gain dari mikrostrip dengan menggunakan parabola sebesar 11,99 dB. Terjadi peningkatan gain sebesar 4,02 dB dari nilai gain mikrostrip tanpa menggunakan parabola.

### Pengujian Kuat Sinyal

Pengujian ini dimaksudkan bahwa antenna ini digunakan pada jaringan internet, dengan disambungkan langsung pada perangkat wifi. Hasil kuat sinyal antenna mikrostrip parabola dibandingkan dengan kuat sinyal yang diterima oleh antenna akses point pada sisi penerima, seperti pada Tabel 1.

Tabel .1 Perbandingan Kuat Sinyal

Antena		Kuat Sinyal
Transmitter	Receiver	
Access Point	Mikrostrip Parabola	65 dB
Mikrostrip Parabola	Access Point	62 dB

### Pengujian Throughput

Pengujian throughput dimaksudkan adalah pengujian kuat sinyal internet yang diterima menggunakan antenna mikrostrip parabola. Pengujian dilakukan dalam dua keadaan, yaitu dalam keadaan LOS dan NLOS.

Tabel 4.2 Nilai Throughput

Jarak (m)	Throughput LOS (Mbps)	Throughput NLOS (Mbps)
10	56,30	50,62
20	48,13	46,64
30	47,88	44,71
40	44,45	40,19
50	41,73	38,27
60	40,79	29,89
70	38,27	24,68
80	20,97	18,01
90	16,64	15,85
100	12,29	10,93
110	9,21	7,07
120	2,34	1,91

Kedua antenna dapat melakukan transfer data dengan mentransfer file video sebesar 283 MB. Pada saat pengukuran, semakin jauh jarak yang ditempuh maka *throughput* akan semakin mengecil yang artinya waktu pengiriman file pun akan semakin lama.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan proses pembuatan tugas akhir ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Antena parabola *feed point* mikrostrip rectangular array 2 elemen memiliki range frekuensi 2,346 GHz-2,454 GHz dan bekerja secara optimum di frekuensi 2,412 GHz.
2. Antena parabola dengan *feed point* mikrostrip rectangular array 2 elemen memiliki nilai VSWR 1,294 dan nilai *return loss* < -17,823 dB.
3. Penambahan antenna parabola sebagai reflektor antenna mikrostrip rectangular array 2 elemen terbukti mampu memperbesar nilai gain dari antenna mikrostrip sebesar 4,02 dB.

## 6. Daftar Acuan

- [1]. Balanis, Constantine A. (2005). *Antenna Theory Analysis and Desain 3<sup>rd</sup>* edition. New York. Wiley Inter Science
- [2]. Hidayatulloh, Arif. (2013). *Perancangan Dan Realisasi Antena Reflektor Parabola Dengan Feed Point Mikrostrip Untuk Stasiun Bumi Satelit Nano Inus-1*. Tugas Akhir Institut Teknologi Telkom.
- [3]. <http://opensource.telkomspeedy.com/wiki/index.php/Coax> [Diakses pada 31 Mei 2016]
- [4]. Junita, Rati. (2013). *Infrastruktur Jaringan Wi-Fi (Wireless Fidelity)*. Palembang. Universitas Bina Darma.
- [5]. Winarno, Idris. (2008). *Pembuatan Antena Wajan Bolik*. Surabaya. ITS
- [6]. Yurandi, Nugraha. (2013). *Perancangan Dan Implementasi reflektor Antena Wifi Dengan Frekuensi 2,4 GHz*. Bandung. Jurnal Reka Elkomika.

# Analisa Perbandingan Perhitungan Event Related Desynchronization/Event Related Synchronization (ERD/ERS) pada Brain Computer Interface Menggunakan Metode Mastoid Reference dan Common Average Reference (CAR)

Muhammad Hilman Fatoni<sup>1</sup>, Achmad Arifin<sup>2</sup>, Tri Arief Sardjono<sup>3</sup>, dan Mohammad Nuh<sup>4</sup>

1,2,3,4. Teknik Biomedik, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

E-mail: hilmanfatoni@bme.its.ac.id

## Abstrak

Brain Computer Interface (BCI) adalah salah satu teknologi antarmuka yang berkembang dengan pesat. BCI memanfaatkan gelombang otak (Electroencephalogram / EEG). Pada sinyal EEG terdapat informasi motorik yang muncul saat manusia menggerakkan anggota tubuhnya. Informasi motorik ini dapat dideteksi dengan memanfaatkan fitur EEG yang dinamakan *Event Related Desynchronization / Event Related Synchronization* (ERD/ERS). Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan sistem BCI yang menggunakan metode *mastoid reference* dan metode CAR (*Common Average Reference*) dalam mengekstraksi fitur ERD/ERS. Dari percobaan yang dilakukan, disimpulkan bahwa metode CAR mampu melakukan perhitungan ERD/ERS lebih baik daripada metode *mastoid reference*. Keunggulan ini berupa peningkatan jumlah pendeteksian gerakan melalui fitur ERD/ERS pada Subyek 1 sebesar 32%, Subyek 2 sebesar 25%, dan Subyek 3 sebesar 7.14%.

**Keywords:** BCI, ERD/ERS, Motor Imagery, CAR.

## I. Pendahuluan

Otak adalah salah satu organ terpenting dalam tubuh manusia. Hampir semua informasi yang diperoleh oleh indera manusia diterima dan diproses di otak. Begitu juga halnya dengan aksi terhadap rangsang. Aksi terhadap rangsang yang disalurkan melalui sistem saraf merupakan perintah dari otak. Salah satu perintah otak adalah perintah gerakan/motorik. Perintah berupa gerakan ini dapat diamati dalam gelombang otak /electroencephalogram (EEG) yang secara kontinu dikeluarkan oleh otak manusia selama hidup.

Pada kondisi tertentu, perintah motorik yang dibangkitkan di otak tidak mampu menggerakkan anggota badan. Hal ini bisa diakibatkan adanya kerusakan pada otak karena penyakit atau kelainan lain. Penyakit berbahaya yang menyerang otak manusia dan mengakibatkan ketidakmampuan dalam menggerakkan anggota gerak (lumpuh) adalah stroke. Stroke dapat menyerang manusia di segala usia. Stroke disebabkan karena terganggunya aliran darah pada otak yang mengakibatkan terganggunya fungsi otak. Umumnya pasien pasca stroke akan mengalami kelumpuhan atau

ketidakmampuan menggerakkan salah satu anggota tubuhnya.

Meskipun dalam kondisi lumpuh, sinyal EEG berupa perintah motorik tetap ditemukan pada saat pasien pasca stroke mencoba menggerakkan atau membayangkan menggerakkan anggota gerak tubuhnya. Hal ini sesuai dengan [1] dan [2] dimana proses *motor imagery* maupun *motor execution* ditemukan baik pada orang normal atau orang yang mengalami kelumpuhan.

Penelitian ini menitikberatkan pada *Brain Computer Interface* (BCI). BCI dapat digunakan dalam proses rehabilitasi maupun sebagai teknologi antarmuka pada orang normal. Salah satu contohnya adalah pemanfaatan BCI sebagai alat bantu proses rehabilitasi pada [2], dimana penelitian tersebut memanfaatkan BCI untuk mengendalikan FES (*Functional Electrical Stimulation*) yang berfungsi untuk merestorasi fungsi gerak dari subyek.

Sistem BCI yang digunakan pada penelitian ini adalah pemanfaatan *Event Related Desynchronization/Event Related Synchronization* (ERD/ERS) pada sinyal EEG

sebagai teknologi antar muka. Hasil perekaman sinyal EEG dari subyek yang melakukan *motor movement* akan dianalisa dan dilakukan perhitungan ERD/ERS menggunakan metode *mastoid reference* dan *Common Average Reference (CAR)*.

[3] dan [4] menyebutkan bahwa channel dari EEG yang berhubungan dengan gerakan adalah channel C3,C4, dan Cz. Ketiga bagian ini aktif ketika ada proses *motor movement* maupun *motor imagery*. Saat proses tersebut terjadi, muncul fenomena ERD/ERS, yaitu proses pemblokkan atau desinkronisasi aktivitas alpha yang berlangsung. Proses pemblokkan atau menurunnya power disebut dengan *event-related desynchronization (ERD)* sedangkannya proses yang berkebalikan yaitu peningkatan power disebut dengan *event-related synchronization (ERS)*.

**II. Metode Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil perhitungan ERD/ERS menggunakan metode *mastoid reference* dan CAR. Penelitian dimulai dengan melakukan proses perekaman sinyal EEG pada Subyek. Gerakan yang dilakukan subyek pada saat perekaman adalah *knee extension* (mengangkat kaki) pada saat duduk di kursi. Sesuai dengan [4], channel EEG yang berhubungan dengan gerakan kaki adalah Cz sehingga fokus perekaman dalam penelitian ini adalah channel Cz.

**Subyek, Instrument, dan Prosedur Perekaman.**

Subyek pada penelitian ini terdiri atas tiga orang subyek normal, berjenis kelamin laki-laki, dengan rentang umur 22-26 tahun pada saat perekaman. Data dari subyek beserta ukuran kepala ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Data Subyek beserta Ukuran Kepala**

Indeks Subyek	Umur (thn)	Parameter Ukuran Kepala (cm)		
		Nasion-Inion (N-I)	Telinga-Telinga (T-T)	Cz - Nasion
S1	26	37	42	18.5
S2	22	37	38	18.5
S3	22	35	36	17.5

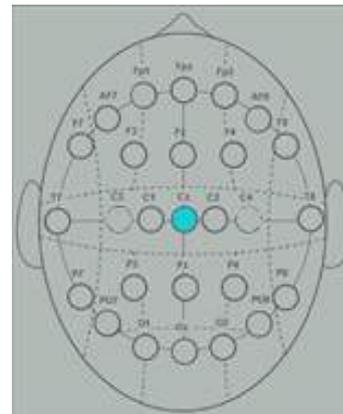
Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Neuroelectric Instrument Controller (NIC) dengan sistem perekaman 10/20 secara nirkabel, sampling rate 500 SPS (sample per second), bandwitdh 0-125 Hz, resolusi 24 bit (setara dengan 0.05  $\mu$ V), dan input impedansi minimum 1000 MOhm.

Prosedur perekaman adalah subyek duduk bersandar di kursi dengan layar monitor di depannya. Subyek menggunakan instrumentasi EEG dikepalanya dan

melakukan gerakan *knee extension* sesuai dengan isyarat di layar monitor. Durasi perekaman untuk satu kali sesi adalah selama 5 menit dengan total gerakan 15 gerakan *knee extension*. Channel Cz yang menjadi fokus dalam analisa ditunjukkan pada Gambar 1.

**Perhitungan ERD/ERS**

Data dari masing-masing subyek selanjutnya diproses untuk dianalisa bagaimana perbandingan penghitungan ERD/ERS menggunakan *mastoid reference* dan CAR. Metode *mastoid reference* pada dasarnya menggunakan data langsung hasil perekaman, dimana bagian *mastoid* adalah titik *reference* pada saat perekaman. Titik ini berada pada daerah belakang telinga yang berupa tulang keras. Sedangkan CAR atau *Common Average Reference* merupakan jenis pengaplikasian spatial filter berupa penggunaan referensi dengan nilai rata-rata dari keseluruhan channel EEG.



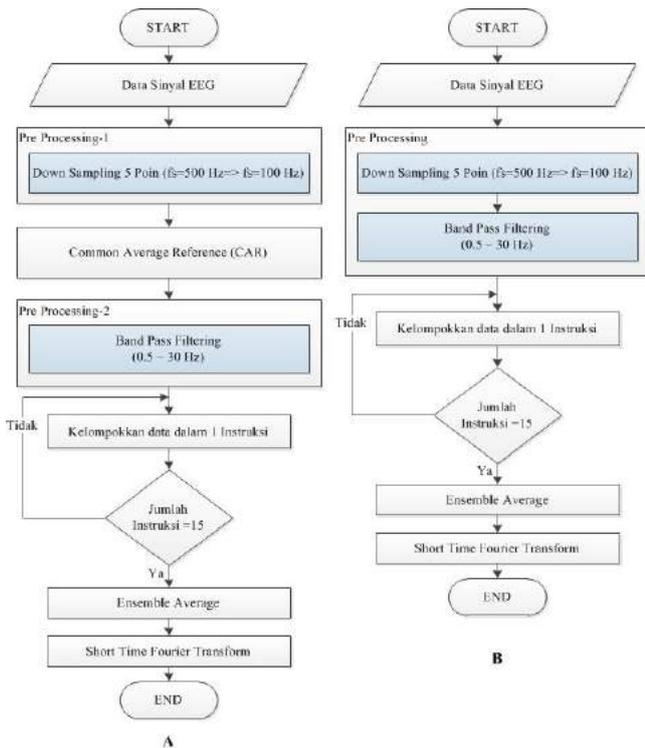
**Gambar 1. Channel EEG yang digunakan (Cz)**

Dalam penelitian ini, terdapat dua langkah analisa. Analisa pertama adalah dengan memperhatikan hasil dari CAR terhadap sinyal dengan menggunakan *ensemble average* dalam satu sesi, kemudian dilanjutkan dengan proses STFT (Short Time Fourier Transform). Analisa pertama ditunjukkan pada Gambar 2. Pada analisa pertama, data hasil perekaman pertamanya didown-sampling sebesar 5 poin hingga frekuensi sampling sinyal yang semula 500 Hz menjadi 100 Hz. Hal ini berfungsi untuk mengurangi interferensi noise berfrekuensi tinggi. Kemudian pada proses selanjutnya data akan mendapatkan dua perlakuan yang berbeda. Perlakuan pertama adalah dengan menerapkan proses CAR (*common average reference*) yaitu subtraksi sinyal terhadap rata-rata sinyal di keseluruhan channel EEG pada saat itu. Sedangkan perlakuan kedua adalah proses tanpa CAR (menggunakan *mastoid reference*).

Tahap selanjutnya dalam analisa pertama ini adalah dengan melakukan filtering pada frekuensi 0.5 – 30 Hz

(sesuai dengan rentang frekuensi sinyal EEG), proses ensemble average, dan perhitungan STFT. Diagram alir untuk perlakuan dengan CAR pada Gambar 2A sedangkan tanpa CAR pada Gambar 2B.

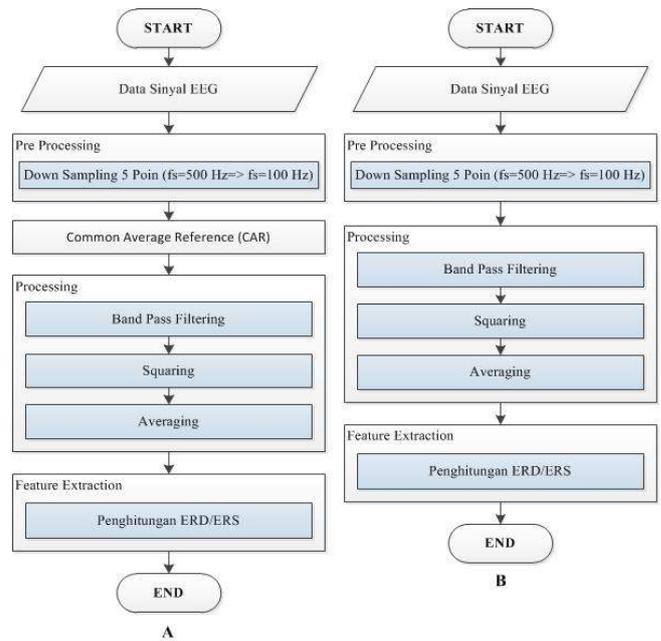
Analisa kedua adalah perhitungan ERD/ERS. Analisa kedua ditunjukkan pada Gambar 3. Sama halnya dengan analisa pertama, input dari diagram alir ini adalah sinyal raw EEG dari perekaman subyek. Pada analisa ini juga dilakukan dua perlakuan yaitu perlakuan dengan dan tanpa CAR.



Gambar 2. Diagram alir analisa pertama. (A) Dengan metode CAR. (B) Dengan metode mastoid reference.

Proses pertama pada analisa ini adalah downsampling 5 poin, proses ini memiliki fungsi yang sama dengan analisa pertama yaitu mengurangi interferensi noise berfrekuensi tinggi. Kemudian dilanjutkan dengan CAR (Gambar 3A) atau tanpa CAR (Gambar 3B). Setelah itu sinyal EEG difilter menggunakan filter band pass dengan bandwidth seperti pada [3] dengan menggunakan algoritma pada [5]. Hasil dari pemfilteran kemudian di kuadratkan (squaring) untuk mendapatkan power sample. Power sample ini selanjutnya di moving average dengan menggunakan pers. (1).

$$y[i] = \frac{1}{M} \sum_{j=0}^{M-1} x[i + j] \quad (1)$$



Gambar 3. Diagram alir analisa kedua. (A) Dengan metode CAR. (B) Dengan metode mastoid reference.

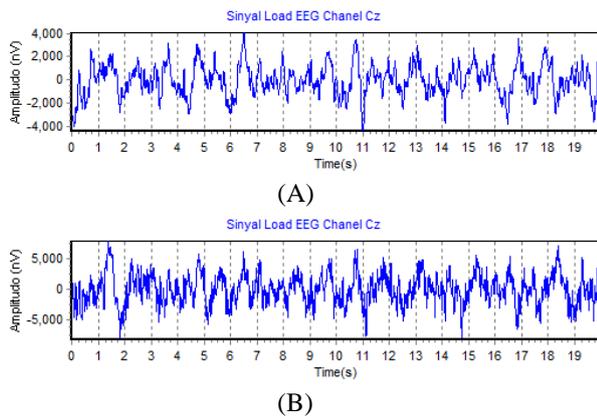
Setelah hasil averaging didapatkan maka selanjutnya dilakukan penghitungan ERD/ERS menggunakan pers. (2). Dimana pada pers. (2) A adalah power sesaat sebelum atau setelah event sedangkan R adalah power pada periode sebelumnya yang digunakan sebagai referensi atau baseline. Jika ERD bernilai negatif maka terjadi peristiwa *event-related desynchronization*, dimana pada peristiwa subyek melakukan gerakan. Sedangkan jika ERD bernilai positif maka terjadi peristiwa *event-related synchronization*, dimana merupakan peristiwa subyek kembali ke keadaan relaksasi [4].

$$ERD(\%) = \frac{A - R}{R} \times 100\% \quad (2)$$

Dari pers. (2) maka akan didapatkan nilai perhitungan ERD/ERS baik menggunakan metode CAR maupun *mastoid reference*. Dari hasil ini dapat dibandingkan metode mana yang lebih baik dalam melakukan perhitungan ERD/ERS.

### III. Hasil Dan Pembahasan

Pembahasan dari hasil penelitian dibagi menjadi dua tahap. Pertama adalah pembahasan analisa tentang perbandingan hasil dari ensemble average sinyal EEG. Hasil dari ensemble average sinyal EEG untuk Subyek 1 Sesi 2 ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil dari ensemble average. (A) Dengan metode CAR. (B) Dengan metode mastoid reference.

Dari Gambar 4 terlihat bahwa hasil ensemble average dengan metode CAR (Gambar 4A) jauh lebih halus dari pada hasil ensemble average dengan metode *mastoid reference*. Gambar 4A dan 4B terlihat mirip namun tingkat noise dari Gambar 4B sangat tinggi, hal ini ditunjukkan dengan adanya ripple-ripple rapat dengan nilai amplitudo kecil sepanjang sinyal utama pada Gambar 4B. Hal ini berbeda dengan Gambar 4A dimana ripple-ripple rapat tersebut jauh lebih sedikit sehingga sinyal utama terlihat lebih halus. Dengan demikian sinyal dengan metode CAR memiliki tingkat noise yang lebih kecil dibandingkan dengan metode *mastoid*. Hasil yang sama juga ditunjukkan pada sinyal EEG dengan Subyek lain.

Pada analisa kedua tentang penghitungan ERD/ERS dengan dan tanpa metode CAR. Setiap subyek melakukan 4 sesi perekaman. Sehingga setiap subyek memiliki  $4 \times 15 = 60$  gerakan *knee extension*. Salah satu hasil dari penghitungan ERD/ERS dengan dan tanpa metode CAR pada Subyek 1 Sesi 1 ditunjukkan pada Tabel 2.

Dari hasil perhitungan ERD/ERS pada Tabel 2. Dapat diketahui bahwa pada perekaman Sesi Pertama Subyek 1 terdapat kenaikan jumlah pendeteksian gerakan melalui fitur ERD/ERS jika dibandingkan antara metode *mastoid* dan metode CAR. Pada metode *mastoid*, terdapat 8 kali jumlah pendeteksian gerakan dari total 15 gerakan. Sedangkan pada metode CAR jumlah pendeteksian meningkat menjadi 12 kali. Sehingga dari data tersebut dapat diketahui bahwa pada sesi itu terdapat peningkatan pendeteksian sebesar 33%.

Hasil analisa sinyal dari perhitungan ERD/ERS dengan metode *mastoid* maupun CAR ditunjukkan pada Gambar 5. Gambar 5 menunjukkan tahap akhir penghitungan ERD/ERS pada Subyek 1, Sesi 1, Gerakan 1. Dari Gambar 5A di bagian merah terdapat penurunan sinyal yang menunjukkan proses ERD sedangkan pada Gambar 5B sinyal yang ditunjukkan

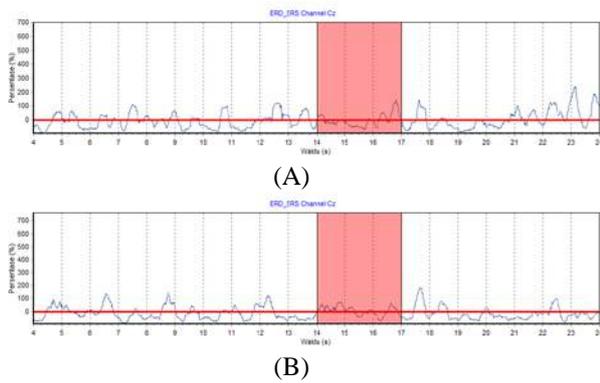
berupa kenaikan *power*. Hal ini menunjukkan tidak adanya gerakan. Padahal seharusnya pada waktu tersebut proses gerakan terjadi/event ERD terjadi.

Tabel 2. Perhitungan ERD/ERS (%) pada Subyek 1 Sesi 1 dengan metode *mastoid* dan CAR

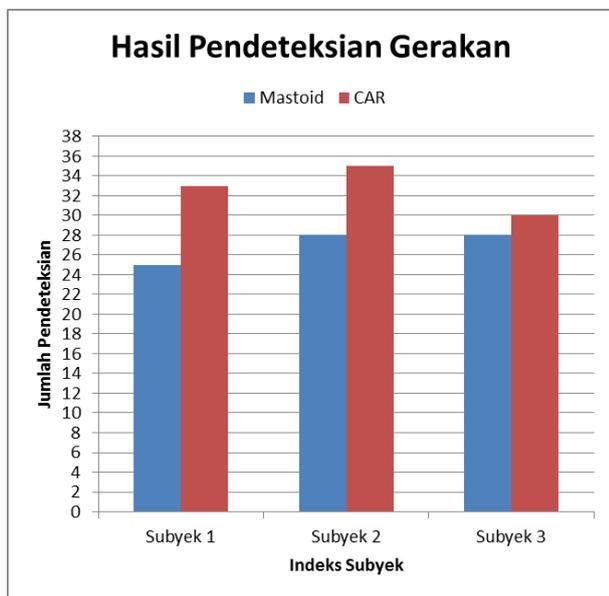
No.	Mastoid (%)	Hasil ERD/ERS	CAR (%)	Hasil ERD/ERS
1	8.50	Bukan Gerakan	-20.47	Gerakan
2	-20.08	Gerakan	-17.22	Gerakan
3	19.62	Bukan Gerakan	79.48	Bukan Gerakan
4	126.35	Bukan Gerakan	3.64	Bukan Gerakan
5	-30.19	Gerakan	-44.10	Gerakan
6	0.47	Bukan Gerakan	25.31	Bukan Gerakan
7	-28.25	Gerakan	-5.17	Gerakan
8	-25.91	Gerakan	-40.07	Gerakan
9	-9.69	Gerakan	-45.98	Gerakan
10	-62.06	Gerakan	-71.09	Gerakan
11	-31.28	Gerakan	-40.05	Gerakan
12	10.60	Bukan Gerakan	-5.72	Gerakan
13	32.66	Bukan Gerakan	-47.22	Gerakan
14	-35.34	Gerakan	-39.48	Gerakan
15	20.50	Bukan Gerakan	-31.74	Gerakan
<b>Jumlah Gerakan</b>		<b>8</b>	<b>Jumlah Gerakan</b>	<b>12</b>

Hasil perhitungan pada Gambar 5A dan 5B pada dasarnya berasal dari data sinyal EEG yang sama. Namun dengan metode CAR, hasil pendeteksian ERD/ERS menjadi lebih baik. Dengan demikian dapat dikatakan proses CAR mampu membuat penghitungan ERD/ERS menjadi lebih presisi jika dibandingkan dengan metode *mastoid reference*.

Hasil keseluruhan perbandingan penghitungan ERD/ERS untuk semua subyek ditunjukkan dalam bentuk grafik pada Gambar 6. Pada Gambar 6 didapatkan jumlah keberhasilan pendeteksian gerakan terbesar melalui fitur ERD/ERS ditunjukkan oleh Subyek 2 sebanyak 28 kali dengan metode *mastoid* dan 35 kali dengan metode CAR. Pada Gambar 6 juga terlihat bahwa selalu ada peningkatan jumlah pendeteksian dari metode *mastoid* ke metode CAR. Peningkatan ini terlihat di semua subyek. Jumlah persentase peningkatan ini terhadap metode *mastoid* ditunjukkan pada Tabel 3.



Gambar 5. Hasil perhitungan ERD/ERS pada Subyek 1 Sesi 1 Gerakan 1. (A) Dengan metode CAR. (B) Dengan metode mastoid reference.



Gambar 6. Hasil rekapitulasi pendeteksian gerakan dari keseluruhan subyek.

Tabel 3. Persentase peningkatan pendeteksian ERD/ERS (%) pada semua subyek.

Subyek	Peningkatan Pendeteksian (%)
Subyek 1	32.00
Subyek 2	25.00
Subyek 3	7.14

Dari Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa urutan peningkatan terbesar dimulai dari Subyek 1 sebesar 32%, Subyek 2 sebesar 25%, dan terakhir Subyek 3 dengan 7.14%. Semua subyek mengalami peningkatan

keberhasilan pendeteksian sehingga dapat dikatakan bahwa metode CAR mampu meningkatkan kemampuan perhitungan ERD/ERS dalam mendeteksi ada tidaknya gerakan pada sinyal EEG.

#### IV. Kesimpulan

Dari proses analisa perbandingan penghitungan *Event Related Desynchronization / Event Related Synchronization* (ERD/ERS) pada Brain Computer Interface menggunakan metode *mastoid reference* dan Common Average Reference (CAR) dapat disimpulkan bahwa metode CAR dapat mengurangi tingkat noise dari sinyal EEG yang dibuktikan berkurangnya ripple sinyal berfrekuensi tinggi pada sinyal EEG.

Metode CAR juga mampu meningkatkan tingkat keberhasilan pendeteksian gerakan. Pendeteksian gerakan ini menggunakan hasil dari penghitungan ERD/ERS. Dengan metode CAR terdapat peningkatan pendeteksian di semua subyek yaitu sebesar 32% pada Subyek 1, 25% pada Subyek 2, dan 7.14% pada Subyek 3. Sehingga dari hasil perbandingan ini dapat disimpulkan bahwa metode CAR lebih baik dalam melakukan penghitungan ERD/ERS daripada metode *mastoid reference*.

#### V. Daftar Acuan

- [1] Martin Lotze, Ulrike Halsband. Motor imagery. *Journal of Physiology - Paris* 99 (2006) page 386–395.
- [2] Gert Pfurtscheller, Gernot R. Muller, Jorg Pfurtscheller, Hans Jurgen Gernerd, Rudiger Ruppel. ‘Thought’ – control of functional electrical stimulation to restore hand grasp in a patient with tetraplegia. *Neuroscience Letters* 351 (2003) page 33–36.
- [3] Fatoni, Muhammad Hilman. Wiantara, Eka. Arifin, Achmad. Analisa Sinyal EEG Saat Menggerakkan Kedua Kaki Sebagai FES Control Command Pada Proses Rehabilitasi Pasien Pasca Stroke. *Seminar Nasional Bioteknologi* 2014.
- [4] G. Pfurtscheller, F.H. Lopes da Silva. Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles. *Clinical Neurophysiology* 110 (1999) page 1842-1857.
- [5] G. Alarcon, C.N. Guy, C.D. Binnie, A simple algorithm for a digital three-pole Butterworth filter of arbitrary cut-off frequency: application to digital electroencephalography. *Journal of Neuroscience Methods* 104 (2000) pp. 35–44.

## **Pengembangan *Remote Matrix Switch* Untuk Mendukung Laboratorium Remote**

F. Yudi Limpraptono<sup>1</sup>, Irmalia Suryani Faradisa<sup>2</sup>

1,2. Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang , 65144, Indonesia

*E-mail: fyudil@gmail.com*

### **Abstrak**

Laboratorium *remote* adalah lingkungan perangkat lunak yang mendukung kegiatan praktikum jarak jauh, di mana *user* yang berada pada jarak yang jauh dimungkinkan untuk berinteraksi dengan perangkat pengukuran dan peralatan laboratorium yang sesungguhnya. Sebuah laboratorium jauh sistem *embedded* atau sistem mikroprosesor umumnya terdiri dari sebuah modul percobaan yang dilengkapi dengan beberapa modul input output (I/O) dan beberapa instrumentasi elektronik. Sistem laboratorium jauh dikendalikan oleh sebuah server web yang berfungsi untuk menjembatani antara pengguna dan modul percobaan yang memiliki lokasi berbeda. Permasalahan utama pada laboratorium *remote* sistem *embedded* adalah bagaimana cara menghubungkan antara modul percobaan dengan beberapa modul I/O atau dengan sebuah sistem instrumentasi yang dikendalikan dari jauh (*remote*) oleh pengguna. Untuk menjawab permasalahan tersebut pada penelitian ini dikembangkan sebuah *remote matrix switch* yang dapat dikendalikan secara *remote* melalui internet. Disain purwarupa *remote matrix switch* berbasiskan web yang dikendalikan oleh sebuah sistem *embedded* Raspberry PI dengan spesifikasi: sangat efisien, biaya rendah, daya rendah, dan mendukung era komputer hijau. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa sistem *remote matrix switch* berbasis Raspberry PI dapat berjalan dengan baik untuk menghubungkan port-port mikrokontroler dengan beberapa macam modul I/O dan peralatan pengukuran. Program aplikasi yang diinstalasi pada web server berbasis Raspberry PI dapat berjalan dengan baik pada beberapa macam web browser.

### **Abstract**

**Development of the Remote Matrix Switch to Support Remote Laboratory** Remote Laboratories is software environment that to support practical laboratory activities from distance, where the remote user possible to interact with real laboratory equipments and measurement devices. The embedded system or microprocessor system remote laboratory typically consist of the experiment module that equipped with some I/O modules and measurement instrumentations. Remote laboratory controlled by a web server that serves as an intermediary between the user and the experiment module that has different locations. The main problem at the remote laboratory of the embedded systems experiment is how to connect between the experiment module with multiple I/O modules or with an instrumentation system that is controlled remotely by the user. To answer these problems on this research activity has developed a remote matrix switch that can be controlled remotely via the Internet. Design prototypes of remote web-based matrix switch that is controlled by a Raspberry PI with specification: highly efficient, low cost, low power, and support the green computer era. Results of testing the remote matrix switch based on Raspberry can work well, the system able to connect the ports in a microcontroller module with multiple I/O modules and instrumentation measurements. The web based applications that installed in web server Raspberry PI can run properly on some kind of web browser.

**Keywords:** *Matrix Switch, Remote Instrumentation, Embedded System*

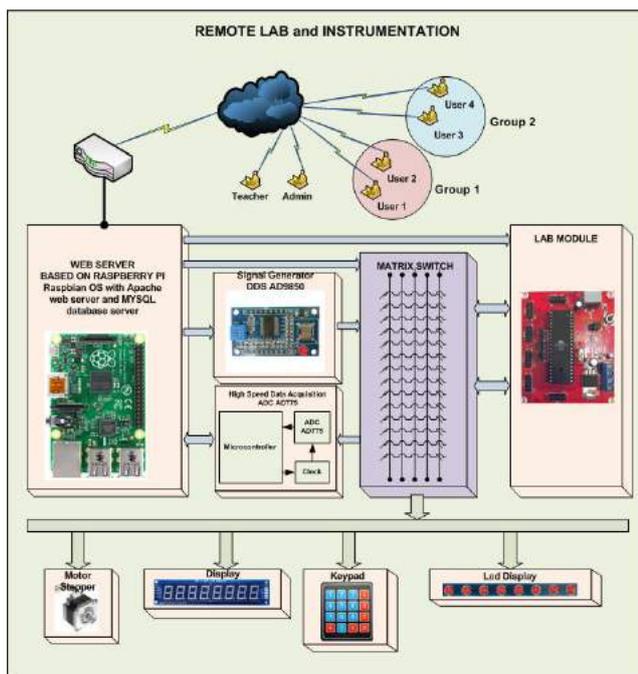
### **1. Pendahuluan**

Pada akhir abad ke 20 laboratorium *remote* adalah bidang riset yang sangat aktif dalam pengembangan e-learning, dan jumlah universitas yang mengaplikasikan laboratorium *remote* semakin meningkat[1]. Ada

beberapa keuntungan penggunaan laboratorium *remote*, yaitu kinerja laboratorium semakin meningkat dan lebih efisien karena mahasiswa dapat memanfaatkan peralatan laboratorium selama 24 jam penuh. Laboratorium *remote* menciptakan sistem belajar mandiri[2], memungkinkan digunakan oleh mahasiswa difabel[3], mendukung

berbagi sumber daya dan kolaborasi antar laboratorium. Berbagai teknologi pemrograman berbasis web telah diaplikasikan untuk memberikan lingkungan laboratorium *remote* yang nyaman, seperti socket, applet, ajax, corba, labview, dll.[3]. Pada umumnya disain sebuah laboratorium *remote* terdiri dari beberapa bagian: pertama adalah aplikasi manajemen laboratorium *remote*, kedua adalah modul eksperimen dan ketiga adalah peralatan instrumentasi[2]. Manajemen laboratorium *remote* berfungsi untuk manajemen hak akses pengguna dan berfungsi untuk manajemen modul eksperimen dan peralatan instrumentasi. Modul eksperimen adalah obyek eksperimen yang dapat dikontrol secara *remote* dan dilengkapi dengan kamera berbasis web untuk pengamatan modul eksperimen. Peralatan instrumentasi adalah divais yang digunakan untuk pengukuran atau pembangkitan sinyal seperti *oscilloscopes*, *frequency generators*, dll.

## 2. Arsitektur Laboratorium Remote

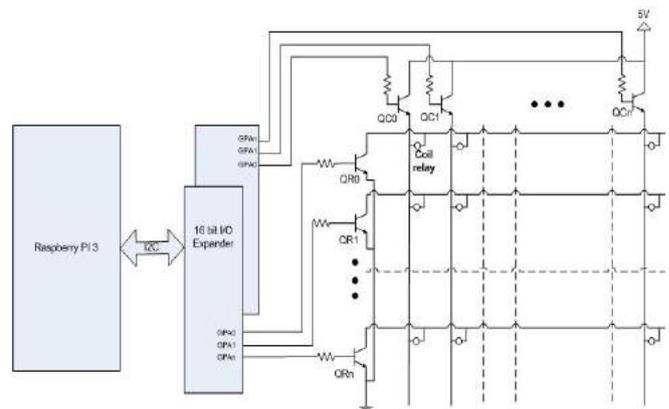


Gambar 1. Diagram Arsitektur Laboratorium Remote

Sebuah laboratorium *remote* sistem embedded biasanya terdiri dari sebuah modul sistem mikrokontroler atau mikroprosesor dan dilengkapi dengan beberapa peralatan antarmuka input output (I/O). Pada kegiatan laboratorium *offline* atau konvensional, mahasiswa dapat melakukan percobaan sistem mikro dengan cara melakukan pemrograman sistem dan mencoba berbagai macam I/O dengan cara mengganti secara manual atau melepas dan memasang koneksi antara modul mikro dan I/O. Jika dalam percobaan memerlukan sebuah peralatan ukur seperti *oscilloscope* atau memerlukan sebuah pembangkit gelombang, maka dengan mudah mahasiswa

dapat melakukan pemasangan kabel probe pada terminal modul yang diinginkan. Pada laboratorium *remote* sistem mikroelektronik dimana modul praktikum berada di tempat yang jauh maka diperlukan cara khusus untuk dapat menghubungkan modul mikro dengan berbagai macam I/O atau menghubungkan dengan peralatan ukur seperti *oscilloscope* dan peralatan pembangkit sinyal. Diagram blok arsitektur laboratorium *remote* ditunjukkan pada Gambar 1. Arsitektur sistem merupakan sebuah laboratorium *remote multiuser* yang terdiri dari sebuah sever berbasis sistem *embedded* yang berfungsi sebagai manajemen laboratorium jauh dan dilengkapi dengan beberapa modul percobaan, instrumentasi *remote* dan *matrix switch*.

## 3. Disain Remote Matrix Switch



Gambar 3. Rangkaian Matrix Switch

## 4. Hasil dan Pembahasan

Aplikasi *remote matrix switch* berbasis web dibuat dengan bahasa pemrograman PHP dan Python. Aplikasi berfungsi untuk mengontrol perangkat keras sistem untuk mengkoneksikan antara port-port I/O modul percobaan dan modul-modul I/O atau sistem instrumentasi. Pengujian aplikasi remote matrix switch dilakukan dengan cara menjalankan aplikasi web di berbagai macam browser. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa aplikasi dapat berjalan pada beberapa macam web browser seperti Mozilla Firefox, Google Chrome, internet Explorer dan Opera.

Sesuai dengan konsep dari *Green IT*, maka ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam membangun sistem berbasis IT, antara lain meningkatkan kinerja sistem, menurunkan konsumsi energi, menghemat ruang dan menurunkan biaya sistem [5]. Berikut ini akan dibahas perbandingan kebutuhan daya sistem, dimensi atau ukuran ruang yang dibutuhkan dan biaya yang diperlukan untuk membangun sebuah server web berbasis komputer PC maupun berbasis sistem tertanam. Data diambil dari berbagai referensi dan analisa

perbandingan dinyatakan dalam bentuk grafik. Dari hasil penelitian komunitas *green computing*, menyatakan bahwa kebutuhan daya sebuah PC memerlukan daya antara 60 sampai dengan 100 Watt [4], atau rata-rata sekitar 80Watt. Sedangkan sistem tertanam Raspberry Pi memiliki spesifikasi arus maksimum adalah 700mA dengan tegangan 5V [7], sehingga kebutuhan daya maksimum adalah sekitar 3,5Watt. Sedangkan dimensi atau ukuran fisik dari server web berbasis PC dengan *casing type* ATX adalah 9cm x 35,5cm x 35,5cm, atau memiliki volume 11.342cm<sup>3</sup>, sedangkan ukuran dimensi Raspberry Pi adalah 7cm x 9cm x 4cm atau memiliki volume 252cm<sup>3</sup>. Ditinjau dari biaya investasi server web berbasis PC dengan spesifikasi CPU menggunakan *prosesor core i3* harga rata-rata adalah sekitar \$300, sedangkan server web berbasis Raspberry Pi biaya investasi rata-rata adalah sekitar \$35. Tabel 1. menunjukkan rekap perbandingan kebutuhan daya, dimensi dan biaya serta prosentasi efisiensi yang dapat dihemat. Sistem dengan server web tertanam dapat menghemat konsumsi daya sekitar 95,63%, penghematan ruang atau dimensi sistem sampai 97,78% dan penghematan biaya sampai 88,33%.

## 5. Kesimpulan

Hasil penelitian menyajikan pengembangan *remote matrix switch* berbasis web untuk mendukung laboratorium *remote*. Prototipe *remote matrix switch* berbasis Raspberry Pi yang memiliki spesifikasi yang sangat efisien: biaya rendah, daya rendah, dan mendukung era komputer hijau. Dari hasil-hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa :

- Aplikasi instrumentasi *remote* berbasis web dapat berjalan dengan baik pada beberapa browser seperti Mozilla Firefox, Google Chrome, internet Explorer dan Opera.
- Rangkaian switching mampu mengkoneksikan berbagai port dengan modul I/O dan peralatan instrumentasi.
- Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa penerapan *web server* tertanam Raspberry Pi dalam sistem *remote matrix switch* dapat menghemat konsumsi daya sampai 95,63%, penghematan ruang sebesar 97,78% dan penurunan biaya sistem sampai 88,33%.

## Daftar Acuan

- [1] J. Garcia-Zubia, I. Angulo, J. Irurzun, P. Orduna, J. Ruiz, U. Hernandez, M. Castro, and E. San-Cristobal, "Easily Integrable Platform for the Deployment of a Remote Laboratory for Microcontrollers," *Int. J. Online Eng. IJOE*, vol. 6, no. 3, pp. pp. 26–31, Jul. 2010.

- [2] L. Gomes and S. Bogosyan, "Current Trends in Remote Laboratories," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 56, no. 12, pp. 4744–4756, Dec. 2009.
- [3] J. Garcia-Zubia, D. Lopez-de-Ipiña, and P. Orduña, "Evolving towards better architectures for remote laboratories: a practical case," *Int. J. Online Eng. IJOE*, vol. 1, no. 2, Aug. 2005.
- [4] M. Kazandjieva, B. Heller, O. Gnawali, P. Levis, and C. Kozyrakis, "Green enterprise computing data: Assumptions and realities," in *Green Computing Conference (IGCC), 2012 International*, 2012, pp. 1–10.
- [5] S. Murugesan, "Harnessing Green IT: Principles and Practices," *IT Prof.*, vol. 10, no. 1, pp. 24–33, 2008.
- [6] F. Y. Limpraptono, A. A. P. Ratna, and H. Sudibyo, "New Architecture of Remote Laboratories Multiuser based on Embedded Web Server," *Int. J. Online Eng. IJOE*, vol. 9, no. 6, pp. pp. 4–11, Nov. 2013.
- [7] Raspberry, "Raspberry Pi Quick Start." [www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org), 2013.
- [8] Analog Devices, "Datasheet, 125MHz Complete DDS Synthesizer." 2004.
- [9] Analog Devices, "Datasheet, AD775 8-Bit 20MSPS Sampling A/D Converter." 1993.

# Perancangan Robot Humanoid Berbasis Mikrokontroler Atmega 32 Dan Arduino Uno

Sopian Soim<sup>1</sup>, Amperawan<sup>2</sup>

Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139

E-mail: [sopiansoim140371@gmail.com](mailto:sopiansoim140371@gmail.com)

## Abstrak

Robot humanoid adalah robot yang mempunyai karakteristik menyerupai manusia. Robot humanoid umumnya banyak digunakan dalam suatu kompetisi robot sepak bola dimana perancangan suatu robot humanoid yang memiliki kemampuan bergerak seperti manusia yang dapat mengenal bola dan menjaga keseimbangannya sewaktu bergerak atau berjalan. Pada perancangan robot ini menggunakan mikrokontroler ATmega 32 sebagai sistem kontrol pergerakan robot, motor servo yang terletak di setiap persendian kaki untuk pergerakan robot dan untuk posisi robot berdiri ketika jatuh menggunakan sensor gyro dan untuk mengetahui warna bola menggunakan Pixy CMU Cam 5 yang terhubung dengan Arduino UNO. Robot ini memiliki kemampuan berjalan kedepan, belok kesamping kiri dan juga kekanan yang dikontrol oleh mikrokontroler ATmega 32. Pada prinsipnya, robot humanoid yang dirancang hanya robot dapat berjalan dan menjaga keseimbangannya namun dalam penelitian ini robot dapat berjalan dengan pengontrol masing-masing sudut dari motor servo dan robot berdiri ketika jatuh parameternya posisi kemiringan dari badan robot terhadap referensi sumbu X dan sumbu Y.

## Abstract

Humanoid robot is a robot that has characteristics resembling humans. Humanoid robots are generally used in a robot soccer competition in which the design of a humanoid robot that has the ability to move like a human that can recognize the ball and maintain balance while moving or walking. In designing these robots menggunakan microcontroller ATmega 32 as the moving control system of robots, servo motors located in each leg joints for movement of the robot and to position the robot stand when it falls using a gyro sensor and to determine the color of the ball using Pixy CMU Cam 5 is connected to the Arduino UNO. This robot has the ability to walk forward, turn left, and also laterally to right are controlled by the microcontroller ATmega 32. In principle, a humanoid robot designed only robots can walk and keep balance but in this study the robot can walk with each angle controllers of the servo motors and robot standing when it fell parameters slope position of the robot body to the reference axis X and axis Y.

**Keywords:** Robot Hummanoid, Microcontroller, Arduino UNO, Pixy CMU Cam 5, Motor servo

## 1. Pendahuluan

### Latar Belakang

Kemajuan teknologi semakin berkembang sangat pesat pada kehidupan manusia pada saat ini, khususnya pada elektronika. Hal ini ditandai dengan adanya berbagai peralatan yang diciptakan dan dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis. Kemajuan teknologi inilah maka berkembanglah suatu ilmu yang merupakan suatu pecahan dari ilmu elektronika yaitu dalam bidang robotika. Robot dapat diartikan suatu peralatan yang dioperasikan dengan atau tanpa bantuan manusia atau dengan kata lain bahwa robot merupakan suatu perangkat otomatis. Saat ini robot banyak

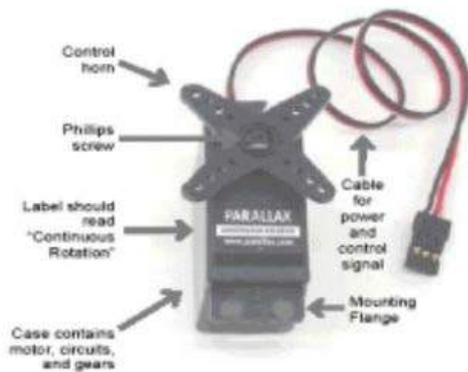
digunakan dalam dalam industri otomotif dan penyoderan alat elektronik, bahkan dalam beberapa tahun belakangan ini diadakan suatu kontes atau perlombaan robot yang bertujuan untuk mengenal maupun memperluas ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang ilmu robotika seperti kontes robot yang diadakan di Indonesia yang berhubungan dengan Robot sepak bola yang dimainkan oleh 3 robot yang masing-masing sebagai penjaga gawang, *back* dan penyerang.

Robot sepak bola adalah sebuah robot yang mirip menyerupai manusia dimana robot dapat berjalan mengetahui lingkungannya dengan sebuah kamera sebagai matanya. Robot sepak bola selalu dilengkapi

dengan sebuah kamera, akselerator dan kompas untuk melakukan navigasi. [3]

**Motor Direct Current Servo**

Motor Direct Current Servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor DC servo. Karena motor DC servo merupakan alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, maka magnet permanent motor servo yang mengubah energi listrik ke dalam energi mekanik melalui interaksi dari dua medan magnet. Salah satu medan dihasilkan oleh magnet permanent dan yang satunya dihasilkan oleh arus yang mengalir dalam kumparan motor. Resultan dari dua medan magnet tersebut menghasilkan torsi yang membangkitkan putaran motor tersebut. Saat motor berputar, arus pada kumparan motor menghasilkan torsi yang nilainya konstan.



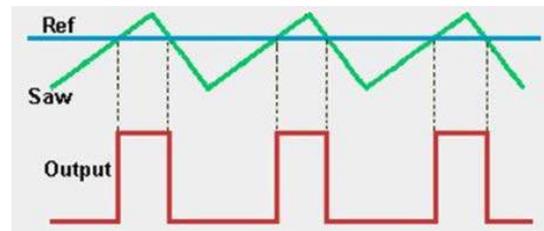
Gambar 1. Motor DC Servo [7]

**Pulsa Width Modulation (PWM)**

Pulsa Width Modulation (PWM) adalah bekerja sebagai switching power supply untuk mengontrol on dan off motor. Tegangan DC dikonversikan menjadi sinyal kotak bolak-balik, saat on mendekati tegangan puncak dan saat off menjadi nol (0). Jika frekwensi switching cukup tinggi maka motor yang dikendalikan akan jalan sebagai mana mestinya. Dengan mengatur duty cycle dari sinyal (modulasi lebar pulsa dari sinyal yang disebabkan oleh PWM). Analogi dari PWM tersebut makin besar logic 1 di bandingkan logic 0 maka tegangan tersebut mendekati tegangan sumbernya atau catu daya. Terlihat pada gambar 2 dibawah ini sinyal ref (tegangan referensi) adalah sinyal tegangan DC yang dikonversikan oleh sinyal geragaji yang menghasilkan kotak [7].

Mikrokontroller AVR (Alf and Vegard's Risc processor) memiliki arsitektur 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bit word) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu)

siklus clock atau dikemas dengan teknologi Reduced Instruction Set Computing (RISC) [4]



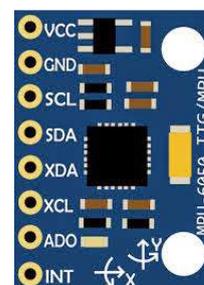
Gambar 2 Output Pulsa Width Modulation dengan Tegangan Referensi dan Pembangkit Tegangan Segitiga [6]

(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5 (TDI)
(TXD) PD1	15	26	PC4 (TDO)
(INT0) PD2	16	25	PC3 (TMS)
(INT1) PD3	17	24	PC2 (TCK)
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

Gambar 3. Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega 32 [4]

**Sensor MPU6050**

Sensor MPU6050 adalah sensor mampu membaca kemiringan sudut berdasarkan data dari sensor accelerometer dan sensor gyroscope. Sensor ini juga dilengkapi oleh sensor suhu yang dapat digunakan untuk mengukur suhu. Jalur data yang digunakan pada sensor ini adalah jalur data I2C.



Gambar 4. Sensor MPU6050 [4]

**Arduino UNO**

Modul Arduino UNO didalamnya terdapat mikrokontroler ATmega328 dan dilengkapi dengan

osilator 16 MHz, regulator 5 Volt, sejumlah pin tersedia di *board arduino UNO* pin 0 sampai dengan 13, pin A0 sampai dengan A5 digunakan untuk isyarat analog (Basavaraj, 2014). Sedangkan *static random-access memory* (SRAM) berukuran 2 KB dan *flash memory* berukuran 32 KB, memorinya *erasable programmable read-only memory* [5].

Arduino adalah *platform open-source* elektronik berdasarkan *hardware* yang mudah digunakan dan perangkat lunak. Ini ditujukan untuk siapa pun yang membuat proyek interaktif [5].

Arduino dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Pertama-tama perlu dipahami bahwa kata “platform” di sini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. *Arduino* tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi *board Arduino* adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory microcontroller*. Ada banyak proyek dan alat-alat dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan *Arduino*. *Arduino* berevolusi menjadi sebuah platform karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi. Salah satu yang membuat *Arduino* banyak suka orang adalah karena sifatnya yang *open source*, baik untuk *hardware* maupun *software*-nya. Diagram rangkaian elektronik *Arduino* digratiskan kepada semua orang. Desain perangkat keras, bahasa pemrograman dan IDE *Arduino* yang berkualitas tinggi dan sangat berkelas. *Arduino* dikembangkan oleh sebuah tim yang beranggotakan orang-orang dari berbagai belahan dunia. Anggota inti dari tim ini adalah:

- Massimo Banzi Milano, Italy
- David Cuartielles Malmoe, Sweden
- Tom Igoe New York, US
- Gianluca Martino Torino, Italy
- David A. Mellis Boston, MA, USA

Pada gambar 5 terlihat dari pada sistem *board Arduino UNO* [2].



Gambar 5. Arduino UNO [2]

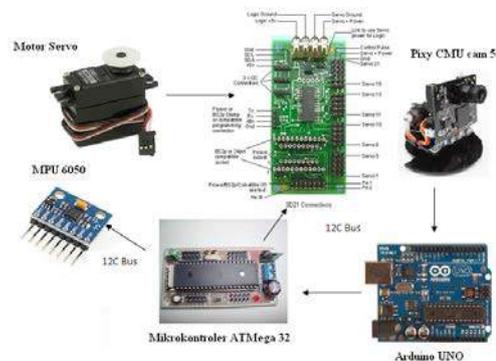
### Pixy CMU cam 5

Pixy CMU Cam 5 merupakan *image sensor* dengan prosesor yang *powerful* yang diprogram untuk mengirimkan informasi berupa data gambar, sehingga mikrokontroler tidak terbebani dengan proses pembacaan data. Proses pengiriman data pada Pixy CMU cam 5 dapat dilakukan dengan berbagai jalur komunikasi data, diantaranya *UART serial, SPI, I2C, digital out* maupun *analog out*. Pixy CMU Cam 5 juga menggunakan warna dan saturasi sebagai sasaran utama pada pendeteksi gambar. Ini berarti bahwa pencahayaan atau *exposure* tidak akan mempengaruhi deteksi sensor pada suatu objek. Sensor ini juga mampu mengingat tujuh warna yang berbeda, menemukan ratusan benda pada saat yang sama dengan kecepatan 50 fps. Pixy CMU cam 5 memiliki aplikasi open source yang disebut PixyMon. Setiap Pixy CMUcam 5 dilengkapi dengan 6 – 10 pin kabel IDC.



Gambar 6. Pixy CMU cam 5[3]

## 2. Metode Penelitian



Gambar 7. Perancangan Koneksi Mikrokontroler dan Arduino UNO dengan Modul Sensor Gyro, Modul SD21 dan Pixy CMU Cam 5

Di dalam penelitian ini, proses perancangan beberapa cara, antara lain:

- Metode literatur/ dokumentasi  
Mencari dan mengumpulkan data-data atau literatur-literatur yang dapat digunakan untuk melengkapi penulisan, baik yang berasal dari buku bacaan, internet, maupun sumber-sumber lain yang berhubungan dengan materi yang akan dibahas.
- Metode observasi

Metode pengumpulan data ini dilakukan dengan cara melakukan pengamatan dan pelaksanaan kerja dari hasil pengukuran terhadap perancangan.

### 3. Hasil Dan Pembahasan

#### Hasil

Pada perancangan Robot Hummanoid dilakukan pengujian Rangkaian.



Gambar 8. Robot Sepak Bola yang sudah di Implementasikan

#### Pembahasan

Pada tabel 1. Mikrokontroler Pengatur Sudut Motor Servo pada Modul SD21 untuk pengaturan motor servo agar robot dapat berdiri dengan mengatur pulsa pada posisi 1 dengan 10 sesuai dengan kolom 1.

Untuk melangkah didahulukan kaki kiri pada robot dengan mengatur pulsa pada posisi 1 dengan 10 sesuai dengan kolom 2.

Untuk melangkah didahulukan kaki kanan pada robot dengan mengatur pulsa pada posisi 1 dengan 10 sesuai dengan kolom 3.

Pada tabel 2. Kemiringan Robot pada Sumbu X, pada kondisi robot kemiringan  $\leq 5^\circ$  pada sumbu X robot tidak jatuh sedang bila robot robot kemiringan  $> 5^\circ$  pada sumbu X robot akan jatuh. Dengan sensor MPU6050 dapat terlihat sudut kemiringan dari robot terhadap sumbu.

Pada tabel 3. Verifikasi warna menggunakan Pixy CMU cam 5 bila dideteksi warna orange maka pada pin A13 Arduino berlogika 1 dan pada pin PB.0 berlogika 1. Jika pin pin A13 Arduino berlogika 0 dan pada pin PB.0 berlogika 0 maka bola warna orange berlum terdeteksi.

Tabel 1. Mikrokontroler Pengatur Sudut Motor Servo pada Modul SD21

Berdiri Posisi Servo dan Sudut	Langkah Kaki Kiri Posisi Servo dan Sudut	Langkah Kaki Kanan Posisi Servo dan Sudut
- Posisi 1 dan 1500	-Posisi 2 dan 2000	- Posisi 7 dan 1000
- Posisi 2 dan 1800	-Posisi 3 dan 800	- Posisi 8 dan 2200
	- Posisi 4 dan 1150	- Posisi 9 dan 1850
-Posisi 3 dan 1000	-Posisi 2 dan 1800	- Posisi 7 dan 1400
- Posisi 4 dan 1350	-Posisi 3 dan 1000	- Posisi 8 dan 1800
	-Posisi 4 dan 1350	- Posisi 9 dan 1450
- Posisi 5 dan 1500	-Posisi 2 dan 2000	- Posisi 7 dan 1200
- Posisi 6 dan 1500	- Posisi 3 dan 800	- Posisi 8 dan 2000
	- Posisi 4 dan 1150	- Posisi 9 dan 1650
- Posisi 7 dan 1200	-Posisi 2 dan 1800	-Posisi 7 dan 1400
- Posisi 8 dan 2000	-Posisi 3 dan 1000	-Posisi 8 dan 1800
	Posisi 4 dan 1350	- Posisi 9 dan 1450
- Posisi 9 dan 1650	- Posisi 2 dan 2000	- Posisi 7 dan 1200
- Posisi 10 dan 1500	-Posisi 3 dan 800	-Posisi 8 dan 2000
	-Posisi 4 dan 1150	-Posisi 9 dan 1650

Tabel 2. Kemiringan Robot pada Sumbu X menggunakan sensor MPU6050

Kimiringan Robot pada Sumbu X	Kondisi Robot
5°	Robot tidak jatuh
10 °	Robot jatuh
15 °	Robot jatuh
20 °	Robot jatuh

Tabel 3. Verifikasi warna menggunakan Pixy CMU cam 5

Warna Bola	Arduino UNO Pin A13	Mikrokontroler ATmega 32 PB.0	Verifikasi
Putih	0	0	Salah
Orange	1	1	Benar
Orange	1	1	Benar
Orange	1	1	Benar
Putih	0	0	Salah

#### 4. Kesimpulan Dan Saran

##### Kesimpulan

- Telah berhasil dibuat suatu sistem yang mampu untuk mengatur dan mempertahankan keseimbangan dari robot *humanoid*.
- Pixy CMU Cam 5 dapat mengenal bola warna orange dapat verifikasi sesuai dengan data pengambilan warna.
- Sensor sensor MPU6050 dapat digunakan untuk memonitor kemiringan robot pada sumbu X namun bila mengatur keseimbangan bila kemiringan diatas  $5^0$  dan sumbu Y yang selanjutnya diolah dengan *PID Controller* untuk mempertahankan keseimbangan robot *humanoid*.

##### Saran

Pada penelitian ini masih terdapat banyak hal yang harus disempurnakan. Berikut ini penulis sampaikan saran-saran untuk menyempurnakan penelitian dan sistem yang dibuat. Masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut :

1. Penyempurnakan sistem kontrol keseimbangan robot *humanoid* dengan *PID Controller* ini, terutama untuk sistem keseimbangan pada sumbu X dan Y.
2. Penambahan kompas untuk mengetahui posisi bola dan gawang.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1]. Abreu, Alexandre F. M., Development Of Advanced Human Robot Interaction Systems, <http://www.cmucam.org/projects/cmucam5>, 2015.
- [2]. Kadir, Abdul, Panduan Praktis Mempelajari aplikasi mikrokontroler dan pemrogramannya menggunakan Arduino. Penerbit Andi. Yogyakarta, 2013, p.78.
- [3]. Muliady, Robot Humanoind Pemain Bola. Laporan Penelitian. Universitas Kristen Maranatha Bandung. Indonesia, 2012.
- [4]. Putra, E.A, Mikrokontroler AT89 dan AVR. Gava Media Komputindo. Yogyakarta, Indonesia, 2010,p.20.
- [5]. Sanjaya, M. Robot Cerdas Berbasis Speech Recognition. Andi. Yogyakarta. 2016, p.106.
- [6]. Usman, Teknik Antar Muka *Pemrograman Mikrokontroler AT89S52*. Andi. Yogyakarta, 2008. p.62.
- [7]. Wardhana, L, Mikrokontroler AVR Seri ATmega 8535 Simulasi dan Aplikasi. Andi. Yogyakarta, 2006, p.45.

# Software Pendeteksi Plagiarisme Antplag Terintegrasi pada Open Journal System (OJS)

Mardiyono<sup>1</sup>, Liliek Triyono<sup>2</sup>, Sukamto<sup>3</sup>, dan Prayitno<sup>4</sup>

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang, Jl. Prof. H. Soedarto, S.H. Tembalang, Semarang, 50275, Indonesia

E-mail: <sup>1</sup>m4rdiyono@gmail.com, <sup>2</sup>lilieq.triyono@gmail.com, <sup>3</sup>mr\_sukamto@yahoo.com, <sup>4</sup>prayitnox@gmail.com

## Abstrak

Pengelola jurnal pada Open Journal System (OJS) menghadapi masalah dalam pengecekan plagiarisme setiap makalah yang akan diterbitkan. Pengecekan dilakukan pada software tersendiri dan belum terintegrasi dengan sistem OJS. Makalah ini membahas integrasi software anti plagiarisme Antplag pada sistem OJS dengan menggunakan algoritma *k-gram* dan *dice similarity*. Metode yang digunakan adalah dengan menyisipkan kode program Antplag pada sistem OJS, menguji pengecekan plagiarisme dengan pusat sumber pada portal garuda, memberikan hasil pada pengguna terkait prosentase kesamaan dan link makalah yang memiliki tingkat kesamaan tertinggi. Hasil pengujian pada 10 makalah dengan tingkat kesamaan 100% yang terdapat pada portal garuda adalah rata-rata mencapai 85,73% pada konversi file berformat docx ke teks dan 96,08% pada konversi file berformat pdf ke teks. Implementasi software Antplag pada OJS akan memudahkan pengelola jurnal mengecek tingkat plagiarisme pada makalah yang akan diterbitkan.

**Keywords:** Antplag, OJS, *k-gram*, *dice similarity*, journal

## I. Pendahuluan

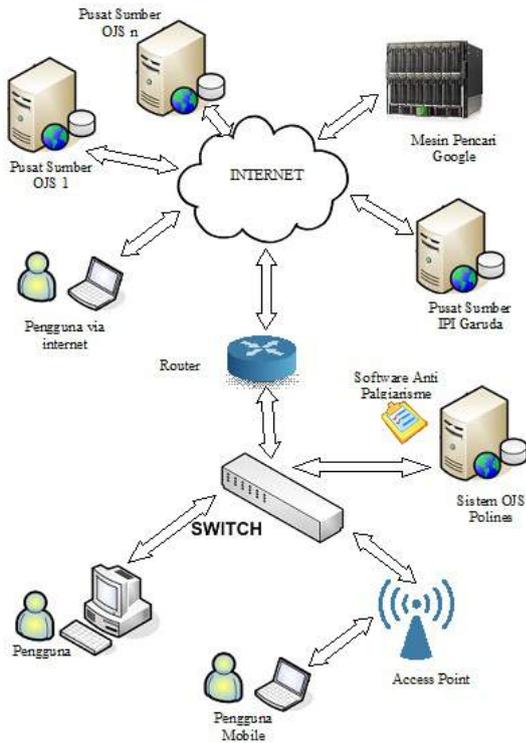
Pengelola jurnal *on line* berbasis OJS harus selalu menjaga kualitas artikel yang diterbitkannya. Salah satu kualitas makalah yang menjadi perhatian pengelola jurnal adalah terbebas dari plagiarisme. Seharusnya setiap makalah yang masuk dicek oleh software khusus anti plagiarisme untuk mendeteksi berapa persen tingkat plagiarisme yang terdapat pada makalah tersebut. Sayangnya saat ini belum terdapat software khusus anti plagiarisme yang bisa dijalankan pada sistem OJS sehingga pengelola jurnal harus mendeteksinya menggunakan software lain di luar OJS seperti Google, Viper, Grammarly, Turnitin, dll.

Penelitian tentang software anti plagiarisme telah dilakukan menggunakan algoritma Rabin-Karp [1][2][3][4]. Disisi yang lain dibangun pula software untuk mendeteksi duplikasi teks bahasa Indonesia menggunakan algoritma *Winnowing* dengan Metode *K-Gram* dan *Synonym Recognition* [5]. Disamping itu terdapat software SNITCH menggunakan Google Search API untuk mencari kesamaan dokumen di internet selanjutnya deteksi kalimatnya menggunakan teknik *sliding window* [6].

Akan tetapi usaha untuk mengurangi tindak plagiarisme yang terjadi pada artikel di jurnal ilmiah tidak diimbangi dengan ketersediaan software pendeteksi yang dapat diakses oleh pengelola jurnal melalui sistem OJSnya. Maka dari itu makalah ini membahas pembangunan software anti plagiarisme yang dapat dijalankan melalui sistem OJS sehingga memudahkan pengelola jurnal dalam mengecek plagiarisme pada setiap naskahnya. Software yang diusulkan merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan, dengan menggunakan algoritma *k-gram*, *dice similarity* dan *Google Search API* untuk mencari kesamaan dan kemiripan dengan dokumen yang ada di jurnal-jurnal OJS lainnya secara daring yang sudah diindeks pada portal garuda (id.portalaruda.org).

## II. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dibahas pada makalah ini dikhususkan pada arsitektur sistem dan alur program atau *flowchart* pengecekan plagiarisme pada software Antplag di OJS. Arsitektur sistem pengecekan plagiarisme dengan software Antplag pada OJS diperlihatkan pada Gambar 1 sedangkan alur programnya dijelaskan pada Gambar 2.

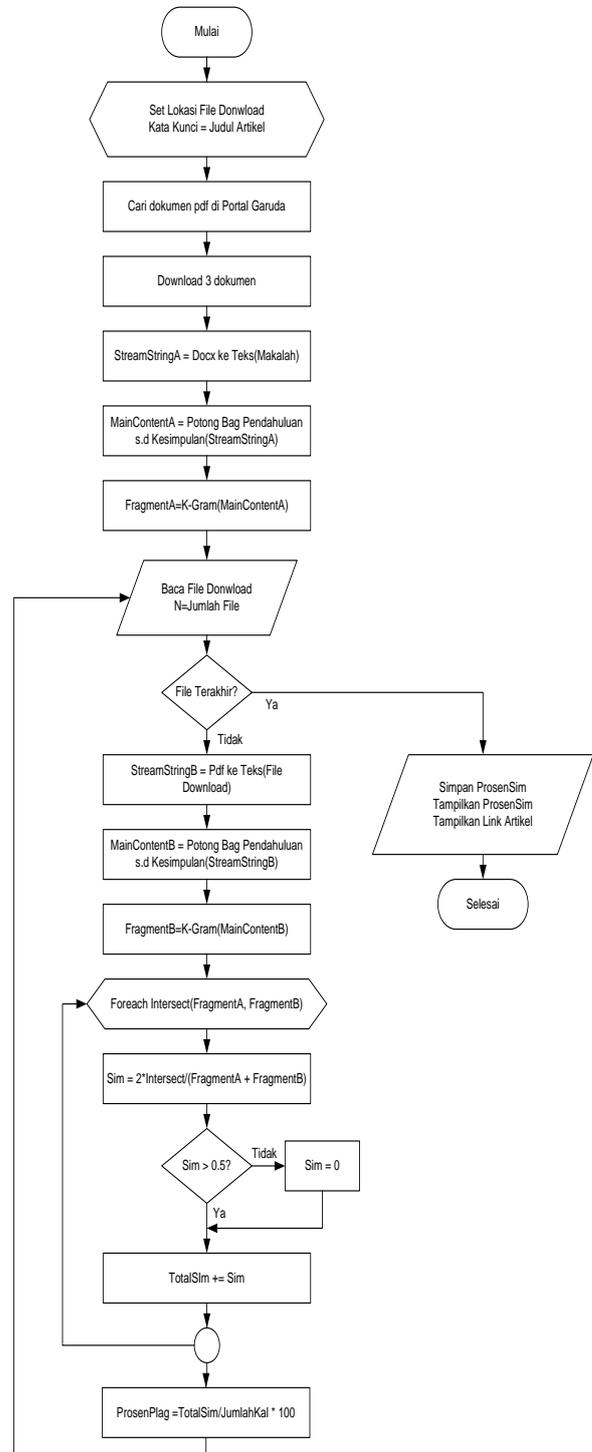


Gambar 1. Arsitektur Antplag pada OJS

Rancangan sistem terdiri dari server untuk menyimpan software anti plagiarisme dan OJS. Setiap pengelola jurnal di internal Polines terhubung ke jaringan komputer melalui Switch dan Access Point. Pengguna internet juga bisa menggunakan layanan software tersebut karena aplikasi ini berbasis web dan terhubung ke internet. Software juga memanfaatkan layanan mesin pencari google (Google API) untuk mencari pusat-pusat sumber OJS lain di internet (Pusat Sumber OJS 1 s.d n) yang telah terindeks pada portal garuda.

Alur program dimulai dari pencarian dokumen dengan kata kunci judul pada portal garuda, pengunduhan file, pengecekan plagiarisme, dan menampilkan hasil prosentase tingkat kesamaan dokumen beserta linknya. Gambar 2 menjelaskan tentang tahapan-tahapan pengecekan plagiarisme pada naskah di OJS dengan pusat sumber di Portal Garuda dengan memanfaatkan Custom Search Engine Google. Tahapan proses software Antplag dimulai dengan mengeset lokasi download dan mengambil kata kunci dari makalah yang akan dicek plagiarismenya. Langkah selanjutnya mencari dokumen pdf dengan bantuan kata kunci judul pada pusat sumber Portal Garuda (<http://id.portalgaruda.org/>) yang merupakan pengindeks jurnal berbasis OJS di Indonesia yang telah mengindeks 3,677 journal dan 350,086 makalah. Selanjutnya setelah makalah ditemukan, program akan mendownload 3 dokumen urutan teratas. Tahapan selanjutnya dengan mengubah file dokumen di OJS

yang berformat Doc/Docx ke teks yang disimpan pada variabel StreamStringA.



Gambar 2. Flowchart Antplag pada OJS

Karena StreamStringA masih mengandung semua bagian makalah maka perlu dipotong pada bagian mulai Pendahuluan sampai dengan Kesimpulan dan disimpan pada variabel MainContentA. Proses fragmentasi dilakukan dengan membagi dalam K-Gram dari variabel

MainContentA dalam hal ini dibagi per 5 karakter. Selanjutnya dilakukan pembacaan file yang sudah didownload dan dibaca satu persatu sampai habis. Setiap kali pembacaan dilakukan langkah-langkah konversi dari file pdf ke format teks dan disimpan pada variabel StreamStringB. Nilai StreamStringB lalu dipotong hingga didapatkan bagian Pendahuluan sampai dengan Kesimpulan yang disimpan pada variabel MainContentB lalu dilakukan proses fragmentasi setiap 5 karakter disimpan dalam FragmentB. Langkah selanjutnya menghitung nilai kesamaan dengan rumus:

$$\text{Sim} = 2 * \text{jumlah}(\text{Intersect}(\text{FragmentA} + \text{FragmentB})) / (\text{jumlah} \text{FragmentA} + \text{jumlah} \text{FragmentB}).$$

Jika nilai Sim > 0.5 maka TotalSim += Sim, bila kurang dari sama dengan 0.5 maka nilai Sim = 0. Artinya kalimat dianggap punya kesamaan bila terdapat lebih 50% bagian yang sama antara FragmentA dan FragmentB. Prosentase plagiarisme dihitung dengan rumus ProsenPlag = TotalSim/JumlahKal \* 100 yaitu nilai total kesamaan dibagi jumlah kalimat dalam makalah dikalikan 100. Hal ini dilakukan pada kedua dokumen yang sudah didownload kemudian disimpan dan ditampilkan prosentase tertinggi dan link dari makalah di Portal Garuda yang sama dengan makalah di OJS.

### III. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian yang dibahas pada bagian ini meliputi pengujian secara fungsionalitas (*black box*) dengan tampilan *user interface* pada OJS dan hasil pengujian pengecekan 10 dokumen yang sudah dipublikasikan pada portal garuda. Adapun hasil pengujian secara fungsionalitas diperlihatkan pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 terdapat bagian A yang merupakan tambahan dari software Antplag pada OJS. Setelah pengguna login sebagai Section Editor dan memilih makalah yang akan diproses, pengguna dapat mengecek tingkat plagiarisme dengan menekan tombol Check to Antplag. Selanjutnya software Antplag akan mencari dokumen di portal garuda menggunakan Google Search API berdasarkan kata kunci judul. Apabila ditemukan dokumen yang memiliki kemiripan/kesamaan judul maka akan didownload dan dilakukan pengecekan tingkat kesamaan. Hasil dari pengecekan plagiarisme ditampilkan dalam prosentase dan link dokumen yang memiliki tingkat kesamaan paling tinggi.

Pengujian pada 10 dokumen yang sudah dipublikasikan (tingkat kesamaan 100%) dan terindeks di portal garuda dilakukan dalam dua tahap.



Gambar 3. Pengujian Fungsi Antplag pada OJS

Tahap 1 dilakukan dengan pengecekan file berformat docx yang diupload pada jurnal JTET dan download file pdf dari dokumen yang sama dari jurnal JTET yang terindeks pada portal garuda. Hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Pengujian dokumen berformat docx

Makalah	Waktu(detik)				Kesamaan(%)
	Ukuran(KB)	Download	Proses		
Makalah1	539	33.10	0.89	90.53	
Makalah2	1,275	24.63	0.65	83.13	
Makalah3	694	6.84	0.79	90.77	
Makalah4	686	5.35	4.82	89.36	
Makalah5	1,461	16.82	0.20	83.07	
Makalah6	537	9.41	1.13	85.13	
Makalah7	591	7.43	0.59	92.34	
Makalah8	1,430	12.10	2.08	71.73	
Makalah9	664	23.34	0.88	82.00	
Makalah10	696	7.04	0.60	89.26	
Rata-rata		<b>14.61</b>	<b>1.26</b>	<b>85.73</b>	

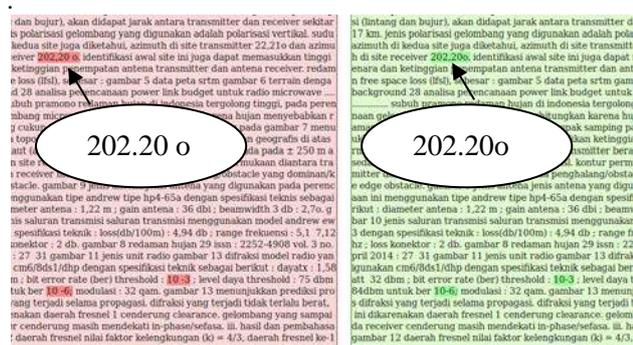
Tabel 1 memperlihatkan hasil pengujian pada 10 dokumen dengan format docx yang diupload pada sistem OJS. Prosentase tingkat kesamaan yang mendekati 100% adalah makalah7 yaitu 92,34% sedangkan prosentase kesamaan terendah pada pengecekan makalah8 sebesar71.73%. Rata-rata prosentase kesamaan yaitu 85,73% sedangkan rata-rata waktu proses dan download adalah 15,87 detik.

Tabel 2 memperlihatkan hasil pengujian pada 10 dokumen dengan format pdf yang didownload pada makalah yang sudah terindeks pada portal garuda yang kemudian dirubah formatnya menjadi docx dengan *tool* pdfmodif. Prosentase tingkat kesamaan yang mendekati 100% adalah makalah5 yaitu 99,15% sedangkan prosentase kesamaan terendah pada pengecekan makalah2 yaitu 92,50%. Rata-rata prosentase kesamaan yaitu 96,08% sedangkan rata-rata waktu proses dan download adalah 13,61 detik.

**Tabel 2. Pengujian dokumen hasil konversi dari portal Garuda**

Makalah	Waktu(detik)			
	Ukuran(KB)	Download	Proses	Kesamaan(%)
Makalah1	539	7.80	0.85	96.53
Makalah2	1,275	22.43	0.54	92.50
Makalah3	694	8.65	0.85	92.65
Makalah4	686	10.89	5.44	97.11
Makalah5	1,461	22.33	0.23	99.15
Makalah6	537	8.04	1.09	96.16
Makalah7	591	15.56	0.69	92.52
Makalah8	1,430	18.70	2.14	98.81
Makalah9	664	7.10	1.10	97.15
Makalah10	696	0.88	0.79	98.19
Rata-rata		<b>12.24</b>	<b>1.37</b>	<b>96.08</b>

Pengecekan dengan algoritma k-gram dan dice similarity pada dokumen yang sama seharusnya mencapai 100% tetapi hasil terbaik yang didapatkan adalah 99,15%. Hal ini terjadi karena setiap dokumen harus diubah ke format teks menggunakan alat bantu (*tools*) software. Proses konversi pada dokumen berformat docx ke format pdf menggunakan software unoconv kemudian dari format pdf diubah ke format teks menggunakan software pdftotext. Sedangkan file pdf yang didownload pada portal Garuda dikonversi langsung ke format teks menggunakan software pdftotext. Hasil dari proses konversi ini menunjukkan adanya perbedaan yang diperlihatkan pada Gambar 4.

**Gambar 4. Hasil Konversi docx-pdf-teks dan pdf-teks**

Hasil konversi pada dua proses docx ke pdf ke teks dan pdf ke teks memperlihatkan perbedaan terutama pada spasi. Sebagai contoh pengecekan perbedaan menggunakan <http://www.diffchecker.com> diperoleh hasil konversi pada sebelah kiri tertulis 202.20 o sedangkan hasil konversi sebelah kanan tertulis 202.20o. Hal inilah yang membuat hasil pengecekan kesamaan tidak mencapai 100%. Konversi dari dokumen pdf ke teks lebih baik dari pada konversi dari dokumen docx ke pdf kemudian ke teks. Hal ini terjadi karena

menggunakan dua software konversi yaitu unoconv dan pdftotext yang menghasilkan perbedaan yang semakin besar.

## IV. Kesimpulan

Software Antplag telah selesai dibangun dan diimplementasikan pada *Open Journal System* sebagai fitur pengecekan plagiarisme pada makalah yang dikirim ke suatu jurnal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengecekan plagiarisme pada 10 dokumen yang mempunyai tingkat kesamaan 100% pada makalah yang sudah diindeks pada Portal Garuda rata-rata mencapai 85,73% untuk file asli berformat docx dan 96,08% untuk dokumen pdf yang dikonversi dari dari Portal Garuda menjadi docx. Waktu rata-rata download dan proses pada dua model pengecekan dokumen adalah 15,87 detik dan 13,61 detik. Penerapan software ini akan membantu pengelola jurnal untuk mengecek plagiarisme pada makalah yang dikirimkan ke redaksi jurnal dengan sistem OJS.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Semarang melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat (P3M) yang telah memberikan pembiayaan hibah penelitian dengan no skim 3386/PL4.7.4.2/PL/2016.

## Daftar Acuan

- [1]. B. Mutiara, S. Agustina, *Anti Plagiarism Application with Algorithm Karp-Rabin*, Thesis Gunadarma University, Depok, 2008
- [2]. E. Nugroho, *Perancangan Sistem Deteksi Plagiarisme Dokumen teks dengan Menggunakan Algoritma Rabin-Karp*. Skripsi Universitas Brawijaya, Malang, 2011
- [3]. I.P. Utomo, *Algoritma Rabin-karp dengan Metode Rolling Hash dalam Pencocokan String*, Skripsi Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2009.
- [4]. Yoga, K.V. Yana, *Pengembangan Aplikasi Pendeteksi Plagiarisme Pada Dokumen Teks Menggunakan Algoritma Rabin-Karp*. Jurnal Karmapati Vol1 No.4, 2012.
- [5]. R. Mudafiq, *Aplikasi Pendeteksi Dokumen teks Bahasa Indonesia menggunakan algoritma Winnowing dengan Metode K-Gram dan Synonym Recognition*, Skripsi Universitas Muhammadiyah Malang, Malang, 2011
- [6]. S. Niezgodna, T. P. Way, SNITCH: a software tool for detecting cut and paste plagiarism, *Prosiding SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education ke 37* pp. 51-55, March 1-5, 2006, Houston, Texas

# Rancang Bangun Konverter Buck Pada Sistem Charging Sepeda Listrik

Supriatna Adhisuwigno<sup>1</sup>, Indrazno Siradjuddin<sup>2</sup>, Muhamad Rifa'i<sup>3</sup>, Ratna Ika Putri<sup>4</sup>

Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta 9 Malang 65141 Indonesia

E-mail: supriatna\_s@yahoo.com<sup>1</sup>, indrazno@gmail.com<sup>2</sup>, muhamad.arreifai@yahoo.co.id<sup>3</sup>, ikaputri@yahoo.com<sup>4</sup>

## Abstrak

Energi matahari merupakan salah satu jenis energi terbarukan. Energi matahari dapat dikonversikan menjadi energi elektrik dengan menggunakan sel surya. Energi elektrik ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan. Energi ini dapat digunakan sebagai sumber energi elektrik bagi sepeda. Energi tersebut disimpan di dalam baterai sepeda elektrik. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem pengisian baterai sepeda elektrik dengan sumber energi matahari menggunakan rangkaian pengisi baterai yaitu rangkaian dengan topologi *Buck Converter*. Hasil rancangan dan implementasi adalah pada pengaturan duty cycle buck berfungsi untuk mencapai setpoint dengan waktu 0.5s saat pengukuran 12V (saat charging). Pengaturan duty cycle pada kontrol *Buck Converter* akan menambah efisiensi pada saat charging baterai 13.1%. Proses charging dengan menggunakan rangkaian *Buck Converter* dengan beban charging baterai 7 AH, tegangan awal 11.34V dalam waktu 90 menit tegangan menjadi 11.74 V dengan tegangan sumber 11.9V.

## Abstract

**Buck Converter Design on Charging System Of Electric Bicycle.** Solar energy is one type of renewable energy. Solar energy can be converted into electrical energy using solar cells. This electrical energy can be utilized for various purposes. This energy can be used as a source of electrical energy for the electric bicycle. The energy stored in the battery of electric bicycle. This research aims to design and implement electric bicycle battery charging system with solar energy sources using battery charger circuit with topology Buck Converter. The design and implementation is setting the buck duty cycle that works to achieve the setpoint with a time of 0.5s when the measurement is 12V (when charging). Duty cycle settings on the control Buck Converter will increase efficiency during battery charging 13.1%. The charging process by using a series Buck Converter with a load of 7 AH battery, the initial voltage 11.34V within 90 minutes the voltage become 11.74 V with a voltage source is 11.9V.

**Keywords:** buck converter, electric bicycles, charging system

## 1. Pendahuluan

Setiap hari kendaraan bermotor membakar jutaan barel minyak bumi, yang merupakan sumber energi yang tak terbarukan. Jika para pengguna jalan sebagian besar beralih menggunakan sepeda, bisa dipastikan dapat menghemat bahan bakar minyak dan pencemaran udara akan semakin berkurang. Sehingga pada saat ini mulai muncul gerakan untuk memanfaatkan teknologi dan energi bersih dalam semua aspek kehidupan termasuk penggunaan kendaraan baik mobil listrik maupun sepeda listrik.

Energi surya menjadi sumber sistem terbarukan yang paling penting yang menawarkan banyak keuntungan

seperti tanpa memerlukan bahan bakar minyak, tidak menghasilkan polusi, biaya perawatan rendah dan tidak menghasilkan *noise*. Sel surya mempunyai prospek tinggi untuk digunakan di daerah tropis, dimana insolasi matahari tidak berfluktuasi terlalu tinggi di sepanjang tahun dan bersinar sekitar 12 jam sehari [1]. Sel surya adalah suatu elemen aktif yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif yang kemudian ada gerbang diantara dua lapisan tersebut, dimana gerbang itu akan terbuka apabila ada rangsangan dari cahaya matahari, sehingga membentuk suatu aliran elektron atau arus searah (DC). Besar gerbang berbanding lurus dengan banyaknya intensitas cahaya matahari yang masuk [2].

Sistem pengisian baterai sepeda elektrik dengan sumber energi matahari menjadi alternatif solusi terbaik. Sehingga perlu dirancang rangkaian pengisi baterai yaitu rangkaian dengan topologi konverter buck yang direncanakan sebagai rangkaian utama sistem charging. Buck merupakan salah satu regulator mode *switching* menghasilkan tegangan keluaran yang lebih kecil atau lebih besar dibanding tegangan masukannya.

**2. Metode Penelitian**

**1). Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan untuk mencari sumber pustaka ilmiah terkait penelitian ini. Berdasarkan hasil studi literatur tentang sel surya dapat dinyatakan bahwa dalam memilih sel surya untuk setiap aplikasi tertentu perlu memperhatikan spesifikasinya. [2]. Salah satu spesifikasi sel surya ditunjukkan dalam Gambar 1.

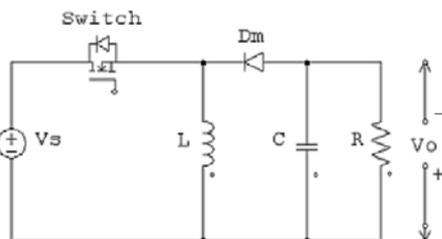


Electrical Characteristics	
Power ( Pmax)	20 Watts
Power Tolerance	± 5%
Open Circuit Voltage ( Voc)	21.53 V
Short Circuit Voltage ( Isc)	1.31 A
Maximum Power Voltage ( Vmp)	17.64 V
Maximum Power Current ( Imp)	1.17 A
Maximum System Voltage	1.000 V
Mechanical Characteristics	
Solar Cells	30 laser cutted multycrystalline configured geometrically for a 9 x 4 matrix connected in series
Construction	High tempered anti reflective 3.2mm glass
Frame	6063T6 Silver Anodized Aluminium Alloy
Dimension	538 x 350 x 35 mm
Weight	2.5 Kg
Temperature Coefficient	
Isc Temperature Coefficient	(0.095 ± 0.015)/% /°C
Voc Temperature Coefficient	-(180 ± 20)/mV /°C
Pmax Temperature Coefficient	-(0.5 ± 0.05)/% /°C
Temperature Cycling Range	-40°C to +85°C
Damp heat test	85°C and 85% Humidity
Front and Rear static load test	2400Pa or 245kg/m <sup>2</sup>
Front load test	5400Pa or 550kg/m <sup>2</sup>
Hail impact test	25mm hail at 25m/s

\*Standard test conditions, irradiance 1000W/m<sup>2</sup> at AM1.5 and temperature of 25°C  
 \*Manufactured under ISO9001:2008, ISO14001 and OHSAS 18000 certified factory  
 \*Under Japanese supervision with Japanese standard quality

**Gambar 1. Sel Surya dan Spesifikasi**

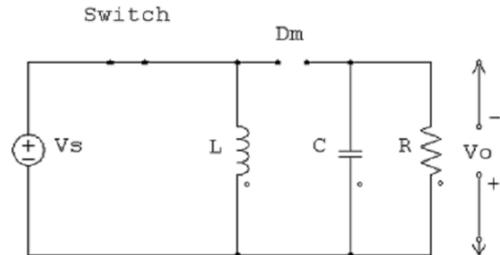
Sedangkan hasil studi literatur tentang buck converter yang ditunjukkan dalam Gambar 2 adalah rangkaian Buck secara umum. [3].



**Gambar 2. Rangkaian Buck Konverter**

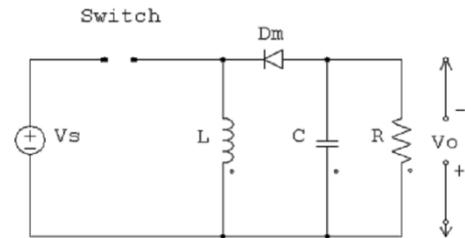
Prinsip kerja rangkaian ini dibagi menjadi 2 mode. Selama mode 1, transistor Q1 di ON-kan dan diode Dm mendapat bias mundur arus masukan, yang bertambah mengalir melalui inductor L dan transistor Q1. Selama

mode 2, transistor Q1 di-OFF-kan. Dan arus mengalir melalui inductor L, diteruskan ke C, Dm dan ke beban. Energi yang tersimpan di dalam inductor L akan ditransfer ke beban. Dan arus inductor akan berkurang sampai transistor Q1 di-ON-kan lagi pada siklus berikutnya.



**Gambar 3. Rangkaian Buck dengan Analisa Tertutup**

Pada Gambar 3 menunjukkan rangkaian buck dalam keadaan mosfet Q1 ON. Hal ini menyebabkan diode bekerja reverse sehingga arus akan mengalir ke inductor L. Dengan adanya arus yang mengalir ke inductor maka terjadi pengisian arus pada inductor sehingga arus inductor (IL) naik.



**Gambar 4. Rangkaian Buck dengan Analisa Terbuka**

Pada Gambar 4 menunjukkan rangkaian buck dalam keadaan mosfet Q1 OFF. Hal ini menyebabkan dioda bekerja forward sehingga arus mengalir L, C, Dm dan beban. Energi yang tersimpan di inductor mengalami *discharging*. Regulator Buck menghasilkan tegangan keluaran yang terbalik tanpa memerlukan trafo, mampu menghasilkan tegangan keluaran lebih rendah ataupun lebih tinggi dari tegangan masukan dan memiliki efisiensi yang tinggi. Besar tegangan keluaran tergantung pada *duty cycle*

**2). Perancangan Buck Converter**

Perancangan Buck Converter dimulai dengan penentuan tegangan minimal dan tegangan maksimal dari masukan Buck Converter. Desain Buck Converter memiliki tegangan minimal 10 V dan maksimal 20 V. Arus yang dikehendaki 2A, dan frekuensi 40kHz. Setelah mengetahui parameter selanjutnya dapat menentukan *duty cycle* untuk batas waktu buck.

$$V_{out} = -V_{in} \left[ \frac{D}{1-D} \right] \tag{1}$$

$$-14 = -10 \left[ \frac{D}{1-D} \right]$$

$$1.4 = \left[ \frac{D}{1-D} \right]$$

$$1.4 = 2.4D$$

$$D = 0.583$$

- Resistansi Beban:

$$R = \frac{V_o}{I} \quad (2)$$

$$R = \frac{14}{2}$$

$$R = 7\Omega$$

Setelah menentukan nilai *duty cycle*. Selanjutnya adalah menentukan nilai induktor dengan menggunakan persamaan 3.

- Nilai induktor:

$$L = \left( \frac{1}{f} \right) \times [V_{out} + V_F] \times \left( \frac{V_{in} - V_{min}}{V_{out} + V_F + V_{in} - V_{min}} \right) \times \left( \frac{1}{\Delta I_L} \right) \quad (3)$$

$$\Delta I_L = 20\% \times I_{L(avg)} \quad (4)$$

$$I_{L(avg)} = \left( \frac{V_o^2}{V_s R D} \right) \quad (5)$$

Sebelum menentukan nilai induktor, maka perlu dicari terlebih dahulu arus yang mengalir pada induktor. Persamaan 4 dan 5 mencari arus rata-rata yang akan mengalir pada induktor yang akan mempengaruhi ukuran diameter kawat yang akan digunakan pada induktor.

- Nilai Arus Induktor:

$$I_{L(avg)} = \frac{V_o^2}{V_s R D}$$

$$I_{L(avg)} = \frac{14^2}{10 \times 7 \times 0.583}$$

$$I_{L(avg)} = \frac{196}{40.81}$$

$$I_{L(avg)} = 4.802A$$

- Gap/Delta Inductor Current Value :

$$\Delta I_{L(avg)} = 20\% \times I_{L(avg)}$$

$$\Delta I_{L(avg)} = 0.2 \times 4.802$$

$$\Delta I_{L(avg)} = 0.96A$$

- Nilai Induktor:

$$L = \left( \frac{1}{f} \right) \times [V_{out} + V_F] \times \left( \frac{V_{in} - V_{min}}{V_{out} + V_F + V_{in} - V_{min}} \right) \times \left( \frac{1}{\Delta I_L} \right)$$

$$L = \left( \frac{1}{40000} \right) \times [14+1] \times \left( \frac{10}{14+1+10} \right) \times \left( \frac{1}{0.96} \right)$$

$$L = 3.75 \times 10^{-3} \times 0.4 \times 1.041$$

$$L = 1.56 \times 10^{-4} H$$

$$L = 156\mu H$$

- Nilai Kapasitor:

$$\Delta V_o = \pm 0.1\% \times V_o = 0.001 \times V_o \quad (6)$$

$$\Delta V_o = 0.001 \times 14$$

$$\Delta V_o = 0.014$$

$$\Delta V_o = \frac{V_o \times D}{RCf} \quad (7)$$

$$0.014 = \frac{14 \times 0.583}{7 \times C \times 40000}$$

$$C = \frac{14 \times 0.583}{7 \times 0.014 \times 40000}$$

$$C = \frac{8.162}{3920}$$

$$C = 0.002082F$$

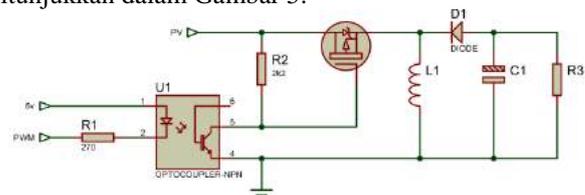
$$C = 2082\mu F$$

Frekuensi pada *Buck Converter* berpengaruh pada ukuran dari tiap komponen terutama nilai dari induktor dan kapasitor. Induktor dan kapasitor sangat berpengaruh pada kinerja *Buck Converter* dengan *Continuous Current Mode (CCM)*. Dari hasil perhitungan di atas maka di dapat komponen seperti ditunjukkan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Komponen Buck Converter

No	Nama Komponen	Jenis Komponen
1	Mosfet P-Channel	IRF9540
2	Induktor	156uH
3	Dioda	Mur1560
4	Kapasitor	2200uF
5	Beban	Aki 7AH

Dioda yang digunakan tipe MUR 1560 dengan *diode fast switching* dengan kecepatan *switching* lebih dari 1MHz sehingga mendukung untuk DC - DC Converter. Kapasitor yang diperoleh sebesar 2038uF menggunakan 2200uF dengan toleransi, berfungsi untuk menyimpan muatan dari induktor. Rangkaian buck converter ditunjukkan dalam Gambar 5.

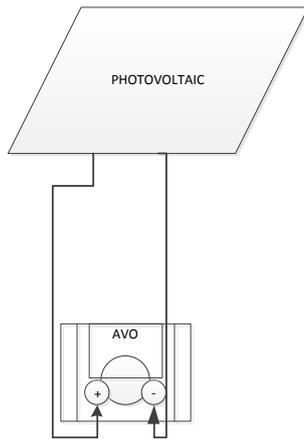


Gambar 5. Rangkaian Buck Converter

### 3. Hasil dan Pembahasan

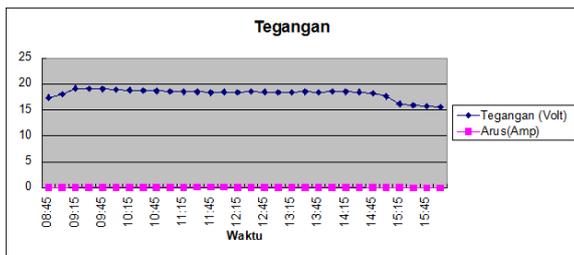
#### 3.1 Pengujian Panel Sel Surya

Pengujian panel sel surya bertujuan untuk mengetahui karakteristik tegangan dan arus pada panel sel surya 20WP sebagai sumber energi sistem charging. Peralatan yang digunakan antara lain adalah: Panel sel surya 20WP, Resistor 120Ω/5W, Avometer digital krisbow KW06-270, dan kabel konektor. Rangkaian pengujian ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian Pengujian Panel Surya

Setelah melakukan pengukuran dan pengambilan data didapatkan hasil Grafik sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 7.



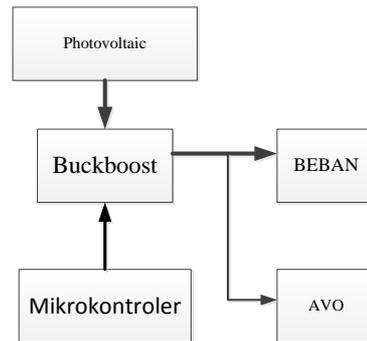
Gambar 7. Pengujian Panel Sel Surya

Berdasarkan hasil ujicoba menunjukkan bahwa hasil output dari Panel sel surya sesuai dengan spesifikasi dari Panel sel surya 20WP. Pada saat cahaya matahari maksimal tegangan mampu mencapai 19V dengan arus beban 120Ω/5W 0.15A. Dari tegangan hasil pengukuran 19V ini tegangan mampu mendekati tegangan optimal dari Panel sel surya.

#### 3.2. Pengujian Rangkaian Buck Converter

Proses pengisian baterai pada sistem charging menggunakan rangkaian Buck converter untuk menjaga tegangan agar mampu mengisi baterai. Tujuan pengujian rangkaian ini adalah untuk mengetahui kemampuan rangkaian menghasilkan tegangan yang

sesuai dengan kebutuhan pengisian baterai, baik ketika tegangan pada panel sel surya cukup ataupun pada saat tegangan berkurang karena berkurangnya intensitas sinar matahari. Blok rangkaian pengujian buck converter ditunjukkan pada Gambar 8. Dari hasil percobaan di dapatkan data sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2. Grafik tegangan masukan dan keluaran buck converter diperlihatkan dalam gambar 9. Daya yang Dihasilkan *Buck Converter* ditunjukkan dalam Tabel 3.

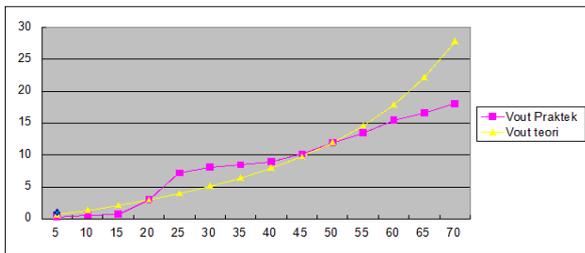


Gambar 8. Pengujian Panel Sel Surya

Tabel 2. Uji Coba *Buck Converter*

No	Vin	Duty	Vout pengukuran	Vout perhitungan	Mode
1	11.9	5	0.3	0.63	Buck
2	11.9	10	0.6	1.32	Buck
3	11.9	15	0.72	2.1	Buck
4	11.9	20	3	2.98	Buck
5	11.9	25	7.22	3.97	Buck
6	11.9	30	8.1	5.11	Buck
7	11.9	35	8.47	6.42	Buck
8	11.9	40	8.96	7.95	Buck
9	11.9	45	10.2	9.75	Buck
10	11.9	50	11.92	11.92	Sama
11	11.9	55	13.5	14.57	Boost
12	11.9	60	15.5	17.88	Boost
13	11.9	65	16.6	22.14	Boost
14	11.9	70	18.07	27.81	Boost

Berdasarkan pengujian rangkaian Buck mampu menurunkan tegangan pada duty cycle 5 s.d. 45 persen dan mampu menaikkan tegangan pada duty cycle 55 s.d. 70 persen. Hal ini menunjukkan bahwa rangkaian Buck bisa dan mampu digunakan sebagai rangkaian charging baterai



Gambar 9. Grafik Tegangan Masukan dan Keluaran Buck Converter

Tabel 3. Daya yang Dihasilkan Buck Converter

No	Vin	Vout	Arus (mA)	P (mW)
1	10	10.4	5	52
2	11	11.13	11	122.43
3	12	11.7	20	234
4	13	11.87	30	356.1
5	14	12.03	35	421.05
6	15	12.04	60	722.4
7	16	12.06	80	964.8
8	17	12.07	80	965.6
9	18	12.1	80	968
10	19	12.1	80	968
11	20	12.1	120	1452

### 3.3 Pengujian Converter Untuk Pengisian Baterai

Setelah ujicoba rangkaian buck converter dengan beban resistor selanjutnya pengujian dilanjutkan dengan Buck converter untuk proses pengisian baterai dengan hasil seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Ujicoba Rangkaian Buck Converter dalam Pengisian Baterai.

N o	Teg. Input	Teg. Con	Teg. Awal bat	Teg. akhir baterai	Lama Pengisian
1	18V	12.1	11.33	11.72	65 menit
2	12V	12.05	11.34	11.74	93 menit
3	14V	12.1	11.32	11.39	78 menit
4	11V	11.87	10.19	10.29	57 menit

Setelah uji coba menggunakan rangkaian charger didapatkan data bahwa converter pada saat tegangan rendah 12V kemudian dinaikkan dengan mode boost arus menjadi lebih kecil sehingga pengisian baterai menjadi lebih lama. Karena arus yang dihasilkan dari panel surya maksimal 1A pada kondisi intensitas yang ditangkap sangat berpengaruh pada sistem charge.

Mode buck lebih optimal pada saat tegangan pada panel surya maksimum sehingga arus besar kemudian proses pengisian baterai menjadi lebih cepat. Dengan menggunakan rangkaian dasar buck converter sudah mampu menyediakan energi untuk sistem charging sepeda listrik.

## 4. Kesimpulan

Berikut ini merupakan kesimpulan dari hasil pengujian rangkaian buck converter :

- 1) Pengaturan duty cycle pada kontrol buck converter akan menambah efisiensi pada saat charging baterai 13.1%
- 2) Buck converter sebagai rangkaian charging baterai bekerja dengan baik.
- 3) Proses charging dengan menggunakan rangkaian buck converter dengan beban charging baterai 7 AH, tegangan awal 11.34V dalam waktu 90 menit tegangan menjadi 11.74 V dengan tegangan sumber 11.9V.

Disarankan untuk menggunakan topologi konverter lainnya guna diperoleh efisiensi charging yang lebih tinggi.

## 5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai kegiatan penelitian ini melalui skema Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (PUPT) Politeknik Negeri Malang Tahun 2016.

## 6. Daftar Acuan

- [1]. Satria, Dwiky Alif dkk. Proceedings of The 14th Industrial Electronics Seminar 2012. Electronic Engineering Polytechnic Institute of Surabaya (EEPIS), Indonesia, 2012, p.289
- [2]. Kusnandar Achmad., Penerapan Dasar Pembangkit Tenaga Surya. Penerbit Arfino Raya, Bandung, 2009.
- [3]. Rashid, Muhammad H. Power Electronics Second Edition, Englewood Cliff, New Jersey., 2007.

# **Perbandingan Efisiensi Bak Proses Dua Sel Dan Tiga Sel Dalam Menurunkan Kandungan Warna Dalam Air Gambut Secara Elektrokoagulasi**

Sutanto<sup>1</sup>, Endang Saepudin<sup>2</sup> dan Nuryati<sup>3</sup>

1,2. Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI, Depok 16425

3. Politeknik Negeri Tanah Laut

*E-mail : stanto09@gmail.com*

## **Abstrak**

Kandungan warna dalam air minum yang tidak terkontrol dapat menyebabkan gangguan kesehatan manusia. Air minum yang dibuat dari air gambut harus dikontrol kandungan warnanya. Karena secara umum air gambut memiliki kandungan warna yang cukup tinggi. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No 492 / Menkes / Per / IV /2010 menjelaskan bahwa kandungan maksimum warna dalam air minum adalah 15 mg/L. Jika kandungan warna dalam air gambut melebihi dari ketentuan tersebut, maka air tersebut harus diolah sampai memenuhi persyaratan sebagai air minum. Salah satu proses pengolahan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menerapkan proses elektrokoagulasi dengan anoda dan katoda aluminium. Penelitian dilakukan dengan mengalirkan air gambut sebanyak 7 liter kedalam bak elektrokoagulasi. Proses elektrokoagulasi dijalankan menggunakan bak proses tipe 2 (dua) sel dan tipe 3 (tiga) sel dengan tegangan 12 V serta interval waktu pengamatan perubahan konsentrasi warna adalah 10 menit. Pengukuran kandungan warna dalam air dilakukan dengan Spektrofotometer UV-Visibel. Hasil proses selama 100 menit menunjukkan bahwa kandungan warna dapat diturunkan dari 756 mg/L menjadi 42 mg/L atau setara dengan 94,44 % untuk proses dengan bak tipe 2 sel dan dari 756 mg/L menjadi 8 mg/L atau setara dengan 98,94% untuk proses dengan bak tipe 3 sel. Dapat disimpulkan bahwa efisiensi bak proses tipe 3 sel lebih tinggi dari pada efisiensi bak proses tipe 2 sel dalam menurunkan kandungan warna yang terdapat dalam air gambut.

## **Abstract**

The content of color in drinking water that uncontrolled can cause human health problems. The color in drinking water that made from peat water should be controlled to ensure health human. Because in generally the peat water has contains high of color always. Based on the regulation of the Minister of Health of Republic Indonesia No 492 / Menkes / Per / IV /2010 explained that the maximum content of color in the drinking water is 15 mg/L. If the content of color in the peat water exceeds that of such provision, the peat water must be treated until comply with the regulations of the Ministry of Health. One of the processing carried out in this research is to apply the electrocoagulation process with aluminum as anode and cathode. The research is conducted by flowing peat water of 7 liters into the bath electrocoagulation process. The process is running in the two and three cell of tank with a power electric 12 V and intervals of 10 minutes for observation content of color in peat water. The content of color in peat water is measured by Spectrophotometry UV-Visible. The results of process until 100 minutes showed that the content of color is reduced from 756 mg/L to 42 mg/L or equivalent with 94.44 % for process in two cells and from 756 mg/L to 8 mg/L or equivalent with 98.94 % for process in three cells. Conclusion, the efficiency of the three cells is the best than two cells to reduced color content in the peat water.

**Keywords:** *peat water, concentration of color, electrocoagulation, drinking water*

## **I. Pendahuluan**

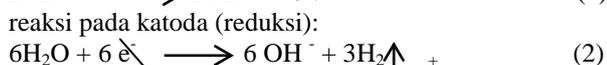
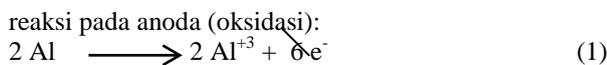
Indonesia mempunyai potensi air gambut yang cukup melimpah. Berdasarkan data statistik disebutkan bahwa

Indonesia mempunyai kawasan gambut dan lahan basah air tawar sekitar 19 juta. Artinya cadangan air gambut tersebut cukup layak dipertimbangkan sebagai bahan baku untuk pembuatan air minum bagi penduduk

disekitarnya. Akan tetapi air gambut tersebut masih terlalu asam, intensitas warna cukup tinggi, dan banyak mengandung zat organik, maka air tersebut belum layak digunakan sebagai air minum. Untuk mengubah air gambut menjadi air yang layak untuk minum, maka air tersebut harus diproses menggunakan teknologi atau metode yang tepat.

Salah satu metode yang akan dikembangkan dalam penelitian ini adalah penerapan prinsip elektrolisis yang dikenal sebagai proses elektrokoagulasi [1].

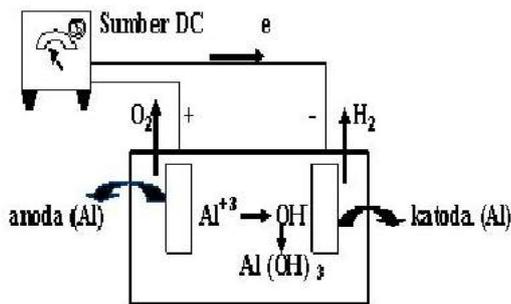
Dalam proses elektrokoagulasi yang menggunakan anoda dan katoda dari bahan aluminium terjadi reaksi sebagai berikut [2]:



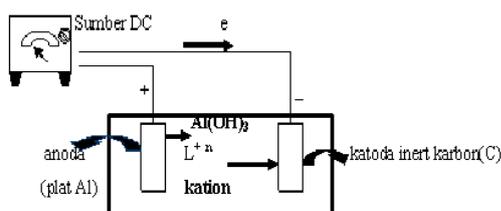
Dari Pers.(3) nampak terbentuk  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang berperan sebagai bahan koagulan, sehingga akan memudahkan polutan dalam air terperangkap membentuk flok atau gumpalan yang mudah terendapkan.

Prinsip kerja proses elektrokoagulasi dengan anoda dan katoda dari aluminium dapat dilihat pada Gambar 1.

Sedangkan prinsip kerja proses elektrokoagulasi yang menggunakan anoda aluminium dan katoda dari karbon dapat dijelaskan seperti pada Gambar 2.



Gambar 1. Elektrokoagulasi Al-Al



Gambar 2. Elektrokoagulasi Al - C

Pada saat sumber DC dihidupkan terjadi medan listrik dan perpindahan elektron  $e$  dari anoda menuju katoda. Dalam waktu yang bersamaan logam L dalam limbah cair terurai membentuk kation  $L^{+n}$  dan karena pengaruh medan listrik kation  $L^{+n}$  bergerak menuju katoda dan dinetralkan oleh elektron  $e$  membentuk logam netral L disekitar permukaan katoda. Mekanisme pengendapan ion logam  $L^{+n}$  (kation) dalam limbah cair dapat dijelaskan sebagai berikut :

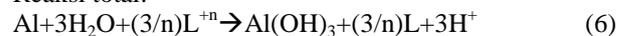
Anoda ( aluminium atau Al):



Katoda (bahan inert karbon atau C):



Reaksi total:



Dari Pers. reaksi (6) nampak bahwa proses elektrokoagulasi mampu menghasilkan senyawa koagulan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang bersifat mudah membentuk gumpalan atau flok dan mengikat bahan organik atau anorganik yang telah dinetralkan, sehingga mudah diendapkan pada dasar bak proses.

Untuk keperluan perancangan yang berhubungan dengan pembentukan ion logam  $\text{Al}^{+3}$  dalam proses elektrokoagulasi dibutuhkan persamaan-persamaan perancangan. Bila proses dilakukan secara kontinyu, maka persamaan waktu tinggal air dalam bejana adalah [3]:

$$t = (s)(A)/Q \quad (7)$$

dengan t: waktu tinggal air limbah dalam bejana (det), A : luas penampang bejana ( $\text{cm}^2$ ), Q: debit air limbah ( $\text{cm}^3/\text{det}$ ), S: tinggi bejana (cm). Persamaan untuk waktu proses elektrolisis menurut hukum Faraday pertama adalah:

$$t = [(96.500)(m)(n)] / [(ar)(I)] \quad (8)$$

dengan t: waktu proses (det), m: massa  $\text{Al}^{+3}$  yang dilepaskan oleh anoda (gram), n: perubahan bilangan oksidasi, ar: massa atom relatif, I: arus listrik (ampere).

Jika Pers. (7) dimasukkan ke Pers. (8), maka didapat persamaan:

$$(s)(A)/Q = (96.500)(m)(n) / [(ar)(I)] \quad (9)$$

Sehingga persamaan untuk massa ion logam  $\text{Al}^{+3}$  yang dihasilkan selama proses elektrokoagulasi adalah:

$$m = (s)(A)(ar)(I) / [(Q)(96.500)(n)] \quad (10)$$

Harga n (perubahan bilangan oksidasi Al) dan ar (massa atom relatif Al), dalam hal ini  $n = 3$  dan  $ar = 27$ . Berdasarkan Pers. (10) dapat dijelaskan jika arus yang digunakan pada proses elektrokoagulasi semakin besar, maka terbentuknya  $\text{Al}(\text{OH})_3$  semakin banyak.

Akibatnya persediaan bahan koagulan  $Al(OH)_3$  menjadi semakin meningkat, sehingga kecepatan dan kesempatan untuk mengendapkan polutan dalam air limbah menjadi semakin meningkat pula. Untuk proses "batch" dibutuhkan persamaan sebagai berikut:

$$m=(a_r)(VA)(t)/[(96.500)(n)(\rho L)] \quad (11)$$

dengan: V: tegangan sumber DC (V),  $\rho$ : tahanan jenis larutan (ohm.cm) L: jarak antara elektroda (cm) A: luas penampang elektroda (cm<sup>2</sup>).

Pada penelitian proses elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium pada penanganan limbah cair yang mengandung polutan timbal (Pb). Dalam proses ini dihasilkan lumpur yang mengandung Pb bersama-sama dengan  $Al(OH)_3$  dan dikeluarkan lewat bagian dasar bak proses, sedangkan cairan bening dikeluarkan lewat bagian atas bak proses. Pada percobaan yang dilakukan tersebut digunakan limbah cair dengan kadar kontaminan Pb 10,00 ppm dan zat padat terlarut (TSS) sebesar 200 ppm. Percobaan dilakukan secara aliran kontinu dengan debit sebesar 1,5 liter /menit, kuat arus bervariasi dari 1,0 sampai 5,0 ampere dan variasi waktu operasi dari 60 sampai 120 menit. Analisis Pb dalam filtrat hasil akhir dilakukan dengan menggunakan perangkat AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) dan analisis TSS menggunakan metode gravimetri. Dari percobaan diperoleh nilai efisiensi elektrokoagulasi kontaminan Pb sebesar 99,16 % dan TSS sebesar 80,24 % pada kuat arus 5,0 ampere dan waktu operasi 120 menit [4].

Pada penelitian yang berkaitan dengan pengolahan limbah cair dari limbah rumah potong hewan (RPH) secara elektrokoagulasi dengan menempatkan cairan limbah didalam sel elektrolisis. Proses dijalankan secara *batch* selama waktu tertentu untuk menurunkan kadar total suspended solid (TSS), total dissolved solid (TDS), pH dan turbidity. Dari hasil penelitian didapatkan kadar TSS dan TDS yang semakin turun dan efisiensi removal yang semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa air limbah tersebut memiliki kualitas yang semakin baik [5].

Pada penelitian elektrokoagulasi menggunakan empat buah elektroda yang terbuat dari bahan aluminium (Al) dan besi (Fe) ternyata proses membutuhkan waktu operasi lebih pendek untuk mencapai efisiensi removal (penghilangan) TSS dan TDS yang maksimum dari pada hanya menggunakan dua buah elektroda. Pada penggunaan empat buah elektroda dibutuhkan waktu operasi 70 menit dengan kemampuan penghilangan TSS dan TDS mencapai 99%, sedangkan pada penggunaan dua buah elektroda dibutuhkan waktu operasi 90 menit dengan kemampuan penghilangan TSS dan TDS maksimum hanya mencapai 98 % [6].

## II. Metode Penelitian

### 2.1. Bahan

Elektroda aluminium (HTC 16-35) dan air gambut dari Karau, Kalimantan Selatan kondisi fisik dan kimia seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran parameter air gambut

Parameter	Hasil pengukuran
Warna	756 mg/L
Besi (Fe)	0,6 mg/L
pH (derajat keasaman)	4,6
Kekeruhan (turbiditas)	30 NTU

### 2.2. Alat-alat pendukung

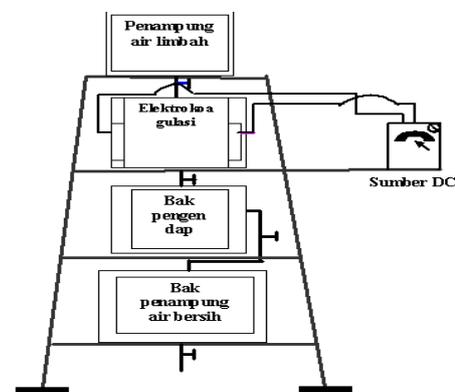
Pompa air, Avometer dan Spektrofotometer UV - Visibel

### 2.3. Tempat pelaksanaan

Laboratorium Elektronika, T. Elektronika PNJ  
Laboratorium Afiliasi Kimia, FMIPA -UI

### 2.4. Rangkaian alat penelitian

Sket rangkaian alat penelitian dapat dilihat pada Gambar 3. Alat proses terdiri atas sumber DC, Avometer, bak penampung air limbah, bak proses elektrokoagulasi, bak pengendap kotoran dan bak penampung air hasil olahan. Sebagai sumber DC digunakan adaptor dengan tegangan antara 0 sampai 30 V. Bak penampung air limbah berukuran panjang 40 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm. Bak proses elektrokoagulasi berbentuk persegi tersusun atas dua dan tiga sel. Ukuran panjang 10 cm dan tinggi 20 cm untuk bak tipe dua sel sedangkan ukuran untuk tipe tiga sel adalah lebar 6,7 cm dan panjang 20 cm. Masing-masing bak proses dilengkapi anoda dan katoda dari aluminium 2,5 mm x 19 cm x 19 cm. Bak pengendap kotoran berbentuk persegi dengan ukuran tinggi 50 cm, panjang 50 cm dan lebar 50 cm. Bak penampung air hasil olahan berbentuk kubus dengan panjang sisi 50 cm.



Gambar 3. Rangkaian alat penelitian

**2.5. Pelaksanaan penelitian**

Urutan pelaksanaan penelitian dilakukan sebagai berikut:

- a. Memasang anoda dan katoda pada bak proses elektrokoagulasi tipe 2 (dua) sel
- b. Air limbah industri elektronik 7 liter dialirkan dari bak penampung ke bak elektrokoagulasi
- c. Sumber DC dihidupkan pada tegangan 12 V dan arus dibaca pada ampermeter yang terpasang
- d. Sumber DC dimatikan setelah proses berjalan 10 menit
- e. Semua air dari bak elektrokoagulasi dialirkan ke bak pengendap untuk memisahkan kotoran
- f. Dilakukan pengukuran konsentrasi kandungan warna dengan Spektrofotometer UV-Visibel

Pengulangan langkah a sampai dengan f dilakukan dengan waktu pengamatan 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, dan 100 menit. Untuk penelitian berikutnya digunakan bak proses elektrokoagulasi 3 (tiga) sel dengan ukuran masing-masing sel adalah 6,6 cm x 20 cm x 20 cm. Rangkaian untuk masing-masing sel adalah paralel terhadap sumber DC dengan tegangan 12 V. Waktu pengamatan perubahan warna untuk setiap percobaan adalah 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, dan 100 menit

**III. Hasil dan Pembahasan**

Kandungan warna dalam air seperti ditunjukkan pada Tabel 1 adalah 756 mg/L. Berarti kandungan warna tersebut belum memenuhi peraturan Menteri Kesehatan RI No 492 / Menkes / Per / IV /2010. Karena berdasarkan peraturan tersebut kandungan maksimum warna dalam air minum yang diijinkan adalah 15 mg/L. Hasil pengukuran kandungan warna dalam air gambut setelah diproses secara elektrokoagulasi dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil pengukuran kandungan warna dalam air gambut setelah diproses secara elektrokoagulasi**

Wkt,mnt	Kandungan warna (mg/L)	
	Bak tipe 2 sel	Bak tipe 3 sel
0	756	756
10	742	702
20	607	590
30	517	412
40	410	327
50	335	201
60	203	141
70	107	86
80	84	52
90	56	43
100	42	8

**3.1.Pengaruh perubahan waktu terhadap penurunan warna dalam air hasil proses**

Pengaruh perubahan waktu terhadap penurunan kandungan warna baik untuk proses elektrokoagulasi dengan bak 2 (dua) sel maupun 3 (tiga) sel memiliki kecenderungan yang sama. Dengan waktu yang semakin lama menyebabkan terjadinya penurunan konsentrasi warna dalam air. Berdasarkan Tabel 2 dapat dijelaskan bahwa penurunan warna pada awal proses sampai dengan 10 menit, baik pada bak 2 sel maupun 3 sel berlangsung cukup lamban. Akan tetapi mulai 20 menit berikutnya penurunan warna mulai menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan pada awal proses jumlah Al(OH)<sub>3</sub> yang terbentuk masih sedikit, sedangkan semakin lama waktu proses yang digunakan akan membawa dampak pada peningkatan pembentukan Al(OH)<sub>3</sub>. Sebagaimana diketahui bahwa Al(OH)<sub>3</sub> merupakan senyawa koagulan yang mudah menyerap dan mengendapkan warna yang terdapat dalam air. Semakin banyak Al(OH)<sub>3</sub> yang terbentuk akan mempercepat penurunan warna dalam air.

Dari data pada Tabel 2, ditunjukkan pula bahwa dalam waktu 100 menit terjadi penurunan kandungan warna dari 756 mg/L menjadi 42 mg/L untuk proses dengan bak 2 sel. Sedangkan dengan waktu proses yang sama terjadi penurunan kandungan warna dari 756 mg/L menjadi 8 mg/L dalam bak proses tipe 3 sel. Proses elektrokoagulasi dengan model 2 sel selama 100 menit belum mampu menghasilkan air yang berkualitas air minum. Karena kandungan warna baru mencapai 42 mg/L. Kandungan warna tersebut masih jauh diatas 15 mg/L. Sedangkan proses elektrokoagulasi dengan model 3 sel selama 100 menit telah mampu menghasilkan air yang berkualitas air minum. Karena kandungan warna telah mencapai 8 mg/L. Artinya kandungan warna tersebut telah berada dibawah 15 mg/L. Jika dibandingkan dari kuantitas kandungan warna sampai dengan waktu proses 100 menit, ternyata kandungan warna dalam bak proses tipe 2 (dua) sel adalah 42 mg/L sedangkan pada bak proses tipe 3 (tiga) sel sudah mencapai 8 mg/L. Artinya dengan waktu proses yang sama telah terbukti bahwa penggunaan bak proses tipe 3 sel mempunyai kinerja atau kemampuan yang lebih baik dari pada bak proses tipe 2 (dua) sel dalam menurunkan kandungan warna dalam air gambut.

**3.2.Pengaruh perubahan model sel terhadap efisiensi penurunan warna dalam air hasil proses**

Perhitungan efisiensi penurunan kandungan warna dalam air gambut dilakukan dengan persamaan:  $Efs.warna = [(C_0 - Ca) / C_0] \times 100\%$ , dengan Efs.: efisiensi penurunan warna, C<sub>0</sub>: konsentrasi awal warna, dan Ca: konsentrasi akhir warna. Hasil perhitungan efisiensi penurunan warna pada bak 2 sel dan 3 sel selengkapanya dapat dilihat pada pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil perhitungan efisiensi penurunan kandungan warna dalam air gambut**

Wkt, menit	Efisiensi penurunan warna, (%)	
	Bak tipe 2 sel	Bak tipe 3 sel
0	0	0
10	1,85	7,14
20	19,71	21,96
30	31,61	45,50
40	45,77	56,75
50	55,69	72,22
60	73,15	81,35
70	85,85	88,62
80	88,89	93,12
90	92,59	94,31
100	94,44	98,94

Berdasarkan data pada Tabel 3, nampak bahwa efisiensi penurunan kandungan warna pada proses elektrokoagulasi dengan dua sel atau tiga sel mempunyai kecenderungan yang sama. Semakin lama waktu proses dijalankan, maka harga efisiensi penurunan kandungan warna mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Pada saat proses elektrokoagulasi berjalan sampai 100 menit, kandungan warna dalam air gambut pada bak proses dua sel adalah 42 mg/L atau mempunyai efisiensi 94,44%. Sedangkan pada bak proses tiga sel kandungan warna dalam air gambut telah mencapai 8 mg/L atau mempunyai efisiensi 98,94%. Pada kondisi tersebut nilai efisiensi penurunan kandungan warna pada bak proses 3 (tiga) sel jauh lebih tinggi dari pada bak proses 2 (dua) sel. Artinya pada kondisi proses yang sama, penggunaan bak proses tipe tiga sel jauh lebih tinggi efisiensinya dari pada bak proses tipe dua sel.

Untuk memperoleh kandungan maksimum warna dalam air gambut sebesar 15 mg/L atau kurang dari 15 mg/L (sesuai peraturan Menteri Kesehatan RI No 492 / Menkes / Per / IV /2010 ), maka untuk proses yang dijalankan dengan bak proses tipe 2 sel dibutuhkan waktu lebih dari 100 menit sedangkan untuk proses yang dijalankan dengan bak proses tipe 3 sel hanya dibutuhkan minimum 100 menit. Berdasarkan penggunaan waktu yang diperlukan tersebut, ternyata bak proses tipe 3 sel membutuhkan waktu lebih cepat dari pada proses yang dijalankan dengan bak proses tipe 2 sel. Dengan demikian dapat dibandingkan bahwa kemampuan kinerja bak tipe 3 sel adalah lebih baik dari pada bak tipe 2 sel.

Terjadinya perbedaan kemampuan penurunan kandungan warna dalam air gambut pada bak proses

tipe 2 sel dan tipe 3 sel disebabkan oleh adanya perubahan jarak antara anoda dan katoda. Pada bak proses tipe 2 sel mempunyai jarak anoda dan katoda lebih jauh dari pada bak proses yang bertipe 3 sel. Semakin pendek jarak antara anoda dan katoda akan menyebabkan terjadinya peningkatan aliran arus listrik. Dengan arus yang semakin meningkat akan berakibat pada peningkatan pembentukan senyawa  $Al(OH)_3$  yang berperan sebagai bahan koagulan. Dengan semakin banyaknya pembentukan koagulan dari  $Al(OH)_3$  akan menyebabkan semakin banyaknya warna (bahan organik) dalam air gambut yang dapat diadsorpsi dan terendapkan. Sebagai akibat dari proses tersebut, maka kandungan warna dalam air gambut akan semakin berkurang. Dengan demikian dapat dibandingkan bahwa penggunaan bak proses tipe 3 sel mempunyai kemampuan menurunkan kandungan warna dalam air gambut jauh lebih baik dari pada penggunaan bak proses tipe 2 sel. Dari sisi efisiensi penurunan warna, dapat dibandingkan bahwa efisiensi bak proses tipe tiga sel jauh lebih tinggi dari pada bak proses tipe dua sel.

#### IV. Kesimpulan

Proses elektrokoagulasi yang dijalankan dalam bak proses tipe 2 sel dan tipe 3 sel dengan elektroda aluminium dapat menurunkan kandungan warna dalam air gambut. Bak proses tipe 3 sel mempunyai efisiensi lebih tinggi dari pada bak bertipe 2 sel dalam menurunkan kandungan warna dalam air gambut. Hasil pengolahan air gambut secara elektrokoagulasi selama 100 menit menunjukkan bahwa kandungan warna dapat diturunkan dari 756 mg/L menjadi 42 mg/L atau setara dengan 94,44 % untuk proses dengan bak tipe 2 sel dan dari 756 mg/L menjadi 8 mg/L atau setara dengan 98,94 % untuk proses dengan bak tipe 3 sel.

#### Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada DP2M - DIKTI yang telah memberikan dana penelitian Hibah Bersaing tahun kedua 2016.

#### Daftar Pustaka

- [1]. T. Karichappan, S. Venkatachalam, P.M. Jeganathan. *Optimization of Electrocoagulation Process to Treat Grey Wastewater in Batch Mode using Response Surface Methodology*. Journal of Environmental Health Science and Engineering, Vol 12, No 29, 2014, Pp 1-8
- [2]. M. Carmona, M. Khemis, J.P. Leclerc and F.A. Lopicque. *A Simple Model to Predict the Removal of Oil Suspensions from Water Using the*

- Electrocoagulation Technique*. Chemical Engineering Science, 61, 2006, Pp.1237 – 1246.
- [3]. X. Chen, G. Chen, and P.L. Yue. *Separation of Pollutants from Restaurant Wastewater by Electrocoagulation*. Sep. Purif. Technol. 19, 2000, pp. 65–76.
- [4]. D.M.F. Jessica. *Pengolahan Air Limbah Industri Elektroplating dengan Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Fe*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri. Vol 1, No 1, 2012 , Hlm.34-39
- [5]. M. Bayramoglu, M. Eyvaz, M. Kobya, M. and E. Senturk. *Technical and Economic Analysis of Electrocoagulation for the Treatment of Poultry Slaughterhouse Wastewater*. Separation and Purification Technology, 51, 2006, p. 404.
- [6]. M. Kobya, A. Akyol, E. Demirbas, and M.S. Oncel. *Removal of Arsenic from Drinking Water by Batch and Continuous Electrocoagulation Processes Using Hybrid Al-Fe Plate Electrode*. American Institute of Chemical Engineers Environ Prog., Vol 33, No 1, 2013, Pp.131- 140

# **Teknologi Smart Mikrogrid dan Prospeknya Ke Depan Di Indonesia**

Danang Widjajanto<sup>1</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Depok

*E-mail: dngwijayanto@gmail.com*

## **Abstrak**

Berbagai manfaat yang dapat diperoleh dengan penerapan konsep smart mikrogrid telah menuntun pada usaha yang meluas dari berbagai pihak untuk mengimplementasikannya. Smart mikrogrid sesuai dengan namanya adalah sebuah sistem jaringan distribusi tenaga listrik dengan skala yang relatif kecil namun telah memiliki semua unsur-unsur yang dibutuhkan oleh sebuah sistem jaringan yang minimal terdiri dari beberapa pembangkit, sistem distribusi, sistem penyimpanan energi, dan sebuah sistem kontrol yang mengendalikan semua komponen tersebut. Mikrogrid pada masa sekarang mendapatkan keuntungan dari kemajuan teknologi informasi dan komunikasi. Pengintegrasian konsep jaringan distribusi daya berukuran kecil yang menghubungkan beberapa pembangkit dengan beban-beban yang letaknya saling berdekatan dengan teknologi informasi dan komunikasi menghasilkan sebuah sistem jaringan cerdas yang tidak dimiliki oleh jaringan listrik konvensional.

**Keywords:** SCADA, smart grid, mikrogrid, pembangkit terdistribusi, sistem manajemen energi.

## **1. Pendahuluan**

Pada saat ini energi listrik sudah menjadi salah satu kebutuhan pokok bagi umat manusia. Energi listrik diperlukan untuk memungkinkan terwujudnya kehidupan modern seperti yang kita alami sekarang. Energi listrik dibutuhkan hampir semua di semua aspek kehidupan manusia. Dengan semakin berkembangnya teknologi kebutuhan tenaga listrik bukannya akan berkurang tapi akan semakin bertambah karena mayoritas teknologi terbaru memerlukan energi listrik untuk operasionalnya.

Masalahnya energi listrik bukanlah sumber daya yang sudah ada sudah tersedia dengan sendirinya di alam seperti halnya air dan udara, tapi harus diproduksi dengan suatu pengorbanan tertentu. Secara konvensional tenaga listrik diproduksi secara terpusat oleh pembangkit-pembangkit listrik berskala besar yang sering sekali lokasinya jauh dari beban yang dilayaninya. Akibatnya agar energi listrik tersebut dapat sampai ke konsumen dibutuhkan saluran-saluran transmisi yang panjangnya bisa mencapai ratusan kilometer. Sistem tenaga listrik konvensional umumnya sifatnya radial dan satu arah, yaitu dari pembangkit disalurkan melalui saluran transmisi ke gardu induk yang diusahakan posisinya ada ditengah-tengah beban yang akan dilayaninya, selanjutnya energi listrik didistribusikan ke gardu-gardu listrik disekitarnya secara

radial. Dari gardu distribusi listrik disalurkan ke konsumen akhir melalui jaringan distribusi.

Beberapa masalah yang muncul pada sistem jaringan listrik konvensional seperti ini adalah penggunaan bahan bakar fosil tidak terbarukan yang cadangannya semakin menipis, polusi yang dihasilkan, efisiensi yang rendah, rentan terhadap gangguan karena jauhnya jarak antara sumber tenaga dengan beban yang harus dilayaninya dan lain-lain.

### **Pembangkit Terdistribusi**

Permasalahan-permasalahan tersebut telah menimbulkan trend baru yaitu lokalisasi pembangkit. Artinya sekarang ini ada kecenderungan untuk meletakkan pembangkit dekat dengan beban yang dilayaninya dengan menggunakan pembangkit yang ukurannya relatif kecil dengan menggunakan sumber energi terbarukan seperti tenaga matahari, biogas, tenaga angin, fuel cell dll. yang mudah diperoleh disekitar wilayah pembangkitan [1].

Keadaan seperti dijelaskan diatas biasa diistilahkan dengan pembangkitan terdistribusi. Dalam suatu wilayah dapat dibangun beberapa pembangkit distribusi yang dihubungkan dengan jaringan distribusi lokal untuk menyuplai beban di wilayah tersebut. Dengan demikian terbentuk sebuah sistem tenaga listrik yang sifatnya lokal. Karena ukurannya yang relatif kecil dibandingkan dengan jaringan listrik konvensional

maka jaringan ini biasa disebut dengan istilah mikrogrid. Untuk menjamin keamanan dan keandalan mikrogrid maka harus ada suatu pusat kendali lokal yang bertanggung jawab pada operasional dan maintenance mikrogrid.

Mikrogrid adalah sebuah sistem jaringan distribusi tenaga listrik dengan skala yang relatif kecil namun telah memiliki semua unsur-unsur yang dibutuhkan oleh sebuah sistem jaringan yang minimal terdiri dari beberapa pembangkit, sistem distribusi, sistem penyimpanan energi, dan sebuah sistem kontrol yang mengendalikan semua komponen tersebut dengan memanfaatkan teknologi-teknologi pendukung yang tersedia saat ini terutama teknologi informasi, komunikasi, dan teknologi computer sehingga menghasilkan sebuah sistem yang cerdas

Sebenarnya istilah mikrogrid telah dikenal sejak zaman Thomas Alva Edison pada tahun 1882 pada saat itu perusahaan milik Edison telah membangun sistem mikrogrid dengan tegangan kerja 50V DC yang bertahan selama 4 tahun. Namun seiring waktu konsep mikrogrid tenggelam dan digantikan dengan sistem jaringan listrik terpusat seperti yang ada sekarang ini . Sistem tenaga listrik terpusat memiliki keuntungan dilihat dari sisi ekonomi karena skala besarnya

Ada beberapa definisi tentang mikrogrid yang dikenal luas pada saat ini. Salah satu yang sering dirujuk adalah definisi mikrogrid menurut Departemen Energi Amerika Serikat yang mendefinisikan mikrogrid sebagai : Sekumpulan kelompok beban listrik yang saling terhubung dengan satu atau lebih sumber energi terbarukan yang batas-batas kelistrikannya ditetapkan secara jelas sebagai sebuah kesatuan yang dapat dikendalikan. Mikrogrid dapat tersebut dapat terhubung dengan jaringan listrik utama dan dapat juga beroperasi secara terpisah sama sekali dark jaringan listrik utama yang biasa disebut dengan "mode pulau".

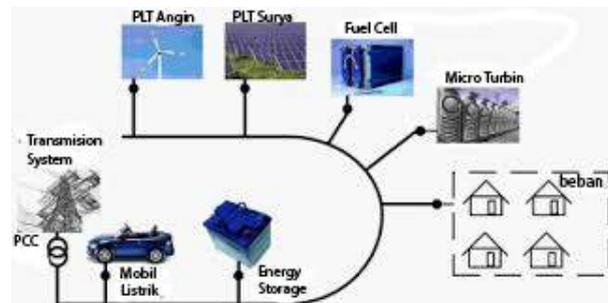
Definisi lain tentang mikrogrid adalah yang dibuat oleh IEC : Mikrogrid adalah sebuah sistem energi yang terintegrasi yang menghubungkan beban-beban dengan sumber energi terdistribusi dan memiliki kemampuan untuk beroperasi secara paralel ataupun mandiri dengan jaringan utilitas utama yang ada dilingkungannya.

Sebuah sumber energi listrik terdistribusi yang terhubung dengan beban-beban listrik dapat disebut sebagai sebuah mikrogrid jika terpenuhi syarat-syarat sebagai berikut [1] :

1. Harus memiliki batas-batas kelistrikan yang jelas
2. Harus ada satu pusat kontrol yang mengontrol dan mengoperasikan sistem jaringan listrik tersebut sebagai satu kesatuan

3. Kapasitas pembangkitan yang dimiliki oleh sumber energi listrik terdistribusi harus melebihi beban-beban kritis pada saat beban puncak terjadi.

Jadi bisa disimpulkan bahwa mikrogrid lebih dari sekedar pembangkit tenaga listrik cadangan



Gambar. Mikrogrid terdiri dari beberapa pembangkit terdistribusi yang terhubung dengan beban

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini sifatnya review study sehingga sebagian besar aktivitas yang dilakukan adalah menghimpun berbagai sumber informasi yang relevan, mempelajarinya dengan seksama dan selanjutnya merangkumnya menjadi sebuah ulasan singkat yang dapat menggambarkan pengertian dari smart micro grid , apa bedanya dengan smart grid dan prospek pemanfaatannya di Indonesia.

Secara formal metode penelitiannya dapat disebutkan sebagai berikut :

1. Mengumpulkan informasi penelitian tentang micro grid dan smart grid terbaru. Informasi yang diperoleh dapat berasal dari bermacam-macam sumber, urutan prioritas sumber informasi yang akan digunakan adalah sbb.
  - i. Jurnal ilmiah terbaru (mas 5 tahn terakhir)
  - ii. Standard dari lembaga ilmiah yang terkemuka
  - iii. Proceeding seminar terbaru
  - iv. Buku atau monograf
  - v. Sumber dari internet
2. Memilah sumber-sumber tersebut berdasarkan topik yang dibahas
3. Mempelajari sumber-sumber informasi tersebut secara global
4. Menentukan ide-ide yang akan dibahas didalam artikel berdasarkan hasil pemahaman secara global
5. Menentukan sumber yang akan dijadikan reference artikel dan menentukan nomor artikelnya
6. Mempelajari secara detail ide-ide yang akan dimasukkan didalam artikel
7. Memulai penulisan artikel.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Ada 5 komponen utama dari sebuah mikrogrid yaitu :

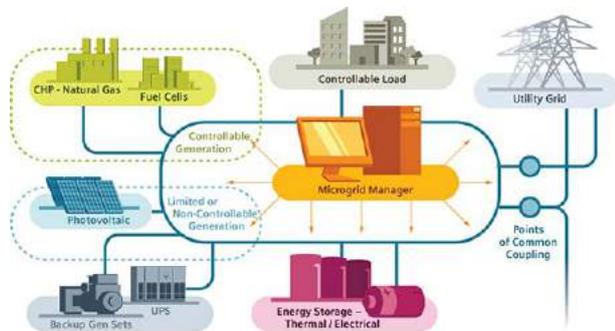
- Pembangkit terdistribusi
- Beban
- Sistem Penyimpanan Energi Sementara
- Pusat Kontrol
- Titik Penghubung ke jaringan Utama

Pembangkit terdistribusi adalah sumber energi yang ukurannya relative kecil yang dibangun berdekatan dengan konsumen pengguna. Biasanya pembangkit terdistribusi menggunakan sumber-sumber energi terbarukan seperti PLTS, PLTA, Biomasa, Fuel Cell, dll tergantung pada ketersediaan sumber daya yang dilokasi mikrogrid berada

Umumnya pembangkit dengan sumber energi terbarukan seperti PLTS dan PLTA mengalami kesulitan untuk memberikan pasokan daya yang tetap disebabkan sifatnya yang tergantung pada cuaca. Untuk itu pada mikrogrid sering diperlukan sistem penyimpanan energi yang dapat menampung kelebihan pasokan daya pada saat beban rendah dan pasokan tinggi. Pada waktu pasokan daya rendah dan beban tinggi daya yang tersimpan dapat disuplai ke sistem untuk menambah pasokan.

Titik penghubung ke jaringan utama (PCC = Point of Common Coupling) adalah satu-satunya penghubung antara mikrogrid dengan jaringan utama. Ketika CPP dalam keadaan terputus dikatakan bahwa mikrogrid sedang berada dalam mode pulau karena mikrogrid diibaratkan seperti sebuah pulau yang terpisah dari daratan utamanya

Seperti disebutkan sebelumnya agar sebuah sistem jaringan listrik terdistribusi dapat digolongkan sebagai mikrogrid maka ia harus mempunyai satu pusat kontrol yang mengatur operasional dari mikrogrid. Untuk saat teknologi yang paling tepat digunakan untuk keperluan ini adalah dengan menggunakan teknologi SCADA.



Gambar 2. Komponen-komponen penyusun mikrogrid

#### 3.1. Manfaat yang ditawarkan oleh mikrogrid.

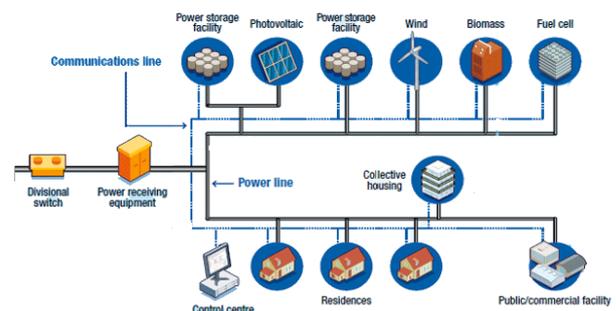
Ada cukup banyak keuntungan yang bisa diperoleh dengan penerapan mikrogrid pada suatu wilayah yang memenuhi persyaratan khusus seperti :

- Membutuhkan biaya investasi yang relatif kecil
- Menggunakan sumber energi terbarukan sehingga lebih ramah lingkungan
- Pengoperasiannya tidak memerlukan skill yang terlalu tinggi karena banyak bersandar pada otomatisasi
- Tidak terpengaruh oleh gangguan yang ada di jaringan utama
- Efisiensi energi karena jarak dari pembangkit ke beban dekat
- Efisiensi ekonomi karena tidak perlu membangun infrastruktur transmisi energi
- Konsumen bebas dari ketergantungan pada perusahaan-perusahaan besar yang biasanya memonopoli sistem ketenaga listrik

#### 3.2. Teknologi Smart Mikrogrid

Konsep utama dari mikrogrid adalah koordinasi operasi dan kontrol pada semua komponen penyusunnya yaitu pembangkit terdistribusi, sistem penyimpan energi, dan beban (9 page from \_). Koordinasi yang sangat baik antara berbagai komponen mikrogrid dapat terwujud berkat pemanfaatan teknologi ICT (information and communication technology). Teknologi ICT termanifestasi dalam teknologi SCADA yang penggunaannya semakin meluas dari hari ke hari.

Sesuai dengan namanya SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) merupakan pusat pengaturan mikrogrid yang bertugas mengumpulkan semua data-data yang ada dilapangan selanjutnya dengan mengacu pada data yang telah dimilikinya scada mampu mengontrol sistem agar senantiasa beroperasi sesuai dengan tujuan sistem.



Gambar 3. Micro grid tersusun dari 2 lapis sistem yaitu sistem distribusi daya dan sistem komunikasi untuk keperluan kontrol

Sistem smart micro grid dapat dipandang sebagai 2 lapis system yaitu sistem distribusi tenaga dan sistem komunikasi untuk keperluan pengontrolan mikrogrid. Software SCADA dipasang pada komputer yang

difungsikan sebagai pusat kontrol. Komputer pusat pengontrol terhubung dengan berbagai sensor yang terpasang di berbagai bagian mikrogrid. Setiap periode waktu tertentu yang dapat diatur masing-masing sensor melaporkan hasil pengukurannya kepada komputer pusat berdasarkan pengaturan yang dilakukan oleh software SCADA. Selanjutnya data tersebut dapat disimpan didalam sistem database untuk digunakan kemudian.

Data-data yang terkumpul pada sistem SCADA merupakan informasi yang sangat berharga untuk operasi sistem mikrogrid. Data-data tersebut sangat terbuka untuk diolah dengan berbagai algoritma sesuai kebutuhan untuk menghasilkan keputusan-keputusan strategis dalam pengoperasian sistem mikrogrid khususnya pada sistem manajemen energinya agar optimal.

#### **Sistem manajemen energi pada mikrogrid**

Tugas pokok dari sistem kontrol pada sistem mikrogrid adalah melakukan manajemen energi secara optimal. Agar operasional sistem tenaga listrik seperti halnya mikrogrid optimal dilihat dari berbagai sisi, sistem kontrolnya harus mampu menjaga keseimbangan antara pasokan daya dengan kebutuhan beban yang selalu berubah-ubah setiap saat secara random. Gangguan kecil pada keseimbangan sistem dapat berlanjut mengarah pada gangguan yang lebih besar bahkan dapat menyebabkan sistem berhenti bekerja. Tugas utama sistem manajemen energi pada sistem tenaga listrik adalah menjaga keseimbangan tersebut dapat terus berlangsung [4][8]

Agar dapat melaksanakan tugasnya dengan baik Komputer yang digunakan untuk Sistem Manajemen Tenaga harus memiliki :

- Pengetahuan yang lengkap tentang sistem yang dikendalikannya
- Kemampuan untuk memantau berbagai data sistem terkini yang ada di lapangan baik data digital maupun analog
- Kemampuan untuk memvalidasi data
- Mempunyai perangkat lunak yang berfungsi memonitor indikator-indikator kunci yang menunjukkan kinerja dari sistem
- Kemampuan untuk mengirimkan sinyal kontrol ke peralatan-peralatan yang mampu mempengaruhi sistem seperti pemutus tenaga, peralatan pengamanan dan sebagainya.
- Kemampuan untuk menampilkan data-data dasar maupun data-data hasil olahan yang relevan kepada operator agar bisa ditindak lanjuti/
- Kemampuan untuk memulai pemulihan sesuai ada kejadian luar bias atau perubahan situasi

#### **3.3. Kesulitan yang dihadapi mikrogrid**

- Umumnya pembangkit terdistribusi menggunakan sumber energi terbarukan memiliki kapasitas pembangkitan yang berubah-ubah dari waktu ke waktu sehingga menyulitkan perencanaan operasi
- Hadirnya peralatan-peralatan elektronika daya. Karena tegangan yang dihasilkan oleh sumber terdistribusi sangat bervariasi misalnya PLTS menghasilkan tegangan DC, PLTA Angin menghasilkan tegangan yang berubah-ubah besarnya.
- Sering terjadinya ketidak seimbangan antara pembangkitan dan beban yang besar memerlukan penanganan khusus

#### **3.4. Penerapan mikrogrid di berbagai negara**

Mikrogrid dapat menangani pembangkit terdistribusi dengan cara yang fleksibel, efektif, dan sekaligus cerdas. Saat ini banyak negara yang giat mempelajari mikrogrid dengan konsep yang mereka tentukan sendiri sesuai dengan kebutuhan masing-masing negara. Sebagai sebuah teknologi baru mikrogrid pada berbagai negaraimiliki corak yang berbeda-beda.[5]

##### **Amerika Serikat**

Departemen energi Amerika telah menangani mikrogrid secara serius sejak tahun 2003. Pada tahun itu Presiden Amerika mencangkakan adanya modernisasi jaringan tenaga listrik yaitu dengan mengintegrasikan secara luas teknologi informasi dan komunikasi kedalamnya untuk menghasilkan sistem jaringan yang memiliki kecerdasan. Dalam publikasinya berjudul "Jaringan Tenaga Listrik 2030", departemen energi Amerika mengembangkan studi ketenaga listrikan dan didalam studi tersebut menekankan bahwa mikrogrid adalah merupakan bagian yang penting

##### **Jepang**

Jepang melakukan pengkajian tentang konsep mikrogrid dengan tujuan utama divesifikasi energi, mengurangi polusi, dan untuk memenuhi tuntutan kebutuhan pengguna. Jepang telah mengimplementasikan berbagai proyek mikrogrid diantaranya proyek FRIENDS (Flexible Reliability and Intelligent Electrical Delivery System) yang dapat meningkatkan fleksibilitas pengontrolan, mengoptimasikan penggabungan berbagai jenis energi, dan memenuhi tuntutan kualitas beban yang berubah-ubah

##### **Uni Eropa**

Mikrogrid akan segera menjadi bagian terbesar dari jaringan ketenaga listrikan di wilayah eropa. Fokus ke depan akan lebih mengarah pada strategi kontrol tingkat lanjut, penetapan standar-standar, dan transisi dari jaringan listrik tradisional ke jaringan listrik modern yang lebih cerdas

### China

China memulai kajian tentang mikrogrid sejak tahun 2006, agak terlambat dibandingkan dengan negara-negara yang lain. Namun sejak saat itu mikrogrid telah dicanangkan menjadi program nasional yang dinamakan Program Nasional 863 dan Program Nasional 973. Saat ini banyak sekali perguruan tinggi, lembaga-lembaga riser dan perusahaan-perusahaan besar di Cina yang terlibat dalam berbagai proyek penelitian dan konstruksi mikrogrid.

### Negara-negara Asean

Negara-negara ASEAN secara umum masih belum memperlihatkan ketertarikan kepada teknologi mikrogrid. Saat ini sebenarnya sudah ada forum kerjasama Asean dibidang ketenaga listrikan yaitu ASE (ASEAN Centre of Energy) namun kiprahnya belum terlalu banyak terdemgar dalam hal pengkajian mikrogrid[10].

### 3.5. Mikrogrid dan smartgrid

Apa sebenarnya perbedaan atau persamaan antara mikrogrid dan smart grid. Konsep mikrogrid sebenarnya muncul lebih belakangan dibandingkan dengan konsep smartgrid. Smartgrid dibayangkan sebagai sebuah sistem jaringan listrik modern yang seolah-olah memiliki kecerdasan sehingga sanggup melakukan berbagai hal yang tidak sanggup dilakukan oleh jaringan tenaga listrik konvensional. Kecerdasan pada smart grid dimungkinkan dengan pengintegrasian teknologi informasi dan komunikasi ke dalam sistem jaringan tenaga listrik.

Berikut ini beberap definisi Smart grid yang dibuat oleh beberap institusi ilmiah yang terkemuka di dunia :

IEC : Smart Grid adalah konsep pemodernisasian jaringan listrik. Smartgrid mengintegrasikan teknologi informasi dan dengan keseluruhan bagian dari sistem ketenagalistrikan

EPRI : Smart Grid akan menjadi sistem pembangkitan dan distribusi tenaga listrik yang sifatnya berfokus pada konsumen, bersifat interaktif, handal, fleksibel, optimal, ekonomis, dan sekaligus ramah lingkungan

### 3.6. Teknologi Pembangkit Terdistribusi

Pembangkit terdistribusi adalah pembangkit tenaga skala kecil yang terletak dekat dengan beban. Pembangkit terdistribusi menghasilkan perubahan yang mendasar pada metode ketenaga listrikan. Salah satu probelem yang harus dihadapi oleh pembangkit terdistribusi adalah bagaimana mengintegrasikannya dengan jaringan utilitas utama[1].

Ada dua jenis pembangkit terdistribusi yang sering digunakan yang perlu diperhatikan secara khusus yaitu Pembangkit terdistribusi dengan energi terbarukan dan

sistem penyimpanan energi. Pembangkit dengan energi terbarukan seperti PLTS dan PLTA termasuk yang banyak mendapatkan perhatian karena sifatnya yang unik yaitu bahan baku energinya sangat murah bahkan gratis dan ramah lingkungan namun pengendaliannya cukup sulit.

PLTAngin dan PLTSurya cukup susah dikendalikan karena tegangan yang dihasilkan tidak sama dengan standar tegangan yang biasa digunakan di sistem jaringan tenaga listrik sehingga teknologi elektronika daya sangat diperlukan pada pembangkit jenis ini. Selain itu kapasitas pembangkitan dari PLTS dan PLTA yang berubah-ubah tergantung pada cuaca sehingga untuk menanggulangnya diperlukan suatu sistem penyimpanan energi sementara yang dapat menampung kelebihan kapasitas daya yang dihasilkan dan sekaligus menyuplai kebutuhan daya pada saat pembangkit tidak mampu memenuhinya.

### 3.7. Potensi Sumber Energi Terbarukan di Indonesia

Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang cukup besar. Dikarenakan posisinya yang berada didaerah tropis potensi daya listrik yang berasal dari PLTS sangatlah besar yaitu 4,8 kWh/m<sup>2</sup>- hari dikalikan dengan luas wilayahnya. Untuk potensi sumber daya angin dengan kecepatan 3-6 m/detik tidak terlalu menjanjikan dibandingkan dengan sumber daya matahari[9].

Kebijaksanaan Energi Nasional menyebutkan bahwa pada tahun 2025 kontribusi energi baru dan terbarukan pada komposisi energi primer di Indonesia akan mencapai 17%. Kapasitas terpasang PLTA terpasang pada tahun 2025 adalah sebesar 0,97GW, PLTS 0.87GW.

Kalau dibandingkan dengan potensinya target pemerintah untuk menggunakan energi surya dan bayu memang masih sangat kecil. Namun hal ini bisa dimaklumi karena untuk membangun dan mengoperasikan kedua sumber daya terbarukan ini memang memerlukan sumber daya manusia yang lebih baik dibandingkan dengan pembangkit jenis yang lain sedangkan kebutuhan penambahan energi listrik tidak dapat ditunda lagi.

Konsep mikrogrid sangat tepat untuk diimplementasikan , terutama di daerah-daerah diluar Jawa yang rasio elektrifikasinya masih rendah. Didaerah seperti dapat dibangun pembangkit-pembangkit berukuran kecil dengan sumber energi terbarukan dengan nilai investasi yang jauh relatif rendah. Jenis sumber energi terbarukan yang digunakan disesuaikan dengan keadaan dimasing-masing daerah agar biaya pembangkitannya dapat ditekan dan pasokannya terjamin.

### 3.8. Nilai keekonomian mikrogrid

Kedekatan posisi antara pembangkit dengan beban yang dilayaninya jelas merupakan salah satu keuntungan ekonomi sistem mikrogrid dibandingkan sistem tenaga listrik terpusat. Namun apakah dengan keuntungan ini saja sudah memberikan nilai kompetitif yang cukup untuk memilih menggunakan sistem mikrogrid dibandingkan dengan sistem pembangkit skala besar yang terpusat.

Secara potensi Mikrogrid sering memperoleh keuntungan dari biaya pembangkitan yang rendah dari pembangkit terbarukan. Ditambah lagi dengan kemungkinan untuk menjual kelebihan kelebihan kapasitas pembangkitannya kepada jaringan listrik utama pada saat beban puncak.

Berbagai penelitian telah dilakukan diperbagai belahan dunia untuk mengkaji nilai ekonomi dari mikrogrid jika dibandingkan dengan sistem konvensional yang terpusat. Secara umum hampir semua penelitian menunjukkan keuntungan ekonomi yang jelas dari sistem mikrogrid jika dibandingkan dengan sistem konvensional asalkan proses pembangunannya dilaksanakan dengan perencanaan yang baik dengan memperhatikan situasi dan kondisi kelistrikan yang ada di wilayah yang bersangkutan [2][3]

#### 4. Kesimpulan

Mikrogrid menawarkan berbagai kelebihan dibandingkan dengan sistem jaringan tenaga listrik konvensional. Keuntungan dari sisi ekonomi adalah biaya investasi yang rendah, tidak memerlukan infrastruktur transmisi, dapat memanfaatkan sumber energi terbarukan lokal yang harganya murah. Dipandang dari sisi teknik mikrogrid dapat meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik secara keseluruhan karena sifatnya yang dapat terhubung atau terpisah dari grid utama. Sistem mikrogrid mengintegrasikan teknologi ketenaga listrikan dengan teknologi informasi dan komunikasi sehingga menghasilkan sebuah sistem yang jauh lebih efektif, efisien dan optimal dibandingkan sistem jaringan tenaga listrik konvensional. Teknologi mikrogrid sangat tepat untuk diimplementasikan di Indonesia karena Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang sangat besar selain itu wilayahnya yang terpisah-pisah dalam pulau-pulau sangat sesuai dengan konsep mikrogrid.

#### Daftar Acuan

- [1]. Sina Parhizi, Hossein Lotfi, Amin Khodaei, Shat Bahramirad, "State of The Art in Research on Microgrids : A Review", IEEE Access, Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2015.2443119
- [2]. G.Y. Morris, Chad Abbey, Steve Wong, Geza Joos, "Evaluation of the Costs and Benefits of

Microgrids with Consideration of Services beyond Energy Supply". 2012 IEEE Power and Energy Society General Meeting

- [3]. Farnaz Farzan, Sudipta Lahiri, Michael Kleinberg, Kaveh Gharieh, "Microgrid for Fun and Profit", IEEE Power Magazine August 2013
- [4]. Lexuan Meng, Eleonora Riva S., Adriana Luna, Tomislav Dragicevic, Juan C. Vasquez, Joseph M. Guerrero, "Microgrid Supervisory Controllers and Energy Management Systems : A Literature Review", Science Direct: Journal Renewable and Sustainable Energy Reviews 2016, 1263-1273
- [5]. C.Chen, S. Duan, T. Cai., B.Liu , G.Hu, "Smart Energy Management System for Optimal Microgrid Economic Operation", Journal : IET Renewable Power Generation, October 2010
- [6]. Li Fusheng, Li Ruisheng, Zhou Fengquan, **Microgrid Technology and Engineering Application.**, Elsevier – China Electric Power Press 2016.
- [7]. Math Bollen, Fainan Hassan, **Integrated Distributed Generation in The Power System.** IEEE Press - John Wiley & Sons Inc Publication 2011
- [8]. Mini S. Thomas, John D. Mc.Donald, **Power System SCADA and Smart Grids**, CRC Press 2015
- [9]. **Potensi Energi Terbarukan (EBT) Indonesia.** Situs resmi kementerian ESDM. <http://esdm.go.id>
- [10]. **Microgrid and Smartgrid in ASEAN**, Situs resmi ACE (ASEAN Centre of Energi). <http://www.aseanenergy.org>

# **Prototipe Sistem Pencatatan kWh Meter Otomatis Berbasis Wireless Zigbee**

A.Damar Aji<sup>1</sup>, Murie Dwiyaniti<sup>2</sup>, dan Kendi Moro Nitisasmita<sup>3</sup>

1,2,3 Teknik Listrik Jurusan , Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta , Jl.Prof Siwabessy ,Kampus UI Depok, 16425, Indonesia

*E-mail: adamaraji@gmail.com*

## **Abstrak**

Pencatatan meter kWh pada umumnya dilakukan oleh petugas PT PLN (Persero) dengan cara manual, yaitu dengan mengirimkan petugas pencatat meter ke rumah pelanggan. Hal ini menimbulkan resiko kesalahan pencatatan yang tidak saja akan merugikan pelanggan tetapi juga PLN. Oleh karena itu, otomatisasi pembacaan, pencatatan meter kWh dan perhitungan pemakaian listrik mutlak diperlukan. Pada penelitian ini, akan dibuat prototipe alat pencatatan data meter kWh dan pengiriman data otomatis ke pusat data melalui ZigBee. Dengan Sistem ini, petugas pencatat kWh meter tidak perlu mendatangi rumah pelanggan untuk mencatat data meter kWh. Prototipe yang akan dibuat adalah sistem jaringan *point to point*. Meter kWh elektronik pada sisi pelanggan akan terintegrasi dengan mikrokontroler ARM Cortex XMC4500 dan wireless ZigBee untuk pengambilan dan pengiriman data-data seperti tegangan, arus, daya, dan lain-lain. Pada sisi kantor pusat data (PLN), *connect port* ZigBee gateway sebagai penerima data akan terhubung dengan PC untuk memproses dan menghitung besarnya biaya rekening yang harus dibayar. Data dan hasil hitung akan ditampilkan dalam SCADA. Luaran dari penelitian ini adalah sebuah prototipe sistem pencatatan meter kWh dan pengiriman data secara otomatis via Zigbee.

**Keywords:** *Kwh Meter, Zigbee, SCADA*

## **I. Pendahuluan**

Pencatatan meter pada umumnya dilakukan oleh petugas PT PLN (Persero) dengan cara manual, yaitu dengan mengirimkan petugas pencatat meter ke rumah pelanggan. Petugas menuliskan hasil pembacaan meter kWh pelanggan ke dalam Daftar Pembacaan Meter (DPM). Cara seperti ini memiliki resiko terjadinya kesalahan akibat salah tulis jika petugas pencatatan meter melakukan penyalinan atau pemindahan catatan dari daftar yang satu ke daftar yang lain. Kesalahan ini tidak saja akan merugikan pelanggan tetapi juga PLN.

Pada daerah-daerah tertentu, PT PLN (Persero) menerapkan cara pencatatan meter dengan PDE (*Portable Data Entry*). Di dalam PDE tersimpan data pelanggan yang akan dibaca kWh meternya, antara lain nama dan alamat pelanggan, kode lokasi, daya tersambung, golongan tarif, nomor kontrak, nomor kontrol dan rekaman pencatatan meter kWh sebelumnya. Setelah membaca angka-angka pemakaian kWh yang tertera pada meter kWh, petugas pencatat akan memasukkan ke dalam PDE sesuai data pelanggan yang

bersangkutan. PDE akan segera memproses dan menghitung besarnya biaya rekening yang harus dibayar. Hasil proses dan perhitungan ini langsung tercetak dalam bentuk struk yang diserahkan petugas kepada pelanggan. Namun cara ini pun memerlukan petugas untuk datang ke rumah pelanggan untuk memasukkan angka kWh meter ke PDE.

Dengan perkembangan teknologi, beberapa inovasi pencatatan meter kWh telah dilakukan antara lain melalui SMS. Namun hal ini terkendala dengan biaya pengiriman SMS yang berdasarkan karakter dan *delay* dari provider. Sehingga cara ini bukan pilihan yang tepat.

Pencatatan meter kWh yang ideal adalah data pada meter kWh pelanggan dapat terbaca secara otomatis dengan cepat dan akurat tanpa harus mengirimkan petugas pencatat ke rumah pelanggan. Petugas pencatat dapat melihat data tersebut melalui PC. PC akan memproses data, menghitung dan mencetak struk pembayaran. Hal ini akan menghemat waktu dan

meminimalisasi kesalahan manusia (*human error*) dalam pencatatan dan perhitungan.

Untuk membuat sistem pencatatan otomatis dan langsung mengirimkan datanya ke pusat data tidaklah mudah. Diperlukan teknologi pengiriman data yang cepat, handal dan murah. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah ZigBee. ZigBee merupakan sebuah spesifikasi untuk protokol komunikasi tingkat tinggi yang mengacu pada standar IEEE 802.15.4 yang berhubungan dengan *wireless Personal Area Networks (WPANs)*. Perangkat ZigBee sering digunakan untuk menghubungkan ke perangkat lain dengan sebuah sistem *wireless* atau yang biasa disebut teknologi *Machine to Machine (M2M)*. Sehingga dalam implementasinya, teknologi ZigBee ini mampu mengatur jaringannya sendiri, maupun mengatur pertukaran data pada jaringan [Patil,S.L, 2010].

PLN dapat menggunakan teknologi ini untuk mengirim data kWh dari pelanggan ke pusat data dengan memasangnya pada tiang listrik. Biaya investasi pengadaan modul ZigBee sangat murah dan pengiriman datanya tidak memerlukan provider sehingga tidak ada biaya pengiriman atau gratis.

Pada penelitian ini, akan dibuat prototipe pencatatan data kWh meter pelanggan secara otomatis dan mengirimkannya ke pusat data melalui ZigBee. Dengan Sistem ini, petugas pencatat kWh meter tidak perlu mendatangi rumah pelanggan untuk mencatatnya. Prototipe yang akan dibuat adalah sistem jaringan *point to point*. Meter kWh elektronik pada sisi pelanggan akan terintegrasi dengan mikrokontroler ARM Cortex XMC4500 dan *wireless* ZigBee untuk pengambilan dan pengiriman data-data seperti tegangan, arus, daya, dan lain-lain. Pada sisi kantor pusat data (PLN), *connect port* ZigBee *gateway* sebagai penerima data akan terhubung dengan PC untuk memproses dan menghitung besarnya biaya rekening yang harus dibayar. Data dan hasil hitung akan ditampilkan dalam SCADA dengan *software* Wonderware In Touch 10.1.

Dengan adanya prototipe ini, diharapkan dapat menjadi contoh yang dapat diterapkan oleh PLN untuk sistem pencatatan meter kWh secara otomatis.

## II. Metode Penelitian

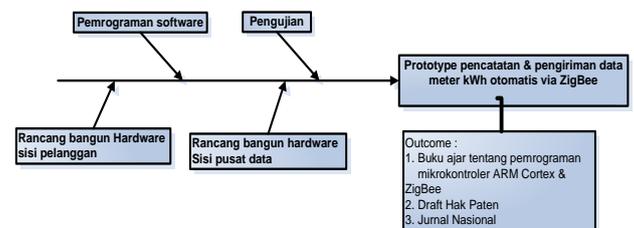
Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen rancang bangun, melalui pembuatan alat sebagai modul eksperimen, yang pengamatan kinerja alat tersebut didukung dengan beberapa peralatan bantu dan instrument ukur. Penelitian eksperimen rancang bangun dilakukan di Laboratorium Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

### 2.1. Bahan / alat penelitian

Alat penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini adalah:

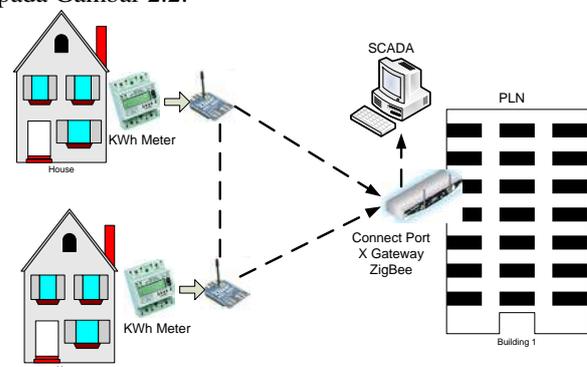
- Elektronik KWh meter 3P 230V 5(100)A Single Tariff LCD
- RS485 TTL to USB
- Sistem minimum ARM Cortex M3 XMC4500
- Level Converter
- LCD
- ZigBee
- Modul Xbee Shield
- Isolated DC-DC Converter
- PCB / protoboard
- alat ukur seperti Amperemeter, voltmeter, dan Ohmmeter.

### 2.2. Bagan alir penelitian



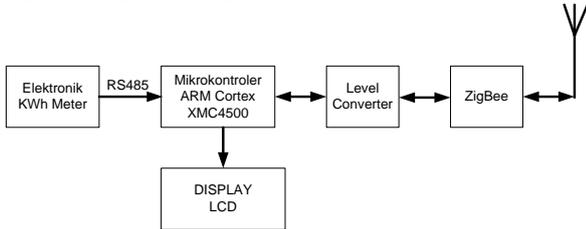
Gambar 2.1. Fishbone penelitian

Prototipe yang akan dibuat adalah miniatur sistem pembacaan KWh meter otomatis berbasis mikrokontroler ARM Cortex XMC 4500 dan mentransfer data pembacaan secara langsung ke PLN melalui jaringan nirkabel (*wireless*) ZigBee. Prototipe ini dibuat dengan maksud untuk memudahkan operator PLN dalam pembacaan data pemakaian energy listrik. Sehingga operator tersebut tidak perlu datang ke rumah pelanggan untuk mencatat nilai yang terdapat pada KWH meter. Gambar rancangan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Rancangan diagram rangkaian

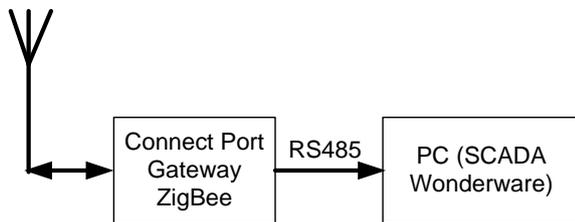
Prototipe sistem ini terdiri dari dua bagian, yaitu sistem pada pihak pelanggan dan sistem pada pihak PLN. Sistem yang akan dibuat untuk pelanggan terdiri dari elektronik KWh meter, mikrokontroler, LCD, ZegBee, seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Sistem pembacaan KWh meter pada sisi pelanggan

Data-data pada KWh meter seperti tegangan, arus, cos phi, daya, dan banyaknya pemakaian listrik dikirim ke mikrokontroler melalui protocol modbus dengan *hardwire* RS485. Data tersebut diolah oleh mikrokontroler kemudian dikirim ke instansi (diasumsikan PLN) melalui jaringan nirkabel ZigBee.

Data tersebut akan sampai ke instansi-PLN jika di PLN mempunyai *receiver* berupa *connect port gateway* ZigBee. Untuk mensimulasikan hal ini, akan dibuat *receiver* seperti pada Gambar 2.4.

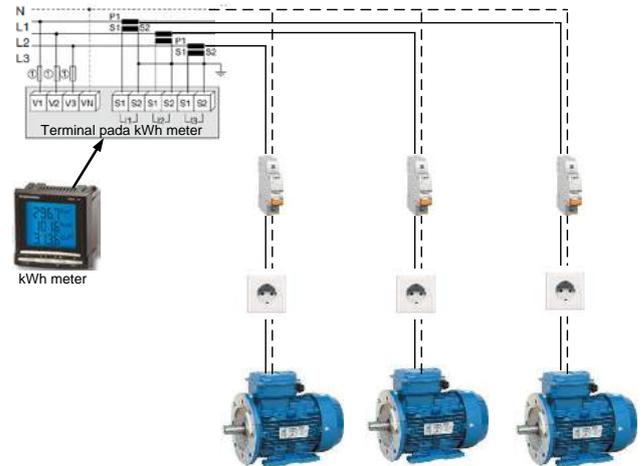


Gambar 2.4. Sistem penerima data dan monitoring

Data yang diterima melalui *gateway ZigBee* akan ditampilkan pada PC untuk memudahkan dalam hal pengawasan. Sistem monitoring yang akan digunakan menggunakan SCADA dengan software Citect

**III. Hasil dan Pembahasan**

Tahap awal penelitian ini adalah membuat simulator beban yang akan dihubungkan dengan kWh meter. Hal ini dilakukan agar data tegangan dan arus dapat terbaca oleh kWh meter. Rencana beban yang akan digunakan adalah tiga buah motor 1 fasa, seperti pada Gambar 3.1. atau beban resistip.



Gambar 3.1 Simulator beban untuk pembacaan data kWh meter

**3.1. Setting parameter KWH**

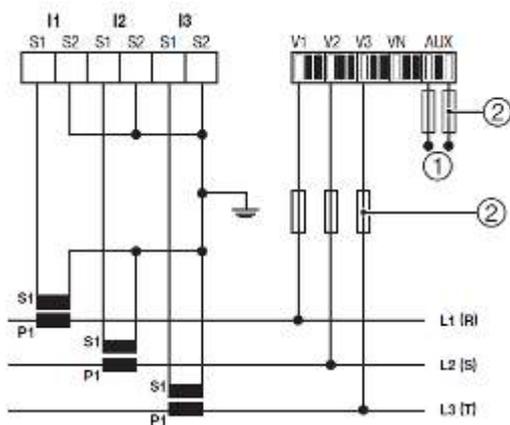
Pemrogram Instrument ukur kWh meter dilakukan dengan cara *setting* parameter, antara lain : sistem *network* yang digunakan, perbandingan CT (*current transformer*), *Baudrate*, *parity*, dan lain-lain. Gambar kWh meter yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan instalasi kWh sistem tiga fasa dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Keterangan Gambar

1. Key-pad untuk display atau programming
2. Backlit LCD display
3. phase
4. nilai
5. satuan
6. indikator komunikasi Bus aktif
7. indikasi meter energi

Gambar 3.2 kWh meter digital



Gambar 3.3 Instalasi kWh sistem tiga fasa

Keterangan Gambar

- ① Aux.: IEC /CE                      110... 400V AC  
   120... 350V DC
- ② Fus.: 0.5 A gG / BS 88 2A gG / 0.5 A class CC

**3.2. Beban**

Beban yang digunakan pada penelitian ini adalah beban resistip seperti terlihat pada Gambar 5.17 dan Gambar 5.18.



Spesifikasi LOAD RESISTOR (MV 1100-235):

- PHASE 3.3 kW, continuously adjustable
- STAR CONNECTION: 400/230V;0.8-5A
- DELTA CONNECTION: 400/230V; 2.4-8.7A
- DC PARALLEL CONNECTION: 220V;2.3-15A

Gambar 3.4 Beban resistor



Gambar 3.5 Beban Lampu 1000 Watt

**3.3. Pemrograman SCADA dengan software Vijeo citect**

Dengan SCADA, data kWh meter setiap rumah dapat dilihat atau dimonitor pada pusat data. Sistem monitoring ini menggunakan software Vijeo Citect 7.5. Langkah awal dalam membuat program adalah membuat *tagname* atau alamat kWh. Karena pada penelitian ini komunikasi antara kWh dengan SCADA menggunakan Modbus RS 485 maka alamat pada register kWh ditambahkan nilai 40000, misal, alamat kWh untuk arus I1 adalah 1792, maka di *tagname* di SCADA ditulis 401792. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Alamat kWh pada SCADA

No	Variabel Tag Name	Cluster Name	I/O Device Name	Data Type	Address Modbus
1	Current_Ph_1	Cluster1	IODev	INT	401792
2	Current_Ph_2	Cluster1	IODev	INT	401793
3	Current_Ph_3	Cluster1	IODev	INT	401794
4	Neutral_Current	Cluster1	IODev	INT	401795
5	Voltage_U12	Cluster1	IODev	INT	401796
6	Voltage_U23	Cluster1	IODev	INT	401797
7	Voltage_U31	Cluster1	IODev	INT	401798
8	Netral_VL1	Cluster1	IODev	INT	401799
9	Netral_VL2	Cluster1	IODev	INT	401800
10	Netral_VL3	Cluster1	IODev	INT	401801
11	Frequency	Cluster1	IODev	INT	401802
12	KVA	Cluster1	IODev	INT	401803
13	KVAR	Cluster1	IODev	INT	401804
14	Watt	Cluster1	IODev	INT	401805
15	PF	Cluster1	IODev	INT	401806
16	Daya_Max	Cluster1	IODev	INT	401830
17	kWh1	Cluster1	IODev	INT	401835
18	kWh2	Cluster1	IODev	INT	401836
19	kVARh1	Cluster1	IODev	INT	401837
20	kVARh2	Cluster1	IODev	INT	401838

Tampilan SCADA meliputi informasi pelanggan, informasi arus, tegangan, beban, energi meter dan tagihan listrik yang terpakai. Tampilan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.6-



Gambar 3.6 Tampilan halaman Utama



Gambar 3.7 Tampilan informasi data pelanggan daya tiga fasa



Gambar 3.8 Tampilan informasi data pelanggan daya satu fasa

Data kWh meter dapat dilaporkan setiap saat dengan format seperti pada Gambar 3.8. Report ini direkam *real time* sesuai dengan tanggal dan jam kejadian. Operator dapat dengan cepat melaporkan ke atasan jika terjadi hal-hal yang tidak diinginkan yang berhubungan dengan data kWh.

**Data kWh Report**

15/12/2015 14:33:30

CURRENT STATUS

1	Arus Fase 1	#COM
2	Arus Fase 2	#COM
3	Arus Fase 3	#COM
4	Arus Neutral	#COM

TEGANGAN STATUS

1	Tegangan Fase 1	#COM
2	Tegangan Fase 2	#COM
3	Tegangan Fase 3	#COM
4	Neutral_L1	#COM
5	Neutral_L2	#COM
6	Neutral_L3	#COM

POWER STATUS

1	Reactive_power	#COM
2	Active_power	#COM
3	Apparent_power	#COM
4	Power_Faktor	#COM
5	Frekuensi	#COM

LOAD STATUS

1	kWh1	#COM
2	kWh2	#COM
3	kVARh1	#COM
4	kVARh2	#COM

Gambar 3.9. Tampilan report data kWh

**IV. Kesimpulan**

Pembuatan prototipe pembacaan data kWh yang dapat dimonitoring secara otomatis melalui SCADA telah berhasil dengan baik. Hasilnya adalah data kWh dapat terbaca oleh mikrokontroler XMC 4500 dengan menggunakan komunikasi modbus RS 485. Data tersebut oleh mikrokontroler di kirim melalui Xbee ke PC untuk ditampilkan dalam SCADA dan ke mikrokontroler arduino untuk ditampilkan pada LCD TFT.

Pada penelitian ini hanya membaca data arus 3,213 A, tegangan 204 V, frekuensi 50 Hz, power faktor 0,912, daya aktif 0,59 kW, daya nyata 0,06 kVA. Sedangkan data penggunaan energi dalam waktu satu jam (*kilo Watt hour*) dan perhitungan biaya pakai belum dilakukan.

**Daftar Acuan.**

[1]. Arun, dkk, 2012, *Design and Implementation of Automatic Meter Reading System Using GSM, ZIGBEE through GPRS*, International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering Research Paper Available online at: www.ijarcsse.com Volume 2, Issue 5, May 2012 ISSN: 2277 128X

[2]. A.Damar Aji, 2000, Perbedaan Konsumsi Daya TL 10 Watt dengan Filamen dan TL 10 Watt dengan Balast, Laporan Penelitian DIPA PNJ

- [3]. A.Damar Aji, 2000, Analisa Pemakaian Daya Listrik pada Praktek Bengkel Listrik Semester 4, Laporan Penelitian DIPA PNJ
- [4]. Bhakthavathsalam R., dkk, 2014, *Zigbee Based Energy Monitoring System with E-Billing through GSM Network*, International Journal of Innovative Research in Electronics and Communications (IJIREC) Volume 1, Issue 5, August 2014, PP 1-12 ISSN 2349-4042 (Print) & ISSN 2349-4050 (Online) [www.arcjournals.org](http://www.arcjournals.org)
- [5]. Heribertus Himawa , Adrin T, 2014, *Rancangan Jaringan Sistem Mobile Pulsa Listrik Prabayar*, Prosiding SNATIF Ke-1 Tahun 2014 ISBN: 978-602-1180-04-4
- [6]. Guson Kuntoro, 2011, *Distribusi data listrik pelanggan melalui sistem informasi berbasis WEB*, Ultimatic, vol 3, no. 1, Juni 2011
- [7]. M.Balamurugan, dkk, 2014, *An Efficient Energy Monitoring and Load Control Using AMR with Distributed WSN*, International Journal Of Innovative Research In Electrical, Electronics, Instrumentation And Control Engineering Vol. 2, Issue 3, March 2014, Copyright to IJIREEICE [www.ijireeice.com](http://www.ijireeice.com) 1315
- [8]. Murie Dwiyani, Sri Lestari, 2010, Pengendali Fuzzy Logic Berbasis Mikrokontroler Avr At Mega16 Untuk Pengaturan Kecepatan Brushless Motor Dc Sebagai Penggerak Robot Beroda, Seminar Nasional Teknik Elektro (SNTE) 2010
- [9]. Murie Dwiyani, Kendi Moro N, 2014, Model Sistem SCADA Network Pada sistem Kontrol Pemanas Air, Seminar Nasional Teknik Elektro (SNTE) 2014
- [10]. P.V. Santhoshi Roja, B. Kiran Babu, V. Samson Deva Kumar, 2013, *Wireless Energy Meter and Billing via 'SMS'*, International Journal of Science and Research (IJSR), India Online ISSN: 2319-7064 Volume 2 Issue 4, April 2013 [www.ijsr.net](http://www.ijsr.net)
- [11]. S.L. Patil, Sachin Negi and U.M Chaskar, 2010, *Wireless Sensor Network for Process Automation using ZigBee Protocol*, International Journal of Wireless Communication, vol 2, No. 2, Feb 2010
- [12]. Yosep Permana, Asrizal, Zuhendri Kamus, 2013, Pengembangan Prototipe Sistem Pengukuran Kwh Meter Digital Presisi Komunikasi Dua Arah Menggunakan *Short Message Service* Berbasis Mikrokontroler AT89S52 dan AtMega16, PILLAR OF PHYSICS, Vol. 1. April 2013, 92-101 92

## **Prototype Sistem Monitoring Posisi Bus Politeknik Dengan Menggunakan Aplikasi Berbasis Android**

Mohamad Fathurahman<sup>1</sup>, Nur Muhamad Ziko Iskandar<sup>2</sup> dan Ivan Arrianto<sup>3</sup>

1,2,3 Teknik Telekomunikasi, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy Kampus UI, Depok, 16425, Indonesia

*\*E-mail: ziko\_iskandar@yahoo.com*

### **Abstrak**

“Prototype Sistem Monitoring Posisi Bus Politeknik Dengan Menggunakan Aplikasi Berbasis Android” merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk memantau posisi bus politeknik secara langsung. Pada sistem ini terdapat dua bagian, yaitu pada sisi bus dan tampilan pada pengguna. Pada sisi bus terdapat sebuah ponsel Android dimana didalamnya terdapat aplikasi Android yang akan membaca koordinat posisi bus dengan menggunakan fitur GPS yang tersedia pada ponsel. Aplikasi tersebut akan mengirimkan SMS ke database server apabila koordinat bus yang dibaca oleh GPS sesuai dengan data koordinat halte yang sudah ditentukan dalam aplikasi. Database server akan mengidentifikasi posisi dan nomor bus dari SMS yang diterima. Selanjutnya data posisi bus dari database server tersebut akan ditampilkan pada halte serta dapat diakses oleh pengguna melalui ponsel Android. Pemrograman Android yang bersifat open source digunakan untuk mengembangkan aplikasi untuk menampilkan data informasi posisi bus politeknik yang tersimpan didalam database server dengan menggunakan teknologi WiFi sebagai jalur komunikasi antara ponsel Android dengan database server. Sedangkan pengolahan data pada database server menggunakan program HTML dan PHP script. Setelah diolah data dikirimkan ke mikrokontroler ATmega328 menggunakan perangkat interface berbasis IP berupa ethernet shield melalui perangkat wireless router dengan interval waktu setiap 3 detik. Dari hasil pengujian program aplikasi didapatkan bahwa aplikasi sudah dapat mengirim SMS apabila koordinat bus sesuai dengan data koordinat yang ditentukan oleh aplikasi. Waktu pengiriman SMS ke sever berkisar 5,33 detik lalu pada database server akan menampilkan data yang dikirimkan dari SMS yaitu posisi terakhir bus serta nomor bus. Secara keseluruhan, menunjukkan sistem mampu bekerja sesuai dengan perancangan yang telah dibuat yaitu mampu menampilkan posisi bus Politeknik pada ponsel Android dan display LCD pada halte bus.

### **Abstract**

**The Prototype of Bus Polytecnic monitoring system using Android Application** is a system which serves to monitor the position of the polytecnic bus directly. In this system, there are two sections, namely on the side of the bus and the display on the user. On the side of the bus there is an Android phone which there are an Android application that will read the coordinates of the position of the bus by using the GPS features which available on mobile phones. The application will send an SMS to the database server if the bus coordinates read by GPS coordinate data in accordance with predetermined bus stops in the application. The database server will identify the position and the bus number of SMS received. Furthermore, the data bus position of the server database will be displayed at bus stops and can be accessed by the user via an Android phone. Programming Android is open source used to develop applications to display data polytecnic bus position information stored in the database server by using WiFi technology as a communication line between the Android phone with the database server, While data processing on the database server using HTML and PHP script program. After processing the data sent to the microcontroller ATmega328 using the IP interfaces such as ethernet shield via a wireless router with intervals every 3 seconds. From the test results showed that the application program has been able to send SMS application when the coordinates of the data bus according to the coordinates specified by the application. SMS time ranges delivery from 5.33 seconds to a server and the database server will display the data that is sent from the SMS that the last position of the bus and the bus number. Overall, the system shows is able to work according to the plan that has been created which is capable of displaying the position of the Polytecnic bus on Android phones and LCD displays at the bus stop.

**Keywords :** *GPS, Android, Mikrokontroller, SMS, ethernet shield*

### 1. Pendahuluan

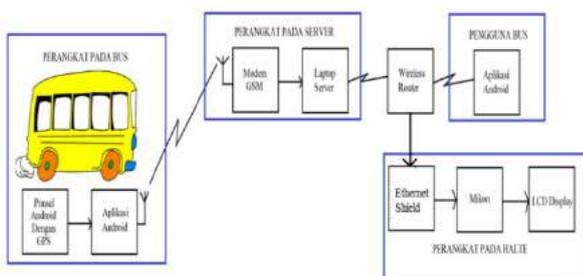
Kampus Politeknik Negeri Jakarta memiliki fasilitas transportasi kampus yang biasa disebut bus politeknik dengan jumlah armada bus sebanyak 5 buah. Rute bus politeknik sendiri memiliki rute yang cukup jauh, namun tidak diimbangi dengan jumlah armada bus yang tersedia sehingga terkadang membuat mahasiswa maupun dosen menunggu lama dihalte bus tanpa adanya kejelasan informasi mengenai posisi bus politeknik, oleh karena itu perlunya sebuah sistem baru yang dibuat untuk memudahkan mahasiswa maupun dosen pengguna bus politeknik untuk dapat mengetahui posisi dari bus politeknik tanpa harus menunggu lama pada halte dengan memanfaatkan teknologi telekomunikasi.

Teknologi telekomunikasi saat ini sudah sangat banyak berkembang. Salah satunya adalah teknologi GPS (Global Positioning System). GPS merupakan sistem koordinat global yang dapat menentukan koordinat posisi benda berupa koordinat lintang, dan bujur. Dengan kemampuan tersebut GPS dapat membaca koordinat, navigasi, hingga pelacakan objek. Sistem GPS saat ini sudah banyak digunakan pada sistem ponsel berbasis Android.

Perkembangan penggunaan yang pesat terhadap ponsel berbasis Android di kalangan masyarakat belakangan ini di sebabkan oleh konsep Android yang menggunakan sistem operasi open source layaknya OS Linux pada sebuah komputer, dengan basis sebuah platform terbuka artinya, berbagai developer aplikasi bebas membuat aplikasi yang kemudian dijalankan pada Android.

Karena fungsi dari GPS yang sangat bermanfaat sebagai alat monitoring posisi kendaraan serta penggunaan perkembangan Android belakangan ini sangat pesat, hal tersebut dapat dimanfaatkan untuk membuat sebuah sistem baru seperti untuk melakukan monitoring terhadap posisi bus politeknik. Dengan sistem ini diharapkan para mahasiswa maupun dosen pengguna ponsel Android dimanapun dapat mengetahui posisi bus politeknik tanpa harus menunggu lama pada halte bus.

### 2. Metode Penelitian



Gambar 1 Diagram Blok Sistem

Pada Aplikasi Android sisi supir bus dibuat sebuah program yang akan membaca koordinat GPS, lalu program tersebut akan mengirimkan data koordinat melalui SMS pada setiap koordinat halte yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut ini data koordinat yang telah ditentukan .

Tabel 2.1 Data Koordinat Halte Bus Politeknik

No	Koordinat		Posisi
	Latitude	Longitude	
1	-6.3714	106.824	Kampus PNU
	-6.3715	106.824	
	-6.3713	106.824	
	-6.3707	106.824	
2	-6.3660	106.821	Halte Vokasi
	-6.3661	106.821	
	-6.3659	106.821	
	-6.3658	106.821	
3	-6.3614	106.823	Halte FT
	-6.3611	106.823	
	-6.3610	106.823	
4	-6.3593	106.825	Halte FE
	-6.3592	106.825	
	-6.3594	106.825	
5	-6.3610	106.829	Halte FIB
	-6.3611	106.829	
	-6.3620	106.830	
6	-6.3621	106.830	Halte FISIP
	-6.3622	106.830	
	-6.3608	106.831	
7	-6.3609	106.831	Halte Stasiun UI
	-6.3610	106.831	
	-6.3645	106.832	
8	-6.3646	106.832	Halte FH
	-6.3679	106.831	
	-6.367	106.831	
9	-6.368	106.831	Halte Pocin
	-6.368	106.831	
	-6.368	106.832	
10	-6.3714	106.829	Halte FKIM
	-6.37171	106.8292	
	-6.3716	106.829	
11	-6.3696	106.825	Halte MIPA
	-6.3697	106.825	
	-6.3698	106.825	

Data koordinat yang dikirimkan akan diterima oleh Modem GSM dan disimpan dalam database pada laptop server.

Pada sisi pengguna bus dibuat aplikasi Android untuk dapat mengakses informasi yang tersimpan dalam database server, dengan cara menghubungkan ponsel android dengan laptop server menggunakan jaringan Wifi. Lalu dibuat display pada halte bus bertujuan agar memberikan informasi kepada pengguna bus politeknik yang tidak memiliki ponsel android, pada halte bus terdapat ethernet shield yang berguna untuk menghubungkan mikrokontroler dengan wireless router, lalu mikrokontroler mengambil data yang tersimpan pada database dan menampilkannya pada LCD Display.

Display pada halte bus bertujuan agar memberikan informasi kepada pengguna bus politeknik yang tidak memiliki ponsel android, pada halte bus terdapat ethernet shield yang berguna untuk menghubungkan mikrokontroler dengan wireless router, lalu mikrokontroler mengambil data yang tersimpan pada database dan menampilkannya pada LCD Display.

**3. Hasil dan Pembahasan**

Dari hasil pengujian didapatkan data-data hasil pengujian dan analisa didapatkan, berikut ini hasil dan analisa pada penelitian ini :

**3.1 Data Hasil Pengujian Koordinat Halte dan Analisa**

Pengujian keakuratan GPS pada ponsel yang digunakan pada bus dengan menggunakan software Google Maps. Hasilnya posisi halte sesuai dengan koordinat yang dibaca oleh ponsel seperti ditampilkan pada gambar berikut



**Gambar 3.1 Tampilan hasil pembacaan koordinat halte**

Hasil pengujian keakuratan GPS pada ponsel yang digunakan pada bus terlihat data koordinat halte yang ditentukan oleh aplikasi berada di area halte sesungguhnya. Adapun untuk pembacaan posisi halte yang lebih tepat, digunakan beberapa data koordinat untuk satu halte pada aplikasi.

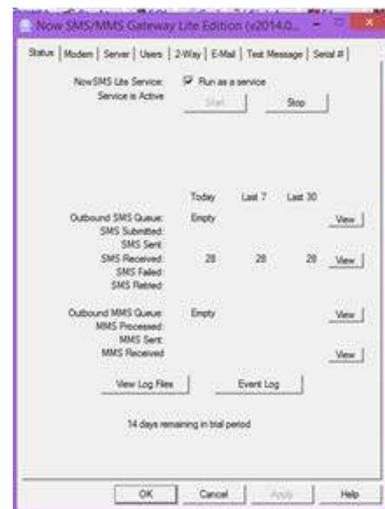
**3.2. Data Hasil Pengujian Pengiriman Data Koordinaat Melalui SMS Ke Server dan Analisa.**

Hasil pengujian pengiriman SMS dari aplikasi “InfoBipol” ke server ditampilkan pada Gambar 3.2. Pada gambar 3.2, data koordinat yang dibaca yaitu - 6.3661, 106.821. Data tersebut sesuai dengan data halte vokasi yang tersimpan dalam program oleh karena itu aplikasi akan mengirimkan SMS secara otomatis ke server dan akan muncul notifikasi “SENT”.



**Gambar 3.2 Tampilan pengiriman SMS dari aplikasi**

Gambar 3.3 merupakan jumlah pengiriman SMS dalam satu putaran penuh rute bis politeknik. Jumlah SMS yang dikirimkan ditampilkan oleh software Now SMS Lite yaitu sebanyak 28 SMS. Hal tersebut dikarenakan aplikasi akan mengirim SMS kembali apabila data koordinat masih sama



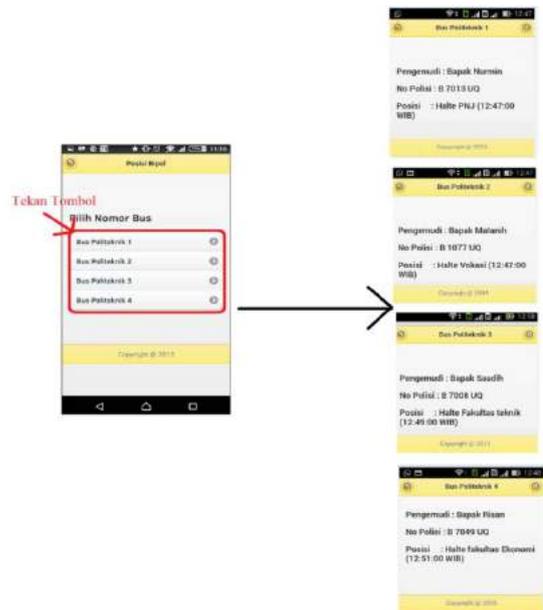
**Gambar 3.3 Jumlah SMS yang diterima pada software Now SMS Lite**

**3.3 Data Hasil Pengujian Pemrograman Android Sisi Pengguna Bus dan Analisa**

Hasil pengujian software Android sisi Pengguna Bus dapat dilihat pada gambar dibawah ini



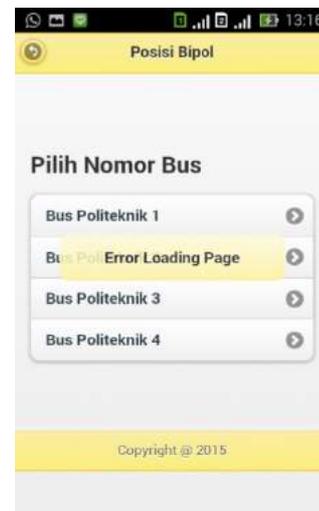
Gambar 3.4 halaman utama aplikasi InfoBipol



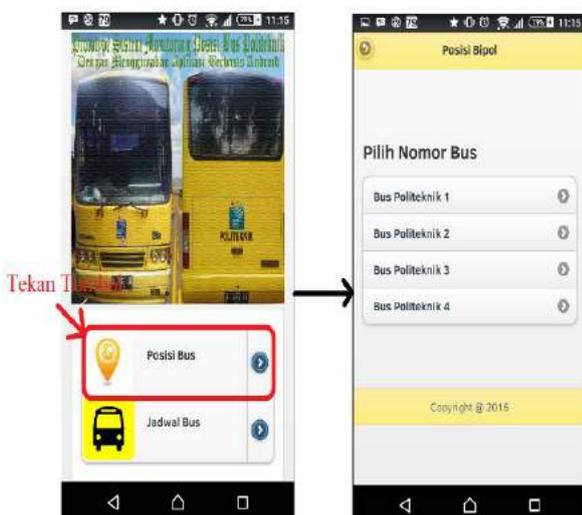
Gambar 3.7 halaman posisi setiap bus Politeknik pada aplikasi InfoBipol



Gambar 3.5 halaman jadwal bus pada aplikasi InfoBipol



Gambar 3.8 Gagal koneksi ke laptop server



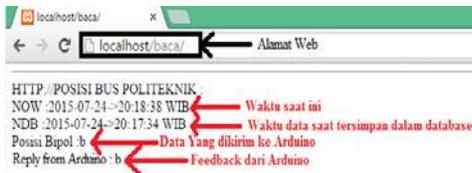
Gambar 3.6 halaman posisi bipol pada aplikasi InfoBipol

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah program Android yang telah dibuat mampu untuk menampilkan informasi posisi bus politeknik yang terdapat pada laptop server. Dari hasil pengujian yang terlihat pada gambar 3.4, 3.5, 3.6, dan 3.7 terlihat bahwa pada setiap fungsi tombol yang terdapat pada aplikasi Infobipol dapat bekerja sesuai dengan perancangan dan sanggup menampilkan data informasi posisi bus politeknik, terlihat juga bahwa hasil pengujian pada gambar 3.8 apabila ponsel Android tidak tersambung dengan laptop server maka halaman yang akan diminta

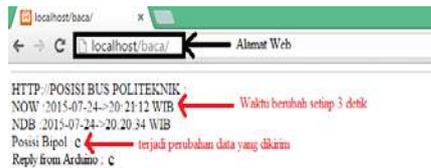
tidak akan terbuka dan akan muncul tulisan “error loading page”.

### 3.4 Data Hasil Pengujian Web Server dan Analisa

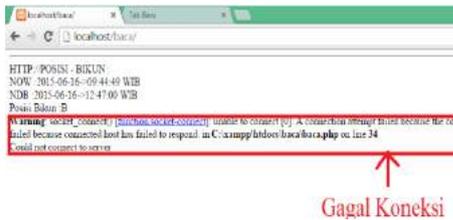
Berikut data gambar data hasil pengujian pemrograman web server.



Gambar 3.9 Tampilan web server



Gambar 3.10 Tampilan web server setelah 3 detik



Gambar 3.11 Web server yang tidak terkoneksi dengan ethernet shield

Pengujian web server ini bertujuan untuk mengetahui apakah program web server dapat menjalankan program yang bekerja sebagai pengirim data ke mikrokontroler, dari hasil pengujian program web server yang terlihat pada gambar 5.9, dan gambar 5.10 dapat terlihat bahwa web server menampilkan waktu saat ini, waktu data yang tersimpan di database, data yang dikirimkan web server ke mikrokontroler, dan data feedback dari mikrokontroler. Web tersebut harus terhubung dengan IP Address Ethernet shield, agar data yang dikirimkan oleh web server dapat diterima oleh mikrokontroler, web server akan mengirimkan data ke mikrokontroler dengan interval waktu setiap 3 detik. Apabila web server tidak terhubung dengan ethernet shield maka akan terjadi gagal koneksi dan informasi tidak akan terkirim ke mikrokontroler, seperti yang terlihat pada gambar 5.11

### 3.5 Hasil Pengujian Program Mikrokontroler dan Analisa

Berikut ini data hasil pengujian pemrograman mikrokontroler



Gambar 3.12 program yang berhasil di upload



Gambar 3.13 Tampilan awal pada LCD karakter



Gambar 3.14 tampilan LCD karakter sebelum mendapatkan data dari web server



Gambar 3.15 Tampilan LCD setelah mendapatkan data dari web server.



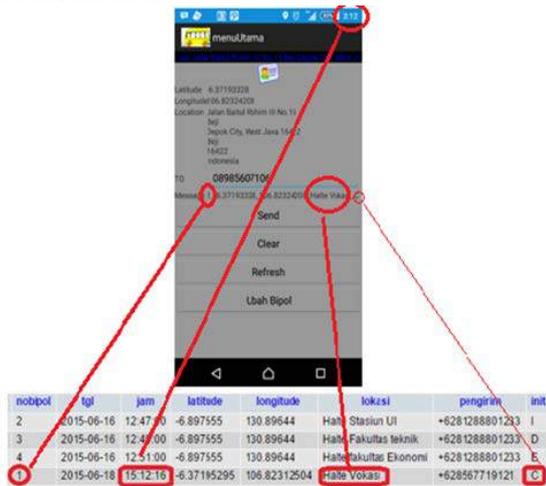
Gambar 3.15 Tampilan LCD setelah mendapatkan data dari web server.

Tujuan pengujian pemrograman mikrokontroler ini adalah untuk mengetahui apakah program yang telah dibuat pada aplikasi Arduino IDE dapat digunakan pada perangkat mikrokontroler Arduino sebagai pemroses data yang dikirimkan oleh web server untuk ditampilkan

pada LCD karakter. Dari hasil percobaan pada gambar 3.12 dapat diketahui bahwa pemrograman mikrokontroler dapat berjalan dengan baik, yaitu program yang dibuat pada Arduino IDE mampu di upload pada mikrokontroler Arduino, dan pada gambar 3.13, gambar 3.14, dan gambar 3.15 terlihat bahwa mikrokontroler mampu menampilkan data yang dikirimkan oleh web server melalui wireless router dan ethernet shield.

### 3.6 Data Hasil Pengujian Sistem Secara keseluruhan dan Analisa

Dibawah ini merupakan data hasil pengujian sistem secara keseluruhan.



Gambar 3.16 Pengiriman SMS dari aplikasi dan penerimaan SMS di database

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Penerimaan SMS

Pengujian	Waktu Penerimaan di Server
1	4 Detik
2	6 Detik
3	6 Detik



Gambar 3.17 Data posisi bus Politeknik yang tersimpan dalam database



Gambar 3.18 web server yang mengirim data ke Arduino



Gambar 3.19 Tampilan pada LCD Karakter



Gambar 3.20 Tampilan pada aplikasi Android InfoBipol

Dari data hasil pengujian sistem secara keseluruhan dapat dianalisa bahwa aplikasi akan mengirimkan SMS setelah aplikasi mencocokkan data koordinat hasil pembacaan GPS dengan data koordinat yang sudah ditetapkan sebelumnya. SMS yang diterima dapat masuk ke server dengan menggunakan software Now SMS Lite, software tersebut berfungsi sebagai penghubung antara modem GSM sebagai penerima SMS dan database server.

Waktu pengiriman SMS dari aplikasi dengan waktu penerimaan di database yaitu sekitar 5,33 detik. Dalam hal ini berarti SMS diterima pada server dalam waktu yang tidak terlalu lama sehingga posisi bus dapat diketahui dengan cepat.

Dari hasil pengujian sistem secara keseluruhan yang terlihat pada gambar 3.17 dapat diketahui bahwa, pengujian dilakukan dengan menggunakan satu sample pada bus nomor 1 yang berada pada halte vokasi, pada jam 15.14 WIB, dengan menggunakan initial "b"

sebagai data yang dikirimkan ke mikrokontroler. Web server mengambil data initial “b” yang terdapat pada database, dan mengirimkan data tersebut ke mikrokontroler, dan mikrokontroler membalas data ke web server, seperti yang terlihat pada gambar 3.18. Mikrokontroler lalu menampilkan data yang dikirimkan oleh web server pada LCD karakter, berupa tulisan “Halte Vokasi”, seperti yang terlihat pada gambar 3.19. Ponsel Android mengambil data yang tersimpan dalam database, dan menampilkan data posisi bus Politeknik yang berada pada “Halte Vokasi” pada jam 15.14 WIB, seperti yang terlihat pada gambar 3.20. Dari analisa data tersebut dapat diketahui bahwa, sistem ini dapat bekerja sesuai dengan perancangan yang telah dibuat, yaitu mampu menampilkan posisi bus Politeknik pada ponsel Android dan LCD karakter yang terdapat pada halte bus.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan proses pembuatan laporan akhir dan hasil pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pembacaan koordinat halte sesuai dengan posisi halte sebenarnya.
2. Aplikasi pada bus sudah dapat mengirimkan SMS posisi apabila koordinat yang dibaca sesuai dengan koordinat yang telah ditentukan dalam aplikasi.
3. Dalam satu putaran rute bus politeknik, aplikasi tersebut mengirim sebanyak 28 SMS ke server.
4. Waktu penerimaan SMS di server yaitu sekitar 5,33 detik dari waktu pengiriman SMS pada aplikasi.
5. Web server akan mengirimkan data ke mikrokontroler dengan interval waktu 3 detik.
6. Secara keseluruhan sistem yang telah dibuat dapat bekerja sesuai dengan perancangan, yaitu mampu menampilkan data posisi bus Politeknik pada aplikasi Android dan display pada halte.

#### 5. Daftar Acuan

- [1]. Budiawan, T., Santoso, I. dan Zahra, A.A. 2011. “Mobile Tracking GPS (Global Positioning System) melalui Media SMS (Short Message Service)”. *Undergraduate Thesis Universitas Diponegoro*, 1-9. <http://eprints.undip.ac.id/25228/1/ML2F004518.pdf> [ 22 Juni 2015]
- [2]. Gunawan, Wahyu. 2010. *Kebut Sehari Menjadi Master PHP*. Yogyakarta : Genius
- [3]. Madcoms. 2011. *Mahir dalam 7 Hari Adobe Dreamweaver CS5*. Yogyakarta: ANDI.
- [4]. PENS, Internet Programming. 2011. *Pengenalan Android*. Surabaya: ITS.

- [5]. Peranginangin, Kasiman. 2006. *Aplikasi WEB dengan PHP dan MySQL*. Yogyakarta: ANDI.
- [6]. Safaat, Nazruddin. 2012. *Pemograman Aplikasi Mobile Smartphone dan Tablet PC Berbasis Android*. Bandung: Penerbit Informatika
- [7]. Winarno, Edy. 2012. *Hacking dan Programming dengan Android SDK*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- [8]. Djuandi, Feri. 2011. *Pengenalan Arduino*. Jakarta
- [9]. Listiarga, Y., 2012. *Purwarupa Sistem pemantauan Suhu menggunakan ATMEGA 168 dan Enc28j60 Berbasis Embedded Ethernet*, Laporan Tugas Akhir, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- [10]. Madcoms. *Aplikasi Web Database dengan Dreamweaver dan PHP-MySQL*. Yogyakarta : CV.Andi Offset. 2011
- [11]. Nana, Emmanuel Tomdio. *Improving system interrupt management system using PCF8574 and PCF8574A I/O expanders for I2C bus. Phillips semi conductors*. Amsterdam
- [12]. Sopandi, Dede. 2008. *Instalasi dan konfigurasi jaringan komputer*. Informatika. Jakarta

# **Perancangan dan Konfigurasi Asterisk untuk Komunikasi Suara dan Video Berbasis VoIP (*Voice over Internet Protocol*) di Laboratorium Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Jakarta**

Dandun Widhiantoro<sup>1</sup>, Mohammad Itsnan Syauqiya Rabban<sup>2</sup>

1,2 Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta Depok

*E-mail: dandun@elektro.pnj.ac.id<sup>1</sup>, itsnanrabban14@gmail.com<sup>2</sup>*

## **Abstrak**

Perkembangan teknologi khususnya teknologi telekomunikasi dan informasi menyebabkan hadirnya teknologi pemrosesan sinyal digital berbasis teknologi IP (*Internet Protocol*) yang diintegrasikan antara komunikasi data dan suara. Penggunaan telepon berbasis VoIP memberikan banyak keuntungan untuk user. Penerapan VoIP ini dapat memenuhi kebutuhan komunikasi untuk menunjang kegiatan belajar mengajar di Laboratorium Telekomunikasi. Dalam tugas akhir ini akan dilakukan konfigurasi sentral VoIP yang ditanamkan pada wireless router yang sudah menggunakan firmware OpenWRT dan diinstall software asterisk yang akan berfungsi sebagai sentral VoIP. Pada sentral VoIP ini akan dilakukan konfigurasi penomoran untuk user mahasiswa dan user dosen, konfigurasi dialplan untuk melakukan fungsi proses hubungan antar user, konfigurasi fitur voicemail fitur untuk meninggalkan pesan apabila user yang dipanggil tidak dapat mengangkat panggilan tersebut, konfigurasi fitur panggilan video yang akan dapat memungkinkan user untuk melakukan panggilan video dengan perangkat yang sudah mendukung untuk fitur tersebut.

## **Abstract**

The development of technology particularly technology telecommunications and information technology industry to lead digital signal processing technology-based Internet Protocol (IP) that are integrated between the voice and data communications. The use of the VoIP-based phone provides many advantages to the user. The application of VoIP is able to meet communication needs to support teaching and learning activities in the laboratory of telecommunications. In this final project will be carried out from a central configuration of VoIP is implanted on a wireless router which is already using an OpenWRT firmware and installed the asterisk software will function as a VoIP Central. In this VoIP Central going to do numbering for the student user configuration and user configuration, the lecturers numbering to perform the functions of the process of the relationships between the user, the configuration of the features of voicemail feature to leave a message when the user who invoked cannot be raised the call, video call feature configurations that will be able to allow the user to do a video call with devices that already support for those features.

**Keywords:** *Asterisk, VoIP, Wireless Router*

## **I. Pendahuluan**

Komunikasi merupakan kebutuhan primer bagi seluruh manusia sebagai makhluk sosial. Perkembangan teknologi khususnya teknologi informasi membawa perubahan bagi proses komunikasi. Hal ini menyebabkan hadirnya teknologi pemrosesan sinyal digital dengan berbasis teknologi IP (*Internet Protocol*) yang dapat mengintegrasikan antara komunikasi data dan suara. Laboratorium Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Jakarta merupakan tempat pusat kegiatan belajar mengajar berlangsung pada program

studi Teknik Telekomunikasi dan Broadband Multimedia. Hal ini membuat komunikasi pada Laboratorium Teknik Telekomunikasi menjadi hal yang perlu dipertimbangkan sebagai aspek pendukung kegiatan belajar mengajar tersebut.

Sistem yang disediakan oleh penyedia layanan Telekomunikasi publik untuk menunjang kebutuhan ini memerlukan biaya yang cukup besar. Keterbatasan pulsa maupun kuota untuk paket data dari mahasiswa menyebabkan dibutuhkan suatu sistem yang bisa memberikan solusi untuk berkomunikasi antar

mahasiswa maupun dosen pada Laboratorium Teknik Telekomunikasi.

*Voice over Internet Protocol* (VoIP) adalah suatu sistem komunikasi yang menggunakan jaringan internet untuk mengirimkan data paket suara melalui perantara protokol IP. Penggunaan telepon berbasis IP memberi banyak keuntungan, dari segi biaya jelas lebih murah dari telepon biasa, karena jaringan IP bersifat global. Kemudian dari segi pengguna, teknologi ini dapat digunakan oleh banyak pengguna selama pengguna masih dalam wilayah cakupan jaringan tersebut. Penerapan komunikasi berbasis IP ini dapat memenuhi kebutuhan komunikasi untuk menunjang kegiatan belajar mengajar di Laboratorium Teknik Telekomunikasi.

## II. Tinjauan Pustaka

### a. VoIP

Voice over Internet Protocol atau biasa disebut VoIP adalah teknologi yang memungkinkan percakapan suara jarak jauh melalui media internet. Data suara diubah menjadi kode digital dan dialirkan melalui jaringan yang mengirimkan paket – paket data dan bukan lewat sirkuit analog telepon biasa. VoIP merupakan nama lain dari internet telephony. Internet telephony adalah hardware dan software yang memungkinkan pengguna internet untuk media transmisi telepon. Kualitas internet telephony ini belum sebaik kualitas koneksi telepon langsung. Voice over Internet Protocol (VoIP) adalah teknologi yang mampu melewati trafik suara, video dan data yang berbentuk paket melalui jaringan IP.

Dalam komunikasi VoIP, pemakai melakukan hubungan telepon melalui terminal yang berupa PC, handphone atau telepon. Terminal akan berkomunikasi dengan gateway melalui telefoni lokal. Hubungan antar gateway dilakukan melalui network IP. Network IP dapat berupa network paket apapun, termasuk ATM, FR, internet, intranet atau line E1. VoIP menawarkan transportasi sinyal yang lebih murah, fitur tambahan dan transparansi terhadap data komputer. Hambatan VoIP saat ini adalah keandalannya yang dibawah telefoni biasa dan soal standarisasi yang akan menyangkut masalah interoperabilitas.

Bentuk paling sederhana dalam sistem VoIP adalah dua buah komputer terhubung dengan internet. Syarat-syarat dasar untuk mengadakan koneksi VoIP adalah komputer yang terhubung ke internet mempunyai kartu suara yang dihubungkan dengan speaker dan mikrofon. Dengan dukungan perangkat lunak khusus, kedua pemakai komputer bisa saling terhubung dalam koneksi VoIP satu sama lain. Bentuk hubungan tersebut bisa dalam bentuk pertukaran file, suara

ataupun gambar. Penekanan utama dalam VoIP adalah hubungan keduanya dalam bentuk suara. [1]

### b. Asterisk

Asterisk merupakan salah satu perangkat lunak *open source* untuk membangun sentral untuk komunikasi berbasis *Voice over Internet Protocol* (VoIP) yang didistribusikan melalui *General Public License* (GPL). *Software* ini pertama kali dibuat oleh Mark Spencer dan dikembangkan oleh komunitas asterisk. [1,2]

### c. Protocol VoIP

#### SIP (*Session Initiation Protocol*)

SIP adalah suatu *signaling protocol* pada *layer* aplikasi yang berfungsi untuk membangun, memodifikasi dan mengakhiri suatu sesi multimedia yang melibatkan satu atau beberapa pengguna. Sesi multimedia adalah pertukaran data antar pengguna yang bisa meliputi suara, video dan *text*. [2,3]

#### IAX2 (*Inter Asterisk eXchange versi 2*)

IAX2 merupakan protokol yang cukup handal. Protokol ini dapat menembus NAT dengan mudah dan hanya menggunakan satu *port* saja untuk membentuk sesi dan media transfer. Protokol ini juga dilengkapi dengan layanan yang dapat mengatur penggunaan *bandwidth* dan komponen penjernihan suara [2,4].

#### H.323

H.323 adalah salah satu dari rekomendasi ITU-T (*International Telecommunications Union – Telecommunications*). H.323 merupakan standar yang menentukan komponen, protokol dan prosedur yang menyediakan layanan komunikasi multimedia. Layanan tersebut adalah komunikasi audio, video dan data *realtime*, melalui jaringan berbasis paket (*packet – based network*). [5]

#### TCP / IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*)

TCP / IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*) adalah sekumpulan *protocol* yang di desain untuk melakukan fungsi – fungsi komunikasi data seperti pada LAN (*Local Area Network*) dan WAN (*Wide Area Network*). TCP / IP terdiri atas sekumpulan *protocol* yang masing – masing bertanggung jawab atas bagian-bagian tertentu dari komunikasi data.

## III. Peralatan Penunjang

### a. Wireless Router

*Wireless router* (WRT) merupakan gabungan dari *router*, *switch* dan *access point*. *Wireless Access Point* (WAP) menjalankan 2 fungsi. Fungsi yang pertama, WAP berperan sebagai pusat koneksi dalam jaringan nirkabel, layaknya *switch* pada jaringan

kabel. Fungsi yang kedua, WAP menghubungkan jaringan nirkabel dengan jaringan kabel. WRT merupakan perangkat yang tepat dalam mengkoneksikan antara jaringan kabel dan jaringan nirkabel ke jaringan internet.

**b. IP Phone**

IP phone atau telepon yang berbasis IP ini untuk menjadi user dari sentral VoIP yang berbasis IP, dengan menggunakan telepon ini user bisa langsung terhubung dengan sentral VoIP yang sudah berbasis IP tanpa harus menggunakan telepon adapter terlebih dahulu.

**c. Smartphone Android**

Handphone Android ini berfungsi sebagai perangkat yang bisa digunakan oleh user untuk terhubung ke jaringan VoIP yang dibuat lalu melakukan panggilan suara atau panggilan video dengan aplikasi yang bernama Zoiper.

**IV. Perancangan dan Konfigurasi**

Konfigurasi yang dilakukan adalah konfigurasi pada wireless router yang difungsikan sebagai server dan sebagai media transmisi, lalu melakukan konfigurasi pada sisi user agar dapat melakukan komunikasi suara dan video. Pada wireless router konfigurasi yang dilakukan adalah penginstallan software asterisk yang berfungsi sebagai sentral dari komunikasi suara dan video, konfigurasi penomoran untuk user yang akan melakukan komunikasi dan mengkonfigurasi pada sisi user agar dapat melakukan komunikasi suara serta konfigurasi fitur voicemail dan fitur panggilan video.

Pada sistem komunikasi suara dan video berbasis Voice over Internet Protocol (VoIP) ini user dapat melakukan komunikasi jika data user sudah dimasukkan pada sentral dari komunikasi ini. Data user disimpan pada software asterisk yang berfungsi sebagai sentral dari sistem komunikasi ini, data yang disimpan pada sentral berupa penomoran untuk user, secret atau password dan pengaktifan fitur untuk komunikasi suara dan video. User akan menghubungkan perangkat yang digunakan dengan sentral melalui media transmisi kabel Unshielded Twisted Pair (UTP) atau Wireless Fidelity (WiFi) lalu melakukan registrasi sesuai dengan data user yang sudah dimasukkan pada sentral.

**a. Perancangan Penomoran**

Pada perancangan penomoran ini akan dibuat dengan 6 digit nomor yang akan dimiliki oleh tiap user. Pada penomoran ini akan ditentukan dimana 2 digit pertama adalah tahun angkatan dari mahasiswa, 2 digit kedua adalah kode dari prodi dan 2 digit terakhir adalah 2 digit terakhir dari NIM mahasiswa.

**b. Perancangan Dialplan**

Pada perancangan ini akan berfungsi untuk mengatur fungsi panggilan yang akan di eksekusi oleh sentral VoIP. Pada perencanaan dialplan ini akan ada urutan proses panggilan yang akan dilakukan oleh sentral

VoIP.

**c. Perancangan Fitur Voicemail**

Perancangan fitur saat komunikasi suara yaitu fitur voicemail yang fungsinya adalah untuk menyimpan pesan dari user yang memanggil apabila user yang dipanggil tidak dapat menjawab panggilan tersebut.

**d. Perancangan Fitur Panggilan Video**

Pada perancangan ini akan ditambahkan lagi fitur yang akan mendukung komunikasi yaitu panggilan video. Setelah menambahkan fitur ini maka user akan bisa melakukan panggilan video dengan user lain dengan syarat perangkat yang digunakan sudah mendukung untuk panggilan video tersebut.

**e. Konfigurasi Penomoran**

Setelah mengetahui bentuk penomoran yang akan digunakan maka harus diketahui bentuk dari konfigurasi penomoran yang akan dilakukan pada sentral. Berikut bentuk script untuk mendaftarkan nomor ke dalam sentral VoIP.

[xxx]

type=yyy

parameter1=nilai

parameter2=nilai

Pada script diatas akan di masukkan pada file sip.conf dimana file tersebut untuk menyimpan penomoran dari seluruh user. Pada script tersebut nilai “xxx” akan diisi dengan nomor dari user yang ingin di daftarkan lalu nilai “yyy” akan diisi dengan type dari user yang di daftarkan tersebut lalu parameter – parameter pendukung yang lain seperti password, Codec dan lain – lain.



Gambar 1 Konfigurasi Penomoran

**f. Konfigurasi Dialplan**

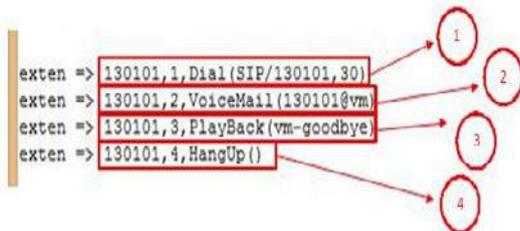
Untuk dapat menjalankan proses dialplan ini maka script yang harus dimasukkan seperti pada tampilan berikut ini.

exten => extension, priority, Command(parameter)

Pada tampilan script diatas adalah bentuk dari script yang harus dimasukkan pada file extensions.conf yang akan menjalankan urutan dialplan yang akan dilakukan.

Berikut adalah penjelasan untuk isian dari *script* tersebut.

- *Extension* adalah penomoran dari *user* yang sudah terdaftar di sentral VoIP.
- *Priority* adalah urutan dari dialplan sebuah *user* yang nantinya akan di eksekusi oleh sentral.
- *Command* adalah aplikasi atau fitur tambahan yang akan dijalankan oleh sentral seperti fitur *voicemail*.
- Parameter adalah parameter yang harus diberikan kepada sebuah *command* tetapi tidak semua *command* membutuhkan parameter.



Gambar 2 Penomoran Ekstensi

**g. Konfigurasi Voicemail**

Pada konfigurasi fitur *voicemail* ini nantinya akan dilakukan 3 tahap yaitu, penambahan nomor *mailbox* untuk setiap *user*, penambahan nomor operator *voicemail* dan penambahan fitur *voicemail* pada *dialplan*. Berikut adalah bentuk *script* yang akan ditambahkan pada *file* yang akan di konfigurasi.

**No. Mailbox => Password, Extension, Email**

Pada bentuk *script* ini berfungsi untuk mendaftarkan nomor *mailbox* untuk tiap *user* yang dilakukan pada *file voicemail.conf*. Berikut penjelasan dari bentuk *script* tersebut.

- *No. Mailbox* adalah nomor *voicemail* untuk tiap *user* yang akan menyimpan pesan suara.
- *Password* adalah *password* untuk membuka pesan suara yang ditinggalkan.
- *Extension* adalah nomor dari *user* yang sudah di daftarkan.
- *Email* adalah alamat *email* dari tiap *user*.



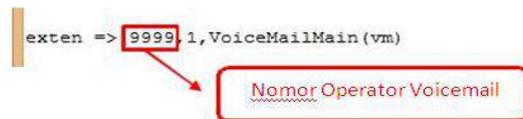
Gambar 3 Konfigurasi Voicemail

**exten => No. Operator, VoiceMailMain ()**

Pada bentuk *script* ini berfungsi untuk mendaftarkan

nomor operator dari *voicemail* yang berfungsi untuk mendengarkan kembali pesan suara yang sudah ditinggalkan, *script* ini ditambahkan pada *file extensions.conf*. Berikut penjelasan *script* tersebut.

- *No. Operator* adalah nomor yang di daftarkan untuk dijadikan sebagai operator dari *voicemail* yang berfungsi untuk mendengarkan kembali pesan yang sudah ditinggalkan.
- *VoiceMailMain ()* adalah sebuah *command* yang akan mengeksekusi perintah untuk memutar kembali pesan suara yang ditinggalkan.



Gambar 4 Nomor Operator Voicemail

**exten => extension, 2, VoiceMail ( No. Mailbox )**

Pada bentuk *script* diatas berfungsi untuk menambahkan fitur *voicemail* pada dialplan agar fitur *voicemail* akan aktif apabila *user* tidak menjawab panggilan. Berikut penjelasan dari *script* tersebut.

- *Extension* adalah nomor dari *user*.
- "2" adalah urutan *dialplan* dari *voicemail* diatur untuk di eksekusi kedua oleh sentral VoIP.
- *VoiceMail* adalah *command* untuk menjalankan fitur *voicemail* pada *dialplan*.
- *No. Mailbox* adalah nomor untuk pesan suara dari *user* tersebut yang sudah di daftarkan sebelumnya.

**h. Konfigurasi Fitur Panggilan Video**

Konfigurasi untuk menambahkan fitur video ini akan dilakukan penambahan *script* untuk mengaktifkan fitur panggilan video ini dan membolehkan untuk penggunaan *Codec* dari panggilan video tersebut yaitu H263.



Gambar 5 Konfigurasi Fitur Panggilan Video

**Allow = h263p Videosupport = yes**

Pada *script* tersebut akan ditambahkan pada konfigurasi penomoran *user* yang berada pada sip.conf. Pada *script* tersebut berfungsi untuk memperbolehkan *codec* untuk panggilan video yaitu H263 dan mengaktifkan fitur panggilan video, apabila *script* ini sudah ditambahkan maka seluruh *user* sudah bisa melakukan panggilan video.

**V. Kesimpulan**

- 1) Perencanaan panggilan (*dialplan*) terdapat 4 urutan yaitu :
  - *Dial*
  - *Voicemail*
  - *Playback goodbye*
  - *Hangup*
- 2) Pada *dialplan* akan di eksekusi oleh sentral dari urutan pertama apabila urutan pertama tidak dapat terpenuhi maka akan mengeksekusi urutan berikutnya.
- 3) Fitur *voicemail* berada pada *dialplan* urutan kedua dan akan berfungsi apabila *user* tidak dapat mengangkat panggilan selama 30 detik.

**Daftar Pustaka**

- [1]. Faisal, Dimaz. 2009. Modul Latih IP-PBX Pada Laboratorium Penyambungan dan VoIP. Depok Politeknik Negeri Jakarta.
- [2]. Cahyono, Heru. 2012. Implementasi *Server VoIP* IP PBX Untuk Meningkatkan Kualitas Layanan PABX di Universitas Kanjuruhan Malang. Malang, Universitas Kanjuruhan Malang.
- [3]. Atmono, Widi. 2008. Rancang Bangun Security Pada Sistem VOIP Opensource Trixbox. Semarang : Politeknik Negeri Semarang
- [4]. Najwaini, Effan. Ashari, Ahmad. 2015. Analisis Kinerja Voip Server pada Wireless Access Point. *Jurnal IJCCS*, Vol 9 No.1, pp. 89-100
- [5]. Rochana, Luky. 2011. Implementasi Smart Agent IP PBX Pada Perusahaan Kelas SOHO. Surabaya : Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

# Rancang Bangun Perangkat Lunak Manajemen Administrasi TK Aisyiah 2 dan 3 Depok

Mera Kartika Delimayanti<sup>1)</sup>, Dewiyanti Liliana<sup>2)</sup> dan Sri Danaryani<sup>3)</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta

<sup>3</sup> Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta

*email: mera.kartika@tik.pnj.ac.id*

## Abstrak

TK Aisyiah Depok 2 dan 3 berlokasi di sekitar lingkungan kampus PNJ, merupakan TK di daerah perkotaan yang belum tersentuh sama sekali oleh teknologi Teknologi Informasi (TI). Manajemen administrasi saat ini masih dilakukan secara manual menggunakan pencatatan dan pelaporan dengan kertas. Hal ini mengakibatkan kesulitan dalam kontrol pengolahan administrasi, kesulitan pencarian data, kelambatan dalam pencarian data, dan proses pembuatan laporan membutuhkan waktu lama dan rumit. Penelitian ini bertujuan mengatasi permasalahan tersebut dengan membuat aplikasi perangkat lunak Manajemen Administrasi TK. Metode penelitian yang digunakan adalah riset dan pengembangan dengan mengambil data dari TK Aisyiah 2 & 3 Depok. Aplikasi ini menggunakan Java Script, dimana sistem yang digunakan sesederhana mungkin agar tidak membingungkan administrator TK. Form database sudah tersedia dalam aplikasi, pengguna dapat mengaksesnya dengan meng-klik ikon dan tombol-tombol yang tersedia. Untuk mengetahui efektivitas aplikasi ini Hasil kuisioner menunjukkan bahwa 83.3% persetujuan dari peserta menyatakan aplikasi perangkat lunak yang dibuat dari penelitian ini sesuai dengan kebutuhan TK, dapat digunakan, dan akan digunakan di TK.

**Keywords:** *Perangkat Lunak, Manajemen Administrasi, Java Script, Teknologi Informasi, Sistem Manual*

## 1. PENDAHULUAN

Selama ini, proses administrasi di sekolah Taman Kanak-kanak pada umumnya dan pada kedua TK Aisyiah di Depok masih dilakukan secara manual, yakni melakukan pencatatan dan pelaporan dengan kertas. Banyak hal yang berakibat pada pengelolaan yang berbasis manual, sedangkan jumlah tenaga administrasi yang terbatas. Hal tersebut dapat berakibat pada kesulitan dalam kontrol pengolahan administrasi, kesalahan data akibat *human error*, kesulitan pencarian data, kelambatan dalam pencarian data, ketidakrapian dokumentasi data, dan proses pembuatan laporan harus membutuhkan waktu lama dan rumit.

Akibat pengelolaan secara manual, *human error* atau kesalahan manusia sebagai operator sangat mungkin terjadi. Salah satunya identifikasi apakah seorang siswa telah menyelesaikan kewajiban pembayaran setiap bulan atau data total pembayaran dari siswa. Hal yang sering terjadi adalah adanya ketidak-cocokkan antara total dana masuk dengan catatan yang ada. Selanjutnya pelaporan yang dilakukan manual akan membutuhkan waktu lama dalam pembuatan jenis-jenis laporan yang dibutuhkan.

Menurut McLeod, sistem informasi manajemen SIM sebagai suatu sistem berbasis komputer yang menyediakan informasi bagi beberapa pemakai dengan kebutuhan yang serupa. Para pemakai membentuk suatu entitas organisasi formal perusahaan atau subunit dibawahnya. Bila SIM digunakan dalam dunia pendidikan, semua data yang berkaitan dengan penyelenggaraan pendidikan akan terekam di komputer. Untuk kepentingan pendidikan di TK khususnya TK Aisyiah, telah dilakukan penelitian rancang bangun perangkat Lunak Manajemen Administras. Penelitian ini sangat penting dilakukan karena memperhatikan nilai manfaatnya yang besar bagi masyarakat menuju era digitalisasi.

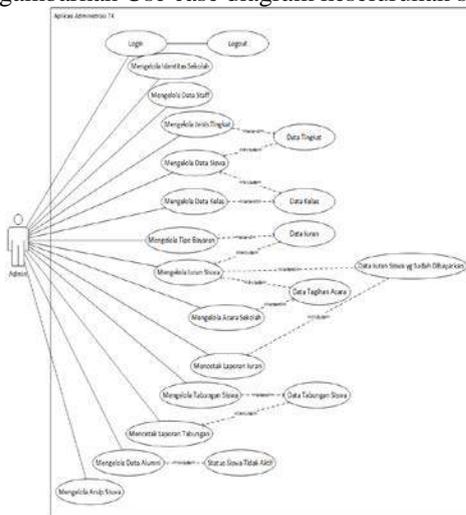
## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah Riset dan Pengembangan untuk perangkat lunak dengan metode pengembangan perangkat lunak *waterfall*, yang meliputi tahapan-tahapan yaitu: komunikasi, perencanaan, analisis dan desain, implementasi, dan *deployment*. Tahap komunikasi dilakukan dalam rangka inisiasi dan menggali kebutuhan-kebutuhan dari

pengguna, dalam hal ini TK Aisyiyah 2 dan 3 Depok. Komunikasi dilakukan untuk mengetahui dan mengamati (observasi) bagaimana sistem yang telah ada (existing system) berjalan. Tahap Perencanaan untuk menyusun jadwal pengembangan perangkat lunak, model perangkat lunak, dan milestone indikasi target capaian. Sedang pada tahap Analisis akan dibuat pemodelan sistem berupa flowchart, algoritma, diagram data dan diagram proses untuk memudahkan tahap implementasi. Pada tahap desain dibuatlah desain teknis yang siap untuk diubah menjadi kode perangkat lunak. Spesifikasi teknis yang disebut dengan *blueprint* ini yang akan diimplementasikan menjadi perangkat lunak. Tahap lanjutnya adalah tahap implementasi adalah tahap pengkodean atau pembuatan perangkat lunak dengan bahasa pemrograman tertentu, pengujian untuk menjamin kualitas dan validitas perangkat lunak. Pengujian dilakukan oleh tim pelaksana dan oleh pengguna (*User Acceptance Test*). Tahap akhir adalah Deployment, dimana aplikasi perangkat lunak akan diinstalasi pada perangkat keras di sekolah dan ujicoba.

### 3. TEORI DASAR

*Use case diagram* merupakan model fungsional sebuah system yang menggunakan actor dan use case. Use case adalah layanan (services) atau fungsi-fungsi yang disediakan oleh system untuk penggunanya. Use case merupakan sebuah pekerjaan tertentu, misal login ke system, meng-create sebuah daftar belanja, dsb. Seorang sebuah actor adalah sebuah entitas manusia atau mesin yang berinteraksi dengan system untuk melakukan pekerjaan-pekerjaan tertentu. Use Case Diagram dapat sangat membantu dalam menyusun kebutuhan sebuah system, mengkomunikasikan rancangan dengan klien, dan merancang test case untuk semua feature yang ada pada system. Gambar 1 menggambarkan Use case diagram keseluruhan sistem.



Gambar 1. Use Case Keseluruhan Sistem

Beberapa kegiatan utama yang dilakukan oleh admin *Use Case Diagram*, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Login : Untuk masuk ke dalam system harus melalui login terlebih dahulu. Proses login dimulai dari admin memasukkan username dan password. Untuk keluar dari system, admin diharuskan menekan tombol logout.
2. Mengelola Identitas Sekolah : seperti nama sekolah, alamat, nomor telepon, Nomor Induk Sekolah, dan foto sekolah.
3. Mengelola Data Staff, seperti NIP, Nama staff, pendidikan terakhir, bidang pendidikan, dan status staff. Admin dapat mencetak seluruh data staff dalam bentuk excel atau .pdf
4. Mengelola Jenis Tingkat, seperti nama dan status tingkat. Data tingkat selanjutnya dapat dipilih dalam form data siswa.
5. Mengelola Data Kelas, seperti nama dan status kelas. Data kelas selanjutnya dapat dipilih dalam form data siswa.
6. Mengelola Data Siswa, seperti NIS, Nama, Tempat Lahir, Tanggal Lahir, Nama Ayah, Nama Ibu, Nomor Telepon, Alamat, Tahun Masuk, Tingkat, Kelas, dan Status Siswa.
7. Mengelola Tipe Bayaran (iuran) dengan cara menambahkan jenis bayaran dan nominal yang harus dibayarkan oleh siswa.
8. Mengelola Acara Sekolah, seperti Nama Acara, Tanggal, Dana yang Dibutuhkan, Status Acara, Nama Siswa yang Ikut. Diperoleh tagihan acara kepada siswa yang ikut berdasarkan pembagian antara dana yang dibutuhkan dan jumlah siswa yang ikut
9. Mengelola Iuran Siswa diisi dengan pencatatan pembayaran iuran dan tagihan acara siswa
10. Mencetak Laporan Iuran dan tagihan acara siswa yang sudah dibayarkan dapat dicetak dalam bentuk excel dan pdf.
11. Mengelola Tabungan Siswa dengan cara memasukkan nominal yang disetor dan tanggal transaksi dilakukan
12. Mencetak Laporan Tabungan siswa, dapat dicetak dalam bentuk excel dan pdf.
13. Mengelola Data Alumni,
14. Mengelola Arsip Siswa, berdasarkan status siswa seperti Aktif, Lulus, Pindah, atau Keluar.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari komunikasi digunakan untuk membuat form yang dikerjakan sebagai Modul master untuk Admin dan Modul operasional untuk operator. Modul master untuk admin berupa : Identitas Sekolah, Data Staff, Data tingkat dalam TK, Data Kelas, dan Data Siswa. Sedangkan modul Operasional untuk operator di TK adalah :Tipe Bayaran, Tabungan Siswa, Iuran

Siswa, Acara Sekolah, Laporan Tabungan, Laporan Iuran, dan Data Alumni.

Pada tahap analisis aplikasi program telah dibuat pemodelan sistem berupa UML (*Unified Modelling Language*) berupa *Use case Diagram*, *Activity Diagram*, *Sequence Diagram* dan *Class Diagram* beserta struktur tabel data yang ada.

Berikut ini adalah hasil dokumen UML yang telah dibuat untuk aplikasi manajemen administrasi di Taman Kanak-Kanak (TK). Pada tahap ini dilakukan pengkodean atau pembuatan perangkat lunak dengan bahasa pemrograman menggunakan Java. Selanjutnya dilakukan pengujian untuk menjamin kualitas dan validitas perangkat lunak. Pengujian dilakukan oleh tim pelaksana dan oleh pengguna (*User Acceptance Test*).

**Menu LOGIN**

Aplikasi perangkat lunak Sistem Manajemen Informasi akan menampilkan form menu Login, seperti pada gambar. Untuk masuk kedalam system, user harus memasukkan username dan password. Untuk mempermudah dalam penggunaan maka Username dan Password menggunakan kata “admin”.



**Gambar 2. Form Login**

Setelah login akan tampil Form Selamat Datang, seperti Gambar 3. Pada form tersebut ada ikon-ikon gambar untuk Identitas Sekolah, Data Staff, Tingkat, Kelas, Data Siswa, Tipe Bayaran, Tabungan Siswa, Iuran Siswa, Acara Sekolah, Laporan Tabungan, Laporan Iuran, Daftar Alumni dan Arsip Siswa

Bila salah satu dari Ikon-ikon tersebut di-klik maka akan tampil isi dari ikon tersebut. Sebagai contoh bila di-klik data staff, maka akan tampil seperti pada Gambar 4. Pada form Data staf terlihat nama staf, pendidikan, bidang ilmu. Bila ingin mengubah isi dari daftar staf, disediakan button untuk menambahkan data staf atau menghapus data staf yang tidak aktif lagi.

Contoh lain adalah Tabungan. Dengan meng-klik ikon Tabungan maka akan terlihat form seperti pada Gambar 5. Dengan meng-klik nama dari siswa yang diinginkan, maka akan terlihat form seperti gambar 6, setelah itu dengan meng-klik “lihat”, maka akan

tampil form seperti pada gambar 7. Misal akan menambahkan tabungan, nilai rupiahnya dapat diisikan pada kolom jumlah, lalu klik “Lihat”, maka hasilnya akan terlihat seperti pada gambar 8, terlihat bahwa jumlah data bertambah demikian juga dengan jumlah total dari tabungan .



**Gambar 3. Form selamat datang**



**Gambar 4. Daftar Staf**



**Gambar 5. Form Tabungan**

Gambar 6. Form pengisian tabungan

NIS	Debet	Tanggal	Saldo
12312x	Rp 1.000,00	2016-12-09	Rp 1.000,00

Gambar 7. Form Daftar Tabungan

NIS	Debet	Tanggal	Saldo
12312x	Rp 3.000,00	2016-12-09	Rp 3.000,00
12312x	Rp 1.000,00	2016-12-09	Rp 4.000,00

Gambar 8. Form total tabungan

**TAHAP DEPLOYMENT**

Tahap ini meliputi instalasi perangkat lunak pada perangkat keras di sekolah dan ujicoba. Setelah sistem berjalan tetap dilakukan pendampingan selama beberapa bulan untuk melihat kinerja dari perangkat lunak. Apabila ada eror maka tim pelaksana akan menjalankan support untuk memperbaiki kesalahan. Pada tahap ini sekaligus akan didapatkan feedback atau respon dari pengguna, baik guru, kepala sekolah, maupun wali murid.

**TAHAP PELATIHAN:**

Pada tahap ini telah dilakukan pelatihan Peserta pelatihan total berjumlah 42 peserta yang terdiri dari: Perwakilan guru TK TK Aisyiyah se-Kotamadya Depok berjumlah 32 orang guru, Pengurus IGABA (Ikatan Guru Aisyiyah Bustanul Athfal) Kota Depok

berjumlah 8 orang, dan Perwakilan dari Dinas Pendidikan Kota Depok berjumlah 2 orang

**TAHAP EVALUASI**

Untuk mengetahui efektivitas tampilan aplikasi SIM dan efektivitas pemakaian aplikasi perangkat lunak dan pelatihan yang diberikan, perlu dilakukan evaluasi dengan menyebarkan angket kepada seluruh peserta pelatihan. Angket berupa kuisioner menggunakan skala 5 skala Linkert. Evaluasi dilakukan dengan menyebarkan dua kuisioner sesuai tujuan evaluasi.

Evaluasi pertama berupa evaluasi tampilan dari aplikasi perangkat lunak, untuk mengetahui apakah rancangan aplikasi perangkat lunak yang dibuat sudah tepat secara teknis. Pertanyaan yang diberikan sekitar tampilan SIM. Hasil dari kuisioner diperlihatkan dengan grafik di gambar 9. Dari grafik tersebut terlihat bahwa tampilan SIM sudah user friendly dan mudah dijalankan (84%). Hanya tampilannya kurang konsisten dan komposisi warna kurang menarik (70%).

Sedangkan hasil kuisioner untuk mengetahui efektivitas pemakaian aplikasi perangkat lunak dan pelatihan yang diberikan, menunjukkan 89.19 % persetujuannya peserta bahwa pekerjaan administrasi TK menjadi lebih mudah dengan adanya komputer. Manajemen TK sangat membutuhkan aplikasi perangkat lunak, peserta menyatakan persetujuannya 88.32 %. Aplikasi perangkat lunak yang dibuat peneliti sesuai dengan kebutuhan TK, dapat digunakan, dan akan digunakan di TK, mendapat 83.3% persetujuan dari peserta. Peserta dapat mengikuti pelatihan dan merasa puas dengan pelatihan penggunaan aplikasi perangkat lunak mendapat 81.67 % persetujuan dari peserta. Persetujuan peserta akan adanya pelatihan lanjutan penggunaan aplikasi perangkat lunak tersebut sebesar 92,48 %.



Gambar 9. Grafik efektifitas tampilan aplikasi

**5. KESIMPULAN**

Dari hasil rancang bangun yang sudah dibuat dan diaplikasikan dapat disimpulkan bahwa

1. Aplikasi dapat mudah digunakan oleh user, hanya butuh peningkatan dalam hal komposisi warna dan konsistensi dari kata yang digunakan,
2. Aplikasi perangkat lunak sistem informasi management dibutuhkan di TK dan untuk itu perlu adanya pelatihan agar guru dan administrasi dapat menjalankan aplikasi tersebut dengan benar.

## REFERENSI

- [1]. Aprianijaya, et.al. "*Analisis Sistem Informasi Manajemen Administrasi Perpustakaan dan Kearsipan Daerah Provinsi Jawa Barat*", Jurnal Mahasiswa Universitas Padjajaran, Vol 1 no. 1 tahun 2012. Bandung. 2012.
- [2]. Dinas Pendidikan Kota Depok, "*Profil Sekolah PAUD*", Depok, 2013.
- [3]. Data Akreditasi TK Aisyiyah 2 Depok, 2014.
- [4]. Data Akreditasi TK Aisyiyah 3 Depok, 2014.

## **Pemodelan Sistem RADAR Untuk Mendeteksi Saluran Kabel Listrik Di Bawah Tanah**

Amir D<sup>1)</sup>, Indrawati<sup>2)</sup> dan Akhyar<sup>3)</sup>

1,2,3 Program Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jl. Medan-Banda Aceh Km.275.5 Lhokseumawe 24375

*e-mail: amir\_pnl@yahoo.com*

### **Abstrak**

Pemodelan sistem radar untuk mendeteksi kabel listrik dibawah permukaan tanah adalah sebuah simulasi bagaimana gelombang radar berpenetrasi kedalam tanah, hingga terjadi pantulan akibat gelombang menemui suatu objek kabel listrik. Waktu tempuh dan panjang lintasan yang dilalui gelombang merambat di dalam tanah selanjutnya diterjemahkan kedalam besaran jarak, untuk mengetahui jarak kabel dari permukaan tanah. Dalam pemodelan ini akan diambil 4 jenis tanah sebagai contoh, yaitu; pasir kering, pasir basah, lempung kering dan lempung basah. Pemodelan menggunakan beberapa model matematik yang dipakai membangun aplikasi. Aplikasi menampilkan bentuk grafis dari hasil perhitungan yang meliputi waktu tempuh gelombang, kecepatan gelombang merambat, estimasi jarak kabel listrik dari permukaan tanah. Hasilnya diketahui bahwa rambatan gelombang tercepat terjadi pada medium pasir kering dengan kecepatan 122,474,487.14 m/dtk sampai 134,164,078.65 m/dtk. Waktu rambatan gelombang tersingkat terjadi pada pasir kering dengan waktu 0,0002 ms - 0,0041 ms, sedangkan akurasi hasil pembacaan jarak kabel dari permukaan tanah berdasarkan hasil simulasi pada ke-4 jenis tanah yang diset dan pada 5 variasi jarak. Secara umum dapat dijelaskan bahwa akurasi minimum sebesar 99,68 dan akurasi maksimum sebesar 99,99 % baik pada kedalaman kabel 1 m, 2m, 3m, 4m dan 5 meter. sementara untuk jarak Tx dan Rx, meter model sistem radar memiliki akurasi minimum sebesar 98.84 dan maksimum sebesar 99,99 %.

### **Abstract**

Radar system modeling for electrical cable detection under the soil describes simulation of how the radar waves penetrate into the soil, until the reflection due to the waves encounter an object as electric cables occur. Time travel and the length of the path traversed the waves propagate in the soil then it is translated into the magnitude of distance, to know the existence and distance of the cable from the surface of the soil. In this modeling four soil types will be taken, namely; dry sand, wet sand, dry clay and wet clay. The results revealed that the fastest wave propagation occurs in dry sand medium with speed 122,474,487.14 m / sec up to 134,164,078.65 m / sec. The shortest time of wave propagation occurs in the dry sand with time ms 0.0002 - 0.0041 ms, whereas the accuracy of the reading of the cable distance of ground based simulation results in all four types of soil that is set and the fifth variation of the distance. In general it can be explained that the minimum accuracy of 99.68 and maximum accuracy of 99.99% well at a depth of 1 m cable, 2m, 3m, 4m and 5 meters. while for distances Tx and Rx, meter model of the radar system has an accuracy of minimum of 98.84 and a maximum of 99.99%.

**Key word:** *gelombang, pemodelan, simulasi, radar*

## **I. PENDAHULUAN**

Permasalahan yang dihadapi dalam memahami dan menganalisa bagaimana memvisualisasi sebuah gelombang pada radar menjalar kedalam tanah dan selanjutnya memantul jika menemui keberadaan kabel listrik serta bagaimana mengkonversi waktu yang dibutuhkan gelombang saat merambat pada lintasan

yang dilalui gelombang tersebut kedalam besaran jarak, sehingga keberadaan kabel listrik di bawah permukaan tanah dapat diketahui. Penelitian-penelitian yang membahas tentang visualisasi sistem radar bawah tanah masih kurang. Pemahaman tentang perilaku gelombang bawah tanah dan bagaimana kemampuan penetrasinya pada beberapa sifat dielektrik tanah akan diuraikan dalam penelitian ini., Pada penelitian ini juga

akan dijelaskan serta dideskripsikan melalui simulasi bagaimana gelombang merambat dan memantul jika mendapatkan objek kabel didalam tanah sehingga tanah tidak bersifat homogen

Dalam pemodelan ini akan diambil 4 jenis tanah yang berbeda, yaitu; pasir kering, pasir basah, lempung kering dan lempung basah. Pemodelan sistem radar ini merupakan sebuah bentuk pendekatan visualisasi untuk melihat perilaku perambatan gelombang ke dalam tanah dan mekanisme pemantulannya, sehingga tingkah laku gelombang didalam tanah seperti waktu yang dibutuhkan gelombang merambat didalam tanah serta seberapa cepat gelombang tersebut berpenetrasi pada keempat karakteristik tanah akan divisualisasikan pada penelitian ini. [1].

Pada penelitian ini, pemodelan akan mendeskripsikan 4 jenis tanah yang berbeda, yaitu; pasir kering, pasir basah, lempung kering dan lempung basah. Pemodelan sistem radar ini merupakan sebuah bentuk pendekatan untuk melihat perilaku perambatan gelombang ke dalam tanah dan mekanisme pemantulan, penyerapan gelombang dalam tanah serta cara menterjemahkan jarak. Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Jaringan Komputer dan Multimedia Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Lhokseumawe.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan kegiatan, yang dimulai dari persiapan, penelitian pendahuluan, pemodel-an, pembuatan program (aplikasi atau membuat simulasi), pengujian software, mengolah data dan kesimpulan. Lebih rinci dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Diagram alir penelitian

## III. TINJAUAN PUSTAKA

Pada tahap ini, kegiatan penelitian dilakukan untuk merancang model simulasi yang merepresentasikan keadaan nyata dalam penetrasi gelombang radar yang

menjalar pada medium dalam tanah dan dapat menghitung dan dapat menghitung sifat-sifat gelombang seperti waktu yang dibutuhkan gelombang merambat dalam medium tanah, kecepatan gelombang merambat, panjang lintasan gelombang merambat dalam tanah dan menampilkan hasil perhitungan dalam bentuk grafik waktu fungsi jarak prediksi kabel listrik dalam tanah.

Untuk keperluan pemodelan tersebut, maka diperlukan data-data hasil penelusuran literatur dan model persamaan matematik sebagai acuan untuk membangun model simulasi tersebut. Diharapkan hasil penelitian ini, akan memberikan penguatan teoritis terhadap penelitian sebelumnya

### 3.1 Persamaan Matematik Pemodelan Radar

#### 3.1.1 Pemodelan Radar

Pemodelan adalah rencana, representasi, atau deskripsi yang menjelaskan suatu objek, sistem, atau konsep, yang seringkali berupa penyederhanaan atau idealisasi. Bentuknya dapat berupa model fisik bisa berupa maket, bentuk prototipe, model citra seperti gambar, komputerisasi, grafis, atau rumusan matematis.

Sistem adalah suatu kesatuan yang terdiri komponen atau elemen yang dihubungkan bersama untuk memudahkan aliran informasi, materi atau energi. Beberapa karakteristik dari pada pemodelan sistem dapat dijelaskan secara singkat dalam uraian berikut:

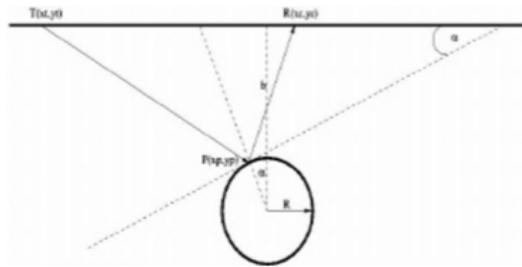
1. Dibuat dalam bentuk grafis dan tambahan keterangan secara tekstual.
2. Dapat diamati dengan pola top-down dan partitioned.
3. Memenuhi persyaratan minimal redundancy.
4. Dapat mempresentasikan tingkah laku sistem dengan cara yang transparan.

Menurut Grady Booch, James Rumbaugh dan Ivar Jacobson Prinsip dari Pemodelan adalah:

1. Memilih model apa yang di gunakan, bagaimana masalahnya dan bagaimana juga dengan solusinya.
2. Setiap Model dapat dinyatakan dalam tingkatan yang berbeda
3. Model yang terbaik adalah yang berhubungan dengan realitas.
4. Tidak pernah ada model tunggal yang cukup baik, setiap system yang baik memiliki serangkaian model kecil yang independen.

Dalam kasus pemodelan sistem radar untuk mendeteksi kabel listrik bawah tanah, maka objek yang akan menjadi target penalaan dengan radar adalah kabel listrik. Cara penalaannya harus melintang dari arah kabelnya, dan hanya dengan cara begini penalaan dilakukan. Apabila dibuat penampang melintang dari posisi kabel di bawah tanah, seperti pada gambar 3.1. Dari gambar tersebut dapat dimodelkan sebuah garis

yang merupakan lintasan sinyal impuls atau S (meter) dari antenna pemancar Tx di koordinat (xt, yt), bertumbu pada sisi kabel di titik P koordinat (xp, yp) dan memantul ke antenna penerima R di titik (xr, yr) [8], [9].

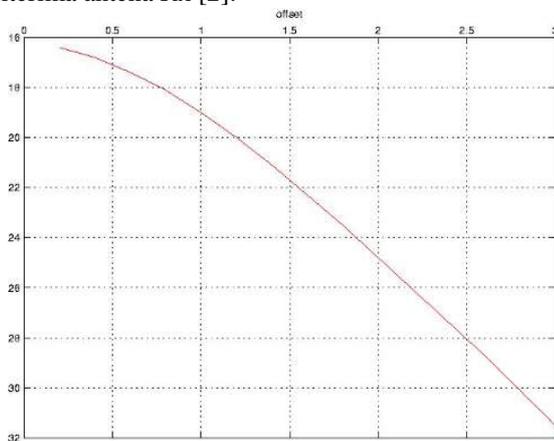


Gambar 3.1 Posisi kabel listrik dengan penampang melintang

$\alpha$  adalah sudut bidang pantul, dan R di tengah-tengah kabel adalah jari-jari kabel. b adalah kedalaman kabel dari permukaan tanah.

$$S = \sqrt{R^2 + b^2 + 2.R.b.\cos \alpha + \sqrt{R^2 - 2R(x_r.\sin \alpha + b \cos \alpha) + x_r^2 + b^2}} \quad (3.1)$$

Sumbu horizontal menggambarkan nilai x atau xr atau sampling dari GPR yang ditunjukkan oleh gambar 3.2. Sumbu vertical menggambarkan waktu tempuh lintasan S, dari mpuls yang dipancarkan antenna Tx dan diterima antenna Rx [2].



Gambar 3.2 Simulasi rumus lintasan S

Sumbu vertical ini bisa diartikan sebagai kedalaman, dengan menggunakan persamaan 2.3., sedangkan waktu atau t yang dibutuhkan gelombang yang menjalar dalam medium tanah dapat dihitung dengan persamaan 3.2.

$$t = \frac{S(X_r, \alpha)}{V} \dots\dots\dots (3.2)$$

dimana V adalah kecepatan rambat tanah rata-rata yang nilainya ditentukan menurut standar nilai tertentu. jari-jari kabel yang sudah ditentukan. Kedalaman dibuat

menu-rut jenjang yang linier, sementara jari-jari kabel disesuaikan dengan sejumlah kabel listrik yang standar ada di lapangan, dan jumlahnya hanya sedikit[5] [10]. Kedalaman objek dapat diketahui dengan mengukur selang waktu antara pemancaran dan penerimaan pulsa. Dalam selang waktu ini, pulsa akan bolak balik dari antenna pemancar ke objek dan kembali lagi ke antenna penerima . Jika selang waktu dinyatakan dalam t, dan kecepatan propagasi gelombang elektromagnetik dalam tanah v, maka kedalaman objek yang dinyatakan dalam h dan dapat dihitung dengan model persamaan 3.3

$$h = \frac{1}{2}t.v \quad (3.3)$$

Untuk mengetahui kedalaman objek yang dideteksi, kecepatan perambatan dari gelombang elektromagnetik haruslah diketahui. Kecepatan perambatan v (m/dtk) tersebut tergantung kepada kecepatan cahaya di udara c (m/dtk), konstanta dielektrik relative medium perambatan  $\epsilon_r$ . Nilai dari konstanta dielektrik relative bergantung pada material tanah [3],[4].

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (3.4)$$

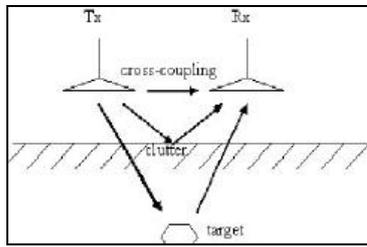
Konstanta dielektrik relative atau permiativitas dielektri dapat ditentukan melalui pengujian atau dari tabel 3.1..

Tabel 3.1 Permeitivitas dielektrik relative material

Material	Konduktivitas (mho per meter)	Relative dielectric permeavitita s
Udara	0	1
Air Murni	$10^{-4}$ sampai $10^{-2}$	81
Air Laut	4	81
Es air tawar	$10^{-4}$	4
Pasir kering	$10^{-7}$ sampai $10^{-4}$	4 sampai 6
Pasir jenuh	$10^{-4}$ sampai $10^{-2}$	30
Lumpur Jenuh	$10^{-3}$ sampai $10^{-2}$	10
Tanah liat (lempung) jenuh	$10^{-1}$ sampai 1	8 sampai 12
Batu pasir basah	$4.10^{-2}$	6
Shale basah	$10^{-1}$	7
Kapur kering	$10^{-4}$	7
Kapur basah	$2,5.10^{-2}$	8
Basalt basah	$10^{-2}$	8
Granit kering	$10^{-4}$	5
Granit basah	$10^{-3}$	7

Pada konfigurasi antenna yang terpisah, tentunya akan menimbulkan kondisi *cross coupling* [6],[7]. Kondisi *cross-coupling* merupakan sinyal yang dikirimkan

secara langsung oleh antenna pengirim ke penerima seperti diperlihatkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Cross Coupliong

Untuk memaksimalkan pada target yang dideteksi maka antara antenna pengirim dan penerima harus dipisahkan dengan jarak berdasarkan persamaan (3.5).

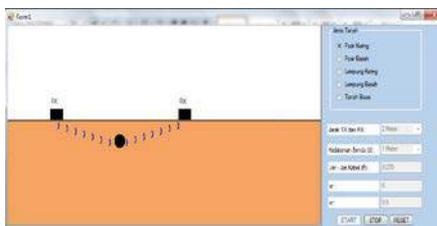
$$S = \frac{2depth}{\sqrt{K - 1}} \quad (3.5)$$

Dimana S adalah jarak antara antenna pemancar dan penerima (m), K adalah konstanta propagasi ( $\epsilon_r$ ), depth kedalaman penetrasi antenna atau jarak antenna dengan tanah. Demikian tinjauan pustaka yang pengusul himpun untuk dijadikan sebagai referensi untuk peneltian yang kami usulkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan

Pemodelan sistem radar untuk men-deteksi kabel listrik di bawah tanah diran-cang dengan mengacu pada gambar 3.1 dan hasilnya diperlihatkan pada gambar 4.1. Pemodelan sistem radar tersebut merupakan deskripsi dari representasi persamaan 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 dan persamaan 3.5.



Gambar 4.1 Model aplikasi sistem radar untuk mendeteksi kabel listrik bawah tanah

Ada 4 komponen utama yang menjadi parameter untuk dihitung pada pemodelan ini untuk memperoleh data pada simulasi system pemodelan radar untuk deteksi kabel listrik bawah tanah, antara lain jarak kabel listrik dari permukaan tanah ( h ) dalam cm, kecepatan gelombang berpenetrasi didalam tanah yang

dipengaruhi oleh karakteristik tanah ( v ), jarak lintasan gelombang menjalar ke dalam tanah ( m), waktu yang dibutuhkan gelombang menjalar dari pemancar Tx menuju kabel listrik selanjutnya dari kabel listrik menuju ke penerima Rx (detik) dan jarak pemancar dan penerima yang diatur untuk meng-hindari terjadinya cross coupling.

4.2 Diameter Objek Kabel Listrik Sebagai Objek Penalaan

Objek yang menjadi target penalaan radar adalah kabel listrik bawah tanah yang ditampilkan dalam bentuk citra grafis. Pada gambar tersebut diperlihatkan sebuah model dalam bentuk sebuah garis yang merupakan lintasan sinyal impuls dari antenna Tx ( Xt, Yt) bertumbu pada sisi kabel dititik P kordinat (Xp, Yp) dan memantul ke antenna penerima R dititik (Xr, Yr) dengan sudut pantul  $\alpha$  dengan jari-jari tengah kabel R dan b adalah kedalaman kabel.

4.3 Jarak Antara Antenna Tx dan Rx (s)

Jarak antara Tx dan Rx di atur dengan tujuan untuk menghindari terjadi cross coupling antara Tx dan Rx. Cross copling dipengaruhi oleh jarak kedalaman kabel dari permukaan tanah b dan besarnya konstanta propagasi yang menjalar didalam tanah. Adapun jarak tersebut di atur pada jarak 1 meter dan 2 meter.

4.4 Jarak Lintasan Gelombang

Kedalaman kabel di atur pada 5 variasi, yaitu 100 cm, 200, cm, 300 cm, 400 cm dan 500 cm. Panjang lintasan gelombang merambat pada ke-4 media tanah bergantung pada kedalaman kabel listrik dan jarak antara Tx dan Rx.

Tabel 4.1 Panjang lintasan gelombang merambat fungsijarak kabel dari permukaan tanah

Kedalaman Kabel h (cm)	Panjang Lintasan Gelombang (cm)
100	223.61
200	412.31
300	608.28
400	806.23
500	1004.99

Dengan mengacu pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.3 serta dengan menggunakan persamaan 3.1, maka hasil perhitungan panjang lintasan gelombang berdasarkan pemodelan simulasi diperlihat-kan pada tabel 4.1..

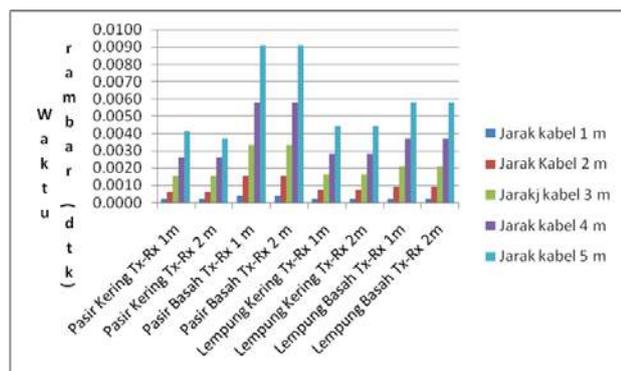
Panjang lintasan gelombang merambat untuk semua jenis tanah sama pada keda-laman kabel h dari permukaan tanah adalah sama. 100 cm adalah 233,6cm, 200 cm adalah 412,31 cm, 300 cm adalah 608,28 cm, 400 cm adalah 806,23 cm dan 500 cm adalah 1004,99 cm.

**4.5. Perilaku Gelombang Dalam Media Tanah**

Observasi perilaku gelombang menjalar dalam media tanah diamati pada 4 jenis tanah yang berbeda, yaitu; pasir kering, pasir basah, lempung kering dan lempung basah. Perilaku tersebut meliputi waktu yang dibutuhkan gelombang merambat di dalam tanah (t), kecepatan rambat gelombang (v), kedalaman kabel listrik dalam tanah (h).

**a. Waktu yang dibutuhkan gelombang merambat di dalam tanah (t)**

Waktu merambat gelombang dalam media tanah bergantung pada jenis tanah dan panjang lintasan serta sifat dielektrik tanah. Waktu rambat gelombang berpenetrasi kedalam tanah dipengaruhi oleh jarak lintasan gelombang saat merambat pada medium tanah dan kecepatan rambat gelombang tersebut berpenetrasi sepanjang lintasannya. Dari hasil simulasi pada jarak kabel dari permukaan tanah, 1 m, 2 m, 3 m, 4 m dan 5 secara berturut - turut diketahui



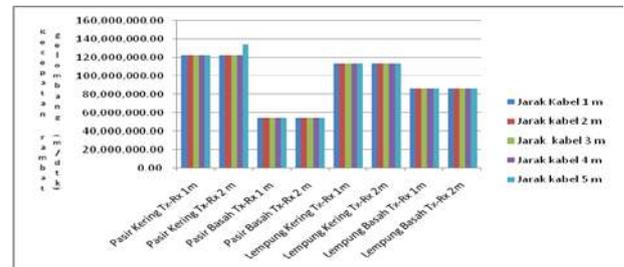
**Gambar 4.2 Kurva waktu rambat gelombang pada beberapa media tanah**

terjadi pada pasir kering dengan waktu rambat sebesar 0,0002 ms - 0,0041 ms, kemudian kedua pada lempung kering yaitu 0,0002 ms – 0,0044 ms, ketiga pada lempung basah dengan waktu rambat 0,0002 ms – 0,0058 ms dan keempat pada pasir basah yaitu 0,0004 ms – 0,0091 ms.

**b. Kecepatan Rambat Gelombang**

Waktu merambat gelombang dalam media tanah bergantung pada jenis tanah. Waktu rambat gelombang berpenetrasi kedalam tanah dipengaruhi oleh jarak lintasan gelombang tersebut merambat pada medium tanah. Jarak lintasan sangat sifat permealitas dielektrik tanah atau konstanta propagasi gelombang pada medium tanah. Dari hasil simulasi pada jarak kabel dari permukaan tanah, 1 m, 2 m, 3 m, 4 m dan 5 m diketahui bahwa penetrasi gelombang pada ke-4 medium tanah yang diuji, diketahui bahwa penetrasi gelombang tercepat merambat pada medium tanah pasir kering yaitu antara 122,474,487.14 m/dtk sampai 134,164,078.65 m/dtk, kedua pada lempung kering

dengan kecepatan 113,389,341.90 m/dtk, ketiga lempung basah dengan kecepatan 86,602,540.37 m/dtk dan keempat 54,772,255.75 m/ dtk. Bagaimana perbandingan kecepatan rambat gelombang pada ke-4 medium tanah tersebut, lebih jelasnya diperlihatkan pada gambar 4.3.



**Gambar 4.3 Kurva kecepatan rambat gelombang pada beberapa media tanah**

**4.6 Kedalaman Kabel Terukur**

untuk mengecek kedalaman kabel h, maka sebelum pengukuran dilakukan setting letak kabel dibawah permukaan tanah pada jarak 1m, 2m, 3m, 4m dan 5 m. Dari hasil pengukuran dengan menggunakan pemodelan tabel 5.10 dan gambar 5.8 diketahui bahwa hasil pengukuran selisih minimumnya terhadap jarak yang sesungguhnya adalah 0,261 cm dan maksimum adalah 1,160 cm

**4.7 Akurasi**

Akurasi hasil pembacaan jarak kabel dari permukaan tanah berdasarkan hasil simulasi pada ke-4 jenis tanah yang diset dan pada 5 variasi jarak. Secara umum dapat dijelaskan bahwa akurasi minimum sebesar 99,68 dan akurasi maksimum sebesar 99,99 % baik pada kedalaman kabel 1 m, 2m. 3m, 4m dan 5 meter. sementara untuk jarak Tx dan R, meter model sistem radar memiliki akurasi minimu sebesar 98.84 dan maksimum sebesar 99,99 %.

**V. Kesimpulan**

\Objek kabel adalah kabel tanah XLPE dengan diameter 70 mm<sup>2</sup>. Jarak kabel listrik b diset pada jarak 1 m, 2m, 3m 4m dan 5m. Panjang lintasan rambatan gelombang untuk kedalaman kabel 100 cm adalah 233,6c cm, 200 cm adalah 412,31 cm, 300 cm adalah 608,28 cm, 400 cm adalah 806,23 cm dan 500 cm adalah 1004,99 cm, sedangkan rambatan gelombang yang tersingkat terjadi pada pasir kering dengan waktu 0,0002 ms - 0,0041 ms, kemudian kedua pada lempung kering yaitu 0,0002 ms – 0,0044 ms, ketiga pada lempung basah dengan waktu rambat 0,0002 ms – 0,0058 ms dan keempat pada pasir basah yaitu 0,0004 ms–0,0091 ms. Rambatan gelombang tercepat terjadi

pada medium pasir kering dengan kecepatan 122,474,487.14 m/dtk sampai 134,164,078.65 m/dtk, kedua pada lempung kering dengan kecepatan 113,389,341.90 m/dtk, ketiga lempung basah dengan kecepatan 86,602,540.37 m/dtk dan keempat 54,772,255.75 m/dtk. Hasil pengukuran memiliki nilai yang sangat dekat dengan keadaan sebenarnya, selisinya sangat kecil yaitu terkecil 0,261 cm dan terbesar 1,160 cm. Akurasi hasil pengukuran untuk mendeteksi jarak keberadaan kabel di bawah permukaan tanah pada jarak Tx-Rx 1 meter dan Tx-Rx 2 meter, nilai terendah adalah 99,17% dan tertinggi 99,95%.

## DAFTAR ACUAN

- [1]. Amir D, dkk, 2015, " Rancang Bangun Radar Untuk Mendeteksi Kabel Listrik Bawah Tanah", Prosiding SNETE Teknik Elektro Unsyiah : ISSN 2088-9984
- [2]. Agus Dwi Prasetyo, 2009, " Deteksi Dan Estimasi Dimensi Dan Lokasi Objek Bawah Tanah Pada Aplikasi Ground Penetrating Radar (Gpr) Berbasis Pengolahan Sinyal C-Scan", ittelkom
- [3]. Benson, A. K. (1995). "Applications of ground penetrating radar in assessing some geological hazards: examples of groundwater contamination, faults, cavities." J. of Applied Geophysics, 33 (1-3), 177-193.
- [4]. Buder, R. (1996). The Invention That Changed the World. Simon & Schuster
- [5]. Daniels, D.J. (2004). Ground-Penetrating Radar - 2nd Edition. IEEE Radar, Sonar, Navigation And Avionic Series 15.
- [6]. D. J. Daniel, 1996, Surface Penetrating Radar, The Institution of Electrical Engineers.
- [7]. Folin Oktafani, 2011, ' Ground Penetrating Radar untuk Mendeteksi Benda-benda di Bawah Permukaan Tanah, P2 Elektronika dan Telekomunikasi – LIPI
- [8]. Prastuti Sulistyorini, 2009, Definisi, Karakteristik dan Prinsip-Prinsip Pemodelan Sistem, Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK Volume XIV, No.1, Januari 2009 : 23-29 ISSN : 0854-9524
- [9]. Yudi Yulius M dkk, 2009, Studi Pemrosesan dan Visualisasi Data Ground Penetrating Radar, Telekomunikasi LIPIyudi@ppet.lipi.go.id
- [10]. Yumarsono Muhyi, 2003, "Deteksi Kabel Listrik Bawah Tanah Dengan Otomata",

# **Disain Kualitas Daya Pada Instalasi Listrik yang Menggunakan Beban Non Linier Di Gedung Bengkel Listrik Politeknik Negeri Jakarta**

Kusnadi dan A.Damar Aji

Jurusan Teknik Elektro, Prodi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Jakarta, Jl.Prof Siwabessy, Kampus UI Depok 16422, Indonesia.

*E-mail: kusnadi1957@gmail.com*

## **Abstrak**

Untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, komersial, instansi pemerintah, industri, dan sebagainya. dibutuhkan energi listrik yang berkualitas. Beban-beban non linier merupakan beban yang menggunakan peralatan mesin-mesin listrik, konverter daya sebagai pengendali motor-motor listrik maupun beban yang menggunakan perangkat elektronik seperti lampu yang berballast elektronik (Lampu SL atau LED). Efek penggunaan tersebut akan mengakibatkan turunya kualitas daya pada sistem distribusi tenaga listrik, akibat dari adanya harmonik. Kualitas Daya adalah syarat umum yang menggambarkan karakteristik parameter catuan seperti arus, tegangan, frekuensi dan bentuk gelombang dibandingkan dengan standar atau referensi. Penelitian ini untuk merancang dan menganalisis parameter kualitas daya yang berupa nilai dari THD% di Bengkel listrik PNJ yang digunakan sebagai sarana praktek mahasiswa yang banyak menggunakan peralatan beban non linier yang terdiri dari instalasi motor- motor listrik, dan lampu fluorescent yang menggunakan ballast elektronik. Seluruh aplikasi peralatan tersebut akan menarik arus/tegangan dari sistem secara nonsinusoidal dan membuat gelombang menjadi terdistorsi. Arus/Tegangan akan mengandung komponen harmonik, yang secara keseluruhan menyebabkan kualitas daya pada sistem akan menjadi buruk. Kualitas daya yang rendah akan menimbulkan gangguan terjadinya pemanasan yang lebih pada peralatan, sehingga peralatan yang terpakai akan cepat rusak. Hasil penelitian menunjukkan Kapasitor Bank yang digunakan di bengkel listrik sebesar 30 KVAR dan Hasil penelitian menunjukkan THD% rata-rata pada fasa R=22,99%, S=23,28%, T=23,59% pada saat tanpa Kapasitor Bank, setelah menggunakan kapasitor Bank terjadi penurunan THD% rata-rata menjadi R=5,10%, S=5,20%, T=5,18%. Dari analisa didapatkan juga, dengan kapasitor Bank dapat menaikkan faktor daya rata-rata fasa R=0,75, S=0,73, T=0,71 menjadi fasa R = 0,9, S = 0,9, T = 0,95.

**Keywords:** *Kualitas daya, Bengkel Listrik, Capasitor Bank, THD.*

## **I. Pendahuluan**

### **1.1. Latar Belakang**

Pemanfaatan energi listrik ini secara luas telah digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, komersial, instansi pemerintah, industri, dan sebagainya. Maka dari itu agar kebutuhan energi listrik yang berkualitas perlu ada standar pengujian. Pengujian dapat dilakukan pada terminal Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR), yang merupakan penghubung energi listrik ke instalasi pengguna yang berupa beban –Linier dan Non Linier. Beban-beban non linier merupakan beban yang menggunakan peralatan mesin-mesin listrik, konverter daya sebagai pengendali motor-motor listrik maupun beban yang menggunakan perangkat elektronik seperti

lampu yang berballast elektronik (Lampu SL atau LED). Efek penggunaan tersebut akan mengakibatkan turunya kualitas daya pada sistem distribusi tenaga listrik, akibat adanya harmonik.

Kualitas Daya adalah syarat umum yang menggambarkan karakteristik parameter catuan seperti arus, tegangan, frekuensi dan bentuk gelombang dibandingkan dengan standar atau referensi. Kualitas Daya dapat dikatakan sebagai Syarat Mutu *energy* listrik yang terjadi karena anomali pada parameter kelistrikan dalam komponen *Energy Supply*-nya. *Supply*

Energi listrik dari perangkat Diesel Genset ke Konversi Daya Listrik sampai ke beban dioperasikan dalam batas toleransi pada parameter kelistrikannya seperti

tegangan, arus, frekuensi dan bentuk gelombang. Anomali dan deviasi diluar batas toleransi pada parameter tersebut mempengaruhi kualitas daya yang menyebabkan operasi tidak efisien dan dapat merusak perangkat. Salah satu yang menjadi masalah kualitas daya adalah timbulnya harmonik. Kualitas daya yang berupa harmonik merupakan suatu fenomena yang terjadi akibat dioperasikannya beban-beban non linier listrik. Beban listrik nonlinier adalah beban listrik yang memiliki sifat menyimpang dari hukum Ohm, dimana tegangan, arus dan hambatan atau impedansi tidak sebanding, artinya respon tegangan yang diberikan pada beban tidak sebanding dengan arus beban yang muncul. Penyebab utama terjadinya gangguan harmonisa pada sistem tenaga listrik adalah banyaknya pemakai peralatan yang merupakan beban-beban nonlinier, seperti komputer, lampu hemat energi, seperti air conditioner, TV, kulkas, oven microwave dan lain sebagainya.

Tahap awal dari penelitian ini adalah mengambil data dari Bengkel listrik PNJ. Bengkel listrik sebagai sarana praktek mahasiswa di Politeknik Negeri Jakarta banyak menggunakan peralatan beban non linier yang terdiri dari instalasi motor- motor listrik, dan lampu fluorescent yang menggunakan ballast elektronik. Seluruh aplikasi peralatan tersebut akan menarik arus/tegangan dari sistem secara nonsinusoidal dan membuat gelombang menjadi terdistorsi. Arus/Tegangan akan mengandung komponen harmonik, yang secara keseluruhan menyebabkan kualitas daya pada sistem akan menjadi buruk. Kualitas daya yang rendah akan menimbulkan gangguan terjadinya pemanasan yang lebih pada peralatan, sehingga peralatan yang terpakai akan cepat rusak.

Kebutuhan daya listrik di Bengkel Listrik Politeknik Negeri Jakarta dengan beban non-linier yang berupa motor-motor listrik, konverter daya yang berupa Inverter dan lampu penerangan sebesar 103,44 Kw yang terdiri dari:

No	Jenis Beban	Quantity	Daya	Total Daya
1	Motor Induksi 3 phase	12	0.75 kW	9 kW
2	Pole Change Induction Motor	12	4 kW	48 kW
3	Motor Induksi 3 phase	12	0.75 kW	9 kW
4	Motor Induksi 3 phase	12	1.5 kW	18 kW
5	Tube Lamp	36	40 W	1.44 kW
6	Inverter	2	4 kW	8 kW
			Total Daya	103.44 kW

Kusnadi (2010) Hasil Penelitian mandiri yang dilakukan di bengkel listrik Politeknik Negeri Jakarta dengan beban motor-motor listrik dan lampu penerangan yang merupakan beban non linier. Hasil penelitian menunjukkan parameter kualitas daya berupa THD% pada kondisi beban penuh ( kondisi praktek mahasiswa), menunjukkan nilai rata-rata sebesar 25,14 % dengan Power factor sebesar 0,74 , sedangkan pada kondisi beban nol menunjukkan nilai THD% sebesar 12,6 % dengan Power Faktor sebesar 0,82 . Kondisi tersebut belum sesuai dengan standard IEEE tahun 1992 yaitu THD kurang dari 5 % , sedangkan Power factor yang diizinkan oleh PLN sebesar 0,84.

Pada tahun 2015 sarana bengkel listrik ditambah dengan memanfaatkan Konverter Daya yang berupa Variable frekuensi Drive ( Inverter) untuk pengendalian kecepatan motor listrik, sehingga kemungkinan THD % akan meningkat dan Power Faktor akan menurun, oleh karena itu penelitian ini diarahkan untuk evaluasi kualitas daya serta cara menanggulangnya yang diharapkan sesuai dengan standard yang direkomendasikan oleh IEEE tahun 1992, THD% kurang dari 5 % . Adanya pemanasan diluar standard dari SPLN D3.016-2010 akan mengakibatkan terjadinya kerusakan pada komponen peralatan Sistem Tenaga Listrik.

Penelitian ini merupakan langkah awal evaluasi kualitas daya pada instalasi listrik akibat pemakaian beban non lini yang terdiri dari motor-motor listrik, lampu SL dan konverter Daya untuk pengendalian motor listrik dan solusinya, yang selama ini belum dilakukan di Politeknik Negeri Jakarta . Bengkel listrik Politeknik Negeri Jakarta dibuat sampel , karena banyak menggunakan beban-beban non linier untuk kebutuhan praktek mahasiswa.

## 1.2. Permasalahan

Mengingat bahwa kebutuhan daya listrik yang diperlukan pada sistem distribusi tenaga listrik harus sesuai dengan standard dari IEEE tahun 1992 yaitu; Total Harmonic Distortion ( THD%) harus lebih kecil dari 5 % .

1. Evaluasi THD% dan Power Faktor yang timbul akibat penggunaan beban non linier di Bengkel Listrik Politeknik Negeri Jakarta dan yang dilakukan panel terminal jala-jala- R-S-T di Penghubung bagi (PHB)
2. Bentuk gelombang yang terdistorsi akibat beban non linier pada jala-jala R-S-T di terminal PHB
3. Cara menanggulangi akibat dari kualitas daya yang buruk yang tidak memenuhi standar dari IEEE tahun 1992, yang berupa pemasangan kapasitor bank.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini secara khusus bertujuan untuk mendisain kualitas daya akibat penggunaan beban nonlinier , Dengan adanya Disain tersebut diharapkan ada solusi

untuk menanggulangnya, sehingga kualitas daya akan baik sesuai standar yang telah ditetapkan oleh IEEE thn 1992. Dengan demikian akan didapatkan tujuan yang lebih luas yaitu :

- a. Bagi institusi akan mendapatkan data tentang kualitas daya yang ada di Bengkel Listrik yang nantinya dapat dikembangkan ke bengkel lain atau Laboratorium yang banyak menggunakan beban-beban non Linier dalam kegiatan prakteknya.
- b. Mendapatkan data THD%, dan power fator sebagai parameter dari kualitas daya
- c. Mendapatkan solusi untuk memperbaiki kualitas Daya yang buruk akibat penggunaan beban-beban non linierpada suatu Instalasi listrik

## II. Metode Penelitian

Metoda penelitian yang digunakan dalam mengevaluasi kualitas daya pada beban non linier dengan menggunakan alat ukur Power Quality Meter untuk mengukur nilai nTHD % serta Power Faktor yang dilakukan pada terminal Penghubung Bagi (PHB) yang ada di Bengkel Listrik. Dari data tersebut akan dianalisa dan diambil solusiagar sesuai dengan standar yang diinginkan oleh IEEE tahun 1992.



Gambar 1. Diagram Alir Metoda Penelitian

Adapun langkah untuk metoda Penelitian:

1. Studi Literatur tentang Kualitas Daya berupa parameter Harmonik dan Power Faktor
2. Pengujian Nilai Harmonik yang berupa THD%, Spektrum frekuensi, gelombang arus/tegangan. Power Faktor dan nilai efisiensi daya pada kondisi beban non linier di panel PHB.
3. Mencari solusi pada kondisi THD tidak sesuai dengan IEEE tahun 1992 sebesar lebih kecil dari 5 % , Power Faktor 0,9-1,0serta mengetahui

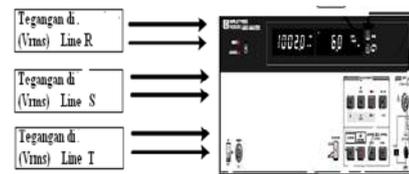
kondisi gelombang tegangan arus yang terdistorsi

4. Disain dari Capasitor Bank untuk memperbaiki THD% dan PF
5. Pemasangan pada panel PHB di Bengkel Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta
6. Pengujian THD%, Power Faktor, Efisiensi Daya, Spektrum frekuensi dan gelombang Arus/Tegangan
7. Analisa dan kesimpulan

## III. Hasil dan Pembahasan,

Pengukuran Total Harmonic Distortion (THD) untuk Gedung Bengkel Listrik

### 3.1. Prosedur Pengukuran



Gambar 1. Pengukuran THD% Pada Terminal RST Tanpa Kapasitor Bank

### 3.2. Data Hasil Pengukuran

Data – data hasil pengukuran Total Harmonic Distortion pada Gedung Bengkel Listrik

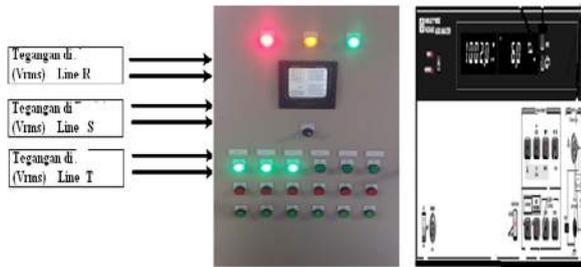
Tabel 3.1. Hasil Pengukuran THD% Menggunakan menggunakan Distortion Analyzer HP8903E tanpa kapasitor Bank, kondisi beban penuh

Waktu	HP8903E Analyzer		
	THD (%)		
	Line R	Line S	Line T
8:30	24.66	24.69	24.79
9:30	24.97	24.99	25.08
10:30	24.57	24.6	24.68
11:30	24.63	24.69	14.78
12:30	23.72	23.86	23.92
13:30	20.17	20.29	20.19
14:30	20.25	20.36	20.27
15:30	20.02	20.13	20.04
THD Rata-rata	22.87	22.95	21.72

Dengan menggunakan rumus :

$$PF = \frac{1}{\sqrt{1 + \left[\% \frac{THD}{100}\right]^2}} DPF$$

Power Faktor Rata-rata: R = 0,75 , S=0,73 , T= 0,71



Gambar 2. Pengukuran THD% pada Terminal RST dengan Kapasitor Bank

Tabel 3.2. Hasil Pengukuran THD menggunakan HP8903E menggunakan kapasitor Bank 30 KVAR pada saat beban penuh

Waktu	Distortion Analyzer		
	THD (%)		
	Line R	Line S	Line T
8:30	5.02	4.91	5.24
9:30	4.98	4.95	5
10:30	5	4.98	4.96
11:30	4.92	5.16	4.99
12:30	5.96	4.93	4.98
13:30	4.96	4.97	5
14:30	4.9	5	5.16
15:30	4.19	5.23	5.18
THD Rata-rata	4.99	5.02	5.06

(Beban motor terpakai semua dan lampu penerangan )

$$PF = \frac{1}{\sqrt{1 + \left[\% \frac{THD}{100}\right]^2}} DPF$$

Power Faktor Rata-rata: R = 0,9 , S=0,9 , T=0,9

Tabel 3.3. Hasil Pengukuran THD menggunakan HP8903E tanpa menggunakan kapasitor Bank 30 KVAR, untuk beban nol

WAKTU	Distortion Analyzer		
	THD(%)		
	Line R	Line S	Line T
8:30	14,22	13,87	13,99
9:30	14,20	14,0	14,84
10:30	14,0	14,25	14,97
11:30	14,26	14,16	14,27
12:30	14,18	14,12	13,98
13:30	14,42	14,62	14,89
14:30	14,97	14,20	14,90
15:30	14,22	13,99	14,52

$$PF = \frac{1}{\sqrt{1 + \left[\% \frac{THD}{100}\right]^2}} DPF$$

Power Faktor Rata-rata: R = 0,84 ; S= 0,9; T = 0.9

#### IV. Kesimpulan

1. Kualitas daya yang berupa harmonik merupakan suatu fenomena yang terjadi akibat dioprasikannya beban listrik nonlinier yang berupa beban motor-motor listrik dan penggunaan lampu SL.
2. Total Harmonic Distortion(THD%) yang merupakan parameter dari kualitas daya dapat diperbaiki dengan menggunakan Kapasitor Bank
3. Dengan menggunakan Kapasitor Bank sebesar 30KVAR terjadi penurunan THD rata-rata untuk fasa R=17,98%,S=18,08, T=20,41%, serta terjadi kenaikan Power Factor (PF) rata-rata untuk fasa R= 0,15 ,S=0,17,T=0,19 pada kondisi beban penuh.
4. Pada kondisi beban penuh tanpa menggunakan kapasitor, rata-rata THD% untuk fasa R=22,99% ,S=23,28% , T= 23,59%, sedangkan setelah menggunakan kapsitor bank 30 KVAR terjadi penurunan THD% untuk rata-rata fasa R= 5%,S=5%, T=5%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- 1) <http://kurniawanpramana.wordpress.com/2012/09/29/masalah-kualitas-daya-menurut-ieee-std-1159-2009/> di akses pada tanggal 15 mei 2014 pukul 15.53

- 2) <http://dunia-listrik.blogspot.com/2010/03/kualitas-daya-listrik-power-quality.html> di akses pada tanggal 15 mei 2014 pukul 15.54
- 3) <http://liangirsang.blogspot.com/2013/01/mpi-perbaikan-kualitas-daya-listrik.html> di akses pada tanggal 15 mei 2014 pukul 16.20
- 4) Crothall Asset Management, Inc. (CAM), 2014. *Energy Infrastructure Upgrades Equate to Major Cost Savings*, < <http://www.crothall.com>> accessed November 14<sup>th</sup>,
- 5) Dugan, Roger C (1996), "Konsep Kualitas Daya Listrik,".
- 6) Firmansyah, Ifhan, 2010. "Studi Pemasangan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya PT. Asian Profile Indosteel", Skripsi Jurusan teknik Elektro FTI ITS Surabaya,
- 7) Hasan, Rahman Rifai and Hermawan, Hermawan and Handoko, Susatyo, 2012. "Analisis Pengaruh Pemasangan Kompensator Kapasitor Seri Terhadap Stabilitas Sistem Smib Dan Sistem IEEE 14 Bus", Undergraduate thesis Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip,
- 8) IEEE Standart 18, 1980. "IEEE Standart for Shunt Power Capacitor",
- 9) Irwin Lazar, 1980. "Electrical System Analysis and Design For Industrial Plants", Mc Graw-Hill Book Company,
- 10) Ismail, Nur, 2010. "Analisis Perbaikan Faktor Daya Untuk Penghematan Biaya Listrik Di PT. Pertamina Instalasi Surabaya Group", Skripsi Jurusan teknik Elektro FTI ITS Surabaya,
- 11) Sen, PC, 1992. "Power Electronics" Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi
- 12) Mohan, 1996. "Power Eleetctronic, Converter, Applications and Design" John Willey and Sons, Inc, Singapore
- 13) Aswardi, 1996 Simulasi converter ABB-AS 3 fasa dengan beban motor AS menggunakan Paket Program P Spice, WECT Proceeding, ITB, Bandung
- 14) Paice, Derec, 1998. Power Electronics Converter Harmonics, IEEE Press
- 15) Pujiantara, M, 2003. Journal Of Electrical and Electronics Engineering, Oktober, Volume 1, number 2
- 16) Mohan, Ned, 2003. "Power Electronics And Drives" <http://www.MNPERE.com>
- 17) LAB-VIEW, 2009. National Instrument, Texas.
- 18) Rashid, MH. 2010 "Power Electronics Hand Book", AP
- 19) Kusnadi, 2012. Tesis S2 UI, Konverter tiga phasa terkendali terhadap THD (Total Harmonic Distortion) untuk beban induktif berbassi LAB-VIEW
- 20) <http://2007Journal.e.e.unila.ac.id/Priliasari,F>
- 21) Joliet Teknologi Simoreg RA 70, 2010, Converter. <http://www.joliettech.com>
- 22) Sigh, Sunil Kumar, Accereleration and Deceleration. <http://Cnx.org/content.com/2010>
- 23) <http://Electricitytheworld.blog.spot.com/2011>
- 24) <http://Journal.e.e.unila.ac.id/Priliasari,F/2007>
- 25) Tinus, A. 2007. Studi Pengaruh Capasitor Bank Switching Terhadap Kualitas Daya Listrik Di Gardu Induk Waru PLN P3B, Surabaya : Universitas Kristen Petra,
- 26) Schneider. 2005. *Overload Relay Trip Curves Selection Index Class 2510.8536*
- 27) Anonim. 2006. <http://sekawan-serviselectronic.blogspot.com/2012/05/fungsi-kapasitor-bank-buat-kelistrikan>
- 28) Zainur. 2013. <http://zainurmalang.blogspot.com/2013/05/jenis-jenis-beban-listrik>
- 29) Anonim. 2015. <https://id.wikipedia.org/wiki/Harmonisa>



Diterbitkan oleh :  
Jurusan Teknik Elektro  
Politeknik Negeri Jakarta  
Email : [snte@elektro.pnj.ac.id](mailto:snte@elektro.pnj.ac.id)

