

JURNAL

EOTIPE

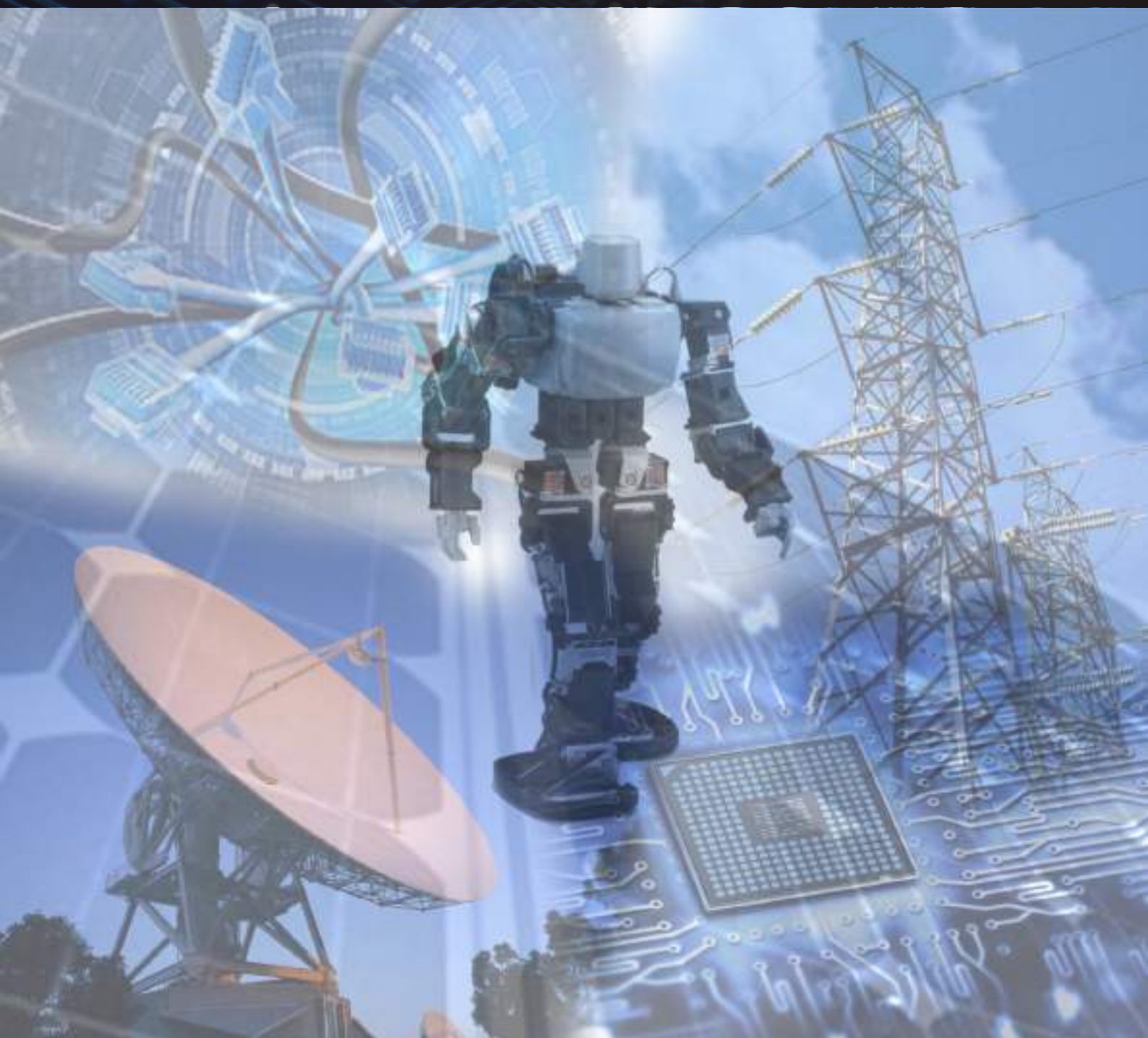
p-ISSN 2355-5068

e-ISSN 2622-4852

Terakreditasi Kemenristekdikti (SINTA 4), SK. No.10/E/KPT/2019

Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering

Volume 8, Nomor 1, April 2021



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BANGKA BELITUNG



Dewan Redaksi

Penerbit

Jurusan Teknik Elektro Universitas Bangka Belitung

Ketua Redaksi

Rudy Kurniawan, S.T., M.T.

Manajer Jurnal

Muhammad Yonggi Puriza, S.T., M.T.

Mitra Bestari

Prof. Ir. Refdinal Nazir, M.S., Ph.D.
Dr. Triwahju H., S.T., M.T.
Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T.
Dr. Tedy Juliandhy, S.T., M.Eng.
Dr. Yuli Asmi Rahman, S.T., M.Eng.
Dr. Prajna Deshanta Ibnugraha, S.T., M.T.
Dr. Riko Arlando Saragih, S.T., M.T.
Dr. Sabhan Kanata, S.T., M.Eng.
Anton Yudhana, S.T., M.T., Ph.D.
Made Andik Setiawan, S.S.T., M.Eng., Ph.D.
Wahri Sunanda, S.T., M.Eng.
Hanalde Andre, S.T., M.T.
Rika Favoria Gusa, S.T., M.Eng.
Eka Prakarsa, M.T., Ph.D.
Andri Ashfahani, S.T., M.T.

Editor

Dr. Munirul Ula, S.T., M.Eng.
Welly Yandi, S.Pd., M.T.
Asmar, S.T., M.Eng.
Mohamad Abdul Hady, S.T., M.T.
Ghiri Basuki Putra, S.T., M.T.

Staf Administrasi

Ridwan Andrian, S.T.
Hendy, S.T.

Jurnal Ecotipe terindeks pada:



Alamat Redaksi:

Gedung Dharma Penelitian
Jurusan Teknik Elektro - Fakultas Teknik
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung
Balunujuk, Kab. Bangka, Prov. Kep. Bangka Belitung
Telp. (0717) 4260033 ext. 2125, 2128
Laman : <http://journal.ubb.ac.id/index.php/ecotipe>
e-Mail : jurnal.ecotipe@yahoo.com/jurnal.ecotipe@gmail.com

Kata Pengantar

Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering) Jurusan Teknik Elektro Universitas Bangka Belitung saat ini telah terakreditasi oleh Kementerian Riset dan Teknologi berdasarkan SK.No.10/E/KPT/2019 dengan peringkat SINTA4.

Saat ini, Jurnal Ecotipe Vol.8 No.1, April 2021 telah diterbitkan. Pada jurnal edisi kali ini cover tidak mengalami perubahan, namun susunan redaksinya terdapat perubahan dan penambahan dari edisi sebelumnya.

Fokus dan ruang lingkup Jurnal Ecotipe meliputi bidang Teknik Elektronika, Teknik Kontrol, Teknik Telekomunikasi, Teknik Informatika dan Informatika, dan Teknik Listrik/Ketenagalistrikan baik dari berbagai akademisi maupun praktisi industri dari instansi pemerintah maupun swasta. Harapan kami pada edisi selanjutnya akan lebih banyak memuat tulisan-tulisan ilmiah dari hasil penelitian dan hasil pemikiran penulis di luar lembaga sehingga menjadi wadah untuk membuka wacana ilmiah yang lebih luas.

Penghargaan setinggi-tingginya kami sampaikan kepada Mitra Bestari atau Reviewer, Dewan Redaksi, Penulis dan semua pihak yang terlibat dalam penyusunan dan penerbitan Jurnal Ecotipe edisi ini. Semoga jurnal ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan keilmuan di bidang Teknik Elektro pada khususnya dan Teknik pada umumnya. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun tetap kami harapkan perbaikan dan perbaikannya demi kemajuan Jurnal Ecotipe ini.

Editorial in chief

p-ISSN 2355-5068
e-ISSN 2622-4852



DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
<i>Lux Meter Sebagai Alat Ukur Intensitas Cahaya Lampu Operasi Berbasis Arduino Uno R3</i> Nur Hudha Wijaya, Sutrismo	1-8
<i>Desain Penyeimbangan Sel Baterai Lithium-Ion dengan Teknik Cell-to-Cell Charging Mode pada Battery Management System (BMS)</i> Khaeruddin, Wijono, Rini Nur Hasanah	9-15
<i>Analisis dan Perancangan Jaringan Komputer Tanpa Harddisk (Diskless) pada Laboratorium Jaringan AKN Pacitan Menggunakan Metode Preboot Execution Environment (PXE)</i> Bagus Julianto, Kurnianto Tri Nugroho, Danny Febryan	16-23
<i>Optimalisasi Pemanfaatan Grid Connected Rooftop Solar Photovoltaic (SPV) Sebagai Pengembangan Green Energy System</i> Harmini, Titik Nurhayati	24-32
<i>Rancang Bangun Aplikasi Sistem Inventory dengan Barcode di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Bangka Belitung</i> Asmar, Ghiri Basuki Putra	33-38
<i>Pemanfaatan Logika Fuzzy sebagai Pengendali Steering pada Hardware In the Loop Mobil Listrik Otomatis</i> Caroline, Rudiyanto Thayeb, Hermawati, Wirawan D. Harsanto, Suci Dwijayanti, Bakti Y. Suprpto	39-46
<i>Perbandingan Efisiensi Konversi Energi Panel Surya Tipe Polycrystalline dengan Panel Surya Monocrystalline Berbasis Arduino di Kota Pangkalpinang</i> Muhammad Yonggi Puriza, Welly Yandi, Asmar	47-52
<i>Kajian Penanganan Tumpahan Minyak Menggunakan Oil Skimmer Tipe Rotary Disc pada Jenis Bahan Bakar Berbeda</i> Supriyono, Muhamad Yusuf, Taufiq Nurrohman	53-58

Lux Meter Sebagai Alat Ukur Intensitas Cahaya Lampu Operasi Berbasis Arduino Uno R3

Nur Hudha Wijaya¹, Sutrimo²

¹Program Studi Teknologi Elektro-medis, Program Vokasi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

²Program Studi Teknologi Elektro-medis, Program Vokasi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

*nurhudhawijaya@umy.ac.id

ABSTRACT

The light intensity in the operating room has a special standard, it is different from the light intensity in the reading room, classroom or other room, so the light intensity needs to be known, because it adjusts the needs and functions of the lighting itself. The lamps used for operating lighting must meet the requirements stipulated by the law issued by the Ministry of Health, good lighting is sufficient lighting according to its use, for operating rooms that are 300-500 Lux and for operating tables 10,000-20,000 Lux. The problem in the field is that not all hospitals have a lux meter measuring instrument, so when taking measurements if there is a lighting mismatch, a third party must be called. The research method used is an experimental method, the design of the lux meter that has been made has been successful and it is necessary to test it with a calibration tool, in this case the calibration test is carried out in the hospital, based on the calibration test data showing satisfactory results. Measurement data has been tested 20 times at a distance of 1 meter and 20 times at a distance of 1.5 meters. Based on the measurement and comparison of data, it can be concluded that the error of the tool is relatively low, namely 0.01% at a distance of 1 meter with a difference of 2 lux, and an error value of 0.23% at a distance of 1.5 meters with a difference of 24 lux. For distance measurement and timer, the error is 0% so it has a difference of 0%.

Keywords : Light, Distance, Timer, Lux meter, Operating lights

INTISARI

Cahaya dalam ruang operasi memiliki standar intensitas penerangan khusus, hal tersebut berbeda dengan intensitas cahaya di ruang baca, kelas maupun ruang lainnya, maka intensitas cahaya perlu diketahui, karena menyesuaikan kebutuhan dan fungsi pencahayaan itu sendiri. Lampu yang digunakan untuk penerangan operasi harus memenuhi syarat yang telah ditentukan berdasarkan undang-undang, pencahayaan yang baik adalah pencahayaan yang cukup sesuai dengan kegunaannya, untuk ruang operasi yaitu 300-500 Lux dan untuk meja operasi 10.000-20.000 Lux. Permasalahan di lapangan belum semua Rumah Sakit memiliki alat ukur lux meter, sehingga pada saat melakukan pengukuran jika terjadi ketidak sesuaian pencahayaan, harus memanggil pihak ketiga, dari permasalahan tersebut agar tidak ketergantungan terhadap pihak ketiga, maka metode penelitian ini yang digunakan adalah metode eksperimen, dengan pemrograman arduino uno R3, rancang bangun lux meter yang dibuat telah berhasil dan sudah dilakukan pengujian dengan alat kalibrasi, dalam hal ini uji kalibrasi dilakukan di rumah sakit. Berdasarkan data uji kalibrasi menunjukkan hasil yang cukup baik, pengukuran data telah diuji coba sebanyak 20 kali dengan jarak 1 meter dan 20 kali pada berjarak 1,5 meter. Berdasarkan pengukuran dan perbandingan data, dapat dihasilkan bahwa didapatkan *error* dari alat tersebut relatif rendah, yaitu 0,01% pada jarak 1 meter dengan perbedaan 2 lux, dan nilai *error* 0,23% pada jarak 1,5 meter dengan 24 lux perbedaan. Untuk pengukuran jarak dan penghitung waktu didapatkan kesalahan 0% sehingga memiliki selisih 0%.

Kata kunci: Cahaya, Jarak, Timer, Lux meter, Lampu operasi

I. PENDAHULUAN

Alat yang digunakan untuk mengukur besarnya intensitas cahaya di ruang tertentu merupakan lux meter. Untuk mengetahui besarnya intensitas cahaya,

diperlukan sensor yang peka dan linier terhadap cahaya. Semakin jauh jarak sumber Semakin kecil nilai yang ditunjukkan maka besarnya intensitas cahaya akan semakin berkurang, jika semakin jauh jarak sensor terhadap cahaya, begitu sebaliknya,

intensitas cahaya yang di tunjukkan oleh lux meter semakin tinggi jika sensor semakin dekat dengan sumber cahaya, [1] [2].

Kesulitan yang sering dialami oleh fasilitas layanan kesehatan dalam menentukan intensitas cahaya terutama ruang operasi yaitu pengukuran intensitas cahaya, karena kalibrasi lampu operasi, dilakukan oleh pihak ketiga, oleh karena itu dengan alat hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengurangi ketergantungan fasilitas layanan kesehatan terhadap pihak ketiga. Realisasi dilapangan pada saat mengkalibrasi ruang operasi yaitu jarak pengukuran intensitas cahaya lampu operasi ditentukan terlebih dahulu dengan alat ukur jarak secara manual (meteran). Waktu kalibrasi ditentukan terlebih dahulu menggunakan stopwatch. Pengambilan data saat melakukan kalibrasi lampu operasi rata-rata 6 kali dengan jarak 1 meter dan 1,5 meter dari sumber cahaya lampu operasi.

II. LANDASAN TEORI

A. Intensitas Cahaya

Besaran pokok fisika untuk mengukur daya yang dipancarkan oleh suatu sumber cahaya pada arah tertentu per satuan sudut disebut intensitas cahaya [3][4]. Besarnya intensitas cahaya perlu diketahui, apalagi ruang operasi, harus memiliki penerangan yang baik [5][6]. Besaran intensitas cahaya, dapat diketahui dengan sensor yang baik terhadap cahaya. Semakin jauh jarak antara sumber cahaya ke sensor maka semakin kecil nilai yang ditunjukkan lux meter. Hal tersebut sebagai bukti bahwa semakin jauh jarak sensor terhadap cahaya, maka intensitas cahaya akan semakin berkurang [7][8].

Dalam ilmu kedokteran, untuk pembedahan pasien, diruang operasi, sangat dibutuhkan penerangan yang cukup, sehingga terciptanya kenyamanan dan keberhasilan jalannya operasi yang dilakukan dokter terhadap pasien, lampu operasi yang baik harus memenuhi syarat yang sudah di tentukan berdasarkan undang-undang [2].

Tabel 1. Indeks pencahayaan meurut jenis ruangan atau unit

No	Ruang atau Unit	Intensitas Cahaya (lux)	Keterangan
1	Ruang Pasien : saat tidak tidur : saat tidur	100-200 Maksimal 50	Warna cahaya sedang
2	Ruang Operasi Umum	300-500	
3	Ruang Operasi Umum	10.000-20.000	Warna cahaya sejuk sedang tanpa bayangan
4	Anestesi, Pemulihan	300-500	
5	Endoscopy	75-100	

6	Sianar-X	Minimal 60	
7	Koridor	Minimal 100	
8	Administrasi/ kantor	Minimal 100	

B. Kalibrasi

Penyesuaian untuk menentukan kebenaran alat ukur dengan alat kalibrator, baik dengan cara konvensional, maupun digital merupakan kalibrasi, membandingkan instrumen ukur dan bahan ukur dengan standart ukur yang ditelusuri (*traceable*) mengacu standart Nasional atau Internasional, Permenkes No. 363 Tahun 1998) [9], Nomor 54 Tahun 2015 Tentang Pengujian Dan Kalibrasi Alat Kesehatan [2][10].

C. Modul Sensor BH 1750FVI Ligh Sensor

Sensor yang digunakan untuk mengukur intensitas cahya adalah sensor BH1750FVI dengan tingkat pembacaan yang cukup tinggi di banding dengan LDR atau *photodiode* pada umumnya, bentuk fisik modul BH1750FVI terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Modul Sensor BH1750FVI (Sumber : Datasheet BH1750VI, 2016)

Untuk menentukan tingkat kecerahan cahaya lingkungan digunakan Sensor cahaya (BH1750FVI) yang dihubungkan dengan dengan LCD, karena dengan resolusi yang tinggi mampu mendeteksi area yang luas.

BH1750FVI merupakan modul sensor dengan 16 bit *Analog to Digital converter* (ADC) yang dapat mengeluarkan sinyal digital. Dengan BH1750FVI intensitas *Light Sensor* dapat langsung diukur dengan keluaran luxmeter (lx), tanpa perlu untuk membuat untuk membuat perhitungan.

D. Modul Sensor Ultrasonic HC-SR04

Ultrasonic sangat berperan dalam penelitian ini, yaitu berperan sebagai pengukur jarak, modul dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Modul sensor ultrasonic HC-SR04 (sumber : www.parallax.com)

Gelombang suara atau gelombang *Ultrasonic* memiliki frekuensi di atas 20 kHz. Secara alami kekelawar menghasilkan gelombang *ultrasonic* untuk mengenali lingkungannya. *Ultrasonic* dalam aplikasinya dapat dihasilkan menggunakan *piezoelectric* (PZT) material yang berfungsi sebagai *transducer*, dimana ketika material ini diberikan tegangan akan bergetar, yang menghasilkan gelombang *Ultrasonic* (sebagai *transmitter*). Dan sebaliknya jika *transducer Ultrasonic* sebagai *receiver* maka akan mengubah gelombang *Ultrasonic* menjadi besaran listrik [11].

E. Arduino Uno R3

Arduino Uno merupakan representasi dari *microcontroller* dalam hal ini Atmega328. Arduino uno R3 digunakan untuk mengendalikan semua perintah yang diinginkan. Bentuk dari hardware arduino dapat diimplementasikan pada Gambar 2.3. Penambahan komponen tertentu, arduino dapat digunakan untuk pemantauan jarak jauh melalui internet, misalnya pemantauan kondisi pasien dan pengendalian alat-alat di rumah.



Gambar 3. Arduino Uno R3 (sumber : arduino.com)

Arduino UNO R3 mengandung *microprosesor* (Atmega328p) dan dilengkapi dengan *oscillator* 16 MHz, dan regulator (pembangkit tegangan) 5 volt. Sejumlah pin tersedia di papan. Pin 0 hingga 13 digunakan untuk isyarat digital, yang hanya bernilai 0 atau 1. Pin A0-A5 digunakan untuk isyarat analog [10].

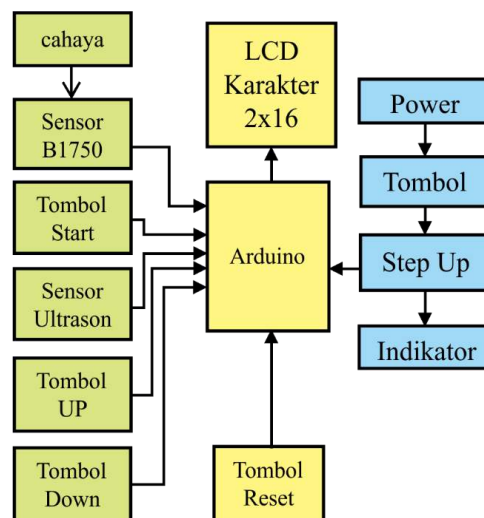
III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu : dengan pemrograman Arduino Uno R3, alat ini bisa diwujudkan. perancangan *hardware*, perancangan *software*, pengujian alat, dan pengambilan data, dan hasil tersebut dibandingkan dengan alat kalibrasi sesungguhnya.

A. Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* pada modul menggunakan box akrilik. Perancangan sistem modul ini dimulai dengan perancangan diagram blok sistem. Perangkat keras menggunakan sensor cahaya

BH1750FVI, sensor jarak *ultrasonic* HC-SR04, LCD 16 x 2 dan *power supply*. *Software* yang digunakan adalah Arduino Uno R3. Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram blok sistem

Cara kerja Diagram blok:

1. Pada saat tombol di hidupkan maka baterai akan mengalirkan arus untuk memberikan tegangan yang dibutuhkan oleh semua rangkaian dengan melewati *step up* tegangan terlebih dahulu bersama dengan menyalanya lampu indikator.
2. Sinar lampu operasi menyinari sensor BH1750FVI sebagai masukan yang akan dikirim ke arduino untuk diolah.
3. Sensor *ultrasonic* HC-SR04 menghitung panjang gelombang yang dipancarkan oleh transmitter kedalam casing lampu operasi dan dipantulkan kepada receiver serta dikirim ke arduino untuk diolah.
4. Ketika tombol *start* ditekan, sensor BH1750FVI bekerja untuk membaca intensitas cahaya dan sensor *ultrasonic* HC-SR04 mengukur jarak, selanjutnya masuk ke *Analog to Digital Converter (ADC)* Arduino untuk diolah yang kemudian akan ditampilkan pada layar LCD.
5. Tombol *up* dan *down* digunakan untuk melihat data tersimpan dan data rata-rata pengukuran. *reset* untuk *zero adjust* untuk mengambil ulang data.



Gambar 5. Bentuk fisik alat setelah alat dibuat

Representasi alat seperti ditunjukkan pada gambar 3.2. lux meter berfungsi dengan baik dan bisa digunakan untuk mengukur intensitas cahaya dalam ruang.

B. Implementasi Perangkat Lunak

Pembuatan program dalam alat penulis yang berjudul Lux Meter Dilengkapi Sensor Jarak Berbasis Arduino ini menggunakan aplikasi Arduino *Integrated Development Environment* (IDE) dengan bahasa program menggunakan bahasa C. Program Arduino IDE adalah program utama yang digunakan untuk menampilkan nilai hasil pengukuran intensitas cahaya, jarak dan waktu di layar LCD, sensor BH1750FVI untuk membaca intensitas dari lampu operasi, sensor *ultrasonic* HC-SR04 digunakan untuk membaca jarak pengukuran. Penyusunan program dibagi menjadi beberapa bagian yaitu program utama (*declaration*), program inisialisasi (*setup*), dan program pengulangan (*looping*).

1. Listing Program utama

Pada program utama atau deklarasi, dapat dijelaskan bahwa perintah `#include` digunakan untuk memanggil *library* sebuah komponen. Komponen yang dipanggil *library*-nya adalah sensor BH1750FVI, sensor *ultrasonic* HC-SR04, LCD, *i2c* dan *TimerOne* serta terdapat variabel-variabel sebagai pendukung untuk memudahkan dalam melakukan pemrograman.

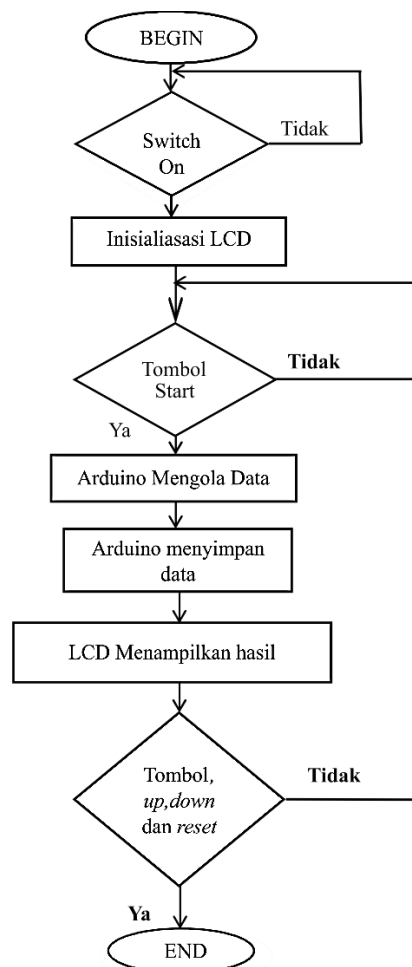
2. Void Setup

Program ini bertujuan untuk menginisialisasi program yang di eksekusi atau program yang akan dijalankan pertama kali dan hanya satu kali setelah alat diberikan catu daya dan setelah alat di *reset*, program inilah yang akan tertampil pada LCD pertama kali.

3. Looping

Program *looping* atau yang lebih dikenal dengan program pengulangan secara terus menerus, hasil pembacaan sensor dan timer akan di tampilkan

pada LCD setelah tombol start ditekan. Pada kondisi dimana tombol *start* tidak ditekan maka alat dalam keadaan *stand by* dan akan menjalankan perintah dari program.



Gambar 6. Diagram alir system

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini, dilakukan pengujian alat dengan cara melakukan perbandingan hasil pembacaan antara alat ukur pembanding dengan alat yang dibuat oleh penulis. Dalam penelitian, penulis menggunakan digital lux meter yang terdapat di Rumah Sakit PKU Gamping sebagai pembanding pembacaan jumlah intensitas cahaya lampu operasi dan meteran sebagai kalibrator atau alat ukur pembanding terhadap jarak.

Pengukuran intensitas cahaya lampu operasi dilakukan pada jarak 1 meter dan 1,5 meter. Hal tersebut bertujuan untuk menentukan pengukuran dengan hasil yang terbaik dan sesuai dengan yang diinginkan.

A. Pengukuran Intensitas Cahaya Selama 1 Menit dengan Alat Pembanding Lux Meter pada Jarak 1 Meter

Tabel 2 di bawah ini merupakan hasil pengukuran intensitas cahaya lampu operasi dengan alat penulis yang di bandingkan dengan alat lux meter pada jarak ukur 1 meter dari sumber cahaya lampu operasi.

Tabel 2. Pengukuran cahaya selama 1 menit pada jarak 1 meter

No	Waktu (menit)	Jarak (meter)	Intensitas terbaca pada alat pembanding (lux)	Intensitas terbaca pada alat tugas akhir (lux)
1	01:00	1,0	14.590	14.621
2	01:00	1,0	14.590	14.620
3	01:00	1,0	14.590	14.618
4	01:00	1,0	14.620	14.618
5	01:00	1,0	14.620	14.618
6	01:00	1,0	14.640	14.609
7	01:00	1,0	14.640	14.620
8	01:00	1,0	14.640	14.630
9	01:00	1,0	14.640	14.645
10	01:00	1,0	14.660	14.652
11	01:00	1,0	14.680	14.652
12	01:00	1,0	14.680	14.653
13	01:00	1,0	14.680	14.653
14	01:00	1,0	14.690	14.660
15	01:00	1,0	14.690	14.665
16	01:00	1,0	14.690	14.702
17	01:00	1,0	14.690	14.704
18	01:00	1,0	14.690	14.706
19	01:00	1,0	14.690	14.706
20	01:00	1,0	14.690	14.706

B. Analisa pengukuran intensitas cahaya selama 1 menit dengan pembanding lux meter pada jarak 1 meter

1. Rata-rata

$$\text{Rata - Rata } (\bar{X}) = \frac{\sum Xi}{n} \quad (1)$$

Dimana :

$\bar{X}$ = rata - rata

$\sum Xi$ = Jumlah nilai data

n = Banyak data (1,2,3,...,n)

Maka ;

$$\text{Rata - Rata pembanding } (\bar{X}) = \frac{293.100}{20} = 14.655$$

$$\text{Rata - Rata alat penulis } (\bar{X}) = \frac{293058}{20} = 14.653$$

2. Simpangan %

$$\text{Simpangan} = n - Y$$

Dimana :

$\bar{Y}$ = rata-rata lux pembanding

$\bar{Xn}$ = rerata data alat

Maka ;

$$\text{Simpangan} = Xn - \bar{X}$$

$$\text{Simpangan} = 14.655 - 14.653$$

$$\text{Simpangan} = 2 \%$$

3. Error (%)

$$\text{Error \%} = \left(\frac{\text{DataSetting} - \text{Rerata}}{\text{DataSetting}} \right) \times 100\%$$

Maka ;

$$\text{Error \%} = \left(\frac{14.655 - 14.653}{14.655} \right) \times 100\% = 0,01 \%$$

4. Standart Deviasi

standart deviasi (SD) :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

Dimana :

SD = standart Deviasi

$\bar{X}$ = nilai yang dikehendaki

n = banyak data

maka ;

$$SD =$$

$$\sqrt{\frac{(14.621-14.655)^2 + (14.620-14.655)^2 + (14.618-14.655)^2 + (14.618-14.655)^2 + (14.609-14.655)^2 + (14.620-14.655)^2 + (14.630-14.655)^2 + (14.645-14.655)^2 + (14.652-14.655)^2 + (14.652-14.655)^2 + (14.653-14.655)^2 + (14.653-14.655)^2 + (14.660-14.655)^2 + (14.665-14.655)^2 + (14.702-14.655)^2 + (14.704-14.655)^2 + (14.706-14.655)^2 + (14.706-14.655)^2}{(20-1)}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{23029,8}{(19)}} = 34.82$$

Ketidakpastian (Ua)

$$\text{Ketidakpastian} = \frac{stdv}{\sqrt{n}}$$

Dimana :

STDV = Standar Deviasi

n = banyaknya data

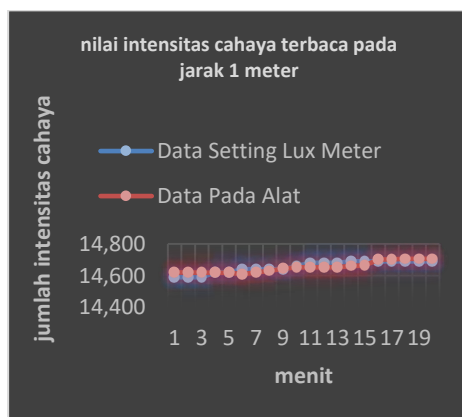
Maka ;

$$U_a = \frac{SD}{\sqrt{n}}$$

$$U_a = \frac{34,82}{\sqrt{20}} = 7,78$$

C. *Grafik Pengukuran Intensitas Cahaya Selama 1 Menit dengan Alat Pembanding Lic meter pada jarak 1 meter*

Grafik di bawah adalah hasil pengukuran antara alat penulis dengan alat pembanding lux meter di RS PKU Gamping. terdapat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Pengukuran Intensitas Cahaya pada jarak 1 meter

Dari grafik diatas, Pada pengukuran menit 1 sampai pengukuran menit 3, alat pembanding menunjukkan nilai yang *linier*, dan pengukuran selanjutnya mengalami peningkatan yang cukup signifikan sampai pada pengukuran menit 16. Selanjutnya pada pengukuran menit 17 sampai dengan menit 20 alat pembanding kembali menunjukkan nilai yang *linier*. Sedangkan nilai *lux* yang terbaca pada alat penulis mengalami ketidak stabilan, ini di sebabkan karena pembacaan sensor yang masih kurang stabil dan terpengaruhi oleh tegangan dari PLN yang tidak stabil (berubah-ubah) ke lampu operasi sebagai sumber tegangan sehingga pancaran intensitas cahaya dari lampu operasi itu sendiri ikut berubah . Tetapi jika kedua nilai tersebut di kalkulasikan, maka antara alat pembanding dan alat penulis memiliki *error* yang rendah yakni 0,01%.

Tabel 3 di bawah ini merupakan hasil pengukuran sensor jarak ultrasonic HC-SR04 selama 1 menit pada jarak 1 meter dari objek ukur yang dibandingkan dengan alat ukur meteran dengan mendapatkan data sebagai berikut.

Tabel 3. Pengukuran jarak 1 meter selama 1 menit dengan alat pembanding.

No	Waktu (menit)	Jarak setting pada alat pembanding meteran (meter)	Jarak terbaca pada alat tugas akhir (meter)
1	01:00	1	1,0
2	01:00	1	1,0
3	01:00	1	1,0
4	01:00	1	1,0
5	01:00	1	1,0
6	01:00	1	1,0
7	01:00	1	1,0
8	01:00	1	1,0
9	01:00	1	1,0
10	01:00	1	1,0
11	01:00	1	1,0
12	01:00	1	1,0
13	01:00	1	1,0
14	01:00	1	1,0
15	01:00	1	1,0
16	01:00	1	1,0
17	01:00	1	1,0
18	01:00	1	1,0
19	01:00	1	1,0
20	01:00	1	1,0

D. *Analisa Pengukuran Jarak 1 Meter dengan Alat Pembanding Meteran*

1. Rata-rata

$$\text{Rata - Rata } (\bar{X}) = \frac{\sum X_i}{n}$$

Dimana :

$$\bar{X} = \text{rata - rata}$$

$$\sum X_i = \text{Jumlah nilai data}$$

$$N = \text{Banyak data } (1,2,3,\dots,n)$$

Maka ;

$$(\bar{X}) = \frac{20}{20} = 1 \text{ meter}$$

2. Simpangan %

simpangan :

$$\text{Simpangan} = - Y$$

Dimana :

$$Y = \text{jarak setting pembanding}$$

$$\bar{X} = \text{rerata}$$

Maka ;

$$\text{Simpangan} = X_n - \bar{X}$$

$$\text{Simpangan} = 1 - 1$$

$$\text{Simpangan} = 0$$

3. Error

$$\text{Error \%} = \left(\frac{\text{DataSeting} - \text{Rerata}}{\text{Datasetting}} \right) \times 100\%$$

Maka ;

$$\text{Error \%} = \left(\frac{1-1}{1} \right) \times 100\% = 0 \%$$

4. Standar Deviasi

standart deviasi (SD) adalah:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

Dimana :

SD = standart Deviasi

$\bar{X}$ = nilai yang dikehendaki

n = banyak data

Maka ;

$$SD = \sqrt{\frac{(1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2 + (1-1,0)^2}{(20-1)}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{0}{19}} = 0$$

5. Ketidakpastian

$$\text{Ketidakpastian} = \frac{stdv}{\sqrt{n}}$$

Dimana :

STDV = Standar Deviasi

n = banyaknya data

Maka ;

$$U_a = \frac{SD}{\sqrt{n}}$$

$$U_a = \frac{0}{\sqrt{20}} \quad U_a = 0$$

Gambar 4.4. dibawah ini merupakan grafik hasil pengukuran nilai pengukuran pada sensor jarak ultrasonic HC-SR04 dengan alat pembanding meteran pada jarak ukur 1 meter.



Gambar 8. Grafik pengukuran jarak 1 meter

Pengukuran dilakukan sebanyak 20 kali percobaan. Grafik di atas menunjukkan nilai yang *liner* dan sesuai dengan data *setting* dari alat pembanding. Untuk hasil pengukuran tidak didapat selisih maupun *error*.

V. KESIMPULAN

Setelah melakukan eksperimen, pengujian dan pendataan, maka dapat disimpulkan:

1. Sensor BH1750FVI sebagai sensor cahaya yang di hubungkan dengan modul arduino UNO R3, Nilai maksimal yang di tunjukkan oleh sensor ini adalah 54.615 *lux* dan nilai terendahnya adalah 0 *lux*. Dari percobaan yang dilakukan sensor ini memiliki *error* yang rendah yaitu sebesar 0,01 % pada jarak pengukuran 1 meter setelah dilakukan pengukuran pada lampu operasi. Digunakan sensor jarak *ultrasonic* HC-SR04 yang di *interface*-kan dengan modul arduino UNO R3 sebagai penghitung/penentu jarak pengambilan data secara otomatis. Memiliki tingkat *error* sebesar 0 %.
2. *Timer* otomatis untuk menentukan lama waktu pengambilan data. Dari ujicoba dengan alat pembanding didapat nilai *error* sebesar 0 % dari 20 kali pengukuran.
3. Di dalam peraturan untuk alat ukur/kalibrasi, alat yang dibuat cukup mumpuni dari kinerja alat pembanding, karena tingkat *error* yang rendah, sedang dalam kategori kelayakan alat tergolong layak digunakan. Didalam penggunaan alat juga lebih sistematis karena alat ini sudah di lengkapi dengan sensor *ultrasonic* HC-SR04 sebagai penghitung/penentu jarak pengambilan data secara otomatis. *Timer* otomatis untuk menentukan lama waktu pengambilan data. Dan penyimpanan 6 data secara otomatis serta dapat menentukan nilai rata-rata dari 6 data tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, "Keputusan Menteri Kesehatan No. 1204 Tahun 2004 - Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit." P. 64, 2004.
- [2] K. RI, "Permenkes Nomor 54 Tahun 2015 Tentang Pengujian Dan Kalibrasi Alat Kesehatan," *Kemenkes RI*. Perkemenkes, Jakarta, 2015.
- [3] Mansyla, "Intensitas Cahaya." Pp. 1–12, 2018.
- [4] G. M. Bobby Guntur Adi Putra, "Analisis Intensitas Cahaya Pada Area Produksi Terhadap Keselamatan Dan Kenyamanan Kerja Sesuai Dengan Standar Pencahayaan (Studi Kasus Di PT. Lendis Cipta Media Jaya)," *OPSI*, Vol. 10, No. 2, 2017.
- [5] F. A. R. Bhekti Kumorowati¹⁾, Masturi²⁾, Ian Yulianti³⁾, "Analisis Reduksi Intensitas Cahaya Pada Smartphones' Screen Protector Dan Dampaknya Pada Mata," *JIPF*, Vol. 1, No. 1, Pp. 1–4, 2016.
- [6] H. R. Fajrin, R. N. Adnan, M. Irfan, And I. P. Sari, "Electronic Snellen Chart With Bluetooth Connection And Smartphone App," In *IOP Conference Series: Materials Science And Engineering*, 2020, Vol. 851, P. 012018, Doi: 10.1088/1757-899x/851/1/012018.
- [7] M. Pamungkas, H. Hafiddudin, And Y. S. Rohmah, "Perancangan Dan Realisasi Alat Pengukur Intensitas Cahaya," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, Vol. 3, No. 2, P. 120, 2015, Doi: 10.26760/Elkomika.V3i2.120.
- [8] D. Zehan, Ilham Alif Nur, "Lux Meter," 2014.
- [9] Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Kesehatan Tentang Pengujian Dan Kalibrasi Alat Kesehatan," No. 1197. Pp. 1–38, 2015.
- [10] <https://Id.Wikipedia.Org/Wiki/Kalibrasi>, "Kalibrasi."
<https://Id.Wikipedia.Org/Wiki/Kalibrasi>.
- [11] A. Muhammad Khoirudin, "Pengembangan Alat Ukur Tinggi Badan Dan Berat Badan Yang Terintegrasi," 2015.

Desain Penyeimbangan Sel Baterai *Lithium-Ion* dengan Teknik *Cell-to-Cell Charging Mode* pada *Battery Management System (BMS)*

Khaeruddin¹, Wijono², Rini Nur Hasanah³

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Brawijaya Malang¹

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Brawijaya Malang²

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Brawijaya Malang³

*lamone41@gmail.com¹, wijono@ub.ac.id², rini.hasanah@ub.ac.id³

ABSTRACT

This paper discusses the balance between lithium-ion battery cells in the BMS (Battery Management System) of an electric car. The unbalanced condition during the battery charging process is caused by one of the batteries that are fully charged while part of it is still half or even only half-full. This condition can cause the battery to heat up quickly, and pass the SOA (safety of area) condition, causing a fire in the battery. In this study, the cell-to-cell technique is proposed to balance the charge to each battery cell to approximate the same condition. The simulation results show that the use of cell-to-cell balancing technique can balance the battery charge. The charging process for battery1, battery2, battery3 has different voltages 4.15V, 4.20V, and 4.25V. The balancing occurs at the beginning of the 6000s, while the overall balancing of the battery occurs at 10000s, which is both 4.15V and the current has decreased significantly..

Keywords: *Balancing, Cell, Battery, Lithium-ion, Cell-to-Cell, BMS.*

INTISARI

Makalah ini membahas tentang penyeimbangan arus charging baterai lithium-ion pada BMS (*Battery Management System*) mobil listrik. Kondisi tidak seimbang pada saat proses pengisian baterai disebabkan karena salah satu baterai yang sudah terisi penuh sedangkan sebagiannya masih separuh atau bahkan hanya seperempat saja yang terisi. Kondisi ini dapat menyebabkan baterai cepat panas, serta melewati kondisi SOA (*Safety of Area*) sehingga menyebabkan kebakaran pada baterai. Pada penelitian ini, teknik cell-to-cell diusulkan untuk menyeimbangkan arus pengisian ke masing-masing sel baterai agar mendekati kondisi sama rata. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan teknik balancing *cell-to-cell* dapat menyeimbangkan sel baterai selama masa pengisian. Proses charging untuk baterai1, baterai2, baterai3 mempunyai tegangan yang berbeda yaitu 4,15V, 4,20V, dan 4,25V. Awal terjadi penyeimbangan pada waktu 6000s, sedangkan mulai terjadi penyeimbangan secara keseluruhan baterai terjadi di waktu 10000s yaitu sama-sama 4,15V dan arus mengalami penurunan secara signifikan.

Kata kunci: Penyeimbangan, Sel, Baterai, *Lithium-ion, Cell-to-Cell, BMS.*

I. PENDAHULUAN

Penelitian ini membahas tentang desain penyeimbangan sel baterai *lithium-ion* dengan teknik *cell-to-cell* pada BMS (*Baterai Management System*). Kondisi tidak seimbang pada baterai disebabkan karena adanya perbedaan tegangan antara sel dalam satu *battery-pack*[1]. Ketidakseimbangan sel (*cell imbalance*) pada baterai dapat mempengaruhi proses *charging/discharging* baterai *lithium-ion*, yang pertama SOC (*State of Charge*) *imbalance* disebabkan oleh proses *charging* pada beberapa sel yang

mempunyai level SOC yang berbeda, kedua perbedaan kapasitas total baterai, ketiga perbedaan impedansi[2][13]. Secara umum teknik penyeimbangan sel baterai ada dua yaitu : *cell-to-cell* dan *cell-to-battery*, teknik *cell-to-cell* digunakan untuk penyeimbangan skala kecil dan menengah, sedangkan untuk teknik *cell-to-battery* digunakan untuk penyeimbangan skala yang lebih kompleks[3]. Pada penelitian ini menggunakan teknik penyeimbangan *cell-to-cell*.

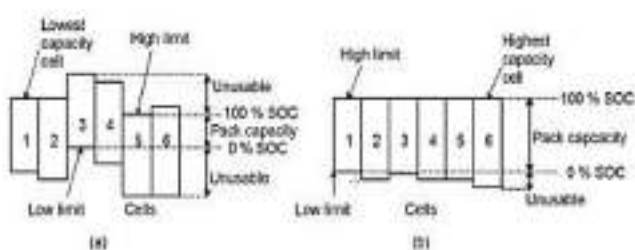
Kondisi sel baterai yang tidak seimbang dapat menyebabkan *thermal runaway*, *cell degradation*, *incomplete cahrging*, dan *incomplete discharging*. Solusi yang diusulkan menggunakan teknik penyeimbangan *cell-to-cell* untuk membuat sel baterai dalam kondisi seimbang[4][14].

II. LANDASAN TEORI

A. Cell Balancing

Kondisi sel baterai yang tidak seimbang dapat menyebabkan kerusakan lebih dini pada sel tersebut. Ketidakseimbangan dapat menciptakan ruangan kosong dalam sel-sel *battery-pack*, contoh pada Gambar 1 tiap-tiap sel memiliki SOC yang berbeda. Pada gambar (a) sebelum dilakukan proses penyeimbangan, banyak ruang kosong yang belum sepenuhnya terisi. Pada gambar (b) setelah proses penyeimbangan, sel 1 dijadikan acuan saat proses berlangsung, setelah proses tersebut selesai tidak banyak lagi ruang kosong yang ada atau bisa dikatakan kondisi SOC *battery-pack* sudah hampir sama[1].

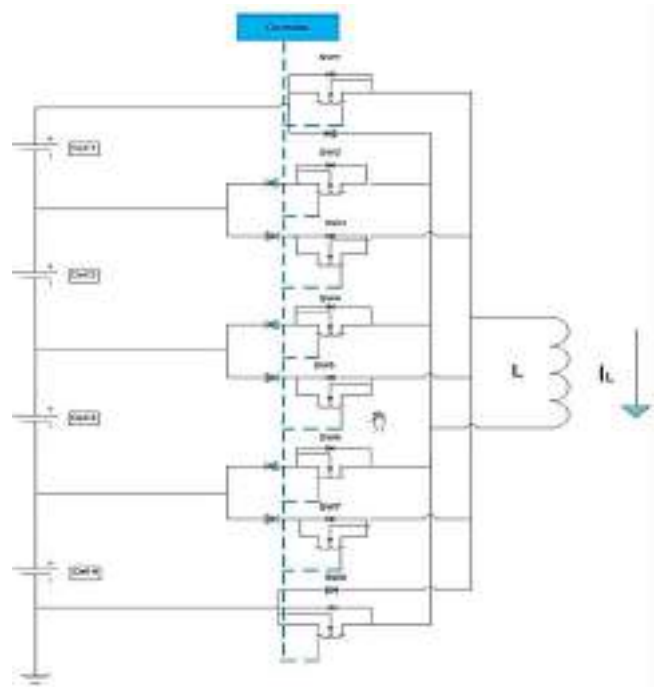
Teknik *balancing* ada dua, *passive balancing* dan *active balancing*. *passive balancing* bekerja dengan cara mengambil muatan dari sel yang mempunyai SOC paling banyak dan ditransfer ke sel yang memiliki SOC paling sedikit. Cara ini menimbulkan efek panas pada baterai, sifat dari teknik ini energi terbuang dalam bentuk panas karena hanya sebagian sel yang terisi penuh. *Active balancing* bekerja dengan cara mengambil muatan dari sel yang muatannya paling banyak dan ditransfer ke sel yang muatan energinya paling sedikit, sehingga muatan energi pada sel yang ada didalam *battery pack* persis sama sifat dari teknik ini energi teralirkan antara sel, sehingga kondisi antar sel seimbang dan tidak menghasilkan panas[5][11]



Gambar 1. Proses penyeimbangan baterai: (a) baterai tak seimbang, (b) baterai seimbang

B. Teknik Penyeimbang Cell-to-Cell

Metode ini menggunakan satu induktor yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan *battery-pack* termasuk semua sel[6]. Rangkaian teknik penyeimbangan *cell-to-cell* dengan menggunakan satu induktor dapat dilihat pada Gambar 2.



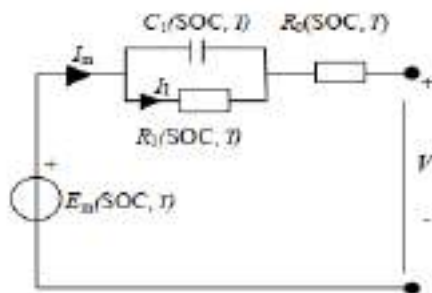
Gambar 2. Rangkaian *active cell balancing single inductor*

Metode ini dapat melakukan proses penyeimbangan di seluruh sel yang ada pada *battery-pack*, siklus kerja switching penyeimbangan adalah 50%. Kontroler memilih sel yang memiliki SOC paling tinggi dan SOC paling rendah, kemudian energi dialirkan dari yang SOC paling tinggi ke SOC paling rendah[7]. Cara kerja rangkaian ini terdiri dari dua tahap, pertama dari sel yang memiliki SOC paling tinggi ke induktansi dalam setengah siklus, kedua dari induktor ke sel yang memiliki SOC paling rendah untuk setengah siklus berikutnya. energi ditransfer dari induktor ke sel SOC lebih rendah[8][9].

C. Desain model baterai Lithium-ion

Blok *Equivalent Circuit Battery* mengimplementasikan sirkuit baterai *Resistor-Capacitor (RC)* yang dapat diparameterkan menggunakan *Equivalent Circuit*

Modeling (ECM). Untuk mensimulasikan *State-Of-Charge (SOC)* dan tegangan terminal blok menggunakan arus beban dan suhu inti internal. Blok *Equivalent Circuit Battery* menghitung tegangan dari baterai gabungan menggunakan tabel *lookups* parameter. [10]



Gambar 3. One time constant model (OTC) Equivalent Circuit Battery

Kemudian melakukan perhitungan *state-of-charge SOC* adalah sebagai berikut:

$$SOC = 1 - Qe/CQ \dots \dots \dots (1)$$

Dimana CQ adalah kapasitas dari cell pada arus *discharge*, akibatnya apapun definisi SOC harus mempertimbangkan kondisi di bawah dimana sel dilepaskan dan mengacu pada arus dan suhu keluaran tertentu di mana SOC telah dievaluasi. [10] Fungsi tiap elemen yang ada pada Gambar 3 *one time constant model (OTC) Equivalent Circuit Battery* adalah fungsi SoC dan suhu, berikut ini adalah uraiannya [10]

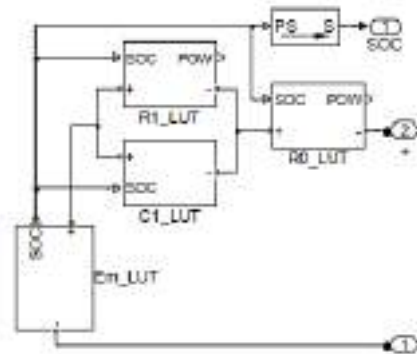
$$R0 = R0(SOC, T) \dots \dots \dots (2)$$

$$R1 = R1(SOC, T) \dots \dots \dots (3)$$

$$C1 = C1(SOC, T) \dots \dots \dots (4)$$

$$Em = Em(SOC, T) \dots \dots \dots (5)$$

Pemodelan *onetime constant model (OTC) Equivalent Circuit Battery* didalam *simscape matlab* dapat dilihat pada Gambar 4.[10][12]



Gambar 4. Model Simscape Equivalent Circuit Battery

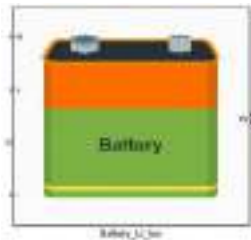
III. METODE PENELITIAN

Teknik penyeimbangan *cell-to-cell* diusulkan untuk menyeimbangkan antar sel baterai. Aplikasi Matlab-R2018b digunakan untuk mendesain dan merancang *Battery Management System (BMS)*.

A. Perancangan Cell Baterai

Rangkaian dasar ekivalen baterai dirancang dalam simulasi *SimScape MATLAB Simulink*, dimana untuk satu *cell* baterai diwakili oleh dua buah Resistor, satu buah kapasitor dan satu sumber tegangan. Pada perancangan model baterai ini memanfaatkan *SimSpace Component* yang bisa di *customize* berdasarkan kebutuhan, contohnya disini adalah komponen resistor, kapasitor, dan *voltage source*. Untuk masing-masing komponen lain seperti kapasitor dan *voltage source* juga di inputkan *listing code* pada *SimScape Component* yang sudah di *create*. Setelah semua komponent dicreate dan selesai langsung semua kompoen itu dirangkai menjadi sebuah Cell Baterai.

```
component R_table < foundation.electrical.branch
    inputs
        T = {20+273.15, 'K'}; %T:left
        SOC = {1, '1'}; %SOC:left
    end
    outputs
        pow = {0, 'W'}; % POW:right
    end
    parameters (Size=variable)
        R_Table = {1e-3*ones(5,3), 'Ohm'}; %
        Resistance Table vs SOC, Temp (MxN array)
        SOC_Table = {[0;0.1;0.5;0.9;1], '1'} % SOC
        Breakpoints (Mx1 array)
        Temp_Table = {[273.15 293.15 313.15], 'K'}
        % Temperature Breakpoints (1xN array)
    end
    function setup
```



Gambar 5. Sel Baterai di MATLAB

B. Perancangan Cell Baterai

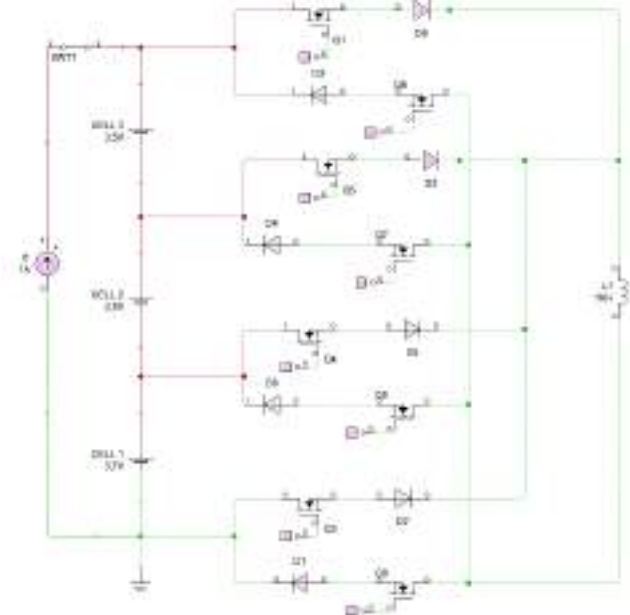
Teknik penyeimbangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik *cell-to-cell* salah satu model rangkain yang menggunakan prinsip kerja ini adalah *single modle inductor*.

Tabel 1. Teknik penyeimbangan cell-to-cell pada rangkaian *single inductor model*

CELL H-SoC	CELL 1	CELL 1	CELL 2	CELL 2	CELL 3	CELL 3
CELL L-SoC	CELL 2	CELL 3	CELL 1	CELL 3	CELL 1	CELL 2
$T_{ON} = \alpha T_c$	Q4, Q9	Q4, Q9	Q5, Q8	Q5, Q8	Q1, Q7	Q1, Q7
$T_{OFF} = T_c - T_{ON}$	Q4, Q7	Q5, Q6	Q3, Q8	Q5, Q6	Q3, Q8	Q4, Q7

Proses teknik penyeimbangan cell-to-cell pada rangkaian *single modle inductor* dapat dilihat pada tabel 1. Adapun proses switching antara charging dan discharging antar sel, Jika CELL1 dalam kondisi muatan terisi penuh dan CELL2 dalam kondisi muatan tidak terisi penuh, maka muatan yang tersimpan dalam CELL1 akan ditransfer ke CELL2 yang masih memiliki ruang kosong untuk menampung muatan.

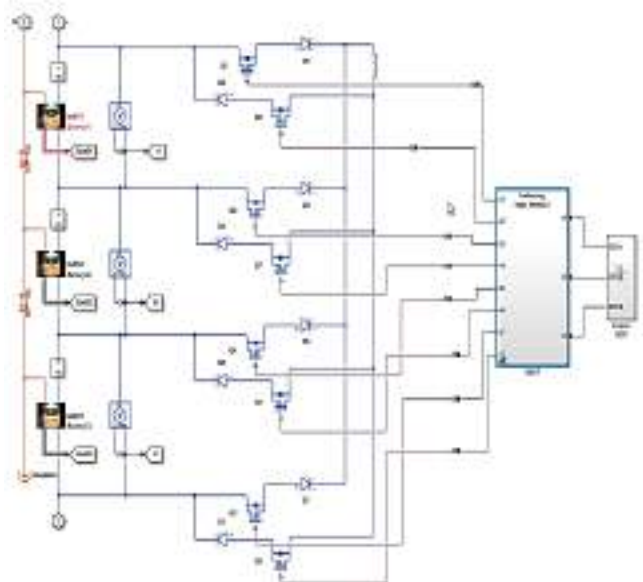
Pada proses transfer muatan memiliki dua tahapan yaitu, pertama muatan akan ditransfer terlebih dahulu ke induktor, induktor disini berfungsi untuk menyimpan sementara muatan yang akan di transfer nantinya ke CELL2 dengan mengaktifkan Q4 dan Q9, kedua muatan yang tersimpan di induktor akan ditransfer ke CELL2 yang masih memiliki ruang kosong penyimpanan dengan mengaktifkan Q4 dan Q7.



Gambar 6. Rangkaian *single inductor model*

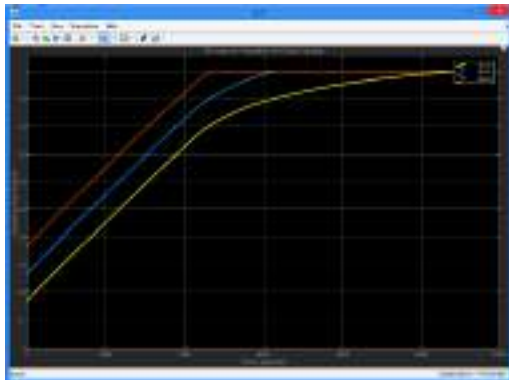
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi dari penyeimbangan sel baterai *lithium-ion* dengan teknik *cell-to-cell* charging mode pada *Battery Management System (BMS)* secara keseluruhan berikut.



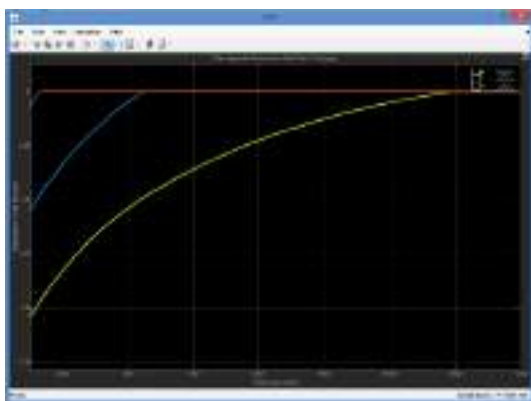
Gambar 7. Rangkaian *single inductor model* di MATLAB

Pada Gambar 8 merupakan proses sel balancing antara ketiga sel, untuk warna merah sel SOC 1, warna biru sel SOC 2, warna kuning sel SOC 3.



Gambar 8. Sel Balancing SOC saat mode charging pada sel baterai

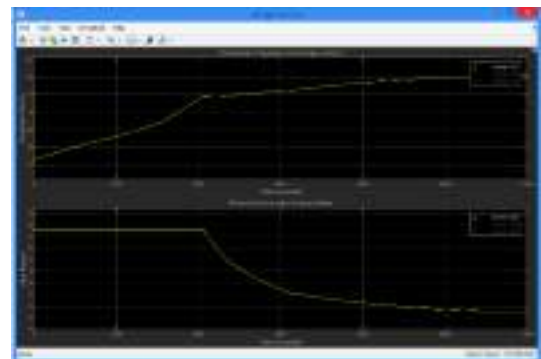
Proses charging dimulai dengan nilai SOC yang berbeda, terlihat bahwa SOC dari setiap sel terkonvergensi ke nilai yang terus meningkat selama pengisian baterai seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8, jika diperbesar terlihat pada Gambar 9.



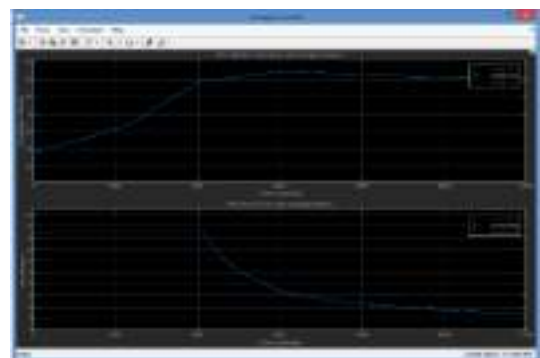
Gambar 9. Cell Balancing SOC saat mode charging pada sel baterai diperbesar

Seperti pada karakteristik lithium-ion LIR 18650, jika tegangan semakin meningkat pada saat proses charging maka arus akan berada di posisi sebaliknya yaitu akan menurun seperti terlihat pada Gambar 9. Pada Gambar 8 menunjukkan peningkatan kapasitas baterai1, baterai2 dan baterai3 saat terjadi proses charging, untuk baterai2 dan baterai3 yang paling cepat mengalami peningkatan kapasitas.

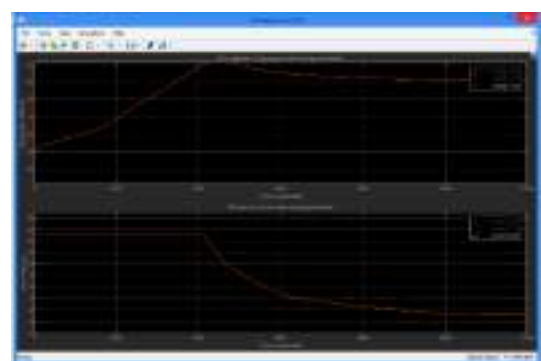
Ini terjadi karena kondisi kapasitas awal kedua baterai ini lebih besar jika dibandingkan dengan baterai1. Mulai terjadi penyeimbangan antara baterai dan baterai dua pada waktu 6000s sedangkan terjadi penyeimbangan kapasitas pada ketiga baterai di waktu 10000s.



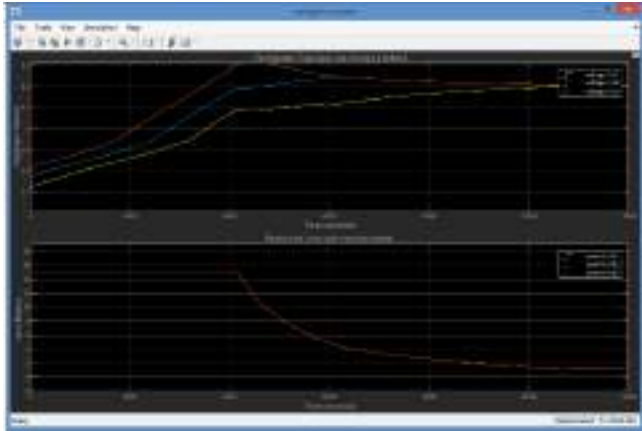
Gambar 10. Proses charging tegangan pada baterai 1 meningkat arus menurun



Gambar 11. Proses charging tegangan pada baterai 2 meningkat arus menurun



Gambar 12. Proses charging tegangan pada baterai 3 meningkat arus menurun



Gambar 13. Proses charging tegangan pada semua baterai

Pada Gambar 10 s/d Gambar 13 menunjukkan tegangan dan arus yang terisi ke baterai1, baterai2, dan baterai3. Proses charging untuk baterai1, baterai2, baterai3 mempunyai tegangan yang berbeda yaitu 4,15V, 4,20V, dan 4,25V. Untuk baterai1 dan baterai2 mulai terjadi penyeimbangan pada waktu 6000s, sedangkan mulai terjadi penyeimbangan secara keseluruhan baik antara baterai1, baterai2, dan baterai3 terjadi di waktu 10000s yaitu sama-sama 4,15V dan arus mengalami penurunan secara signifikan.

V. KESIMPULAN

Makalah ini mengusulkan rangkaian penyeimbang baterai otomatis dengan pengontrol sakelar berbasis SOC yang menyeimbangkan SOC dengan teknik *cell-to-cell*. Pada penelitian ini terlihat bahwa setelah sel paket baterai seimbang maka semua sel memiliki SOC yang sama selama pengisian. Proses charging untuk baterai1, baterai2, baterai3 mempunyai tegangan yang berbeda yaitu 4,15V, 4,20V, dan 4,25V. Awal terjadi penyeimbangan pada waktu 6000s, sedangkan mulai terjadi penyeimbangan secara keseluruhan baterai terjadi di waktu 10000s yaitu sama-sama 4,15V dan arus mengalami penurunan secara signifikan.

REFERENSI

- [1] Andrea, D. (2010). *Battery Management Systems for Large Lithium-Ion Battery Packs*. Artech House
- [2] Barsukov, Y. (2010) *Battery Cell Balancing: What to Balance and How*, Texas Instrument Inc.

- [3] Plett, G. L. (2015) *Battery Management Systems: Volume I Battery Modeling*, Artech House
- [4] S. Park, Tae-Sung Kim, Jin-Sik Park, Gun-Woo Moon and Myung-Joong Yoon, "A new battery equalizer based on buck-boost topology," 2007 7th International Conference on Power Electronics, Daegu, 2007, pp. 962-965, doi: 10.1109/ICPE.2007.4692526.
- [5] Reynaud, J.F., Carrejo, C.E, Gantet, O., Aloisi, P., Estivals, B., & Alonso, C. (2010). *Active Balancing circuit for advanced Lithium-ion batteries used in photovoltaic application*. International Conference on Renewable Energies and power Quality, ICREPQ'11, Las palmas de gran canaria, Spanyol, 13-15 April 2010, doi:10.24084/REPQJ09.682
- [6] Najmabdi A, (2013), *Evaluation of Active Balancing Algorithms and an Improved Method for a Deployed Active Battery Balancer as Well as Physical Implementation*. Master Thesis, Published, Hamilton, Ontario, Canada: McMaster University.
- [7] Soeprapto, Hasanah, R.N., & Taufik, (2019). *Battery Managment system on electric bike using lithium-ion 18650*, International Journal of Power Electronics and Driver System, IJPEDS. X, (3) : 1529 – 1537, doi:/10.11591/ijpeds.v10.i3.pp1529-1537
- [8] M. Daowd, N. Omar, P. Van Den Bossche and J. Van Mierlo, "Passive and active battery balancing comparison based on MATLAB simulation," 2011 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, Chicago, IL, 2011, pp. 1-7, doi: 10.1109/VPPC.2011.6043010.
- [9] J. Cao, N. Schofield and A. Emadi, "Battery balancing methods: A comprehensive review," 2008 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, Harbin, 2008, pp. 1-6, doi: 10.1109/VPPC.2008.4677669.
- [10] T. Huria, M. Ceraolo, J. Gazzarri and R. Jackey, "High fidelity electrical model with thermal dependence for characterization and simulation of highpower lithium battery cells," 2012 IEEE International Electric Vehicle Conference, Greenville, SC, 2012, pp. 1-8, doi: 10.1109/IEVC.2012.6183271.
- [11] Hu, Rui., (2011), *Battery Management System For Electric Vehicle Applications*. Master Thesis,

Published, Windsor, Ontario, Canada: University of Windsor.

- [12] S. Park, K. Park, H. Kim, G. Moon and M. Youn, "Single-Magnetic Cell-to-Cell Charge Equalization Converter With Reduced Number of Transformer Windings," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 27, no. 6, pp. 2900-2911, June 2012, doi: 10.1109/TPEL.2011.2178040.
- [13] Nellis, K.L., (2015), Cell-balancing and State of Charge Algorithms, Analysis of LFEV's project design, Easton, Pennsylvania, doi:36101842
- [14] Uitz, M., Sternad, M., Breuer, S., Taubert, C., Traubnig, T., Hanzu, I., & Wilkening, M., (2017), *Aging of Tesla's 18650 Lithium-Ion Cells: Correlating Solid-Electrolyte-Interphase Evolution with Fading in Capacity and Power*. Journal of The Electrochemical Society, ECS, IV, (164): A3503-A3510, (2017), doi:10.1149/2.0171714jes

Analisis dan Perancangan Jaringan Komputer Tanpa Harddisk (*Diskless*) pada Laboratorium Jaringan AKN Pacitan Menggunakan Metode *Preboot Execution Environment* (PXE)

Bagus Julianto¹, Kurnianto Tri Nugroho², Danny Febryan³

Akademi Komunitas Negeri Pacitan¹

Akademi Komunitas Negeri Pacitan²

Akademi Komunitas Negeri Pacitan³

*bagusjulianto@aknpacitan.ac.id¹, kurnianto@aknpacitan.ac.id², dannyfnms@aknpacitan.ac.id³

ABSTRACT

Technological developments have provided many changes in all activities. Technology makes work faster and more efficient. Preboot Execution Environment (PXE) is one of the technological developments in the network field. PXE is a mechanism on the network that allows a client to boot and enter the operating system without using a hard drive. There are several advantages to implementing this method, including the ease of carrying out laboratory maintenance, security from misuse of computers, and viruses. The network laboratory is one of the laboratories used by the Computer and Network Maintenance study program at AKN Pacitan. Educational Laboratory Institutions (ELI) are in charge of carrying out maintenance to ensure the computer can run normally, if there is damage such as a virus attack, computer abuse, hardware then PLP must make repairs. This requires a long process. So that the PXE method is very appropriate to be applied in network laboratories. The application of PXE in a network laboratory was successfully carried out. Client computers can run without using a hard drive. The computer is running normally with five clients. With an average network speed of 98Mbps and using conventional hard drives for reading and storing, the process runs very slowly for 14 clients and some computers hang when running an application.

Keyword : Networks, PXE, Client, Computer, Image, Network diskless

INTISARI

Perkembangan teknologi telah memberikan banyak perubahan dalam segala aktivitas. Membuat pekerjaan lebih cepat dan efisien. Preeboot Execution Environment (PXE) adalah salah satu perkembangan teknologi di bidang jaringan. PXE adalah sebuah mekanisme didalam jaringan yang memungkinkan sebuah klien dapat booting dan masuk kedalam sistem operasi tanpa menggunakan harddisk. Terdapat beberapa keuntungan diterapkannya metode ini diantaranya adalah kemudahan dalam melakukan maintenance laboratorium, keamanan dari penyalahgunaan komputer, dan virus. Laboratorium jaringan adalah salah satu laboratorium yang digunakan oleh program studi Pemeliharaan Komputer dan Jaringan Akademi Komunitas Negeri (AKN) Pacitan. Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP) bertugas melakukan maintenance untuk memastikan komputer dapat berjalan dengan normal, jika terdapat kerusakan seperti serangan virus, penyalahgunaan komputer, perangkat keras maka PLP harus melakukan perbaikan. Hal tersebut membutuhkan proses yang lama. Sehingga metode PXE sangat tepat diterapkan dalam laboratorium jaringan. Penerapan PXE dalam laboratorium jaringan berhasil dilakukan. Komputer klien dapat berjalan tanpa menggunakan harddisk. Komputer berjalan normal dengan lima klien. Dengan kecepatan jaringan rata-rata 98Mbps dan menggunakan hard drive konvensional untuk membaca dan menyimpan, prosesnya berjalan sangat lambat untuk 14 klien dan beberapa komputer mengalami hang saat menjalankan aplikasi.

Kata kunci: Jaringan, PXE, Klien, Komputer, Image, Jaringan Tanpa Harddisk

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi beberapa dekade ini telah memberikan dampak yang sangat besar bagi kehidupan manusia. Terutama Teknologi Digital,

hampir semua aktifitas kehidupan manusia yang awalnya masih menggunakan alat manual beralih menjadi terkomputerisasi. Semua aktifitas dapat dilakukan dengan cepat dan akurat. Bahkan sekarang

dengan berkembangnya teknologi komputer dan internet mampu membuat pekerjaan menjadi lebih baik, dengan sistem cerdasnya sebuah alat mampu melakukan pekerjaan secara mandiri layaknya manusia dan dengan teknologi internet semua peralatan dapat dikontrol dari jarak jauh sehingga batasan jarak bukanlah menjadi sebuah halangan.

Selain itu, perkembangan teknologi yang pesat ini dibarengi juga dengan semakin mudahnya mendapatkan perangkat teknologi seperti komputer. Pengguna komputer telah mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, yang awalnya komputer hanya digunakan oleh pemerintah dan perusahaan-perusahaan besar dikarenakan ukuran dan biaya yang sangat mahal, sekarang dapat digunakan oleh seluruh kalangan [1]. Begitu juga dengan dunia pendidikan penggunaan komputer menjadi suatu keutamaan. Sebagian besar aktifitas pendidikan dilakukan menggunakan komputer.

Akademi komunitas negeri (AKN) Pacitan memiliki enam laboratorium komputer, terdiri dari tiga laboratorium pada program studi Pemeliharaan Komputer dan Jaringan (PKJ), dan tiga laboratorium pada jurusan Teknologi Multimedia. Disetiap Program Studi memiliki seorang Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP) yang bertanggung jawab dalam pengelolaan laboratorium seperti kegiatan pengoperasian peralatan, penggunaan bahan, pemeliharaan/perawatan peralatan, pengevaluasian sistem kerja laboratorium, dan pengembangan kegiatan laboratorium [2]. Dalam salah satu aktivitasnya seorang PLP akan memastikan peralatan-peralatan laboratorium dapat berjalan dengan baik sehingga aktivitas praktikum dapat dilaksanakan. Jika salah satu komputer mengalami *trouble* maka seorang PLP bertanggung jawab untuk melakukan perbaikan agar komputer tersebut dapat kembali normal.

Laboratorium Jaringan adalah salah satu laboratorium yang dimiliki oleh prodi PKJ. Laboratorium ini digunakan oleh dosen untuk melaksanakan perkuliahan praktikum sebagai aktivitas penunjang dalam meningkatkan keterampilan mahasiswa. Dosen akan memberikan pengarahan tentang materi yang diajarkan kemudian mahasiswa akan berlatih sendiri dari materi yang telah diberikan. Dalam aktivitasnya tersebut terdapat beberapa kendala yang sering ditemukan yaitu, membutuhkan waktu yang lama dikarenakan banyaknya komputer yang perlu ditangani dalam melakukan perbaikan sistem.

Kerusakan dapat terjadi yang diakibatkan oleh virus atau penyalahgunaan sistem, atau ketidaksesuaian penggunaan sistem sehingga komputer mengalami kerusakan (*crash*). Selain itu beberapa kasus seperti kerusakan harddisk yang disebabkan oleh padamnya listrik karena komputer yang tidak menggunakan UPS atau karena pemakaian yang terlalu lama [3].

Akibat sering terjadinya beberapa kejadian tersebut seorang staf PLP perlu melakukan perbaikan, menambah aplikasi yang diperlukan, pembersihan virus, dan menghapus data yang tidak diperlukan. Kegiatan-kegiatan tersebut dilakukan satu persatu di setiap komputer yang ada di laboratorium. Tentu hal tersebut menjadi tantangan tersendiri bagi seorang staf PLP karena proses maintenance tersebut membutuhkan effort yang besar. Dari permasalahan tersebut peneliti mengusulkan sebuah solusi untuk membantu pengguna laboratorium jaringan dalam melakukan aktivitas perkuliahan menjadi lebih efisien dan efektif. Alternatif yang penulis usulkan adalah dengan mengimplementasikan sebuah metode *Preboot Execution Environment* (PXE) di Laboratorium Jaringan AKN Pacitan. Dengan mengimplementasikan metode tersebut memungkinkan sebuah komputer dapat berjalan meskipun tidak terdapat dukungan harddisk didalamnya dan dari sisi ekonomis tentu hal ini mampu mengurangi biaya pengadaan barang berupa harddisk. Dengan sistem pengelolaan terpusat seorang staff PLP dapat mengelola sistem menjadi lebih mudah dan efektif [4].

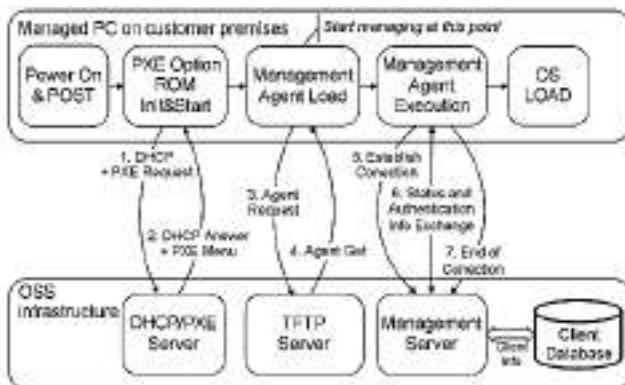
II. LANDASAN TEORI

A. *Preboot Execution Environment* (PXE)

PXE adalah sebuah metode yang diperkenalkan oleh INTEL dengan menggunakan standar protokol jaringan TCP/IP, yang memungkinkan sebuah klien dapat berjalan tanpa menggunakan harddisk didalamnya. Sebuah klien yang tidak memiliki harddisk masih tetap dapat menjalankan sistem operasinya melalui sebuah media yaitu jaringan. Dengan syarat komputer tersebut memiliki perangkat jaringan yang mendukung metode ini (PXE). Hal tersebut juga berlaku pada perangkat penyedia layanan (*server*). Secara umum proses yang terjadi dapat dijabarkan sebagai berikut [5],

1. Ketika komputer klien dinyalakan komputer akan melakukan POST (Power-on Self Test) untuk

- memeriksa perangkat-perangkat yang terdapat didalam komputer (Gambar 1).
- Setelah fase POST , komputer klien melakukan inisialisasi subsistem IP ROM Boot PXE dengan meminta sebuah alamat IP Valid melalui protokol DHCP server dan juga mengidentifikasi apakah server memiliki perangkat yang mendukung PXE, menyediakan *Trivial File Transfer Protocol* (TFTP) dan file *Network Boot Program* (NBP) untuk di unduh.
 - Klien mendownload NBP melalui TFTP
 - Klien menjalankan / mengeksekusi NBP dan mulai melakukan load sistem operasi.



Gambar 1. Gambaran Umum Proses PXE

III. METODE PENELITIAN

A. Pendekatan dan Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus (Case Study Research), dimana dalam penelitian ini penulis memusatkan perhatian pada suatu kasus tertentu dengan menggunakan individu atau kelompok sebagai bahan studinya. Karena penelitian ini menfokus pada penggalian dan pengumpulan yang lebih dalam terhadap objek yang diteliti untuk mendapatkan jawaban dari permasalahan yang sedang terjadi, maka penelitian ini bisa bersifat deskriptif dan eksploratif [6].

B. Lokasi Penelitian

Lokasi yang penulis gunakan untuk melakukan observasi yaitu di laboratorium jaringan pada Program Studi Pemeliharaan Komputer dan Jaringan Akademi Komunitas Negeri Pacitan.

C. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang penulis lakukan dalam penelitian ini mengikuti metode waterfall dalam melakukan perancangan. Terdapat empat langkah dalam penelitian ini dengan dua diantaranya akan dibahas pada bagian hasil penelitian dan pembahasan. Sehingga pada subbab ini penulis hanya menuliskan dua bagian saja.

1. Analisis Kebutuhan

Tahapan Analisis Kebutuhan ini penulis melakukan beberapa aktivitas, diantaranya adalah :

- Penulis mempelajari tentang bagaimana sistem diskless bekerja, bagaimana arsitektur dari sistem diskless, desain, serta pengembangan sistem diskless.
 - Peneliti mengumpulkan data atau informasi mengenai spesifikasi komputer yang terdapat didalam laboratorium jaringan.
- ##### 2. Perancangan Sistem Jaringan Diskless

Objek dari penelitian ini adalah membangun jaringan komputer tanpa harddisk pada laboratorium jaringan, dimana setiap komputer tidak dipasang harddisk akan dihubungkan melalui jaringan dan kemudian setiap komputer tanpa harddisk tersebut akan mengakses ke sebuah server untuk mendapatkan sebuah resource berupa sistem operasi yang akan dijalankan oleh klien. Ketika komputer klien ingin menulis data, sistem akan menyimpan data tersebut ke dalam file sementara. Secara umum, setiap klien akan memiliki file sementara yang terpisah dan sistem akan menghapus semua file sementara saat komputer melakukan restart, dihapus, atau dimatikan. Semua proses boot akan dilakukan didalam jaringan lokal (LAN). Langkah-langkah dimulai dari ROM pada kartu LAN, mengambil semua file dari server untuk melakukan booting hingga masuk ke dalam sistem operasi seperti windows.

Topologi yang digunakan adalah topologi star dalam desain jaringannya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Terdapat beberapa alasan mengapa penulis memilih topologi star, diantaranya adalah sebagai berikut [7][8]:

- Topologi Star lebih andal di dalam jaringan, dimana kemungkinan untuk terjadinya tabrakan paket data kecil.
- Mudah diimplementasikan, cukup dengan menghubungkan setiap perangkat komputer kedalam penghubung seperti switch/hub.

3. Apabila satu komputer yang mengalami kerusakan dalam jaringan maka komputer tersebut tidak akan mempengaruhi kepada seluruh komputer (perangkat) yang terhubung kedalam jaringan.
4. Relative lebih fleksibel.
5. Keamanan data tinggi.



Gambar 2. Rancangan Jaringan Komputer tanpa Harddisk

Perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada penelitian jaringan tanpa harddisk adalah perangkat-perangkat yang terdapat didalam laboratorium jaringan tanpa adanya perubahan baik server maupun klien dan beberapa perangkat pendukung lainnya. Perangkat – perangkat tersebut diantaranya adalah :

1. Server
 - a. Processor Intel Xeon CPU E3-1225 V2 3.2 GHz
 - b. Memori RAM 8 GB
 - c. SSD Vgen 240 GB 6GBps
 - d. HD Western Digital 1TB
 - e. Lan Card Intel ® 82579UM Gigabit
 - f. Sistem Operasi Windows 10
2. Klien
 - a. Processor Intel Xeon CPU E3-1225 V2 3.2 GHz
 - b. Memori RAM 4GB
 - c. Lan Card Intel ® 82579UM Gigabit
 - d. Sistem Operasi Windows 7
3. Perangkat Jaringan
 - a. Switch Fast Ethernet 24 Port (HP V1410-24 100Mbps)
 - b. Kabel LAN Cat5e
 - c. Konektor RJ45
4. Perangkat Lunak
 - a. Aplikasi CCBoot

- b. Aplikasi Perkuliahan (XAMPP, Postgres SQL, Ms. Word, Mozilla/Chrome)

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Persiapan pertama yang penulis lakukan adalah dengan melepaskan harddisk – harddisk yang terdapat didalam komputer klien, dan perangkat – perangkat yang digunakan seperti komputer dan jaringan tidak mengalami perubahan. Penulis menggunakan peralatan yang terdapat didalam laboratorium jaringan. Kemudian dari sisi server dilakukan instalasi software yang mendukung metode PXE, yaitu ccboot dan salah satu dari komputer klien dipasangkan harddisk. Harddisk tersebut digunakan untuk menginstall sistem operasi dan aplikasi. Komputer tersebut digunakan oleh server dalam melakukan kloning menjadi *image* (format vhd). Gambar 3 adalah proses dimana komputer klien akan melakukan upload *image* ke komputer server. *Image* tersebut selanjutnya akan dibagikan ke seluruh klien melalui media jaringan untuk menjalankan sistem operasi.

Proses penyebaran data dari server ke klien dilakukan melalui perangkat jaringan yang mendukung PXE. PXE memungkinkan klien untuk melakukan *booting* melalui jaringan lokal. Agar perangkat dapat melakukan *booting* didalam jaringan diperlukan sebuah pengalamatan agar komunikasi dapat berjalan dengan baik dan data dapat dikirimkan secara tepat. Maka dibutuhkan sebuah fitur yang dapat memberikan sebuah alamat IP secara dinamis (DHCP) . Hal tersebut dikarenakan perangkat komputer tidak memiliki sistem operasi sehingga dibutuhkan sebuah mekanisme yang mampu memberikan sebuah nomor komunikasi (IP) ke klien. Mekanisme IP Dinamis adalah sebuah solusi dengan penomoran yang secara otomatis diberikan oleh server ke klien yang terhubung kedalam jaringan memungkinkan komunikasi antara server dan klien dapat dilakukan, dan Proses konfigurasi DHCP dilakukan dari sisi server.

Klien yang telah terhubung kedalam jaringan selanjutnya akan meminta *file boot* kepada server dengan mengirimkan *file boot* hasil kloning kepada klien dan kemudian proses *booting* berlangsung. Hal ini berlaku juga ketika klien telah berhasil masuk kedalam sistem operasi. Setiap menjalankan aplikasi, klien akan meminta *resource* kepada server dan hal ini

akan berlangsung secara terus menerus berdasarkan kebutuhan dari setiap klien.



Gambar 3. Klien akan mengirimkan kloning dirinya dalam bentuk *image* ke Harddisk Server

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini terdiri atas tiga tahapan diantaranya adalah :

1. Pengujian waktu yang diperlukan klien dalam mendownload *resource* hingga berhasil masuk kedalam sistem operasi. Dalam pengujian ini peneliti akan melihat perbandingan lamanya waktu proses *download* yang dilakukan oleh 1 klien, 5 klien, dan 14 klien. Selain itu penulis juga akan melihat kemampuan dari jaringan diskless dalam menangani klien dengan jumlah yang sedikit hingga banyak.
2. Pengujian *resource*, yaitu dengan melihat proses dari CPU, RAM, Network, dan Media penyimpanan pada *server* saat proses loading, hingga masuk kedalam sistem operasi dan menjalankan aplikasi.
3. Pengujian *resource* pada klien saat menjalankan aplikasi.

Pengujian waktu dilakukan untuk melihat berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh sebuah jaringan *diskless* dalam menjalankan komputer pada laboratorium jaringan. Dalam percobaan pertama penulis menjalankan satu buah klien dalam prosesnya penulis membutuhkan waktu kurang lebih 3,5 menit untuk masuk kedalam sistem operasi, kurang lebih 6 menit untuk menjalankan 5 klien, dan 25 menit untuk menjalankan 14 klien. Perbandingan waktu loading dari *server* ke klien dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Lama Waktu Proses Loading

No	Jumlah Klien	Lama Proses (Menit)
1	1	3,5
2	5	6

3	14	25
---	----	----

Pengujian kedua dilakukan dengan melihat proses yang berjalan pada komponen-komponen utama dalam sebuah perangkat komputer *server* seperti *cpu*, *memory*, *harddisk*, dan jaringan. Dari data – data tersebut penulis mencatat terdapat empat pengelompokan/kondisi *resource* yang terjadi selama analisis berlangsung (Gambar 4), yaitu :

1. *Start Awal*, kondisi ketika klien mulai menjalankan komputer, berkomunikasi dengan *server*, dan meminta sumber daya (*image*) ke *server*. Terjadi aktivitas pada empat bagian yaitu CPU, Harddisk, dan Jaringan.
2. *Booting*, kondisi klien menerima *resource* dari *server* dan melakukan *booting* awal ke dalam komputer.
3. *Masuk Sistem Operasi*, kondisi ketika klien sudah berhasil masuk ke dalam sistem operasi.
4. *Menjalankan Aplikasi*, kondisi klien sudah masuk kedalam sistem operasi dan melakukan aktifitas secara umum seperti menjalankan *microsoft office*, basis data, dan sebagainya.

Gambar 4 dan 5 adalah perbandingan proses yang terjadi saat menjalankan komputer klien sebanyak 5 dan 14 unit. Dari serangkaian percobaan yang telah dilakukan, penulis mengamati ketika komputer dijalankan pada kondisi 1 klien dan 5 klien (gambar 4). Klien dapat berjalan dengan normal sama seperti saat komputer dijalankan dengan menggunakan *harddisk*. Komputer klien dapat masuk kedalam sistem operasi dan menjalankan beberapa aktivitas seperti membuka web browser, *microsoft word*, dan aplikasi penunjang praktikum. Akan tetapi ketika 14 klien dijalankan secara bersamaan terjadi *delay* waktu tunggu proses yaitu ketika proses *loading image*. Dari ke-14 komputer klien, 12 klien berhasil masuk kedalam sistem operasi dan 2 klien gagal masuk kedalam jaringan. Ketika sebuah klien mencoba untuk mengakses aplikasi, komputer berjalan sangat lambat. Ketika seluruh komputer menjalankan aplikasi secara bersamaan maka komputer akan terjadi hang karena *resource* tidak diterima secara sempurna. Gambar 5 memperlihatkan bagaimana terjadi proses yang sangat padat atau tinggi pada sisi penyimpanan hingga 100 %.

Pengujian CPU dan RAM pada komputer klien dilakukan pada pengujian 1 komputer klien dan 5 komputer klien, karena pada pengujian 14 komputer

klien tidak dapat dilakukan. Hal tersebut disebabkan karena proses yang terjadi sangat lambat sehingga komputer mengalami *hang*. Ketika komputer berhasil masuk kedalam sistem operasi maka sebagian aktivitas tidak sepenuhnya menjadi tanggung jawab *server* setiap klien akan menjalankan sistemnya sendiri-sendiri dan menyimpan *resource* ke dalam penyimpanan sementara yaitu memori/RAM. Ketika ada *resource* baru yang belum ada pada RAM komputer, maka komputer akan meminta *server* untuk mengirimkan *resource* yang dibutuhkan oleh komputer klien. Gambar 6 memperlihatkan bagaimana CPU dan RAM yang digunakan oleh komputer klien ketika menjalankan aplikasi basis data (MariaDB, dan PostgreSQL), Web Browser, dan Oracle Virtualbox. Tabel 2 memperlihatkan peningkatan *memory* ketika komputer menjalankan aplikasi secara bersamaan.

Tabel 2. Konsumsi *Memory* saat Menjalankan Aplikasi

No	Aplikasi yang dijalankan	Jumlah <i>Memory</i> yang digunakan
1	Web Browser	1.33 GB
2	Web Browser + Postgre SQL	1.95 GB
3	Web Browser + Postgre SQL + Oracle Virtualbox	2.05 GB

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh dari tahapan implementasi, terdapat beberapa analisa yang dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Komputer tanpa harddisk menggunakan media jaringan untuk mendapatkan sebuah *resource* berupa *image* (kloning sistem operasi) agar dapat menjalankan komputer. Jaringan menjadi hal yang sangat vital pada kegiatan ini. Setiap klien yang terhubung kedalam jaringan akan meminta layanan kepada *server*, kemudian *server* akan mendistribusikan *resource* yang dibutuhkan oleh komputer klien. Sehingga kepadatan jaringan tidak dapat dihindarkan. Semakin banyak komputer yang meminta layanan kepada *server* maka semakin besar trafik yang ditimbulkan dan menyebabkan proses menjadi lebih lama.
2. Dalam percobaan ini terdapat empat proses yang dapat dilihat, yaitu ketika menjalankan komputer (*start*), *booting*, masuk ke sistem operasi, dan

menjalankan aplikasi. Ketika klien mulai menjalankan komputer, terjadi peningkatan grafik dari tiap-tiap komponen yang dianalisa pada *server*. Perubahan tersebut memperlihatkan bahwa komputer *server* sedang merespon terhadap permintaan klien. Komputer mengkases *resource* didalam harddisk dan juga menyimpan informasi kedalam penyimpanan dari setiap klien yang meminta layanan kepada-nya. Sehingga pada tahapan ini grafik harddisk pada *server* juga mengalami peningkatan sebesar 12 %. Begitu juga dengan jaringan, menunjukkan peningkatan grafik yang sangat tinggi secara konstan pada bagian *send* sebesar 82.6 Mbps, sedangkan pada sisi *receive* grafik tidak terlihat peningkatan grafik yang signifikan sebesar 19.9 Mbps. Dari grafik tersebut terlihat bahwa *server* sedang melayani permintaan dengan mengirimkan *resource* yang dibutuhkan oleh klien.

Tahapan kedua adalah komputer masuk pada fase *booting*. Dalam fase ini komputer klien telah menerima sebagian *resource* yang dikirimkan oleh *server* dan melakukan proses *booting*. Dalam fase ini komputer klien tidak melakukan permintaan layanan kepada *server*, sehingga pada grafik jaringan, harddisk, dan cpu tidak menunjukkan adanya peningkatan grafik (stabil). Komputer melakukan aktivitasnya secara lokal. Ketika proses *booting* telah dilakukan, kemudian masuk kedalam fase ketiga yaitu komputer klien masuk kedalam sistem operasi. Terjadi peningkatan grafik pada komponen penyimpanan dan jaringan dari sisi *server*. Pada fase ini menunjukkan bahwa klien kembali melakukan komunikasi kepada *server* untuk meminta *resource* tambahan sistem operasi. Dapat dilihat bahwa proses harddisk mulai mengalami peningkatan grafik hingga 97,9% , serta proses *send* dan *receive* pada jaringan juga menunjukkan peningkatan grafik yang sama sebesar 97,9 Mbps dan 12,2 Mbps. Terjadi sebuah komunikasi yang intens antar klien dan *server*, ketika klien sudah masuk kedalam fase sistem operasi dan mulai menjalankan aplikasi. Peningkatan terjadi hampir

98% pada media penyimpanan dan jaringan mengalami proses *send* dan *receive* yang stabil yaitu 15.6 Mbps dan 22.4 Mbps. Dalam fase komputer klien menjalankan aplikasi, komputer sepenuhnya dijalankan secara lokal hingga komputer membutuhkan *resource* tambahan. Komputer akan melakukan permintaan kepada *server*, kemudian *server* akan mencari *resource* yang terdapat didalam media penyimpanan lalu mengirimkan *resource* tersebut kepada klien.

3. Dalam aktivitasnya, terdapat beberapa permasalahan yang muncul ketika komputer yang dijalankan lebih banyak yaitu 14 komputer klien. Dua dari empat belas komputer klien tidak dapat meminta layanan kepada *server*. Hal ini berlangsung hingga ke empat belas komputer telah berhasil masuk kedalam sistem operasi. Penulis melihat padatnya jaringan menjadi penyebab gagal terhubungnya beberapa komputer kedalam jaringan. Penulis mencatat pada proses *start* awal hingga *booting* terjadi kepadatan trafik yaitu 98.3 Mbps. Permasalahan lainnya yang muncul adalah ketika sebuah komputer klien ingin mencoba untuk menjalankan aplikasi yang telah terinstall pada sistem operasi komputer berjalan sangat lambat. Terlihat aktivitas yang padat pada media penyimpanan harddisk sehingga mempengaruhi kinerja *server* dalam melayani komputer klien dalam mendapatkan *resource* yang dibutuhkan.

V. KESIMPULAN

Penerapan jaringan *diskless* pada laboratorium jaringan secara umum dapat berjalan baik. Komputer klien dapat berjalan tanpa menggunakan harddisk (komputer berhasil masuk kedalam sistem operasi). Pada percobaan ini penulis menguji dengan 3 kelompok klien yaitu 1 klien, 5 klien, dan 14 klien. Pengujian dengan satu klien dan lima klien dapat berjalan dengan waktu proses hingga masuk kedalam sistem operasi kurang dari 6 menit, dan pengujian dengan 14 komputer membutuhkan waktu kurang lebih selama 25 menit. Pengujian dengan 5 klien dapat berjalan dengan normal. Komputer dapat menjalankan aplikasi yang telah terinstall, akan tetapi terjadi beberapa kendala ketika dijalankan dengan 14 komputer sekaligus. Komputer klien mengalami hang

karena kepadatan trafik yang terjadi didalam *server*. Dua dari empat belas komputer mengalami gagal masuk kedalam jaringan, sehingga hanya 12 komputer yang dapat masuk kedalam sistem operasi dengan waktu masuk yang lama dan proses yang lambat.

Dari hasil tersebut penulis melihat perlu dilakukan peningkatan (optimisasi) pada jaringan tanpa harddisk di laboratorium jaringan. Berdasarkan data-data yang ada penulis melihat perlu adanya peningkatan performa dari sisi jaringan dan media penyimpanan. Kecepatan jaringan yang diberikan yaitu 98 Mbps masih belum mampu memberikan pelayanan maksimal kepada klien, sebuah media yang mampu mengirim data sebesar kurang lebih 1000Mbps sehingga proses pengiriman dapat lebih maksimal. Selain itu proses kerja jaringan *diskless* yang berpusat pada *server* dalam pengaksesan data juga membutuhkan kecepatan media baca tulis yang tinggi sehingga diperlukan kemampuan yang lebih dari aktivitas tersebut. Penggunaan harddisk sudah tidak lagi relevan dalam proses baca tulis pada aktivitas yang sangat padat. Penulis menyarankan penggunaan *solid state drive* (SSD) sebagai media penyimpanan dalam jaringan tanpa harddisk.

REFERENSI

- [1] S. Tri., N. A. Rozama, R. Untari, G. Siswayu, and K. Maharani, *Statistika Telekomunikasi Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2018.
- [2] Fachiyah, "Seluk Beluk Pranata Laboratorium Pendidikan Perguruan Tinggi," 2012. <http://fatchiyah.lecture.ub.ac.id/2012/09/seluk-beluk-pranata-laboratorium-pendidikan-perguruan-tinggi/> (accessed Apr. 09, 2020).
- [3] D. A. Kusuma, "Perancangan Jaringan Diskless Menggunakan Program CCBoot (Studi Kasus pada Game Center PHDNet Semarang).," 2012. <http://eprints.dinus.ac.id/5308/>.
- [4] S. Punthawanunt, S. Sappajak, and Y. Fujii, "Fully Automated Diskless Deployment for University's Lab," *Kasem Bundit Eng. J.*, vol. 8, no. 2, pp. 104–116, 2018, [Online]. Available: https://eng.kbu.ac.th/kbej/docs/articles/Vol.8_2/KBEJ-8-2-8.pdf.
- [5] T. Cruz, P. Simões, F. Bastos, and E. Monteiro, "Integration of PXE-based desktop solutions into broadband access networks," in *2010 International Conference on Network and Service Management*, 2010, pp. 182–189.

- [6] Z. Hasibuan, *Metodologi Penelitian pada Bidang Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*. Jakarta: Universitas Indonesia, 2007.
- [7] G. Agung Muhamad Ridwan, Eddy soesillo, “Perancangan Jaringan Diskless Berbasis Ltsp (Linux Terminal Server Project) Di Smkn 2 Pariaman,” *E-Jurnal Univ. Bung Hatta*, vol. 3, no. 1, 2016, [Online]. Available: <https://www.ejurnal.bunghatta.ac.id/index.php/JFKIP/article/view/7243>.
- [8] A. Sumarna, “Topologi Jaringan.” <http://sumarna.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/folder/0.4> (accessed Apr. 15, 2020).



Gambar 4. Aktivitas Server dalam Jaringan Diskless (5 klien)



Gambar 5. Aktivitas Server dalam Jaringan Diskless (14 klien)



Gambar 6. Komputer Klien Menjalankan Beberapa Aplikasi Sekaligus

Optimalisasi Pemanfaatan Grid Connected Rooftop Solar Photovoltaic (SPV) Sebagai Pengembangan Green Energy System di Gedung A Fakultas Teknik Universitas Semarang

Harmini¹, Titik Nurhayati²

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Semarang¹

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Semarang²

*harmini@usm.ac.id¹, titiknur@usm.ac.id²

ABSTRACT

Faculty of Engineering, University of Semarang has the potential to install a Grid Connected solar photovoltaic (SPV) rooftop. This SPV is capable of producing electrical energy from solar energy sources. The energy produced by the Grid Connected SPV system can be used to meet electricity needs during the day. The fulfillment of electrical energy can be divided from PLN and Rooftop SPV energy. The use of SPV rooftops has several advantages, namely the maximum utilization of solar energy and minimizing obstructions. Grid Connected Rooftop SPV system design needs to be done to optimize the use of solar energy as a green energy system development. This optimization can be used to predict how much power or energy can be produced. The power and energy generated by the grid connected rooftop SPV are calculated based on meteorological data of solar radiation and temperature of the Semarang City BMKG in 2019 as well as the dimensions of the building roof area. This study was validated using the PVSYS 6.8.1 software. The results showed that the power and energy requirements were 103.87 KW and 1371.74 KWh. The dimensions of the roof of the building are 441 m². The roof of the building can accommodate 356 units of SPV modules with a total power and energy of 85,119 KW and 658.6 KWh. Utilization of the SPV grid connected rooftop is able to supply energy needs of 81.9% of the total electrical energy. Another power loads supplied by PLN sources is 31.8%

Keywords : Grid Connected System, Green Energy, Rooftop SP, Fakultas Teknik Universitas Semarang.

INTISARI

Gedung Fakultas Teknik Universitas Semarang berpotensi untuk dilakukan pemasangan *Grid Connected rooftop* solar photovoltaic (SPV). SPV ini mampu menghasilkan energi listrik dari sumber energi matahari. Energi yang dihasilkan oleh system *Grid Connected* SPV dapat digunakan untuk mencukupi kebutuhan listrik pada siang hari. Pemenuhan energi listrik dapat dibagi dari energi PLN dan *Rooftop* SPV. Pemanfaatan *Grid Connected rooftop* SPV mempunyai beberapa keunggulan yaitu pemanfaatan energi matahari lebih maksimal dan meminimalisir penghalang. *Grid Connected Rooftop* SPV lebih mudah untuk diintegrasikan dengan sistem kelistrikan yang sudah ada. Perancangan system *Grid Connected Rooftop* SPV perlu dilakukan untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari sebagai salah satu pengembangan *green energy system*. Optimalisasi ini dapat digunakan untuk memprediksi berapa daya atau energi yang mampu dihasilkan. Daya dan energi yang dihasilkan oleh *grid connected rooftop* SPV dihitung berdasarkan data meteorologi radiasi matahari dan temperature BMKG Kota Semarang tahun 2019 serta dimensi luas atap Gedung. Penelitian ini divalidasi dengan menggunakan software PVSYS 6.8.1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan daya dan energi sebesar 103.87 KW dan 1371.74 KWh. Dimensi atap gedung sebesar 441 m². Atap gedung mampu menampung jumlah modul SPV sebanyak 356 Unit dengan total daya dan energi sebesar 85,119 KW dan 658.6 KWh. Pemanfaatan *grid connected rooftop* SPV ini mampu mensuplai kebutuhan energi sebesar 81,9% dari total kebutuhan energi listrik pada gedung Fakultas Teknik. Kebutuhan beban daya yang lain di supply oleh sumber PLN sebesar 31,8%

Kata kunci: *Grid Connected System, Green Energy, Rooftop SPV, Fakultas Teknik Universitas Semarang*

I. PENDAHULUAN

Salah satu rencana pemerintah pada tahun 2020 dalam pengembangan energi baru terbarukan adalah pembangunan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga

Surya). Secara geografis Jawa Tengah berada di daerah khatulistiwa yang terletak pada 10°LS, dengan intensitas penyinaran matahari 3.5 KWh/m²/hari – 4.67 KWh/m²/hari, sehingga hampir diseluruh daerah bisa

di bangun PLTS atau Solar Photovoltaic (SPV)[1]. Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dalam skala besar masih memiliki keterbatasan seperti keterbatasan tersedianya lahan yang tidak jauh dengan pusat beban atau konsumen. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan ini adalah membangun PLTS dengan memanfaatkan bangunan seperti bagian atap gedung (*rooftop*). Sistem pembangunan SPV pada *rooftop* merupakan pembangkit listrik yang dapat terkoneksi dengan jaringan PLN atau grid connected maupun dimanfaatkan langsung pada gedung tersebut [2]. Ketersediaan lahan pada atap sebuah gedung dapat digunakan untuk membangkitkan energi matahari melalui modul panel surya untuk didistribusikan dan ditransmisikan melalui jaringan grid[1][3]. Panel SPV mengkonversikan secara langsung radiasi matahari menjadi energi listrik. Grid connected selalu dikoneksikan dengan jaringan listrik umum dengan menggunakan inverter karena energi yang dihasilkan oleh panel SPV adalah tegangan DC[4][5]. Gedung – gedung yang ada di Lingkungan Universitas Semarang (USM) dapat dimanfaatkan untuk pemasangan grid connected *Rooftop* SPV. Salah satu gedung yang menjadi objek penelitian ini adalah Gedung Fakultas Teknik USM. Universitas Semarang memiliki langganan daya PLN sebesar 100-500 KW dan Gedung Fakultas Teknik menggunakan lebih dari 20% dari total langganan dengan konsumsi energi listrik sebesar 100.5 KW yang digunakan untuk konsumsi AC dan penerangan gedung. Beberapa hasil penelitian tentang sistem grid connected Roof top panel SPV menunjukkan bahwa Hasil estimasi menunjukkan bahwa atap berbagai blok bangunan dapat menampung 550,8KW sistem solar photovoltaic yang terhubung dengan jaringan dan dapat menghasilkan daya listrik yang cukup untuk konsumsi energi dan mengurangi konsumsi energi dari pasokan jaringan serta mengurangi ketergantungan jaringan[3]. Unjuk kerja *rooftop* pembangkit listrik tenaga surya dikantor gubernur bali 158 KWP menunjukkan bahwa Energi yang dihasilkan hingga saat ini telah mengurangi suplai energi listrik dari PLN[2][6]. Simulasi menghasilkan data energi total dalam satu tahun sebesar 249.764 KWh/tahun dengan energi tertinggi terjadi pada bulan Mei sebesar 24.172 KWh dan energi terendah terjadi pada bulan Januari sebesar 16.226 KWh[2].

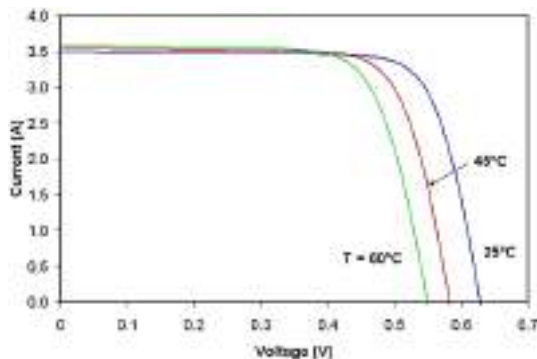
Pada penelitian ini dibuat sebuah system grid connected *rooftop* SPV yang akan diterapkan pada

gedung Fakultas Teknik Universitas Semarang. System ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk menerapkan pembangkit listrik tenaga surya di lingkungan Universitas Semarang. Energi yang dihasilkan oleh system SPV dapat digunakan untuk mencukupi kebutuhan listrik pada siang hari, sehingga pemenuhan energi listrik dapat dibagi dari PLN dan *Rooftop* SPV yang telah dibangun. Analisa pemanfaatan *rooftop* SPV perlu dilakukan agar dapat memprediksi berapa energi yang mampu dihasilkan. Hasil yang dicapai pada penelitian adalah sebuah model sistem system optimalisasi pemanfaatan grid connected *rooftop* SPV sebagai sumber pembangkit energi listrik alternative dalam memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia yang ramah lingkungan atau green energy. Parameter yang diamati adalah nilai radiasi matahari, suhu, daya dan energi. Penelitian ini penting untuk dilakukan karena Indonesia khususnya di Kota Semarang memiliki radiasi matahari yang cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan energi listrik yang ramah lingkungan. Selain itu atap Gedung yang belum termanfaatkan dengan baik dapat digunakan untuk menempatkan modul SPV sehingga sistem pembangkitan energi ini tidak memerlukan area lagi untuk menempatkan modul SPV.

II. LANDASAN TEORI

A. Solar Photovoltaic (SPV)

SPV terdiri dari sejumlah sel *photovoltaic* yang saling terhubung secara seri dan diproduksi menjadi sebuah unit. Sel-sel tersebut berikutan dengan kawat busbar penghubungnya dilindungi oleh bahan pelapis atau enkapsulasi (*encapsulating material*) yang melindungi sel-sel dari kontak langsung dengan lingkungan dan kekuatan mekanik yang dapat merusak sel-sel yang tipis. Kinerja kelistrikan modul *photovoltaic* dicirikan dengan kurva arus-tegangan (I-V)[7][8]. Kurva tersebut menjelaskan operasi arus dan tegangan modul *photovoltaic* pada radiasi sinar matahari dan suhu tertentu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1[6].



Gambar 1. Kurva karakteristik SPV

Dalam menentukan jumlah modul *photovoltaic* maka harus mengetahui luas area array terlebih dahulu yang dihitung dengan persamaan 1[9][10].

$$P_{\Delta t} = C_t \times \Delta t \times P_{nom} \dots \dots \dots (1)$$

dimana,

$P_{\Delta t}$ adalah Daya pada perubahan temperature (Watt),

C_t adalah Koefisien daya pada level temperatur ($\%/^{\circ}\text{C}$),

P_{nom} adalah Daya nominal modul PV (Watt)

Setelah $P_{\Delta t}$ diketahui, langkah berikutnya adalah menentukan nilai $P_{max t}$, yaitu besarnya daya keluaran modul *photovoltaic* pada level temperatur tertentu yang ditunjukkan pada persamaan 2[9][10].

$$P_{max t} = P_{nom} - P_{\Delta t} \dots \dots \dots (2)$$

dimana,

$P_{max t}$ adalah Daya keluaran modul *photovoltaic* pada level temperatur (Watt),

P_{nom} adalah Daya nominal modul PV (Watt),

$P_{\Delta t}$ adalah Daya pada perubahan temperatur (Watt).

Setelah $P_{max t}$ diketahui, langkah berikutnya adalah menentukan nilai TCF (*Temperatur Correction Factor*) seperti persamaan 3[9][10].

$$TCF = \frac{P_{max t}}{P_{nom}} \dots \dots \dots (3)$$

dimana,

TCF adalah *Temperatur Correction Factor*,

$P_{max t}$ adalah Daya keluaran modul *photovoltaic* pada level temperatur (Watt),

P_{nom} adalah Daya nominal modul PV (Watt)

Apabila nilai G_{av} (Intensitas matahari harian), E_l (Estimasi energi yang dibangkitkan), η_{PV} , η_{out} , TCF, sudah diketahui maka luas Array dapat dihitung menggunakan persamaan 4[9][10].

$$\text{Luas Array} = \frac{E_l}{G_{av} \times \eta_{PV} \times \eta_{out} \times TCF} \dots \dots (4)$$

dimana,

Luas Array satuannya adalah (m^2),

E_l adalah Kebutuhan daya (KWh),

G_{av} adalah Intensitas matahari harian (KW/m^2),

η_{PV} adalah Efisiensi modul *photovoltaic* (%),

η_{out} adalah Efisiensi keluaran (%) asumsi 0,98

TCF adalah *Temperatur Correction Factor*

Setelah mengetahui nilai parameter di atas, selanjutnya adalah menentukan daya yang dibangkitkan dengan menggunakan persamaan 5[9][10].

$$P_{wp} = \text{Luas Array} \times PSI \times \eta_{PV} \dots \dots \dots (5)$$

dimana,

P_{wp} adalah *Power Watt Peak* (W_p),

PSI adalah *Peak Sun Insolation* ($1000 \text{ W}/\text{m}^2$),

η_{PV} adalah Efisiensi modul *photovoltaic* (%).

Selanjutnya menentukan jumlah modul *photovoltaic* menggunakan persamaan 6[9][10].

$$\text{Jumlah modul PV} = \frac{P_{WP}}{P_{nom}} \dots \dots \dots (6)$$

dimana,

Jumlah modul PV adalah Unit,

P_{wp} adalah *Power Watt Peak* (W_p),

P_{nom} adalah Daya nominal modul *photovoltaic* (W_p).

Perhitungan P_{out} dapat dicari setelah mendapatkan nilai *fill factor*, *fill factor* dapat dicari dengan menggunakan persamaan 7[9][10].

$$\text{Fill Factor atau Faktor pengisian} = \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}} \dots (7)$$

Dimana,

V_m adalah Tegangan maksimum sel Surya (V),

I_m adalah Arus maksimum sel Surya (A),

V_{oc} adalah Voltage Open Circuit (V),

I_{sc} adalah Short-Circuit Current (A)

Daya output P_{out} yang dihasilkan panel dengan kapasitas tertentu dihitung dengan menggunakan persamaan 8[9][10].

$$P_{Out} = V_{OC} \times I_{SC} \times FF \dots\dots\dots(8)$$

dimana,

V_{oc} adalah *Voltage Open Circuit* (V),
 I_{sc} adalah *Short-Circuit Current* (A) dan
 FF adalah *Fill Factor*

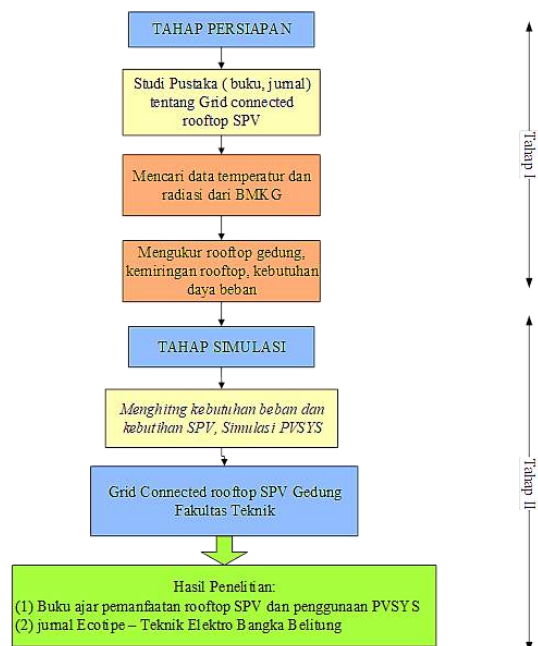
Energi output dihitung menggunakan persamaan 9.

$$E_{Out} = P_{Out} \times ss \dots\dots\dots(9)$$

dimana, E_{out} adalah energi output dan ss adalah lama penyinaran matahari.

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan dengan pengambilan data radiasi matahari dan temperature, pengukuran dimensi atap Gedung dan kebutuhan daya Gedung seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain dan simulasi pemanfaatan *Grid Connected rooftop* SPV sebagai sumber energi alternative pada gedung Fakultas Teknik Universitas Semarang. Simulasi system menggunakan PVSYS 6.8.1.



Gambar 2. Alur pengerjaan sistem

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain dan simulasi pemanfaatan *Grid Connected rooftop* SPV sebagai sumber energi alternative pada gedung Fakultas Teknik Universitas Semarang. Simulasi system menggunakan PVSYS 6.8.1 seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan PVSYS 6.8.1

A. Data Radiasi dan Temperatur Kota Semarang Tahun 2019

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data radiasi matahari dan data temperatur pada Tahun 2019 yang didapatkan dari BMKG Kota Semarang, serta data beban untuk penerangan gedung A Fakultas Teknik USM. Data-data tersebut antara lain:

1. Data Radiasi Matahari 2019 di Semarang
Pada Tabel 1 menampilkan data besaran nilai radiasi matahari di Kota Semarang.

Tabel 1. Data Radiasi Matahari Semarang 2019

BULAN	RADIASI SEMARANG	
	Cal/cm2/Jam	KWh/m2
JANUARI	335	3.91
FEBRUARI	310	3.62
MARET	322	3.76
APRIL	337	3.93
MEI	347	4.05
JUNI	337	3.93
JULI	345	4.03
AGUSTUS	398	4.64
SEPTEMBER	465	5.43
OKTOBER	714	8.33
NOVEMBER	653	7.62
DESEMBER	631	7.36

2. Data Temperatur Lingkungan 2019

Tabel 2 menunjukkan data temperatur pada tahun 2019 mulai dari temperatur maksimum (Tx), temperature minimum (Tn), dan temperature rata – rata (Tavg), lama penyinaran matahari rata-rata (ss).

Tabel 2. Data Temperatur Tahun 2019

BULAN	Tn (°C)	Tx (°C)	Tavg (°C)	ss (jam)
JANUARI	24.95	30.81	27.62	4.5
FEBRUARI	24.8	31.61	27.9	5.84
MARET	24.79	31.23	27.52	4.91
APRIL	25.54	32.74	26.77	7.01
MEI	24.96	33.45	28.94	8.53
JUNI	23.71	33.52	28.24	8.73
JULI	22.9	33.76	27.74	9.63
AGUSTUS	23.16	34.12	28.02	9.68
SEPTEMBER	23.93	34.98	28.77	9.81
OKTOBER	24.72	35.68	29.79	9.94
NOVEMBER	25.55	34.91	30.09	7.98
DESEMBER	25.04	32.28	28.61	6.04
Rata - Rata	24.50	33.26	28.33	7.72

B. Data Beban

Kebutuhan beban listrik Gedung A Fakultas Teknik Universitas Semarang yang dihitung pada penelitian ini adalah beban yang hanya digunakan untuk penerangan dan AC (Air Conditioner). Karena didalam aktifitas proses belajar mengajar kebutuhan penerangan dan AC ini yang sangat penting. Berdasarkan pada hasil pengukuran dan data single line diagram sistem kelistrikan Gedung A Fakultas Teknik maka kebutuhan total daya dan total energi Gedung A sebesar 103,87 KW dan 1371,74 KWh. Total kebutuhan daya dan energi ini akan digunakan sebagai acuan untuk menghitung kebutuhan SPV. Daya dan energi ini yang akan dijadikan referensi untuk merancang kebutuhan dan optimalisasi SPV rooftop dengan system on grid.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Kebutuhan SPV

Perhitungan kebutuhan SPV dihitung berdasarkan total kebutuhan daya dan energi dikalikan dengan *safety factor* sebesar 20% untuk mengantisipasi kehilangan energi pada SPV.

$$E_T = E_B \times \text{safety factor}$$

$$E_T = 1371,74 \times 1,2$$

$$E_T = 1646,09 \text{ KWh/hari}$$

Sedangkan total daya setelah dikalikan *safety factor* adalah $103,87 \times 1,2 = 124,64 \text{ KW}$. Panel surya yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis monokristalin tipe Panasonic VBHN240SE10 dengan spesifikasi panel surya seperti Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Panel Surya

Model	VBHN240SE10 dan VBHN240SE11
Cell Number in series	72
Rated Power Watts (Pmax)	240
Maximum Power Voltage (Vpm)	43.7
Maximum Power Current (Ipm)	5
Open Circuit Voltage (Voc)	51
Short Circuit Current (Isc)	52.4
Cell Type	HIT*

Langkah menghitung kebutuhan modul SPV berdasarkan nilai temperature yaitu dengan menghitung nilai (1) Daya berdasarkan perubahan temperature, (2) Daya maksimum, (3) TCF atau Temperature Corection Factor, (4) Luas Array, (5) Power Watt Peak (PWp) dan (6) jumlah modul SPV yang digunakan. Perhitungan daya berdasarkan pada perubahan temperature ($P\Delta t$) pada siang hari dipengaruhi perubahan temperature (Δt) yang didapatkan dari nilai temperature maksimum (Tx) dikurangi nilai temperature minimum (Tn) pada data waktu Tahun 2019. Hasil perhitungan nilai daya berdasarkan perubahan nilai temperature ditunjukkan pada Tabel 4. Rata-rata nilai daya berdasarkan perubahan temperature selama Tahun 2019 adalah 6,09 Wp.

$$P\Delta t = C_t \times \Delta t \times P_{nom}$$

Tabel 4. Hasil perhitungan nilai daya berdasarkan perubahan nilai temperature Tahun 2019

BULAN	Tn (°C)	Tx (°C)	Δt (°C)	Ct (%/°C)	Pnom (Wp)	PΔt (Wp)
JAN	24,95	30,81	5,86	0,29	240	4,08
FEB	24,8	31,61	6,81	0,29	240	4,74
MAR	24,79	31,23	6,44	0,29	240	4,48
APRIL	25,54	32,74	7,20	0,29	240	5,01
MEI	24,96	33,45	8,49	0,29	240	5,91
JUNI	23,71	33,52	9,81	0,29	240	6,83
JULI	22,9	33,76	10,86	0,29	240	7,56
AGUST	23,16	34,12	10,96	0,29	240	7,63
SEPT	23,93	34,98	11,05	0,29	240	7,69
OKT	24,72	35,68	10,96	0,29	240	7,63
NOV	25,55	34,91	9,36	0,29	240	6,51
DES	25,04	32,28	7,24	0,29	240	5,04
Rata - 2	24,50	33,26	8,75	0,29	240	6,09

Daya rata-rata nominal yang dihasilkan oleh satu unit modul SPV adalah 240 Wp. Perubahan temperatur selama tahun 2019 mengakibatkan nilai daya nominal berkurang dengan daya rata-rata sebesar 6,09 Wp. Daya yang mampu dihasilkan oleh satu unit modul SPV adalah $(240 \text{ Wp} - 6,09 \text{ Wp}) = 233,91 \text{ Wp}$.

Kebutuhan daya beban penerangan dan AC per lantai ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Beban penerangan dan AC

No	Beban	Lantai	Daya (KW)	Energi (KWh)
1	Penerangan	1	3,47	45,97
		2	3,8	49,3
		3	3,11	40,4
2	AC	1	20,57	287,98
		2	34,03	442,44
		3	38,9	505,65

Luas array modul SPV dihitung berdasarkan kebutuhan beban energy penerangan dan kebutuhan beban energy AC per lantai seperti pada Tabel 5,. Dengan menggunakan persamaan (4) dan data Temperatur tahun 2019 pada Tabel 4 maka didapatkan rata-rata luas SPV dan jumlah modul SPV seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata Luas SPV dan Jumlah Modul SPV

No	Beban	Kebutuhan energi (KWh)	Luas Array (m ²)	Jumlah Modul SPV (Unit)
1	Penerangan (Lantai 1,2&3)	135,67	147,99	117
2	AC Lantai 1	287,98	314,13	249
3	AC Lantai 1	442,44	482,62	382
4	AC Lantai 1	505,65	551,57	437

Rata-rata luas array SPV untuk penerangan sebesar 147,99 m², AC pada lantai 1 sebesar 314,13 m², AC pada lantai 2 sebesar 482,62,13 m², AC pada lantai 3 sebesar 551,57 m². Jumlah modul SPV yang dibutuhkan adalah jumlah modul SPV untuk penerangan sebanyak 117 Unit, AC lantai 1 sebanyak 249 unit, AC lantai 2 sebanyak 382 unit dan AC lantai 3 sebanyak 437 Unit. Secara keseluruhan jumlah modul SPV yang digunakan untuk penerangan sebesar 117 Unit dan untuk kebutuhan beban AC sebesar 1068 Unit.

Dimensi dari Gedung A Fakultas Teknik Universitas Semarang adalah 27,5 x 10 x 12,5 m, untuk dimensi atap Gedung A sendiri adalah 31,5 x 14 m dengan sudut kemiringan 30°. Penerapan yang sebenarnya harus memperhatikan kondisi atap gedung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas Atap Gedung A} &= P \times l \\ &= 31,5 \times 14 \\ &= 441 \text{ m}^2 \\ \text{Jumlah Modul SPV} &= \frac{\text{Luas atap (m}^2\text{)}}{\text{Luas PV (m}^2\text{)}} \\ &= \frac{441}{1,24} \\ &= 356 \text{ Unit} \end{aligned}$$

Fill Factor atau Faktor Pengisian (FF) dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Diketahui :} \\ V_m &= 43.7 \text{ V} \\ I_m &= 5.51 \text{ A} \\ V_{oc} &= 52.4 \text{ V} \\ I_{sc} &= 5.85 \text{ A} \\ \text{Fill Factor/ Faktor Pengisian} &= \frac{V_m I_m}{V_{oc} I_{sc}} \\ \text{Fill Factor/ Faktor Pengisian} &= \frac{43.7 \times 5.51}{52.4 \times 5.85} \end{aligned}$$

Fill Factor/ Faktor Pengisian = 0.78

Daya output (Pout) pada modul SPV berkapasitas 240 Wp adalah:

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$P_{out} = 52,4 \times 5,85 \times 0,79$$

$$P_{out} = 239.1 \text{ W}$$

Sedangkan nilai energi output didapat dengan menggunakan persamaan 9 seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Energi Output

Bulan	Pout	ss	Eout
	(W)	(jam)	(kWh)
JANUARI	239.1	4.5	1.08
FEBRUARI	239.1	5.84	1.40
MARET	239.1	4.91	1.17
APRIL	239.1	7.01	1.68
MEI	239.1	8.53	2.04
JUNI	239.1	8.73	2.09
JULI	239.1	9.63	2.30
AGUSTUS	239.1	9.68	2.31
SEPTEMBER	239.1	9.81	2.35
OKTOBER	239.1	9.94	2.38
NOVEMBER	239.1	7.98	1.91
DESEMBER	239.1	6.04	1.44
Rata - Rata	239.1	7.72	1.85

Berdasarkan hasil perhitungan maka atap gedung A Fakultas Teknik USM mampu menampung jumlah modul SPV sebanyak 356 Unit dengan daya rata-rata per modul SPV dan per bulan selama Tahun 2019 adalah 239,1 Watt dan Energi sebesar 1.85 KWh. Total daya yang mampu dihasilkan dengan 356 Unit SPV adalah 356 unit x 239,1 Watt = 85.119,6 Watt = 85,119 KW atau 356 Unit x 1.85 KWh = 658,6 KWh. Total daya dan Total energi yang dihasilkan, jika ini diterapkan maka akan mampu mensuplay kebutuhan beban untuk penerangan sejumlah 135,67 KWh dan 522.93 KWh untuk beban AC (kebutuhan pada lantai 3 yang setiap hari digunakan untuk perkuliahan).

B. Perhitungan Kebutuhan Baterai

Daya dan Energi rata-rata yang dapat dihasilkan dengan luas atap gedung A Fakultas Teknik USM adalah 85,119 KW dan 658,6 KWh. Perhitungan kapasitas baterai mempertimbangkan faktor cuaca apabila terdapat kondisi tanpa ada matahari (*No-sun or Black Day*). Kondisi tersebut bisa diasumsikan bahwa baterai mampu bertahan atau dapat digunakan selama 3 hari dengan DOD (*Depth of Discharge*) sebesar 80%. Rata-rata beban adalah:

$$\text{Weighted average load work time} = \frac{\sum \text{energy}}{\sum \text{power}}$$

$$\text{Weighted average load work time} = \frac{658,6 \text{ KWh}}{85,119 \text{ kW}} = 7,7$$

$$\text{Average Discharge Rate (h)} = \frac{\text{autonomy days} \times \text{weighted average load work time}}{\text{DOD}}$$

$$\text{Average Discharge Rate (h)} = \frac{(3 \times 7,7)}{0,8}$$

$$\text{Average Discharge Rate (h)} = 28 \text{ h}$$

$$\text{Kapasitas Baterai} = \frac{D \times L}{\text{DOD} \times \text{nout} \times V}$$

$$\text{Kapasitas Baterai} = \frac{658600}{0,8 \times 0,95 \times 48}$$

$$\text{Kapasitas Baterai} = 18.053 \text{ Ah}$$

Berdasarkan perhitungan maka kapasitas baterai yang dibutuhkan sebesar 18.053 Ah. Jika baterai yang akan digunakan adalah baterai merk Narada dengan tipe MPG 12V 200, maka jumlah baterai yang dibutuhkan adalah :

$$\text{Jumlah baterai disusun Paralel} = \frac{18.053}{200} = 90 \text{ unit}$$

$$\text{Jumlah baterai disusun Seri} = \frac{48 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 4 \text{ unit}$$

$$\text{Jadi total baterai adalah } 90 \times 4 = 360 \text{ baterai}$$

C. Perhitungan Kebutuhan Inverter

Kapasitas inverter adalah perbandingan antara daya beban dengan efisiensi inverter yaitu 0,8. Kapasitas inverter ditentukan berdasarkan daya yang akan digunakan yaitu 85,119 KW sesuai dengan luas atap Gedung Fakultas Teknik.

$$\text{Inverter Capacity} = \text{Load Power} / 0,8$$

$$\text{Inverter Capacity} = 85,119 \text{ KW} / 0,8$$

Inverter Capacity = 118,9 KW = 120 KW

Inverter yang digunakan pada adalah inverter SOFAR 2700 TL dengan kapasitas 120 KW. Inverter ini merupakan grid tie inverter yang diperuntukkan khusus untuk sistem SPV.

Jumlah kebutuhan daya atau energi dari Gedung A Fakultas Teknik sebesar 103,87 KW. Kapasitas Daya yang mampu dibangkitkan oleh sistem rooftop SPV adalah 85,119 KW. Berdasarkan hal tersebut maka 81,9% kebutuhan daya dapat disupply oleh sistem SPV dan 18,1% disupply oleh PLN.

Secara keseluruhan perancangan sistem SPV pada Gedung A Fakultas Teknik Universitas Semarang ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Perancangan sistem SPV Gedung A Fakultas Teknik Universitas Semarang

No	Kebutuhan	Kapasitas
1	Kebutuhan Daya	124,64 KW yang terbagi untuk beban penerangan dan AC
2	Kebutuhan Energi Listrik	1371,74 KWh
3	Dimensi dan Luas Array atap Gedung	31,5 x 14 m dengan sudut kemiringan 30°
4	Jumlah SPV	356 Unit dengan spesifikasi: Pm : 240 Wp Vm = 43.7 V Im = 5.51 A Voc = 52.4 V Isc = 5.85 A
5	Kapasitas SPV yang bisa dibangkitkan	85,119 KW
6	Kapasitas Energi SPV yang bisa dibangkitkan	658,6 KWh
7	Kapasitas Baterai	18.053 Ah Baterai Narada MPG 12 V 200 Ah
8	Jumlah Baterai	360 Baterai
9	Kapasitas Inverter	120 KW Sofar Inverter 2700TL
10	Prosentase SPV dalam mensupply energi di gedung A Fakultas Teknik	= 85,119 KW/ 124,64KW = 68,2 % Dan 31,8% menggunakan sumber energi dari PLN

V. KESIMPULAN

Total kebutuhan daya dan energi Gedung A Fakultas Teknik Universitas Semarang sebesar 103,87 KW dan 1371,74 KWh yang terbagi untuk beban penerangan dan beban AC dari lantai 1 sampai dengan lantai 3.

Kebutuhan modul SPV untuk memenuhi kebutuhan energi Gedung A Fakultas Teknik USM ditentukan berdasarkan nilai temperature selama Tahun 2019 dan berdasarkan dimensi atap gedung A. Jumlah kebutuhan modul SPV berdasarkan perubahan nilai temperature selama Tahun 2019 sebanyak 117 Unit untuk beban penerangan dan 1068 unit untuk beban AC. Sedangkan, atap gedung A Fakultas Teknik USM mampu menampung jumlah modul SPV sebanyak 356 Unit dengan daya rata-rata per modul SPV dan per bulan selama Tahun 2019 adalah 239,1 Watt dan Energi sebesar 1.85 KWh. Total daya yang mampu dihasilkan dengan 356 Unit SPV adalah 356 unit x 239,1 Watt = 85.119,6 Watt = 85,119 KW atau 356 Unit x 1.85 KWh = 658,6 KWh. Total daya dan Total energi yang dihasilkan, jika ini diterapkan maka akan mampu mensuplay kebutuhan beban untuk penerangan sejumlah 135,67 KWh dan 522.93 KWh untuk beban AC. Jadi kebutuhan beban untuk penerangan semuanya bisa di supply oleh system SPV, tetapi untuk beban AC hanya 522,93 KWh dari total beban AC yang di butuhkan sebesar 1.236,07 KWh. Prosentasi kapasitas SPV dalam mensupply kebutuhan energi listrik digedung A Fakultas Teknik Universitas Semarang adalah sebesar 68,2%. Kebutuhan beban daya yang lain di supply oleh sumber PLN sebesar 31,8%

Terima kasih kepada LPPM Universitas Semarang yang telah memberikan pendanaan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- [1] M. H. Albadi *et al.*, "Design of a 50 kW solar PV rooftop system," *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, no. January 2016, 2014, doi: 10.12720/sgce.3.4.401-409.
- [2] M. R. Wicaksana, I. N. S. Kumara, I. A. D. Giriantari, and R. Irawati, "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158

- kWp Pada Kantor Gubernur Bali,” *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 6, no. 3, pp. 107–113, 2019.
- [3] V. Baby Shalini, G. Vinay Goud, and C. Radha Charan, “Grid Connected Rooftop Solar Pv System: A Pre-Feasibility Estimation Using Pvsol Premium And System Advisor Model(Sam),” *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH*, vol. 8, no. 09, 2019.
- [4] T. Jaipur, “Grid Connected Roof Top Solar Power Generation : A Review,” vol. 3, no. 1, pp. 325–330, 2014.
- [5] L. Zaghba, M. Khennane, A. Borni, and A. Fezzani, “Control and performance analysis of grid connected photovoltaic systems of two different technologies in a desert environment,” no. 31, pp. 111–128, 2017.
- [6] M. B. Arias and S. Bae, “Design models for power flow management of a grid-connected solar photovoltaic system with energy storage system,” *Energies*, vol. 13, no. 9, May 2020, doi: 10.3390/en13092137.
- [7] R. M. Essefi, P. M. Souissi, and P. H. H. Abdallah, “Maximum power point tracking control technique for photovoltaic systems using neural networks,” *IREC 2014 - 5th International Renewable Energy Congress*, no. July, pp. 53–65, 2014, doi: 10.1109/IREC.2014.6826996.
- [8] R. K. Sharma, S. Bux, V. K. Sethi, and A. C. Tiwari, “Environment Friendly Solar Roof,” vol. 6, no. 9, pp. 94–101, 2015.
- [9] E. Lorenzo, ”Solar Electricity”,
<http://books.google.co.id/books/Solar>
- [10] Ramadhani, Bagus. 2018. Instalasi Pembangkit Listrik Dos & Don'ts. Jakarta. Energising Development Indonesia.

Rancang Bangun Aplikasi Sistem *Inventory* dengan *Barcode* di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Bangka Belitung

Asmar¹, Ghiri Basuki Putra²

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung¹

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung²

*asmar@ubb.ac.id¹, ghiri-basuki@ubb.ac.id²

ABSTRACT

The laboratory is a place for students to carry out practicum activities to better understand a subject. In the UBB Electrical Engineering laboratory, a lot of electronic tools and components are used so that an inventory of the equipment and components is needed so that they are easy to use. Previously, the inventory of goods at the Electrical Engineering Laboratory used a manual recording system so that its implementation was not running optimally and was still manual so that many problems occurred. To overcome this, an application is needed that is able to record equipment and components in the laboratory, the borrowing process, returns and the condition of existing goods automatically. This inventory application is made through several stages, namely, problem identification, design, application development and tool barcobe and application implementation stage. The application is made using data processing software, while the barcode is made using Barcode Studio. The results of this study have been applied to the Electrical Engineering Laboratory and are very helpful in the process of borrowing, returning, controlling the condition of existing goods in the laboratory, and making reports and can be done digitally and data storage becomes safer and electronic.

Keywords: *Inventory, Barcode, Application*

INTISARI

Laboratorium merupakan tempat mahasiswa melakukan aktifitas praktikum dalam lebih memahami suatu mata kuliah. Di laboratorium Teknik Elektro UBB banyak sekali alat dan komponen elektronika yang digunakan sehingga dibutuhkan inventarisasi peralatan dan komponen tersebut agar mudah dalam penggunaannya. Kegiatan inventaris barang pada laboratorium Teknik Elektro sebelumnya menggunakan sistem pencatatan manual sehingga dalam pelaksanaannya belum berjalan secara optimal dan masih manual sehingga banyak permasalahan yang terjadi. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu aplikasi yang mampu mendata peralatan dan komponen yang ada di laboratorium, proses peminjaman, pengembalian dan kondisi barang yang ada secara otomatis. Aplikasi inventarisasi ini dibuat melalui beberapa tahap yaitu, identifikasi permasalahan, perancangan, pembuatan aplikasi dan *barcode* alat dan tahap implementasi aplikasi. Aplikasi dibuat menggunakan menggunakan *software* pengolah data, sedangkan *barcode* dibuat dengan *Barcode Studio*. Hasil dari penelitian ini telah diterapkan pada laboratorium Teknik Elektro dan sangat membantu dalam proses peminjaman, pengembalian, pengontrolan kondisi barang yang ada di laboratorium, dan pembuatan laporan dan dapat dilakukan secara digital serta penyimpanan data menjadi lebih aman dan elektronik.

Kata kunci: *Inventaris, Barcode, Aplikasi*

I. PENDAHULUAN

Laboratorium merupakan tempat mahasiswa beraktivitas dalam melakukan praktikum dan juga penelitian. Di laboratorium juga terdapat banyak peralatan dan komponen yang perlu dicatat agar tidak terjadi kehilangan dan lainnya. Dengan semakin meningkatnya kegiatan yang ada di laboratorium

Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung maka kebutuhan kertas dan waktu proses peminjaman alat dan bahan untuk praktikum maupun penelitian makin meningkat sehingga sangat menyulitkan apabila masih dilakukan secara manual karena akan membutuhkan waktu yang cukup lama. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan sistem yang

bisa mengurangi penggunaan kertas dan proses peminjaman alat dan bahan yang tidak terlalu lama. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu aplikasi yang mampu mendaftarkan peminjaman, pengembalian dan kondisi barang secara otomatis dan juga secara elektronik untuk memudahkan dalam pengelolaan laboratorium ke depan.

Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya mahasiswa yang praktikum dan menggunakan peralatan dan komponen yang ada di laboratorium Teknik Elektro UBB, sehingga akan menyulitkan apabila masih menggunakan sistem pencatatan manual dan proses peminjaman dan lainnya juga dilakukan secara manual. Karena itu dibutuhkan sebuah aplikasi digital untuk menggantikan sistem manual ini

Beberapa tahapan dalam pembuatan aplikasi yaitu, identifikasi permasalahan, perancangan, pembuatan *barcode* dan tahap implementasi. Aplikasi dibuat menggunakan menggunakan *software pengolah data*, sedangkan *barcode* dibuat dengan *software Barcode Studio*. Pada tahapan perancangan dibuat *database* yang berisikan beberapa tabel-tabel *database*. Hasil dari penelitian ini telah diterapkan pada laboratorium Teknik Elektro dan sangat membantu dalam proses peminjaman, pengembalian, pengontrolan kondisi barang yang ada di laboratorium, dan pembuatan laporan.

Aplikasi ini berjalan *offline* dan artinya hanya bisa digunakan di komputer laboratorium Teknik Elektro UBB dan hanya hanya dapat digunakan oleh staf laboratorium untuk menjaga keamanan data dan akses yang terbatas sehingga data peralatan dan komponen laboratorium dapat menjadi lebih aman dan tersimpan dalam data elektronik bukan lagi manual dan dalam bentuk kertas sehingga mahasiswa hanya biasa mengajukan permohonan dan bisa mendapatkan peralatan dan komponen yang ingin digunakan setelah staff laboran menyetujui dan menggunakan sistem untuk mendaftarkan permintaan dari mahasiswa tersebut.

Kebanyakan sistem informasi inventaris laboratorium sudah berbasis internet dan berbeda dengan sistem inventaris yang berfokus untuk *offline* dan tidak menggunakan internet serta menggunakan *barcode* dan *miocrosoft access* sebagai *database server*.

II. LANDASAN TEORI

A. Barcode

Barcode atau kode batang pada dasarnya adalah susunan garis vertikal hitam dan putih dengan ketebalan yang berbeda, sangat sederhana tetapi sangat berguna, dengan kegunaan untuk menyimpan data-data spesifik misalnya kode produksi, tanggal kadaluarsa, dan nomor identitas, teknologi *barcode* tersebut terus berkembang dan bertahan. Sedangkan untuk membaca *barcode* ada banyak pilihan di pasaran dengan harga yang relatif murah mulai dari yang berbentuk pena (*wand*), slot, dan scanner.

Barcode memiliki kelebihan-kelebihan tertentu, yang paling utama, murah dan mudah, sebab media yang digunakan adalah kertas dan tinta. Penggunaan *barcode scanner* juga sangat mudah. *Barcode scanner* dapat membaca informasi/data dengan kecepatan yang jauh lebih tinggi daripada mengetikkan data dan *barcode scanner* memiliki tingkat ketelitian yang lebih tinggi dalam melakukan pembacaan.

Sistem *barcode* ini pertama kali ditemukan oleh Wallace Flint untuk kebutuhan industri di perusahaannya yang bergerak di bidang ritail di Amerika. Temuan sederhananya itu kemudian dikembangkan oleh Bernard Silver dan Norman Joseph Woodland dalam bidang temuan jenis tinta yang mampu dibaca dengan cepat dan hemat oleh mesin pemindai.

Terdapat berbagai jenis sistem *barcode*, salah satunya adalah *barcode* dengan sistem code 128. Code 128 adalah *barcode* dengan kerapatan tinggi, dapat mengkodekan keseluruhan simbol ASCII (128 karakter) dalam luasan yang paling minim dibandingkan dengan *barcode* jenis lain, hal ini disebabkan karena code 128 menggunakan 4 ketebalan elemen (*bar* atau *spasi*) yang berbeda (jenis yang lain kebanyakan menggunakan 2 ketebalan elemen yang berbeda).

Setiap karakter pada code 128 dikodekan oleh 3 *bar* dan 3 *spasi* (atau 6 elemen) dengan ketebalan masing-masing elemen 1 sampai 4 kali ketebalan minimum (*module*), jika dihitung dengan satuan *module* maka tiap karakter code 128 terdiri dari 11 *module* kecuali untuk stop character yang terdiri dari 4 *bar* 3 *spasi* (13 *module*).



Gambar 1. Jenis-jenis Barcode 1D



Gambar 2. Jenis-jenis Barcode 2D

B. Software Pengolah Data

Software Pengolah Data adalah sebuah program aplikasi basis data komputer relasional yang ditujukan untuk kalangan rumahan dan perusahaan kecil hingga menengah. Aplikasi ini menggunakan mesin basis data Microsoft Jet Database Engine dan juga menggunakan tampilan grafis yang intuitif sehingga memudahkan pengguna. *Software Pengolah Data* dapat menggunakan data yang disimpan di dalam format Access, Jet Database Engine, SQL Server, dan Oracle Database. Software ini juga mendukung teknik-teknik pemrograman berorientasi objek, tetapi tidak dapat digolongkan ke dalam perangkat bantu pemrograman berorientasi objek.

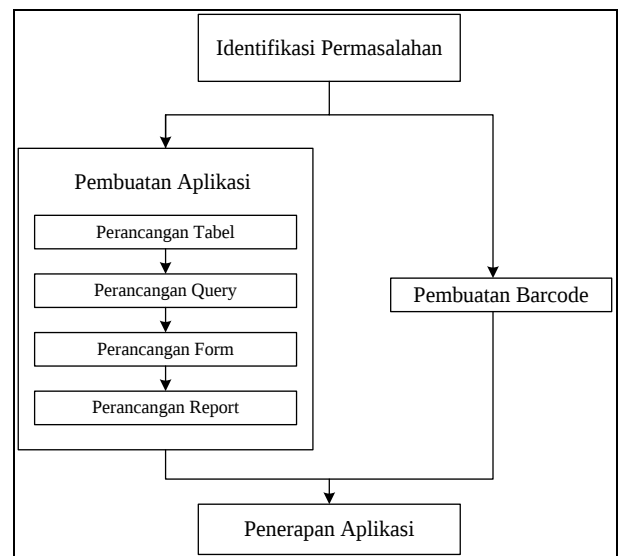
Terdapat enam obyek penting Access yang menjadi fitur utama, yaitu

1. *Table*. Tabel adalah tempat dimana kita menyimpan data. Semua tabel mengikuti aturan basis data relasional yang terdiri dari baris dan kolom. Setiap basis data bisa berisi lebih dari satu tabel.
2. *Queries*. Fitur *queries* disediakan untuk memilih data yang akan kita tampilkan. *Queries* pada Access disediakan baik dalam bentuk GUI maupun dalam bentuk bahasa SQL.
3. *Forms*. Fitur *form* disediakan untuk membuat tampilan dari basis data yang dibuat menjadi lebih menarik. Baik ketika mengedit data maupun tampilan output data di layar monitor.
4. *Reports*. Fitur ini disediakan untuk membuat format pencetakan pada media kertas melalui printer.

5. *Macros*. Fitur *macro* merupakan fitur yang digunakan untuk menyimpan perintah-perintah otomatis tertentu yang berhubungan dengan basis data yang dibuat. Dibutuhkan kemampuan pemrograman untuk menggunakan fasilitas ini.
6. *Modules*. Fitur ini lebih luas dari *macro* karena kita dapat melakukan pemrograman pada banyak aspek.

III. METODE PENELITIAN

Sebelum pembuatan aplikasi, harus diidentifikasi permasalahan dalam inventaris barang laboratorium sehingga aplikasi yang dibuat dapat benar benar menyelesaikan permasalahan yang ada. Hasil identifikasi digunakan untuk pembuatan aplikasi. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Langkah Penelitian

Barcode yang dibuat digunakan untuk pengkodean barang dengan mengacu jumlah barang yang ada, yaitu sebanyak 719 buah. Barcode yang digunakan adalah linier barcode tipe code128 dengan 4 buah angka. Hasil cetak barcode ditempelkan pada setiap barang menggunakan kertas stiker. Contoh barcode untuk kode barang 719 diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Barcode tipe code 128 untuk kode barang 719

Jumlah tabel yang digunakan pada Microsoft Access untuk pembuatan aplikasi sebanyak 4 tabel. Tabel barang, berisi data mengenai kode barang, identitas barang, tempat penyimpanan, ketersediaan barang (dipinjam/tersedia), jumlah pemakaian dan lama pemakaian. Tabel peminjaman berisi data identitas peminjam, kode barang yang dipinjam, dan waktu peminjaman. Tabel pengembalian berisi data kode barang, identitas peminjam, waktu pengembalian dan kondisi barang saat pengembalian. Tabel identitas berisi data mengenai identitas peminjam yaitu data mahasiswa dan dosen.

Hubungan tabel-tabel tersebut pada *query* diatur agar proses peminjaman, pengembalian, pengontrolan barang dan pembuatan laporan dapat dilakukan dengan mudah dan cepat serta dapat memberikan informasi yang diperlukan. Perancangan *form* dan *report* dibuat dengan mempertimbangkan kemudahan dalam proses memasukkan data dan dapat menyajikan informasi-informasi yang diperlukan. Agar aplikasi yang dibuat dapat diakses melalui jaringan komputer, pengaturan jaringan dilakukan agar lalu lintas data dapat berlangsung dengan lancar, yaitu dengan mengkoneksikan setiap komputer pada *homegroup* yang sama.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dan pembahasan adalah penyajian hasil utama secara objektif, tanpa interpretasi, dalam suatu susunan logis dan teratur menggunakan bahasa ilustratif (gambar dan tabel) dan teks. Hasil dan pembahasan seharusnya diorganisasikan dalam suatu seri tabel atau gambar secara berurutan untuk menyajikan temuan utama dalam susunan logis. Secara umum disuguhkan secara bertahap dalam tiga bagian: uraian temuan data dan informasi yang terkumpul, analisis sesuai dengan rancangan penelitian, dan penafsiran serta penjelasan sintesisnya. Sertakan data pendukung yang berupa tabel, grafik, gambar, atau alat

bantu lain seperlunya untuk memperjelas dan mempersingkat uraian yang harus diberikan.

Gambar 5 memperlihatkan tampilan awal (*switchboard*) ketika aplikasi dijalankan. *Form* peminjaman, pengembalian dan perubahan data dilindungi dengan password karena proses tersebut hanya boleh dilakukan oleh pengelola laboratorium.



Gambar 5. Switchboard aplikasi

Form daftar barang inventaris berisi informasi mengenai identitas barang, ketersediaan, banyaknya pemakaian dan lama pemakaian (Gambar 6). *Form* tersebut dilengkapi dengan tombol daftar peminjaman. Ketika tombol tersebut ditekan, maka akan diberikan informasi mengenai siapa saja yang telah menggunakan peralatan yang dipilih pada *form* daftar barang inventaris.



Gambar 6. Form daftar barang dan daftar pemakaian barang

Form daftar pemakaian barang memberikan informasi mengenai identitas pengguna barang dan lama peminjaman (Gambar 6). Jika suatu barang telah terpinjam selama lebih dari 14 hari dan peminjam hendak meminjam barang yang lain, maka aplikasi akan memberikan pesan kepada operator bahwa terdapat barang yang dipinjam lebih dari 14 hari dan belum dikembalikan (Gambar 8). *Form* tersebut juga dapat menampilkan informasi barang yang sudah dan

belum dikembalikan (Gambar 7). Untuk menampilkan seluruh data pemakaian barang dilakukan dengan tombol Tampilkan Semua Data.

[illegible]

Gambar 7. Daftar pemakaian barang yang belum dikembalikan

Form untuk peminjaman diperlihatkan pada Gambar 8 dan 9. Untuk melakukan proses peminjaman barang, operator cukup memasukkan nomor identitas kemudian aplikasi akan mencari identitas lengkap peminjam pada tabel identitas. Sedangkan proses memasukkan data barang dilakukan dengan melakukan *scanning* menggunakan *barcode reader* pada *barcode* yang telah ditempelkan pada peralatan. Proses *barcode* sangat mudah karena perpindahan record akan selalu menuju ke *field* kode barang sehingga operator tidak perlu lagi menggunakan keyboard untuk menuju *field* kode barang.

Aplikasi juga memungkinkan untuk melakukan proses pembacaan *barcode* secara berulang. Pengulangan tersebut tidak akan diproses oleh aplikasi jika kode barang telah terbaca oleh aplikasi. Hal ini bertujuan untuk menghindari kesalahan operator terutama jika jumlah barang yang dipinjam memiliki jumlah yang relatif banyak sehingga operator dapat melakukan scanning ulang untuk memastikan bahwa data barang telah terinput.

Jika terdapat barang yang akan dibatalkan peminjamannya, operator cukup melakukan *double click* pada kode barang dan barang tersebut tidak akan terdata sebagai barang yang dipinjam (Gambar 9). *Form* peminjaman juga menyediakan tombol untuk membuka *report* formulir peminjaman yang telah terisi data yang lengkap dan hanya perlu ditandatangani.

The screenshot shows the 'Pembelian Barang Inventaris' application. The main window has a teal header with the title and a logo. Below the header is a form with fields for 'Tanggal', 'Kategori', 'Detail', 'Jumlah', and 'Uraian'. To the right of the form are buttons for 'Simpan', 'Hapus', 'Kembali', and 'Batal'. Below the form is a button for 'Simpan ke Database'. At the bottom, there is a status bar with the text 'Sistem Pembelian Barang Inventaris'.

Gambar 8. Form peminjaman dan pesan yang ditampilkan jika terdapat barang yang dipinjam lebih dari 14 hari

PENJUALAN BARANG INVENTARIS

PT. KARYA BAKAR

MATERIAL: KAYU

QUANTITY: 1000

UNIT OF MEASURE: M3

DATE: 2023-10-27

TOTAL: 1000

TOTAL: 1000

KETERANGAN:

Gambar 9. *Form peminjaman dan pembatalan peminjaman*

Proses pengembalian juga dapat dilakukan dengan mudah pada Gambar 10. Operator cukup memasukkan kode barang tanpa perlu mencari identitas peminjam. Hal ini dapat dilakukan karena form pengembalian diatur pada *mode add*. *Mode add* ini memungkinkan karena peminjaman dan pengembalian masing-masing menggunakan tabel yang terpisah. Jika peminjaman dan pengembalian digabung menjadi satu tabel, maka proses pengembalian harus dalam *mode edit*, hal ini kurang efisien karena selain kode barang, operator juga harus mengetahui atau mencari data peminjam.

FENGEEMBALAN BARANG INVENTARIS					
	SIMPANAN		Membuat, December 31, 2013		0147
	1213 RECEIVED INVENTORY		Jumlah Uang Kasor Indukasi dan/atau Jumlah Uang Kasor Pribadi Lainnya		
	Jumlah an				
1	PERANGKAT KIRI 20	1000	PERANGKAT KIRI 20	1000	1000000
2	PERANGKAT KIRI 20	1000	PERANGKAT KIRI 20	1000	1000000
3	PERANGKAT KIRI 20	1000	PERANGKAT KIRI 20	1000	1000000
4	PERANGKAT KIRI 20	1000	PERANGKAT KIRI 20	1000	1000000
5	PERANGKAT KIRI 20	1000	PERANGKAT KIRI 20	1000	1000000
6	PERANGKAT KIRI 20	1000	PERANGKAT KIRI 20	1000	1000000
7	PERANGKAT KIRI 20	1000	PERANGKAT KIRI 20	1000	1000000
8	PERANGKAT KIRI 20	1000	PERANGKAT KIRI 20	1000	1000000
9	PERANGKAT KIRI 20	1000	PERANGKAT KIRI 20	1000	1000000
10	PERANGKAT KIRI 20	1000	PERANGKAT KIRI 20	1000	1000000

Gambar 10. *Form pengembalian*

Aplikasi yang dibuat dapat menghasilkan 3 jenis laporan (*report*), yaitu kondisi barang, formulir peminjaman, dan daftar pemakaian barang. Contoh *report* untuk formulir peminjaman diperlihatkan pada Gambar 11. *Form-form* pada aplikasi juga dilengkapi

tombol-tombol untuk memudahkan operator dalam memperoleh informasi yaitu tombol untuk mencari data, menyaring data, mengurutkan data, dan mencetak laporan. Aplikasi juga memungkinkan untuk melakukan konversi data menjadi file excel sehingga operator dapat membuat laporan dan mengolah data dalam format excel.

Gambar 11. Report untuk formulir peminjaman

Agar aplikasi dapat diakses melalui jaringan, maka setiap komputer diatur dalam satu *homegroup* yang sama dan folder tempat aplikasi tersebut berada harus dibagikan (*shared*) ke komputer lain. Aplikasi tersebut juga dapat diakses lebih dari satu komputer secara bersamaan dan proses perekaman dan penampilan data tetap dapat berlangsung dengan baik.

V. KESIMPULAN

Aplikasi inventarisasi ini telah diterapkan pada laboratorium Teknik Elektro dan membantu dalam proses peminjaman, pengembalian, pengontrolan kondisi barang, dan pembuatan laporan secara lebih mudah dan elektronik dan mampu menggantikan sistem yang manual dan menggunakan kertas.

Aplikasi yang dihasilkan dikembangkan untuk menginventaris barang habis pakai (barang pesediaan) yang terintegrasi dengan barang inventaris sehingga mempunyai fitur yang lebih lengkap dan memberikan kemudahan bagi staf laboratorium dalam mengelola inventarisasi laboratorium.

REFERENSI

- [1]. Jogiyo, 2005, Analisis dan Disain Sistem Informasi Pendekatan Terstruktur Teori dan Praktek Aplikasi Bisnis, Cetakan Ketiga, Andi, Yogyakarta.
- [2]. David M. Kroenke, 2002, Database Processing Fundamentals, Design, and Implementation, Eight Edition, Pretince Hall.

- [3]. Madcoms , 2015, Membangun aplikasi stok inventori, Andi Publisher
- [4]. Kuku Nugroho, 2016, Jaringan Komputer, Media Tera
- [5]. Barcode, <http://en.wikipedia.org>.
- [6]. Data Net: Barcode Primer, <http://www.datanet.com/education/barcodes.html>
- [7]. “Sistem Informasi Inventaris Laboratorium Berbasis Web Pada Stikes Bhakti Mandala Husada Slawi” Aghafiana Dewi Maharani, Slamet Wiyono, 2016, Jurnal Informatika
- [8]. Perancangan Sistem Informasi Inventarisasi Laboratorium Berbasis Web, Hardini Ratna Puspitawati, Heru Wahyu Herwanto, Jurnal Tekno, 2012, Vol.17
- [9]. Perancangan Sistem Informasi Inventarisasi Laboratorium Berbasis Web, Hardini Ratna Puspitawati, Heru Wahyu Herwanto, Jurnal Tekno, 2012, Vol.17
- [10]. “Perancangan Sistem Informasi Laboratorium Komputer Pada Program Studi D III PMIK Poltekkes Kemenkes Malang”, Puguh Yudho Trisnato, Handy Lala, Vol 1, No.11, 2016

Pemanfaatan Logika Fuzzy sebagai Pengendali *Steering* pada *Hardware In the Loop* Mobil Listrik Otomatis

Caroline¹, Rudyanto Thayeb², Hermawati³, Wirawan Dwi Harsanto⁴,
Suci Dwijayanti⁵, Bhakti Yudho Suprpto⁶
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya^{1,2,3,4,5,6}
*bhakti@ft.unsri.ac.id

ABSTRACT

A car is a necessity and a means of transportation that makes it easy to travel. Many types and products of cars have been developed now, one of which is electric cars because fossil fuels have started to deplete in availability. The next development is an autonomous electric car. However, autonomous control systems such as steering and speed control are complex and difficult tasks that require optimal, precise, and robust control systems. Therefore, in this paper, a control system using the fuzzy logic method is developed by utilizing input from the Ultrasonic sensor. This sensor is capable of detecting objects with the farthest distance of 10 meters and crunching 0.3 meters. The output of this control system is the degree of rotation of the steer on the Hardware In The Loop which can turn to avoid the object being detected. Based on this system test, the accuracy of the degree of rotation of the steer is 5 ° and the maximum rotation is 30 °, while the top speed of the rear wheels is 15 km / h. The steering system on the Hardware In The Loop has pretty good accuracy about 97,9% to improve smoothness when turning.

Keywords : *Fuzzy Logic, Autonomous Electric Vehicle, Hardware In The Loop, Ultrasonic Maxbotix, Object Detection*

INTISARI

Mobil merupakan sebuah kebutuhan dan alat transportasi yang memudahkan dalam berpergian. Banyak jenis dan produk mobil yang telah dikembangkan sekarang, salah satunya adalah mobil listrik dikarenakan bahan bakar minyak fosil sudah mulai menipis ketersediaannya. Pengembangan berikutnya adalah mobil listrik yang otomatis. Namun sistem kontrol otomatis seperti kemudi (*steering*) dan kontrol kecepatan adalah tugas kompleks serta sulit sehingga memerlukan sistem kendali yang tepat, presisi dan kuat. Oleh karena itu pada paper ini dikembangkan suatu sistem kendali yang menggunakan metode logika fuzzy dengan memanfaatkan *input* dari sensor ultrasonik. Sensor ini mampu mendeteksi objek dengan jarak terjauh sebesar 10 meter dan terderak 0,3 meter, keluaran dari sistem kendali ini adalah derajat putar *steer* pada *Hardware In the Loop* yang dapat berbelok menghindari objek terdeteksi. Berdasarkan pengujian sistem ini, ketelitian derajat putar *steer* adalah 5° dan putaran maksimalnya adalah 30°, sedangkan untuk kecepatan tertinggi roda belakang adalah 15 km/jam. Sistem *steering* pada *Hardware In the Loop* ini memiliki ketelitian yang cukup bagus yaitu 97,9% dan untuk meningkatkan kehalusan (*smoothness*) ketika berbelok.

Kata kunci: Logika Fuzzy, Autonomous Electric Vehicle, Hardware In the Loop, Ultrasonic Maxbotix, Deteksi Objek

I. PENDAHULUAN

Salah satu sarana transportasi yang banyak digunakan saat ini yaitu mobil. Saat ini mobil telah menjadi kebutuhan bagi orang-orang karena begitu banyaknya kegunaan mobil tersebut. Namun mengingat makin berkurangnya minyak bumi yang digunakan sebagai bahan bakar, banyak peneliti mulai melirik jenis bahan bakar lain. Bahkan mulai mengembangkan jenis kendaraan yang bergerak secara

otomatis. Akan tetapi untuk membentuk mobil tersebut menjadi otomatis tentunya sangat sulit dan memerlukan akurasi yang baik khususnya sistem sensor dan sistem kontrol yang kompleks diantaranya adalah seperti sistem kontrol kemudi (*steering*) dan sistem kontrol kecepatan. Untuk mengatur kecepatan kendaraan dengan perubahan signifikan pada kemudi dan mencapai tujuan dengan mengoptimalkan waktu dan lintasan[1]. Guna mendapatkan sistem kendali

yang optimal sebelum diterapkan langsung pada mobil, biasanya diimplementasikan terlebih dahulu pada prototipe dengan perangkat keras yang menyerupai mobil sebenarnya yang dikenal dengan *Hardware In the Loop* (HIL).

Sistem kontrol pada HIL mobil listrik memiliki prinsip kerja seperti robot penghindar halangan yang menggunakan sensor sebagai acuan dalam menghindari halangan. Pengaplikasian *obstacle avoidance robot* mendapatkan masukan sistem dari sensor *ultrasonic* untuk menghasilkan gerakan menuju ke sasaran yang diinginkan. Pada *obstacle avoidance robot*[2] tersebut, masukan yang didapat dari sensor akan menjadi acuan bagi robot dalam bergerak ke depan sehingga apabila terdapat halangan didepannya maka pengendali robot tersebut memerintahkan motor penggerak roda untuk bergerak menghindari ke kanan atau ke kiri. Masukan sistem ini dapat juga menggunakan sebuah kamera sebagai sensor pada *obstacle avoidance robot*. Fungsi yang sama diharapkan dapat diterapkan pada HIL untuk memudahkan kinerja dari sistem kontrol pada *steering* mobil listrik dan mampu bekerja secara optimal saat diaplikasikan secara langsung. Misi yang dilakukan pada kontrol *steering* HIL mobil listrik ini adalah menghindari sebuah halangan atau berbelok dengan optimal dan secara halus (*smooth*) dengan bergerak secara *autonomous*.

Beberapa metode sistem kontrol otomatis yang digunakan untuk kontrol *steering* dan kecepatan mobil listrik diantaranya adalah *Proportional Integral Derivative* (PID), Fuzzy + PID dan lain-lain[3]. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode logika fuzzy. Metode kontrol fuzzy ditujukan untuk meningkatkan stabilitas sumbu *yaw* kendaraan[4], dalam hal ini adalah stabilas mobil saat berbelok. Pengendali logika fuzzy memiliki efek kontrol yang baik terutama untuk objek dengan sifat *non-linier* atau objek yang modelnya sangat sulit dibuat secara akurat[5]. Beberapa penelitian menggunakan metode fuzzy ini untuk pengontrolan seperti pada kecepatan motor arus searah[6], pengendalian ketinggian pada *quadrotor drone*[7][8] dan pengendalian gerakan manipulator robot[9]. Untuk meningkatkan kinerja, teori kontrol logika fuzzy diterapkan pada pengembangan algoritma kontrol. Sedangkan PID membawa kelemahan Proporsional, Integral dan Diferensialnya[10]. Penggunaan PID kontroler dalam suatu sistem mempunyai kelemahan, yakni bahwa

parameter-parameter dalam kontroler harus selalu diubah (*tuned up*) bila terjadi perubahan didalam sistem, perubahan tersebut akan menyebabkan terjadinya tuning kembali dari parameter-parameter PID tersebut[6]. Sedangkan pada Logika Fuzzy, parameter ini dibuat dalam *range*. Sehingga jika ada perubahan maka selama masih dalam *range* tersebut akan dapat diatasi oleh pengendali ini.

II. LANDASAN TEORI

A. Algoritma Logika Fuzzy

Algoritma logika fuzzy dapat mempresentasikan setiap keadaan atau mewakili pemikiran manusia. Dalam logika fuzzy, keanggotaan elemen berada di interval 0 sampai 1. Logika fuzzy memiliki beberapa komponen yang harus dipahami seperti himpunan fuzzy, fungsi keanggotaan, operator pada himpunan fuzzy, inferensi fuzzy dan defuzzifikasi[11][12].

Sistem fuzzy ini memiliki beberapa keistimewaan, yaitu sistem fuzzy ini cocok digunakan pada sistem pemodelan karena variabelnya bernilai riil, lalu sistem ini menyediakan kerangka yang digunakan untuk menggabungkan aturan-aturan fuzzy jika-maka yang bersumber dari pengalaman manusia. Tahapan sistem fuzzy dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Susunan sistem fuzzy[13]

Penjelasan dari tahapan sistem fuzzy adalah sebagai berikut:

1. Fuzzifikasi
Fuzzifikasi didefinisikan sebagai pemetaan dari himpunan tegas ke himpunan fuzzy. Kriteria yang harus dipenuhi pada proses fuzzifikasi adalah semua anggota pada himpunan tegas harus termuat dalam himpunan fuzzy.
2. Aturan Fuzzy
Aturan yang digunakan pada himpunan fuzzy adalah aturan *if then*. Aturan fuzzy *IF-THEN* merupakan pernyataan yang direpresentasikan.
3. Inferensi Fuzzy

Inferensi fuzzy merupakan tahap evaluasi pada aturan fuzzy. Tahap evaluasi dilakukan berdasarkan penalaran dengan menggunakan masukan sistem fuzzy dan aturan fuzzy sehingga diperoleh output berupa himpunan fuzzy[13]. Ada beberapa macam inferensi fuzzy yaitu metode Mamdani, Tsukamoto, dan Sugeno yang sering digunakan.

4. Defuzzifikasi

Definisi defuzzifikasi sebagai pemetaan dari himpunan fuzzy ke himpunan tegas. Himpunan fuzzy yang dimaksud disini adalah hasil output yang diperoleh dari hasil inferensi. Pada proses defuzzifikasi ada tiga kriteria yang harus dipenuhi yaitu masuk akal, perhitungannya sederhana dan kontinu.

Berikut adalah beberapa metode yang digunakan untuk proses defuzzifikasi yaitu metode Centroid, metode Bisektor, Metode *Mean of Maximum* (MOM), Metode *Largest of Maximum* (LOM), dan Metode *Smallest of Maximum* (SOM)[13][14]. Logika fuzzy juga memiliki beberapa metode diantaranya yaitu metode Mamdani, Sugeno, dan Tsukamoto.

a. Metode Fuzzy Mamdani

Metode fuzzy Mamdani dalam prosesnya menggunakan kaedah-kaedah linguistik dan memiliki algoritma fuzzy yang dapat dianalisis secara matematika, sehingga lebih mudah dipahami. Proses pengambilan keputusan dengan menggunakan Metode fuzzy Mamdani untuk memperoleh keputusan yang terbaik, dilakukan dengan melalui beberapa tahapan, yaitu pembentukan himpunan fuzzy; aplikasi fungsi implikasi; komposisi aturan; defuzzifikasi. Kelebihan pada metode fuzzy mamdani adalah lebih spesifik, artinya dalam prosesnya metode fuzzy mamdani lebih memperhatikan kondisi yang akan terjadi untuk setiap daerah fuzzy nya, sehingga menghasilkan hasil keputusan yang lebih akurat.

secara umum aturan fuzzy memiliki bentuk :

$$IF (x_1 = A_1) AND (x_2 = A_2) AND \dots AND (x_n = A_n) THEN y = B \quad (1)$$

b. Metode Fuzzy Sugeno

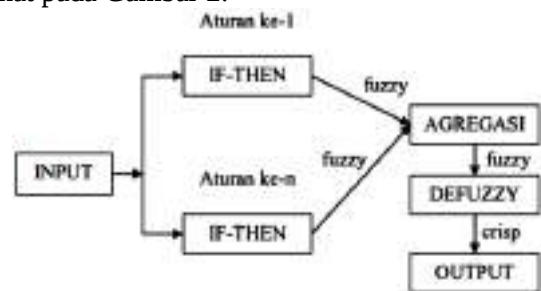
Metode fuzzy Sugeno merupakan metode inferensi fuzzy untuk aturan yang direpresentasikan dalam bentuk IF –THEN, dimana *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier. Metode sugeno ini merupakan metode fuzzy yang telah terbukti efektif ketika berhadapan dengan sistem non linier yang

kompleks, yang sangat sulit untuk analisis dan sintesis. Pada metode Sugeno, setiap keluaran sistem (konsekuen) terbentuk dari aturan IF-THEN tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan konstanta atau persamaan linier.

c. Metode Fuzzy Tsukamoto

Pada dasarnya, metode fuzzy Tsukamoto mengaplikasikan penalaran monoton pada setiap aturannya. Kalau pada penalaran monoton, sistem hanya memiliki satu aturan, pada metode fuzzy Tsukamoto, sistem terdiri atas beberapa aturan. Karena menggunakan konsep dasar penalaran monoton, pada metode fuzzy Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. *Output* hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Proses agregasi antar aturan dilakukan, dan hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan defuzzy dengan konsep rata-rata terbobot.

Sistem inferensi fuzzy merupakan suatu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan fuzzy, aturan fuzzy berbentuk IF-THEN, dan penalaran fuzzy. Secara garis besar, diagram blok proses inferensi fuzzy. Diagram blok sistem inferensi fuzzy Tsukamoto dapat dilihat pada Gambar 2.

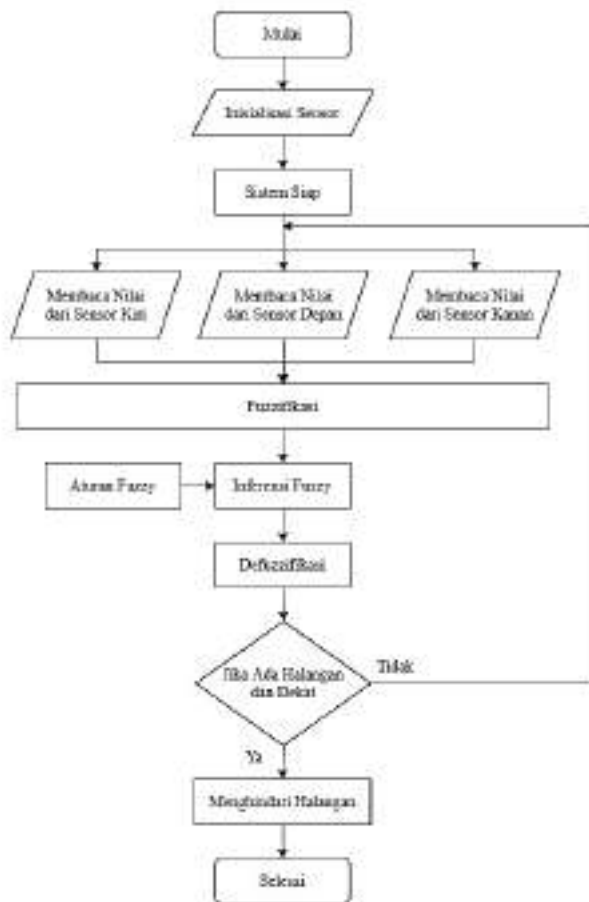


Gambar 2. Sistem inferensi fuzzy Tsukamoto

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk melakukan kontrol *steering* pada mobil listrik sehingga memiliki tingkat kehalusan (*smoothness*) ketika berbelok atau menghindari halangan. Dalam melakukan penelitian ini ada beberapa langkah yang bisa dilihat pada *flowchart* penelitian seperti pada Gambar 3. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diambil dari *Hardware In the Loop* yang telah dilakukan pengujian. penelitian ini mengambil data yang diperlukan yaitu

derajat putar dari sistem *steering* serta kecepatan putaran ban yang bergerak. Teknik pengumpulan data pada penelitian ini adalah dengan melakukan pengujian secara langsung pada HIL. Penelitian ini melakukan pengujian langsung pada HIL. Berikut adalah *flowchart* sebagai acuan dalam penelitian ini.

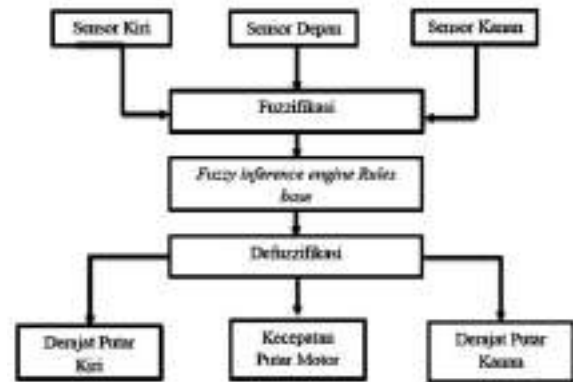


Gambar 3. Perancangan dan simulasi HIL

Pada Gambar 3 merupakan tahapan-tahapan dalam penelitian ini. Sebelum proses pergerakan motor DC ada pemrosesan dari logika fuzzy berdasarkan aturan yang telah penulis tentukan.

Logika fuzzy menunjukkan menjadi *tool* yang cocok untuk mengatur sesuatu ambigu yang muncul dari hasil yang tidak tepat termasuk pengukuran, proses, model dan ketidakpastian implementasi. dalam melakukan kerjanya, HIL ini memerlukan masukan sistem dari sensor untuk mengukur jarak di sekitar HIL dari hambatan depan, hambatan kiri, dan hambatan kanan. Dari informasi yang diperoleh oleh sensor HIL, aturan kontrol fuzzy yang relevan diaktifkan. *Output*

dari aturan yang diaktifkan dikombinasikan dengan operasi logika fuzzy untuk mengontrol kecepatan dan sudut kemudi dari roda penggerak HIL. Bagian utama dari pengontrol ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Arsitektur kontroler fuzzy

Pada proses logika fuzzy, proses yang dilakukan yaitu fuzzifikasi, inferensi fuzzy, aturan fuzzy, dan defuzzifikasi. Proses ini bertujuan untuk mengatur keluaran sistem yaitu motor DC untuk mengatur derajat putar *steer* dan kecepatan putar roda.

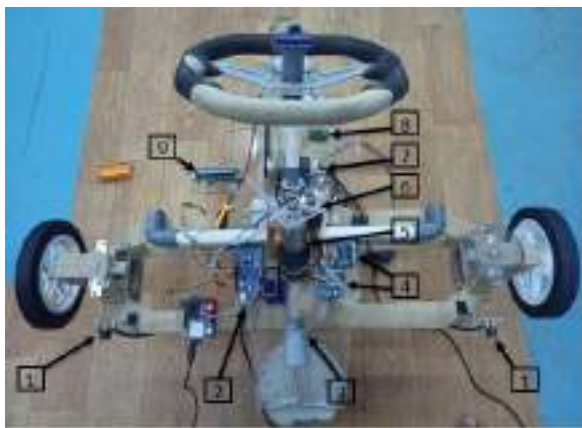
Pada tahap logika fuzzy ini, sensor jarak ultrasonik yang terdapat pada kiri, kanan, dan tengah HIL akan bekerja dengan membaca nilai jarak dari sensor ke suatu objek. Saat sensor bekerja, maka sistem akan masuk kedalam tahapan fuzzifikasi yang berarti pemetaan dari hasil pembacaan sensor menjadi himpunan fuzzy. Kemudian hasil pemetaan tersebut masuk kedalam tahanan inferensi fuzzy, yaitu adalah tahap dimana pemetaan itu akan dievaluasi berdasarkan aturan-aturan yang telah dibuat. Kemudian dari hasil evaluasi tersebut dilakukan pemetaan kembali pada tahap defuzzifikasi. Pada tahap ini akan dilakukan pemetaan lagi untuk mengetahui keluaran dari sistem yang dibuat berdasarkan aturan-aturan.

Keluaran dari sistem ini adalah mengatur nilai kecepatan putar dari motor DC pada roda kanan dan roda kiri. Kemudian nilai dari derajat putar *steer* HIL. Jika terdapat halangan yang dibaca oleh sensor maka robot akan menghindari halangan tersebut, jika tidak ada halangan sistem akan terus *looping* ke tahapan pembacaan sensor secara terus-menerus. Jika halangan berhasil terhindari maka sistem akan selesai.

IV. HASIL PENELITIAN

A. Perancangan HIL

Perancangan HIL dilakukan dengan menyiapkan berbagai komponen yang diperlukan oleh perangkat HIL serta mikrokontroler yang digunakan. Perancangan HIL ini terdiri dari perancangan mekanik dan pengkabelan komponen-komponen yang digunakan. Base dari HIL ini menggunakan bahan dasar kayu triplek, kemudian komponen serta sensor dipasang sesuai perancangan yang telah dibuat. Hasil dari perancangan HIL dapat dilihat pada Gambar 5. Gambar 5 ini merupakan HIL yang digunakan untuk pengambilan data, HIL ini memakai 3 sensor jarak *ultrasonic maxbotix* untuk mengukur jarak objek yang ada 25 di depan HIL. Lalu data jarak benda yang didapat dari pembacaan sensor serta nilai kecepatan roda dan derajat putar akan ditampilkan di LCD.



Gambar 5 Hardware In the Loop

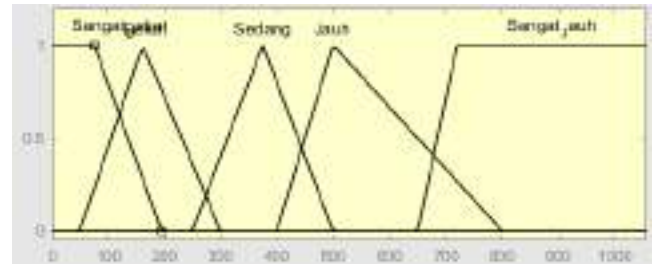
Keterangan :

1. *Ultrasonic Maxbotix MB1220*
2. *Arduino Mega 2560*
3. *Ultrasonic Maxbotix MB7076*
4. *Motor Driver BTS 7960*
5. *Motor DC PG45*
6. *Rotary Encoder*
7. *Motor DC*
8. *Hall Magnetic Sensor KY-003*
9. *LCD I2C 16 x 2*

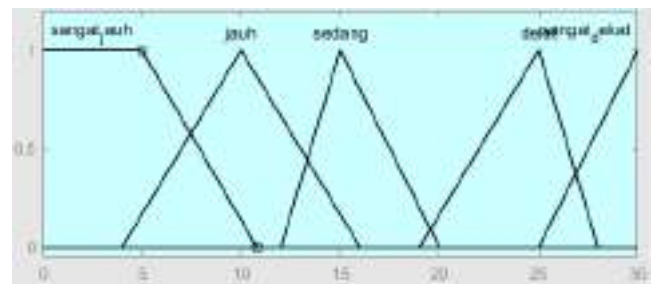
B. Pengujian Sistem Fuzzy

Pada pengujian ini, fuzzy yang digunakan menggunakan 5 kelas fuzzy untuk masukan sensor, yaitu sangat jauh, jauh, sedang, dekat, dan sangat dekat. Dan untuk keluaran derajat putar juga menggunakan 5 kelas fuzzy, yaitu sangat jauh, jauh, sedang, dekat, dan sangat dekat. Untuk keluaran kecepatan roda HIL juga

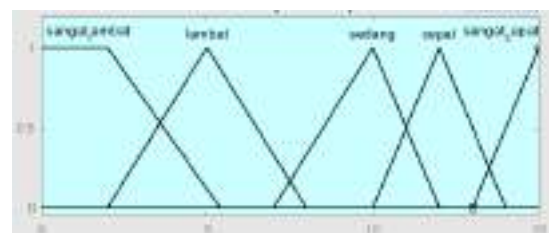
menggunakan 5 kelas fuzzy, yaitu sangat cepat, cepat, sedang, lambat, dan sangat lambat. Sensor yang digunakan adalah sensor *Ultrasonic Maxbotix MB1220* dan *MB7076*, untuk keluaran derajat putar HIL menggunakan Motor DC ditambah Encoder, dan keluaran kecepatan roda HIL menggunakan Motor DC dengan sensor *Hall Magnetic KY-003* untuk mengukur kecepatan putar roda.



Gambar 6. Kurva baku untuk variabel sensor ultrasonik



Gambar 7. Kurva baku untuk variabel derajat Steer



Gambar 8. Kurva baku untuk variabel kecepatan roda HIL

Gambar 6 merupakan Fuzzifikasi untuk mengubah data masukan sensor kedalam bentuk derajat keanggotaan fuzzy. Setelah sistem memberi keputusan yang sesuai dengan aturan fuzzy yang sudah dibuat, maka sistem akan memberi keluaran sistem berupa derajat putar *steer* dapat dilihat pada Gambar 7 dan kecepatan roda belakang HIL yang dapat dilihat pada Gambar 8. Bila jarak objek semakin dekat dengan HIL maka *steer* akan berbelok semakin tajam dan kecepatan roda akan semakin pelan sesuai dengan aturan fuzzy yang telah dibuat pada program Arduino IDE.

C. Hasil Pengujian Sistem pada HIL

Pada tahap ini, langkah yang dilakukan adalah menguji *rules* fuzzifikasi secara langsung dengan meletakkan HIL pada posisi yang telah ditentukan. Setelah itu, objek yang telah disiapkan akan diletakkan pada jarak dan posisi tertentu. Data derajat putar setir dan kecepatan roda akan diolah dan menentukan presentase keberhasilan. Hasil pengujian tingkat kehalusan (*smoothness*) pada *steering* HIL dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian HIL

No	Nilai Sebenarnya			Derajat steer
	SD (cm)	Ski (cm)	Ska (cm)	
1	1000	1000	1000	0
2	700	700	700	0
3	500	500	500	0
4	300	300	300	0
5	500	500	700	10
6	300	300	700	25
7	100	100	700	30
8	500	700	500	-10
9	300	700	300	-25
10	100	700	100	-30

Dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa nilai pengukuran jarak dengan sensor *Ultrasonic Maxbotix MB1220* dan *MB7076* cukup baik karena nilai yang dibaca sensor mendekati nilai jarak sebenarnya dari objek.

Tabel 2. Presentase Keberhasilan

No	Input Sistem			Output Sistem		%
	Sensor Kiri	Sensor Depan	Sensor Kanan	Derajat putar steer	kecepatan	
1	sangat jauh	sangat jauh	sangat jauh	sangat besar	sangat cepat	100
2	jauh	jauh	jauh	sangat besar	cepat	100
3	sedang	sedang	sedang	sangat besar	sedang	100
4	dekat	dekat	dekat	sangat besar	lambat	100
5	sangat dekat	sangat dekat	sangat dekat	sangat besar	sangat lambat	100
6	sedang	sedang	jauh	sedang	sedang	95
7	dekat	dekat	jauh	kecil	lambat	95
8	sangat dekat	sangat dekat	jauh	sangat kecil	sangat lambat	100
9	jauh	sedang	sedang	sedang	sedang	90
10	jauh	dekat	dekat	kecil	lambat	95

11	jauh	sangat dekat	sangat dekat	sangat kecil	sangat lambat	100
12	<70cm	<70cm	<70cm	Sangat kecil	stop	100

Dapat dilihat pada Tabel 2 bahwa presentase keberhasilan sistem *steering* pada HIL ini cukup baik yaitu sebesar 97,9 %.

Data RPM yang didapatkan menggunakan sensor *Hall Magnetic KY-003* belum dikonversi menjadi nilai kecepatan pada HIL ini yang memiliki satuan Km/h. Oleh karena itu, data RPM ini perlu dikonversi menjadi data kecepatan. Persamaan yang dibutuhkan untuk mengkonversi data RPM menjadi kecepatan adalah persamaan keliling lingkaran pada persamaan 2 dan rumus rotasi per menit yang dapat dilihat di persamaan 3.

$$\text{Keliling Lingkaran} = 2 \cdot \pi \cdot r \quad (2)$$

$$\text{RPM} = n/60 \quad (3)$$

Pada Persamaan 2 nilai phi adalah 3,14 dan r adalah jari-jari roda HIL. Pada Persamaan 3 nilai n adalah jumlah rotasi roda HIL, dari kedua persamaan tersebut jika digabungkan maka ada menjadi persamaan kecepatan dalam satuan m/s yang dapat dilihat pada Persamaan 4. jika satuan m/s dikonversi menjadi satuan km/h maka persamaan 3 dikalikan dengan 3600 (1 jam sama dengan 3600 detik) lalu dibagi 1000 (1 km sama dengan 1000 m) maka persamaan yang baru dapat dilihat pada Persamaan 5.

$$V = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot (n/60) \quad (4)$$

$$V = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot (n/60) \times (3600/1000) \quad (5)$$

Pada penelitian ini digunakan jari-jari sebesar 0,08 m sesuai dengan jari-jari pada roda yang HIL digunakan dalam pengambilan data. Jumlah rotasi yang digunakan akan berbeda tergantung dengan kecepatan roda HIL saat melaju. Jika dilihat pada percobaan pertama pada Tabel 1 didapatkan keluaran sistem berupa kecepatan dengan nilai 15 Km/h. Jika pada saat itu RPM sebesar 498 maka dapat dibuktikan dengan menggunakan Persamaan 2 berikut ini :

$$V = 2 \times 3,14 \times 0,08 \times \frac{498}{60} \times \frac{3600}{1000}$$

$$V = 0,5 \times 8,3 \times 3,6 = 14,94 \approx 15 \text{ km/jam}$$

Pada nomor 1 sampai 5 merupakan percobaan ketika semua sensor membaca objek yang ada dari jarak 1 meter sampai 10 meter maka keluaran sistem ialah 32 kecepatan putar roda HIL melambat sampai

berhenti, hal ini di asumsikan ketika terdapat kendaraan yang sedang melambatkan lajunya atau berhenti. Pada nomor 6 sampai 8 merupakan percobaan ketika sensor depan dan sensor kiri membaca *obstacle* dari jarak 5 meter sampai 1 meter dan sensor kanan tidak mendeteksi adanya *obstacle*, maka keluaran sistem adalah stir berbelok ke kanan menghindari *obstacle*. Pada nomor 9 sampai 12 merupakan percobaan ketika sensor depan dan sensor kanan mendeteksi *obstacle* pada jarak 5 sampai 1 meter dan sensor kiri tidak mendeteksi adanya *obstacle*, maka keluaran sistem adalah stir berbelok ke kiri menghindari *obstacle*.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa metode logika fuzzy yang digunakan untuk memproses *input* dari sistem pendeteksi objek berhasil meningkatkan tingkat ketelitian dan kehalusan (*smoothness*) pada *Hardware In the Loop* mobil listrik. Sistem ini memiliki ketelitian derajat putar steer adalah 5° dan putaran maksimalnya adalah 30°, sedangkan untuk kecepatan tertinggi roda belakang adalah 15 km/jam. Penelitian selanjutnya akan diimplementasikan pada mobil listrik.

Tambahan : Terima Kasih kepada Rektor Universitas Sriwijaya yang telah mendukung penelitian ini melalui skema penelitian Saint Teknologi dan Seni tahun 2020 dengan nomor SK: 0684/UN9/SK.BUK.KP/2020.

REFERENSI

- [1] N. D. Van and G. Kim, "Fuzzy Logic and Deep Steering Control based Recommendation System for Self-Driving Car," *2018 18th Int. Conf. Control. Autom. Syst.*, no. Iccas, pp. 1107–1110, 2018.
- [2] B. Dadang Pribadi, H. Widyantara, and Harianto, "Pengendalian Motor DC Brushless Dengan PID pada Robot Penghindar Halangan (Obstacle Avoidance Robot)," *Jcones*, vol. 3, no. 1, pp. 61–69, 2014.
- [3] N. Yang and Q. Liao, "Design and simulation for steer-by-wire system based on fuzzy-PID," in *Proceedings - 2015 7th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics, IHMSC 2015*, 2015, vol. 1, pp. 291–294.
- [4] Y. Wu, D. Song, Z. Hou, and X. Yuan, "A fuzzy control method to improve vehicle yaw stability based on integrated yaw moment control and active front steering," *Proc. 2007 IEEE Int. Conf. Mechatronics Autom. ICMA 2007*, vol. 2, pp. 1508–1512, 2007.
- [5] G. Zhanfeng, W. Wenjiang, Z. Jianhua, and S. Zhanpeng, "Electric power steering system based on fuzzy PID control," *ICEMI 2009 - Proc. 9th Int. Conf. Electron. Meas. Instruments*, pp. 3456–3459, 2009.
- [6] M. Restu and S. Bakhri, "Perbandingan Sistem Pengontrolan PID Konvensional dengan Pengontrolan CMAC , Fuzzy Logic dan ANN Pada Water Level Pressurizer," vol. 17, no. 3, pp. 129–141, 2013.
- [7] N. Allu, R. S. Sadjad, and F. A. Samman, "Pengendalian Kecepatan Motor Arus Searah Terkendali Jangkar dengan Pengendali PID Tertala Berbasis Perhitungan Nilai Akar Kuadrat Rata-rata," 2017. [Online]. Available: <https://id.scribd.com/document/337750476/Jurnal-Tesis-motor-Dc>.
- [8] L. Ibarra and C. Webb, "Advantages of Fuzzy Control While Dealing with Complex/ Unknown Model Dynamics: A Quadcopter Example," in *New Applications of Artificial Intelligence*, 2016, pp. 93–121.
- [9] P. Albertos, A. Sala, and M. Olivares, "Fuzzy Logic Controllers. Methodology, Advantages and Drawbacks," no. September, 2000.
- [10] C. Yuan, L. Chen, S. Wang, and H. Jiang, "M Control of Vehicle Active Suspension and Electric Power Steering System," *2010 Chinese Control Decis. Conf. CCDC 2010*, no. m, pp. 45–49, 2010.
- [11] K. R. S. Kodagoda, W. S. Wijesoma, and E. K. Teoh, "Fuzzy speed and steering control of an AGV," *IEEE Trans. Control Syst. Technol.*, vol. 10, no. 1, pp. 112–120, 2002.

- [12] J. George and T. J. Klir, *Fuzzy Set Theory: Foundation and Application*. New York: Prentice-Hall PTR, 1997.
- [13] B. Baasandorj, A. Reyaz, P. J. Ho, C. W. Cheol, D. J. Lee, and K. T. Chong, "A mobile robot obstacle avoidance using fuzzy logic and model predictive control," *Appl. Mech. Mater.*, vol. 548–549, pp. 922–927, 2014.

Perbandingan Efisiensi Konversi Energi Panel Surya Tipe *Polycrystalline* dan Panel Surya Tipe *Monocrystalline* Berbasis Arduino di Kota Pangkalpinang

M. Yonggi Puriza¹, Welly Yandi², Asmar³

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung^{1,2,3}

*myonggipuriza@ubb.ac.id

ABSTRACT

This research contains complete evidences and experiments regarding decision making for the use of monocrystalline and polycrystalline solar panels, especially in the city of Pangkalpinang, Bangka Belitung Islands Province. Data collection between the two type solar panels compared was carried out for 30 days (23 September 2020 - 22 October 2020) through various weather conditions. The purpose of this research is to see and analyze the selection of suitable solar panels (monocrystalline or polycrystalline, 250 Wp each with the same brand) for the city of Pangkalpinang in order to increase the energy supply more precisely and efficiently. The use of Arduino to retrieve data on solar panels is intended so that the data obtained will be more accurate and well mapped when compared to when the data is taken manually. The test results shows that monocrystalline solar panels are better than polycrystalline in energy generating by difference of 4.9%.

Keywords : Efficiency, Energy, Monocrystalline, Polycrystalline, Pangkalpinang.

INTISARI

Dalam penelitian ini terkandung unsur pembuktian dan eksperimen yang lengkap mengenai pengambilan keputusan pemakaian panel surya tipe *monocrystalline* dan *polycrystalline* khususnya di kota Pangkalpinang, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pengambilan data antara kedua panel surya yang dibandingkan dilakukan selama 30 hari (23 September 2020 – 22 Oktober 2020) melalui berbagai macam cuaca. Tujuan dari penelitian ini adalah melihat dan menganalisa pemilihan tipe panel surya yang cocok (*monocrystalline* atau *polycrystalline*, masing – masing 250 Wp dengan merek yang sama) untuk kota Pangkalpinang agar dapat meningkatkan suplai energi yang lebih tepat dan efisien. Penggunaan arduino untuk mengambil data pada panel surya dimaksudkan agar data yang didapatkan nantinya bisa lebih akurat dan terpetakan dengan baik jika dibandingkan dengan apabila data diambil secara manual dengan cara dicatat. Hasil pengujian menyatakan bahwa panel surya jenis *monocrystalline* lebih baik dibandingkan *polycrystalline* dengan perbedaan energi yang dihasilkan sebesar 4.9%.

Kata kunci: Efisiensi, Energi, Monocrystalline, Polycrystalline, Pangkalpinang.

I. PENDAHULUAN

Kota Pangkalpinang merupakan sebuah kota yang berada pada garis katulistiwa dengan iklim tropis. Akan tetapi kota Pangkalpinang berada di daerah kepulauan sehingga suhu udara lebih terasa panas dari pada daerah tropis lainnya. Oleh sebab itu, pariwisata di kota Pangkalpinang menjadi terkenal selain dari kondisi alam dan suhunya, situs-situs sejarah banyak juga kita temui di Pangkalpinang.

Perkembangan pariwisata menuntut pula berkembangnya hotel serta beberapa fasilitas kota lainnya. Sehingga kota Pangkalpinang memerlukan

sumber daya yang besar baik itu sumber daya manusia ataupun sumber daya alamnya.

Salah satu sumber daya yang sangat dibutuhkan di kota Pangkalpinang adalah energi listrik. Untuk melakukan penambahan suplai energi listrik digunakanlah pembangkit energi terbarukan. Dengan digunakannya pembangkit energi terbarukan terutama solar panel, diharapkan agar pertumbuhan ekonomi Kota Pangkalpinang tidak terkendala dengan suplai energi listrik yang terbatas.

Penelitian ini pada prinsipnya membandingkan panel surya dua tipe *monocrystalline* dan *polycrystalline* khususnya di kota Pangkalpinang,

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Tujuan dari penelitian ini adalah melihat dan menganalisa pemilihan tipe panel surya yang cocok (*monocrystalline* atau *polycrystalline*) untuk kota Pangkalpinang agar dapat meningkatkan suplai energi yang lebih tepat dan efisien. Penggunaan arduino untuk mengambil data pada panel surya dimaksudkan agar data yang didapatkan nantinya bisa lebih akurat dan terpetakan dengan baik jika dibandingkan dengan apabila data diambil secara manual dengan cara dicatat.

II. LANDASAN TEORI

PV (*photovoltaic*) atau sel surya adalah suatu alat yang dapat mengkonversi / mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Jenis sel surya yang banyak beredar di pasaran adalah tipe *Monocrystalline* dan *Polycrystalline*. Sel Surya Silikon *monocrystalline* (c-Si) biasanya dibuat menggunakan proses *Czochralski*. Lapisan ini cenderung mahal karena mereka dipotong silindringot (mirip bundar/lingkaran), ciri – ciri fisik solar cell ini adalah bentuknya yang segidelapan cenderung bulat dan warnanya yang agak gelap dan dapat mencapai efisiensi 17%. Sel surya ini diklaim lebih baik daripada *Polycrystalline* [1] yang (P-Si) biasanya dibuat tidak menggunakan proses *Czochralski* seperti *Monocrystalline* tetapi dihasilkan melalui proses metalurgi *grade silicone* dengan pemurnian kimia sehingga tidak memiliki *Ingot*. [2].

Terkait dengan penelitian ini, terlebih dahulu Tsabitul Khair dkk (2018) telah melakukan penelitian dengan judul “Uji Komparatif Lapangan Jangka Pendek Produksi Energi Solar *Photovoltaic* Jenis *Monocrystalline* Dan *Polycrystalline* Pada Iklim Tropis”. Penelitian ini membandingkan energi yang dihasilkan oleh PV *Monocrystalline* Dan PV *Polycrystalline* 20 Wp dengan memvariasikan sudut kemiringan PV tersebut sebesar 0°, 15°, 30°, 45° selama 7 hari di kota Pekanbaru Provinsi Riau dengan hasil yaitu PV *monocrystalline* lebih baik dibandingkan PV jenis *polycrystalline* dalam menghasilkan energi. [2].

Sedangkan Yulianta Siregar dkk (2015) melakukan penelitian dengan judul “Daya Output Optimal Pada Jenis Solar Cell *Monocrystalline* dan *Polycrystalline*” membandingkan daya yang dihasilkan oleh PV *Monocrystalline* dan PV *Polycrystalline* dengan menggunakan 2 jenis solar cell 100 Wp yaitu *Monocrystalline* dan *Polycrystalline* dan

di lakukan di gedung Departement Teknik Elektro, Universitas Sumatera Utara, pada bulan Oktober 2015. Jenis *Monocrystalline* menggunakan sudut kemiringan solar cell 0° - 60°, sementara jenis *Polycrystalline* menggunakan reflektor (Cermin) dengan sudut reflektor 50°, 60° dan 70°. Hasil daya output optimal yang di peroleh untuk *Monocrystalline* adalah sebesar 100 Watt, pada Jam 12.00 WIB dengan sudut kemiringan solar cell 10° dan berada pada posisi sudut azimuth matahari, sedangkan unfuk *Polycrystalline* daya output optimal sebesar 100 Watt , pada jam 12.00 WIB dengan sudut kemiringan reflektor 60° dan sudut kemiringan solar cell 10°. [3]

Penelitian lainnya oleh Denny Suryana dkk (2016) yang meneliti tentang kaitan antara suhu/temperatur pada sel surya dengan tegangan yang diproduksi oleh sel surya tersebut dan menyimpulkan bahwa Akibat kenaikan temperatur, maka Tegangan listrik yang diproduksi oleh panel surya menjadi berkurang. Untuk kondisi Surabaya, terjadi pengurangan tegangan listrik sebesar 0.22V/°C jika menggunakan panel surya jenis *monocrystalline*. [4]

Penelitian selanjutnya oleh M. Barkah Salim dkk (2019) melakukan analisis jenis panel surya *monocrystalline* 150 watt. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis besar arus dan tegangan yang dihasilkan panel surya pada beberapa keadaan langit yaitu mendung, cerah berawan, cerah. Metode penelitian yang dilakukan adalah eksperimen. Dari data yang sudah didapatkan bahwa energi yang dihasilkan oleh panel surya pada saat mendung berkisar 0,6-0,8 ampere, saat cerah berawan 0,9-1,9 ampere, dan saat cerah 2,0-3,2 ampere. Besar energi listrik yang mampu dihasilkan sebesar 8%. Akan tetapi apabila keadaan cerah bisa menghasilkan dua kali lipatnya. [5]

Sedangkan penelitian lain yang terkait energi listrik matahari yang dihasilkan oleh panel surya di pulau Bangka Belitung terbatas sekali, tercatat hanya 3 artikel yaitu *Solar Energy Potential in Bangka Belitung Islands, Indonesia , Utilization Photovoltaic for Electrical Energy Needs in Kelapan Island, Indonesia* dan *Suitability Analysis for Solar Photovoltaic Development in East Belitung Regency*. [6][7][8]

Seiring dengan berkembangnya dan makin diminatinya pemakaian solar cell di kota Pangkalpinang, maka dibutuhkan studi komparasi kedua jenis panel surya untuk menentukan mana yang

lebih baik dipakai baik dari segi suhu, energi, tegangan, arus dan daya yang dihasilkan dan meningkatkan nilai efisiensi listrik yang terbangkitkan sehingga dalam penelitian ini akan terkandung unsur pembuktian dan eksperimen yang lengkap mengenai pengambilan keputusan pemakaian panel surya tipe *monocrystalline* dan *polycrystalline* khususnya di kota Pangkalpinang ini.

III. METODE PENELITIAN

Panel surya tipe *polycrystalline* dan *monocrystalline* dilakukan pengecekan kapasitas Wp yang dimiliki agar ketika dilakukan pengambilan data perbandingan mendapatkan data yang akurat. Pemasangan kedua panel surya dilakukan di lokasi yang sama agar sinar matahari yang diterima oleh kedua panel surya juga sama. Pengecekan keluaran konversi energi listrik dari panel surya dilakukan secara manual agar ketika pengambilan data didapatkan data yang akurat sesuai kapasitas panel surya.

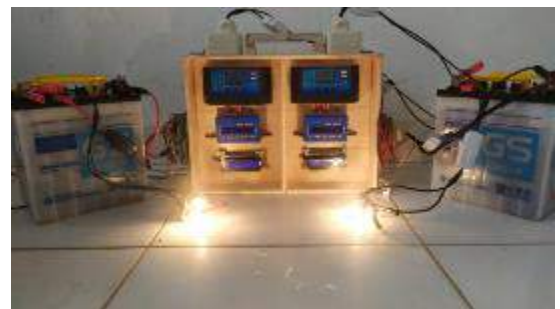
Hasil pengukuran yang akan dijadikan data penelitian dimonitor dengan sebuah alat yang terdiri dari beberapa komponen yang dihubungkan dan diprogram sehingga dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Komponen utama yang digunakan pada alat tersebut adalah arduino jenis UNO R3. Selain itu ada beberapa sensor yang digunakan diantaranya adalah sensor tegangan dan arus. Sensor-sensor yang digunakan akan melakukan monitoring data keluaran panel surya dan mengirimkan data tersebut menuju arduino untuk diproses menjadi sebuah data yang lebih terstruktur dan mudah dipahami yaitu dalam bentuk data microsoft excel. Data yang telah diperoleh dalam bentuk excel akan dibandingkan sehingga didapatkan kurva perbandingan agar mudah menarik kesimpulan tipe panel surya yang manakah yang sesuai digunakan di kota Pangkalpinang.



Gambar 1. Panel surya 250 Wp yang digunakan dengan merk dan pabrikan yang sama



Gambar 2. Arduino, sensor, alat ukur dan kontroler yang digunakan



Gambar 3. Baterai, beban dan kontroler



Gambar 4. Proses perakitan alat

Data yang diambil adalah data berupa tegangan dan arus berdasarkan waktu. Untuk mendapatkan daya dari data yang diperoleh maka digunakanlah rumus perhitungan daya sederhana yang bisa diperoleh dari perkalian tegangan dan arus.

$$P = V \times I \quad (1)$$

Sementara energi diperoleh dari perkalian tegangan dan arus berdasarkan waktu dan energi total dihitung dalam waktu 1 jam atau 1 hari.

$$W = V \times I \times t \quad (2)$$

atau

$$W = P \times t \quad (3)$$

$$W_{Total} = \sum W \quad (4)$$

dimana :

- P = Daya
- V = Tegangan
- I = Arus
- W = Energi
- W_{total} = Total Energi

Data tersebut akan menunjukkan secara rinci panel surya yang memiliki kemampuan cocok untuk digunakan dan diaplikasikan sebagai alternatif pembangkit energi terbarukan khususnya di kota Pangkalpinang

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil data diambil selama 30 hari sejak tanggal 23 September 2020 sampai dengan tanggal 22 Oktober 2020 selama 12 jam setiap harinya mulai dari pukul 06.00 WIB sampai pukul 18.00 WIB dengan cuaca dan intensitas matahari yang bervariasi. Arduino akan mencatat data dan diatur merekam data secara kontinyu setiap 1 menit sekali sehingga setiap hari akan menghasilkan sebanyak 1442 data untuk masing-masing arus dan tegangannya dari kedua jenis panel surya 250 Wp ini.

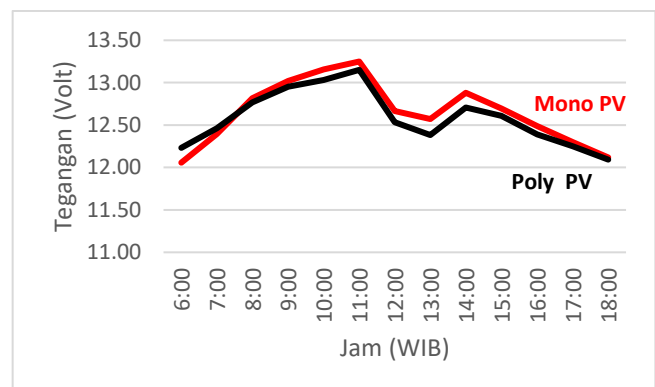
Dari data mentah tersebut diperoleh data tegangan, arus, daya dan energi rata-rata serta total energi selama 12 jam perhari selama 30 hari pengambilan data dari masing-masing jenis panel surya untuk dibandingkan.

Tabel 1. Nilai Rata - Rata Pengukuran Panel Surya *Monocrystalline*

Jam	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Daya (watt)	Energi (Wh)
6:00	12,06	0,34	4,12	0,00
7:00	12,39	0,85	10,65	6,81
8:00	12,82	2,37	31,15	21,00
9:00	13,02	3,68	49,26	40,73
10:00	13,16	4,17	55,74	52,71
11:00	13,25	5,47	74,30	62,38
12:00	12,66	4,50	59,34	68,12
13:00	12,57	4,48	58,73	59,92
14:00	12,88	3,36	44,03	53,56
15:00	12,70	2,47	31,70	36,89
16:00	12,49	1,29	16,13	23,21
17:00	12,30	0,27	3,30	8,38
18:00	12,12	0,03	0,36	1,23

Tabel 2. Nilai Rata - Rata Pengukuran Panel Surya *Polycrystalline*

Jam	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Daya (watt)	Energi (Wh)
6:00	12,23	0,30	3,73	0,00
7:00	12,46	1,26	15,84	9,29
8:00	12,77	2,03	26,53	21,69
9:00	12,95	3,50	46,62	37,40
10:00	13,03	4,00	53,18	49,16
11:00	13,15	5,39	72,73	59,65
12:00	12,53	4,02	52,59	65,76
13:00	12,38	4,25	54,79	57,07
14:00	12,71	3,18	41,17	50,23
15:00	12,61	2,10	26,97	33,32
16:00	12,39	1,21	15,11	21,12
17:00	12,25	0,29	3,51	7,62
18:00	12,09	0,01	0,17	1,32

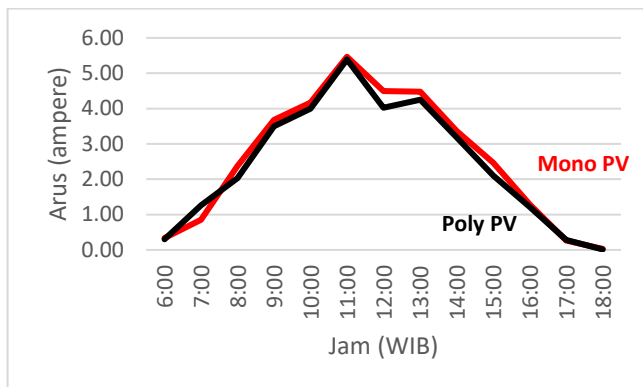


Gambar 5. Kurva rata-rata 30 hari perbandingan tegangan panel surya selama 12 jam pengukuran

Dari Gambar 5 terlihat bahwa tegangan terendah dari kedua panel surya terjadi pada pukul 06.00 dan

18.00 dimana intensitas sinar matahari sudah jauh berkurang dan tegangan tertinggi dicapai sekitar pukul 11.00 sampai pukul 12.00 dimana intensitas sinar matahari sangat tinggi pada jam tersebut.

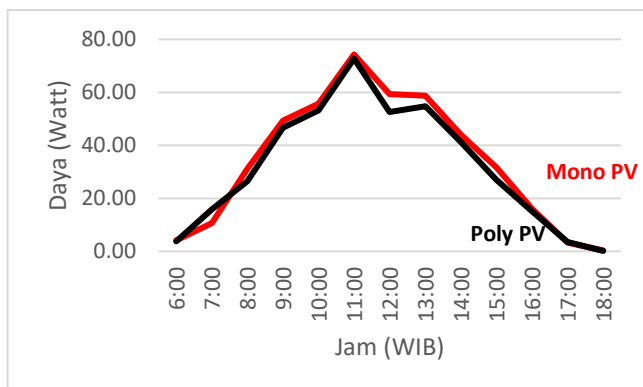
Dapat disimpulkan juga dari gambar 5 bahwa tegangan terbaik rata-rata dicapai oleh panel surya *monocrystalline* dibandingkan panel surya jenis *polycrystalline*.



Gambar 6. Kurva rata-rata 30 hari perbandingan arus panel surya selama 12 jam pengukuran

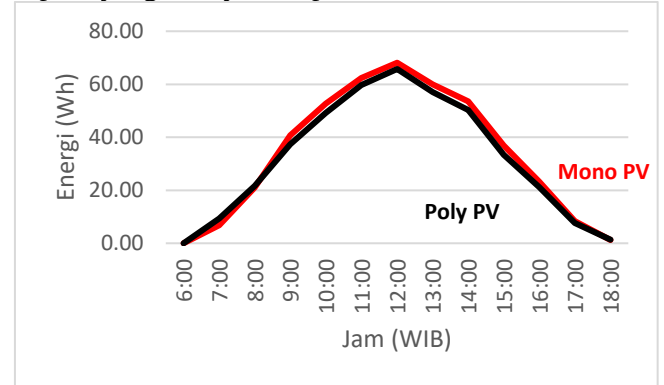
Dari Gambar 6 terlihat bahwa bentuk kurva seperti parabola yang menghadap ke bawah dimana arus tertinggi rata-rata kedua panel dicapai sekitar pukul 11.00 dan arus terendah rata-rata kedua panel didapat sekitar pukul 06.00 pagi dan pukul 18.00 sore hari, hal ini juga tentu terjadi karena intensitas sinar matahari yang maksimal pada siang hari dan minimal pada pagi dan sore hari.

Panel surya *monocrystalline* juga lebih baik jika dilihat dari jenis data ini dibandingkan panel surya *polycrystalline*.



Gambar 7. Kurva rata-rata 30 hari perbandingan daya panel surya selama 12 jam pengukuran

Daya rata-rata per jam juga lebih baik panel surya jenis *monocrystalline* walaupun tidak signifikan karena data daya didapatkan dari perkalian arus dan tegangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

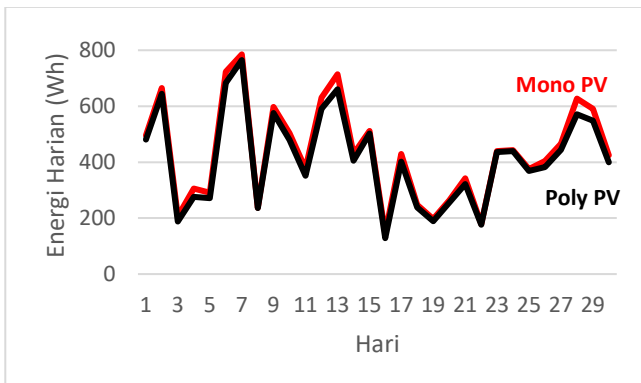


Gambar 8. Kurva rata-rata 30 hari perbandingan energi panel surya selama 12 jam pengukuran

Kurva energi rata-rata yang dihasilkan oleh kedua jenis panel surya dapat dilihat pada gambar 8 diatas, dimana panel surya jenis *monocrystalline* menghasilkan energi 4.9% lebih tinggi dibandingkan panel surya jenis *polycrystalline*. Nilai tersebut tidak besar tetapi membuktikan bahwa panel surya jenis *monocrystalline* tetap lebih baik dibandingkan *polycrystalline*.

Tabel 3. Total Energi yang Dihasilkan oleh Kedua Panel Surya Selama 30 Hari

Hari ke	Total Energi monocrystalline PV	Total Energi polycrystalline PV	Hari ke	Total Energi monocrystalline PV	Total Energi polycrystalline PV
1	496,12	481,27	16	145,04	128,38
2	664,53	644,57	17	429,55	401,39
3	205,87	187,63	18	247,83	238,45
4	306,12	275,49	19	197,23	188,86
5	290,30	271,43	20	263,50	255,78
6	722,95	682,81	21	342,67	321,33
7	785,32	764,91	22	179,11	176,14
8	237,31	235,96	23	440,00	436,46
9	597,88	575,22	24	443,19	439,04
10	503,75	480,11	25	375,56	368,39
11	376,09	351,64	26	404,29	382,64
12	631,07	591,01	27	466,46	443,98
13	713,63	660,36	28	627,23	571,39
14	429,36	404,73	29	590,08	547,93
15	511,90	502,10	30	424,27	399,20



Tabel 9. Kurva perbandingan total energi yang dihasilkan oleh kedua panel surya selama 30 hari

Dari kurva Gambar 9 terlihat bahwa energi harian yang dihasilkan fluktuatif, hal ini terjadi karena cuaca pengambilan data 30 hari terhitung sejak tanggal 23 September 2020 sampai dengan tanggal 22 Oktober 2020 berbeda – beda, terkadang hujan dan terkadang cerah dan tentu saja mempengaruhi intensitas cahaya matahari yang diterima oleh masing-masing panel surya.

V. KESIMPULAN

Pengambilan data selama 30 hari sejak tanggal 23 September 2020 sampai dengan tanggal 22 oktober 2020 selama 12 jam yang dimulai dari pukul 06.00 wib sampai pukul 18.00 wib dengan cuaca yang berbeda-beda di Kota Pangkalpinang Provinsi Kepulauan Bangka Belitung menghasilkan kesimpulan bahwa panel surya jenis *monocrystalline* menghasilkan energi 4.9% lebih tinggi dibandingkan panel surya jenis *polycrystalline* dengan daya *peak* panel surya yang sama (250 Wp) dan merek yang sama pula (Solana).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada KEMENRISTEK/BRIN yang telah mendanai penelitian ini melalui skema PDP/Dosen Pemula.

Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Universitas Bangka Belitung yang telah membantu dalam publikasi artikel penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Swami, R. 2012. Solar Cell. International Journal of Scientific and Research Publications. 2(7): 1-5.
- [2] T. Khair, R. Iswandi, Hasyim. 2018. Uji Komparatif Lapangan Jangka Pendek Produksi Energi Solar Photovoltaic Jenis *Monocrystalline* dan *Polycrystalline* Pada Iklim Tropis. Jom FTEKNIK. 5(Januari s/d Juni): 1-5.
- [3] Y. Siregar, dkk. 2015. Daya Output Optimal Pada Jenis Solar Cell Monocrystalline dan Polycrystalline. Jurnal Teknika Untirta. 11(2): 65-79.
- [4] D. Suryana, M., M. Ali. 2016. Pengaruh Temperatur / Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Studi kasus: Baristand Industri Surabaya). Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri. 2(1): 49-52
- [5] M. B. Salim, N. Rajabiah. 2019. Analisis Kemampuan Panel Surya Monokristalin 150 Watt Pada Arus dan Pengisian Yang Dihasilkan. JIPFRI. 3(1): 29-35
- [6] Y. Tiandho, I. Dinata, W. Sunanda , R. F. Gusa and D. Novitasari 2019 *Solar energy potential in Bangka Belitung islands, Indonesia* (IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. vol 257) pp 1-7
- [7] I. Pansuri, W. Sunanda and R. F. Gusa 2019 *Utilization Photovoltaic for Electrical Energy Needs in Kelapan Island, Indonesia* (IOP Conf. Ser: Materials Science and Engineering, Vol 830) pp 1-4
- [8] S. Z. Muwafiq. 2019. *Suitability Analysis for Solar Photovoltaic Development in East Belitung Regency* (IOP Conf Ser: Earth and Environmental Science, Vol 248)

Kajian Penanganan Tumpahan Minyak Menggunakan Oil Skimmer Tipe Rotary Disc pada Jenis Bahan Bakar Berbeda

Supriyono¹, Muhamad Yusuf², Devi Taufiq Nurrohman³

Program Studi D3 Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Cilacap^{1,2}

Program Studi D3 Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Cilacap³

*rzx.clcp@gmail.com¹, yusuf@pnc.ac.id², devi.taufiq.n@gmail.com³

ABSTRACT

Oil spills are a source of pollutants that can spread quickly in water. Therefore this effort to deal with oil spills has attracted the attention of many broad communities. In this paper, we developed a tool for handling oil spills called an oil skimmer with a rotary disc as a component for taking oil spills on the surface of the water. The oil skimmer is designed to float above the surface of the water and can be controlled in the direction of its movement from a distance by using a joystick. To achieve this goal, the oil skimmer is equipped with a propeller driven by a DC motor which is connected to the Arduino Mega 2560 as the controller. The testing process is carried out by varying the speed of the rotary disc on three different types of fuel spills (Pertalite, Pertamina, and diesel). The amount of oil collected by the oil skimmer is then determined in volume using a measuring cup for each experiment. Finally, the characteristics and the effect of the rotary disc speed on the oil skimmer on the volume of oil collected is examined to determine the performance of the oil skimmer.

Keywords : Oil spills, Oil skimmer, Rotary Disc

INTISARI

Tumpahan minyak merupakan salah satu sumber pencemar yang dapat menyebar secara cepat di perairan. Oleh karena itu upaya penanganan tumpahan minyak ini mengundang perhatian banyak komunitas luas. Dalam paper ini, kami mengembangkan salah satu alat untuk menangani tumpahan minyak yang disebut dengan *oil skimmer* dengan *rotary disc* sebagai komponen untuk mengambil tumpahan minyak yang terdapat pada permukaan air. *Oil skimmer* dirancang dapat terapung diatas permukaan air dan dapat dikontrol arah pergerakannya dari jarak jauh dengan menggunakan sebuah joystick. Untuk mencapai tujuan tersebut, *oil skimmer* dilengkapi dengan *propeller* yang digerakkan oleh motor DC yang dihubungkan dengan Arduino Mega 2560 sebagai kontrolernya. Proses pengujian dilakukan dengan melakukan variasi kecepatan pada *rotary disc* pada tiga jenis tumpahan bahan bakar berbeda (Pertalite, Pertamina, dan solar). Jumlah minyak yang terkumpul oleh *oil skimmer* kemudian ditentukan volumenya menggunakan gelas ukur untuk setiap percobaannya. Akhirnya karakteristik dan pengaruh kecepatan *rotary disc* pada *oil skimmer* terhadap *volume* minyak yang terkumpul dikaji untuk mengetahui performa dari *oil skimmer*.

Kata kunci: Tumpahan minyak, Oil skimmer, Rotary Disc

I. PENDAHULUAN

Minyak merupakan salah satu sumber pencemaran di perairan. Pencemaran ini dapat terjadi karena adanya kecelakaan minyak yang biasanya disebut dengan *oil spill*. *Oil spill* ini dapat terjadi pada saat eksplorasi minyak bumi, pengilangan minyak, kecelakaan transportasi, kebocoran pipa dan lain sebagainya [1]. Dari beberapa penyebab tersebut, kecelakaan kapal dan kebocoran pipa adalah beberapa yang sering terjadi. Sebagai contoh adalah *oil spill* yang terjadi di

kabupaten Cilacap. Dalam kurun waktu 1989 sampai 2015, terdapat 17 kasus *oil spill* dimana 13 kasus disebabkan oleh kecelakaan kapal di pelabuhan dan 4 kasus disebabkan karena adanya kebocoran pipa [2].

Tumpahan minyak akan terapung pada permukaan air karena adanya perbedaan densitas dan akan menyebar secara cepat karena pengaruh angin, gelombang, dan arus [3]. jika hal ini dibiarkan maka akan berdampak pada terganggunya keberlangsungan hidup organisme, kerusakan ekosistem disekitar pantai

seperti mangrove dan penurunan kualitas ekonomi akibat lingkungan yang rusak [4][5].

Karena dampaknya yang begitu membahayakan dan sangat cepat dirasakan oleh sekelilingnya, para peneliti berusaha mengembangkan metode untuk membersihkan air dari tumpahan minyak. Beberapa metode telah dikembangkan antara lain physical method (booms, skimmers, absorbent), chemical methods (dispersants, solidifiers), dan thermal atau in-situ burning methods [6]. Dari metode tersebut, skimmer method merupakan salah satu metode yang paling banyak digunakan karena metodenya yang sederhana, ramah lingkungan karena tidak menggunakan zat aditif berbahaya, serta yang paling aman karena tidak ada proses yang membahayakan seperti halnya pada metode in-situ burning [7].

Prinsip kerja dari oil skimmer yaitu dengan memanfaatkan media berputar untuk memisahkan air dan minyak. Media berputar ini dapat berupa drum, belt atau disc. Minyak yang mengambang pada permukaan air kemudian akan menempel pada elemen yang berputar tersebut karena adanya sebuah gaya yang disebut dengan gaya adhesi. Minyak yang menempel kemudian dipisahkan dengan menggunakan elemen yang disebut dengan scrubber dan akan mengalir kedalam tangki penampungan [8].

Paper ini bertujuan untuk menangani tumpahan minyak pada permukaan air dengan menggunakan metode skimmer. Tipe skimmer yang digunakan adalah oil skimmer tipe *rotary disc*. Tipe ini dipilih karena merupakan yang paling baik digunakan untuk mengambil minyak dengan viskositas sedang. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Elzahaby dkk. pada tahun 2008. Kecepatan *rotary disc* mempengaruhi volume minyak yang terkumpul. Dari kecepatan *rotary disc* 20 rpm hingga 120 rpm, hasil yang diperoleh adalah semakin besar kecepatan *rotary disc* maka minyak yang dikumpulkan semakin sedikit [7]. Berdasarkan informasi tersebut maka dalam penelitian ini kami mencoba menggunakan *rotary disc* dengan kecepatan yang lebih kecil. Harapannya adalah kita dapat mengetahui kecepatan optimum *rotary disc* pada saat penanganan tumpahan minyak yang ditandai dengan lebih banyaknya jumlah minyak yang terkumpul. Kecepatan *rotary disc* yang digunakan adalah 16 rpm, 18 rpm, dan 20 rpm. Selain melakukan variasi kecepatan, pada penelitian ini juga dilakukan

optimalisasi dengan menambah jumlah *rotary disc* menjadi 3 disc.

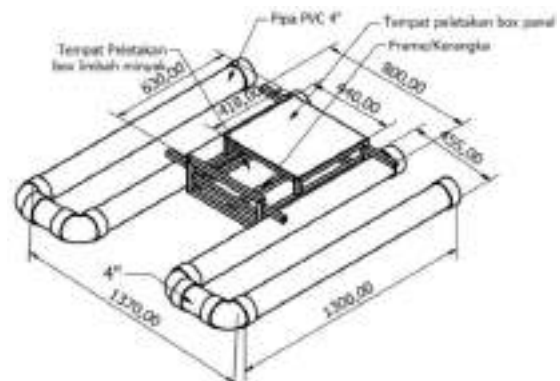
II. METODE PENELITIAN

A. Komponen pada Oil Skimmer

Oil skimmer yang dikonstruksi tersusun dari komponen-komponen berikut ini :

1. Pipa pengapung

Karena minyak selalu terapung pada permukaan air, maka *oil skimmer* yang akan dirancang harus mampu terapung didalam air. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah pengapung yang terbuat dari material dengan densitas yang lebih rendah daripada densitas air. Dalam paper ini, pengapung berbentuk tabung dan terbuat dari material polyvinyl chloride (PVC) dengan diameter $\pm$ 5 inchi. Bentuk dan dimensi dari pengapung ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini:

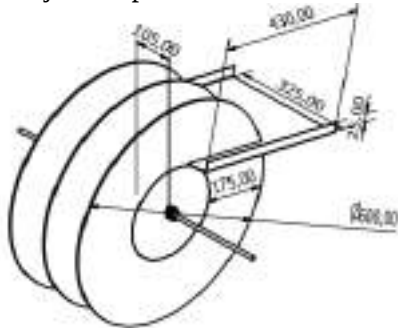


Gambar 1. Bentuk dan dimensi dari pengapung

2. Rotary Disc

Untuk dapat mengambil tumpahan minyak, material yang dipilih harus memiliki sifat *oleophilic/adhesion*. Dalam paper ini, material yang digunakan sebagai *rotary disc* adalah kaca *acrylic*. Material ini terbuat dari serat *artificial* yang terbuat dari kelompok khusus dari senyawa *vinyl* (terutama *acrylonitrile*) dan bersifat termoplastik [8]. Jenis material ini juga sangat mudah ditemukan dipasar. Ada 3 *rotary disc* dengan ketebalan masing-masing adalah 5 mm dan diameternya adalah 60 mm. Pada *rotary disc* juga terdapat *scrubber* yang digunakan untuk melepaskan minyak yang telah menempel pada *rotary disc*. Minyak yang sudah terlepas tersebut kemudian akan mengalir dan masuk kedalam tangka

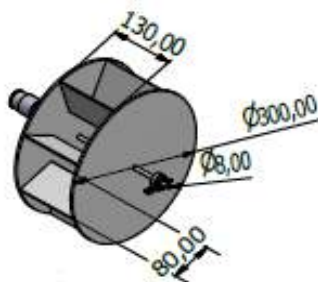
penampungan. Bentuk dan dimensi dari *rotary disc* dan *scrubber* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk dan dimensi dari *rotary disc*

3. Propeller

Propeller merupakan sebuah komponen yang digunakan untuk menggerakkan *oil skimmer*. Pada paper ini terdapat dua buah *propeller* yang diletakkan disebelah kanan dan kiri *oil skimmer*. Arah pergerakan dari *oil skimmer* ini selanjutnya dapat ditentukan dengan mengatur besar kecilnya kecepatan pada masing-masing *propeller*. Bentuk *propeller* yang digunakan dalam paper ini ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah ini:



Gambar 3. Bentuk dan dimensi dari *propeller*

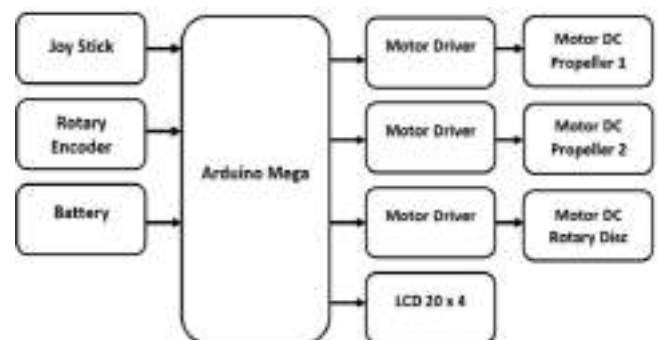
B. Blok Diagram dan Prinsip Kerja Alat

Rotary disc dan *propeller* digerakkan oleh motor DC. Terdapat 3 motor DC yang digunakan, 1 motor DC digunakan untuk menggerakkan *rotary disc* dan 2 motor DC digunakan untuk menggerakkan *propeller*. Seluruh motor DC dihubungkan dengan motor driver tipe BTS7960. Jenis driver ini dipilih karena kemampuannya yang dapat digunakan pada arus yang lebih tinggi (maximum 43 A) dan sudah dilengkapi dengan *thermal over current*. Driver ini kemudian dihubungkan dengan Arduino Mega 2560 sebagai kontrolernya.

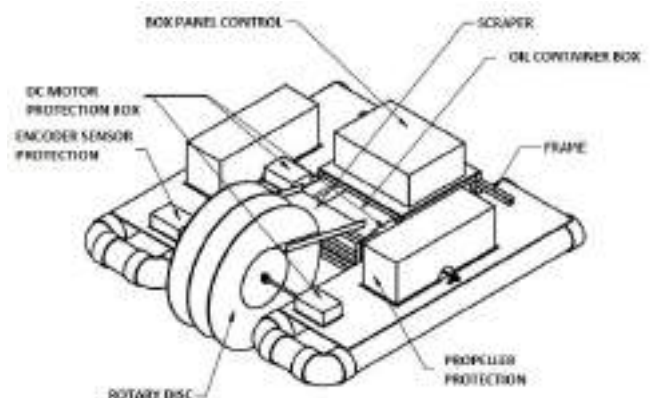
Rotary disc dan *propeller* dapat diatur kecepatannya dari jarak jauh dengan menggunakan

joystick. Controller joystick yang digunakan adalah controller joystick PS2 yang terdiri dari *console* atau *transmitter* dan *receiver*. Pergerakan maju, mundur, kiri, dan kanan dari *oil skimmer* dapat dicapai dengan mengatur kecepatan kedua *propeller* menggunakan joystick ini.

Selain dapat digunakan untuk mengatur kecepatan *propeller*, joystick juga dapat digunakan untuk mengatur kecepatan *rotary disc*. Data kecepatan *rotary disc* setiap saatnya dapat diketahui dengan memanfaatkan sensor encoder yang terpasang pada *rotary disc*. Kecepatan *rotary disc* ini kemudian dapat ditampilkan pada sebuah LCD. *Oil skimmer* juga dilengkapi dengan sumber tegangan eksternal untuk mensuplai daya yang dibutuhkan pada seluruh komponen yang ada pada *oil skimmer*. Secara sederhana cara kerja *oil skimmer* dapat diringkas dalam bentuk diagram blok pada Gambar 4 di bawah ini sedangkan komponen-komponen *oil skimmer* yang dikonstruksi ditunjukkan pada Gambar 5.



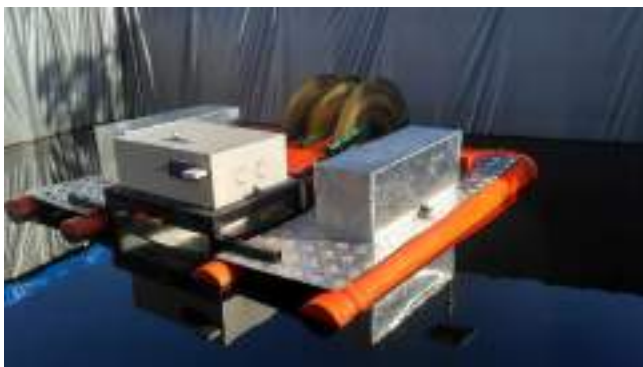
Gambar 4. Diagram blok pada *oil skimmer*



Gambar 5. *Oil skimmer* yang dikonstruksi dan komponen-komponennya

C. Langkah eksperimen

Pengambilan tumpahan minyak dilakukan dalam kolam buatan yang ditunjukkan pada Gambar 6. Kolam ini berbentuk segiempat dan disetiap sisinya terdapat terpal yang tidak tembus air untuk menampung air dan minyak. Sebelum eksperimen dilakukan terlebih dahulu kolam buatan diisi dengan air dan minyak dengan persentasi 160 : 1 (4800 liter air dan 30 liter minyak). Setelah itu *oil skimmer* dimasukkan kedalam kolam buatan, atur kecepatan *rotary disc* dan tunggu hingga kecepatannya stabil. Setelah kecepatan *rotary disc* stabil, gerakkan *oil skimmer* ke titik yang terdapat minyak. Proses pengambilan data dilakukan pada tiga variasi kecepatan *rotary disc* dan tiga jenis bahan bakar yang berbeda. Bahan bakar yang terambil oleh *oil skimmer* selanjutnya ditentukan volumenya menggunakan gelas ukur.



Gambar 6. *Oil skimmer* pada saat di dalam kolam buatan

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, *oil skimmer* diuji performanya pada tiga kecepatan *rotary disc* dan jenis bahan bakar yang berbeda. Dalam eksperimen ini bahan bakar yang digunakan sebagai sampel tumpahan minyak adalah Pertamina, Peralite, dan solar. Tabel 1 di bawah ini menunjukkan hasil percobaan pada tumpahan Pertamina pada 3 kecepatan berbeda (16 rpm, 18 rpm, dan 20 rpm). Pada saat kecepatan *rotary disc* 16 rpm, *volume* Pertamina yang terambil adalah 324 ml. Pada saat kecepatan *rotary disc* 18 rpm, *volume* Pertamina yang terambil adalah 338 ml. Sedangkan pada saat kecepatan *rotary disc* 20 rpm, *volume* Pertamina yang terambil adalah 587 ml. Secara singkat dapat disimpulkan dari eksperimen ini bahwa semakin

tinggi kecepatan *rotary disc* maka semakin banyak tumpahan Pertamina yang terambil oleh *oil skimmer*.

Tabel 1. Eksperimen pada tumpahan Pertamina dengan kecepatan berbeda

No	Kecepatan <i>Rotary Disc</i> (rpm)	<i>Volume</i> Pertamina yang terambil (ml)
1	16	324
2	18	338
3	20	587

Tabel 2 di bawah ini menunjukkan hasil percobaan pada tumpahan Peralite pada 3 kecepatan berbeda (16 rpm, 18 rpm, dan 20 rpm). Pada saat kecepatan *rotary disc* 16 rpm, *volume* Pertamina yang terambil adalah 218 ml. Pada saat kecepatan *rotary disc* 18 rpm, *volume* Pertamina yang terambil adalah 491 ml. Sedangkan pada saat kecepatan *rotary disc* 20 rpm, *volume* Pertamina yang terambil adalah 708 ml. Hasil ini sama dengan data hasil eksperimen pada tumpahan Pertamina. Semakin tinggi kecepatan *rotary disc* maka *volume* tumpahan Peralite akan semakin banyak. Kesamaan karakteristik ini diduga karena adanya kesamaan karakteristik antara Pertamina dan Peralite. Kedua jenis bahan bakar tersebut (Pertamina dan Peralite) tersusun dari senyawa kimia yang sama yaitu hidrokarbon [10][11]. Selain itu kedua jenis bahan bakar tersebut juga memiliki viskositas yang hampir sama [12][13].

Tabel 2. Eksperimen pada tumpahan Peralite dengan kecepatan berbeda

No	Kecepatan <i>Rotary Disc</i> (rpm)	<i>Volume</i> Peralite yang terambil (ml)
1	16	218
2	18	491
3	20	708

Tabel 3 di bawah ini menunjukkan hasil percobaan pada tumpahan solar. Pada saat kecepatan *rotary disc* 16 rpm, *volume* solar yang terambil adalah 580 ml dan pada saat kecepatan *rotary disc* 18 rpm, *volume* solar yang terambil adalah 675 ml. Namun pada saat kecepatan *rotary disc* 20 rpm, *volume* solar yang terambil turun menjadi 430 ml. Ini terjadi karena faktor viskositas bahan bakar yang mana viskositas merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh pada proses pengambilan minyak menggunakan *oil skimmer* [14]. Viskositas bahan bakar solar ini nilainya

lebih besar jika dibandingkan dengan viskositas Peralite dan Pertamina [12].

Penurunan jumlah solar yang terkumpul juga dapat diakibatkan karena adanya kontribusi gaya sentrifugal pada *rotary disc* yang berputar. Ketika kecepatan putaran *rotary disc* semakin tinggi maka gaya sentrifugal juga akan semakin besar. Jika gaya tarik menarik antara molekul pada solar dan pada *rotary disc* (gaya adhesi) lebih kecil dibandingkan gaya sentrifugalnya maka akan mengakibatkan solar yang telah menempel pada *rotary disc* menjadi terlempar keluar akibatnya *volume* solar yang terambil menjadi menurun karena adanya solar yang jatuh/terlempar pada saat pengambilan data. Dari eksperimen ini dapat disimpulkan bahwa dalam pengambilan/penanganan tumpahan minyak menggunakan *oil skimmer* tipe *rotary disc*, kecepatan *rotary disc* harus diperhatikan pada saat percobaan.

Tabel 3. Eksperimen pada tumpahan solar dengan kecepatan berbeda

No	Kecepatan Rotary disc (rpm)	Volume solar yang terambil (ml)
1	16	580
2	18	675
3	20	430

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin besar kecepatan dari *rotary disc* maka *volume* tumpahan minyak yang terambil akan semakin besar.
2. Dalam proses pengambilan tumpahan minyak pada permukaan air, sangat penting dalam menentukan kecepatan *rotary disc*. Pergerakan *rotary disc* yang terlalu tinggi akan mengakibatkan minyak yang telah menempel pada *rotary disc* menjadi terlempar sehingga minyak yang diperoleh menjadi lebih sedikit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pelaksanaan penelitian dan penyusunan jurnal ini mendapat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM), Kemenristek DIKTI yang telah membiayai penelitian

ini serta seluruh staf dan mahasiswa yang turut serta membantu pelaksanaan penelitian dan penyusunan jurnal ini.

REFERENSI

- [1] F. S. Pamungkas, H. Haeruddin, and S. Rudyanti, "The Effectiveness of The Use of Oil Skimmer in Efforts Handling Oil Spill in Tegalsari Fishing Port, Tegal," *J. Maquares*, vol. 6, pp. 120–127, 2017.
- [2] M. Wibowo, "Computational Modeling of Oil Spill Pollution Distribution in Cilacap Seawaters," *J. Teknol. Lingkungan*, vol. 19, no. 2, p. 191, 2018.
- [3] M. Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, Third Edit. New York: CRC Press, 2012.
- [4] S. Khandakar, M. N. Islam, R. I. Rubel, and S. S. Yusuf, "Construction of an Economic Blanket Belt Oil Skimmer," *Bitlis Eren Univ. J. Sci. Technol.*, vol. 7, no. 2, pp. 115–122, 2017.
- [5] Muarif, A. Damar, S. Hariyadi, M. Boer, and Dewayani Soetrisno, "The Sensitivity Levels of Indonesian Mangrove to Oil Spills," *J. Mns. dan Lingkungan*, vol. 23, no. 3, pp. 374–380, 2016.
- [6] A. Tuan Hoang, V. Viet Pham, and D. Nam Nguyen, "A Report of Oil Spill Recovery Technologies," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 13, no. 7, pp. 4915–4928, 2018.
- [7] A. Elzahaby, A. Bakry, A. E. Kabeel, and ahmed M. Khaira, "Effect of Adhering Surface Type of an Oleophilic Disk Skimmer on the Oil Spills Recovery From Water," in *Ninth International Congress of Fluid Dynamics & Propulsion*, 2010, no. December, pp. 1–9.
- [8] R. Yadav, D. Jolapara, D. Jawalekar, R. Joshi, and S. Holay, "Design , Analysis and Manufacturing of Disc Type Oil Skimmer," *IOSR J. Eng.*, vol. 1, pp. 70–73, 2019.
- [9] P. Grill and F. Linde, *Oil Skimming Business Potential and Strategic Options Facing a Marginalised Business Segment at Sandvik*

Process Systems Peter Grill. Stocholm: KTH Industrial Engineering and Management, 2013.

- [10] Pertamina, "Material Safety Data Sheet (Lembar Data Keselamatan Bahan) - Premium," *PT. Pertamina*, pp. 1–9, 2007.
- [11] Pertamina, "Material Safety Data Sheet (Lembar Data Keselamatan Bahan) - Pertamina," *PT. Pertamina*, 2007.
- [12] L. Purwanti, *Uji Viskositas Bahan Bakar Cair Alami dengan Menggunakan Viskosimeter Ostwald*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2015.
- [13] D. Yuliyanto and E. Widodo, "Pengaruh Jenis Bahan Bakar Terhadap Viskositas dan TBN Pelumas SAE10W-30 pada Motor Bakar 125cc," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 3, no. 1, p. 1, 2018.
- [14] M. A. Dawood and R. J. Algawi, "Study of operating conditions for oil skimmer apparatus from water," in *International Conference on Environmental Impacts of the Oil and Gas Industries*, 2018, pp. 65–70.

Jurnal **ECOTIPE**

Alamat Redaksi :

Gedung Jurusan Teknik Elektro - Fakultas Teknik
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung
Balunijuk, Kab. Bangka, Prov. Kep. Bangka Belitung
Telp. Universitas : (0717) 422145, 422965 Fax. (0717) 421303
Telp. Fakultas : (0717) 4260033 ext. 2122, 2124
Laman : <http://journal.ubb.ac.id/index.php/elektro>
E-mail : jurnal.ecotipe@yahoo.com

p-ISSN 2355-5068
e-ISSN 2622-4852

