



# COMPLETE

Journal of Computer, Electronic,  
and Telecommunication

Vol.3 No.2 December 2022



## JURNAL

KEMAJUAN TEKNIK  
KOMPUTER, ELEKTRO, & TELEKOMUNIKASI

ISSN: 2723-4371 E-ISSN: 2723-5912

Website: [journal.ittelkom-sby.ac.id/complete](http://journal.ittelkom-sby.ac.id/complete) | E-mail: [complete@ittelkom-sby.ac.id](mailto:complete@ittelkom-sby.ac.id)

COMPLETE | Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication | Vol.3 No.2 December 2022



**Institut Teknologi Telkom Surabaya**  
Ketintang Str. No. 156, Surabaya, 60231,  
East Java, Indonesia  
E-mail: [complete@ittelkom-sby.ac.id](mailto:complete@ittelkom-sby.ac.id);  
Web: [journal.ittelkom-sby.ac.id/complete](http://journal.ittelkom-sby.ac.id/complete)



# **EDITORIAL TEAM**

## **Editor in Chief:**

Aulia Rahma Annisa, S.ST., M.T., *Institut Teknologi Telkom Surabaya*

## **Editorial Members:**

Dr. Eng. Muhammad Abdillah, S.T., M.T., *Universitas Pertamina*

Dr. Chaironi Latif, ST, *Institut Teknologi Telkom Surabaya*

Isa Hafidz., ST., MT, *Institut Teknologi Telkom Surabaya*

Billy Montolalu, S.Kom., M.Kom., *Institut Teknologi Telkom Surabaya*

## **Peer Reviewers:**

Dr. Purba Daru Kusuma, ST, MT, *Telkom University*

Dr. Susijanto Tri Rasmana, S.Kom., M.T, *Institut Teknologi Telkom Surabaya*

Dimas Adiputra, ST., M.Phil, PhD, *Institut Teknologi Telkom Surabaya*

Anifatul Faricha, ST., M.Sc, *Tokyo Institute of Technology*

Mohamad Yani, S.ST., *M.Phil, Tokyo Metropolitan University*

Mohamad Ridwan. ST., M.T., *Electronic Engineering Polytechnic Institute of Surabaya*

Muhsin, ST., MT, *Universiti Teknologi Malaysia*

Ardiansyah Al Farouq, S.ST., M.T, *Institut Teknologi Telkom Surabaya*

Risdillah Mimma Untsa, S.ST., M.T, *Institut Teknologi Telkom Surabaya*

## **Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication**

Faculty of Electrical Engineering - Institut Teknologi Telkom Surabaya

Ketintang Str. No. 156, Surabaya, 60231, East Java, Indonesia

Phone. +6285 234852155; E-mail: complete@ittelkom-sby.ac.id;

Web: journal.ittelkom-sby.ac.id/complete



## TABLE OF CONTENTS

### COVER PAGE

<b>EDITORIAL TEAM</b> .....	1
<b>TABLE OF CONTENTS</b> .....	3
<b>ABOUT THE JOURNAL</b> .....	5
<b>PREFACE</b> .....	7

### ARTICLES

1. Implementasi Buck-Boost Converter pada Hybrid Turbin Angin Savonius dan Panel Surya	9-24
2. Prototype Turbin Ventilator Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin	25-32
3. Menentukan Ukuran Sepatu Secara Realtime Melalui Segmentasi Citra Telapak Kaki	33-46
4. Analisa Performa Modul ESP32 Sebagai Perangkat untuk Sistem Pengenalan Objek	47-58
5. Analisis Radar MIMO OFDM Target Bergerak dengan Clutter Angin	59-66
6. Sistem Monitoring Detak Jantung pada Sepeda Treadmill Menggunakan Sensor MAX30102	67-80
7. Implementasi Sensor Flowmeter pada Auxiliary Engine Kapal Berbasis Outseal PLC	81-90



## ABOUT THE JOURNAL

COMPLETE : Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication is an official journal of the Faculty of Electrical Engineering, Institut Teknologi Telkom Surabaya. It publishes research or review articles in Computer, Electronic, and Telecommunication technology. This journal provides a platform for research lecturers, reviewers, practitioners, industry, and observers across Indonesia and overseas to promote, share, and discuss new issues and technology development. The scope of the journal includes:

- Technology utilization of maritime resources
- Strengthening infrastructure maritime
- Technology and management safety transportation
- Industrial strengthening technology transportation
- Supporting infrastructure and transportation system
- Operational efficiency
- Electronics Technology
- Telecommunication Technology
- Computer Technology
- System Security
- Advanced Robotics Technology
- Technology and disaster management
- Advanced Power Electronics
- Application of Power System
- Renewable Energy
- Chips Technology
- Smart IoT Devices
- 5G Technology and Ecosystems
- Technology and management environment

COMPLETE published twice a year. Editors invite research lecturers, the reviewer, practitioners, industry, and observers to contribute to this journal. The language used in the form of Indonesian and English. All accepted manuscripts will receive individual digital object identifier (DOI) and indexed by Google Scholar. The online PDF version of the journal is open access from [journal.itelkom-sby.ac.id/complete](http://journal.itelkom-sby.ac.id/complete). Subscription of the hard copy can be requested by email to [complete@ittelkom-sby.ac.id](mailto:complete@ittelkom-sby.ac.id).



## **PREFACE**

Welcome to the Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication, Vol. 3, Issue No. 2. It is my privilege and pleasure to present the fourth volume of this peer-reviewed journal under Institut Teknologi Telkom Surabaya. This journal aims to accommodate the results of research publications through national and worldwide journals as part of continuous improvement.

As the chairman of COMPLETE, I would like to thank many people who supported this journal, especially Research and Community Service Units (LPPM). Furthermore, as the editor-in-chief, I would like to extend my sincere thanks to all members of the editorial and the advisory boards from Institut Teknologi Telkom Surabaya, whose service, dedication, and commitment have made the creation of this journal possible. We work together to improve the quality and excellence of articles published continuously.

We hope that COMPLETE could deliver valuable and interesting information and stimulate further research to the worldwide telecommunications, electrical, and computer engineering communities.

Surabaya, December 2022

Editor of Journal



# Implementasi *Buck-Boost Converter* pada *Hybrid Turbin Angin Savonius* dan Panel Surya

Anggara Trisna Nugraha <sup>1</sup> dan Irgi Achmad <sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya; anggranugraha@ppns.ac.id

<sup>2\*</sup> Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya; irgiachmad@student.ppns.ac.id

**Abstrak :** Listrik merupakan salah satu kebutuhan dasar dalam kehidupan manusia modern. Listrik sudah begitu terintegrasi dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini bisa dipahami mengingat sumber daya batubara yang cukup melimpah. Faktor lain yang berpengaruh dalam meningkatkan penggunaan batubara adalah bahwa pembangkit listrik batubara dirancang sebagai beban dasar karena harga batubara relatif lebih murah. Akan tetapi keberadaan batu bara semakin lama semakin berkurang. Salah satu pemanfaatan dari potensi energi terbarukan adalah teknologi pembangkit listrik tenaga surya dan angin. Pada sistem ini menggunakan panel surya 30 WP dan turbin angin savonius yang kemudian dirancang *hybrid* agar dapat memberikan daya tambahan. Akan tetapi pemanfaatan energi terbarukan tersebut tidak bisa dimanfaatkan secara langsung karena nilai tegangan keluaran yang fluktuatif mengakibatkan mudahnya kerusakan pada peralatan elektronik atau sistem penyimpanan baterai. Sehingga permasalahan tersebut terciptalah inovasi teknologi yaitu Implementasi *buck-boost converter* yang terintegrasi dengan turbin angin savonius dan panel surya. Dibantu dengan sensor arus dan tegangan yang dikontrol oleh arduino uno sehingga dapat memonitoring *input* dan *output* dari *buck-boost converter*. Hasil dari pengujian alat ini menunjukkan bahwa *buck-boost converter* mampu menstabilkan tegangan keluaran dari panel surya dan turbin angin dengan keluaran senilai 14,4 volt yang dimana tegangan tersebut dapat digunakan untuk pengisian baterai VRLA 12 Volt 7,2 Ah.

**Kata Kunci:** Panel Surya, Turbin Angin Savonius, *Buck-Boost Converter*

## 1. Pendahuluan

Listrik adalah salah satu kebutuhan dasar dalam kehidupan manusia saat ini. Listrik sudah begitu menyatu dalam kehidupan sehari-hari. Masyarakat Indonesia, terutama masyarakat yang telah tinggal di perkotaan, menjalankan kehidupan sehari-hari selalu bergantung pada energi listrik [1]. Tenaga listrik menjadi salah satu faktor penting dalam pengembangan kualitas Energi hidup masyarakat dan sekaligus menjadi penggerak bagi pembangunan nasional di berbagai sektor perekonomian. Untuk memenuhi kebutuhan listrik yang terus meningkat diperlukan penambahan pasokan tenaga listrik yang besar dan perlu harus ditingkatkan untuk jangka panjang. Oleh karena itu perlu adanya perencanaan pengembangan kelistrikan nasional untuk jangka panjang. Dalam perencanaan tersebut, prakiraan kebutuhan dan pasokan tenaga listrik perlu mendapat perhatian yang serius [2]. Selama periode 2012-2035, kapasitas terpasang pembangkit listrik nasional (PLN dan non PLN) untuk skenario dasar akan meningkat dari 44,8 GW menjadi 215 GW atau tumbuh rata-rata sebesar 7,1% per tahun. Untuk skenario tinggi pada tahun 2035, kapasitas terpasangnya akan mencapai 26% lebih tinggi dari skenario dasar atau sebesar 270 GW dan tumbuh rata-rata 8,1% per tahun. Pada kedua skenario tersebut, pembangkit listrik batubara terus mendominasi hingga tahun 2035 dengan pangsa mencapai 65% (139 GW) untuk skenario BAU dan 72% (194 GW) untuk skenario tinggi. Hal ini bisa dipahami mengingat sumber daya batubara yang cukup melimpah. Faktor lain yang berpengaruh dalam meningkatkan penggunaan batubara adalah bahwa pembangkit listrik batubara dirancang sebagai beban dasar karena harga batu bara relatif lebih murah dari pada bahan

bakar fosil lainnya [3]. Mengingat batubara memiliki sifat tak terbarukan dan dihasilkan dari proses geologi selama puluhan bahkan ratusan juta tahun, maka sangatlah disayangkan apabila pemanfaatannya tidak memiliki nilai tambah. Selain itu, pembakaran batubara untuk keperluan pembangkit listrik juga menghasilkan limbah padat berbahaya dan beracun [4]. Maka dari itu dengan memperbesar pemanfaatan energi terbarukan, biaya pasokan energi jangka panjang akan semakin rendah dan terjangkau. Berbeda dengan pembangkitan energi fosil yang cenderung naik dari tahun ke tahun karena harga bahan bakar, pengaruh nilai tukar dan inflasi rendah dan kenaikan terjaga. Capital expenditure (capex) pembangkit PLTS, PLT Angin skala besar juga cenderung turun. Oleh karena itu memperbesar porsi energi terbarukan dalam pasokan tenaga listrik dalam jangka panjang dapat menurunkan biaya pembangkitan tenaga listrik [5].

Salah satu pemanfaatan dari potensi energi terbarukan adalah teknologi pembangkit listrik tenaga surya dan angin. Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi listrik dapat diterapkan dengan menggunakan panel surya yang memanfaatkan sinar matahari untuk diubah menjadi energi listrik. Panel surya merupakan sumber energi yang ramah lingkungan dan menjanjikan karena tidak menimbulkan polusi dan jumlahnya melimpah, terutama di negara tropis seperti Indonesia. Begitu juga dengan potensi energi angin juga merupakan bagian dari sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan. Penggunaan energi matahari dan angin juga berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, serta mengatasi masalah perubahan alam dan lingkungan yang disebabkan oleh upaya konservasi dari sumber energi konvensional. Akan tetapi energi matahari dan angin tidak bisa langsung digunakan dikarenakan energi yang dihasilkan fluktuatif bergantung dengan intensitas cahaya matahari dan kecepatan angin, sehingga mengakibatkan mudahnya kerusakan pada peralatan elektronik di rumah tangga dan industri atau di dalam sistem penyimpanan baterai, sehingga maka diperlukan mekanisme untuk menstabilkan tegangan keluaran yang akan disuplai ke baterai atau beban.

Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat solusi pemanfaatan potensi energi terbarukan pada pengisian baterai menggunakan *buck-boost converter*. Menurut Payung et al. [6] dalam penelitiannya ini, digunakan sumber *solar cell* 300WP (*watt peak*) yang digunakan untuk proses pengisian baterai 48V DC 45Ah dengan menggunakan *buck-boost converter*. Ketika sumber utama PLN tidak aktif ATS (*Automatic Transfer Switch*) secara otomatis akan memindahkan catu daya dari baterai. Dari sumber baterai digunakan inverter satu fasa untuk mencatu beban rumah tangga sebesar 50W 220V AC. Proses charging baterai sistem dapat mempertahankan nilai tegangan output ( $V_o$ ) charging antara 54V-56,5V DC dan sistem mampu menyuplai beban sesuai perencanaan sebesar 50W walaupun terjadi selisih drop tegangan sebesar 19V AC. Namun kelemahan pada penelitian ini masih menggunakan satu sumber energi terbarukan yaitu energi surya dimana jika langit mendung atau matahari menghilang pada siang hari maka panel surya tidak dapat menghasilkan listrik dan juga pada sistem tersebut tidak dilengkapi dengan *interface* nilai tegangan input dan output dari sistem sehingga pengguna harus melakukan monitoring secara manual untuk mengetahui besar tegangan input dan output pada sistem.

Dalam penelitian lainnya dilakukan oleh Faiz A. M. [7] yang memanfaatkan energi angin dengan cara pembuatan rancangan sistem pembangkit listrik tenaga angin khususnya dibagian elektronik untuk menghasilkan energi listrik. Tegangan yang keluar dari generator masuk ke *buck-boost converter* yang keluarannya dapat lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan yang keluar dari generator. Tegangan tersebut juga dikontrol oleh mikrokontroler yang berupa arduino uno dengan menggunakan metode kontrol PID-PSO yang berguna untuk mengontrol tegangan yang sesuai dengan yang diinginkan. Dari hasil simulasi pada *buck-boost converter* didapatkan nilai terbaik untuk parameter  $K_p=7.60$ ,  $K_i=0.66$ , dan  $K_d=0.56$  pada pengendalian tegangan *buck-boost converter*. Pada *buck-boost converter* didapatkan nilai Rise Time ( $T_r$ ) = 0.37 detik, *settling time* ( $T_s$ ) = 0.39 detik, *delay time* ( $T_d$ ) = 0.20 detik, *Peak time* ( $T_p$ ) = 0.39 detik.

Sehingga dari beberapa penelitian tersebut peneliti ingin mengembangkan penstabil tegangan berupa *buck-boost converter* pada pembangkit listrik *hybrid* energi angin dan panel surya [8]. Kelebihan dari sistem ini adalah *output* tegangan dari *buck-boost converter* yang dibuat nilainya akan tetap berada pada set point meskipun input dari energi terbarukan tersebut naik turun [9]. Selanjutnya pada *charge*

*controller* pada turbin di pasaran tidak dilengkapi dengan *interface* nilai tegangan input dan output dari sistem sehingga pengguna harus melakukan monitoring secara manual untuk mengetahui besar tegangan input dan output pada sistem serta sistem juga dapat dengan mudah diperbaiki ketika terjadi kerusakan serta dapat dikembangkan menjadi sebuah sistem yang lebih kompleks [10]. Sehingga terciptalah inovasi teknologi yaitu Perancangan *Buck-Boost Converter* Pada Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid* Turbin Angin Vertikal Savonius Dan Panel Surya [11]. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu mendukung pengoptimalan penggunaan energi terbarukan dari energi surya dan angin untuk dijadikan sebagai salah satu alternatif penyedia energi listrik serta dapat meningkatkan keefektifan *battery charger* dalam mengisi baterai dan dapat memperpanjang *lifetime* baterai [12].

## 2. Metode dan Material

### A. Material

#### 1) Panel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya matahari menjadi listrik. Matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel fotovoltaik. Sel surya atau sel PV bergantung pada efek fotovoltaik untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan. Panel surya merupakan alat yang sangat penting dalam pembangkit listrik tenaga surya, yang berfungsi untuk mengubah energi surya (matahari) menjadi energi listrik. Dalam sebuah panel surya ini ada sel surya yang mempunyai peranan penting dalam panel surya untuk memaksimalkan cahaya matahari [13].

#### 2) Turbin Angin Savonius

Turbin Angin Savonius adalah turbin angin sumbu vertikal (VAWT) yang dapat beroperasi dalam kondisi angin kecepatan ringan. Turbin ini ditemukan pada tahun 1922 oleh seorang sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius. Konstruksi turbin ini sangat sederhana, terdiri dari dua bilah semi-silinder. Dalam perkembangannya, turbin Savonius mengalami banyak perubahan bentuk dari rotor, seperti desain rotor berbentuk L [14].

#### 3) Generator DC

Generator DC pada dasarnya memiliki bagian dasar yang sama dengan komponen mesin listrik lainnya. Secara umum generator arus searah (DC) adalah suatu alat yang mengubah energi mekanik berupa putaran menjadi energi listrik arus searah. Energi mekanik digunakan untuk memutar kumparan kawat dalam medan magnet. Menurut hukum Faraday, ggl induksi yang akan muncul dalam konduktor sebanding dengan laju perubahan *fluks* magnet yang mengelilingi konduktor. Jika kumparan adalah rangkaian tertutup, arus induksi akan muncul. Apa yang membedakannya dari generator lain adalah komponen penyearah yang didalamnya, yang disebut komutator dan sikat. Secara khusus generator DC terdiri dari dua bagian, stator adalah bagian tetap dari motor DC dan rotor adalah bagian yang berputar dari motor DC. Bagian stator meliputi: rangka motor, belitan stator, sikat arang, *bearing* dan *box* terminal. Sedangkan rotor terdiri dari: komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor [15].

#### 4) Buck-Boost Converter

*Buck-boost converter* adalah konverter DC (*Direct Current*) yang output tegangannya dapat lebih besar atau lebih rendah dari tegangan input, dan juga tegangan outputnya selalu bernilai negatif. Seperti halnya konverter *buck* dan konverter *boost*, konverter *buck-boost* memiliki rangkaian yang terdiri dari induktor, kapasitor, *diode freewheel*, dan komponen switching seperti *Thyristor*, MOSFET, IGBT, dan GTO. Proses *switching* pada konverter ini juga disulut oleh PWM sebagai pengaturan *duty cycle* yang sangat berpengaruh pada besar kecilnya tegangan output dari *buck-boost converter* [16].

Rangkaian *Non-inverting Buck-Boost* (NIBB) menggunakan dua buah *switch mode buck* dan *switch mode boost*. Rangkaian NIBB memiliki tiga mode operasi, yaitu mode *buck*, *boost*, dan *buck-boost*. Ketika

tegangan input lebih rendah dari tegangan yang diinginkan, rangkaian menjadi mode *boost*. Sebaliknya, ketika tegangan *input* lebih tinggi dari tegangan yang diinginkan, maka menjadi mode *buck*. Ketika tegangan input stabil mendekati tegangan yang diinginkan, maka akan beroperasi dalam mode *buck-boost* [17].

#### 5) Arduino Uno

Arduino UNO adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328P. Arduino Uno memiliki 14 pin input/output digital (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, header ICSP, dan tombol reset. Ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler; cukup sambungkan ke komputer dengan kabel USB atau nyalakan dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya [18].

#### 6) Sensor Tegangan

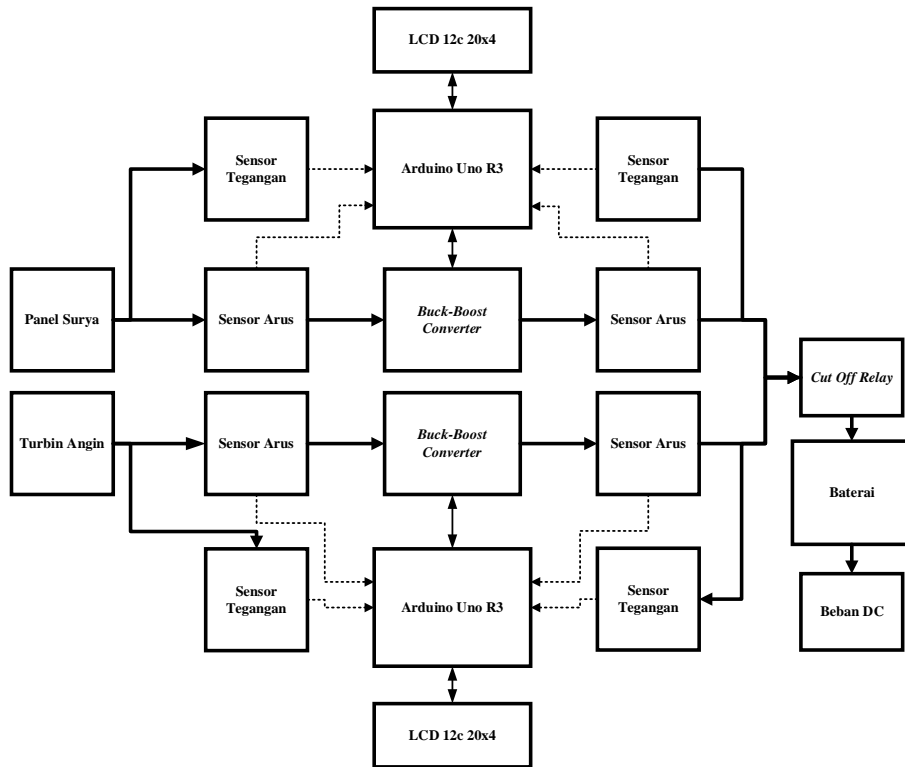
Sensor adalah *transduser* (pengatur/detektor) parameter lingkungan dalam representasi analognya. Pada dasarnya setiap sensor akan diubah menjadi tegangan yang dapat diproses untuk proses selanjutnya begitu juga dengan Arduino. Jika rentang tegangan terbaca antara 0-5V maka Anda dapat menggunakan pin analog secara langsung, sedangkan jika rentang tegangan terbaca > 5V Anda perlu menggunakan rangkaian tambahan yaitu pembagi tegangan karena pin Arduino bekerja pada maks 5V [16].

#### 7) Sensor Arus ACS 712

Allegro™ ACS712 menawarkan solusi ekonomis dan akurat untuk mendeteksi arus AC atau DC dalam sistem industri, komersial, dan komunikasi. Paket perangkat memungkinkannya untuk diimplementasikan dengan mudah oleh pelanggan. Aplikasi yang umum termasuk kontrol motor, pendeteksi beban dan manajemen beban, pengalihan daya, dan perlindungan arus lebih. Perangkat ini tidak ditujukan untuk aplikasi otomotif [19].

### B. Metode

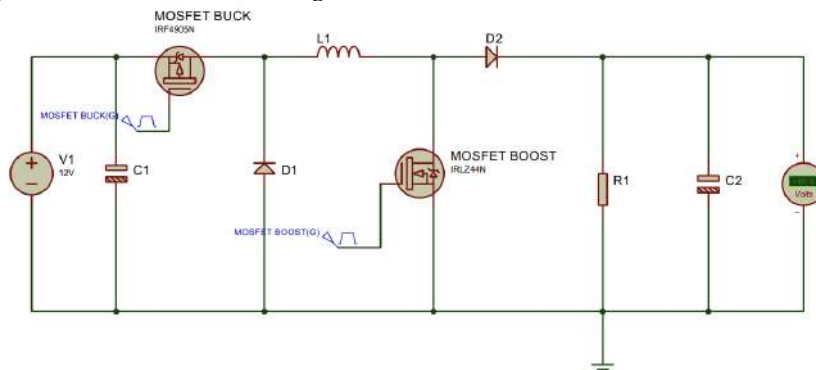
Penelitian ini menggunakan sumber energi listrik dari panel surya 30 Wp dan turbin angin savonius. Tegangan keluaran dari panel surya dan turbin angin akan distabilkan melalui *buck-boost converter* dengan keluaran tegangan senilai 14.4 Volt DC sesuai dengan tegangan pengisian baterai VRLA 12 Volt. Sistem *buck-boost converter* pada penelitian ini adalah menggunakan dua buah mikrokontroler yang mana keluaran tegangan dari kedua *buck-boost converter* tersebut dapat dirangkai secara paralel. Hal ini memanfaatkan prinsip *Kirchoff Voltage Law* dimana kedua sistem tersebut dapat dirangkai secara paralel dikarenakan level tegangan dari keduanya adalah sama.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Pada diagram blok dapat dilihat bahwa ada 2 input sumber energi listrik yaitu dari energi surya dan energi angin . Ada sensor tegangan dan sensor arus yang masing-masing dipasang pada *output* panel surya dan energi angin. Hasil pembacaan sensor akan diterima oleh Arduino Uno R3 untuk kemudian ditampilkan hasil pembacaan tegangan dan arus pada LCD 20x4. Hasil *output* tegangan pada panel surya dan energi angin akan diterima oleh *buck-boost converter* dan dikontrol oleh arduino agar *output* tegangan sesuai keinginan/tegangan yang dibutuhkan oleh baterai. Kemudian ada sensor tegangan dan sensor arus yang dipasang pada *output* *buck-boost converter* untuk mengukur keluaran arus dan tegangan. Hasil pembacaan sensor akan diterima oleh Arduino Uno R3 dan ditampilkan pada LCD 16x2. Kemudian tegangan keluaran pada *buck-boost converter* akan diparalel dan dihubungkan ke *cut off relay* yang dimana fungsi dari *cut off relay* tersebut adalah sebagai proteksi apabila kapasitas pengisian baterai telah penuh maka *cut off relay* akan memutus proses pengisian baterai.

Perancangan *buck-boost converter* pada penelitian ini menggunakan rangkaian *non-inverting buck-boost converter* yang dimana pada rangkaian ini menggunakan dua buah mosfet yang berfungsi sebagai *switching*. Mosfet yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe IRF9540N P-chanel sebagai *switch buck* dan tipe IRFZ44N N-chanel sebagai *switch boost*.



Gambar 2. Rangkaian Buck-Boost Converter

Tabel 1. Parameter Perhitungan *Buck-Boost Converter*

Parameter	Nilai
V input (tegangan input minimal)	8 V
V input (tegangan input maksimal)	25 V
V output (tegangan output yang diinginkan)	14,4 V
Arus output	2 A
Ripple tegangan output	1%
Ripple arus induktor	10%
Frekuensi <i>Switching</i>	62 KHz

Berikut perhitungan untuk menentukan nilai dari komponen-komponen yang digunakan :

1) Perhitungan *input* 8 V

a. Menentukan nilai *Duty Cycle*

$$V_o = \frac{1}{1-D} V_i(\min) \tag{1}$$

$$14.4 = \frac{1}{1-D} \times 8$$

$$D = 0,45$$

b. Menentukan nilai induktor

$$I_o = I_c = 2A \tag{2}$$

$$I_l = I_o + I_i = 2 + 2 = 4A \tag{3}$$

$$L = \frac{V_i \times D}{\Delta I_{lpp} \times f_{sw}} \tag{4}$$

$$L = \frac{8 \times 0,45}{0,1 \times 4 \times 62000}$$

$$L = 0,000145 H$$

$$L = 145 \mu H$$

c. Menentukan nilai kapasitor

$$C = \frac{I_o \times D}{\Delta V_{c\Delta p} \times f_{sw}} \tag{5}$$

$$C = \frac{2 \times 4,5}{0,01 \times 14,4 \times 62000}$$

$$C = 0,001 F$$

$$C = 1000 \mu F$$

2) Perhitungan *input* 25 V

a. Menentukan nilai *Duty Cycle*

$$D = \frac{V_o}{V_{in}} \tag{6}$$

$$D = \frac{14,4}{25}$$

$$D = 0,57$$

b. Menentukan nilai induktor

$$L = \frac{V_o(1-D)}{\Delta I_{lpp} \times f_{sw}} \tag{7}$$

$$L = \frac{14.4(1-0,57)}{0,1 \times 2 \times 62000}$$

$$L = 0,000499 H$$

$$L = 499 \mu H$$

c. Menentukan nilai kapasitor

$$C = \frac{\Delta I_{lpp}}{8 \times \Delta V_{c_{pp}} \times f_{sw}} \quad (8)$$

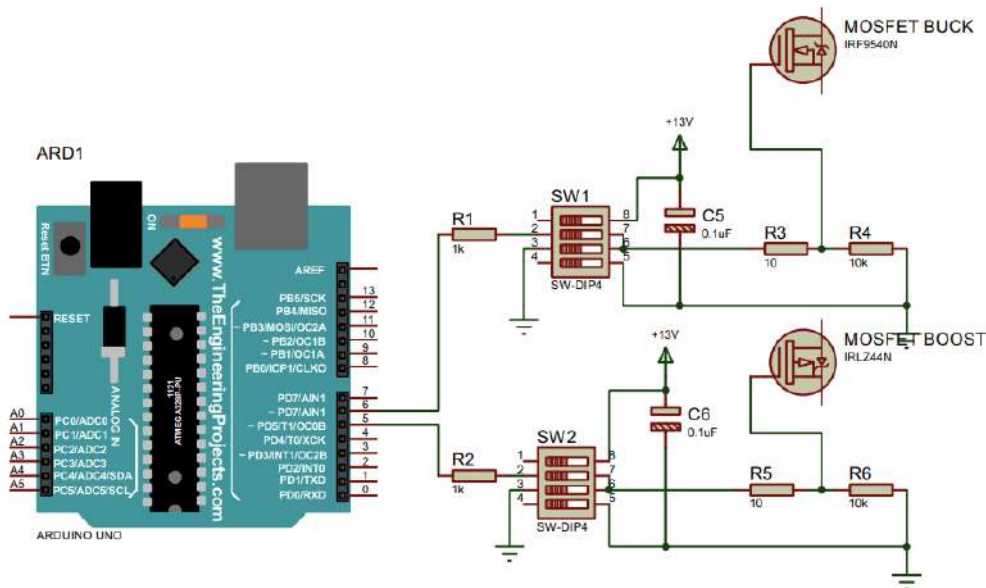
$$C = \frac{0.1 \times 2}{8 \times 0,01 \times 14,4 \times 62000}$$

$$C = 0,000028 F$$

$$C = 28 \mu F$$

Pada perhitungan ini nilai kapasitor yang dipilih adalah nilai kapasitor terbesar senilai 1000  $\mu F$ . Pada perhitungan nilai induktor dipilih nilai yang terbesar yaitu senilai 499  $\mu H$ , akan tetapi pada penelitian ini induktor yang digunakan sebesar 470  $\mu H$  karena nilainya mudah dijumpai dipasaran.

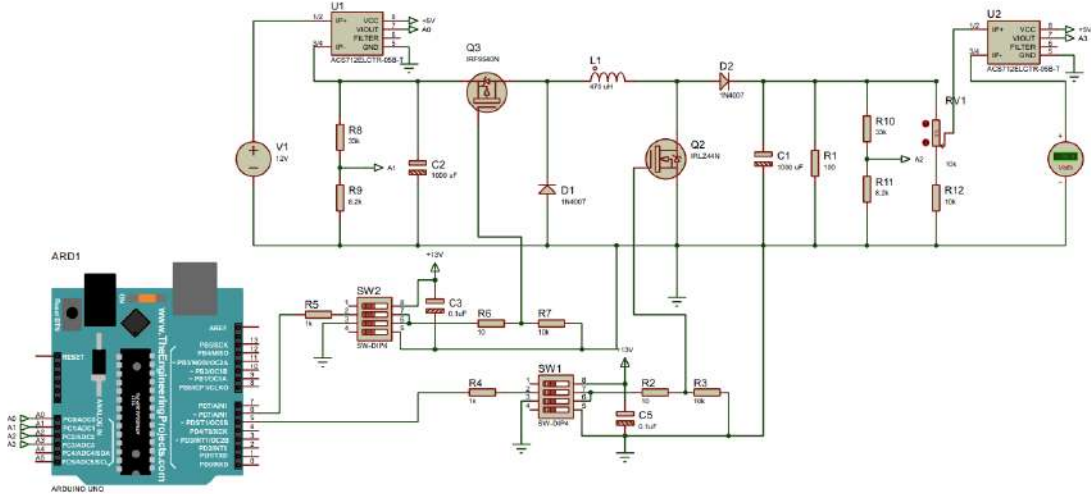
Pada penelitian ini besarnya sinyal PWM yang dihasilkan oleh board Arduino adalah sebesar 5 VDC, dimana tegangan ini tidak dapat menggerakkan saklar pada MOSFET, sehingga diperlukan *driver* MOSFET. Dengan *driver* MOSFET, besaran tegangan PWM akan mendekati nilai VCC yang digunakan pada rangkaian *driver*. Rangkaian *driver* MOSFET pada penelitian ini menggunakan *optocoupler* TLP250 untuk mode *boost* dan mode *buck*.



Gambar 3. Rangkaian *Driver* MOSFET

Rancangan keseluruhan sistem *buck-boost converter* ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Mikrokontroler Atmega 328P (Arduino Uno R3)
- Induktor (L) = 470  $\mu H$
- Kapasitor (C) = 1000  $\mu F$  50 V
- Diode SR5100 5A
- Drvier Mosfet TLP 250
- Mosfet *switch buck* yaitu IRF9540N P-channel dan mosfet *switch boost* yaitu IRLZ44N N-channel
- Sensor tegangan yaitu voltage divider dengan perbandingan nilai resistor yaitu R1 = 33 k ohm dan R2 8.2 k ohm
- Sensor arus ACS712
- R beban yaitu 100 ohm
- Potensiometer 10 k



Gambar 4. Rangkaian Keseluruhan Buck Boost Converter

Perancangan Mekanik pada penelitian ini meliputi rancangan turbin angin dan penyangga panel surya. Pada perancangan turbin angin disusun atas material besil L. Panjang kaki penyangga pada penelitian ini direncanakan sepanjang 1,5 meter. Kemudian pada perancangan penyangga panel surya direncanakan menggunakan bahan kanal C baja ringan dengan ukuran C 75 x 0.6 mm. untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar berikut. Panel surya yang digunakan adalah panel surya dengan daya 30 wp yang mempunyai dimensi Panjang 650 mm, lebar 350 mm dan tebal 25 mm



Gambar 5. Perancangan Mekanik Turbin Angin



**Gambar 6.** Perancangan Mekanik Penyangga Panel Surya

### 3. Hasil dan Analisis

Pada penelitian ini membahas mengenai pengujian alat yang telah dibuat dan analisa data yang telah dilakukan. Pengujian terdiri dari pengujian panel surya, pengujian turbin angin, pengujian sistem *buck-boost converter*, dan pengujian sistem secara keseluruhan.

#### 3.1 Pengujian Panel Surya

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap panel surya. Pengujian bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari panel surya tersebut. Data yang akan diambil berupa data intensitas cahaya, *output* tegangan pada panel surya yang dihasilkan. Pengujian pada panel surya ini menggunakan panel surya 30 Wp. Pengujian pada panel surya ini menggunakan alat ukur luxmeter thermo gun dan multimeter.

**Tabel 2.** Data Pengujian Panel Surya

Waktu Pengujian	Intensitas Cahaya (Lux)	Suhu Permukaan panel Surya (°C)	Tegangan Keluaran (V)
07.00	48900	28.8	19.17
08.00	122000	39.6	19.33
09.00	153000	48.6	19.75
10.00	170300	56.5	19.88
11.00	172800	56.8	19.97
12.00	128900	54.9	19.6
13.00	89190	46.8	18.74
14.00	22410	41.2	18.38
15.00	11100	32.3	18.09
16.00	8890	29.4	17.64
17.00	367	28.4	11.37

Dari Tabel 2 diatas dapat dilihat bahwa semakin besar nilai intensitas cahaya maka tegangan keluaran panel surya juga semakin besar. Pada pengujian panel surya tersebut dapat dilihat bahwa ketika intensitas cahaya tertinggi sebesar 172800 lux tegangan keluaran yang dihasilkan sebesar 19,97 Volt kemudian ketika intensitas cahaya tertinggi sebesar 367 lux tegangan keluaran yang dihasilkan sebesar 11,37 Volt.

### 3.2 Pengujian Turbin Angin Savonius

Pengujian turbin angin savonius dilakukan di Pantai Kenjeran Surabaya. Pengujian dilakukan untuk mengetahui data karakteristik dan daya keluaran dari turbin angin savonius terhadap kecepatan angin yang terdapat ditempat tersebut. Data yang diambil pada pengujian ini berupa kecepatan angin, RPM dan tegangan keluaran dari generator turbin angin. Pengujian pada turbin angin ini menggunakan alat ukur anemometer, tachometer, dan multimeter digital.

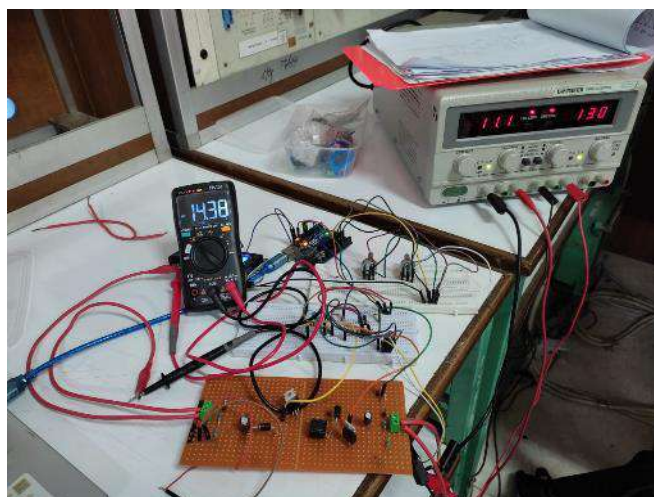
Tabel 3. Data Pengujian Turbin Angin

Waktu Pengujian	Kecepatan Angin (m/s)	RPM Turbin	RPM Generator	Tegangan Keluaran (V)
12.30	3.1	132.9	237.8	11.58
13.00	3.3	146.8	242.3	13.03
13.30	3.5	160	263.3	13.18
14.00	3.2	142.2	248.5	12.95
14.30	3.4	158.1	249.1	13.2
15.00	3.2	145	248.3	12.78
15.30	3	127.3	229.1	12.56
16.00	3.3	129.6	230.2	13.05
16.30	3.4	159.5	263.3	13.08
17.00	3.2	143.4	253.1	12.35

Dari Tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan angin maka semakin besar juga nilai tegangan keluaran dari pengujian turbin angin savonius. Dari pengujian tersebut didapat rata-rata kecepatan angin yaitu 3,26 m/s dan rata-rata tegangan yang dihasilkan sebesar 12,78 Volt

### 3.3 Pengujian Buck Boost Converter

Berikut pada Gambar 7 merupakan dokumentasi pengujian *buck boost converter*. Pengujian dilakukan di lab elektronika PPNS.



Gambar 7. Pengujian Buck Boost Converter

Setelah melakukan perancangan sistem *buck-boost converter* dan juga melakukan simulasi dengan merangkai komponen pada papan PCB lubang dan *project board*. Selanjutnya dilakukan pembuatan PCB *buck-boost converter*. Pembuatan PCB *buck-boost converter* dilakukan dengan menggunakan *software* EAGLE. Setelah selesai dilakukan pembuatan PCB, selanjutnya dilakukan tahap penyolderan komponen ke PCB yang telah dibuat. Berikut pada Gambar 8 merupakan hasil dari pembuatan PCB dan perakitan komponen yang telah ditentukan.



Gambar 8. Realisasi Perancangan Buck-Boost Converter

### 3.3.1 Pengujian Mode Buck

Pada pengujian mode *buck* ini diharapkan pada *buck boost converter* yang telah dibuat diharapkan mampu menurunkan tegangan sesuai setpoint yaitu 14.4 Volt. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban berupa resistor sebesar 220 ohm dan memberikan variasi tegangan masukan 15-20 Volt.

Tabel 4. Data Pengujian Mode Buck

Percobaan ke-	Vinput (V)	Vout (V)	Vout teori (V)	Duty Cycle (%)	Error (%)
1	15.06	14.2	14.76	98	3.79
2	16.14	14.34	14.04	87	2.12
3	17	14.41	14.45	85	0.28
4	17.35	14.23	14.57	84	2.36
5	17.89	14.51	14.67	82	1.09
6	17.56	14.44	14.40	82	0.28
7	18.87	14.46	14.34	76	0.83
8	18.9	14.37	14.18	75	1.38
9	19.36	14.42	14.33	74	0.65
10	20.22	14.35	14.36	71	0.04

### 3.3.2 Pengujian Mode Boost

Pada pengujian mode *boost* ini diharapkan pada *buck boost converter* yang telah dibuat diharapkan mampu menaikkan tegangan sesuai setpoint yaitu 14.4 Volt. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban berupa resistor sebesar 220 ohm dan memberikan variasi tegangan masukan 8-13 Volt.

**Tabel 5.** Data Pengujian Mode *Boost*

Percobaan ke-	Vinput (V)	Vout (V)	Vout teori (V)	Duty Cycle (%)	Error (%)
1	8.45	14.5	14.57	42	0.47
2	8.89	14.45	14.34	38	0.78
3	9.56	14.38	14.06	32	2.28
4	9.78	14.41	14.17	31	1.67
5	10.1	14.39	14.43	30	0.27
6	10.63	14.46	14.36	26	0.66
7	11.98	14.43	15.36	22	6.05
8	12.45	14.38	14.48	14	0.67
9	12.86	14.41	14.45	11	0.27
10	13	14.4	14.29	9	0.80

### 3.3.3 Pengujian Mode *Buck Boost*

Pada pengujian mode *buck boost* ini pada *buck boost converter* yang telah dibuat diharapkan mampu menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai setpoint yaitu 14.4 Volt. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban berupa resistor sebesar 220 ohm dan memberikan variasi tegangan masukan 8-20 Volt.

**Tabel 6.** Data Pengujian Mode *Buck-Boost*

Percobaan ke-	Vinput (V)	Vout (V)	Mode
1	8.00	14.38	<i>Boost</i>
2	9.00	14.34	<i>Boost</i>
3	10.00	14.39	<i>Boost</i>
4	11.00	14.44	<i>Boost</i>
5	12.00	14.41	<i>Boost</i>
6	13.00	14.23	<i>Boost</i>
7	14.00	14.19	<i>Boost</i>
8	17.00	14.23	<i>Buck</i>
9	18.00	14.48	<i>Buck</i>
10	19.00	14.34	<i>Buck</i>
11	20.00	14.37	<i>Buck</i>

### 3.3.4 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini dilakukan dengan menerapkan *buck-boost converter* pada panel surya dan turbin angin. Pada pengujian ini akan dikukur nilai input dan output *buck-boost converter* yang telah terintegrasi dengan sistem. Pengujian keseluruhan bertujuan untuk mengetahui performa sistem sebagai pengisian baterai VRLA 12 V 7,2 Ah. Nilai yang dikukur akan ditampilkan pada LCD I2C.

Tabel 7. Pengujian Integrasi

Waktu Pengujian	Kecepatan Angin (m/s)	Vin Panel Surya (V)	Iin Panel Surya (A)	Vin Turbin Angin (V)	Iin Turbin Angin (A)	Vout Buck Boost (V)	Iout Buck Boost (A)
14.00	3.3	18.45	0.58	13.05	0.098	14.35	1.5
14.30	3.5	18.37	0.56	13.3	0.15	14.32	1.2
15.00	3	18.03	0.5	11.1	0.076	14.54	1.34
15.30	3.2	17.87	0.49	12.29	0.083	13.85	1.67
16.00	3.4	17.53	0.44	13.24	0.12	14.46	1.87
16.30	3.1	17.3	0.38	12.03	0.08	14.41	1.57
17.00	3.2	12.83	0.087	12.34	0.093	13.93	1.31

Pada pengujian secara integrasi hybrid didapatkan data pada Tabel 7 pengujian dilakukan pada pukul 14.00 – 17.00 dengan panel surya mampu menghasilkan tegangan maksimum sebesar 18,45 Volt dan tegangan minimum sebesar 12,83. Kemudian dengan input turbin angin menghasilkan tegangan maksimum sebesar 13,05 Volt dan tegangan minimum sebesar 11,1 Volt. Kemudian Vout *buck-boost converter* pada pengujian integrasi tersebut menghasilkan tegangan dengan range 13,85-14,54 Volt. Meskipun tegangan *output* pada panel surya dan turbin angin yang dihasilkan sifatnya fluktuatif tegangan *output* yang dihasilkan *converter* cukup stabil.

#### 4. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian panel surya, turbin angin, *buck-boost converter* dan pengujian integrasi sistem diatas, pada tabel 2 mengenai pengujian panel surya dapat dinyatakan bahwa semakin besar nilai intensitas cahaya maka tegangan keluaran panel surya juga semakin besar. Pada pengujian panel surya intensitas cahaya tertinggi diperoleh 172800 lux dengan tegangan output 19.97 Volt. Pada tabel 3 Mengenai pengujian turbin angin savonius dapat di dinyatakan bahwa semakin besar kecepatan angin maka tegangan keluaran turbin angin savonius juga semakin besar. Pada pengujian turbin angin kecepatan angin tertinggi 3,5 m/s dengan tegangan output 13,18 Volt. Pada pengujian *buck-boost converter* mode *buck* didapatkan nilai rata-rata tegangan keluaran senilai 14.37 Volt dan rata-rata eror sebesar 0,23 %. Pada pengujian *buck-boost converter* mode *boost* didapatkan nilai rata-rata tegangan keluaran senilai 14.42 Volt dan rata-rata eror sebesar 0,15 %. Pada pengujian *buck boost converter* mode *buck-boost* didapatkan nilai rata-rata tegangan keluaran sebesar 14,34 Volt. Pada pengujian keseluruhan didapatkan rata-rata nilai tegangan keluaran pada *buck boost converter* sebesar 14,26 Volt dan rata-rata nilai arus keluaran pada *buck boost converter* turbin angin sebesar 1,49 Ampere.

#### 5. Kesimpulan

Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh *buck boost converter* yang dibuat dapat mencapai set poin yang diinginkan yaitu sebesar 14,4 Volt hal itu dapat dilihat pada pengujian *buck boost converter* saat mode *buck* dimana tegangan keluaran rata-rata 14,37 Volt, kemudian pada pengujian *buck-boost converter* mode *boost* dimana tegangan keluaran rata-rata 14,42 Volt dan pada pengujian *buck-boost converter* mode *buck-boost* dimana tegangan keluaran rata-rata 14,42 Volt dan tetap pada set poin meskipun nilai input yang berubah-ubah. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa *buck-boost converter* tersebut dapat berfungsi semestinya dan dapat digunakan untuk pengisian baterai 12 Volt 7,2 Ah yang digunakan oleh peneliti dalam mengimplementasikan *buck-boost converter* sebagai penstabil tegangan keluaran panel surya dan turbin angin savonius. Kelebihan dari sistem ini adalah *charge controller* di pasaran tidak dilengkapi dengan *interface* nilai tegangan input dan output dari sistem sehingga pengguna harus melakukan monitoring secara manual untuk mengetahui besar tegangan input dan output pada sistem serta sistem juga dapat dengan mudah diperbaiki ketika terjadi kerusakan serta dapat dikembangkan menjadi sebuah sistem yang lebih kompleks. Pada

penelitian ini dilakukan *hybrid* pada output dari kedua *buck boost converter*. Dimana *setpoint* dari kedua *buck boost converter* akan di atur pada tegangan 14,4 V. Memanfaatkan prinsip *Kirchoff Voltage Law* dimana kedua sistem tersebut dapat dirangkai secara paralel dikarenakan level tegangan dari keduanya adalah sama. Sehingga *output* arus yang digunakan pada pengecasan baterai akan menjadi lebih besar, hal ini akan mempercepat proses pengisian baterai. Namun kekurangan pada penelitian ini adalah membutuhkan dua buah sistem baterai *charge controller* yang digunakan untuk meng-*hybrid* dua buah sumber energi listrik dari pemanfaatan sumber energi terbarukan, sehingga hal tersebut tidak menghemat ruang pada box panel dan terkesan boros komponen dari pada mendesain sistem dengan satu buah sistem *charge controller*.

## 6. Referensi

1. T. T. Gultam, "Pemenuhan Sumber Tenaga Listrik Di Indonesia," *Jurnal Ilmiah Research Sains*, Vols. 3, no. 1, pp. 130-138, Februari 2017.
2. A. Sugiyono, *Outlook Energi Indonesia 2012: Pengembangan Energi Masa Depan dalam Mendukung Pertumbuhan Ekonomi dan Ketahanan Energi Nasional*, Jakarta: BPPT Press, 2012.
3. A. Sugiyono, "Outlook Energi Indonesia 2015-2035: Prospek Energi Baru Terbarukan," *Jurnal Energi dan Lingkungan*, Vols. 12, No. 2, pp. 87-96, 2016.
4. S, Amanda Ayudhia, "Batubara Sebagai Sumber Energi: Asal, Jenis, dan Kegunaannya," 08 Mei 2020. [Online]. Available: <https://ugrg.ft.ugm.ac.id/artikel/batubara-sebagai-sumber-energi-asal-jenis-dan-kegunaannya/>. [Accessed 12 Juni 2022].
5. F. Tumiwa, "Sikap Politik Jokowi dan Tantangan Pengembangan Energi Terbarukan di 2020," 2020. [Online]. Available: <https://iesr.or.id/jokowi-dan-tantangan-pengembangan-energi-terbarukan-di-2020>. [Accessed 07 Januari 2022].
6. E. P. F. D. M. Yeheskiel Rante Payung, "Rancang Bangun Buck-Boost Converter Pada Sistem Charging Baterai dengan Sumber Solar Cell Menggunakan Kontrol PI pada Uninterruptible Power Supply (UPS) Offline untuk Aplikasi Beban Rumah Tangga," *PoliGrid*, vol. 1 No. 2, 2020.
7. M. F. Afif, "Rancang Bangun Kontrol Pid Berbasis Pso Pada Dc-Dc Buck Boost Converter Generator Turbin Angin", Surabaya: DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
8. D. Priyambodo and A. T. Nugraha, "Design and Build A Photovoltaic and Vertical Savonious Turbine Power Plant as an Alternative Power Supply to Help Save Energy in Skyscrapers," *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics 3.1*, pp. 57-63, 2021.
9. A. T. Nugraha, "Design of Charger Controller on Wind Energy Power Plant With Arduino Uno Based on Pi Controller," *Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics 3.4*, 2021.
10. M. D. h. Putra and A. T. Nugraha, "Rancang Bangun Battery Charger Dengan Sistem Constant Voltage Berbasis Kontrol Pi," *Seminar MASTER PPNS*, vol. 6 No. 1, 2021.
11. A. T. Nugraha and D. Priyambodo, "Prototype Hybrid Power Plant of Solar Panel and Vertical Wind Turbine as a Provider of Alternative Electrical Energy at Kenjeran Beach Surabaya.," *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics 2.3*, pp. 108-113, 2020.
12. A. T. Nugraha, "Rancang Bangun Charger Controller Pada Pembangkit Listrik Energi Angin Berbasis Arduino Uno," *Seminar MASTER PPNS*, vol. 6 No. 1, 2021.
13. R. Hutahaean, "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Komplek Perumahan Royal Gardenia Medan", Medan: DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SUMATERA UTARA, 2018.
14. M. L. Dewi, "Analisis Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotorsavonius L Untuk Optimasi Kinerja Turbin", Surakarta: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam universitas Sebelas Maret Surakarta, 2010.
15. S. ANDIKA, *Makalah Generator DC (Tugas Akhir Percobaan Generator DC)*, Lampung: Laboratorium Konversi Energi Elektrik Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Lampung, 2013.
16. B. S. Imam Setyawan, "Rancang Bangun Prototype Solar Cell Buck Boost Converter Menggunakan Kontrol Fuzzydi Implementasikan Pada Aerator Tambak Udang," *Jurnal Teknik Elektro*, Vols. 8, No. 3, pp. 627-635, 2019.

17. A. K. Dwi Ranggah Kurniawan, "Penggunaan Buck Boost Converter Pada Sistem Battery Charging Terkendali Mikrokontroler Bersumber Solar Cell", Surabaya: PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTRO Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
18. Arduino.cc, "Arduino Uno Rev 3," 09 06 2022. [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3?queryID=undefined#>. [Accessed 12 06 2022].
19. S. Selviyani, rancang Bangun Sistem Monitoring Arus Dan Tegangan Dc Berbasis Mikrokontroler Atmega32 Pada Turbin Angin Horizontal Axis, Surabaya: Program Studi D3 Metrologi Dan Instrumentasi Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



# Prototype Turbin Ventilator Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Fahmi Ivannuri<sup>1</sup>, Lilik Subiyanto <sup>2</sup> and Anggara Trisna Nugraha<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya 1; fivannuri@student.ppns.ac.id

<sup>2</sup> Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya 2; llksubiyanti@ppns.ac.id

<sup>3\*</sup> Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya 3; anggaranugraha@ppns.ac.id

**Abstrak:** Kebutuhan energi di Indonesia khususnya dan di dunia pada umumnya terus meningkat. Salah satu sumber pemasok listrik, PLTA bersama pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dan pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) memang memegang peran penting terhadap ketersediaan listrik. Indonesia yang merupakan negara kepulauan dan salah satu Negara yang terlatak di garis khatulistiwa merupakan faktor, bahwa Indonesia memiliki potensi energi angin yang melimpah. Kebutuhan energi listrik masyarakat terpencil dapat dipenuhi. Turbin ventilator adalah merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mensirkulasikan udara yang ditempatkan diatas atap bangunan yang berfungsi sebagai ventilasi pada bangunan perumahan dan industri. Berdasarkan penelitian sebelumnya ada yang meneliti tentang penggunaan turbin ventilator sebagai pembangkit listrik, tetapi masih banyak kekurangan yang perlu diperbaiki. turbin ventilator yang digunakan untuk menangkap angin dan menggerakkan generator, dengan cara menyambungkan turbin angin dengan menggunakan v-belt agar putaran yang dihasilkan generator lebih maksimal. Kemudian generator menghasilkan energi listrik.

**Kata Kunci:** Turbin Ventilator; Pembangkit Listrik; Generator

---

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan energi di Indonesia khususnya dan di dunia pada umumnya terus meningkat karena pertambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri yang senantiasa meningkat. Salah satu sumber pemasok listrik, Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) bersama pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dan pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) memang memegang peran penting terhadap ketersediaan listrik [1]. Indonesia adalah negara yang memiliki sumber daya energi yang sangat melimpah, salah satunya adalah sumber energi angin. Indonesia yang merupakan negara kepulauan dan salah satu Negara yang terlatak di garis khatulistiwa merupakan faktor, bahwa Indonesia memiliki potensi energi angin yang melimpah [2].

Banyak turbin angina di Gedung tinggi kurang di manfaatkan. Turbin ventilator merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mensirkulasikan udara yang ditempatkan diatas atap bangunan yang berfungsi sebagai ventilasi pada bangunan perumahan dan industri. Sebagai alternatif untuk sistem pendingin udara, turbin ventilator tidak hanya digunakan pada industri-industri akan tetapi telah menjadi fitur ventilasi yang telah umum digunakan dalam jenis bangunan lainnya seperti bangunan untuk kelembagaan, komersial dan rumah-rumah masyarakat. Harga turbin ventilator ini juga relatif murah dan masih bisa dijangkau oleh kalangan menengah kebawah [3][4].

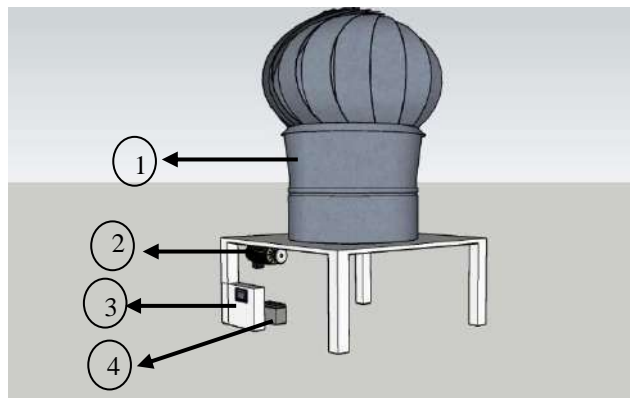
Dalam penelitian terdahulu perancangan pembangkit listrik tenaga angin dengan turbin ventilator sebagai penggerak generator menjelaskan tentang Prototype pembangkit listrik tenaga angin dengan menggunakan turbin ventilator sebagai penggerak generator[5]. Pembangkit listrik ini

memanfaatkan kecepatan angin sebagai penggerakannya. Output dari generator diolah dengan menggunakan modul MT3608. Modul MT3608 digunakan untuk menstabilkan dan menaikkan tegangan yang dipasang di input dan output dari rangkaian charging [6]. Dari beberapa permasalahan dan uraian terkait dan permasalahan di lapangan, maka dalam penelitian ini akan dilakukan pengembangan penelitian [7]. Pengembangan yang dilakukan antara lain dengan memasang v-belt dan pulley agar putaran lebih maksimal dan tegangan yang dikeluarkan generator dapat di pantau melalui smartphone.

## 2. Material

Pada sistem ini terdapat beberapa materials yang digunakan dalam perancangannya, Pada Gambar 1 Perancangan Alat merupakan gambaran rancangan yang telah dibuat, Pada perancangan mekanik terdapat beberapa komponen terpasang antara lain :

1. Turbin Ventilator
2. *Generator DC*
3. *Panel Control*
4. *Battery*



Gambar 1. Perancangan Alat

### 2.1. Turbin Ventilator

Turbin ventilator adalah sejenis exhaust fan atau roof fan tanpa menggunakan motor penggerak dimana fungsinya adalah mensirkulasikan udara segar diluar ruangan dan membantu sirkulasi udara panas dalam ruangan[8][9]. Turbin ventilator menggunakan energi angin sebagai penggerak turbin ventilasi. Alat ini sering digunakan di atap bangunan yang berfungsi sebagai ventilasi bangunan perumahan dan industri. Energi angin yang berhembus pada sudu turbin ventilator akan menghasilkan drag force dan menyebabkan turbin ventilator berputar. Turbin ventilator sangat cocok digunakan untuk berbagai jenis bangunan seperti pabrik, gudang, gedung olahraga, dapur, rumah tinggal, perkantoran, dan rumah makan[10]. Turbin Ventilator yang digunakan untuk alat ini dengan spesifikasi diameter turbin 16 inch. Karena turbin ventilator yang banyak di pancing di rumah dan pabrik berdiameter 16 inch karena ukurannya yang lebih kecil dan harganya lebih terjangkau.

### 2.2. Generator

Generator arus searah mempunyai komponen dasar yang umumnya hampir sama dengan komponen mesin-mesin listrik lainnya[11]. Secara garis besar generator arus searah adalah alat konversi energi mekanis berupa putaran menjadi energi listrik arus searah. Energi mekanik digunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar di dalam medan magnet. Berdasarkan hukum Faraday, pada kawat penghantar akan timbul ggl induksi yang besarnya sebanding dengan laju perubahan fluksi yang dilingkupi oleh kawat penghantar[12][13]. Pada penelitian ini

menggunakan generator DC putaran rendah sehingga dapat menghasilkan daya maksimal atau 12 volt jika putarannya yang di sebabkan angin rendah.

### 2.3. Pulley

Puli (pulley) adalah sebuah mekanisme yang terdiri dari roda pada sebuah poros atau batang yang memiliki alur diantara dua pinggiran di sekelilingnya. Sebuah tali, kabel, atau sabuk biasanya digunakan pada alur puli untuk memindahkan daya. Puli digunakan untuk mengubah arah gaya yang digunakan, meneruskan gerak rotasi, atau memindahkan beban yang berat[14]. Sistem puli (pulley) dengan sabuk (belt) terdiri dua atau lebih puli yang dihubungkan dengan menggunakan sabuk. Sistem ini memungkinkan untuk memindahkan daya, torsi, dan kecepatan, serta dapat memindahkan beban yang berat dengan variasi diameter yang berbeda[15]. Pulley yang digunakan dengan perbandingan 1:2.

### 2.4. Baterai

Baterai adalah sebuah sela tau elemen sekunder dan merupakan sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energy kimia menjadi energi listrik searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Aki termasuk elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Kutub positif aki menggunakan lempengan oksidasi dan kutub negatifnya menggunakan lempeng timbale sedangkan larutan elektrolitnya adalah larutan asam sulfat. Ketika aki dipakai, terjadi reaksi kimia yang mengakibatkan endapan anode mengalami reduksi dan katode beroksidasi. Akibatnya dalam waktu tertentu antara anode dan katode tidak ada beda potensial maka aki dalam keadaan kosong dan perlu diisi dengan cara mengalirkan arus listrik yang berlawanan dengan arus listrik yang dikeluarkan oleh aki itu. Ketika aki diisi akan terjadi pengumpulan muatan listrik[16]. Untuk Baterai yang digunakan merupakan Baterai atau *accumulator* sepeda motor dengan tegangan 12 volt dan 4 Ah.

## 3. Hasil Dan Diskusi

Pengujian ini dilakukan agar dapat mengetahui kondisi tempat pengujian, dan berapakah kecepatan angin Pada hasil pengujian alat ini bertujuan untuk mengetahui nilai *output* genertator dan berapa putaran turbin, serta juga dapat diketahui berapa besar nilai *error* yang dihasilkan.

### 3.1. Pengujian Kecepatan Angin

Pengujian data kecepatan angin yang telah dilakukan pengukuran selama 3 hari dengan anemometer, pada Gambar 2 merupakan kegiatan pengujian. Untuk Tabel 1 merupakan hasil pengujian turbin ventilator.



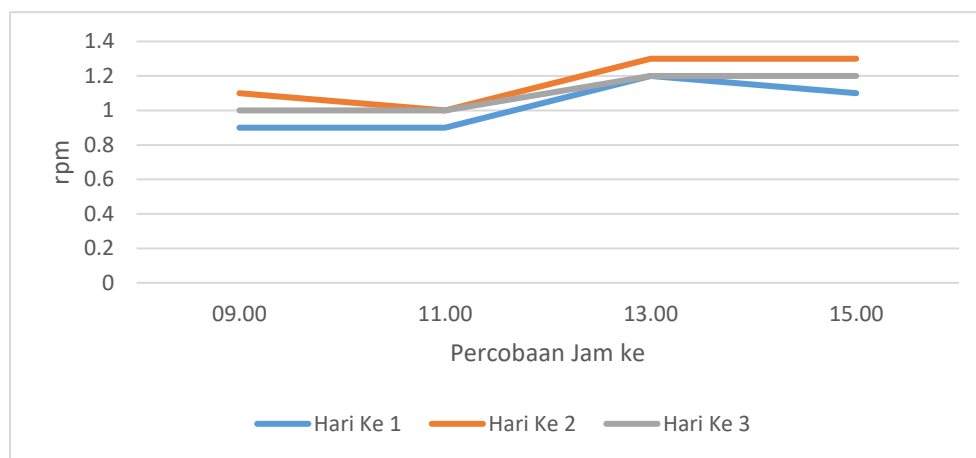
Gambar 2. Pengujian Kecepatan Angin

Pada Gambar 2 dilakukan pengujian turbin ventilator terhadap putaran turbin sebelum di *couple* dengan generator, dari hasil pengujian menghasilkan data sebagai berikut :

**Tabel 1. Hasil Pengujian Kecepatan Angin**

Pengambilan Data	Hari Ke -1	Hari Ke -2	Hari Ke-3
Pada Jam	(m/s)	(m/s)	(m/s)
09:00	0,9	1,1	1
11:00	0,9	1	1
13:00	1,2	1,3	1,2
15:00	1,1	1,3	1,2
Rata- Rata	1	1,18	1,1

Tabel 1 menampilkan pembacaan putaran turbin ventilator. Dari data pengujian tersebut didapat rata-rata pengujian, sehingga diperoleh rata-rata 1, 1,18, dan 1,1



**Gambar 3.** Grafik Pengujian Kecepatan Angin

Dari Gambar Grafik 3 dapat diketahui kecepatan angina terendah setiap puluk 11:00 dan kecepatan angina tertinggi dari pengujian pada pukul 13:00

### 3.2. Pengujian Putaran Turbin

Pengujian pada turbin ventilator di *couple* dengan generator, pengujian ini dilakukan di luar ruangan, pada Gambar 4 merupakan kegiatan pengujian. Untuk Tabel 2 merupakan hasil pengujian turbin ventilator.

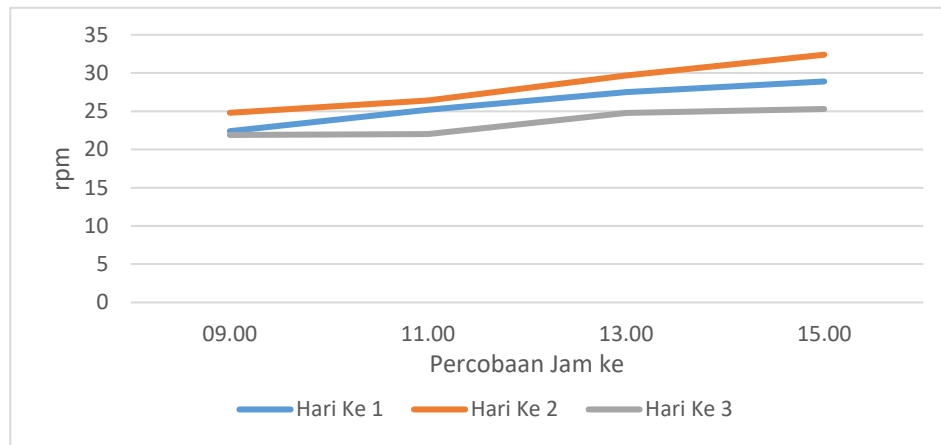


**Gambar 4.** Pengujian Kecepatan Turbin Di Luar Ruangan

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Putaran Turbin

Pengambilan Data Pada Jam	Hari Ke -1 (rpm)	Hari Ke -2 (rpm)	Hari Ke-3 (rpm)
09:00	22,4	24,8	21,9
11:00	25,2	26,4	22,0
13:00	27,5	29,7	24,8
15:00	28,9	32,4	25,3
Rata- Rata	26	28,32	23,5

Tabel 2 menampilkan pembacaan putaran turbin ventilator. Dari data pengujian tersebut didapat rata-rata pengujian, sehingga diperoleh rata-rata 26, 28,32, dan 23,5



**Gambar 5.** Grafik Pengujian Putaran Turbin

Dari Gambar Grafik 5 Dapat diketahui putaran terendah pada jam 09:00 pada hari ke 3 dan putaran tertinggi pada hari ke 2 pada pukul 15:00

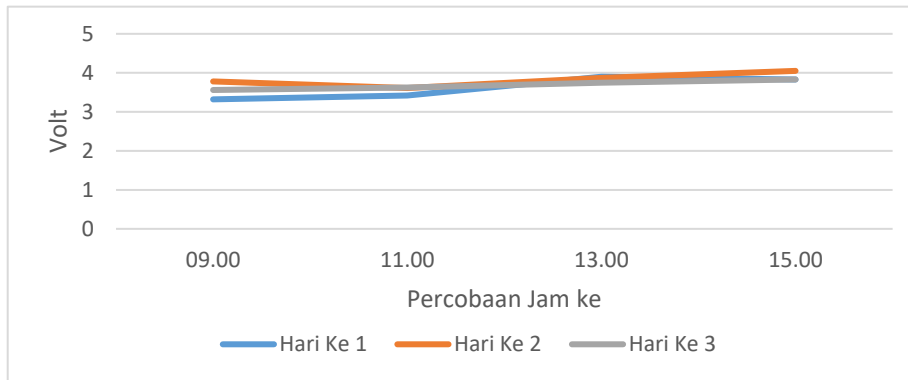
### 3.3. Hasil Output Generator

Hasil dari pengujian pada turbin ventilator hasil *output* tegangan generator, pengujian ini dilakukan di luar ruangan, Tabel 3 merupakan hasil pengujian *Output* Generator

**Tabel 3.** Hasil Pengujian *Output* Generator

Pengambilan Data Pada Jam	Hari Ke -1 (V)	Hari Ke -2 (V)	Hari Ke-3 (V)
09:00	3,32	3,78	3,56
11:00	3,42	3,61	3,62
13:00	3,9	3,87	3,75
15:00	3,83	4,05	3,83
Rata- Rata	3,62	3,83	3,69

Tabel 3 menampilkan pembacaan *Output* Generator. Dari data pengujian tersebut didapat rata-rata pengujian, sehingga diperoleh rata-rata 3,62, 3,83, dan 3,69



Gambar 6. Grafik Pengujian Putaran Turbin

Dari gambar grafik 6 dapat diketahui perbedaan hari ke 1, hari ke 2, dan hari ketiga tiap jamnya memiliki perbedaan yang sedikit sekali. Dan nilai terendah pada hari pertama pukul 09:00 sebesar 3,32 v dan tertinggi pukul 15:00 pada hari pertama sebesar 4,05 v.

#### 4. Kesimpulan

Rancang bangun turbin ventilator sebagai pembangkit listrik dapat direalisasikan walaupun putaran dari turbin ventilator rendah. Turbin ventilator dapat menghasilkan listrik dengan cara memasang generator bekas yang berasal dari mobil. Hasil rata-rata pengujian kecepatan turbin adalah 26, 28,32, dan 23,5 sehingga di dapat keluaran dari generator dengan rata rata 3,62 V, 3,83 V, dan 3,69 V dengan tegangan tersebut dapat menyalakan lampu penenrangan.

#### Referensi

1. Laksanawati., Ellysa Kusuma, Efrizal, Miftakhul Rohman. (2019). Analisa Pemanfaatan Turbin Ventilator Sebagai Sumber Listrik Skala Rumah Tangga Dengan Kapasitas 900 W.
2. Padmika., Made, I Made Satriya Wibawa, Ni Luh Putu Trisnawati. (2017). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Turbin Ventilator Sebagai Penggerak Generator.
3. Suryad., Aris, Purwandito Tulus Asmoro, Roja Raihan. (2019). Pemanfaatan Turbin Ventilator Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. (ISSN : 2502-8782)
4. Sayuti, Bukhari, Muhammad Razi. (2019). Rancang Bangun Mekanisme Pemindah Daya Turbin Ventilator Dengan Kecepatan Angin 4 M/S. (ISSN : 2597-9140)
5. Simatupang., Dhiora Febriyan. (2020). Analisis Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin) Menggunakan Turbin Ventilator Dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100wp Di Masjid Taqwa Desa Sei Litur Kec. Sawit Sebrang Langkat
6. Maulana., Yassyir, Abdurahim Sidiq. (2018). Perancangan Vertical Axis Wind Turbine(Vawt) Jenis Straight Blade. (ISSN : 2620 – 8148).
7. Nahkoda, Yusuf Ismail, Choirul Saleh. (2017). Pembangkit Listrik Tenaga Angin Sumbu Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga Di Daerah Pesisir Pantai.
8. Gustiantono., Achmad, Dominicus DDPT, Syamsul Hadi. (2017). Wind Turbine Vertical Axis H Rotor Type With 1 Kw Capacity At Suwuk Beach, Kebumen.
9. Bachtiar., Antonov, Wahyudi Hayattul. (2018). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras.
10. Saputra., Maidi. (2016). Kajian Literatur Sudu Turbin Angin Untuk Skala Kecepatan Angin Rendah. (ISSN : 2502-0498).
11. Santhakumar, S., Palanivel, I. & Venkatasubramanian, K. 2017. A Study on The Rotational Behaviour of a Savonius Wind Turbine in Low Rise Highways During Different Monsoons. Journal of Energy for Sustainable Development. (40) : 1-10.

12. Mahmoud, NH., El-Haroun, AA., Wahba, E. & Nasef., MH. 2012. An Experimental Study on Improvement of Savorius Rotor Performance. Alexandria Engineering Journal. 51(1): 19-25
13. Sumiati., Ruzita. (2012). Pengujian Turbin Angin Savonius Tipe Utiga Sududi Lokasi Pantai Air Tawar Padang. (ISSN : 1829-8958).
14. Saputra., Wan Novri. (2016). Prototype Generator DC Dengan Penggerak Tenaga Angin. Author 1, A.; Author 2, B. Title of the chapter. In *Book Title*, 2nd ed.; Editor 1, A., Editor 2, B., Eds.; Publisher: Publisher Location, Country, 2007; Volume 3, pp. 154–196.
15. Noor., Ahmad Novian, Budi Hartadi, Muhammad Suprpto. (2020). Perencanaan Dan Pemilihan Poros Dan Sabuk-V Pada Turbin Archemedes Screw Dengan Daya 687 Watt Di Desa Bramban Kec. Rantau Kabupaten Tapin.
16. Zulfadhli, Darwin, Sayed RA. (2017). Kaji Eksperimental Penggunaan Wind Cup Turbin Ventilator Untuk Kenyamanan Ruangan. (ISSN : 2407-8735).



# Menentukan Ukuran Sepatu Secara *Realtime* Melalui Segmentasi Citra Telapak Kaki

Rizky Santya Pradana <sup>1</sup>, Heri Pratikno <sup>2\*</sup> dan Weny Indah Kusumawati <sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Komputer, Fakultas Teknologi dan Informatika, Universitas Dinamika, Indonesia

\* Korespondensi: heri@dinamika.ac.id

**Abstrak:** Sepatu selain sebagai *fashion* juga sebagai pelindung utama kulit permukaan kaki pada aktifitas kehidupan sehari-hari. Pada toko sepatu belum mempunyai sistem dan alat untuk mendeteksi ukuran sepatu orang secara *realtime* dan otomatis, sehingga calon pembeli sepatu tidak perlu lagi mencoba berulang kali untuk mendapatkan ukuran sepatu yang sesuai dan nyaman dipakai. Pada penelitian ini membuat sebuah sistem dan alat yang mampu mendeteksi ukuran sepatu secara *realtime* dan otomatis melalui segmentasi citra dari telapak kaki menggunakan *webcam*. Untuk mendapatkan ukuran sepatu yang pas pada penelitian ini maka dilakukan komparasi tiga metode deteksi tepi, yaitu: Sobel, Prewitt dan Canny. Hasil eksperimen secara empiris, metode Canny mempunyai akurasi tertinggi dalam mendeteksi ukuran panjang telapak kaki sebesar 97% dan lebarnya 98,8%. Metode Sobel mempunyai waktu komputasi tercepat, yaitu: 23,26 detik. Presisi terbaik dalam mendapatkan ukuran telapak kaki pada penelitian ini pada skala 4,48 piksel sebanding dengan 1 mm.

**Kata Kunci:** canny; deteksi tepi; segmentasi prewitt; sobel; telapak kaki; ukuran sepatu

---

## 1. Pendahuluan

Pada saat ini sepatu sudah menjadi kebutuhan pokok, bahkan setiap orang mempunyai jenis, bentuk dan warna sepatu yang berbeda-beda peruntukannya untuk mendukung semua aktifitasnya. Melihat akan kebutuhan pasar yang besar maka industri sepatu memproduksi berbagai macam jenis, model dan ukuran sepatu dengan *merk* pabrikan yang berbeda-beda [1]. Untuk mendapatkan ukuran sepatu yang pas atau cocok maka calon pembeli biasanya akan mencobanya secara langsung karena beda *merk* maka akan berbeda pula ukuran sepatunya [2].

Ukuran sepatu yang baik adalah mempunyai ukuran tepat atau sesuai dengan kaki pemakainya sehingga tidak menyebabkan luka lecet, cedera ataupun yang ekstrim bisa menyebabkan kelainan bentuk kaki [3]. Aktivitas mencoba-coba ukuran sepatu secara langsung ini dilakukan oleh para calon pembeli sepatu agar mereka jangan sampai salah membeli ukuran sepatu, akibat dari aktivitas tersebut maka memerlukan waktu yang lama serta merepotkan penjaga penjual sepatu karena harus bolak-balik mencarikannya ditumpukkan sepatu atau di gudang sepatu.

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi sebagaimana tersebut diatas maka pada penelitian ini membuat sistem yang dapat mendeteksi ukuran sepatu secara otomatis melalui segmentasi citra dari telapak kaki secara *computer vision* hanya melalui *webcam* saja tanpa memerlukan lagi sensor apapun. Komputasi sistem deteksi tersebut dilakukan secara *realtime* sehingga interaksinya dilakukan secara natural dan lebih intuitif daripada penelitian sebelumnya [4] yang menentukan ukuran sepatunya melalui kaos kaki yang mempunyai *marker* serta calon pembeli sepatu harus pada posisi duduk.

Untuk mendapatkan ukuran sepatu yang aman dan nyaman di kaki, beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu: lebar, panjang, lingkaran atas, lingkaran depan dan lingkaran pergelangan kaki akan tetapi secara umum untuk menentukan ukuran sepatu hanya berdasarkan pada satuan panjang dan

lebar saja. Pada saat ini pengolahan dan pemrosesan citra digital banyak digunakan dalam banyak hal, diantaranya: untuk kebutuhan analisis dan pengambilan keputusan dengan cara memperoleh tepian dari citra *input* agar mendapatkan garis pada citra *input* tersebut menjadi citra *output* [5].

Pada penelitian ini telah berhasil mengimplementasikan proses deteksi tepi dari telapak kaki dari ketiga metode deteksi tepi, yaitu: Sobel, Prewitt dan Canny yang digunakan untuk menentukan ukuran sepatu berdasarkan tiga standart internasional (EU, US dan UK) dapat dilakukan secara otomatis dalam waktu nyata (*realtime*). Deteksi ukuran sepatu melalui kaki pernah dilakukan oleh peneliti lain tetapi menggunakan kaos kaki yang sudah diberi *marker* khusus, sedangkan pada penelitian ini *markerless*. Pada saat ini dipasaran juga sudah ada program untuk menentukan ukuran sepatu melalui foto punggung kaki atau kaki bagian atas menggunakan *handphone*, sedangkan pada penelitian ini menggunakan telapak kaki. Program deteksi ukuran sepatu melalui punggung kaki tersebut kurang akurat, hal tersebut dikarenakan hasilnya dipengaruhi oleh spesifikasi fitur kamera dari *handphone* serta pengambilan jarak foto antara punggung kaki dan kamera pada setiap orang tidak tetap atau berubah-ubah sehingga akurasi pun juga berubah, sedangkan pada penelitian ini jarak antara *webcam* dan alas telapak kaki tetap, yaitu: 31,5 cm.

## 2. Bahan dan Metode

Bagian ini akan dibahas materi dan bahan-bahan pendukung utama pada penelitian, baik dari sisi rancangan perangkat lunak maupun perangkat kerasnya. Pada penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman Python karena mudah dipelajari, *open source*, *interpretative*, pembacaan sintak dan kode yang mudah dipahami [6]. Citra merupakan gambaran atau keserupaan dari suatu objek, pada citra analog tidak dapat diproses secara langsung oleh komputer maka perlu dikonversikan menjadi citra digital, misalkan: menjadi citra *grayscale*, citra biner dan citra berwarna. Pengolahan citra merupakan sebuah proses transformasi dari bentuk satu citra ke bentuk citra yang lainnya [7]. Pada penelitian ini proses partisi citra telapak kaki dilakukan dengan menggunakan metode segmentasi dan deteksi tepi.

Segmentasi adalah proses mempartisi sebuah citra menjadi beberapa area atau daerah objek, segmentasi citra mempunyai sifat yang *discontinuity* dan *similarity* dari intensitas piksel. Pendekatan *discontinuity* adalah mempartisi citra jika terjadi perubahan intensitas cahaya secara mendadak, sedangkan pendekatan *similarity* merupakan mempartisi citra menjadi daerah-daerah dengan kesamaan sifat tertentu. Proses segmentasi pada penelitian ini digunakan untuk mendeteksi jarak nilai citra telapak pada ruang HSV kaki hasil *capture* dari *webcam* yang mendekati warna kulit telapak kaki.

Deteksi tepi adalah salah satu operasi dasar untuk mengolah citra pada komputer yang diterapkan untuk pengenalan pola, pengolahan citra, analisis gerak, pengenalan benda dan sebagainya [8]. Adapun tujuan dari deteksi tepi adalah untuk membuat kelompok objek pada citra dan digunakan untuk menganalisis proses citra selanjutnya. Ada dua macam proses deteksi tepi, yaitu: deteksi tepi orde pertama dan deteksi tepi orde kedua, dimana deteksi tepi orde kedua beroperasi dengan menggunakan turunan atau diferensial dari orde pertama [9]. Pada penelitian ini untuk mendeteksi seluruh bagian dari telapak kaki dilakukan komparasi tiga macam deteksi tepi, yaitu: Prewitt, Sobel dan Canny.

### 2.1. Metode Prewitt

Metode Prewitt adalah pengembangan dari metode Sobel yang menggunakan filter HPF (*High Pass Filter*) dengan satu angka nol penyangga. Metode Prewitt menggunakan prinsip dari fungsi Laplacian dan Gaussian untuk membangkitkan HPF sehingga mampu mengurangi *noise* sebelum dilakukan perhitungan deteksi tepi. Hasil deteksi tepi menggunakan metode Prewitt mempunyai tepi citra yang tebal serta garis vertikal dan horisontal di bagian dalam citra cukup jelas akan tetapi masih ada garis yang putus-putus [10]. Metode Prewitt dan Sobel dapat menghasilkan kualitas citra yang lebih baik dalam mendeteksi tepi serta mampu mengurangi *noise* sebelum dilakukan proses perhitungan deteksi tepi. Hasil deteksi tepi Prewitt dan Sobel bisa mendeteksi tepi yang sebenarnya dengan tingkat kesalahan paling kecil [11].

## 2.2. Metode Canny

Metode Canny menggunakan Gaussian Derivative Kernel serta merupakan metode deteksi tepi yang paling optimal sehingga dapat menghasilkan deteksi tepi yang halus. Disamping itu metode Canny, tepi yang dihasilkan lebih jelas karena perbedaan tepi citra dan *background*-nya terlihat nyata akan tetapi pada metode ini masih ada *noise* pada bagian tertentu yang belum bisa hilang [12]. Penelitian lain yang menganalisa perbandingan deteksi tepi pada janin yang menggunakan metode Prewitt dan Canny, mendapatkan hasil perbandingan bahwasannya metode Prewitt mempunyai akurasi yang lebih baik [13]. Penelitian lainnya yang mendeteksi tepi citra untuk pemeriksaan *rontgen* penyakit COVID-19 menggunakan metode Sobel melalui teknik *thresholding* dapat melihat segmentasi penyebaran penyakit COVID-19 [14].

## 2.3. Model Perancangan Sistem

Model perancangan sistem pada penelitian ini dengan beberapa bagian serta konfigurasi yang memiliki tugas masing-masing, tampak pada Gambar 1 dengan penjelasan setiap bagiannya sebagai berikut:

### 2.3.1. Proses Input

Tahapan pada proses *input* berfungsi untuk mendapatkan citra dari telapak kaki melalui *webcam*, dimana letak dari *webcam* tersebut ada di dasar kotak alat bagian tengah. Untuk mendapatkan citra telapak kaki yang baik serta kotak alat tidak tergantung dengan pencahayaan dari luar maka sebelah bagian kiri dan kanan dari *webcam* diberikan lampu LED. Selanjutnya hasil data dari proses *image acquisition* ini akan diproses oleh program.



Gambar 1. Model perancangan sistem

### 2.3.2. Proses Deteksi Ukuran Sepatu

Tahapan proses deteksi ini melanjutkan pemrosesan data citra yang dihasilkan pada tahapan *input* sebelumnya. Citra telapak kaki akan di-segmentasi serta dideteksi pada bagian tepinya sehingga akan tampil *bounding box* pada citra telapak kaki tersebut, dengan adanya kotak *bounding box* tersebut maka panjang dan lebar telapak kaki bisa diukur.

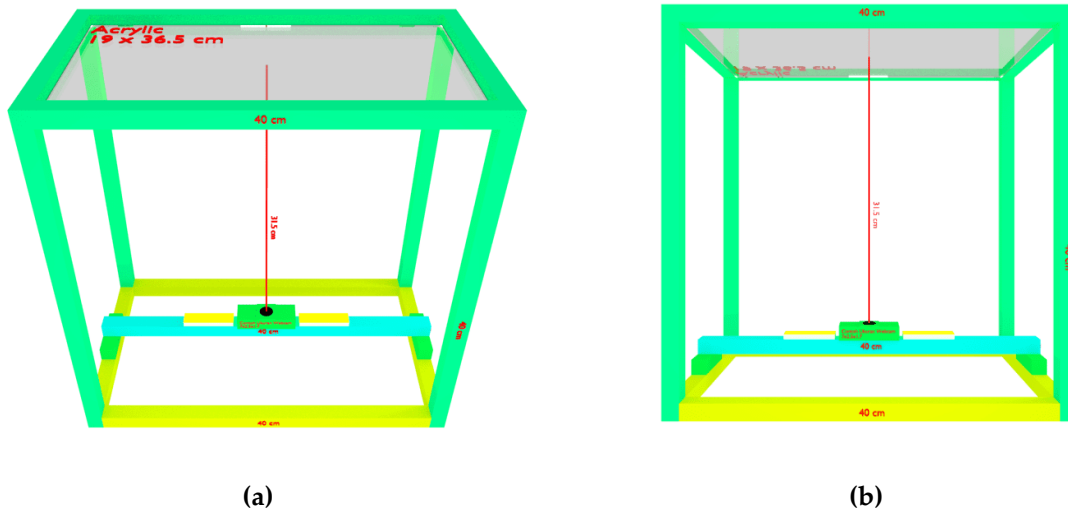
### 2.3.3. Proses Output

Hasil dari proses deteksi ukuran sepatu yang didapatkan dari citra telapak kaki oleh sistem akan ditampilkan di layar monitor dalam tiga bentuk satuan ukuran sepatu standart internasional, yaitu: Eropa (UE), Inggris (UK) dan Amerika (US).

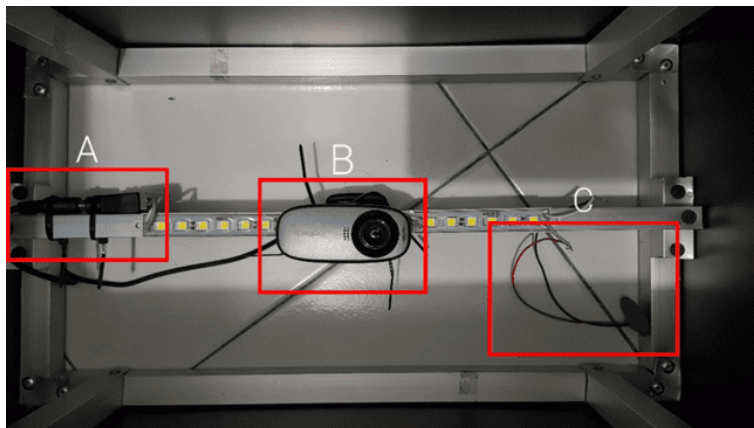
## 2.4. Desain Perangkat Keras

Bentuk desain perangkat keras alat sebagaimana tampak atas terlihat pada Gambar 2 (a), Gambar 2 (b) adalah gambar *box* alat tampak samping, sedangkan pada gambar alat secara fisik terlihat pada

Gambar 3. Ketiga gambar tersebut di atas merupakan desain dengan hasil pengukuran terbaik, baik dari hasil sudut pandang tangkapan *webcam* maupun dari sisi jarak dengan akurasi tertinggi antara *webcam* dan *acrylix* sebagai tempat pijakan telapak kaki. Ukuran *box* pendeteksi ukuran sepatu adalah 40 cm (P) x 22,5 cm (L) x 40 cm (T) serta jarak *webcam* dan *acrylix* pijakan kaki adalah 31,5 cm.



Gambar 2. (a) Kotak alat tampak atas; (b) Kotak alat tampak samping



Gambar 3. Tampilan kotak alat secara fisik

### 2.5. Perancangan Perangkat Lunak

Bentuk *flowchart* sistem pendeteksi telapak kaki untuk mendapatkan ukuran sepatu secara otomatis dapat dilihat pada Gambar 4 dengan penjelasan langkah-langkahnya sebagai berikut: langkah pertama dibuat gambar sebagai penskala yang merupakan hasil konversi citra RGB menjadi citra dalam ruang warna HSV, selanjutnya dilakukan proses segmentasi untuk mendeteksi jarak nilai yang mendekati warna kulit telapak kaki. Langkah kedua dilakukan proses deteksi seluruh bagian telapak kaki menggunakan komparasi tiga metode deteksi tepi Prewitt, Sobel dan Canny.

Hasil proses ketiga deteksi tepi tersebut diatas dilanjutkan dengan proses *thresholding* untuk mendapatkan kontur telapak kaki kemudian kontur dari telapak kaki tersebut akan dideteksi yang ditandai dengan munculnya tampilan *bounding box*. Hasil tampilan *bounding box* yang dapat dihitung dalam satuan piksel, selanjutnya akan dikonversi dalam bentuk satuan cm. Langkah ketiga pada sistem melanjutkan pada proses *sub-program* fungsi *size\_calculate* untuk mendapatkan satuan ukuran sepatu standart Eropa (EU), United State (US) dan United Kingdom (UK). Proses deteksi telapak kaki, ukuran

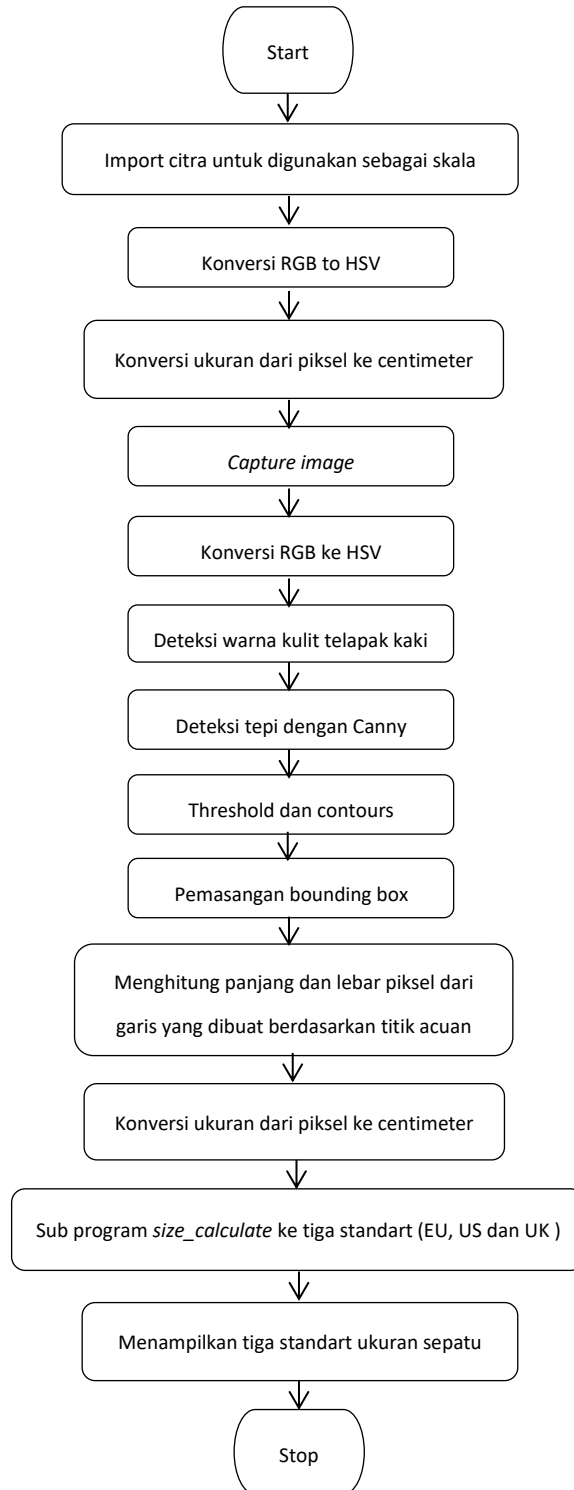
sepatu dalam bentuk cm, standart ukuran sepatu UE, US dan UK ditampilkan pada layar monitor secara *realtime*.

*Flowchart* pada Gambar 5 adalah *sub-program* yang berfungsi untuk melakukan proses pengecekan nilai panjang telapak kaki dengan pengecekan secara berurutan mulai dari ukuran sepatu paling kecil. Apabila nilai panjang telapak kaki tersebut masuk pada jarak ukuran sepatu, maka sub-program akan mengembalikan prosesnya ke program utama untuk menentukan nilai ukuran sepatu, tetapi jika ukuran telapak kaki tidak sesuai maka akan dilakukan pengecekan kembali ke ukuran sepatu yang lebih besar begitu seterusnya langkah tersebut dilakukan. Apabila ukuran telapak kaki terlalu besar atau diluar *range* nilai yang telah ditentukan maka di layar monitor tidak akan menampilkan ukuran sepatu yang sesuai dengan panjang telapak kaki tersebut.

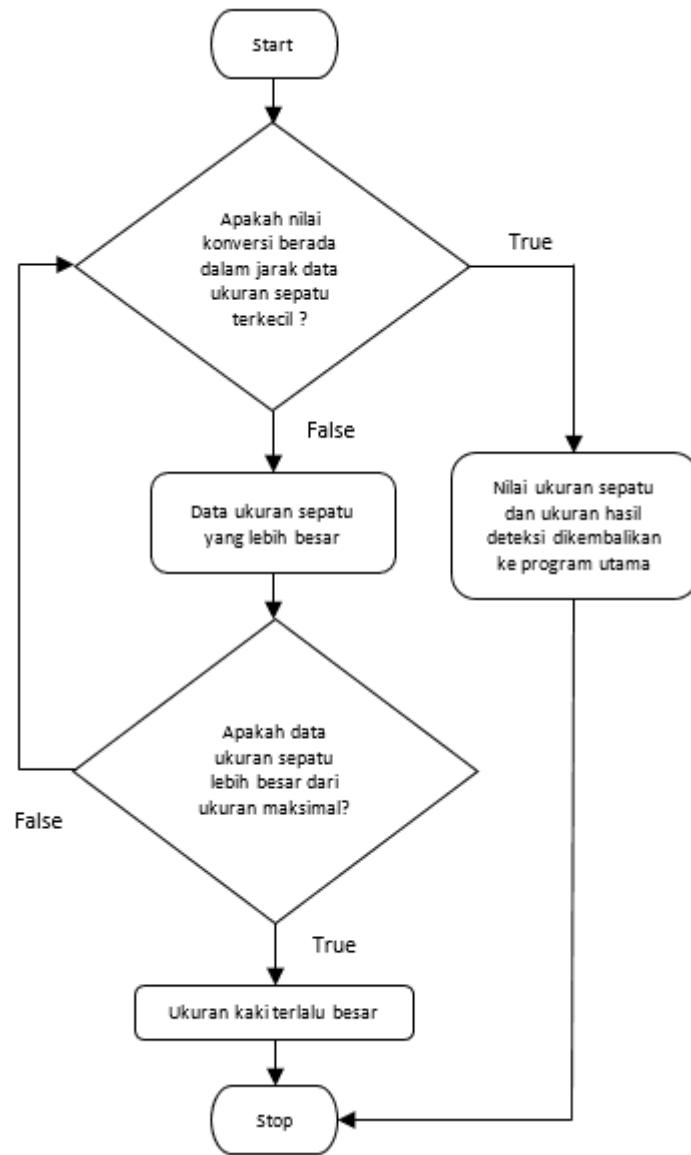
### 3. Hasil dan Pembahasan

Untuk memastikan seluruh sistem telah berjalan sesuai dengan yang direncanakan serta guna mengetahui performanya maka diperlukan pengujian mulai dari tahapan proses *input* hingga proses *output*. Tampilan Gambar 6 menunjukkan contoh hasil pembacaan dari proses deteksi telapak kaki untuk menentukan ukuran sepatu, sedangkan pada Tabel 1 menunjukkan sebagian data tampilan perbandingan hasil visualisasi dari tiga contoh citra telapak kaki hasil segmentasi dari deteksi tepi menggunakan Prewitt, Sobel dan Canny. Hasil deteksi garis tepi citra telapak kaki dari, Sobel dan Canny lebih tegas serta lebih baik daripada hasil deteksi tepi menggunakan metode Prewitt, sedangkan hasil visualisasi deteksi tepi dari Canny tampak lebih kasar daripada metode Sobel. Pada penelitian ini waktu yang diperlukan untuk proses pembacaan ukuran sepatu melalui deteksi setiap telapak kaki berjalan dalam waktu *realtime*, sehingga tidak ada waktu tunda serta hasilnya langsung ditampilkan di layar monitor pada tiap *frame*-nya.

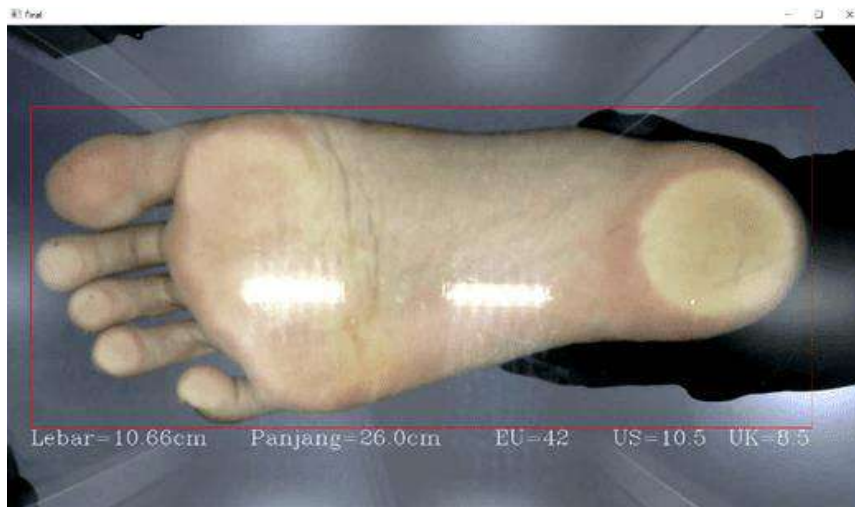
Pada Tabel 2, menampilkan contoh data akurasi hasil deteksi garis tepi dari metode Canny yang mengacu pada tiga standart internasional, yaitu: UE, US dan UK. Data tersebut didapatkan dari proses perbandingan antara jarak fisik telapak kaki dan jarak hasil dari perhitungan citra yang telah disegmentasi sehingga akan diketahui nilai selisih dalam satuan panjang dan lebarnya. Adapun adanya sedikit perbedaan atau selisih antara hasil pengukuran telapak kaki secara fisik dan hasil pembacaan dari proses segmentasi hal tersebut dikarenakan adanya *background* yang tidak diinginkan masuk pada area pembacaan dari *webcam*, misalkan kepala orang yang sedang diukur atau ujung celananya, pencahayaan eksternal dari ruangan yang tidak tegak lurus dengan alat sehingga hal ini akan mengakibatkan timbulnya bayangan dari telapak kaki yang diukur disamping itu selama proses pengambilan data alat deteksi ukuran sepatu dilakukan secara berpindah-pindah tempat atau ruangan sehingga sumber pencahayaan dari eksternal berubah-ubah sehingga dapat mempengaruhi hasil proses pembacaan dari telapak kaki. Tabel 3 mempresentasikan data kinerja deteksi telapak kaki dari metode Canny dalam bentuk akurasi perbandingan hasil pengukuran dan selisih pengukuran fisik serta hasil segmentasi, disamping itu juga ditampilkan hasil klasifikasi tiga standart nomor ukuran sepatu internasional, yaitu: EU, US dan UK. Serupa dengan Tabel 3, pada Tabel 4 deteksi telapak kakinya menggunakan metode Sobel, sedangkan pada Tabel 5 menampilkan data hasil proses deteksi menggunakan metode Prewitt.



**Gambar 4.** Flowchart sistem deteksi ukuran sepatu utama


















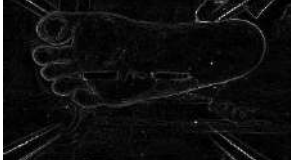




Gambar 5. Flowchart sistem deteksi ukuran sepatu sekunder












Gambar 6. Hasil deteksi dan pembacaan telapak kaki

**Tabel 1.** Pengujian perbandingan hasil deteksi tepi

No	Citra Telapak Kaki Citra Asli	Citra Hasil Deteksi Tepi		
		<i>Sobel</i>	<i>Prewitt</i>	<i>Canny</i>
1				
2				
3				
4				
5				

**Tabel 2.** Pengujian akurasi hasil deteksi ukuran sepatu

No	Data Pengujian	Ukuran Fisik		Realitas Ukuran Nomor Sepatu	Ukuran Telapak Kaki Hasil Segmentasi (cm)		Klasifikasi Nomor Ukuran Sepatu
		Telapak Kaki (cm)			Panjang	Lebar	
		Panjang	Lebar				
1.		23	9,7	39 (EU)	23,16	9,98	37,5 (EU) 7 (US) 5 (UK)
2.		26	9,8	45 (EU)	25,53	10,07	41,5 (EU) 10 (US) 8 (UK)
3.		22,6	9	38 (EU)	22,72	9,16	37 (EU) 6,5 (US) 4,5 (UK)
4.		26	11	42 (EU)	26,11	11,06	37,5 (EU) 7 (US) 5 (UK)
5.		22,8	9,5	40 (EU)	22,87	9,58	37,5 (EU) 7 (US) 5 (UK)
6.		22,7	9,7	44 (EU)	23,39	9,81	38 (EU) 7,5 (US) 5,5 (UK)
7.		21,5	8,5	39 (EU)	21,67	8,6	36 (EU) 5,5 (US) 3,5 (UK)
8.		25,6	10,2	44 (EU)	25,58	10,28	41,5 (EU) 10 (US) 8 (UK)
9.		25,7	10,3	42 (EU)	25,62	10,34	41,5 (EU) 10 (US) 8 (UK)

**Tabel 3.** Akurasi hasil deteksi Canny

No	Ukuran Fisik Telapak Kaki (cm)		Realitas Ukuran Nomor Sepatu	Ukuran Telapak Kaki Hasil Segmentasi (cm)		Klasifikasi Nomor Ukuran Sepatu	Selisih Ukuran Fisik dan Hasil Segmentasi		Kesalahan (%)	
	Panjang	Lebar		Panjang	Lebar		Panjang	Lebar	Panjang	Lebar
1.	23	9,7	39 (EU)	23,16	9,98	37,5 (EU) 7 (US) 5 (UK)	0,16	0,28	3,7	2,7
2.	26	9,8	45 (EU)	25,53	10,07	41,5 (EU) 10 (US) 8 (UK)	0,03	0,07	0,8	0,7
3.	22,6	9	38 (EU)	22,72	9,16	37 (EU) 6,5 (US) 4,5 (UK)	0,12	0,16	2,7	1,4
4.	26	11	42 (EU)	26,11	11,06	37,5 (EU) 7 (US) 5 (UK)	0,11	0,06	2,9	0,7
5.	22,8	9,5	40 (EU)	22,87	9,58	37,5 (EU) 7 (US) 5 (UK)	0,07	0,08	1,6	0,8
6.	22,7	9,7	44 (EU)	23,39	9,81	38 (EU) 7,5 (US) 5,5 (UK)	0,69	0,11	15,7	1,1
7.	21,5	8,5	39 (EU)	21,67	8,6	36 (EU) 5,5 (US) 3,5 (UK)	0,17	0,1	3,7	0,8
8.	25,6	10,2	44 (EU)	25,58	10,28	41,5 (EU) 10 (US) 8 (UK)	-0,02	0,08	-0,5	0,8
9.	25,7	10,3	42 (EU)	25,62	10,34	41,5 (EU) 10 (US) 8 (UK)	-0,08	0,04	-2,1	0,4
10.	23,6	9,9	40 (EU)	23,66	9,92	39 (EU) 8 (US) 6 (UK)	0,06	0,02	1,4	0,2

**Tabel 4.** Akurasi hasil deteksi Sobel

No	Ukuran Fisik Telapak Kaki (cm)		Realitas Ukuran Nomor Sepatu	Ukuran Telapak Kaki Hasil Segmentasi (cm)		Klasifikasi Nomor Ukuran Sepatu	Selisih Ukuran Fisik dan Hasil Segmentasi		Kesalahan (%)	
	Panjang	Lebar		Panjang	Lebar		Panjang	Lebar	Panjang	Lebar
1.	23	9,7	39 (EU)	23,19	10,03	37,5 (EU) 7 (US) 5 (UK)	0,19	0,33	4,4	3,2
2.	26	9,8	45 (EU)	25,58	10,1	41,5 (EU) 10 (US) 8 (UK)	0,08	0,1	2	1
3.	22,6	9	38 (EU)	22,76	9,2	37 (EU) 6,5 (US) 4,5 (UK)	0,16	0,2	3,6	1,8
4.	26	11	42 (EU)	26,14	11,08	37,5 (EU) 7 (US) 5 (UK)	0,14	0,08	3,6	0,9
5.	22,8	9,5	40 (EU)	22,9	9,61	37,5 (EU) 7 (US) 5 (UK)	0,1	0,11	2,3	1
6.	22,7	9,7	44 (EU)	23,41	9,81	38 (EU) 7,5 (US) 5,5 (UK)	0,71	0,11	16,1	1,1
7.	21,5	8,5	39 (EU)	21,69	8,62	36 (EU) 5,5 (US) 3,5 (UK)	0,19	0,12	4,1	1
8.	25,6	10,2	44 (EU)	25,6	10,3	41,5 (EU) 10 (US) 8 (UK)	0	0,1	0	1
9.	25,7	10,3	42 (EU)	25,38	10,12	41,5 (EU) 10 (US) 8 (UK)	-0,32	-0,18	-8,2	-1,9
10.	23,6	9,9	40 (EU)	23,68	9,94	39 (EU) 8 (US) 6 (UK)	0,08	0,04	1,9	0,4

**Tabel 5.** Akurasi hasil deteksi Prewitt

No	Ukuran Fisik		Realitas Ukuran Nomor Sepatu	Ukuran Telapak Kaki Hasil Segmentasi (cm)		Klasifikasi Nomor Ukuran Sepatu	Selisih Ukuran Fisik dan Hasil Segmentasi Kesalahan (%)			
	Panjang	Lebar		Panjang	Lebar		Panjang	Lebar	Panjang	Lebar
			Kelas							
1.	23	9,7	39 (EU)	23,19	5,45	7 (US) 5 (UK)	0,19	-4,25	4,4	-41,2
2.	26	9,8	45 (EU)	25,58	6,84	10 (US) 8 (UK)	0,08	-3,16	2	-31,6
3.	22,6	9	38 (EU)	22,76	9,2	37 (EU) 6,5 (US) 4,5 (UK)	0,16	0,2	3,6	1,8
4.	26	11	42 (EU)	6,46	5,7	35 (EU) 5 (US) 3,5 (UK)	-19,54	-5,3	-508	-58,3
5.	22,8	9,5	40 (EU)	6,03	8,4	5 (EU) 3,5 (US) 38 (UK)	-16,77	-1,1	-382,2	-10,5
6.	22,7	9,7	44 (EU)	23,41	7,62	7,5 (EU) 5,5 (US) 36 (UK)	0,71	-2,08	16,1	-20,2
7.	21,5	8,5	39 (EU)	21,58	7,73	5,5 (EU) 3,5 (US) 41 (UK)	0,08	-0,77	1,7	-6,5
8.	25,6	10,2	44 (EU)	25,09	9,38	9,5 (EU) 7,5 (US) 35 (UK)	-0,51	-0,82	-13,1	-8,4
9.	25,7	10,3	42 (EU)	3,69	6,17	35 (EU) 5 (US) 3,5 (UK)	-22,01	-4,13	-565,7	-42,5
10.	23,6	9,9	40 (EU)	23,37	7,33	38 (EU) 7,5 (US) 5,5 (UK)	-0,23	-2,57	-5,4	-25,4

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian pada parameter uji sebagaimana tersebut diatas terkait dengan kinerja segmentasi citra telapak kaki yang digunakan untuk menentukan ukuran sepatu secara otomatis dalam waktu nyata melalui proses komparasi tiga metode deteksi tepi dengan kesimpulan sebagai berikut: pertama, akurasi pembacaan ukuran sepatu sudah mendekati ukuran sebenarnya akan tetapi belum 100%, hal ini disebabkan hampir semua merk sepatu mempunyai standart ukuran yang berbeda, pada penelitian ini menggunakan ukuran sepatu dari merk Converse. Kedua, hasil deteksi tepi Canny mempunyai akurasi terbaik untuk panjang telapak kaki sebesar 97% dan 98,8%

untuk lebar telapak kaki, hasil akurasi deteksi metode Sobel untuk panjang telapak kaki 93,4% dan akurasi lebarnya 94,1%, sedangkan hasil akurasi deteksi metode Prewitt untuk panjang telapak kaki 30,3% dan akurasi deteksi lebar telapak kakinya 74,3%. Ketiga, waktu komputasi tercepat sebesar 23,26 detik dihasilkan oleh metode deteksi tepi Sobel dan yang keempat, pada penelitian ini akurasi terbaik dan presisi tertinggi didapatkan dengan skala perbandingan 4,48 piksel sebanding dengan jarak 1 mm. Kesimpulan kelima dari penelitian ini, bahwasannya hasil semua performa dari sistem sebagaimana tersebut diatas didapat pada kotak alat dengan jarak antara *webcam* dengan alas telapak kaki sepanjang 31,5 cm.

## Referensi

1. I. Lesmono, "Rancang Bangun Sistem Informasi Penjualan Sepatu Berbasis Website Dengan Metode Waterfall," *Swabumi*, vol. 6, pp. 55–62, 2018, doi: 10.31294/swabumi.v6i1.3316.
2. C. Wahyuning and M. Waskito, "Pendekatan Antropometri Kaki Orang Indonesia Pada Desain Master Shoe Last Bagi Industri Kecil dan Menengah," *Mudra J. Seni Budaya*, vol. 34, pp. 291–298, 2019, doi: 10.31091/mudra.v34i3.532.
3. G. Waluyono, "Perancangan Sistem Ukuran Sepatu Untuk Anak Perempuan Usia 4-6 Tahun Berdasarkan Data Antropometri Kaki," *J. Apl. Ilmu Tek. Ind.*, vol. 1, 2020, doi: 10.32585/japti.v1i1.622.
4. I. Muhimmah and L. H. Wigatning, "Aplikasi Anthropometri Telapak Kaki Berbasis Pengolahan Citra," *Semin. Nas. Inform. Medis IV*, no. 0274, pp. 1–12, 2013.
5. D. Derisma, "Perbandingan Kinerja Metode Deteksi Tepi Pada Pengenalan Objek Menggunakan Open CV," *Inform. Mulawarman J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 11, p. 17, 2016, doi: 10.30872/jim.v11i2.209.
6. J. Enterprise, *Otodidak Pemrograman Python*. PT Elex Media Komputindo.
7. M. Pulung Nurtantio Andono, T. Sutojo, *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi, 2017.
8. I. G. Suryantara, "Implementasi Deteksi Tepi Untuk Mendeteksi Keretakan Tulang Orang Lanjut Usia (Manula) Pada Citra Rontgen Dengan Operator Sobel Dan Prewitt," *J. Algoritm. Log. dan Komputasi*, vol. 1, 2018, doi: 10.30813/j-alu.v1i2.1368.
9. W. Supriyatin, "Perbandingan Metode Sobel, Prewitt, Robert dan Canny pada Deteksi Tepi Objek Bergerak," *Ilk. J. Ilm.*, vol. 12, pp. 112–120, 2020, doi: 10.33096/ilkom.v12i2.541.112-120.
10. K. Letelay, "Perbandingan Kinerja Metode Deteksi Tepi," *J-Icon*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2019.
11. B. Sitohang and A. Sindar, "Analisis Dan Perbandingan Metode Sobel Edge Detection Dan Prewit Pada Deteksi Tepi Citra Daun Srilangka," *J. Nas. Komputasi dan Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 3, pp. 314–322, 2020, doi: 10.32672/jnkti.v3i3.2511.
12. [N. Tsani and H. Harliana, "Implementasi Deteksi Tepi Canny Dengan Transformasi Powerlaw Dalam Mendeteksi Stadium Kanker Serviks," *J. Ilm. Intech Inf. Technol. J. UMUS*, vol. 1, pp. 22–33, 2019, doi: 10.46772/intech.v1i01.35.
13. E. L. Utari, "Analisa deteksi tepi janin dengan menggunakan metode prewitt dan canny," *J. Simp. Nas.*, pp. 101–110, 2011.
14. M. Ghozali and H. Sumarti, "Deteksi Tepi pada Citra Rontgen Penyakit COVID-19 Menggunakan Metode Sobel," *J. Imejing Diagnostik*, vol. 6, pp. 51–59, 2020, doi: 10.31983/jimed.v6i2.5840.





# Analisa Performa Modul ESP32 Sebagai Perangkat untuk Sistem Pengenalan Objek

Alifio Noerifanza<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Telkom Jakarta, Jakarta; [alifionsz@gmail.com](mailto:alifionsz@gmail.com)

**Abstrak:** Pengenalan objek atau Object Recognition adalah salah satu perkembangan teknologi AI yg penting dan sangat berguna untuk kehidupan sehari-hari. Dapat digunakan sebagai alat keamanan dan investigasi kejahatan, serta system dalam robot otonom. Contohnya adalah penggunaannya dalam robot penyortir sampah, Kamera pengawas penggunaan masker di China, dan mobil self-driving milik Testla yang menggunakan Object Recognition untuk mengenali lampu merah, obstruksi jalanan serta pejalan kaki. Pengenalan objek membutuhkan sebuah kamera yang dapat menangkap gambar yang akan diproses algoritma. Dikarenakan biaya yang cukup murah serta dapat mengirimkan data menggunakan LAN (Local Area Network), modul kamera ESP32 dipilih sebagai kandidat yang berpotensi dalam kegiatan Object Recognition. ESP32 adalah serangkaian sistem modul kamera yang murah dan berdaya rendah yang terintegrasi dengan mikrokontroler, Wi-Fi (wireless fidelity) dan Bluetooth dual-model dalam satu board[3]. Modul ESP32 yang digunakan dalam kegiatan ini menggunakan kamera OV-2460.

**Kata Kunci:** ESP32, object recognition, kamera.

## 1. Pendahuluan

Pengenalan objek atau Object Recognition adalah salah satu perkembangan teknologi AI yg penting dan sangat berguna untuk kehidupan sehari-hari. Dapat digunakan sebagai alat keamanan dan investigasi kejahatan, serta system dalam robot otonom. Contohnya adalah penggunaannya dalam robot penyortir sampah, Kamera pengawas penggunaan masker di China, dan mobil self-driving milik Testla yang menggunakan *Object Recognition* untuk mengenali lampu merah, obstruksi jalanan serta pejalan kaki. Pengenalan objek membutuhkan sebuah kamera yang dapat menangkap gambar yang akan diproses algoritma. Dikarenakan biaya yang cukup murah serta dapat mengirimkan data menggunakan LAN (Local Area Network), modul kamera ESP32 dipilih sebagai kandidat yang berpotensi dalam kegiatan Object Recognition. ESP32 adalah serangkaian sistem modul kamera yang murah dan berdaya rendah yang terintegrasi dengan mikrokontroler, Wi-Fi (wireless fidelity) dan Bluetooth dual-model dalam satu board[1],[5]. Modul ESP32 yang digunakan dalam kegiatan ini menggunakan kamera OV-2460.

Untuk dapat melakukan kegiatan deteksi objek diperlukan sebuah modul kamera yang akan mengambil gambar. Modul ESP32 akan diprogram untuk mengirimkan gambar secara terus menerus sebagai web server LAN. Program Python digunakan untuk mengambil gambar dari web server menggunakan library Urllib dan algoritma Yolov3 untuk memproses gambar dengan library OpenCV. Python dipilih dikarenakan Python adalah bahasa pemrograman yang sering digunakan dalam lingkup data processing dan machine learning [4], [6]. Library OpenCV adalah salah satu library computer vision yang menjadi salah satu bidang dari ilmu artificial intelligence dan machine learning yang membuat sebuah komputer dapat memproses informasi dari gambar, video, atau input visual lainnya[2], [4]. Algoritma YoloV3 digunakan untuk mendeteksi Yolov3 dipilih sebagai

algoritma deteksi objek dikarenakan kecepatan deteksi, kemudahan instalasi dan kelengkapan dataset yang tersedia[3]. Yolo (You Only Look Once) adalah algoritma pengenalan objek yang dapat mendeteksi secara cepat. YoloV3 adalah versi pengembangan dari Yolo yang menggunakan model CNN Darknet-53. Cara kerja darknet-53 adalah menggunakan sistem Convolutional Neural Network yang memotong gambar menjadi kotak-kotak kecil yang memiliki dimensi yang sama. Setiap kotak berfungsi untuk deteksi dan lokalisasi objek[3], [9]–[12]. Saat gambar diproses oleh CNN, filter tersebut akan membaca setiap pixel atau titik yang ada didalam area kerja filter tersebut diikuti dengan Fungsi Aktivasi Non-Linear yang akan menghasilkan peta fitur dari gambar tersebut. Peta fitur ini akan menghasilkan Output dalam 3 parameter[7], [8]. Gambar dalam objek tersebut kemudian akan dibandingkan dengan data dalam dataset yang telah ada untuk menentukan kemungkinan objek tersebut adalah apa. Darknet-53 memiliki 53 Convolution Layer sehingga deteksi menjadi semakin akurat tanpa membuang kekuatan processing secara berlebih[3], [10]–[12]. YoloV3 dipilih karena memiliki besar file yang kecil dibandingkan versi terbaru dan memiliki akurasi yang cukup. YoloV3 yang digunakan sudah membawa pretrained dataset COCO yang berisi Weights dari 80 benda yang dapat dideteksi[13]. Arduino Nano adalah mikrokontroler Open source yang berbasis chip ATmega328P yang didesain oleh Arduino.cc[14], [15]. mikrokontroler ini memiliki profile yang kecil dan dapat digunakan sebagai media untuk melakukan programming ESP32 dengan menyambungkan ESP32 dengan Arduino melalui Pin konektor[14], [15]. Setelah ESP-32 selesai diprogram, kamera OV-2460 yang terpasang di ESP-32 kemudian menangkap dengan resolusi 1600×1200pixel tetapi terbatas sampai 15 frame per detik. Untuk mempercepat pengiriman data, resolusi yang akan digunakan adalah 800×600 pixel.

Tujuan proyek ini adalah untuk menguji potensi kamera ESP32 untuk kepentingan pengambilan gambar secara remote dan mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi performa kecepatan pengiriman gambar dan proses pengenalan objek dalam gambar yang ditangkap oleh ESP32 menggunakan algoritma *Object detection* YOLOv3.

## 2. Metode Penelitian



Gambar 1. Full flowchart kegiatan

Pengujian akan dilakukan dalam 4 tahap besar yaitu tahap studi literatur yang mencakup studi literatur dan panduan yang berkaitan dengan ESP32 dan algoritma pengenalan objek berbasis Python baik dalam bentuk tutorial, panduan, jurnal atau *research paper*. Tahap programming dilakukan untuk menyiapkan alat ESP32 untuk bekerja sebagai kamera yang akan melakukan deteksi. ESP32 akan mengambil gambar secara periodik dan menjadikan ESP-32 Web Server yang terkoneksi dengan LAN sebagai wadah dimana Program Python dapat mengambil gambar yang telah direkam ESP-32 secara Wireless. Dikarenakan sebuah media diperlukan untuk menjembatani pemrograman ESP32, Arduino Nano dipilih dikarenakan harganya yang murah, ketersediaan yang banyak dan kemudahan dalam pemrograman. Programming ESP32 dilakukan menggunakan Arduino IDE dan mikrokontroler Arduino sebagai relay. Tahap programming Python dilakukan setelah ESP32 bekerja dengan baik. Dengan menggunakan aplikasi Spyder untuk memudahkan programming. Python digunakan sebagai program yang menjalankan algoritma YoloV3 dan mengambil gambar dari web server ESP32 untuk diproses. Tahap pengujian mencakup pengambilan dan pemrosesan data untuk mendapatkan hasil performa ESP32 sebagai alat Object Detection serta analisa terkait hal-hal yang mempengaruhi performanya. Pengambilan data dilakukan secara indoor dalam 2 kondisi pencahayaan, siang hari dan malam hari. Perhitungan frame pertama dimulai dari perubahan frame pertama setelah stopwatch dinyalakan. Pengujian dilakukan selama 1 menit dari perubahan frame pertama setelah stopwatch dinyalakan. Data terakhir adalah rame yang terakhir keluar dalam durasi 1 menit tersebut.

Pengujian dilakukan di kamar penulis secara indoor. Dalam tahap ini kecepatan proses Object Detection dan kehandalannya diobservasi. Akan disajikan sample berupa barang sehari-hari kepada kamera. Kamera akan merekam dengan cara menangkap gambar secara kontinyu dan menguploadnya ke web server ESP32 kemudian komputer akan memprosesnya menggunakan program Python yang menggunakan Library GetUrl untuk mengambil gambar dari server dan OpenCV untuk memproses dan menyajikan hasil deteksi objek. Pengambilan data dilakukan dalam 5 skenario yang memiliki kondisi dan jumlah sampel yang berbeda-beda dan dapat dilihat pada table berikut:

**Tabel 1.** Skenario pengujian

Skenario	Lokasi	Pencahayaan	Pergerakan	Resolusi	Jumlah sampel
1	Indoor	Malam	ya	800 x 600	3
2	Indoor	Siang	ya	800 x 600	3
3	Indoor	Siang	tidak	800 x 600	3
4	Indoor	Siang	tidak	1280 x 1024	10
5	Indoor	Siang	ya	1280 x 1024	10

### 3.2. Metode Analisa

Analisa dilakukan dengan metode kombinasi dan dilakukan pada tahap empat setelah data telah didapatkan. Parameter yang akan diperhatikan dalam proses Analisa untuk menilai performa ESP32 adalah:

#### 1. Kejelasan Gambar Sampel

Sampel yang terlihat didefinisikan sebagai sampel yang cukup jelas untuk dilihat secara kasat mata. Berikut contohnya berupa tas laptop:



**Gambar 2.** Gambar tas yang ditangkap, hasil jelas dan terlihat

Dapat dilihat bahwa gambar tas laptop yang ditangkap dengan resolusi 1280px dapat dikenali dengan mudah. Sedangkan sampel yang tidak jelas adalah yang *blurry* atau sulit dikenali entah dikarenakan background, pencahayaan, atau ukuran benda. Berikut contohnya berupa Garpu:



**Gambar 3.** Gambar Garpu yang ditangkap.

Dapat dilihat walaupun ditangkap dengan resolusi yang sama, karena ukuran kecil dan background tidak contrast hasil terlihat blur dan benda sulit dikenali.

## 2. Ukuran benda Sample

Objek dikatakan kecil jika memiliki Lebar kurang dari 6cm. Objek dinyatakan sedang jika memiliki lebar 6cm sampai 22cm. Objek dinyatakan besar jika memiliki lebar diatas 22cm.



**Gambar 4.** Contoh Ukuran Sampel Kecil dan Sedang.

Ukuran dari sampel yang akan dideteksi akan berpengaruh pada hasil deteksi karena algoritma Object Detection membutuhkan gambar yang jelas untuk deteksi yang akurat. Untuk skenario 1 sampai 3 semua sampel berukuran besar, sedangkan untuk skenario 4 dan 5 ukuran objek terbagi tiga jenis yaitu Besar, Sedang, dan Kecil. Berikut table objeknya:

**Table 2.** Ukuran objek sample

Ukuran	Nama Sampel
Kecil	Garpu
Sedang	Botol, gelas, hp, mouse, remote, buku
Besar	Kursi, tas, jam

### 3. Kondisi Pencahayaan

Untuk memudahkan Analisa, dibuatlah 2 kategori untuk menentukan performa ESP32 dalam redup dan terang. Jika sampel diambil dari dari jam 6.30 sampai jam 17.30 maka termasuk kategori sampel siang dan jika sampel diambil dari jam 17.30 sampai 6.30 maka termasuk kategori malam.

### 4. Kondisi Pergerakan Kamera

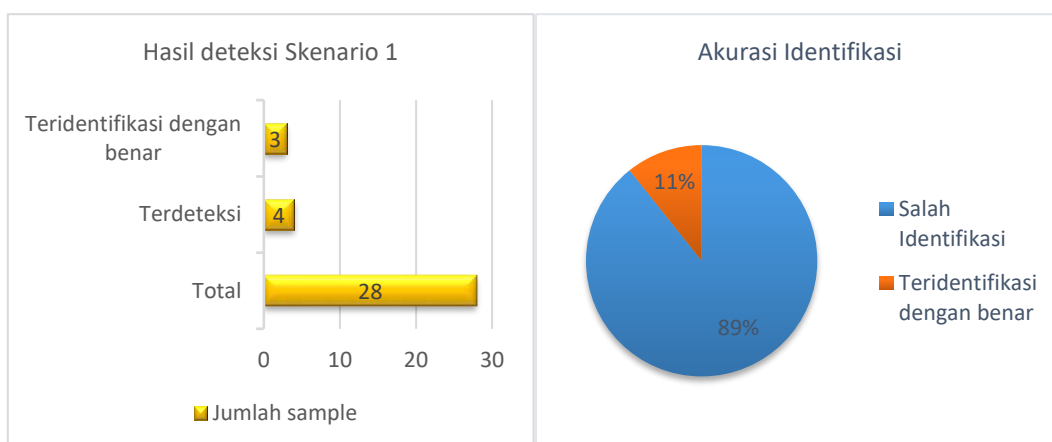
Kondisi pergerakan kamera dalam gambar mungkin tidak terlihat jelas dalam hasil pengujian dikarenakan system ESP32 mengambil gambar secara periodik dan menguploadnya ke web server tetapi penulis berharap untuk mendapatkan hasil tentang hubungan pergerakan kamera dan akurasi serta kecepatan deteksi objek.

### 5. Setting Resolusi ESP32

Setting Resolusi terbagi dua dikarenakan terjadi perubahan resolusi menambah hasil pengujian. Untuk 2 test pertama yang terdapat hanya 3 sampel dilakukan dengan setting hiRes 800x600px. Untuk test selanjutnya digunakan setting hiRes 1280x1024px untuk mengecek performa deteksi.

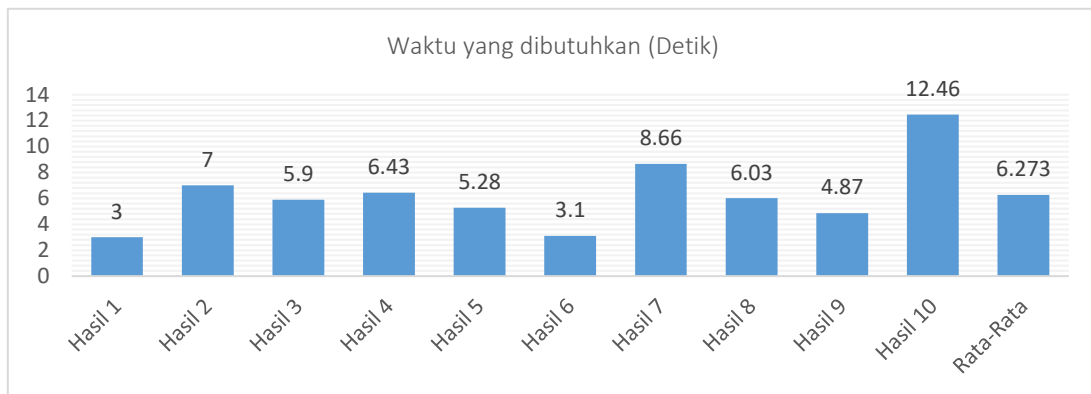
## 3. Hasil Pengujian

Skenario 1 dilakukan dalam kondisi malam dengan pergerakan. Jumlah sampel ada 3 dan dilakukan dengan resolusi 800px. Semua sampel berukuran besar. Berikut adalah grafik hasil deteksi:



**Gambar 5.** Grafik hasil deteksi dan presentasi akurasi deteksi skenario dua.

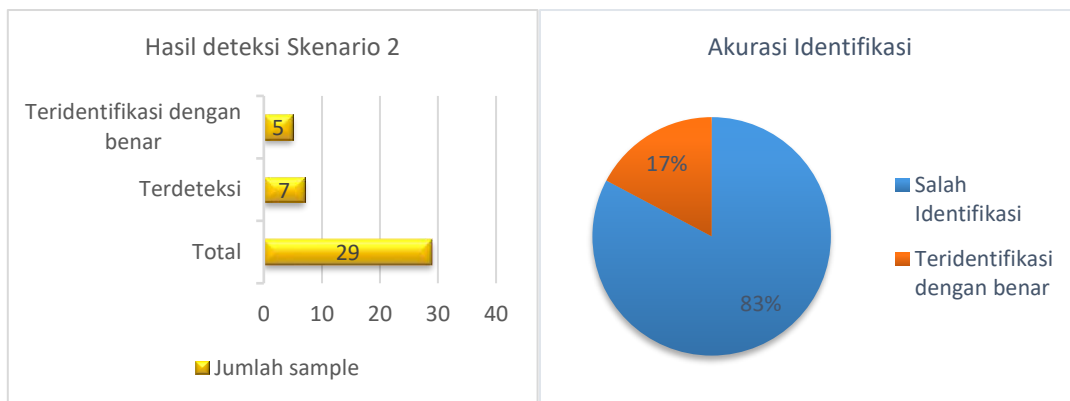
Skenario satu mempunyai total 28 jumlah sample yang muncul dalam 1 menit, dimana terdeteksi 4 objek sampel dan hanya 3 yang teridentifikasi dengan benar. Dari semua sampel yang terdeteksi hanya 11% yang teridentifikasi dengan benar dan 89% yang salah identifikasi.



**Gambar 6.** Grafik waktu yang dibutuhkan untuk deteksi dalam skenario dua.

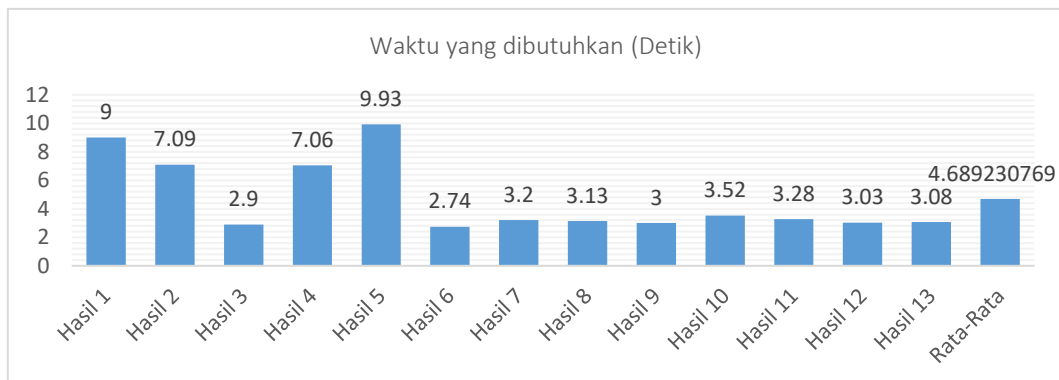
Dalam skenario satu terdapat 10 frame hasil deteksi dimana rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk deteksi dan identifikasi adalah 6,273 detik. Dapat dilihat bahwa kecepatan deteksi lambat dan akurasi sangat rendah.

Skenario 2 dilakukan siang hari dengan pergerakan dengan resolusi 800px, sampel ada 3 dan semua sampel berukuran besar. Berikut adalah grafik hasil deteksi skenario dua:



**Gambar 7.** Grafik hasil deteksi dan presentase akurasi identifikasi skenario dua.

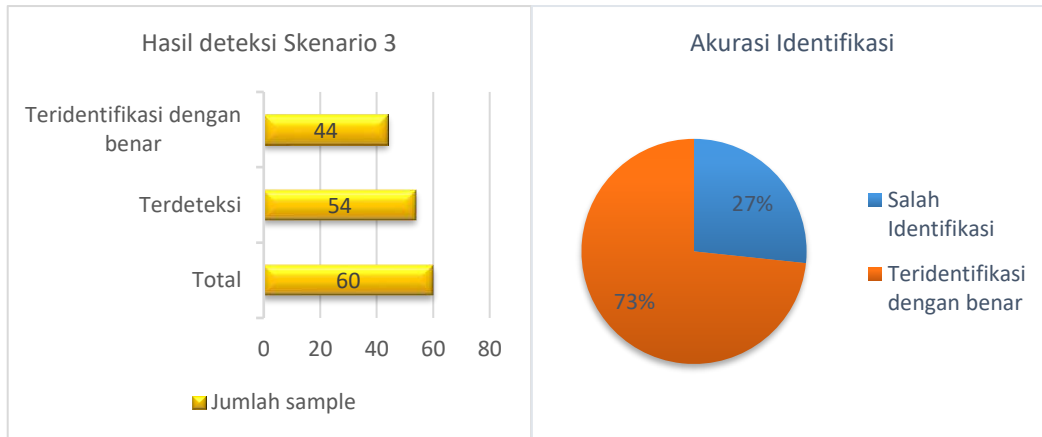
Skenario dua mempunyai total 29 jumlah sample yang muncul dalam 1 menit, dimana terdeteksi 7 objek sampel dan hanya 5 yang teridentifikasi dengan benar. Dari semua sampel yang terdeteksi hanya 17% yang teridentifikasi dengan benar dan 83% yang salah identifikasi. Terjadi peningkatan jumlah deteksi dibandingkan skenario sebelumnya.



**Gambar 8.** Grafik waktu yang dibutuhkan untuk deteksi dalam skenario dua.

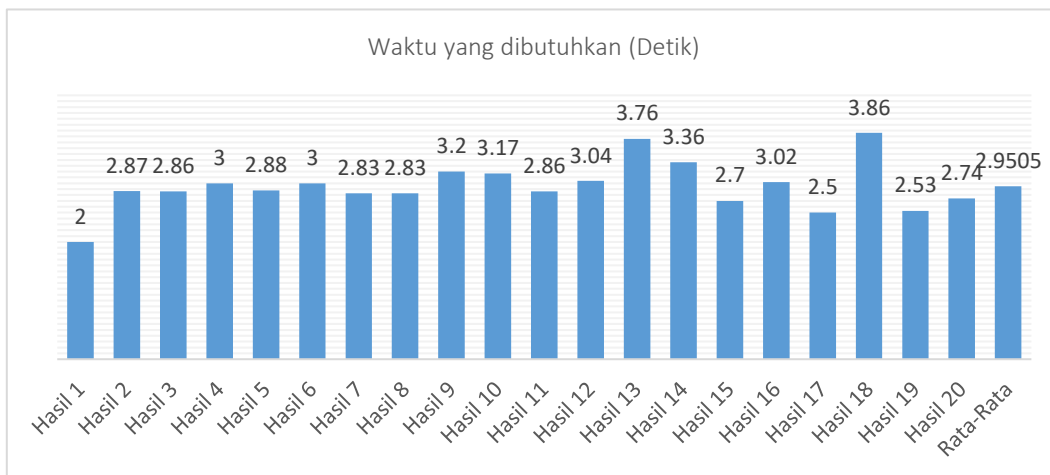
Dalam skenario dua terdapat 13 frame hasil deteksi dimana rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk deteksi dan identifikasi adalah 4,689 detik. Dapat dilihat bahwa jika dibandingkan dengan skenario sebelumnya yang dilakukan pada malam hari, kecepatan dan akurasi deteksi meningkat.

Skenario 3 Dilakukan Siang hari dengan menyalakan Lampu kamar sebagai bantu tambahan pencahayaan dan kamera tidak bergerak. Resolusi yang dipakai adalah 800px dan semua sampel berukuran besar. Berikut adalah grafik hasil deteksi skenario tiga:



**Gambar 9.** Grafik hasil identifikasi skenario tiga.

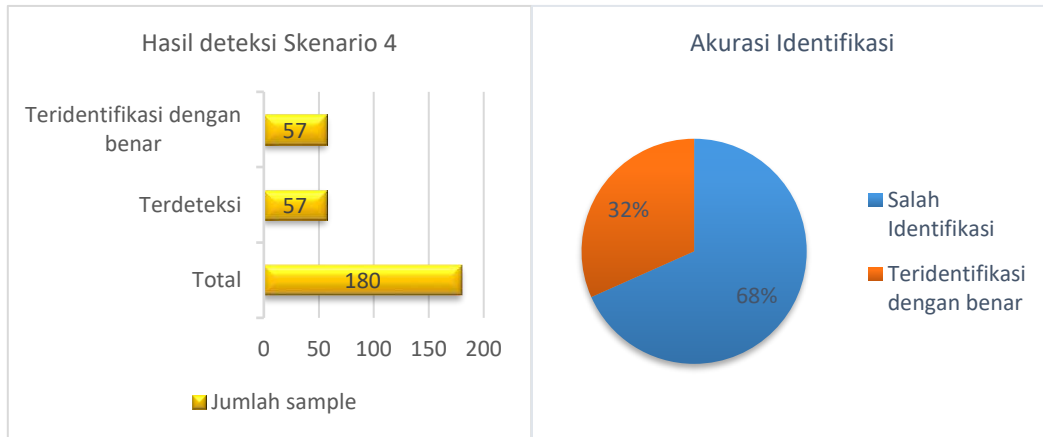
Skenario tiga mempunyai total 60 jumlah sample yang muncul dalam 1 menit, dimana terdeteksi 54 objek sampel dan hanya 44 yang teridentifikasi dengan benar. Dari semua sampel yang terdeteksi 73% yang teridentifikasi dengan benar dan hanya 27% yang salah identifikasi.



**Gambar 10.** Grafik waktu yang dibutuhkan untuk deteksi dalam skenario tiga.

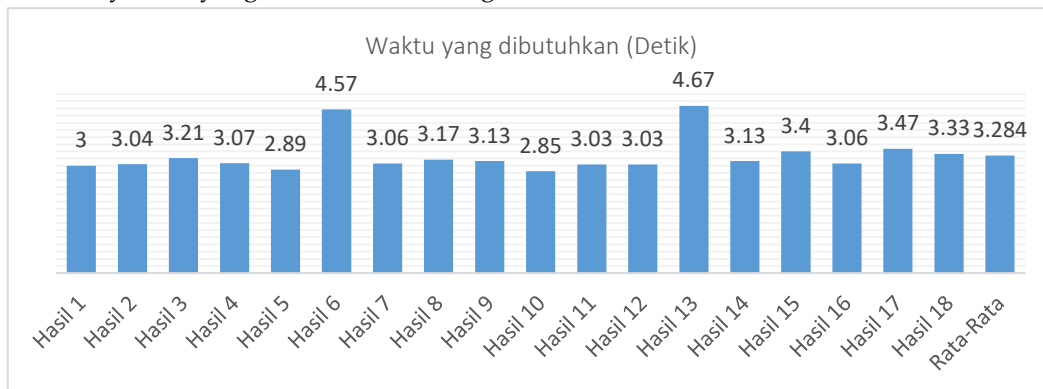
Dalam skenario tiga terdapat 20 frame hasil deteksi dimana rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk deteksi dan identifikasi adalah 2,95 detik. Jika dibandingkan dengan skenario-skenario sebelumnya terlihat bahwa pencahayaan dan pergerakan kamera berpengaruh pada kecepatan identifikasi objek.

Skenario 4 adalah deteksi banyak objek dengan resolusi 1280px dan dilakukan di siang hari dengan sampel 10 objek dengan tas dalam kondisi tertidur. Kamera tidak bergerak dengan ukuran sampel campuran. Berikut adalah hasilnya:



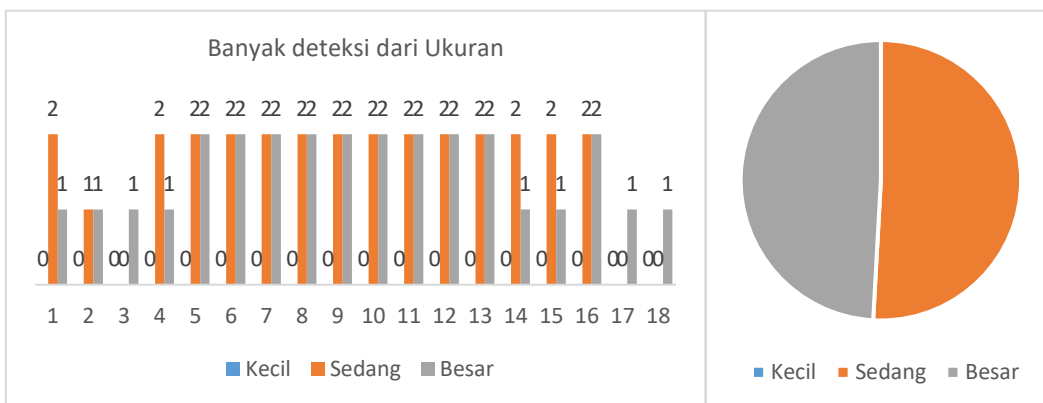
**Gambar 11.** Grafik hasil deteksi dan presentase akurasi identifikasi skenario empat.

Skenario empat mempunyai total 180 jumlah sample yang muncul dalam 1 menit, dimana terdeteksi 57 objek sampel dan semua yang teridentifikasi dengan benar. Dari semua sampel yang terdeteksi hanya 32% yang teridentifikasi dengan benar dan 68% salah identifikasi.



**Gambar 12.** Grafik waktu yang dibutuhkan untuk deteksi dalam skenario empat

Dalam skenario empat terdapat 18 frame hasil deteksi dimana rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk deteksi dan identifikasi adalah 3,28 detik.

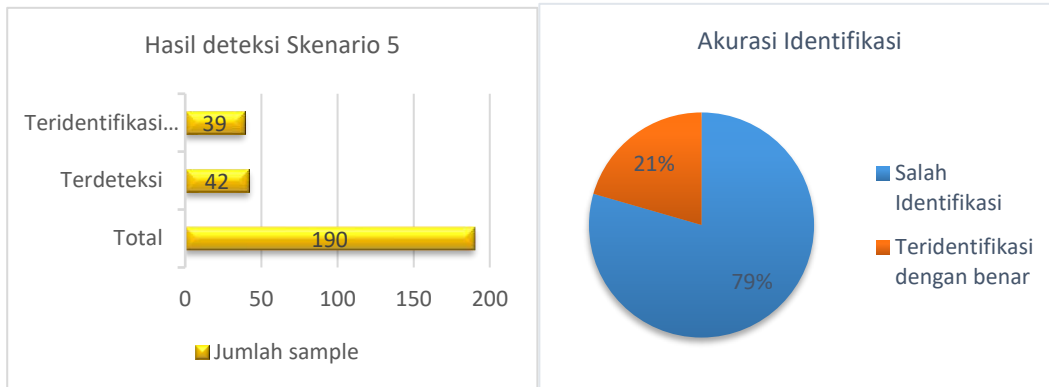


**Gambar 13.** Grafik deteksi dan presentase deteksi skenario empat berdasarkan ukuran.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa mayoritas objek yang terdeteksi adalah objek berukuran sedang. Objek berukuran sedang dan objek berukuran besar terdeteksi dengan presentase hampir

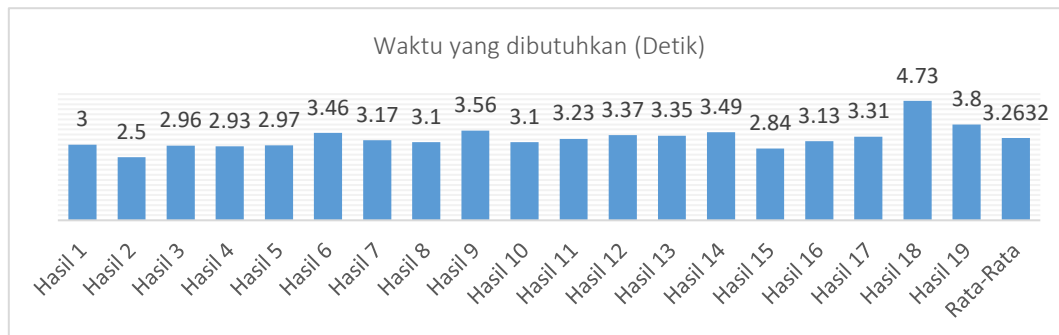
setara sedangkan objek berukuran kecil tidak terdeteksi sama sekali. Dalam skenario 4 tas dalam kondisi tertidur dan tidak terdeteksi oleh algoritma.

Skenario 5 adalah deteksi banyak objek dengan resolusi 1280px dan dilakukan di siang hari dengan sampel 10 objek, tas dalam kondisi berdiri dengan kamera bergerak dan ukuran sampel campuran. Berikut adalah hasil deteksi skenario 5:



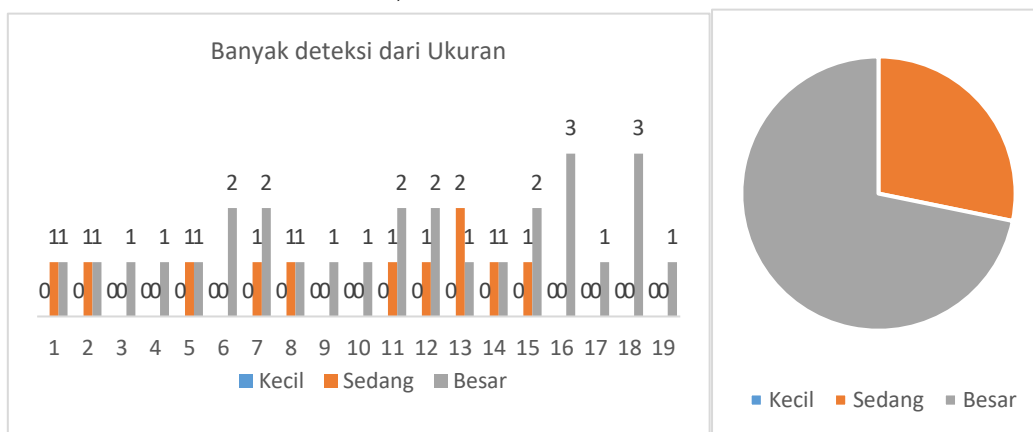
**Gambar 14.** Grafik hasil deteksi dan presentase akurasi identifikasi skenario lima.

Skenario lima mempunyai total 190 jumlah sample yang muncul dalam 1 menit, dimana terdeteksi 42 objek sampel dan hanya 39 yang teridentifikasi dengan benar. Dari semua sampel yang terdeteksi hanya 21% yang teridentifikasi dengan benar dan 79% salah identifikasi.



**Gambar 15.** Grafik waktu yang dibutuhkan untuk deteksi dalam skenario lima.

Dalam skenario lima terdapat 19 frame hasil deteksi dimana rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk deteksi dan identifikasi adalah 3,26 detik.



**Gambar 16.** Grafik hasil deteksi dan presentase deteksi skenario lima berdasarkan ukuran.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa mayoritas objek yang terdeteksi adalah objek berukuran besar. Objek berukuran sedang menjadi minoritas sedangkan objek berukuran kecil tidak terdeteksi sama sekali. Dalam skenario 5 tas dalam kondisi berdiri dan terdeteksi oleh algoritma.

#### **4. Pembahasan**

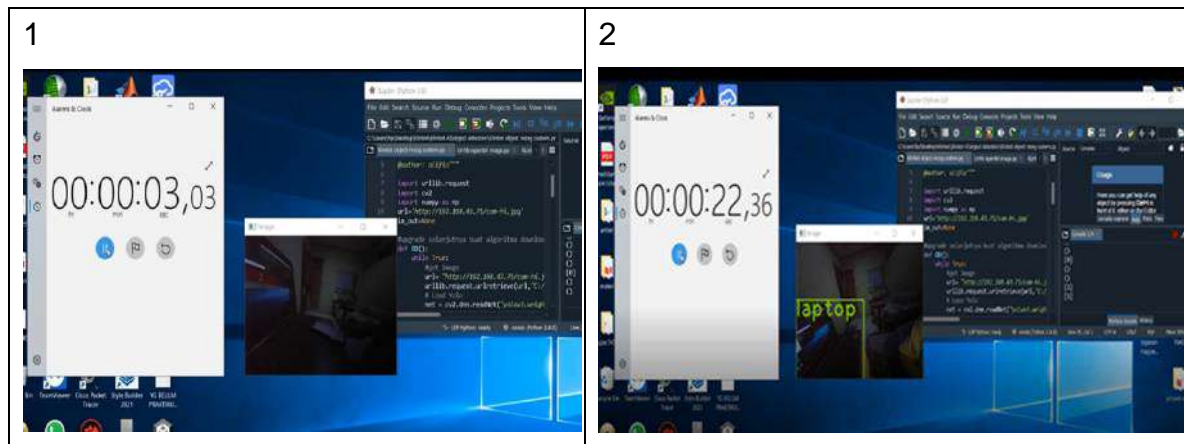
Berdasarkan hasil proyek akhir dapat disimpulkan bahwa parameter dibawah ini dapat mempengaruhi hasil deteksi ESP32:

1. Pencahayaan mempengaruhi kecepatan dan akurasi deteksi dikarenakan gambar menjadi terlalu gelap untuk algoritma deteksi objek mengenali objek. Walaupun secara kasat mata objek dapat terlihat tetapi tidak terdeteksi atau salah identifikasi oleh algoritma tersebut contohnya terdapat dalam gambar A1.
2. Pergerakan kamera mempengaruhi akurasi deteksi dikarenakan gambar yang diambil bisa blur sehingga menyebabkan gambar lebih sulit untuk diproses. Gambar juga dapat menjadi sangat blurry sehingga tidak jelas dan tidak dapat dikenali contohnya terdapat dalam gambar A2.
3. Resolusi gambar resolusi gambar mempengaruhi kejelasan objek yang akan dideteksi. Objek lebih sulit terdeteksi dan diidentifikasi dalam resolusi 800px dibandingkan dengan resolusi 1280px. resolusi kecil juga dapat menyebabkan objek berukuran lebih kecil tidak dapat terdeteksi dikarenakan tidak jelas objeknya.
4. Ukuran objek mempengaruhi kemungkinan objek tersebut terdeteksi dan teridentifikasi dengan akurat dikarenakan resolusi gambar yang terbatas. Objek berukuran besar seperti kursi, Laptop dan tas lebih mudah dideteksi daripada objek berukuran lebih kecil seperti garpu, remote.
5. Kejelasan objek mempengaruhi deteksi dikarenakan ada beberapa objek yang dapat menyerupai objek lain. Tas yang tertidur dapat diartikan sebagai objek lain yang tidak ada dalam dataset sehingga tidak terdeteksi dan layar laptop yang keyboardnya tidak terlihat dapat salah identifikasi menjadi layar TV contohnya tertera dalam gambar A3.

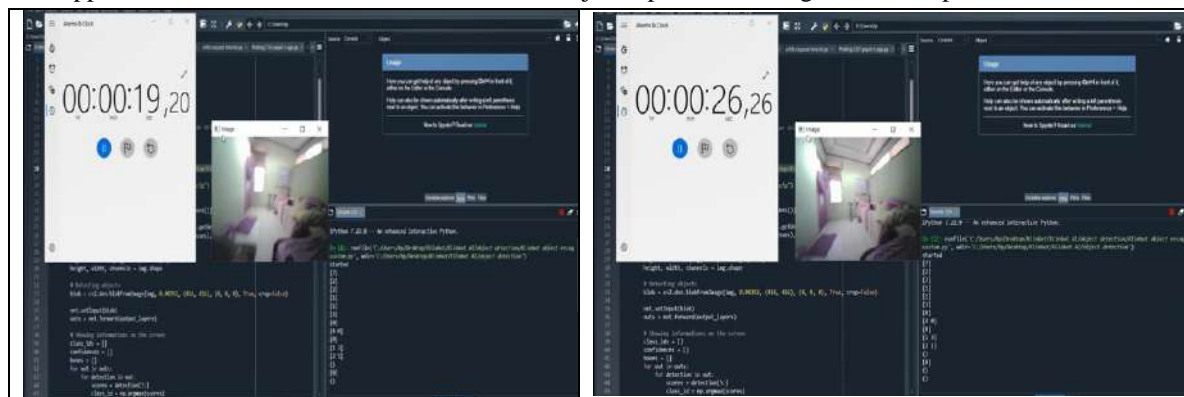
#### **5. Kesimpulan**

ESP32 dapat digunakan sebagai alat deteksi objek hanya jika kamera diam, dalam pencahayaan yang cukup dan hanya bertugas mendeteksi objek berukuran besar. Kecepatan deteksi adalah 3 sampai 4 detik per frame. Untuk menunjang performa deteksi yang baik disarankan menggunakan resolusi tinggi. Ketidaktersediaan kamera ESP32 yang mempunyai resolusi tinggi membuat gambar hasil tangkapan mempunyai resolusi terbatas sehingga mengganggu akurasi. Diharapkan kedepannya pengujian deteksi objek dilakukan dengan kamera lain yang mempunyai sambungan USB atau kabel ke computer untuk mengurangi latency serta menggunakan kamera yang lebih baik. Algoritma deteksi objek diharapkan menggunakan dataset yang dibuat lebih spesifik untuk meningkatkan kemungkinan deteksi objek.

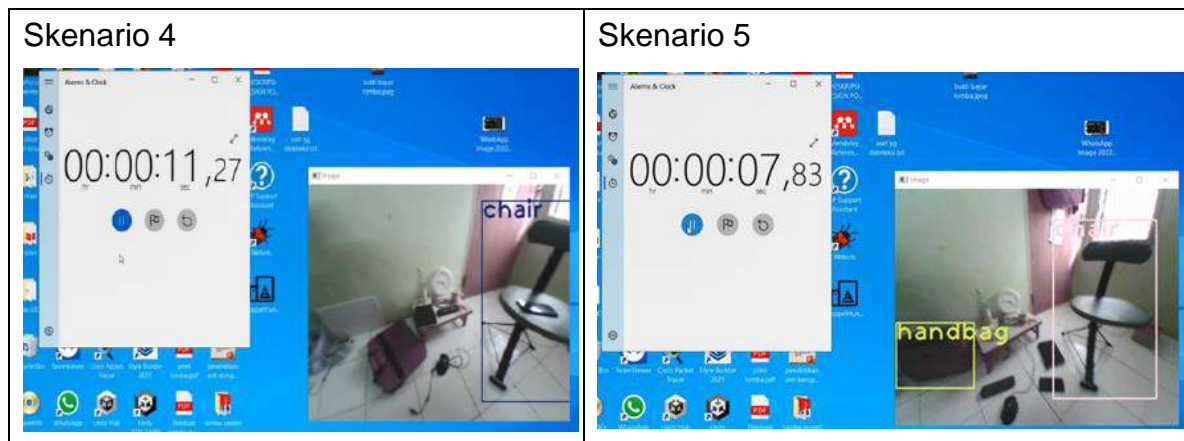
## Appendix



Appendix A1. Contoh hasil skenario 1 dimana objek dapat dilihat dengan mata tetapi tidak terdeteksi.



Appendix A2. Contoh hasil skenario 2, terlihat hasil blur karena terdapat pergerakan



Appendix A. Hasil skenario 4 dibandingkan dengan hasil scenario 5

## Referensi

1. H. Fitri dan dan Ivan Finiel Hotmartua Bagariang, "PEMANFAATAN ESP32-CAM UNTUK MENGUKUR KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN METODE IMAGE PROCESSING," *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-6 ISAS Publishing Series: Engineering and Science*, vol. 6, no. 1, 2020.
2. V. Wiley dan T. Lucas, "Computer Vision and Image Processing: A Paper Review," *International Journal of Artificial Intelligence Research*, vol. 2, no. 1, hlm. 22, Jun 2018, doi: 10.29099/ijair.v2i1.42.

3. Z. Z. Jin dan Y. F. Zheng, "Research on application of improved YOLO V3 algorithm in road target detection," dalam *Journal of Physics: Conference Series*, Okt 2020, vol. 1654, no. 1. doi: 10.1088/1742-6596/1654/1/012060.
4. S. N. Srivatsa, "Object Detection using Deep Learning with OpenCV and Python," *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2021, [Daring]. Available: www.irjet.net
5. R. B. Salikhov, V. K. Abdrakhmanov, dan I. N. Safargalin, "Internet of things (IoT) security alarms on ESP32-CAM," dalam *Journal of Physics: Conference Series*, Nov 2021, vol. 2096, no. 1. doi: 10.1088/1742-6596/2096/1/012109.
6. A. Sharma, F. Khan, D. Sharma, S. Gupta, dan F. Y. Student, "Python: The Programming Language of Future," 2020.
7. T. Bezdán dan N. Bačanić Džakula, "Convolutional Neural Network Layers and Architectures," Mei 2019, hlm. 445–451. doi: 10.15308/sinteza-2019-445-451.
8. J. Li, A. Hassani, S. Walton, dan H. Shi, "ConvMLP: Hierarchical Convolutional MLPs for Vision," Sep2021, [Daring]. Available: <http://arxiv.org/abs/2109.04454>
9. J. Redmon dan A. Farhadi, "YOLOv3: An Incremental Improvement." [Daring]. Available: <https://pjreddie.com/yolo/>.
10. Q. Aini, N. Lutfiani, H. Kusumah, dan M. S. Zahran, "DETEKSI DAN PENGENALAN OBJEK DENGAN MODEL MACHINE LEARNING: MODEL YOLO," 2021.
11. A. Vidyavani, K. Dheeraj, M. Rama Mohan Reddy, dan K. N. Kumar, "Object detection method based on YOLOv3 using deep learning networks," *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, vol. 9, no. 1, hlm. 1414–1417, Nov 2019, doi: 10.35940/ijitee.A4121.119119.
12. S. Wang, "Research towards Yolo-Series Algorithms: Comparison and Analysis of Object Detection Models for Real-Time UAV Applications," dalam *Journal of Physics: Conference Series*, Jun 2021, vol. 1948, no. 1. doi: 10.1088/1742-6596/1948/1/012021.



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

# Analisis Radar MIMO OFDM Target Bergerak dengan Clutter Angin

Risdilah Mimma Untsa <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut Teknologi Telkom Surabaya; [risdilah.untsa@ittelkom-sby.ac.id](mailto:risdilah.untsa@ittelkom-sby.ac.id)

**Abstrak:** Radar untuk kebutuhan otomotif ditujukan untuk mengurangi *collision avoidance*. Pengaruh clutter yang ditimbulkan pada radar otomotif menyebabkan berkurangnya kemampuan deteksi target. Clutter sebagai sinyal yang tidak diinginkan yang berasal dari angin dapat mengganggu deteksi target. Sistem radar memanfaatkan sinyal OFDM yang sensitif terhadap pergeseran doppler sehingga dapat mendeteksi kecepatan dari target. Pada sistem ini tidak mempertimbangkan dampak dari interferensi sistem lain dan noise. Digunakan periodogram untuk memperoleh informasi jarak dan kecepatan dari target dan radar. Algoritma MUSIC untuk mendeteksi sudut kedatangan target dan radar. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, clutter mengurangi resolusi deteksi jarak radar sebesar 0.3 m dari spesifikasi resolusi radar. Clutter juga mengurangi resolusi deteksi kecepatan radar sebesar 0.14 m dari resolusi kecepatan spesifikasi radar. Rata-rata akurasi deteksi kecepatan dan sudut target oleh radar mencapai 96.94% dan 97.50%. Hal ini menunjukkan bahwa radar dapat mendeteksi kecepatan dan sudut dengan baik.

**Kata Kunci:** Radar, MIMO, OFDM, Clutter.

## 1. Pendahuluan

Kemampuan Radar MIMO dalam pendeteksian target bergerak menawarkan resolusi dan sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan radar konvensional. Hal ini dikarenakan pada sistem antenna pada radar MIMO menggunakan system MIMO (Multiple Input Multiple Output) yang memudahkan memisahkan target dan clutter. Kemampuan Radar MIMO dalam memancarkan sinyal dari beberapa antena yang tidak saling berkorelasi dan dapat menerima sinyal ke beberapa elemen penerima. Berbeda dengan array konvensional yang menjumlahkan sinyal yang diterima, radar MIMO mampu memancarkan sinyal yang independent menyebabkan masing-masing sinyal yang diterima tidak saling berkorelasi sehingga dengan lebih melakukan digitasi untuk mereject pantulan dari sinyal yang tidak diinginkan atau clutter [1]. Pada penggunaan radar MIMO dibutuhkan sinyal yang tidak saling berkorelasi yaitu OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex). Pada sinyal OFDM masing-masing subcarrier memiliki amplitudo dan fase yang independent. Salah satu kelemahan OFDM adalah sensitif terhadap pergeseran Doppler dimana pada penelitian ini dimanfaatkan untuk mendeteksi informasi jarak dan kecepatan target [2]. Karena sifat ortogonalitasnya yang membuat antar subcarrier dapat dibuat overlapping sehingga spectrum lebih efisien dibanding dengan teknik modulasi multicarrier konvensional. Clutter merupakan sinyal yang tidak diharapkan yang berasal dari lingkungan sekitar radar. Misalnya seperti cuaca (hujan), hewan (serangga, burung, dll), angin atau badai. Clutter bersifat merugikan karena dapat menyebabkan kesalahan dalam pendeteksian target pada sistem radar. Tetapi tidak semua echo radar dari lingkungan ini bersifat mengganggu. Misalnya clutter hewan yaitu burung yang dapat mengganggu

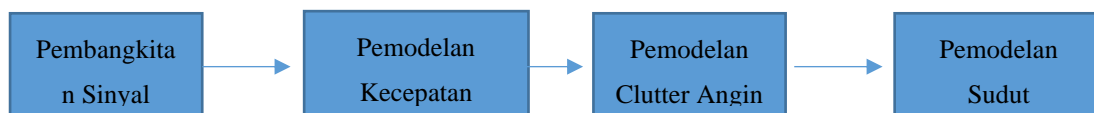
radar pendeteksi pesawat, tetapi pada radar pendeteksi rombongan burung yang bermigrasi justru pesawat yang dianggap sebagai clutter.

Pada sistem MIMO OFDM yang digunakan pada penelitian ini yaitu konfigurasi pemancar dan penerima terdiri dari empat antena pemancar dan empat antena penerima. Pada sisi pemancar terdapat empat antena dengan jarak masing-masing antena adalah  $\lambda/2$  dimana saat melakukan simulasi pada sisi pemancar dilakukan proses *steering vector* dengan asumsi bahwa sinyal yang keluar adalah menyebar ke arah *beam* dari  $-60^\circ$  hingga  $60^\circ$ . Pada sisi penerima terdapat dua skenario yang pertama yaitu pemrosesan kecepatan menggunakan empat antena dengan jarak antar antena adalah  $\lambda/2$ , sehingga sinyal yang akan diolah adalah bersumber dari empat antena saja. Sedangkan skenario kedua yaitu untuk pemrosesan sudut kedatangan (*Direct of Arrival*) digunakan perkalian kronecker pada masing-masing *steering vector* pada pemancar dan penerima, dimana yang semula hanya terdiri empat antena penerima, dengan penggunaan operasi *kroncker* maka jumlah *steering vector* antena pemancar dan penerima menjadi enam belas yaitu dari hasil perkalian antara jumlah antena pengirim dengan jumlah antena penerima yang sama-sama bernilai empat. Konfigurasi ini hanya digunakan dalam pemrosesan arah kedatangan target (DoA)[3].

Pada bagian II akan dibahas mengenai proses pemodelan system dan simulasi. Sedangkan pada bagian III berisi pengambilan data hasil simulasi untuk dianalisa pengaruh clutter terhadap deteksi kecepatan dan sudut pada radar juga SNR terhadap kemampuan deteksi radar untuk kecepatan dan sudut. Pada bagian IV akan dibahas kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan.

## 2. Metode

Dalam penelitian ini, pemodelan dilakukan menggunakan Matlab. Pemodelan system terdiri dari pemodelan target, kecepatan target dan clutter, arah kedatangan (DoA) atau sudut dari target dan clutter. Clutter dimodelkan menggunakan distribusi yang menyerupai distribusi angin yaitu Rayleigh. Sinyal transmisi radar menggunakan OFDM dibangkitkan dan diterima oleh radar penerima berupa sinyal echo yang kemudian dideteksi keberadaan target sesuai kecepatan dan arah kedatangan atau sudut dari target dan clutter. Untuk pemodelan pada sistem radar MIMO OFDM digambarkan pada gambar 1.



**Gambar 1.** Pemodelan Sistem Radar MIMO OFDM

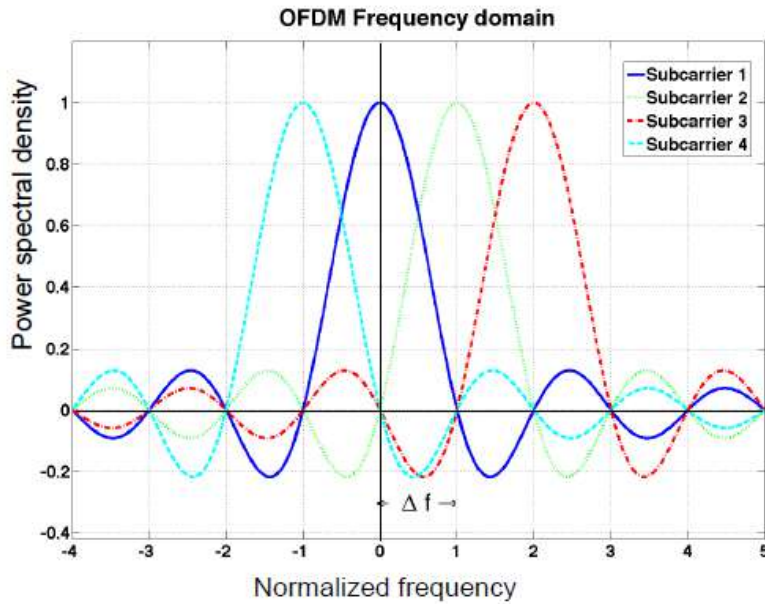
Gambar 1 di atas menunjukkan pemodelan sistem pada radar MIMO OFDM diawali dengan pembangkitan sinyal OFDM.

- Pembangkitan Sinyal OFDM

Pada transmitter, dibangkitkan sinyal OFDM yang direpresentasikan :

$$x(t) = \sum_{\mu=0}^{M_{sym}-1} \sum_{n=0}^{N_c-1} D(\mu N_c + n) \exp(j2\pi f_n t) \text{rect}\left(\frac{t-\mu T}{T}\right) \quad (1)$$

dengan dimana  $N_c$  adalah jumlah subcarrier,  $n$  indeks setiap subcarrier,  $M_{sym}$  merupakan total simbol OFDM yang dikirim transmitter,  $\mu =$  indeks dari setiap simbol OFDM,  $D(\mu + n) =$  simbol termulasi kompleks,  $f_n =$  frekuensi setiap subcarrier,  $T =$  durasi simbol OFDM,  $rect(\frac{t}{T}) =$  window persegi dari durasi  $T$ . Bentuk sinyal OFDM ditunjukkan seperti pada gambar 2. Setelah sinyal OFDM dibangkitkan lalu dilakukan pemodelan kecepatan pada target dan clutter.



Gambar 2. Bentuk Sinyal OFDM [4]

Gambar 2 menunjukkan bentuk sinyal OFDM dengan empat subcarrier dan antar subcarrier dipisahkan oleh spasi yang disebut spasi antar frekuensi subcarrier ( $\Delta f$ ) yang berbanding terbalik terhadap periode simbol sinyal OFDM.

$$\Delta f = \frac{1}{T_0} \quad (2)$$

$\Delta f =$  jarak antar frekuensi subcarrier,  $T_0 =$  periode simbol OFDM

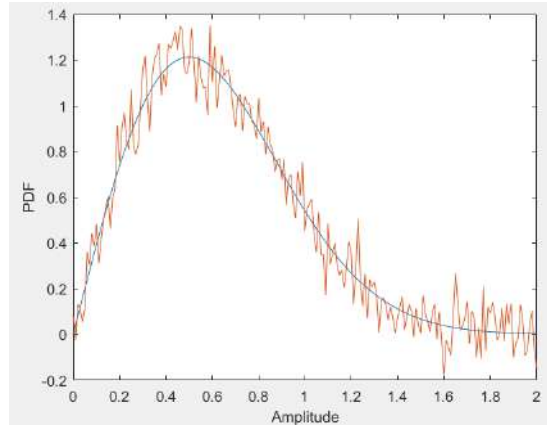
- Pemodelan Kecepatan

Untuk memodelkan kecepatan bergantung pada pergeseran Doppler. Untuk target bergerak maka ditambahkan pergeseran Doppler. Target yang bergerak mendekati radar, pergeseran Doppler bernilai positif. Sedangkan target yang bergerak menjauhi radar, pergeseran Doppler bernilai negatif. Untuk memodelkan kecepatan yaitu disetarakan terlebih dahulu dengan frekuensi dopplernya setelah itu dimasukkan ke dalam persamaan (3). Setelah itu dilakukan pemodelan kecepatan pada clutter angin.

$$k_D(m) = \exp(j2\pi m T_{OFDM} f_D) \quad (3)$$

- Pemodelan Clutter Angin

*Clutter* merupakan kondisi lingkungan maupun objek yang berada di sekitar target dimana keberadaannya dapat mengganggu deteksi target. Pada penelitian ini angin dianggap sebagai clutter yang dapat mengganggu kemampuan radar dalam mendeteksi target. Clutter angin memiliki penyebaran yang acak, fase dan amplitude yang tidak tentu. Untuk itu faktor angin digambarkan distribusi Rayleigh seperti pada gambar 3.



**Gambar 3.** PDF Distribusi Rayleigh secara teori dan simulasi

Untuk faktor angin [5] dapat ditulis dengan persamaan (4)

$$A_w = \left( \frac{1.9425 v_w}{1 + \frac{v_w}{15}} \right)^{1.1(\lambda + 0.02)^{-0.4}} \quad (4)$$

Dimana  $v_w$  merupakan kecepatan angin,  $v_w$  adalah faktor angin.

- Pemodelan Sudut Kedatangan (DoA)

Selain mendeteksi kecepatan, radar pada penelitian ini juga dapat mendeteksi sudut kedatangan dari target maupun clutter. Untuk itu system pada radar menggunakan algoritma MUSIC (*Multiple Signal Classification*) yang dikenal sebagai metode *eigenstructure* dengan resolusi yang tinggi. MUSIC dapat digunakan untuk mendapatkan informasi jumlah sinyal yang diterima, *Direction of Arrival* (DoA) atau sudut kedatangan, dan besarnya daya sinyal yang diterima. Pada algoritma ini, sinyal yang diterima didapatkan dari nilai *eigenvalue* dan *eigenvector*. Jumlah sinyal disimbolkan dengan huruf  $D$ , jumlah *eigenvalue* dan *eigenvector* sinyal adalah  $D$ , dan *eigenvalue* dan *eigenvector noise* adalah  $M-D$ , dimana  $M$  adalah jumlah dari elemen *array* di sisi penerima [6]. Selanjutnya setelah serangkaian pemodelan sistem radar MIMO telah dibuat, maka desain sistem radar dapat dibuat dengan menentukan beberapa spesifikasi yang dibutuhkan.

- Desain Sistem Radar MIMO OFDM

Pada pemodelan sistem radar, digunakan konfigurasi antena MIMO 4x4 sehingga masing-masing pada pemancar dan penerima memiliki 4 antena dan jumlah kanal sebanyak  $M \times N$  yaitu 16. Sinyal yang digunakan yaitu sinyal OFDM. Dari sistem yang dibangun, didapatkan dua informasi yaitu kecepatan target dan clutter, serta sudut kedatangan dari target dan clutter. Informasi kecepatan target didapatkan dari periodogram, sedangkan informasi sudut didapatkan dari algoritma MUSIC [7].

Sistem parameter diperlukan untuk menentukan spesifikasi radar yang akan dirancang dengan memperhatikan frekuensi kerja radar dan kecepatan relatif radar. Frekuensi pembawa ( $f_c$ ) yang digunakan pada radar penelitian ini adalah 24 GHz.

$f_D \max = 2 v_r/\lambda$  jadi  $f_D = 91$  kHz. Untuk menjaga ortogonalitas antar subcarrier, ukuran jarak intercarrier harus lebih besar dari sepuluh kali  $f_D \max$   $f_c > 10 f_D \max$ . Kecepatan relatif maksimum target ( $v_r \max$ ) adalah 55,56 m/s. Jangkauan maksimum target adalah 206 m. Rentang resolusi yang diinginkan R adalah 1,5 m dan resolusi kecepatan yang diinginkan adalah 2,16 m/s. Bandwidth (B) diperoleh dengan membagi kecepatan cahaya dengan resolusi jarak dua kali. Untuk menentukan jumlah subcarrier ( $N_c$ ) dapat dilakukan dengan menghitung lebar bandwidth dibagi spasi antar subcarrier. Karena nilai B dibagi  $f_c$  menghasilkan 1098. Dan nilai dua pangkat yang mendekati 1098 adalah 1024 yaitu 210.

Periode OFDM (TOFDM) diperoleh dari periode simbol OFDM dan periode awalan siklik ( $T_{cp}$ ). Periode  $cp$  diatur pada  $1/8$  dari  $T_0$ . Untuk menyelesaikan ISI dengan sempurna, maka panjang  $T_{cp}$  harus lebih besar dari delay maksimum dengan jarak yang ditetapkan sepanjang  $1/8$  dari  $T_0$ , sehingga  $T_p$  memiliki durasi 1,28 s dan TOFDM 11,28 s. Berikut spesifikasi radar OFDM MIMO yang digunakan pada simulasi penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

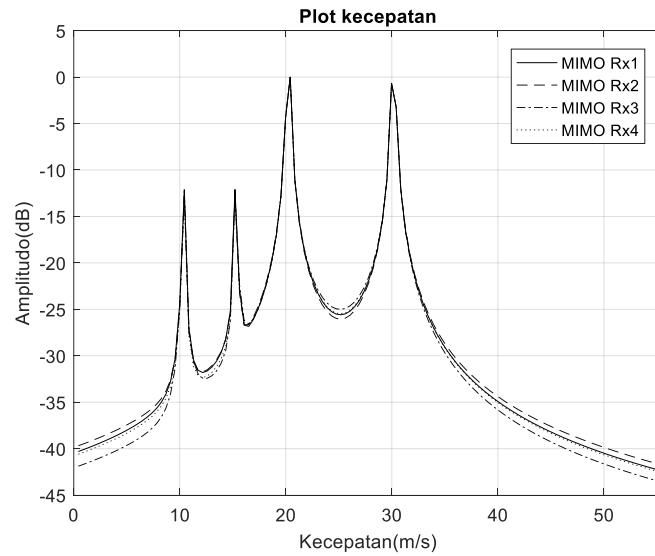
### 3. Hasil

- Deteksi Kecepatan dan Sudut Kedatangan (DoA)

Radar akan mendeteksi target yaitu mobil yang bergerak di depan mobil radar dan mendeteksi angin sebagai clutter. Keberadaan clutter ini dapat mengaburkan deteksi target dan mengganggu deteksi target. Pada simulasi ini digunakan frekuensi carrier 24 GHz dengan panjang gelombang 1.25 cm. Masing-masing antenna pemancar dan penerima memiliki 4 elemen dan spasi antar elemen  $\lambda/2$ . Kendaraan sedang berjalan dengan kecepatan konstan 20 m/s. Deteksi kecepatan target dan clutter digambarkan pada gambar 4.

**Tabel 1.** Spesifikasi Radar yang Digunakan

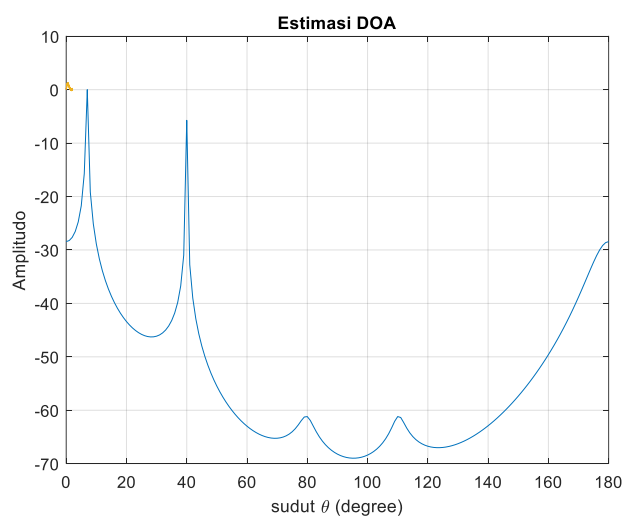
Symbol	Parameter	Value
$f_c$	Carrier Frequency	24 GHz
$N_c$	Number of Subcarrier	1024
$N_{ct}$	Number of subcarrier/transmit	256
$\Delta f$	Space of subcarrier	90.909 kHz
B	Bandwidth	93.1 MHz
$T_0$	Periode of symbol	10 $\mu$ s
$T_p$	Cyclic prefix duration	1.28 $\mu$ s
$M_{sym}$	Number of OFDM symbol	256
$\Delta R$	Range Resolution	1.5 m
$r_{\max}$	Maximum Range	206 m
$v_{\max}$	Maximum velocity	200 km/h
$\Delta v$	Velocity resolution	2.16 m/s



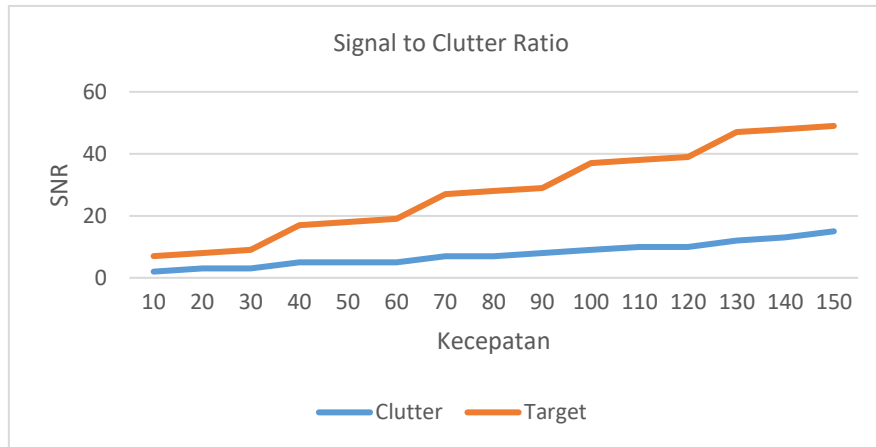
**Gambar 4.** Deteksi Kecepatan Target dan Clutter

Dari gambar 4 menunjukkan kecepatan target sebesar 20 m/s dan 30 m/s. Pada gambar juga terdeteksi clutter yang memiliki kecepatan 10 m/s dan 5 m/s, tampak jika clutter hampir menyerupai target. Tetapi jika dilihat lagi target dan clutter memiliki amplitudo yaitu level daya yang berbeda. Untuk target dengan kecepatan 20 m/s dan memiliki daya level sebesar 0 dB sedangkan clutter dengan kecepatan 10 m/s dan 5 m/s memiliki level daya yang lebih kecil yaitu sekitar -13 dB.

Untuk deteksi sudut kedatangan target dan clutter ditunjukkan pada gambar 5. Pada gambar tampak target pada sudut  $10^\circ$  dan  $40^\circ$ . Target dengan sudut  $10^\circ$  memiliki level daya sebesar 0 dB dan target dengan sudut  $40^\circ$  memiliki level daya -5 dB. Sedangkan angin sebagai clutter terdeteksi pada sudut  $80^\circ$  dengan level daya jauh di bawah level daya target yaitu sekitar -62 dB. Sedangkan clutter kedua yang terdeteksi pada sudut  $110^\circ$  dengan level daya yang sama dengan clutter pertama yaitu sekitar -62 dB.



**Gambar 5.** Deteksi Sudut Kedatangan Target dan Clutter



**Gambar 6.** Perbandingan SNR Target dan Clutter

- Signal to Noise Ratio (SNR)

Pada penelitian ini dilakukan simulasi didapatkan nilai SNR dimana clutter dianggap sebagai *noise*. Seperti ditunjukkan pada gambar 6 bahwa dilakukan simulasi mulai dari 10 m/s hingga 150 m/s dan didapatkan nilai SNR target yang lebih tinggi dibanding SNR clutter. Saat target berada pada kecepatan 10 m/s SNR bernilai sekitar 8 dB sedangkan clutter SNR nya bernilai 2 dB. Pada kecepatan 80 m/s target memiliki SNR sebesar 28 dB, sedangkan clutter nilai SNR nya sebesar 8 dB. Pada kecepatan 150 m/s target memiliki SNR sebesar 50 dB, sedangkan clutter memiliki SNR sebesar 15 dB. Hal ini menunjukkan jika SNR pada target jauh lebih baik dibanding dengan SNR pada clutter.

#### 4. Kesimpulan

Dari simulasi dan analisis data yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa pada deteksi kecepatan, target memiliki level daya yang lebih tinggi dibanding level daya clutter sehingga hal ini dapat memudahkan radar apabila diberi system mitigasi untuk menekan clutter yang mengganggu. Kemudian, pada deteksi sudut kedatangan, target juga memiliki level daya yang lebih tinggi dibanding clutter sehingga memudahkan radar membedakan antara target dan clutter. Selain itu, semakin besar kecepatan target semakin besar nilai SNR yang didapatkan yaitu mengalami peningkatan sebesar 40 dB sehingga menjadi 50 dB, sedangkan pada clutter kenaikan nilai SNR yaitu hanya sekitar 15 dB. Hal ini menunjukkan bahwa clutter angin tidak berdampak besar terhadap kemampuan deteksi radar MIMO OFDM.

#### Referensi

1. W. A. H. Mark A. Richards, James A. Scheer, "Principles of Modern Radar Vol. 1". Scitech Publishing, 2010.
2. Mecca, V., and Krolik, J. "MIMO Enabled Multipath Clutter Rank Estimation," IEEE Radar Conference, Pasadena 2009
3. D.Kuswidyastuti, M.Rizky, P.H.Mukti, G. Hendranto, "MIMO Radar Waveform Design Using Interleaved-OFDM Technique", IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNETSAT), 2016
4. W. Wiesbeck, "System Concepts for the Radar of the Future," Karlsruhe Institute of technology, 2014.
5. Qin Hua, Cha Hao, Zhou Mo. "Simulation and Modeling of Radar Echo Signal". Institute of Ocean Electromagnetic Environment Naval University of Engineering Wuhan, China. 2012
6. J. I. Emmett, "Using the Singular Value Decomposition", Carlson Center for Imaging Science, May 29, 2003.

7. W. A. H. Mark A. Richards, James A. Scheer, "Principles of Modern Radar Vol. 1". Scitech Publishing, 2010.



© 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

# Sistem Monitoring Detak Jantung pada Sepeda Treadmill Menggunakan Sensor MAX30102

Muhammad Jafar Shiddiq<sup>1</sup> dan Anggara Trisna Nugraha<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Otomasi, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya; [jafarshiddiq03@student.ppns.ac.id](mailto:jafarshiddiq03@student.ppns.ac.id)

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya; [anggaranugraha@ppns.ac.id](mailto:anggaranugraha@ppns.ac.id)

**Abstrak:** Salah satu kesehatan organ tubuh yang harus di jaga adalah jantung. Jantung adalah organ tubuh manusia yang memiliki fungsi vital, jika terjadi kelainan kecil pada jantung dapat berpengaruh besar terhadap kinerja dalam tubuh kita, untuk itu menjaga kesehatan adalah prioritas utama dan diperlukan perhatian serius [2]. Seiring dengan pesatnya perkembangan di bidang ilmu kesehatan dapat memberikan dampak dari sisi kedokteran maupun bidang ilmu lainnya yang mendukung seperti kimia, biologi, farmasi serta bidang ilmu lainnya. Tidak ketinggalan pada bidang ilmu informatika turut berperan penting untuk menjaga, *memonitoring*, mendiagnosa dan manajemen kesehatan terutama pada kesehatan jantung. Dengan berkembangnya ilmu kesehatan membuat masyarakat lebih antusias untuk selalu meningkatkan kebugaran tubuh agar kondisi tetap prima di era *new normal* saat ini, banyak hal yang berubah untuk menyesuaikan keadaan sekitar setelah terjadinya pandemi akibat dari virus Covid 19. Salah satu yang berdampak penyesuaian di era *new normal* adalah penggunaan transportasi dikarenakan untuk menjaga jarak satu sama lain. Banyak masyarakat yang memilih berpergian menggunakan transportasi yang ramah lingkungan dan menyehatkan, salah satunya adalah bersepeda. Pada tahun 2016, *Deshmukh* dan kawan kawan melakukan penelitian yang berjudul "*Desig of Walking Bike*" adalah salah satu pengembangan dari beberapa judul penelitian yang membahas desain perancangan sepeda *treadmill* [5]. Penelitian ini melakukan sebuah uji coba mekanik dan desain perancangan dari sepeda *treadmill* ke dalam bentuk 3D *modeling*. Dengan mengikuti perkembangan teknologi yang begitu melesat. Penyusun melakukan penelitian terkait pengaruh sepeda *treadmill* terhadap *monitoring* detak jantung menggunakan sensor MAX30102. Dari hasil penelitian yang sudah di lakukan terdapat dua *output* nilai yang dapat disimpulkan secara singkat. Pada pengujian pertama terdapat persentase *error* sebesar 12,64%, lalu pada pengujian ke dua memiliki persentase *error* sebesar 22,09%. Dari hasil pengujian tersebut penyusun menyimpulkan pada penelitian selanjutnya agar dengan menambahkan metode Kalman filter pada sensor MAX30102.

**Kata Kunci:** *Beats Per Minute*, Detak Jantung, Sepeda *Treadmill* dan *Pulse Heart*.

---

## 1. Pendahuluan

Kesehatan merupakan keadaan sejahtera dari jiwa, bnda dan sosial yang memungkinkan seseorang hidup secara ekonomis dan sosial. Kesehatan merupakan aset terpenting dalam hidup manusia karena dengan diberikannya kesehatan dapat melakukan berbagai kegiatan dan berpikir dengan baik [1]. Salah satu kesehatan organ tubuh yang harus di jaga adalah jantung. Jantung adalah organ tubuh manusia yang memiliki fungsi vital, jika terjadi kelainan kecil pada jantung dapat berpengaruh besar terhadap kinerja dalam tubuh kita, untuk itu menjaga kesehatan adalah prioritas utama dan diperlukan perhatian serius [2]. Seiring dengan pesatnya perkembangan di bidang ilmu kesehatan dapat memberikan dampak dari sisi kedokteran maupun bidang ilmu

lainnya yang mendukung seperti kimia, biologi, farmasi serta bidang ilmu lainnya. Tidak ketinggalan pada bidang ilmu informatika turut berperan penting untuk menjaga, *memonitoring*, mendiagnosa dan memajemen kesehatan terutama pada kesehatan jantung. Detak jantung menjadi salah satu faktor alat ukur kesehatan seseorang yang dapat diamati dengan terjadinya peningkatan denyut nadi pada saat istirahat [3].

Dengan berkembangnya ilmu kesahatan membuat masyarakat lebih antusias untuk selalu meningkatkan kebugaran tubuh agar kondisi tetap prima di era *new normal* saat ini, banyak hal yang berubah untuk menyesuaikan keadaan sekitar setelah terjadinya pandemi akibat dari virus Covid 19. Salah satu yang berdampak penyesuaian di era *new normal* adalah penggunaan transportasi dikarenakan untuk menjaga jarak satu sama lain. Banyak masyarakat yang memilih berpergian menggunakan transportasi yang ramah lingkungan dan menyehatkan, salah satunya adalah bersepeda. Sepeda adalah kendaraan yang memiliki dua buah roda atau tiga roda, mempunyai tempat duduk, setang dan sepasang pengayuh yang digerakan menggunakan kaki untuk menjalankannya [4]. Pada awal abad ke-18, sepeda baru dikenalkan dilingkungan masyarakat sebagai media transportasi roda dua yang dinamai *velocipede*. Lalu seiring dengan berkembangnya teknologi mekanik masyarakat mulai mengenal sepeda menjadi kendaraan roda dua dengan komponen terpentingnya yaitu sebuah *frame*, karena *frame* memiliki peranan penting untuk menopang beban pengendara dan menyambungkan berbagai komponen lainnya sehingga terciptalah sebuah bentuk sepeda yang kitakenal saat ini.

Pada tahun 2016, *Deshmukh* dan kawan kawan melakukan penelitian yang berjudul "*Desig of Walking Bike*" adalah salah satu pengembangan dari beberapa judul penelitian yang membahas desainperancangan sepeda *treadmill* [5]. Penelitian ini melakukan sebuah uji coba mekanik dan desain perancangan dari sepeda *treadmill* ke dalam bentuk 3D *modeling*. Lalu permasalahan yang ada di ambil pada penelitian itu adlah menciptakan sebuah kendaraan yang inovatif dan ramah lingkungan. Kelebihan dari konsep penelitian ini adalah masih dapat dikembangkan dengan menambahkan motor listrik dengan jenis BLDC sebagai penggerak roda belakang. Untuk kekurangannya adalah belum adanya pengembangan teknologi terkait instrumentasi yang diterakan pada sepeda *treadmill*.

Banyaknya pengendara sepeda yang kurang memperhatikan kesehatan dengan memaksa untuk mengendarai lebih jauh, serta kurangnya konsumsi air yang cukup mengakibatkan pengendara kekurangan oksigen atau dehidrasi. Hal ini dapat mengakibatkan pengendara kehilangan fokus, pingsan mendadak serta yang lebih parah mengakibatkan serangan jantung. Berdasarkan permasalahan di atas, pada penelitian ini diharapkan mampu mengatasi permasalahan tersebut dengan adaya pembahasan terkait sepeda *treadmill* yang dilengkapi dengan *monitoring* detak jantung untuk mengetahui kadar oksigen yang ada pada tubuh.

## 2. Metode Pembuatan Alat

### 2.1) Sepeda *Treadmill*

Sepeda listrik adalah jenis kendaraan yang digerakkan oleh motor listrik, yang digerakkan dengan menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai dan tempat penyimpanan energi lainnya. Motor listrik adalah perangkat elektromagnetik yang mampu mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik digunakan untuk menggerakkan motor listrik pada sepedalistrik [5].

Pengembangan sepeda listrik sudah dimulai pada penelitian yang berjudul "*Design and Fabrication of Treadmill Bicycle*". Selain itu terdapat beberapa penelitian, salah satunya yang dilakukan oleh Devashish Tiwari dan kawan-kawan pada penelitian yang berjudul "*Effect of Modification of Treadmill Bicycle by Chaindrive*". Dari kedua penelitian tersebut, pembahasan yang dijelaskan adalah memodifikasi desain perancangan mekanik pada sepeda *treadmill* sehingga bisa bergerak secara *mobile* dan digerakan secara manual dengan tenaga penggunanya. Dalam kondisi ini maka usaha yang dialami pengguna sepeda *treadmill* ini cukup besar dan pada akhirnya juga mempengaruhi jarak yang bisa ditempuh selama berolahraga.



**Gambar 1.** Sepeda *Treadmill* dengan Sistem Penggerak Motor BLDC [5]

Mekanisme kerja sepeda *treadmill* sangat sederhana, yaitu dengan memanfaatkan 2 sumber penggerak. Sumber penggerak yang pertama berasal dari baterai yang digunakan untuk menggerakkan motor sehingga bisa menjalankan sepeda *treadmill*, lalu sumber penggerak yang kedua berasal dari tenaga penggunanya dengan berjalan di atas *treadmill*, gerakan berputar pada *belting* akan disalurkan ke transmisi *converter* pada sepeda untuk menggerakkan roda belakang.

## 2.2) Standar Detak Jantung

Detak jantung dapat dikatakan normal apabila dihitung dalam kondisi istirahat atau tidak sedang melakukan aktivitas fisik. Untuk mengetahui jumlah pulse rate detak yaitu dengan menghitung perubahan secara tiba-tiba dari tekanan yang dirambatkan sebagai gelombang pada dinding darah. Untuk menghitung secara manual jumlah detak jantung bisa menggunakan *stethoscope* sebagai alat ukur untuk mengetahui kondisi detak jantung secara manual. Begitu juga detak jantung menjadi salah satu faktor alat ukur kesehatan seseorang yang dapat diamati dengan terjadinya peningkatan denyut nadi pada saat istirahat.

Detak jantung juga menjadi salah satu faktor untuk mengukur kesehatan seseorang yang dapat diamati dengan terjadinya peningkatan pada denyut jantung ketika istirahat. Pengukuran detak jantung sangat berguna untuk mengetahui kondisi tubuh terkini dengan mengacu pada jenis kelamin dan umur [3]. Dalam pengukuran detak jantung berguna untuk mengetahui kondisi tubuh dengan mengacu pada umur dan jenis kelamin, seperti pada table dibawah ini.

**Tabel 1.** Detak Jantung Kondisi Istirahat Laki-Laki

Kondisi	Usia					
	18-25	26-35	36-45	46-55	56-65	65+
	<b>Detak Jantung (BPM)</b>					
Sanagt Baik sekali	49-55	49-54	50-56	50-57	51-56	50-55
Sangat Baik	56-61	55-61	57-62	58-63	57-61	56-61
Baik	62-65	62-65	63-66	64-67	62-67	62-65
Lebih dari Cukup	66-69	66-70	67-70	68-71	68-71	66-69
Cukup	70-73	71-74	71-75	72-76	72-75	70-73
Kurang	74-81	75-81	76-82	77-83	76-81	74-79
Buruk	82+	82+	83+	84+	82+	80+

Sumber: ([www.topendsports.com/testing/heart-rate-resting-chart.htm](http://www.topendsports.com/testing/heart-rate-resting-chart.htm), 2021)

**Tabel 2.** Detka Jantung Kondisi Istirahat Wanita

Kondisi	Usia					
	18-25	26-35	36-45	46-55	56-65	65+
	<b>Detak Jantung (BPM)</b>					
Sanagt Baik sekali	54-60	54-59	54-59	54-60	54-59	54-59
Sangat Baik	61-65	60-64	60-64	61-65	60-64	60-64
Baik	66-69	66-68	65-69	66-69	65-68	65-68
Lebih dari Cukup	70-73	69-72	70-73	70-73	69-73	69-72
Cukup	74-78	73-76	74-78	74-77	74-77	73-76
Kurang	79-84	77-82	79-84	78-83	78-83	77-84
Buruk	85+	83+	85+	84+	84+	84+

Sumber: ([www.topendsports.com/testing/heart-rate-resting-chart.htm](http://www.topendsports.com/testing/heart-rate-resting-chart.htm), 2021)

*Heart Rate* (Denyut nadi) adalah jumlah detak jantung dalam satu menit dengan satuan *Beat Per Minute* (bpm). Tingkatan denyut nadi akan rendah, jika sedang tidak beraktifitas atau istirahat, dan menjadi tinggi, jika sedang beraktifitas tinggi, seperti olahraga [6]. Nilai *Heart rate* saat istirahat untuk anak-anak sebesar 70- 100 (bpm) untuk usia 6-15 tahun, sedangkan untuk dewasa dengan usia di atas 18 tahun sebesar 60-100 bpm.

Denyut jantung rata-rata sangat ditentukan oleh keseimbangan antara tingkat aktivitas saraf simpatis dan parasimpatis jantung. Penurunan aktivitas vagal dapat dipengaruhi oleh penurunan aktivitas simpatis pada suatu saat, meskipun keduanya bersifat otonom. Pada prinsipnya, kombinasi beberapa tingkat aktivitas simpatis dan parasimpatis harus menghasilkan hasil denyut jantung rata-rata yang sama.

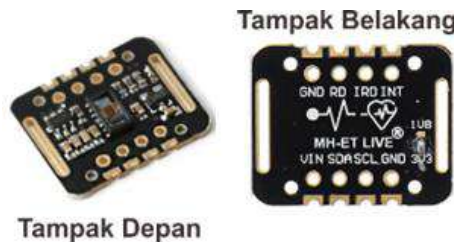
2.3) Sensor MAX30102

Modul sensor MAX30102 merupakan salah satu jenis sensor yang dapat mendeteksi laju dari detak jantung serta suhu tubuh manusia. Sensor ini memiliki inframerah dan LED yang berwarna merah dilengkapi oleh *photodetector* yang terletak sebelahan serta memiliki sebuah *noise* yang cukup rendah dengan penolakan cahaya di sekitar sensornya. Pada umumnya sensor ini digunakan untuk perangkat asisten kebugaran agar dapat memantau secara berkala pada kondisi tubuh selama proses olahraga yang terintegrasi dengan *smartphone*, *tablet* maupun perangkat yang dapat menunjang sensor [2].

Sensor ini beroperasi pada catu daya tunggal dengan tegangan 1,8V dan catu daya 3,3V yang terpisah untuk LED internal. Modul sensor ini dilengkapi dengan I2C sebagai antarmuka standar yang compatible agar perangkat seluler dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler. Modul ini dapat dimatikan melalui perangkat lunak dengan arus siaga nol dan memungkinkan daya tetap dalam kondisi menyala setiap saat.

**Tabel 3.** Spesifikasi Sensor MAX30102

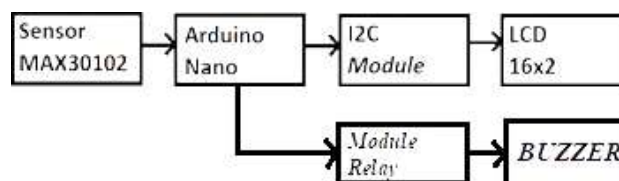
Spesifikasi Sensor MAX30102	
<i>Operation Voltage</i>	1,8V ~ 5V
<i>Current Consumption</i>	20mA
<i>Output Signa Interface</i>	I2C
<i>LED supply voltage</i>	3,3V ~ 5V
<i>Detection Signal Type</i>	<i>Light Reflection Signal</i>
<i>Communication Interface Voltage</i>	18~3,3V~5V



**Gambar 2.** Sensor MAX30102 [7]

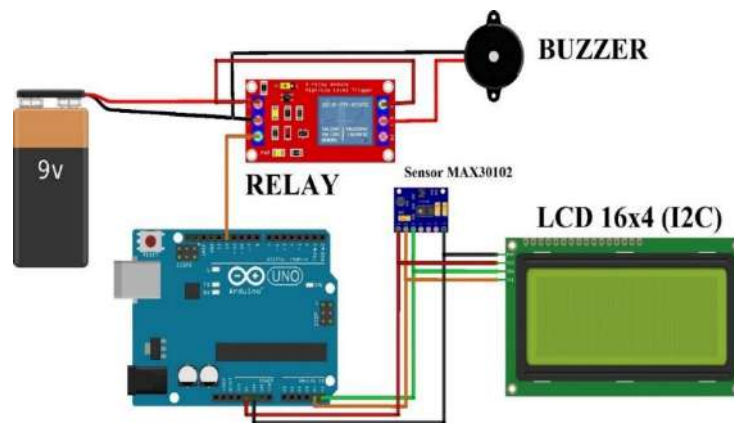
Pembacaan sensor tergantung pada hemoglobin, pada homoglobin yang lebih kaya akan oksigen untuk menyerap lebih banyak cahaya inframerah, sedangkan yang tidak memiliki oksigen akan menyerap cahaya merah. Mikroprosesor pada probe menghitung perbedaan kadar oksigen dan mengubah informasi tersebut ke dalam nilai digital. Nilai tersebut kemudian ditaksir untuk menentukan jumlah oksigen yang dibawa oleh darah. Pengukuran penyerapan cahaya relatif dibuat beberapa kali setiap detiknya [7].

2.4) Perancangan Sistem



**Gambar 3.** Diagram Sistem

Pada Gambar 3 adalah perancangan diagram sistem yang terbagi menjadi tiga bagian pokok. Yaitu *input*, *controller* dan *output*. *Input* meliputi sebuah sensor untuk mendeteksi detak jantung, lalu pada bagian kontroler menggunakan Arduino uno dan *output* yaitu module I2C yang dipadukan dengan LCD 16x2 dan modul relay untuk mengaktifkan *buzzer*. Pembacaan sensor MAX30102 tergantung dengan posisi jari yang ditempelkan pada sensor. Lalu sensor akan mengirim data digital ke mikrokontroler untuk di olah hasil dari pembacaan sensor. Setelah itu akan di *convert* berapa nilai *output* tampilan LCD menggunakan LCD 16x2. Jika sensor melebihi batas yang sudah di tentukan dengan batasan nilai minimum 93 bpm dan maksimum 157 bpm.



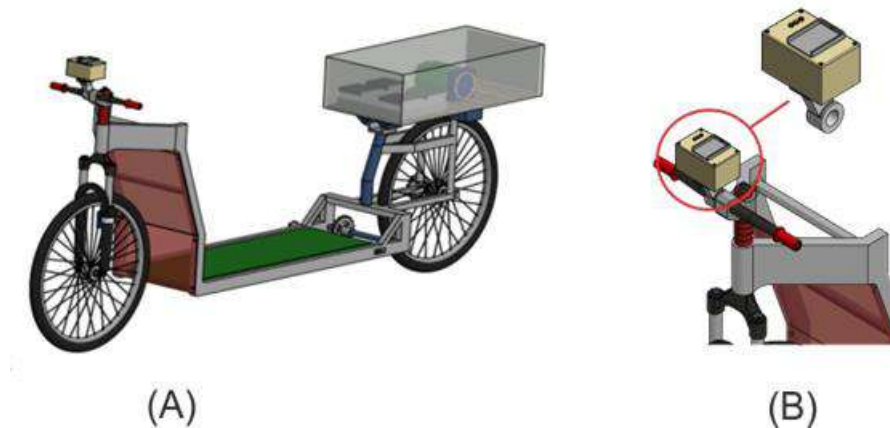
Gambar 4. Perancangan Wiring Sistem

Gambar 4 adalah perancangan *wiring* sistem secara simulasi menggunakan *software fritzing*. Terdapat delapan buah *pin* yang digunakan. 4 buah *pin* untuk *module* I2C pada LCD 16x4 menggunakan 2 buah *pin* SDA dan SCL dan 2 *pin* untuk sensor MAX30102 untuk SDA dan SCL. Tegangan yang digunakan pada sensor MAX30102 dan I2C pada LCD 16x4 menggunakan tegangan sebesar 5 volt. Berikut ini adalah tabel untuk menjelaskan *pin* apa saja yang terhubung antara *input*, kontroler dan *output*. Untuk memperjelas arah jalur pada perancangan *wiring* sistem bisa dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perancangan Wiring Sistem

Sensor MAX30102	Arduino	Baterai
GND	GND	-
SDA	A5	-
SCL	A4	-
VCC	+5V	-
Module I2C (LCD 16x2)	Arduino	Baterai
VCC	+5V	-
GND	GND	-
SDA	A5	-
SCL	A4	-
Modul Relay	Arduino	Baterai 9V
IN	D12	-
GND	-	9V
VCC	-	GND

## 2.5) Perancangan Mekanik Sepeda *Treadmill*



**Gambar 5.** (A) 3D Model Sepeda *Treadmill*, (B) Peletakan Posisi Sensor MAX30102

Gambar 5 adalah perancangan 3D *modelling* pada sepeda *treadmill*, desain rancangan yang dibuat bertujuan sebagai gambaran awal sebelum melakukan pembuatan mekanik secara nyata. Selain sebagai gambaran awal juga digunakan untuk mengurangi kesalahan pada saat melakukan pembuatan kerangka sepeda. Pada Gambar 5 (a) merupakan perancangan secara keseluruhan pada sepeda *treadmill*, lalu pada Gambar 5 (b) adalah peletakan *box* untuk meletakkan rangkaian seperti LCD dan kontroler (Arduino). Lalu hasil dari perancangan desain 3D bisa dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Hasil Rancang Bangun Sepeda *Treadmill*

## 3. Hasil Pengujian

Pada pengujian ini penyusun membandingkan hasil pembacaan nilai *output* dari sensor MAX30102 dengan validator berupa *fingertrip pulse oximeter*. Pengujian dilakukan secara eksperimental. Pengujian di bagi menjadi 2 bagian, yaitu pada saat berjalan normal diatas *treadmill* sambil mengendarai sepeda dan saat berjalan cepat di atas *treadmill*.

Cara pengambilan data pada pengujian ini dengan cara mengendarai sepeda *treadmill*, penyusun meletakkan jempol pada sensor MAX30102 dan *fingertrip pulse oximeter* pada jari telunjuk. Berikut ini adalah gambaran validator yang digunakan dan bagaimana cara mengambil data pembanding antara sensor MAX0102 dan validator dengan mengendarai sepeda.



**Gambar 7.** *Fingertrip Pulse Oximeter* sebagai Validator



**Gambar 8.** Pengujian Sensor MAX30102 dan Validator dengan Mengendarai Sepeda *Treadmill*

Gambar 8 adalah pengujian sensor MAX30102 dengan perbandingan menggunakan validator yaitu *fingertrip pulse oximeter*. Pengujian terbagi menjadi dua bagian, yaitu pengambilan pembacaan sensor MAX30102 dengan berjalan normal di atas *treadmill* dan berjalan cepat di atas *treadmill*.

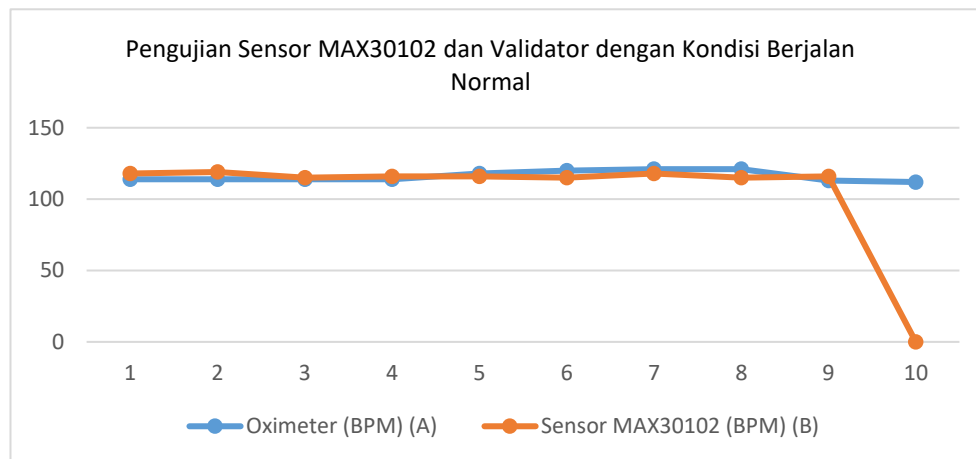
### 3.1) Pengujian Sensor pada Saat Berjalan Normal

Pada pengujian ini, pengendara mengendarai sepeda *treadmill* dengan kondisi berjalan normal. Pengujian dilakukan dengan mengendarai sepeda *treadmill* jarak tempuh kurang lebih 500 meter sebanyak 10 kali. Hasil perbandingan antara sensor MAX30102 dan validator pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Pengujian Sensor MAX30102 dan Validator dengan Kondisi Berjalan Normal.

No	Oximeter (BPM) (A)	Sensor MAX30102(BPM) (B)	A-B	A-B	A-B /A	( A-B /A)*100%
1	114	118	-4	4	0,035	3,5
2	114	119	-5	5	0,043	4,38
3	114	115	-1	1	0,008	0,87
4	114	116	-2	2	0,017	1,75
5	118	116	2	2	0,016	1,69
6	120	115	5	5	0,041	4,16
7	121	118	3	3	0,024	2,47
8	121	115	6	6	0,049	4,95
9	113	116	-3	3	0,026	2,65
10	112	-	112	112	1	100
Rata-rata error (%)						12,64

Berdasarkan data pada Tabel 5, diketahui bahwa rata-rata *error* persentase yang dihasilkan dengan melakukan pengujian sebanyak 10 kali sebesar 12,64%. Pada pengujian ke 10, sensor tidak membaca adanya pembacaan jari yang di akibatkan karena adanya getaran pada saat mengendarai sepeda *treadmill*.



**Gambar 9.** Grafik Pengujian Sensor MAX30102 dan Validator dengan Kondisi Berjalan Normal.

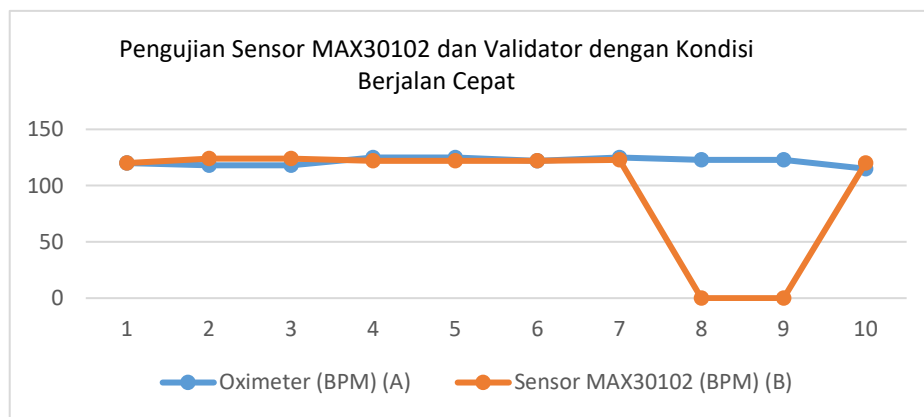
### 3.2) Pengujian Sensor pada Saat Berjalan Cepat

Pada pengujian ini, pengendara mengendarai sepeda *treadmill* dengan kondisi berjalan normal. Pengujian dilakukan dengan mengendarai sepeda *treadmill* jarak tempuh kurang lebih 500 meter sebanyak 10 kali. Hasil perbandingan antara sensor MAX30102 dan validator pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Pengujian Sensor MAX30102 dan Validator dengan Kondisi Berjalan Cepat.

No	Oximeter (BPM) (A)	Sensor MAX30102(BPM) (B)	A-B	A-B	A-B /A	( A-B /A)*100%
1	120	120	0	0	0	0
2	118	124	-6	6	0,050	5,084
3	118	124	-6	6	0,050	5,084
4	125	122	3	3	0,024	2,4
5	125	122	3	3	0,024	2,4
6	122	122	0	0	0	0
7	125	123	2	2	0,016	1,6
8	123	-	123	123	1	100
9	123	-	123	123	1	100
10	115	120	-5	5	0,043	4,347
Rata-rata error (%)						22,09

Berdasarkan data pada Tabel 6, diketahui bahwa rata-rata *error* persentase yang dihasilkan dengan melakukan pengujian sebanyak 10 kali sebesar 22,09%. Pada pengujian ke 8 dan ke 9, sensor tidak membaca adanya pembacaan jari jempul. Hal tersebut terjadi karena adanya getaran pada saat mengendarai sepeda *treadmill* yang terlalu cepat. Perancangan desain kerangka dan pengaturan suspensi pada sepeda sangat mempengaruhi dalam mengurangi getaran sepeda apabila melewati jalan yang tidak rata [8].



**Gambar 10.** Grafik Pengujian Sensor MAX30102 dan Validator dengan Kondisi Berjalan Cepat.



Gambar 11. Proses Pengambilan Data Detak Jantung

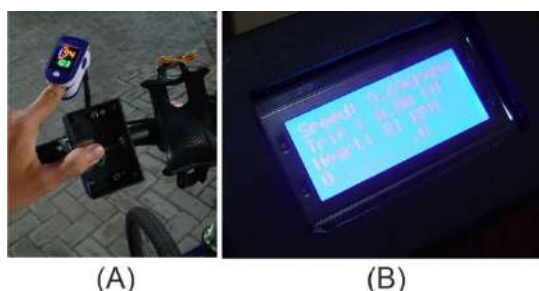
### 3.3) Pengujian Alarm pada Buzzer

Pengujian ini dilakukan sebagai pengingat bagi pengendara jika mengalami penurunan detak jantung. Proses pengambilan data dilakukan di dalam ruangan dengan kondisi pengendara tidak mengendari sepeda treadmill, Namun posisi jari jempol menempel pada sensor MAX30102. Agar alarm dapat berbunyi, penyusun menambahkan waktu delay sekitar 20 detik untuk mengaktifkan buzzer. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali percobaan. Jika sensor melebihi batas yang sudah ditentukan dengan batasan nilai minimum 93 bpm dan maksimum 157 bpm, maka buzzer akan berbunyi sebagai pengingat bagi pengendara. Berikut ini adalah hasil pengujian alarm pada buzzer.

Tabel 7. Pengujian Alarm pada Buzzer

No	Sensor MAX30102 (BPM)	Waktu Delay	Kondisi Buzzer
1	88	20 detik	Aktif
2	92	20 detik	Aktif
3	82	20 detik	Aktif
4	85	20 detik	Aktif
5	78	20 detik	Aktif

Tabel 7 adalah pengujian alarm yang dilakukan sebanyak 5 kali percobaan. Tujuan dari penelitian adalah menguji proses dari pembacaan dan pengolahan program oleh arduino, apakah alarm dapat bekerja dengan baik atau tidak. Lalu pada Gambar 12 adalah proses pengambilan data pada pengujian alarm pada buzzer.



Gambar 12. (A) Pengujian Output Sensor MAX30102 Terhadap Alarm, (B) Tampilan Nilai Pembacaan Sensor MAX30102.

#### 4. Cara Menggunakan Alat Detak Jantung pada Saat Mengendarai Sepeda *Treadmill*

Berikut ini adalah cara menggunakan pengukur detak jantung pada sepeda *treadmill*. Pada sisi sebelah kiri stang sepeda terdapat kotak hitam yang digunakan untuk mengukur detak jantung pengendara sepeda, lalu pada sisi sebelah kanan adalah *panel* mikrokontroler.

1. Pertama, usahakan untuk mengendarai sepeda *treadmill* terlebih dahulu hingga dalam kondisi stabil.
2. Setelah dirasa sepeda mulai stabil untuk di kendarai, pastikan untuk melakukan perjalanan dengan jarak 500 meter terselid dahulu.
3. Jika sudah mencapai jarak 500 meter, pengendara bisa memasukan jempol pada kotak hitam yang ada di sebelah kiri.
4. Jika kondisi detak jantung di bawah rata-rata batas nilai minimum 93 bpm dan maksimum 157 bpm pada saat menggunakan sepeda *treadmill*. Maka *alarm* akan berbunyi sebagai penanda bagi pengendara agar segera istirahat.

#### 5. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian sensor MAX30102 pada saat berjalan normal memiliki persentase *error* sebesar 12,64%. Nilai persentase *error* didapatkan dengan perbandingan *output* sensor dan validator. Pada pengujian ke 10 terjadi *packet loss* pembacaan sensor yang di akibatkan karena adanya getaran pada saat mengendari sepeda *treadmill*. Pada hasil pengujian sensor MAX30102 pada saat berjalan cepat memiliki persentase *error* sebesar 22,09%. Nilai persentase *error* didapatkan dengan perbandingan *output* sensor dan validator yaitu *fingertrip pulse oximeter*. Pada pengujian ke 8 dan 9 terjadi *packet loss* pembacaan sensor yang di akibatkan karena adanya getaran pada saat memacu sepeda *treadmill* dengan berjalan cepat. Lalu pada pengujian *alarm* yang dilakukan sebanyak 5 kali percobaan, didapatkan hasil bahwa jika sensor MAX30102 mengeluarkan nilai "0" maka buzzer tidak akan berbunyi. Di sisi lain penyusun membatasi pembacaan detak jantung dengan batas nilai minimum 93 bpm dan maksimum 157 bpm. Hasil dari pengujian tersebut buzzer aktif sesuai dengan batasan yang sudah ditentukan.

#### 6. Kesimpulan

Hasil pembacaan sensor MAX30102 memiliki persentase *error* yang cukup tinggi, dimana pada saat melakukan uji coba dengan mengendarai sepeda *treadmill* berjalan normal, memiliki persentase *error* sebesar 12,64%. Hal ini melebihi batas yang ditentukan agar sensor dapat terbaca secara akurat. Batas nilai dari persentase *error* akurasi sensor adalah maksimal 5%. Kemudian pada pengujian ke dua yaitu berjalan cepat di atas sepeda *treadmill*, dengan persentase *error* sebesar 22%. Dari hasil pembacaan sensor MAX30102, saran untuk kedepannya agar menambahkan metode untuk mengurangi *noise* pembacaan detak jantung, sehingga pembacaan detak jantung dapat lebih stabil dan lebih akurat menyesuaikan validator yang digunakan. Sebagai contoh penambahan metode Kalman filter pada sensor MAX30102. Agar pembacaan sensor detak jantung tidak mengalami gangguan akibat getaran bahkan terjadinya *packet loss* pada saat pembacaan sensor. Penyusun menyarankan untuk mengubah posisi pada sensor agar dapat digunakan dengan nyaman seperti pada pergelangan tangan maupun menempelkan sensor

MAX30102 pada jari telunjuk menggunakan strap agar sensor tidak terjatuh saat berkendara.

## Referensi

1. Ketut *et al.*, "Sistem Monitoring Detak Jantung Dan Lokasi Pasien," *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, vol. 15, no. 1, p. 124, 2018.
2. O. Diah and E. Savitri, (2020). "Gelang Pengukur Detak Jantung Dan Suhu Tubuh Manusia Berbasis Internet Of Things (IoT)". Program Studi Fisika, Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
3. Saiful Sufri, (2020), "Alat Pendeteksi Detak Jantung dan Kesehatan Berbasis Arduino," *JTEIN : Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, VOL 1 No 2.
4. H. S. Rochardjo and T. Junaidi, *Seminar Nasional Teknik Industri Universitas GadjahMada Manufaktur Rangka Sepeda Balap Dari Bahan Serat Karbon Dengan Metode Wrapped On Foam*. 2017.
5. Edila. Roni Novison dan Dhanu Wirndo, "Sepeda Treadmill Menggunakan Penggerak Motor Listrik," 2020, *Jurnal Politeknik Caltex Riau, Jurnal Elementer Vol 6, No.1*.
6. Puspasari. Ira, Musayyanah, dan Pauladie Susanto. 2018. "Telereport Target Heart Rate (Thr) Pada Cardio Exercise Berbasis Metode Karvonen". *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATi)*.
7. LAILL, Baiq Nurul, et al. Rancang Bangun Pulse Oximetry Dengan Sistem Monitoring Internet of Thing (Iot). 2019.
8. Ismail, (2020), "Perancangan Sepeda Manual Menjadi Sepeda Listrik Menggunakan Komponen Enggerak Motor Listrik, Baterai dan Kontroler," *Skripsi Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Aluddin, Makassar*.



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



# Implementasi Sensor Flowmeter pada Auxiliary Engine Kapal Berbasis Outseal PLC

Anggara Trisna Nugraha <sup>1</sup> and Chusnia Febrianti <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Marine Electrical Engineering, Shipbuilding Institute of Polytechnic Surabaya, Surabaya; [anggaranugraha@ppns.ac.id](mailto:anggaranugraha@ppns.ac.id)

<sup>2</sup> Marine Electrical Engineering, Shipbuilding Institute of Polytechnic Surabaya, Surabaya; [chusniafebrianti@student.ppns.ac.id](mailto:chusniafebrianti@student.ppns.ac.id)

**Abstrak:** Sistem transportasi peti kemas bertujuan untuk memudahkan alih muat barang dengan menyederhanakan sistem bongkar muat sehingga efektif dan efisien. Untuk mengoperasikan kapal peti kemas, bahan bakar merupakan aspek penting yang membutuhkan biaya operasional pada kisaran 70% dari biaya operasional kapal. Oleh karena itu, perusahaan pelayaran seharusnya selalu memantau konsumsi muatan BBM di kapalnya secara ketat agar tidak ada pemborosan konsumsi BBM. Dengan tidak menggunakan sistem pemantauan konsumsi muatan BBM yang bekerja secara otomatis mengakibatkan manajemen pelayaran tidak mengetahui secara pasti konsumsi bahan bakar kapal, sehingga memicu terjadinya kecurangan yang dilakukan awak kapal terhadap BBM. Untuk itu, dilakukan penelitian menggunakan sensor flowmeter yang menggunakan PLC sebagai monitoring data sensor flowmeter yang kemudian datanya akan dikirimkan kepada webserver yang dapat diakses oleh pihak yang bertugas. Dengan menggunakan system ini, monitoring penggunaan bahan bakar dapat diakses kapanpun. Berdasarkan hasil pengujian pembacaan sensor flowmeter melalui Outseal PLC didapatkan presentase error yaitu 1,23%; 2,07%, dan 2,06%. Perhitungan presentase error tersebut berdasarkan rumus presentase error. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa sensor flowmeter dapat digunakan sebagai monitoring bahan bakar Auxiliary Engine berbasis Outseal PLC dengan rentan waktu perliternya yaitu selama 1 menit 58 detik.

**Kata Kunci:** BBM, Monitoring, Outseal PLC, Webserver

---

## 1. Pendahuluan

Indonesia sebagai sektor maritim, sangatlah perlu adanya peningkatan armada laut baik untuk keperluan eksplorasi kelautan maupun sebagai sarana penunjang ekonomi di wilayah perairan Indonesia [1]. Upaya penunjang perkembangan ekonomi di Indonesia salah satunya dengan melakukan perdagangan luar negeri yang terdiri dari ekspor dan impor barang menggunakan sistem transportasi peti kemas [2]. Sistem transportasi peti kemas merupakan gabungan antara berbagai moda angkutan yang dilakukan dengan menggunakan kontainer, bertujuan untuk memudahkan alih muat barang dengan menyederhanakan sistem bongkar muat sehingga efektif dan efisien [3]. Untuk mengoperasikan kapal peti kemas, bahan bakar merupakan aspek penting yang membutuhkan biaya operasional yang berada pada kisaran 70% dari biaya operasional kapal [4]. Transportasi ini juga tidak jauh dari adanya perkembangan teknologi. Perkembangan teknologi di setiap bidang dalam kehidupan manusia sangatlah pesat yang ditujukan untuk meringankan pekerjaan manusia [5]. Perkembangan teknologi juga terjadi dalam bidang perkapalan, untuk bagian

sistem kelistrikan dalam kamar mesinnya terdapat ruang utama sistem kendali (Central Control Room) yang memantau fungsi dari tiap komponen yang terdapat dalam kamar mesin [6].

Oleh karena itu, semua perusahaan pelayaran seharusnya selalu memantau konsumsi muatan bahan bakar minyak di kapalnya secara ketat agar tidak ada pemborosan konsumsi bahan bakar minyak yang menyebabkan pembengkakan pada biaya [7]. Dengan tidak menggunakan sistem pemantauan konsumsi muatan bahan bakar minyak yang bekerja secara otomatis mengakibatkan manajemen pelayaran tidak mengetahui secara pasti konsumsi bahan bakar kapal sesuai dengan jarak tempuh pelayaran, sehingga memicu terjadinya kecurangan yang dilakukan awak kapal terhadap bahan bakar [8].

Sistem pemantauan yang masih manual ini, mengakibatkan kurang informatifnya penyampaian informasi kondisi konsumsi bahan bakar secara real time. Penelitian dalam pengembangan sistem pemantauan muatan konsumsi bahan bakar secara otomatis telah dilakukan oleh banyak pihak [9]. Dari sistem monitoring yang dikembangkan bukan hanya berada pada pihak ABK (Anak Buah Kapal) tetapi juga berada di pihak manajemen pusat yang dapat memonitor pemakaian bahan bakar dan bisa mengambil langkah-langkah yang diperlukan untuk meningkatkan efisiensi pemakaian bahan bakar [10].

Berdasarkan latar belakang tersebut diperlukan sebuah inovasi atau penelitian yang baru untuk mengatasi permasalahan tersebut. Dalam penelitian ini, dilakukan perancangan sistem pemantauan muatan konsumsi bahan bakar menggunakan flowmeter dengan Outseal PLC sederhana secara realtime [11] sebagai pemantauan bahan bakar serta mencegah terjadinya kecurangan awak kapal terhadap konsumsi bahan bakar.

## **2. Metode dan Material**

### **2.1. Material**

#### **Jenis Muatan Bahan Bakar Kapal**

Bahan Bakar adalah zat yang dapat dibakar dengan cepat bersama udara (oksigen) dengan hasil dari reaksi pembakaran yaitu menghasilkan panas dan tenaga. Jenis bahan bakar yang digunakan pada *engine* MV Meratus Benoa adalah *Marine Diesel Oil* (MDO). *Marine Diesel Oil* (MDO) atau biasa disebut minyak diesel adalah bahan bakar minyak yang digunakan sebagai bahan bakar motor atau mesin bakar dengan Sistem penyalaan kompresi putaran sedang (<1000 rpm), juga digunakan sebagai bahan bakar langsung dalam dunia industri [12]. Penyusun utamanya adalah hidrokarbon parafin, dengan jumlah karbon antara 10–22. Minyak diesel diolah dari berbagai komponen minyak dasar hasil pengolahan minyak bumi agar dapat memenuhi persyaratan sebagai bahan bakar motor diesel putaran sedang yang meliputi: massa jenis, viskositas kenematik, *pour point*, *sulfur content*, *ash content*, *MCR*, *flash point* dan *colour*[13].

#### **Pompa Air Mini DC**

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut[14]. Kenaikan tekanan cairan tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan-hambatan pengaliran. Hambatan-hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek. Pada prinsipnya, pompa mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida. Energi yang diterima oleh

fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan – tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui[15].

### **Outseal PLC**

Outseal PLC adalah perangkat elektronik yang berfungsi sebagai pengaturan logic state (status ON atau OFF) perangkat elektronik lain yang terhubung dengannya[16]. Pemrograman Outseal PLC dilakukan melalui perangkat lunak Outseal Studio dalam bentuk ladder diagram. Outseal memiliki 16 *input* digital, 16 *output* digital, 2 *input* analog, dan *supply maximal* 24V. Outseal PLC mampu berkomunikasi dengan perangkat luar melalui komunikasi Modbus RTU [17].

### **Sensor Flowmeter**

*Flowmeter* merupakan suatu alat ukur untuk mengetahui jumlah pemakaian bahan bakar minyak pada mesin. Sensor aliran ini terbuat dari bahan plastik dimana didalamnya terdapat rotor dan sensor *hall effect*. Saat mengalir melewati rotor, rotor akan berputar. Kecepatan putaran ini akan sesuai dengan besarnya aliran air. Fungsi dari *Flowmeter* adalah mengukur jumlah volume cairan yang lewat pada alat tersebut sehingga diperoleh jumlah volume cairan yang masuk kedalam suatu wadah/tempat atau mesin[18].

### **ESP32**

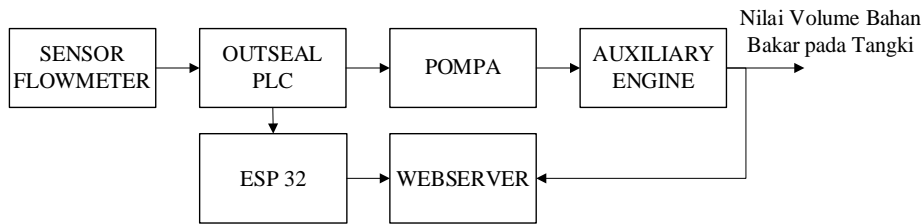
ESP32 merupakan system control yang berfungsi sebagai chip pengontrol rangkaian elektronik yang sudah tersedia modul wifi dan Bluetooth. Modul ini memiliki *interface* yang lengkap karena modul wifi tertanam pada modul ini sebagai alat peraga internet of things. Dalam penelitian ini mikrokontroller yang digunakan adalah ESP32, yang berfungsi sebagai pengolah data pembacaan sinyal otot yang kemudian dikirim melalui wifi. Hasil pembacaan sinyal pada otot dapat ditampilkan pada layar ponsel. Secara sederhana mikrokontroller dapat dikatakan sebagai otak dari suatu perangkat . Mikrokontroller ESP32 dapat dihubungkan dengan perangkat mobile dan aplikasi *Internet of Things*. Dalam penelitian ini Mikrokontroller ESP32 berfungsi untuk memproses hasil sinyal keluaran dari modul sensor otot untuk ditampilkan[10]

### **Relay**

Relay adalah sakelar mekanik yang dikendalikan atau dikontrol secara elektronik (elektro magnetik). Sakelar pada relay akan terjadi perubahan posisi off ke on pada saat diberikan energi elektromagnetik pada armatur relay tersebut [11]. Relay terdiri dari kumparan (*coil*) dan kontak (*contact*). Kumparan adalah gulungan kawat yang mendapat arus listrik, sedang kontak adalah sejenis sakelar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik pada kumparan[11].

## **2.2. Metode**

Metode pemantauan yang digunakan dalam system monitoring bahan bakar ini yaitu melalui metode pemantauan bahan bakar melalui *Auxiliary Engine*. *Input* dari system pemantauan ini adalah sensor *flowmeter*. Sedangkan *output* dari system pemantauan ini adalah *Auxiliary Engine*.



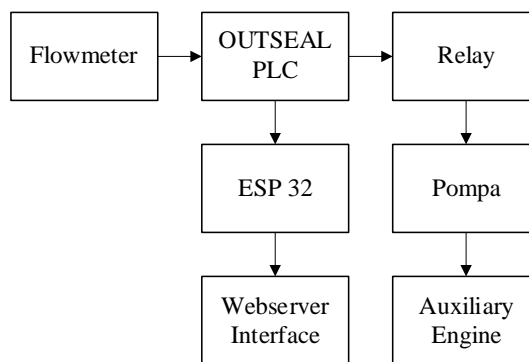
**Gambar 1.** Diagram Blok Sistem Monitoring *Auxiliary Engine*

Pemantauan bahan bakar tangka bahan bakar *Auxiliary Engine* menggunakan metode instruksi RHSCU, WHSCU, dan DIV untuk membaca pulse *flowmeter*. Akan ada nilai pulse yang terbaca oleh *flowmeter*, kemudian pada instruksi DIV akan dibagi untuk dijadikan volume dalam satuan liter.

**Tabel 1.** Kondisi *Input* dan *Output* saat pengontrolan

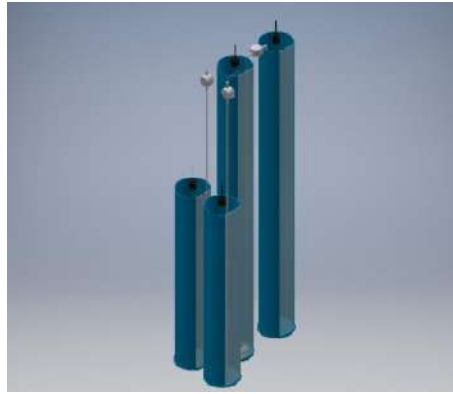
<b>Kondisi Input</b>	<b>Kondisi Output</b>
Volume <i>Flowmeter</i> 0 L	Pompa ON
Volume <i>Flowmeter</i> 2 L	Pompa ON
Volume <i>Flowmeter</i> 4 L	Pompa ON
Volume <i>Flowmeter</i> 6 L	Pompa ON
Volume <i>Flowmeter</i> 8 L	Pompa OFF

Dengan mengacu pada diagram blok pada Gambar 1, maka diagram blok perencanaan sistem dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Perancangan dan Desain Sistem pada PLC

Gambar 2. Merupakan diagram blok system yang menggunakan *input flowmeter* yang akan mengirimkan data digital pembacaan volume bahan bakar. Data digital yang dikeluarkan oleh *flowmeter* akan diproses oleh Outseal PLC terlebih dahulu sebelum dikirim ke ESP32. Setelah ESP 32 menerima nilai volume dari Outseal PLC, maka nilai volume akan ditampilkan pada *interface webservice*. Untuk *output* yang digunakan di sini adalah relay dan pompa sebagai respon dari hasil proses data oleh PLC.



**Gambar 3.** Perancangan Mekanik

Pada perancangan alat monitoring volume bahan bakar *Auxiliary Engine* ini terdiri dari sensor *flowmeter*, Outseal PLC, ESP 32, pompa mini DC, dan relay. Adapun desain system mekanik tanki yang terdiri dari 4 buah tangki dengan 2 tangki tinggi dan 2 tangki pendek.

### 3. Hasil dan Analisis

Pada penelitian ini dilakukan pengujian system pemantauan volume bahan bakar pada *Auxiliary Engine*. Pengujian dilakukan menjadi 2 bagian yaitu pengujian kalibrasi pada tiap sensor *flowmeter* dan actuator yang digunakan dan pengujian system yang telah terintegrasi semua komponennya. Tujuan dari kalibrasi adalah untuk mengetahui error yang dikeluarkan oleh sensor *flowmeter* dengan menggunakan rumus presentase error yaitu:

$$\%e = \left| \frac{Na - Ne}{Na} \right| \times 100$$

dimana Na adalah Nilai actual, dan Ne adalah Nilai eksperimental

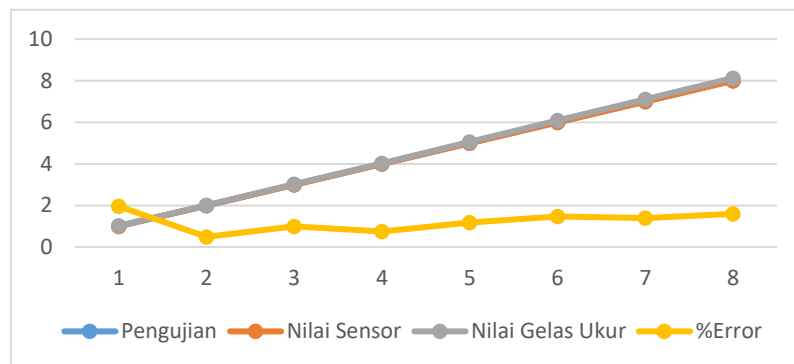
#### 3.1. Kalibrasi Sensor *Flowmeter* 1

Pengujian sensor *flowmeter* 1 bertujuan untuk mengetahui keakuratan pembacaan *flowmeter* pada fluida suatu objek. Metode pengujian yang digunakan adalah dengan membandingkan nilai yang dikeluarkan oleh *flowmeter* melalui tampilan Outseal studio dengan gelas ukur sebesar 1000mL atau 1 Liter. Data yang didapatkan dalam pengujian dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Pembacaan Volume (L) *Flowmeter* 1

Pengujian ke-	Pembacaan Sensor (L)	Pembacaan Alat Ukur (L)	Error (%)
1	1	1,02	1,96
2	2	2,01	0,49
3	3	3,03	0,99
4	4	4,03	0,74
5	5	5,06	1,18
6	6	6,09	1,47
7	7	7,1	1,4
8	8	8,13	1,59
Rata-rata			1,23

Berdasarkan data pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai presentase *error* pada *flowmeter* adalah senilai 1,23%. Sehingga dari data pengujian, modul yang digunakan masih layak untuk dipakai dalam tugas akhir ini.



Gambar 4. Grafik Pembacaan Sensor *Flowmeter* dengan Gelas Ukur

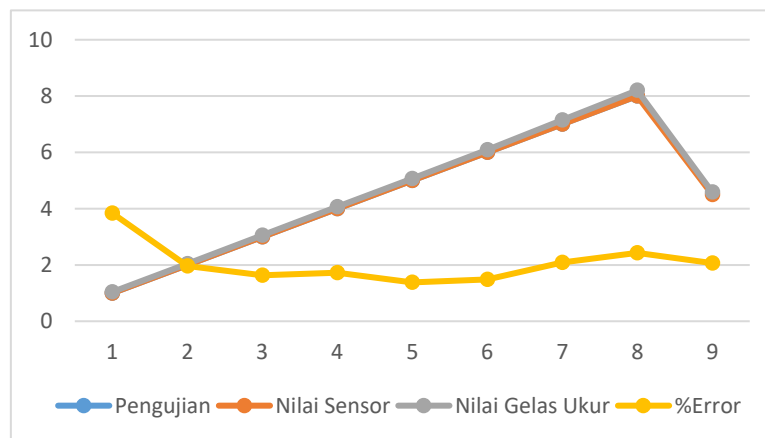
### 3.2. Kalibrasi Sensor *Flowmeter* 2

Pengujian sensor *flowmeter* 2 bertujuan untuk mengetahui keakuratan pembacaan *flowmeter* pada fluida suatu objek. Metode pengujian yang digunakan adalah dengan membandingkan nilai yang dikeluarkan oleh *flowmeter* melalui tampilan Outseal studio dengan gelas ukur sebesar 1000mL atau 1 Liter. Data yang didapatkan dalam pengujian dapat dilihat dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Data Hasil Pengujian Pembacaan Volume (L) *Flowmeter 2*

Pengujian	Nilai Sensor	Nilai Gelas Ukur	%Error
1	1	1,04	3,84
2	2	2,04	1,96
3	3	3,05	1,63
4	4	4,07	1,72
5	5	5,07	1,38
6	6	6,09	1,48
7	7	7,15	2,09
8	8	8,2	2,43
Rata-Rata			2,07

Berdasarkan data pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai presentase *error* pada *flowmeter* adalah senilai 2,07%. Sehingga dari data pengujian, modul yang digunakan masih layak untuk dipakai dalam tugas akhir ini.



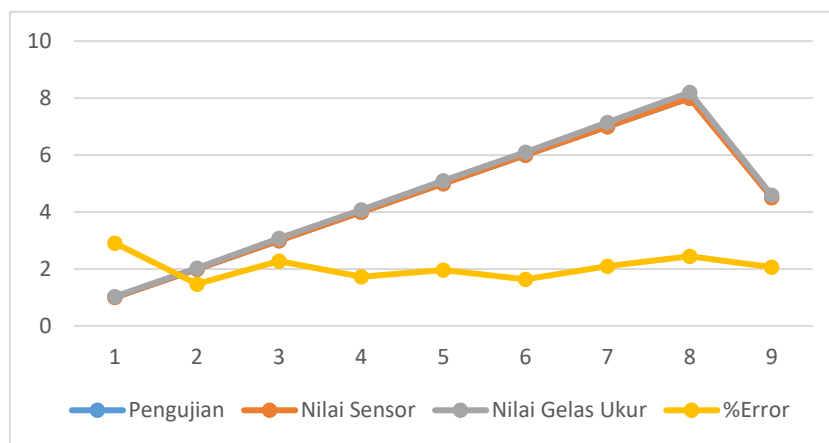
**Gambar 5.** Grafik Pembacaan Sensor *Flowmeter 2* dengan Gelas Ukur

Pengujian sensor *flowmeter 3* bertujuan untuk mengetahui keakuratan pembacaan *flowmeter* pada fluida suatu objek. Metode pengujian yang digunakan adalah dengan membandingkan nilai yang dikeluarkan oleh *flowmeter* melalui tampilan Outseal studio dengan gelas ukur sebesar 1000mL atau 1 Liter. Data yang didapatkan dalam pengujian dapat dilihat dalam Tabel 4.

**Tabel 4.** Data Hasil Pengujian Pembacaan Volume (L) *Flowmeter* 3

Pengujian	Nilai Sensor	Nilai Gelas Ukur	%Error
1	1	1,03	2,91
2	2	2,03	1,47
3	3	3,07	2,28
4	4	4,07	1,72
5	5	5,1	1,96
6	6	6,1	1,64
7	7	7,15	2,1
8	8	8,2	2,44
	Rata-Rata		2,06

Berdasarkan data pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai presentase *error* pada *flowmeter* adalah senilai 2,06%. Sehingga dari data pengujian, modul yang digunakan masih layak untuk dipakai dalam tugas akhir ini.



**Gambar 6.** Grafik Pembacaan Sensor *Flowmeter* 3 dengan Gelas Ukur

### 3.3. Hasil Pengujian Waktu Pembacaan *Flowmeter* pada Outseal PLC

Pembacaan waktu *flowmeter* untuk mencapai volume tiap per 1000mL atau tiap 1L dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Waktu Mencapai Setpoint Suhu pada Panel Hubung Bagi (PHB)

Nilai Sensor	Waktu
1	1 menit 58 detik
2	3 menit 16 detik
3	5 menit 13 detik
4	7 menit 14 detik
5	9 menit 15 detik
6	11 menit 21 detik
7	13 menit 12 detik
8	15 menit 15 detik

Hasil pengujian pada table 5 menunjukkan rata rata per 1L yang masuk pada *flowmeter* melalui Outseal yaitu selama 1 menit 58 detik.

#### 4. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian kalibrasi terhadap *input* dan *output*, didapatkan hasil perbandingan pembacaan semua sensor *input* yakni 3 sensor *flowmeter* untuk membaca volume (L) fluida yang masuk dari pompa ke *flowmeter* kemudian datanya diolah oleh Outseal untuk dibaca menghasilkan presentase error secara berurutan yaitu 1,23%; 2,07%; 2,06%. Sedangkan *output* berupa actuator pompa yaitu 0%. Berdasarkan pada Tabel 5, ditunjukkan capaian waktu tiap per liter yang dibaca oleh *flowmeter* yaitu dengan rata-rata 1 menit 58 detik per liternya.

#### 5. Kesimpulan

Nilai volume yang dikeluarkan oleh *flowmeter* dan diolah oleh Outseal dapat diguankan sebagai wadah monitoring bahan bakar serta control pompa. Berdasarkan dari hasil poengujian kalibrasi menunjukkan bahwa sensor *flowmeter* yang digunakan memiliki rata-rata error yaitu 1,23%; 2,07%; dan 2,06%. Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa sensor *flowmeter* dapat digunakan sebagai monitoring penggunaan bahan bakar pada *Auxiliary Engine* Kapal dengan berbasis Outseal PLC.

#### Referensi

1. B. Kresna *et al.*, "Prototype Pemantauan Dan Pengendalian Tangki Ballast Proses Loading," 2021.
2. L. D. Siahaan, S. Wunas, and M. Y. Jinca, "Dalam Pengembangan Master Plan Percepatan Dan Perluasan Ekonomi Indonesia," vol. 13, no. 3, pp. 193–200, 2013.
3. Nugraha, Anggara Trisna, Moch Fadhil Ramadhan, and Muhammad Jafar Shiddiq. "DISTRIBUTED PANEL-BASED FIRE ALARM DESIGN." JEEM ECS (Journal of Electrical Engineering, Mechatronic and Computer Science) 5.1 (2022).
4. Nafi, Bambang Wahyudi, and Imam Fachruddin, "Analisis Konsumsi Bahan Bakar Kapal Niaga Berdasarkan American Society for Testing Materials the Institute of Petroleum (ASTM-IP)," *Din. Bahari*, vol. 1, no. 1, pp. 21–26, 2020, doi: 10.46484/db.v1i1.181.
5. Baharuddin, "Perancangan Simulasi Kontrol Otomatis Distribusi Bahan Bakar Tangki Harian Pada KM. Madani Nusantara," *J. Ris. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 14, no. 1, pp. 61–76, 2016.
6. Zakariz, Naufal Praska, Anggara Trisna Nugraha, and Khongdet Phasinam. "The Effect of Inlet Notch Variations in Pico-hydro Power Plants with Experimental Methods to Obtain Optimal Turbine

- Speed." *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics* 4.1 (2022): 35-41.
7. A. Ardiansyah, "Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (*Internet of Things*)," *Univ. Islam Indones.*, 2020.
  8. K. Karina, B. Ginting, and A. S. Sanjaya, "Optimasi Pembuatan Marine Diesel Oil ( Mdo ) Untuk Meningkatkan Profit Kilang Pertamina Ru V Balikpapan Optimization Of Marine Diesel Oil ( Mdo ) To Improve Pertamina RU V Balikpapan Refinery Profit Marine Diesel Oil ( MDO ) atau biasa disebut minyak dies," vol. 01, no. 2, pp. 22–29, 2017.
  9. Realdo, Adam Meredita, Anggara Trisna Nugraha, and Shubhrojit Misra. "Design and Development of Electricity Use Management System of Surabaya State Shipping Polytechnic Based on Decision Tree Algorithm." *Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics* 3.4 (2021): 179-184.
  10. Henri, "濟無," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., vol. 1, pp. 6–28, 2018.
  11. C. Proposal, T. Akhir, C. Proposal, and T. Akhir, *Marine Auxiliary Engine Alarm Monitoring System Berbasis Outseal Plc Dan Logic Panel Autonics S070*. 2021.
  12. E. Saputra, M. Kabib, and B. S. Nugraha, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Debit Air Pada Pompa Paralel Berbasis Arduino," *J. Crankshaft*, vol. 2, no. 1, pp. 73–80, 2019, doi:10.24176/crankshaft.v2i1.3089.
  13. Nugraha, Anggara Trisna, et al. "Design of Charger Controller on Wind Energy Power Plant With Arduino Uno Based on Pi Controller." *Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics* 3.4 (2021).
  14. M. I. S. R. Dandun Widhiantoro, *Seminar Nasional Teknik Elektro 2017*, vol. 2, no. November. 2017.
  15. A. Satriadi, Wahyudi, and Y. Christiyono, "Perancangan Home Automation Berbasis Nodemcu," *Transient*, vol. 8, no. 1, pp. 2685–0206, 2019.
  16. Angga, Anggara Trisna Nugraha, Muhammad Jafar Shiddiq, and Moch Fadhil Ramadhan. "Use Ordinary Expressions to Learn How to Extract Code Feedback From the Software Program Upkeep Process." *International Journal of Advances in Data and Information Systems* 2.2 (2021): 105-113.
  17. Handson Technology, "L298N Dual H-Bridge Motor Driver," *Handson Technology*, 2019. .
  18. Badan Standarisasi Nasional, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2011.



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).