

# ELECTRON

**Jurnal Ilmiah Teknik Elektro**

ELEKTRONIKA, SISTEM KENDALI, TELEKOMUNIKASI, TEKNOLOGI  
INFORMASI, TEKNIK KETENAGALISTRIKAN

VOLUME 04 NOMOR 02, NOVEMBER 2023



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BANGKA BELITUNG**



## Dewan Redaksi

### Ketua Redaksi

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

### Manajer Jurnal

Welly Yandi, S.Pd., M.T.

### Penelaah Sejawat & Editor :

Anisa Ulya Darajat, S.T., M.T.

Arnawan Hasibuan, S.T., M.T., Ph.D.

Asmar, S.T., M.Eng.

Fahri Setiawan, S.P., M.Si.

Fardhan Arkan, S.T., M.T.

Ghiri Basuki Putra, S.T., M.T.

Ir., Habib Satria, M.T, IPP

Hajiar Yuliana, S.T., M.T.

Hanalde Andre, S.T., M.T.

Handoko Rusiana Iskandar, ST., MT.

Imil Hamda Imran, S.T., M.Sc., Ph.D.

Iski Zaliman, S.Kom., M.Kom.

Jimmy Trio Putra, S.T., M.Eng.

Kiki Kananda, S.T., M.T.

Muhd Jumnahdi, S.T., M.T.

Rika Favoria Gusa, S.T., M.Eng.

Rizki Wahyu Pratama, S.T., M.T.

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

Sitti Amalia, M.T.

Swadexi Istiqphara, S.T., M.T.

Tianur, S.S.T., M.Eng.

Tri Hendrawan Budiando, S.T., M.T.

Umar Faruq Vista, S.Kom., M.Kom.

Ir. Wahri Sunanda, S.T., M.Eng., IPM., A.Eng.

Almeera Amsana Rachmani

### Staf Administrasi

Hendy, S.T.

Tirmayadi

### Alamat Redaksi :

Gedung Dharma Penelitian

Jurusan Teknik Elektro - Fakultas Teknik

Kampus Terpadu Universitas Bangka BelitungBalunijuk,

Kab. Bangka, Prov. Kep. Bangka BelitungTelp. (0717)

4260033 ext. 2125, 2128

Laman Baru : <https://jurnalelectron.org/index.php/electronubb>

Laman Lama : <http://journal.ubb.ac.id/index.php/electron>

e-Mail 1 : [jurnalelectron@ubb.ac.id](mailto:jurnalelectron@ubb.ac.id)

e-Mail 2 : [jurnal.electron.ubb@gmail.com](mailto:jurnal.electron.ubb@gmail.com)

## Kata Pengantar

Jurnal Electron saat ini memasuki Volume 04 no. 2. November 2023.

Fokus dan ruang lingkup Jurnal Electron meliputi bidang Teknik Elektronika, Teknik Kontrol, Teknik Telekomunikasi, Teknik Informatika dan Informatika, dan Teknik Listrik/ Ketenagalistrikan baik dari berbagai akademisi maupun praktisi industri dari instansi pemerintah maupun swasta.

Harapan kami pada edisi selanjutnya akan lebih banyak memuat tulisan-tulisan ilmiah dari hasil penelitian dan hasil pemikiran penulis di luar lembaga sehingga menjadi wadah untuk membuka wacana ilmiah yang lebih luas.

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

Salam Hangat

Ketua Redaksi Jurnal Electron



e-ISSN 2622-6588 / p-ISSN 2830-523X

# ELECTRON

Jurnal Ilmiah Teknik Elektro



<https://jurnalelectron.org/index.php/electron>

## Daftar Isi

- Analisis Efektifitas *Inception-EfficientNet Architecture* untuk Klasifikasi Identitas Kartu Tanda Mahasiswa dengan Pendekatan OCR dan *Faster R-CNN***  
Richo 51 – 61
- Penggunaan Software Wireshark untuk *Monitoring* dan *Troubleshooting* pada Komunikasi *Client Server IEC 61850***  
Muhammad Said Al Manshury 62 – 69
- IoT Sea Level Monitoring Development and Field Testing Study (Eng.)**  
Hollanda Arief Kusuma, Muhammad Aris Akbar, Tonny Suhendra, Achmad Zuchriadi, Allsay Kitsash Addifisyukha Cintra 70 – 77
- Techno-economic Analysis and Optimization of Renewable Energy Forecasting at Universitas Jenderal Achmad Yani (Eng.)**  
Handoko Rusiana Iskandar, Azhar Nurfatah, Ahmad Daelami, Een Taryana 78 – 88
- Sistem *Monitoring* dan Penyiraman Tanaman Sawi Daging Berbasis *Internet Of Things (IoT)***  
Muhammad Rindy Saputra, Maria Ulfah, Hilmansyah 89 – 96
- Penerapan Penempatan dan Penentuan Kapasitas Kapasitor Pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Kota Medan Menggunakan *Electrical Transient Analysis Program 12.6***  
Yoakim Simamora, Mega Silfia Dewy, Agnes Irene Silitonga, Muhammad Isnaini 97 – 103
- Sistem Informasi Mobile untuk Pelacakan Posisi Tikus dan Debu pada Ruangan *Storage Museum Lampung***  
Achmad Musyawir Haikal Fakari, Anisa Ulya Darajat, Sri Purwiyanti, Afri Yudamson 104 – 113
- The Effect of Voltage Variations on Temperature and Time During the Charging of Electrical Vehicle Batteries (Eng.)**  
Andi M. Nur Putra, Sitti Amalia 114 – 119
- Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan - *Backpropagation* dalam Pengenalan *Flashover Isolator 150 kV. Studi Kasus : Payakumbuh – Koto Panjang***  
M. Farhan Kamil, Sitti Amalia, Yusreni Warmi, Andi Syofian, Erhaneli 120 – 126

## Analisis Efektifitas *Inception-EfficientNet Architecture* untuk Klasifikasi Identitas Kartu Tanda Mahasiswa dengan Pendekatan OCR dan *Faster R-CNN*

Richo<sup>1\*</sup>

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya<sup>1</sup>

\*richo@student.ppns.ac.id

### ABSTRACT

*Student Identity Card (KTM) has an important role as an individual identification tool in the higher education environment. KTM is often the main tool in the identity verification process to access campus facilities, such as library services. However, currently the access system to the library still relies on the manual method which involves staff entering data manually into a computer which is prone to typing errors. This study aims to design an identity recognition system on KTM by combining the OCR method and involving the Inception-EfficientNet architecture on the Faster R-CNN model in classifying text and photo characters found on KTM. The Inception-EfficientNet architecture is designed with 5 convolution layers and 2 maxpooling layers, and involves RPN (Region Proposal Network) and ROI Pooling which researchers have designed as important elements in establishing the Faster R-CNN method. The data collected includes three classes, namely hafizh, richo, and vandy. The test results of the OCR method in recognizing identities based on text characters show a high level of accuracy, which is equal to 98.35%. On the other hand, the Faster R-CNN method is able to classify photos with very good performance which achieves a success accuracy of 91.83%. Based on testing the entire system that combines the OCR method and the Faster R-CNN method, carried out on 10 different data samples, and managed to achieve a success rate of 90%. These findings emphasize the fact that a collaborative approach between the OCR method and the Faster R-CNN model has the potential to increase accessibility and reliability in KTM identity recognition. This potential is expected to support efficient access to campus facilities, such as library services.*

**Keywords :** *Faster R-CNN, Inception-EfficientNet, KTM, OCR*

### ABSTRAK

Kartu Tanda Mahasiswa (KTM) memiliki peran penting sebagai alat identifikasi individu dalam lingkungan perguruan tinggi. KTM sering kali menjadi sarana utama dalam proses verifikasi identitas mahasiswa untuk mengakses fasilitas kampus, seperti layanan perpustakaan. Namun, saat ini sistem akses ke perpustakaan masih mengandalkan metode manual yang melibatkan petugas dalam memasukkan data secara manual ke dalam komputer yang rentan terhadap kesalahan pengetikan. Penelitian ini bertujuan merancang sebuah sistem pengenalan identitas pada KTM dengan menggabungkan metode OCR dan melibatkan arsitektur *Inception-EfficientNet* pada model *Faster R-CNN* dalam mengklasifikasikan karakter teks dan foto yang terdapat pada KTM. Arsitektur *Inception-EfficientNet* dirancang dengan 5 lapisan konvolusi dan 2 lapisan *maxpooling*, serta melibatkan RPN (*Region Proposal Network*) dan *ROI Pooling* yang telah dirancang peneliti sebagai unsur penting dalam pembentukan metode *Faster R-CNN*. Data yang terkumpul mencakup tiga kelas yaitu hafizh, richo, dan vandy. Hasil pengujian metode OCR dalam mengenali identitas berdasarkan karakter teks menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi yaitu sebesar 98,35%. Di sisi lain, metode *Faster R-CNN* mampu mengklasifikasikan foto dengan performa yang sangat baik yang mencapai akurasi keberhasilan sebesar 91,83%. Berdasarkan pengujian keseluruhan sistem yang menggabungkan metode OCR dan metode *Faster R-CNN*, dilakukan pengujian pada 10 sampel data yang berbeda, dan berhasil mencapai tingkat akurasi keberhasilan sebesar 90%. Hasil temuan ini memberi penekanan pada fakta bahwa pendekatan kolaboratif antara metode OCR dan arsitektur *Inception-EfficientNet* pada model *Faster R-CNN* memiliki potensi untuk meningkatkan aksesibilitas dan keandalan dalam pengenalan identitas KTM. Potensi ini diharapkan dapat mendukung efisiensi akses terhadap fasilitas kampus, seperti layanan perpustakaan.

Kata kunci: *Faster R-CNN, Inception-EfficientNet, KTM, OCR*

## I. PENDAHULUAN

Kartu Tanda Mahasiswa (KTM) merupakan elemen penting dalam lingkungan pendidikan tinggi, tidak hanya berfungsi sebagai bukti keanggotaan pada institusi pendidikan, tetapi juga sebagai identitas individu [1]. Kartu Tanda Mahasiswa memiliki peranan krusial dalam mengidentifikasi dan memverifikasi identitas mahasiswa, serta mengakomodasi berbagai keperluan administratif [2].

Dalam lingkungan kampus, akses dan penggunaan fasilitas-fasilitas yang ada sering kali memerlukan langkah-langkah pengamanan dan verifikasi identitas guna menjaga keamanan serta kenyamanan para penggunanya [3]. Kartu Tanda Mahasiswa menjadi alat penting dalam memberikan jaminan identitas bagi mahasiswa dalam berbagai situasi, seperti saat mengakses ruang kuliah, fasilitas olahraga, laboratorium, hingga peminjaman buku perpustakaan [4].

Hingga saat ini, proses pemeriksaan identitas untuk mengakses fasilitas kampus, terutama dalam hal peminjaman buku perpustakaan, masih dilakukan secara manual. Metode ini melibatkan partisipasi petugas untuk melakukan pengamatan visual terhadap identitas yang tertera pada kartu mahasiswa, serta memasukkan *entry* data mahasiswa secara manual melalui pengetikan data menggunakan komputer.

Pendekatan manual tersebut memiliki potensi yang menimbulkan beberapa permasalahan [5]. Pengamatan visual sangat rentan terhadap kesalahan pengenalan atau interpretasi, yang pada gilirannya dapat berdampak pada kesalahan verifikasi identitas mahasiswa. Selain itu, memasukkan data secara manual cenderung memakan waktu, menimbulkan antrian panjang, rentan terhadap kesalahan pengetikan, dan memerlukan upaya yang cukup besar dalam mengelola dan memelihara *database* mahasiswa [6].

Penelitian terkait sistem pengenalan identitas kartu tanda mahasiswa telah beberapa kali dilakukan dengan berbasis teknologi *image processing*. Pengenal identitas KTM sejatinya dapat dikenali berdasarkan karakteristik huruf dan angka dengan metode *Optical Character Recognition* (OCR) [7]. Penelitian terkait metode OCR telah beberapa kali dilakukan dan mampu mengenali karakteristik huruf dengan sangat baik. Penelitian yang dilakukan oleh Susan dan Lussiana [8] telah berhasil mengimplementasikan metode OCR dalam mengenali identitas dokumen izin distribusi alat kesehatan berdasarkan karakteristik huruf dan angka

pada dokumen dengan akurasi mencapai 98.78%. Meskipun demikian, penelitian tersebut mengalami beberapa hambatan terkait penentuan koordinat fokus karakter yang akan dideteksi pada dokumen karena karakter objek dan elemen yang cukup beragam. Oleh karena itu, diperlukan upaya penambahan metode deteksi guna memastikan bahwa area fokus karakter yang dideteksi pada dokumen dapat diidentifikasi secara efektif dan akurat.

Metode pengenalan dan klasifikasi objek yang saat ini tengah mendapatkan sorotan *intens* adalah metode *Faster R-CNN*. Metode ini telah menarik perhatian publik dan komunitas peneliti dalam bidang pengenalan objek, terutama kemampuannya yang menggabungkan deteksi objek yang cepat dengan akurasi yang tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Ali dkk [9], mengimplementasikan metode *Faster R-CNN* untuk mengenali identitas wajah dengan menerapkan segmentasi berdasarkan warna kulit manusia. Hasil penelitian ini menunjukkan performa *Faster R-CNN* dalam hal keakuratan pengenalan dengan tingkat *accuracy* sebesar 78.33%, yang memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan metode pengenalan objek menggunakan pendekatan *Faster R-CNN*.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini hadir dengan pendekatan yang terintegrasi dan komprehensif dalam menciptakan sistem pengenalan identitas kartu tanda mahasiswa dengan 2 parameter pengenalan yakni berdasarkan karakter dan pengenalan foto mahasiswa yang tercantum dalam KTM. Dalam implementasinya, peneliti menggunakan metode *Optical Character Recognition* (OCR) untuk mengenali karakter *teks* identitas seperti nama dan Nomor Registrasi Mahasiswa (NRP), sedangkan metode deteksi objek *Faster R-CNN* digunakan untuk mengenali dan mengklasifikasikan foto mahasiswa yang tercantum dalam KTM, diharapkan sistem ini dapat memberikan solusi yang lebih efektif dan efisien dalam proses verifikasi identitas mahasiswa.

Pada aspek pengembangan metode, peneliti menambahkan arsitektur *Inception-EfficientNet* pada model *Faster R-CNN* untuk menguji efektivitas model dalam meningkatkan akurasi dan menganalisis sejauh mana model dapat mengklasifikasi wajah pada foto KTM dengan optimal. Arsitektur *Inception-EfficientNet* merupakan metode kombinasi antara arsitektur *Inception* dan *EfficientNet*. Penggabungan arsitektur ini dilakukan karena strukturnya yang saling komprehensif dalam pembelajaran model. Arsitektur *Inception* memiliki kemampuan dalam

menggabungkan informasi dari berbagai filter konvolusi dengan ukuran kernel yang berbeda secara simultan, sehingga dapat membantu memperluas kapasitas jaringan tanpa menambahkan banyak parameter [10]. Sedangkan, pada arsitektur *EfficientNet* memanfaatkan pendekatan *compound scaling* sehingga mampu menjaga keseimbangan antara kedalaman dan lebar model untuk membantu menghindari *overfitting* dan memaksimalkan efisiensi komputasi [11].

Adanya penciptaan dan penggabungan arsitektur *Inception-EfficientNet* pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif dalam pengenalan dan klasifikasi identitas kartu tanda mahasiswa. Model yang dihasilkan diharapkan memiliki kemampuan mengenali objek dan karakter dengan akurasi yang tinggi, tetapi tetap menjaga tingkat kompleksitas yang terkendali serta efisiensi sumber daya komputasi.

Dengan terciptanya sistem otomatis yang dapat mengenali karakteristik kartu mahasiswa, proses akses fasilitas kampus seperti perpustakaan dapat berlangsung lebih cepat dan akurat. Selain itu, keberadaan sistem ini juga dapat membantu mengurangi potensi kesalahan petugas dalam pengenalan dan *input* data, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kualitas layanan dan kemudahan mahasiswa dalam mengakses fasilitas kampus.

## II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini sebagai parameter penting dalam pengenalan karakter dan klasifikasi keputusan adalah metode OCR dan Faster R-CNN. Adapun perincian penjelasan kedua metode tersebut.

### A. Optical Character Recognition

OCR atau *Optical Character Recognition* merupakan metode domain pengolahan citra dan computer vision yang bertujuan untuk mengidentifikasi karakter huruf atau angka pada citra gambar dan mengubahnya menjadi format teks yang memungkinkan untuk diakses dan dianalisis [12]. Fitur utama OCR adalah kemampuannya dalam mengonversi teks dari berbagai latar belakang bahasa ke dalam bentuk teks yang dapat diolah. Berikut merupakan langkah-langkah kinerja metode OCR:

#### 1. Pre-processing Citra

Langkah ini melibatkan penyesuaian kontras, kecerahan, dan peningkatan kualitas gambar untuk memastikan hasil yang lebih baik.

#### 2. Segmentasi Karakter

Gambar yang telah diolah kemudian dibagi menjadi karakter-karakter individu melalui proses segmentasi dengan pemisahan area karakter berdasarkan deteksi tepi, kontur, atau hubungan spasial.

#### 3. Ekstraksi Fitur

Setelah karakter diidentifikasi, fitur-fitur seperti bentuk, ukuran, sudut, dan piksel-piksel yang membentuk karakter ekstraksi. Hal ini membantu dalam membedakan karakter satu sama lain dan mengidentifikasi karakter dengan benar.

#### 4. Pengenalan Karakter

Proses pengenalan karakter melibatkan perbandingan fitur-fitur karakter yang diekstraksi dengan karakter-karakter yang telah diketahui sebelumnya dalam basis data referensi. Algoritma pengenalan dapat menggunakan pendekatan berbasis *template*, metode statistik, atau pembelajaran mesin seperti jaringan saraf.

#### 5. Post-Pemrosesan

Hasil pengenalan karakter mungkin mengalami tahap *post*-pemrosesan untuk mengoreksi kesalahan-kesalahan pengenalan. Teknik penggabungan dan pemrosesan lanjutan dapat digunakan untuk menghasilkan teks yang lebih akurat.

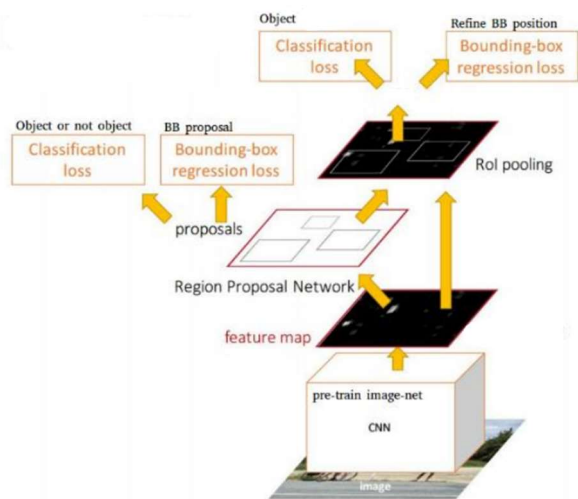
#### 6. Evaluasi dan Koreksi

Hasil teks yang dihasilkan oleh OCR kemudian dievaluasi dan dapat diperiksa oleh manusia untuk koreksi kesalahan yang mungkin terjadi selama proses pengenalan.

Proses tersebut memungkinkan penggunaan data visual dalam bentuk teks yang dapat dianalisis, dicari, atau diklasifikasikan konteks pengenalan identitas kartu tanda mahasiswa.

### B. Faster R-CNN

*Faster Region Convolutional Neural Network* atau *Faster R-CNN* merupakan evolusi dari *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan perbedaan utama dalam penambahan *Region Proposal Network* (RPN) [13]. RPN adalah suatu jaringan saraf yang menggantikan peran algoritma *selective search* dalam menghasilkan proposal wilayah berkualitas tinggi. Pada Gambar 1 berikut merupakan struktur metode *Faster R-CNN*.



Gambar 1. Konstruksi Metode Faster R-CNN [14]

Penggunaan RPN sebagai pengganti *selective search* dirancang untuk mengoptimalkan kebutuhan komputasi yang signifikan, sehingga dapat menghasilkan *multi-model* yang dapat dilatih dengan kualitas yang lebih tinggi. RPN bertanggung jawab atas dua tugas utama dalam deteksi objek. Pertama, digunakan untuk memprediksi *anchor box* pada gambar dengan keputusan mengandung objek atau tidak. Kedua, RPN memprediksi penyesuaian (*offset*) terhadap *anchor box* asli sehingga *proposal network* yang dihasilkan dapat lebih akurat [15].

### C. Arsitektur Inception-EfficientNet

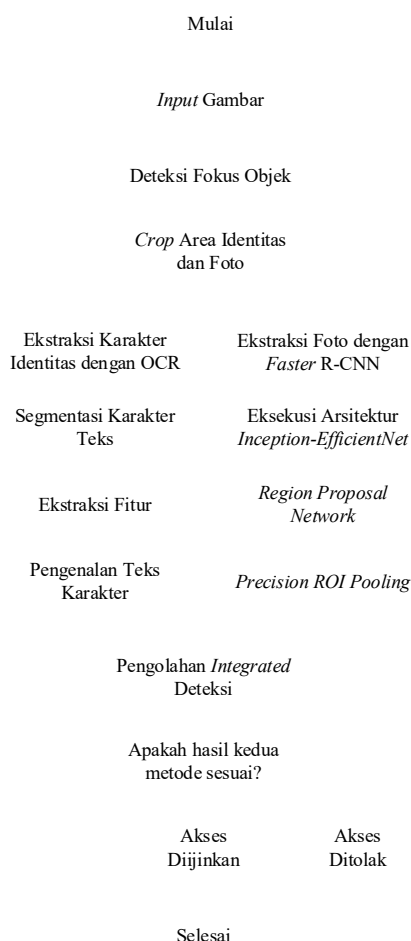
Arsitektur *Inception-EfficientNet* merupakan hasil pengembangan dari dua arsitektur yang terkenal dalam jaringan saraf konvolusi, yaitu *Inception Network* dan *EfficientNet*. *Inception Network* merupakan arsitektur yang menggunakan modul *Inception* untuk menggabungkan berbagai ukuran kernel konvolusi dalam satu lapisan untuk menangkap fitur-fitur diberbagai skala [16]. Hal ini membantu dalam menangkap detail halus dan fitur besar dalam gambar. Disisi lain, *EfficientNet* dikenal karena pendekatan skala yang efisien, yaitu dengan menyesuaikan lebar, kedalaman, dan resolusi jaringan secara bersamaan untuk mencapai keseimbangan antara ukuran model dan akurasi [17]. Pendekatan ini memungkinkan pencapaian kinerja yang baik dengan menggunakan sumber daya yang lebih sedikit.

*Inception-EfficientNet* mengambil manfaat dari kedua pendekatan tersebut. Arsitektur ini menggunakan modul *Inception* untuk menangkap fitur-fitur dengan berbagai ukuran dan kompleksitas, serta mengadopsi pendekatan efisien dari *EfficientNet*

untuk mengatur kompleksitas model secara keseluruhan. Hal ini dirancang agar dapat menghasilkan jaringan saraf yang handal, efisien, dan mampu menangani berbagai tugas pengolahan citra seperti klasifikasi, deteksi objek, segmentasi, dan lainnya. Kelebihan utama dari arsitektur *Inception-EfficientNet* adalah kemampuannya untuk menggabungkan fitur-fitur unggulan dari kedua arsitektur induknya, sehingga menciptakan model yang dapat mengatasi pengolahan citra *modern*.

### D. Alur Pemrosesan Sistem Deteksi Penelitian

Alur sistem deteksi dalam penelitian ini bertujuan untuk memberikan tahapan yang terstruktur dalam pemrosesan dan pengolahan *input* citra, menjalankan proses ekstraksi citra menggunakan metode *Faster R-CNN* dan OCR, serta melakukan klasifikasi terhadap hasil deteksi yang diperoleh.



Gambar 2. Alur Pemrosesan Sistem Deteksi Berdasarkan Gambar 2, Langkah awal pemrosesan deteksi yakni generalisasi *input* gambar,

jika ditemukan kemiripan dengan objek KTM, maka sistem akan memfokuskan area KTM yang tertangkap kamera dan membuang *background* selain objek KTM. Hal ini dilakukan untuk menghasilkan solusi komprehensif dalam pengenalan dan klasifikasi objek dalam citra. Kemudian dilakukan *cropping* sehingga area pemrosesan data hanya berlaku pada bagian identitas KTM. Langkah selanjutnya dilakukan pemrosesan inti metode OCR untuk mengenali karakteristik *teks* identitas mahasiswa dengan melakukan segmentasi karakter *teks*. Ekstraksi fitur dilakukan untuk membedakan karakter satu sama lain dan mengidentifikasi karakter dengan benar. Selanjutnya sistem akan melakukan keputusan klasifikasi berupa *string teks* terhadap identitas yang telah dikenal. Berlangsung sistem deteksi OCR, juga bersamaan dengan deteksi *Faster R-CNN*. Namun, metode *Faster R-CNN* dirancang untuk mengklasifikasikan identitas kartu tanda mahasiswa berdasarkan foto mahasiswa yang tertera pada KTM. Langkah awal metode ini yakni dilakukan ekstraksi foto untuk menentukan dimensi dan letak gambar yang akan dideteksi. Kemudian akan dilakukan pemrosesan pembelajaran terhadap arsitektur *Inception-EfficientNet* selanjutnya dilakukan pembentukan RPN (*Region Proposal Network*) serta *ROI Pooling* untuk menangkap fokus deteksi terhadap titik dimensional foto sebagai langkah pengenalan foto.

Selanjutnya dilakukan langkah untuk integrasi pengenalan antara dua metode yakni OCR dan *Faster R-CNN* untuk menghasilkan keputusan yang sesuai. Jika deteksi antar kedua metode tersebut telah sesuai maka output yang dihasilkan yakni “Akses Diiijinkan”. Namun, apabila hasil yang didapati oleh kedua sistem ditemukan ketidaksesuaian maka sistem akan mengindikasikan “Akses Ditolak” sebagai langkah bahwa mahasiswa tidak dapat mengakses fasilitas karena ketidaksesuaian dengan data aktual yang ada.

#### E. Pengumpulan Dataset

*Dataset* yang dikumpulkan merupakan kumpulan gambar yang dilakukan proses *cropping image* terhadap objek KTM sehingga fokus deteksi dapat dikenali dengan mudah oleh sistem yakni pada bagian identitas dan foto mahasiswa dengan dimensi 360x210 *pixel*. *Dataset* yang kumpulan berjumlah 300 data dengan banyaknya data masing-masing kelas yakni sebanyak 100 data. Kelas yang digunakan terdiri atas kelas “hafizh”, “richo”, dan “vandy”. Pada Gambar 3 merupakan citra dataset asli, yang kemudian dilakukan

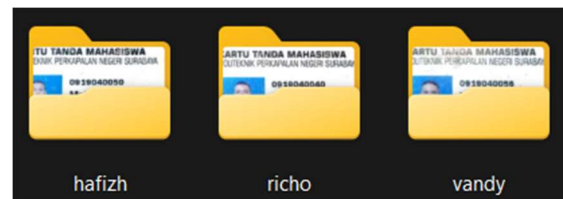
proses *cropping* seperti Gambar 4, dan pengumpulan dataset dalam setiap folder seperti Gambar 5.



Gambar 3. Citra Dataset Asli

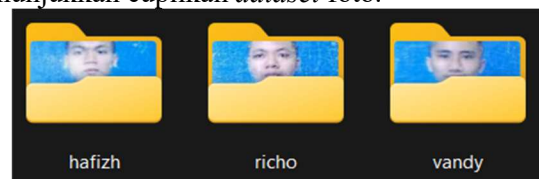


Gambar 4. Citra Hasil Cropping





Gambar 5. Folder Kumpulan Dataset KTM

Selain *dataset* identitas KTM penulis juga mengumpulkan *dataset* foto mahasiswa yang tercantum dalam KTM. Teknik pengambilan *dataset* dilakukan dengan pengambilan gambar oleh kamera pada berbagai pola pengambilan gambar termasuk ketinggian, dimensional kemiringan, serta tingkat pencahayaan yang bervariasi. Hal ini dilakukan untuk memperbanyak pola variasi data gambar sehingga proses pembelajaran akan semakin kompleks. Pada Gambar 6 merupakan *folder* kategori kelas yang memuat 100 gambar pada setiap kelas, dan Tabel 1 menunjukkan cuplikan *dataset* foto.



Gambar 6. Kumpulan Folder Data Foto

Tabel 1. Dataset Foto Mahasiswa

Kategori Kelas Aktual	Cuplikan Dataset	Ukuran
hafizh		100x100
richo		100x100
vandy		100x100

F. Pemrosesan Karakter dengan OCR

Pada pemrosesan karakter dengan OCR dilakukan proses segmentasi dengan melakukan anotasi terhadap setiap karakter citra identitas pada KTM. Langkah ini dilakukan untuk menyesuaikan *bounding box* pada setiap karakter untuk langkah pengenalan. Berikut merupakan cuplikan beberapa hasil segmentasi terhadap model XML yang telah dibuat.

Tabel 2. Anotasi Sample Karakter OCR

Anotasi Karakter	Bounding Box Karakter			
	Xmin	Ymin	Xmax	Ymax
R	290	218	344	313
i	246	201	271	292
c	293	213	352	317
h	274	202	289	299
o	269	209	283	301

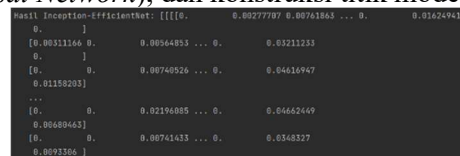
G. Pembentukan Arsitektur Inception-EfficientNet

Pada bagian ini dilakukan untuk Berikut merupakan konstruksi modifikasi Arsitektur *Inception-EfficientNet* yang dirancang oleh peneliti.

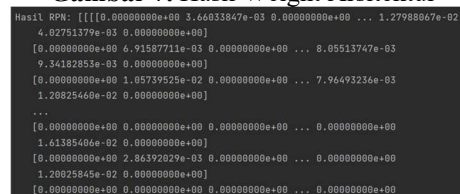
Tabel 3. Arsitektur Inception-EfficientNet

Layer	Type	Output Shape	Parameters
Input_1	input	(200, 200, 3)	0
Conv2d	(conv2d)	(200, 200, 64)	256
Conv2d_1	(conv2d)	(200, 200, 128)	73856
Conv2d_2	(conv2d)	(200, 200, 128)	147584
Max_pool	maxPool2d	(100, 100, 128)	0
Conv2d_3	(conv2d)	(100, 100, 256)	295168
Conv2d_4	(conv2d)	(100, 100, 256)	590080
Conv2d_5	(conv2d)	(100, 100, 256)	590080
Maxpool_1	maxPool2d	(50, 50, 256)	0
Flatten	flatten	640000	0
dense	dense	256	163840256
RPN	rpn	128	-
Efficient Net BO	Input_tensor	32	-
<b>Total Parameters</b>			<b>165.537.280</b>

Berikut merupakan cuplikan hasil parameter arsitektur *Inception-EfficientNet*, Hasil RPN (*Region Proposal Network*), dan konstruksi titik model.



Gambar 7. Hasil Weight Arsitektur



Gambar 8. Hasil RPN

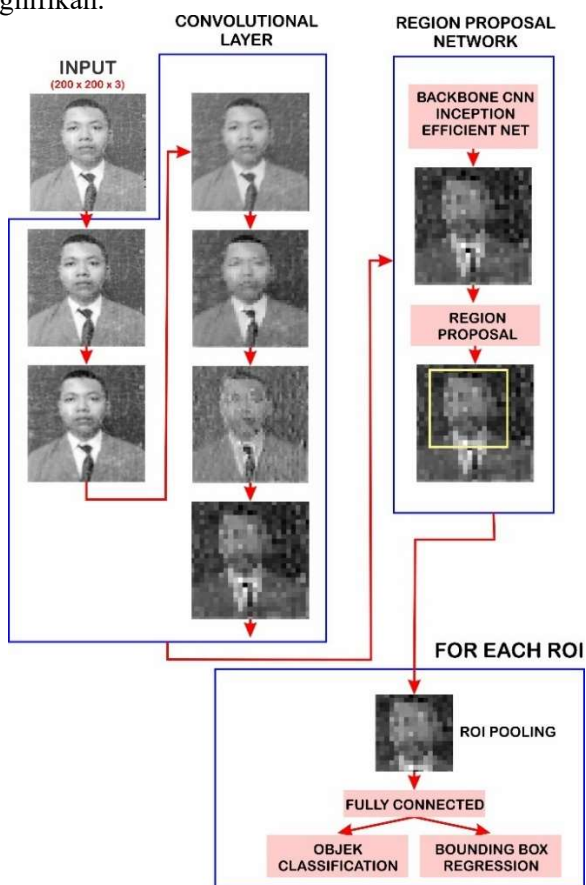
```

Hasil Final: [[0. 0.3786853 0. 0.01819936 0. 0.
0. 0. 0.01888162 0. 0.00352832 0.04073489
0. 0.00327599 0. 0.01636827 0. 0.00862273
0.00567147 0.00856002 0.05723191 0.02593795 0. 0.
0. 0.02243489 0. 0.03704345 0. 0.
0.01771245 0.00240323 0. 0. 0. 0.01206564
0.02484932 0.01450109 0. 0.00647244 0. 0.04518896
0. 0. 0.01754177 0.04291431 0.03888545 0.
0. 0. 0. 0. 0. 0.00353173
0.04143642 0.02056796 0.01064114 0. 0. 0.0095681
0. 0. 0.01149541 0. 0.0327646 0.0218642 0.
0.03855783 0.02419562 0. 0. 0.03213609 0.
0.00146371 0.02181011 0.03285103 0.00220744 0.02756962 0.
0.02018499 0.01870682 0.03160525 0.06349348 0.03124421 0.
0.00877521 0. 0. 0.00056377 0. 0.01646125
0. 0.01297215 0.00092192 0.04330558 0. 0.00674552
0.07565315 0. 0. 0.00640954 0. 0.
0. 0. 0. 0.05072375 0. 0.
0.0336152 0. 0.03667706 0. 0.01721016 0.01246101
0.04429043 0.02300708 0. 0. 0.06962236 0.00312393
0.01527992 0.01010024 0.02293542 0.00728741 0.
    
```

Gambar 9. Hasil Final Result

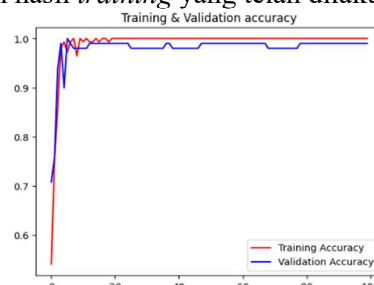
H. Pelatihan Model dengan Faster R-CNN

Penggabungan arsitektur *Inception-EfficientNet* pada model *Faster R-CNN* dilakukan untuk memanfaatkan informasi representasi yang lebih kaya terhadap citra deteksi, memungkinkan sistem untuk belajar fitur-fitur yang lebih kompleks dan abstrak, menghasilkan *region proposal network* yang akurat, serta meningkatkan kinerja sistem deteksi objek secara signifikan.

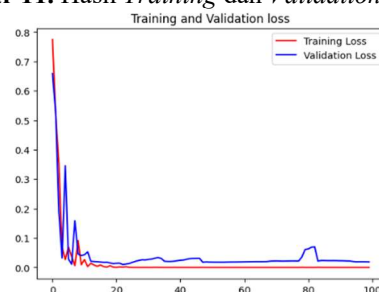


Gambar 10. Pemrosesan Citra Foto Metode *Faster R-CNN*

Proses *training* dilakukan terhadap citra gambar *cropping* yang hanya memuat foto mahasiswa. Pada proses *training* dilakukan dengan *epochs* berjumlah 100 *epochs* untuk *step* pembelajaran model. Berikut merupakan hasil *training* yang telah dilakukan.



Gambar 11. Hasil *Training* dan *Validation Accuracy*



Gambar 12. Hasil *Training* dan *Validation Loss*

Berdasarkan pola *training accuracy* dan *loss* terhadap pembelajaran model, didapatkan parameter *confusion* sebagai berikut.

Tabel 4. *Confusion Matriks* Hasil *Training*

	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-score</i>	<i>Support</i>
<b>Hafizh</b>	0.98	0.98	0.99	53
<b>Richo</b>	1.00	0.99	0.99	54
<b>Vandy</b>	1.00	0.99	0.99	54

Berdasarkan Tabel 3, parameter *confusion* pada proses *training* menghasilkan nilai yang konvergen terhadap indeks pengenalan pada setiap kelas. Selanjutnya hal ini akan dijadikan indikasi dalam menganalisis kebaikan model dalam menanggapi kemampuan pengenalannya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN


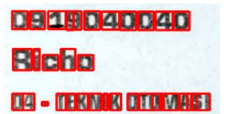
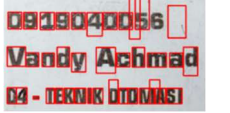
Bab ini bertujuan untuk melaporkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap model yang telah diujikan pada bab sebelumnya. Pada tahap ini akan membahas secara rinci hasil pengujian dalam rangka mengukur keandalan dan kinerja model yang telah dikembangkan, mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan model, serta menggambarkan solusi yang mungkin diperlukan untuk mengatasi berbagai tantangan yang muncul. Dengan demikian,

pembahasan ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam dan pemahaman yang komprehensif terkait dengan performa model yang telah dirancang.

A. Pengujian Karakter Identitas dengan OCR

Pada sub bab ini, peneliti melakukan pengujian terhadap pengenalan elemen karakter identitas menggunakan teknik *Optical Character Recognition* (OCR). Pengujian ini akan dilakukan pada tiga sampel gambar yang mewakili tiga kelas berbeda, yaitu "hafizh", "richo", dan "vandy". Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur efektivitas dan akurasi kemampuan model OCR dalam mengenali karakter identitas pada gambar. Berikut merupakan pengujian karakter gambar dengan OCR.

Tabel 5. Pengujian Deteksi Karakter dengan Metode OCR

Kelas	Bounding Box Karakter	Hasil Output Name	Akurasi
hafizh		0919040050 Muhammad Tegar Hafizh D4- TEKNIK OTOMAS!	97,78%
richo		0919040040 Richo D4- TEKNIK OTOMASI	100%
vandy		0919040056 Vandy Achmad D4 - TEKNIK OTOMAS!	97,29%
<b>Akurasi Keberhasilan Rata-rata</b>			<b>98,35%</b>

Perolehan nilai akurasi ditentukan dengan perbandingan jumlah karakter yang berhasil dikenali berbanding dengan total karakter aktual yang diujikan.

$$Akurasi = \frac{jumlah\ karakter\ benar}{jumlah\ karakter\ yang\ diuji} \times 100\% \quad (1)$$




Berdasarkan pengujian metode OCR terhadap pengenalan karakter identitas didapatkan akurasi keberhasilan rata-rata yakni sebesar 98,35%.

B. Pengujian Klasifikasi Foto dengan Faster R-CNN

Pengujian ini dilakukan dengan meng-input data gambar yang belum pernah dikenali oleh sistem yakni data sample testing. Pengujian dilakukan pada data

testing sebanyak 12 data dengan 4 *sample* pengujian pada setiap kelasnya. Berikut merupakan pengujian klasifikasi foto pada KTM yang telah diujikan.

Tabel 6. Pengujian Deteksi Karakter dengan Metode OCR

Data Aktual	Konvergensi Hasil Prediksi	Uji ke-	Hasil Deteksi	Akurasi
hafizh		1	hafizh	91.88%
		2	hafizh	92.11%
		3	hafizh	89.35%
		4	hafizh	91.54%
richo		1	richo	94.52%
		2	richo	93.33%
		3	richo	93.17%
		4	richo	90.01%
vandy		1	vandy	92.66%
		2	vandy	91.97%
		3	vandy	89.82%
		4	vandy	91.63%
<b>Akurasi Keberhasilan Rata-rata</b>				<b>91.83%</b>

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada Tabel 6, diperoleh tingkat akurasi keberhasilan rata-rata pada 12 *sample* pengujian yakni sebesar 91.83%.

C. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem bertujuan untuk melakukan analisis terhadap kemampuan model dalam mengidentifikasi setiap pola pengenalan objek yang akan dideteksi. Pada pengujiannya dilakukan dengan menganalisis kinerja arsitektur *Inception-EfficientNet* pada model *Faster R-CNN* yang telah dikembangkan dalam mengklasifikasikan foto pada KTM. Selanjutnya, pengujian ini juga dimaksudkan untuk mengevaluasi kemampuan model OCR yang telah dilatih untuk pengenalan identitas pada KTM (Kartu Tanda Mahasiswa). Seluruh hasil dari pengujian ini akan dianalisis secara lebih mendalam, terutama terkait integrasi dan interaksi terhadap hasil deteksi dari kedua metode yang diimplementasikan pada sistem.

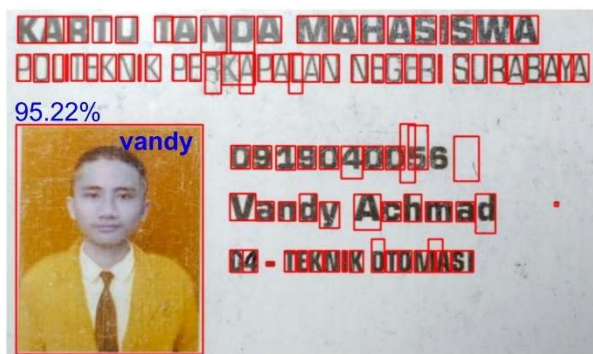
Pada pengujiannya dilakukan dengan integrasi pengenalan antara kedua metode yang tertera pada Gambar 13, Gambar 14, dan Gambar 15 berikut. Selanjutnya pada Gambar 16, Gambar 17, dan Gambar 18 merupakan hasil pembacaan *output* deteksi karakter.



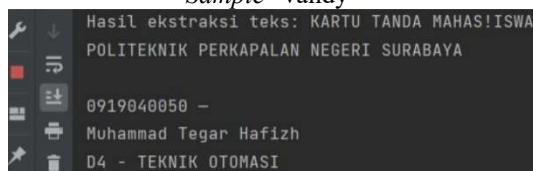
Gambar 13. Keberhasilan Uji Integrasi Metode pada Sample “hafizh”



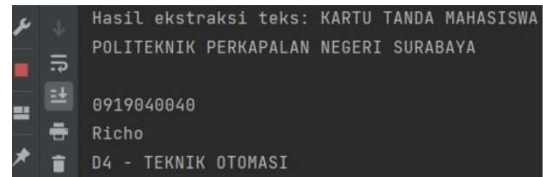
Gambar 14. Keberhasilan Uji Integrasi Metode pada Sample “richo”



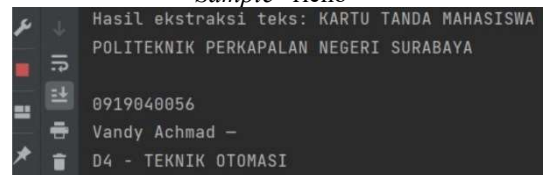
Gambar 15. Keberhasilan Uji Integrasi Metode pada Sample “vandy”



Gambar 16. Keberhasilan Uji Deteksi Karakter pada Sample “hafizh”



Gambar 17. Keberhasilan Uji Deteksi Karakter pada Sample “richo”



Gambar 18. Keberhasilan Uji Deteksi Karakter pada Sample “vandy”

Tabel 7. Pengujian Keakuratan OCR

Data Uji	Hasil Deteksi	Jumlah Karakter		Akurasi
		benar	total	
richo	0919040040	31	31	100%
	Richo			
	D4 – TEKNIK OTOMASI			
hafizh	0919040050 –	39	40	97,5%
	Muhammad Tegar			
	D4 – TEKNIK OTOMASI			
vandy	0919040056	36	37	97,29%
	Vandy Achmad –			
	D4 – TEKNIK OTOMASI			
Akurasi Keberhasilan Rata-rata				98,26

Berikut disajikan hasil pengujian integrasi metode OCR dan *Faster R-CNN* pada hasil deteksi terhadap hasil keputusan untuk akses ijin. Pada pengujiannya dilakukan sebanyak 15 kali dengan data *random*. Tabel 8 berikut merupakan hasil pengujian integrasi terhadap akses ijin.

Tabel 8. Pengujian Deteksi Keseluruhan Sistem

Data yang diujikan	Hasil OCR	Hasil <i>Faster R-CNN</i>	Kondisi	Output
richo	richo	richo	Benar	Akses Diijinkan
hafizh	hafizh	hafizh	Benar	Akses Diijinkan
vandy	vandy	vandy	Benar	Akses Diijinkan

vandy	vandy	vandy	Benar	Akses Diiijinkan
hafizh	hafizh	hafizh	Benar	Akses Diiijinkan
richo	richo	richo	Benar	Akses Diiijinkan
richo	richo	hafizh	Salah	Akses Ditolak
hafizh	hafizh	hafizh	Benar	Akses Diiijinkan
richo	richo	richo	Benar	Akses Diiijinkan
vandy	vandy	vandy	Benar	Akses Diiijinkan
hafizh	hafizh	hafizh	Benar	Akses Diiijinkan
vandy	vandy	vandy	Benar	Akses Diiijinkan
richo	richo	richo	Benar	Akses Diiijinkan
vandy	vandy	vandy	Benar	Akses Diiijinkan
hafizh	hafizh	hafizh	Benar	Akses Diiijinkan

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 8, didapatkan hasil akurasi dengan perbandingan antara total data benar berbanding dengan total data yang diujikan. Pengujian sistem keseluruhan didapatkan akurasi keberhasilan sebesar 93,34%. Setelah dilakukan pengamatan lebih lanjut, adanya kesalahan deteksi salah satunya diakibatkan karena adanya kesamaan karakter dan tingkat pencahayaan dalam pengambilan citra sehingga mengakibatkan adanya kesamaan karakter foto.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilaksanakan, secara keseluruhan sistem pengenalan identitas Kartu Tanda Mahasiswa memberikan indeks klasifikasi pada 3 kelas yakni "richo", "hafizh", dan "vandy". Melalui serangkaian pengujian dan evaluasi, hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa;

Penelitian ini melakukan kolaborasi arsitektur *Inception-EfficientNet* dengan konstruksi 5 lapisan konvolusi pada 2 *maxpooling*, serta penambahan RPN (*Region Proposal Network*) dan ROI *Pooling* yang menjadi modifikasi inti untuk membentuk metode *Faster R-CNN*. Hasil penelitian menemukan temuan baru yang menunjukkan bahwa penyusunan dan modifikasi arsitektur *Inception-EfficientNet* telah menghasilkan akurasi *training* yang mencapai 98%.

Penerapan metode OCR dalam penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam mengenali setiap karakter *teks* pada Kartu Tanda Mahasiswa (KTM). Dalam pengujian, metode OCR mampu mengenali karakter dengan akurasi pengujian mencapai 98,35% dan akurasi implementasi sebesar 98,26%. Pengujian metode *Faster R-CNN* dalam mengklasifikasikan hasil pengenalan objek pada foto juga menghasilkan akurasi *training* yang sangat baik dengan *persentase* sebesar 98%. Sementara itu, pada pengujian metode *Faster R-CNN* terhadap pengenalan objek pada foto, akurasi keberhasilan mencapai 91,83%.

Berdasarkan pengujian terhadap keseluruhan sistem menggunakan sampel sebanyak 15 kali melalui integrasi metode OCR dan *Faster R-CNN* diperoleh akurasi deteksi sebesar 93,34%.

Keberhasilan kesimpulan tersebut menyatakan bahwa penerapan dan penggabungan metode *Optical Character Recognition* (OCR) dan *Faster Region Convolutional Neural Network* (*Faster R-CNN*) mengindikasikan akurasi optimal dalam klasifikasi pengenalan identitas pada Kartu Tanda Mahasiswa. Hal ini menjadi indikasi akses yang lebih baik terhadap fasilitas perpustakaan di lingkungan kampus. Di masa depan, peneliti berharap adanya pengembangan lebih lanjut terkait kolaborasi dengan metode terbaru untuk pengenalan sistem deteksi yang lebih luas. Hal ini diharapkan akan membuka peluang bagi perkembangan yang lebih luas dalam hal keandalan dan manfaatnya.

#### REFERENSI

- [1] H. Y. Madawara, P. F. Tanaem, and D. H. Bangkalang, "PERANCANGAN UI/UX APLIKASI KTM MULTIFUNGSI MENGGUNAKAN METODE DESIGN THINKING," *J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 2, pp. 111–125, 2022, doi: 10.37792/jukanti.v5i2.560.
- [2] Z. Zulaikha, A. C. Alfarabi, A. R. Aprilianto, M. M. Fuadi, M. Tafrikan, and B. Hardiansyah, "Deteksi Kartu Tanda Mahasiswa (KTM) Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo dengan Feature Matching," *Zeta - Math J.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–6, 2022, doi: 10.31102/zeta.2023.8.1.1-6.
- [3] A. Wardana, A. Azzahra Batubara, B. S. Wanandi, C. Muzaddidah, K. Andrea, and M. A. Hafizh, "Rancangan Desain Prototype RFID

- Pada Presensi Mahasiswa Menggunakan KTM Di Prodi Sistem Informasi UINSU,” *Juktisi (Jurnal Teknol. Inf. Sist. Komputer)*, vol. 1, no. 3, p. 199, 2023.
- [4] I. F. Anshori, M. Faiz, and N. Handiani, “PENERAPAN IMK PADA KARTU TANDA MAHASISWA BERBASIS AUGMENTED REALITY,” *J. RESPONSIF*, vol. 4, no. 1, pp. 56–60, 2022.
- [5] Richo, R. Y. Adhitya, M. K. Hasin, M. Syai, and E. Setiawan, “Analisis Pengaruh Optimizer pada Model CNN untuk Identifikasi Cacat pada Perakat Kemasan,” *J. SISFOTENIKA*, vol. 13, no. 2, pp. 217–229, 2023.
- [6] P. M. Purba, A. Cipta Amandha, M. A. Putra, N. M. Harahap, R. A. Siregar, and I. Meilina, “Perancangan Sistem Absensi Mahasiswa Menggunakan Teknologi Near Field Communication Berbasis Android,” *J. Komput. Teknol. Inf. dan Sist. Inf.*, vol. 1, no. 3, pp. 138–147, 2023.
- [7] Y. Mansyur, “Optical Character Recognition Untuk Deteksi Pelat Mobil Dan Motor Kendaraan Pada Kampus Teknik Gowa,” Univ. Hasanuddin, 2018.
- [8] S. S. Nurhaliza and Lussiana, “Sistem Pengenalan Karakter Dokumen Secara Otomatis Menggunakan Metode Optical Character Recognition,” *PETIR J. Pengkaj. dan Penerapan Tek. Inform.*, vol. 15, no. 1, pp. 166–175, 2022, doi: 10.33322/petir.v15i1.1610.
- [9] A. A. Lubis, P. Sirait, Albert, A. Tanrisono, and Andy, “Klasifikasi Citra Multi Wajah Menggunakan Domain Adaptive Faster Region Convolutional Neural Network,” *J. SIFO Mikroskil*, vol. 20, no. 2, pp. 159–168, 2019, doi: 10.55601/jsm.v20i2.673.
- [10] D. Alamsyah and D. Pratama, “Deteksi Ujung Jari menggunakan Faster-RCNN dengan Arsitektur Inception v2 pada Citra Derau,” *JuSiTik J. Sist. dan Teknol. Inf. Komun.*, vol. 2, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.32524/jusitik.v2i1.435.
- [11] R. Z. Kaixuan Zhao, Meng Zhang, Weizheng Shen, Xiaohang Liu, Jiangtao Ji, Baisheng Dai, “Automatic body condition scoring for dairy cows based on efficient net and convex hull features of point clouds,” *Comput. Electron. Agric.*, p. 205, 2023.
- [12] N. H. Ente, M. Rohandi, and R. Yusuf, “SISTEM INFORMASI PENGARSIPAN MENGGUNAKAN OPTICAL CHARACTER RECOGNITION BERBASIS WEB DI KANTOR NOTARIS DAN PPAT HAKSON IS ENTE, SH. M.Kn,” *Diffus. J. Syst. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 195–203, 2023.
- [13] N. Y. S. Mendrofa, A. Mahfuzie, M. Faisal, A. Haidar, and P. Rosyani, “PERBANDINGAN METODE YOLO DAN FAST R-CNN DALAM SISTEM DETEKSI PENGENALAN KENDARAAN,” *JRIIN J. Ris. Inform. dan Inov.*, vol. 1, no. 2, pp. 431–436, 2023.
- [14] R. Haswinsa, I. I. Tritoasmoro, and Nur Ibrahim, “SISTEM DETEKSI QR CODE PADA MOBIL BERGERAK DENGAN METODE FASTER R-CNN,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 264–272, 2021, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversit y.ac.id/index.php/engineering/article/view/14272%0Ahttps://openlibrarypublications.telkomu niversity.ac.id/index.php/engineering/article/do wnload/14272/14056>.
- [15] Z. P. Ruoxian Li, Jiayong Yu, Feng Li, Ruitao Yang, Yudong Wang, “Automatic bridge crack detection using Unmanned aerial vehicle and Faster R-CNN,” *Constr. Build. Mater.*, p. 362, 2023.
- [16] U. Ungkawa and G. A. L. Hakim, “Klasifikasi Warna pada Kematangan Buah Kopi Kuning menggunakan Metode CNN Inception V3,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 11, no. 3, pp. 731–743, 2023.
- [17] E. Eka Citra, D. Hatta Fudholi, and C. Kusuma Dewa, “Implementasi Arsitektur EfficientNetV2 Untuk Klasifikasi Gambar Makanan Tradisional Indonesia,” *J. MEDIA Inform. BUDIDARMA*, vol. 7, no. April, pp. 766–777, 2023, doi: 10.30865/mib.v7i2.5881.

## **Penggunaan Software Wireshark untuk Monitoring dan Troubleshooting pada Komunikasi Client Server IEC 61850**

Muhammad Said Al Manshury<sup>1\*</sup>

PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pendidikan dan Pelatihan (UPDL) Semarang<sup>1</sup>

\*m.said@pln.co.id

### **ABSTRACT**

*Transmission data (status, measurement, control) between Substation Automation Systems (SAS) is different from Conventional Substation. Conventional Substation uses cables (hardwired) to transmit data, while SAS transmits data using data communication via an ethernet network, using IEC 61850 protocol. IEC 61850 protocol is currently widely used for communication within substations. Currently SAS has been widely implemented in PLN, where IEC 61850 protocol is the mandatory protocol used in SAS. SAS consists of various kinds of equipment such as: server, gateway, Intelligent Electronic Devices (IED). In SAS maintenance, it is necessary to monitor and troubleshoot IEC 61850 communications to ensure data is sent between the equipment. One of the IEC 61850 communications that is often used is client server communication (report). To monitor IEC 61850 communications, an IEC 61850 protocol analyzer is needed such as IED scout from Omicron, IEC 61850 Test Suite Pro from Trianglemicroworks, IEC 61850 Protocol Test Tool from ASE systems or other IEC 61850 protocol analyzers. All protocol analyzers are paid, while not all PLN units have protocol analyzer software. One alternative software that can be used is Wireshark, this free software can be used to monitor all Ethernet-based communications, including IEC 61850 protocol. In the tests carried out in this research, it can be concluded that wireshark can be used to monitor IEC 61850 communications using "mms" filters and laptop for monitoring is connected on the ethernet switch's port which has been mirrored to ethernet switch's port of SAS equipment to be monitored.*

**Keywords :** IEC 61850, Client Server Communcation, Report, SAS (Substation Automation System), Wireshark

### **INTISARI**

Pengiriman data (status, pengukuran, kontrol) antara Sistem Otomasi Gardu Induk (SOGI) berbeda dengan Gardu Induk Konvensional. GI Konvensional menggunakan kabel (hardwired) untuk mengirimkan data, sedangkan pada SOGI pengiriman data menggunakan komunikasi data via jaringan ethernet yaitu dengan menggunakan protokol IEC 61850. Protokol IEC 61850 saat ini banyak digunakan untuk komunikasi di dalam Gardu Induk. Saat ini SOGI sudah banyak diterapkan di PLN, di mana protokol IEC 61850 adalah protokol mandatory yang digunakan dalam SOGI. SOGI terdiri dari berbagai macam peralatan seperti : server, gateway, Intelligent Electronic Device (IED). Dalam pemeliharaan SOGI perlu dilakukan monitoring dan troubleshooting komunikasi IEC 61850 untuk memastikan data) terkirim antar peralatan tersebut. Salah satu komunikasi IEC 61850 yang sering digunakan diantara adalah komunikasi client server (report). Untuk memonitor komunikasi IEC 61850 tersebut dibutuhkan IEC 61850 protocol analyzer seperti IED scout dari Omicron, IEC 61850 Test Suite Pro dari Trianglemicroworks, IEC 61850 Protocol Test Tool dari ASE systems atau IEC 61850 protocol analyzer yang lainnya. Semua protocol analyzer tersebut berbayar, sedangkan tidak semua unit PLN memiliki software protocol analyzer tersebut. Salah satu software alternatif yang bisa digunakan adalah wireshark, software ini gratis dapat digunakan untuk monitoring semua komunikasi yang berbasis ethernet, termasuk protokol IEC 61850. Dalam pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa wireshark dapat digunakan untuk monitoring komunikasi IEC 61850 dengan menggunakan filter "mms" dan laptop untuk monitoring terpasang pada port ethernet switch yang sudah di mirroring ke port ethernet switch dari peralatan SOGI yang akan dimonitor.

**Kata kunci:** IEC 61850, Komunikasi Client Server, Report, SOGI (Sistem Otomasi Gardu Induk), Wireshark

## I. PENDAHULUAN

Saat ini PLN mengoperasikan banyak sekali Gardu Induk. Pada awalnya Gardu Induk yang dibangun adalah Gardu Induk konvensional, seiring perkembangan teknologi maka pada awal tahun 2000-an, PLN sudah menerapkan Sistem Otomasi Gardu Induk (SOGI) khususnya pada gardu induk baru ataupun penambahan bay baru pada Gardu Induk konvensional ataupun saat rehabilitasi Gardu Induk. SOGI atau SAS (*Substation Automation System*) adalah sistem untuk mengelola, mengendalikan, dan proteksi sistem tenaga listrik, hal ini dapat dicapai dengan mengambil informasi *real time* dari sistem, didukung oleh aplikasi *local* dan *remote control* yang handal dan proteksi sistem tenaga listrik.

Pengiriman data (status, pengukuran) antara Sistem Otomasi Gardu Induk (SOGI) berbeda dengan Gardu Induk Konvensional. GI Konvensional menggunakan kabel (*hardwired*) untuk mengirimkan data, sedangkan pada SOGI pengiriman data menggunakan komunikasi data via jaringan ethernet yaitu dengan menggunakan protokol IEC 61850. Protokol IEC 61850 saat ini banyak digunakan untuk komunikasi di dalam Gardu Induk, walaupun saat ini juga sudah mulai banyak digunakan untuk komunikasi di luar Gardu Induk (antar Gardu Induk). Di PLN, protokol *mandatory* yang digunakan dalam SOGI adalah IEC 61850 [1]. Standar seri EC 61850 telah diterbitkan selama beberapa tahun dan sudah diterima secara luas [2]. IEC 61850 adalah standar komunikasi untuk Sistem Otomasi Gardu Induk (SOGI). IEC 61850 ini mendefinisikan model informasi dan layanan yang digunakan untuk komunikasi antara *Intelligent Electronic Device* (IED) di Gardu Induk [3]. IEC 61850 merupakan keluarga standar komunikasi yang menetapkan protokol penamaan perangkat, data dan jaringan komunikasi yang terkait dengan otomatisasi gardu tenaga listrik. Hal ini telah diadopsi oleh utilitas di seluruh dunia untuk komunikasi data di Gardu Induk [4]. Komunikasi yang ada pada IEC 61850 diantaranya *Client server* –(*MMS-Manufacturing Message Specification*), *GOOSE* (*Generic Object Oriented Substation Event*) dan *SV* (*Sample Value*) [5].

*Manufacturing Message Specification* (MMS) banyak digunakan di gardu induk berbasis IEC 61850 untuk meningkatkan proses otomatisasi [6]. Komunikasi *client server* (report) pada IEC 61850 dalam implementasinya menggunakan MMS. *GOOSE* digunakan dalam Sistem Otomasi Gardu Induk untuk

transfer sinyal antar IED yang lebih cepat. Umumnya, *GOOSE* mampu mengarahkan sinyal transfer untuk *interlocking* atau *blocking* antar IED [7]. Pada Gardu Induk konvensional, komunikasi antar bay atau antar *device* menggunakan *hardwired*, sedangkan pada Sistem Otomasi Gardu Induk komunikasi antar bay atau antar *device* dapat menggunakan *GOOSE* [8].

## II. LANDASAN TEORI

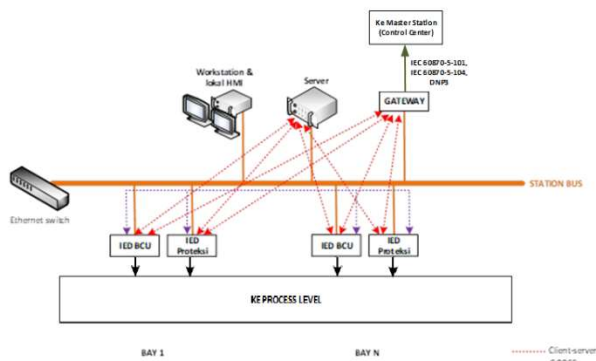
Sistem Otomasi Gardu Induk (SOGI) dibagi menjadi 3 level yaitu *station level*, *bay level* dan *process level*. *Station level* terdiri dari *server*, *workstation* dan *gateway*. Sedangkan *bay level* terdiri dari banyak IED (IED proteksi, IED *controller/BCU*, dan IED lainnya). Sedangkan *process level* terdiri dari *Circuit Breaker* (CB), *Disconnecting Switch* (DS), *Earthing Switch* (ES), *Current Transformer* (CT), *Voltage Transformer* (VT) dan peralatan lainnya yang ada di *switchyard*. *Station bus* menyediakan komunikasi antara peralatan di *station level* dengan peralatan di *bay level* [9].

Pada *station level*, *server* digunakan untuk mengambil data (status, pengukuran, dan kontrol) dari IED-IED lewat protokol IEC 61850, sedangkan *workstation* (HMI / Human Machine Interface) digunakan untuk menampilkan data-data yang sudah dikumpulkan oleh *server*. *Gateway* merupakan *protocol converter*, pada satu sisi menggunakan protokol IEC 61850 dan di sisi lain menggunakan protokol yang lain (contohnya IEC 60870-5-101) [10]. *Gateway* ini digunakan untuk mengambil data (status, pengukuran, dan kontrol) dari IED-IED menggunakan protokol IEC 61850 dan dikirimkan melalui protokol IEC 60870-5-101 atau IEC 60870-5-104 atau DNP3.

Pada *bay level*, IED digunakan untuk mengambil data (status, pengukuran, dan kontrol) secara langsung ke peralatan yang ada di *process level* (CB, DS, ES, CT, VT dan peralatan lainnya). Pengambilan datanya ini biasanya menggunakan *hardwired*, sedangkan untuk gardu induk yang sudah digital (*Digital Substation*), pengambilannya menggunakan protokol IEC 61850 (*GOOSE* dan *Sample Value/SV*). *GOOSE* dan *SV* telah terbukti sangat andal untuk digunakan dalam berbagai aplikasi [11]. *GOOSE* menawarkan banyak manfaat, termasuk kecepatan, pengurangan kabel, dan fleksibilitas [12]. *GOOSE* saat ini sudah berhasil diimplementasikan di banyak gardu induk,

sedangkan untuk SV sudah banyak didukung oleh IED dari beberapa vendor [13]

Peralatan dan komunikasi IEC 61850 pada SOGI dapat dilihat pada gambar 1

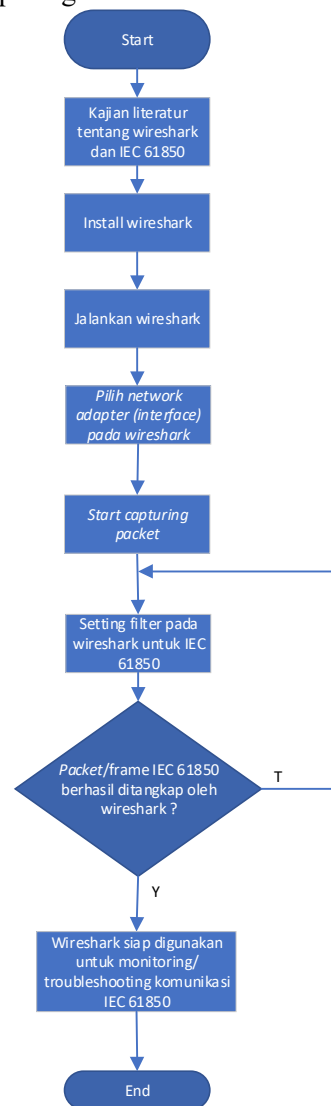


**Gambar 1.** Peralatan dan komunikasi IEC 61850 pada SOGI

Dalam pemeliharaan SOGI perlu dilakukan *monitoring* dan *troubleshooting* komunikasi IEC 61850 untuk memastikan data (status, pengukuran, kontrol) terkirim antar peralatan SOGI tersebut. Salah satu komunikasi IEC 61850 yang sering digunakan diantaranya adalah komunikasi *client server* (report). Untuk memonitor komunikasi *client server* IEC 61850 tersebut dibutuhkan IEC 61850 *protocol analyzer* seperti IED scout dari Omicron, IEC 61850 Test Suite Pro dari Trianglemicroworks, IEC 61850 Protocol Test Tool dari ASE systems atau IEC 61850 *protocol analyzer* yang lainnya. Semua *protocol analyzer* tersebut berbayar, sedangkan tidak semua unit PLN memiliki software *protocol analyzer* tersebut. Salah satu software alternatif yang bisa digunakan adalah wireshark, *software* ini gratis dapat digunakan untuk *monitoring* semua komunikasi yang berbasis ethernet, termasuk protokol IEC 61850. Tetapi untuk menggunakan wireshark untuk *monitoring* dan *troubleshooting* komunikasi *client server* IEC 61850, diperlukan filter yang tepat supaya wireshark hanya menampilkan *packet/frame client server* IEC 61850 saja, dan tidak menampilkan komunikasi ethernet yang lainnya. Hanya ditampilkan *packet/frame* komunikasi *client server* IEC 61850 saja untuk memudahkan dalam melakukan *monitoring* atau *troubleshooting* komunikasi *client server* IEC 61850.

### III. METODE PENELITIAN

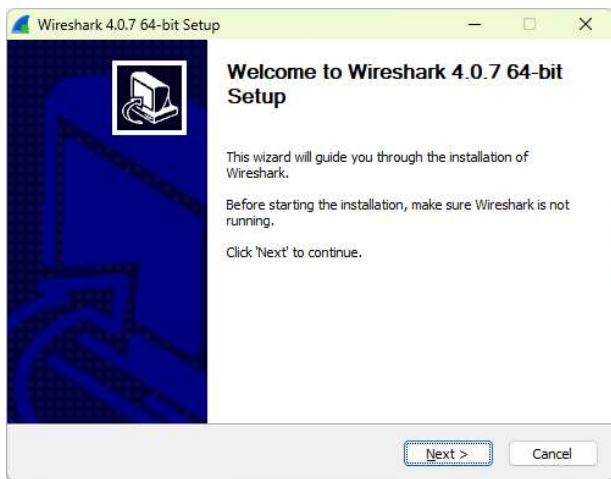
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan uji coba secara langsung di laboratorium SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) di PLN UPDL Semarang, yaitu pada peralatan SOGI (*Sistem Otomasi Gardu Induk*). Langkah yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi kajian literatur tentang wireshark dan IEC 61850, install wireshark, jalankan wireshark, pilih *network adapter (interface)* pada wireshark, setting filter pada wireshark untuk IEC 61850, *start capturing packet* dan pengujian apakah wireshark bisa menangkap *packet/frame* IEC 61850. Langkah yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.



**Gambar 2.** Diagram alir metode penelitian

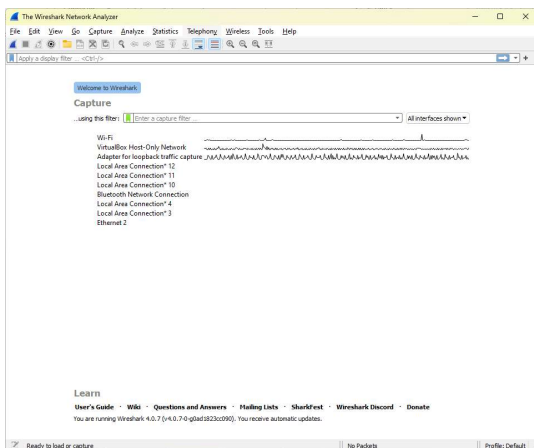
Kajian literatur tentang wireshark dan IEC 61850 dilakukan sebelum melakukan uji coba. Dalam penelitian ini perlu dipelajari juga cara melakukan instalasi dan konfigurasi wireshark dan juga karakteristik dari protokol IEC 61850.

Langkah selanjutnya adalah install wireshark. Cara instalasi wireshark cukup mudah, cukup jalankan file installer dari wireshark sampai selesai.



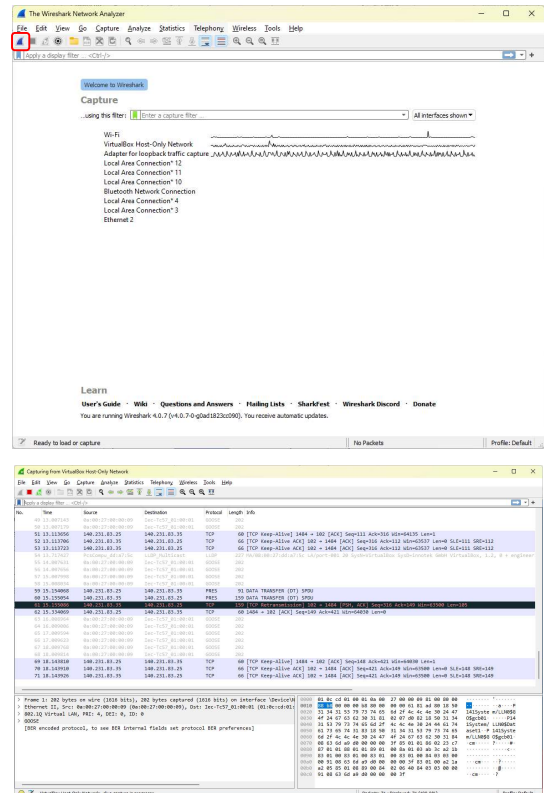
Gambar 3. Install wireshark

Langkah selanjutnya adalah menjalankan software wireshark, lalu pilih *network adapter (interface)* yang digunakan untuk IEC 61850, seperti yang terlihat pada gambar 4. Pemilihan *network adapter* ini sangat penting, jadi *network card*-nya harus dipilih *network card* yang memang sedang digunakan untuk memonitor IEC 61850. Jika salah dalam memilih *network card* maka *packet/frame* IEC 61850 tentunya tidak akan bisa terlihat/tertangkap oleh wireshark.



Gambar 4. Pilih network card (interface)

Lalu langkah selanjutnya adalah *start capturing packet* dengan cara menekan tombol *start capture* (warna biru), lalu akan muncul semua *packet/frame* yang berbasis ethernet seperti yang terlihat pada gambar 5.

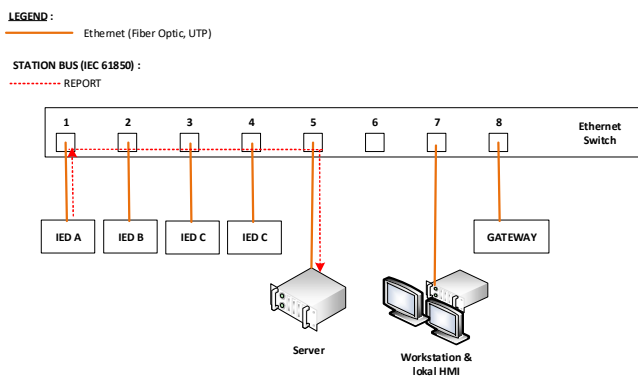


Gambar 5. Capturing packet

Pada gambar 5 di atas, terlihat semua *packet/frame* komunikasi yang berbasis ethernet akan muncul semua. Jika hanya ingin memunculkan *packet/frame* komunikasi IEC 61850, maka diperlukan filter tertentu. Pada wireshark yang digunakan dalam penelitian (versi 4.0.7) tidak memiliki filter yang spesifik untuk komunikasi *client server* IEC 61850, maka perlu dicari filter yang sesuai untuk komunikasi *client server* IEC 61850 tersebut.

Salah satu komunikasi IEC 61850 yang sering digunakan pada SOGI (Sistem Otomasi Gardu Induk) di PLN adalah komunikasi *client server* (termasuk *report*). Dari kajian literatur diperoleh informasi bahwa untuk komunikasi *client server* pada IEC 61850 itu hanya melewati port ethernet switch di mana ke dua peralatan SOGI (Sistem Otomasi Gardu Induk) berkomunikasi, sehingga ketika dipasang laptop ke salah satu port ethernet switch, maka laptop tersebut

tidak akan dapat menangkap *packet/frame* komunikasi komunikasi *client server* pada IEC 61850, karena karakteristik komunikasi *client server* adalah *end to end* bukan *broadcast/multicast* [14]. Untuk bisa menangkap *packet/frame* komunikasi ini maka port yang digunakan oleh laptop untuk *monitoring* komunikasi *client server* IEC 61850 harus disetting sebagai *mirroring* dari port ethernet switch dari peralatan SOGI yang akan dimonitor. *Port mirroring* digunakan untuk mencerminkan paket jaringan dalam lalu lintas jaringan ethernet dan jaringan ethernet dipantau dan dianalisis menggunakan perangkat lunak sniffer Wireshark [15].

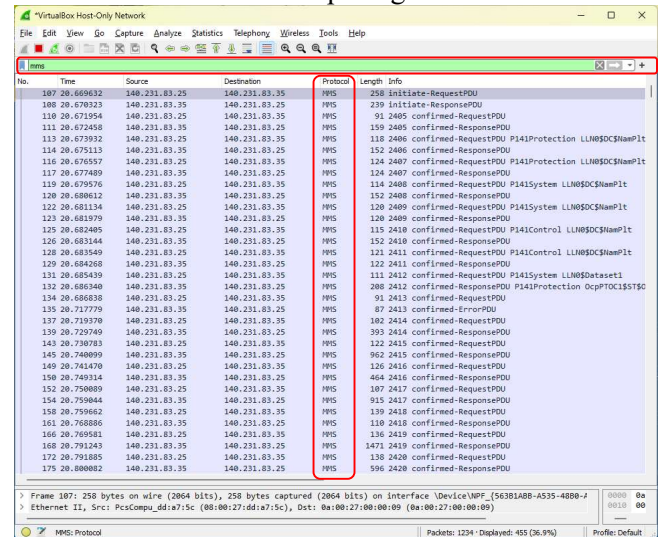


Gambar 6. Contoh Komunikasi *Client server* (Report) pada IEC 61850

Pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa ada 2 peralatan SOGI yang akan berkomunikasi menggunakan komunikasi *client server* (report) IEC 61850 yaitu IED A yang tersambung ke port 1 dan server yang tersambung ke port 5. Ketika komunikasi *client server* IEC 61850 terjadi, maka port yang dilewati hanya port 1 dan port 5 saja. Jadi ketika dipasang laptop yang sudah diinstall wireshark pada port 6, maka *packet/frame* komunikasi *client server* IEC 61850 antara IED A dan server, tidak bisa ditangkap oleh laptop tersebut, karena karakteristik komunikasi *client server* IEC 61850 adalah *end to end* bukan *broadcast/multicast* [14]. Supaya laptop dapat menangkap *packet/frame* komunikasi *client server* IEC 61850 antara IED A dan server maka pada ethernet switch port 6 harus disetting *mirroring* terhadap port 1 atau port 5. Setting *mirroring* seperti ini harus dilakukan, jika tidak dilakukan maka *packet/frame* komunikasi *client server* IEC 61850 tidak bisa ditangkap oleh wireshark.

Dari kajian literatur juga diperoleh informasi juga bahwa IEC 61850 untuk komunikasi *client server*

(termasuk *report*) itu berdasarkan komunikasi MMS (*Manufacturing Message Specification*) [6]. Sehingga bisa diterapkan filter “mms” pada wireshark supaya *packet/frame* yang dimunculkan oleh wireshark hanya *packet/frame* komunikasi *client server* pada IEC 61850. Hal ini bisa dilihat pada gambar 7.

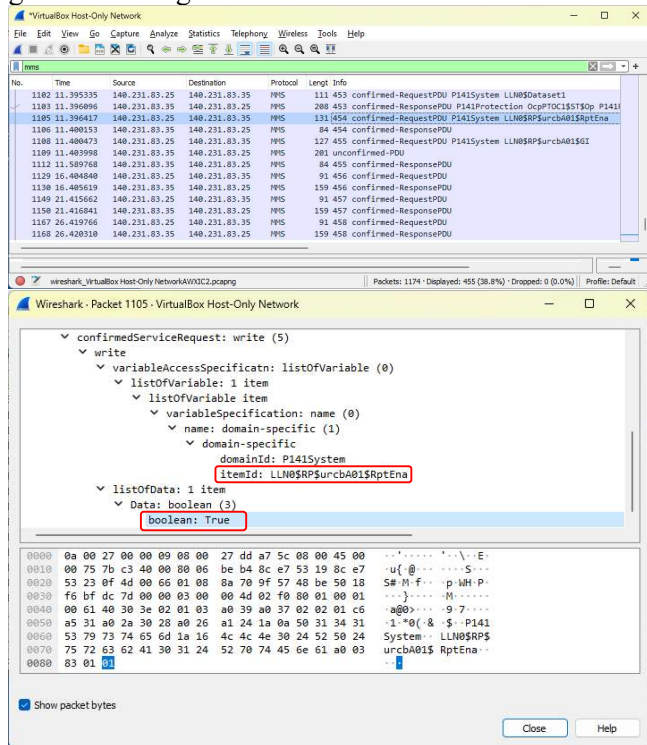


Gambar 7. setting filter “mms” pada wireshark

#### IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

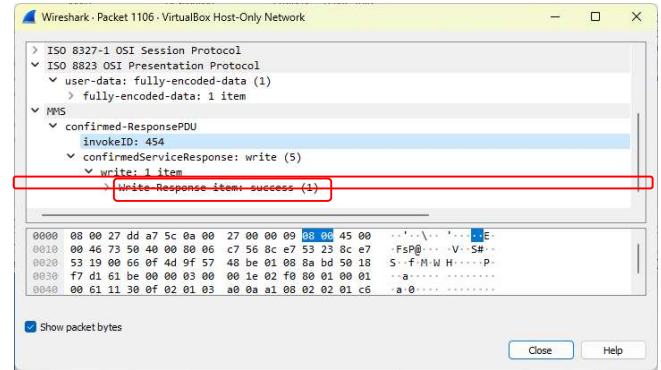
Berdasarkan percobaan didapatkan hasil bahwa supaya pada wireshark hanya menampilkan *packet/frame client server* IEC 61850 dan tidak menampilkan *packet/frame* dari komunikasi berbasis ethernet yang lain, maka dapat menggunakan filter “mms”. Penggunaan filter “mms” dilakukan karena pada wireshark tidak ada filter spesifik untuk menampilkan komunikasi *client server* IEC 61850. Pemilihan filter “mms” dalam percobaan ini berdasarkan kajian literatur tentang IEC 61850 yang menyatakan bahwa komunikasi *client server* IEC 61850 berdasarkan MMS (*Manufacturing Message Specification*). Dari pengujian yang dilakukan menggunakan filter “mms” didapatkan bahwa *packet/frame* komunikasi yang ditampilkan wireshark hanya komunikasi *client server* IEC 61850, sesuai dengan yang diharapkan, seperti yang terlihat pada gambar 7. Penggunaan filter ini untuk memudahkan dalam *monitoring* atau *troubleshooting* komunikasi *client server* IEC 61850, karena dengan filter ini, wireshark tidak menampilkan selain *packet/frame* komunikasi *client server* IEC 61850. Contoh *frame*

komunikasi *client server* IEC 61850 dapat dilihat pada gambar 8 dan gambar 9 di bawah ini.



**Gambar 8.** Contoh frame komunikasi *client server* IEC 61850 (request report) untuk *troubleshooting*

Pada gambar 8 menunjukkan adanya komunikasi dari *client* IEC 61850 (IP address 140.231.83.25) ke *server* IEC 61850 (IP address 140.231.83.35). *Client* tersebut meminta/request report (RptEna : True untuk report urcbA01). Report merupakan salah satu komunikasi pada *client server* IEC 61850.



**Gambar 9.** Contoh frame komunikasi *client server* IEC 61850 (response) untuk *troubleshooting*

Pada gambar 9 menunjukkan adanya komunikasi dari *server* IEC 61850 (IP address 140.231.83.35) ke *client* IEC 61850 (IP address 140.231.83.25). *Server* tersebut menjawab/response bahwa report urcbA01 berhasil diambil oleh *client* (write response : success).

Dari kajian literatur dan pengujian yang telah dilakukan diperoleh informasi juga bahwa monitoring untuk komunikasi *client server* itu bersifat *end to end* bukan *broadcast/multicast* artinya port ethernet switch yang dilewati adalah hanya port-port di mana kedua peralatan tersebut terpasang, sehingga ketika akan melakukan memonitor komunikasi *client server* IEC 61850 menggunakan laptop, maka laptop tersebut harus terpasang pada port yang sudah di-mirroring ke port di mana peralatan yang berkomunikasi lewat *client server* tersebut. Tanpa setting mirroring ini maka komunikasi *client server* IEC 61850 ini tidak dapat ditangkap oleh wireshark.

Kelebihan penggunaan software wireshark untuk *monitoring* dan *troubleshooting* komunikasi *client server* IEC 61850 adalah software ini gratis, sehingga dapat digunakan oleh unit PLN manapun secara bebas. Kekurangan wireshark dibanding *protocol analyzer* IEC 61850 (seperti IED Scout dan lain-lain) penerjemahannya dari frame kurang *user friendly*, tetapi masih mencukupi untuk melakukan *monitoring* dan *troubleshooting* komunikasi *client server* IEC 61850 dengan syarat orang yang melakukan monitoring sudah memahami IEC 61850 khususnya tentang SCL (*Substation Configuration Language*) pada IEC 61850.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa wireshark dapat digunakan untuk *monitoring* dan *troubleshooting* komunikasi *client server* IEC 61850. Filter yang digunakan pada wireshark supaya hanya menampilkan komunikasi *client server* IEC 61850 adalah filter "mms". Penggunaan filter ini untuk memudahkan memudahkan dalam *monitoring* atau *troubleshooting* komunikasi *client server* IEC 61850, karena dengan filter ini wireshark tidak menampilkan selain *packet/frame* komunikasi *client server* IEC 61850. Dalam melakukan *monitoring* komunikasi *client server* IEC 61850, laptop yang digunakan harus terpasang ke port *ethernet switch* yang sudah di-*mirroring* ke port *ethernet switch* dari peralatan SOGI yang akan dimonitor. Tanpa setting *mirroring* ini maka komunikasi *client server* IEC 61850 ini tidak dapat ditangkap oleh wireshark karena komunikasi *client server* bersifat *end to end* bukan *broadcast/multicast*.

## REFERENSI

- [1] PLN, "SPLN S3.001 : 2021 - Peralatan SCADA Sistem Tenaga Listrik," 2021.
- [2] Y. Wu, F. Daraiseh, E. Ramqvist, A. Larsson, and U. Morild, "An implementation of IEC 61850 for microgrid control," *27th International Conference on Electricity Distribution (CIRED)*, 2023.
- [3] Héctor León, Carlos Montez, Marcelo Stemmer, and Francisco Vasques, "Simulation models for IEC 61850 communication in electrical substations using GOOSE and SMV time-critical messages," *IEEE World Conference on Factory Communication Systems (WFCS)*, 2016.
- [4] Pooja Rai, Anup Mishra, and Abhijeet Lal, "Smart Grid and IEC 61850," *International Conference on Intelligent Technologies (CONIT)*. 2021.
- [5] Yongkang Zheng, Renhui Dou, Xiaojun Liao, Xiaoyang Tong, Mingzhi Geng, and Jiwei Wu, "The implement of Multi-IED simulator for intelligent substation," *35th Chinese Control Conference (CCC)*, 2016.
- [6] Heng Chuan Tan, Vyshnavi Mohanraj, Binbin Chen, Daisuke Mashima, Shing Kham Shing Nan, and Aobo Yang, "An IEC 61850 MMS Traffic Parser for Customizable and Efficient Intrusion Detection," *IEEE International Conference on Communications, Control, and Computing Technologies for Smart Grids (SmartGridComm)*, 2021.
- [7] Ahmad Kamaludin, Hikmah Prasetya, and Yudha Nugroho, "Implementation of GOOSE for Overcurrent Relays with Non-Cascade Scheme in Medium Voltage Switchgear as Breaker Failure and Busbar Protection System," *International Conference on Technology and Policy in Energy and Electric Power (ICT-PEP)*, 2020.
- [8] Vivek Kumar Singh, A.S. Thoke, and Chandra Prakash Awasthi, "Procedures for testing control and protection scheme based on GOOSE messages-methodology and constraints from engineering perspective," *IEEE 1st International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES)*, 2016.
- [9] M. Vadiati, M. Asadi, B. Shahbazi, S. Farzalizadeh, M. Shariati, and M. Rassaie, "A new approach for determination of the communication buses architecture based on IEC 61850 in substation automation system," *International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion*, 2008.
- [10] Juan Lobo, Miguel Cuenca, Derlis Gregor, Mario Arzamendia, Raul Gregor, and Sergio Toledo, "Design and implementation of a gateway between IEC 61850 and IEC 60870-5-101 standards for power electrical systems," *CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, 2015.
- [11] Mayada Daboul, and Jaroslava Orságová, "Evaluation IEC 61850 Protocols based Protection Schemes of Digital Substation," *23rd*

*International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE), 2023.*

- [12] Muhammad Fadli Nasution, Idam Firdaus, and Riarsari Meirani Utami, "Improving The Reliability of MV Busbar Protection by IEC61850 GOOSE Message: A Case Study in PT PLN (Persero) 150 kV New Jatake Substation, " *4th International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS), 2023.*
- [13] A. P. Morais, Â. Sartori, J. Cassol, D. P. Bernardon, U. C. Netto, W. S. Hokama, J. B. R. Conceição, and D. Lima," Real-time digital simulation and IEC 61850 standard: interoperability test between OPAL-RT and typhoon HIL simulators," *27th International Conference on Electricity Distribution (CIRED), 2023.*
- [14] Jianqing Zhang, Carl A. Gunter, "IEC 61850 - Communication Networks and Systems in Substations : An Overview of Computer Science, ". University of Illinois at Urbana-Champaign, 2011.
- [15] Murizah Kassim, Abd Razak Mahmud, Muhammad Amirullah Ramli, and Ruhani Ab Rahman, "Network Analysis of Students' Online Activities via Port mirroring Switch Port Analyzer," *IEEE 12th Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE), 2022.*

## IoT Sea Level Monitoring Development and Field Testing Study

Hollandia Arief Kusuma<sup>1\*</sup>, Muhammad Aris Akbar<sup>1</sup>, Tonny Suhendra<sup>1</sup>, Achmad Zuchriadi<sup>2</sup>, Allsay Kitsash Addifisyukha Cintra<sup>3</sup>

Department of Electrical Engineering, Universitas Maritim Rajal Ali Haji, Tanjungpinang<sup>1</sup>

Department of Electrical Engineering, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Jakarta<sup>2</sup>

Research Center for Oceanography, National Research and Innovation Agency, Jakarta<sup>3</sup>

\*hollandakusuma@umrah.ac.id

### ABSTRACT

*The measurement of sea level is essential to oceanography because it provides vital information about the ocean environment, such as tides, currents, and water temperature. This research aimed to develop an Internet of Things (IoT)-based sea level monitoring device that can precisely measure sea level and transmit data in real time. An ESP32 microcontroller, a Global System for Mobile Communications (GSM) module, an MS5803-14BA sensor, and a battery constituted the device. To protect the electronics from the ocean environment, the components were assembled on a Printed Circuit Board (PCB) board and placed within a waterproof box. The field test was conducted for 17 hours at the Class 1 Navigation Office Port in Tanjungpinang, and the Ubidots platform was used to monitor the data. The device accurately measured sea level with an Root Mean Square Error (RMSE) of 0.69 cm and an accuracy rate of 99.47%, according to the results. However, the field test also revealed problems with data transmission, with 18.81% of the data not being transmitted to the server. This low data transmission rate may have been caused by low Received Signal Strength Indicator (RSSI) levels and signal quality issues with the operator. This study demonstrated the viability of utilizing an Internet of Things-based sea level monitoring device to precisely measure sea level and transmit data in real time. It provides valuable information for the improvement and further development of sea level monitoring systems.*

**Keywords :** *IoT, Sea Level Monitoring, MS5803-14BA Sensor, Sensor Accuracy, RMSE, Data Transmission.*

### INTISARI

Pengukuran permukaan laut penting dalam oseanografi karena memberikan informasi penting tentang lingkungan laut, termasuk pasang surut, arus, dan suhu air. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perangkat pemantauan permukaan laut berbasis IoT yang dapat mengukur permukaan laut secara akurat dan mengirimkan data secara real time. Perangkat ini terdiri dari berbagai komponen: Mikrokontroler ESP32, Modul Global System for Mobile Communications (GSM), sensor MS5803-14BA, dan baterai. Komponen-komponen tersebut dirakit pada papan Printed Circuit Board (PCB) dan ditempatkan di dalam kotak tahan air untuk melindungi perangkat elektronik dari lingkungan laut. Uji lapangan dilakukan selama 17 jam di Kantor Navigasi Pelabuhan Kelas 1 Tanjungpinang, dan data dipantau melalui platform Ubidots. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat tersebut mengukur tinggi permukaan laut secara akurat, dengan nilai Root Mean Square Error (RMSE) sebesar 0,69 cm dan tingkat akurasi sebesar 99,47%. Namun, uji lapangan juga mengungkapkan adanya masalah transmisi data, dengan 18,81% data tidak terkirim ke server. Kecepatan transmisi data yang rendah ini mungkin disebabkan oleh rendahnya tingkat Received Signal Strength Indicator (RSSI) dan masalah kualitas sinyal operator. Studi ini menunjukkan kelayakan penggunaan perangkat pemantauan permukaan laut berbasis IoT untuk mengukur permukaan laut secara akurat dan mengirimkan data secara real-time. Hal ini memberikan informasi berharga untuk pengembangan lebih lanjut dan peningkatan sistem pemantauan permukaan laut.

Kata kunci: IoT, Pemantauan Permukaan Laut, Sensor MS5803-14BA, Akurasi Sensor, RMSE, Transmisi Data.

## I. INTRODUCTION

Measuring tidal patterns and sea level is critical to stakeholders, including coastal communities, disaster relief organizations, the tourism industry, and the maritime sector [1], [2]. In response to this need, numerous studies have been conducted on designing sea level measuring devices utilizing various technologies. For instance, research [3]–[5] utilized acoustic sensors in their studies, while Egistian (2021) developed a sea level measuring device that utilized the water pressure sensor [6]. However, this device has some limitations, such as the use of a temporary accumulator battery and the need for the Digital Number output of the pressure sensor to be converted before use. On the other hand, the advantage of the study is that it utilized the Internet Of Things (IoT) system and the Global System for Mobile Communications (GSM) module.

The MS5803-14BA, a commonly employed air pressure sensor for measuring water depth, has been the subject of investigation by multiple researchers [7]–[9]. The sensor exhibits a notable precision of up to 0.2 mbar and possesses an ideal resolution of 1 cm water depth. It encompasses a range spanning from 0 to 14 bar and is accompanied by factory calibration data indicating a value of 1000.5 mbar. Additionally, the device is furnished with a jelly protection mechanism and a stainless-steel cap that possesses anti-magnetic properties. These features contribute to its ability to withstand water pressure of up to 30 bar [10].

As the power supply is a crucial component in any electronic circuit, it is important to ensure that it provides a constant current and voltage supply. This study uses a battery power supply, but a solar panel supplements it as an alternative energy source. Solar panels, also known as solar cells, convert solar energy into electrical energy, providing a sustainable energy source [11].

To summarize, the proposed instrument for measuring sea level is designed using the MS5803-14BA water pressure sensor. The ESP32 microcontroller process the readings from the water pressure sensor, which is stored on an SD card. The measurement results are displayed on the Ubidots platform, which is connected to the internet via GPRS communication on the GSM module. The device will be powered by a battery, with a solar cell as an alternative power source.

## II. METHODOLOGY

### A. Study Location and Time

This research was carried out from July to December 2022. The design, fabrication, and testing of the device were conducted at the Electrical Engineering Laboratory of Maritime Raja Ali Haji University, Tanjungpinang. In addition, field testing of the device was conducted at the Class I Navigation District Office Port Tanjungpinang, Bintan Regency, Riau Islands, Indonesia (Figure 1).



**Figure 1.** Class I Navigation District Office Port Tanjungpinang

### B. Instrument Design

The sea-level measuring instrument is designed from several main components: the MS5803-14BA air pressure sensor, ESP32 microcontroller, DS3231 RTC module, Micro SD Card Shield, and SIM900A GSM module. This research device uses the MS5803-14BA pressure sensor to measure the water pressure, which is then converted into water depth. The microcontroller used in this research is the ESP32 module with two units. The first is a peripheral device that reads the data received from the MS5803-14B air pressure sensor and waits for characters from the Controller device to retrieve and send sensor data. The second ESP32 is used as a controller device to request data and awaken the peripheral device by sending characters. Finally, the obtained data is processed and stored on the micro SD and sent using the SIM900A GSM module to the Ubidots platform. The system design block diagram can be seen in Figure 2.

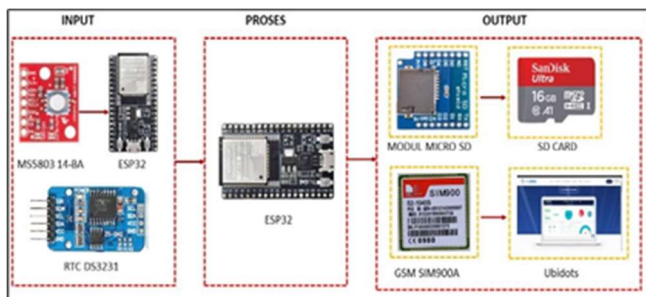


Figure 2. Diagram Block Design System

### C. Data Analysis

This study aims to determine the accuracy and precision of the MS5803-14BA water pressure sensor by converting the data obtained from the sensor into water depth using the hydrostatic pressure formula. The hydrostatic pressure formula considers the height of the water surface ( $h$ ) in m, pressure ( $P$ ) in Pa, water density ( $\rho$ )  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , and earth's gravity ( $g$ )  $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

$$h = \frac{P}{\rho \times g} \quad (1)$$

After converting the data from the MS5803-14BA water pressure sensor, the next step is to perform calibration. This calibration result will help determine the difference between the sensor's measurement and the water depth reading. The Root Mean Square Error (RMSE), expressed in meters (m) as shown in Equation 2 is used to compare the estimated results with field data to determine the accuracy and precision of the MS5803-14BA water pressure sensor. The comparison using ruler The smaller the RMSE value, the better the prediction results [12], [13]. The tides staff was used as a reference to compare the depth values obtained from the sensor with the actual water depths. This comparison allows for an assessment of the sensor's performance in accurately measuring water depth. The standard deviation formula determines how precise the sensor measures water depth.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2} \quad (2)$$

Simple linear regression establishes a relationship between a dependent variable and one independent variables [14], [15]. In this study, variable 1 ( $x_i$ )

represents the sensor data, and variable 2 ( $y_i$ ) represents the calibrator data.

$$y_i = ax + b \quad (3)$$

After comparing the sensor data and calibrator data using linear equations, the coefficient of determination ( $R^2$ ) is obtained. The coefficient of determination formula shown in Equation 4 based on [16]. The coefficient of determination is used to determine the closeness of the sensor reading to the actual water depth [17]. This linear regression equation, which integrates the relationship between individual data points ( $y_i$ ), their mean ( $\bar{y}_i$ ), and the predicted values ( $\hat{y}_i$ ), will be incorporated into the microcontroller.

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST} \quad (4)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (5)$$

$$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2 \quad (6)$$

Finally, a comparison is made between the sensor data and the server data using the Packet Loss Ratio. The Packet Loss Ratio compares the data packets lost ( $P_L$ ) and the stored measurement data ( $P_{TS}$ ) [18] as shown in the equation 7.

$$Packet\ Loss\ Ratio = \frac{P_L}{P_{TS}} \times 100\% \quad (7)$$

## III. RESULTS AND DISCUSSION

### A. Instrument Development

The device is made by creating a schematic and a PCB board. This device operates as a controller device. Two parts to the PCB board are made, the top part and the bottom part. The top consists of the ESP32 Microcontroller, DS3231 RTC Module, and LED. The bottom consists of the Micro SD Card, SIM900A GSM Module, MS5803-14BA sensor, and battery. The components in this PCB are shown in Figure 3. This PCB is included inside the box (Figure 4).

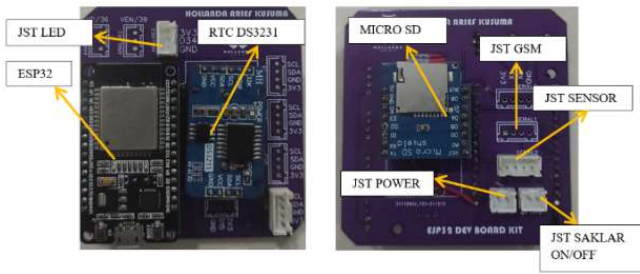


Figure 3. The components attached to PCB



Figure 6. Peripheral device

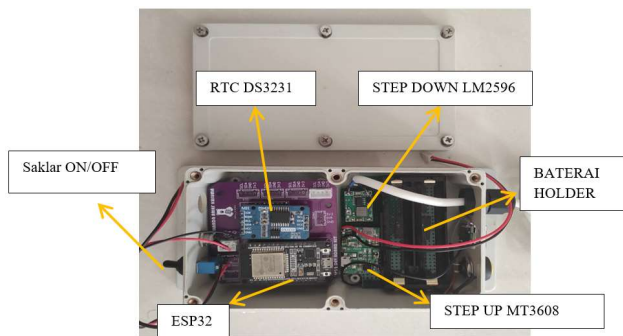


Figure 4. Components attached inside the box

The box was drilled with six holes on both sides. One side of the box has holes for the push button, solar panel cable, and voltmeter, while the other has holes for the switch, LED, and cable connection to the sensor and ESP32. The arrangement of these components within the box can be seen in Figure 5. The peripheral device comprises the ESP32 and MS5803-14BA sensors. Since it will be placed underwater, it has been waterproofed using resin (as shown in Figure 6). This device requires an average power of 0.59 W, with an estimated usage time of 1.63 days. Therefore, a solar panel is needed in this device to ensure a continuous power supply for the battery.

B. Field Test

The field test was conducted for 17 hours from 12:46 on November 30, 2022, to 5:56 on December 1, 2022, at the Tanjungpinang Class 1 Navigation Office Port. The device sends data every 10 minutes and is monitored through the Ubidots platform. All data is stored on the micro SD Card. The placement diagram of the tool can be seen in Figure 7. The placement position of the device during the field test can be seen in Figure 8. The field test data on the Ubidots platform is shown in Figure 9. The data display contain depth, water temperature, and GSM signal quality. There are line plot for each parameter to see the pattern.

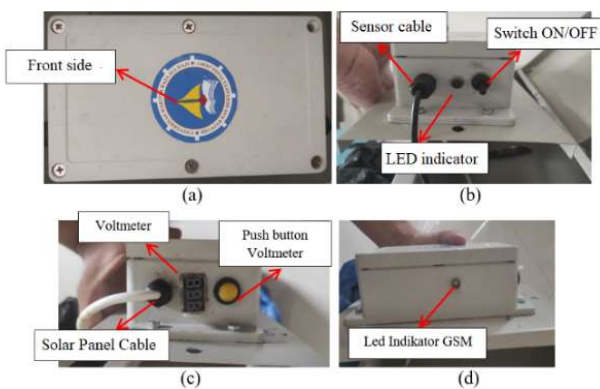


Figure 5. Components attached outside the box

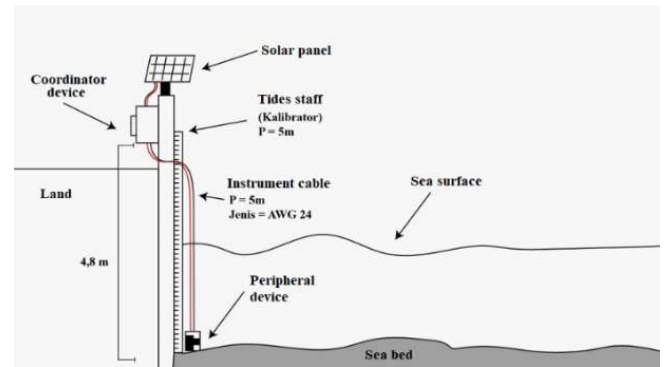


Figure 7. Placement the monitoring device diagram



Figure 8. Device placement at the harbour

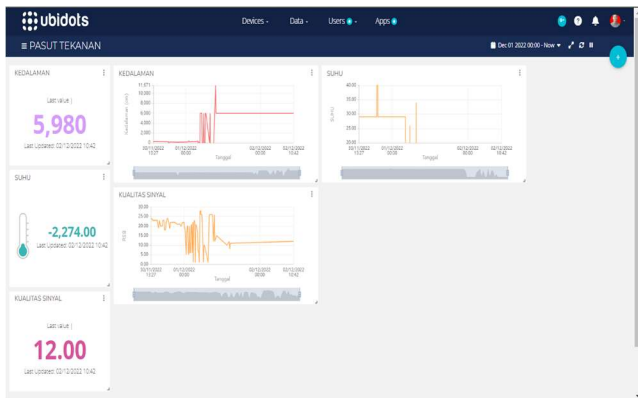


Figure 9. Sea level data display in Ubidots

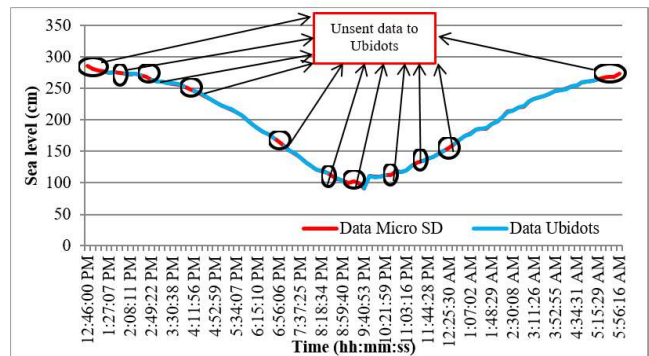


Figure 11. Data comparison between micro SD and server Ubidots

### C. Sea Level Validation

The comparison between the device sensor readings and the tides staff average is fairly good, as shown in Figure 10. During the high tide or the process towards high tide, the sensor reading is not much different from the manual average. However, during the process toward low tide, the difference between the sensor reading and the tides staff average is greater than during high tide. The comparison result between the sensor reading and the tides staff average gives an RMSE value of 0.69 cm, an accuracy rate of 99.47%, and an error rate of 0.53%. Based on the obtained values, it is concluded that the MS5803-14BA pressure sensor can measure the sea level.

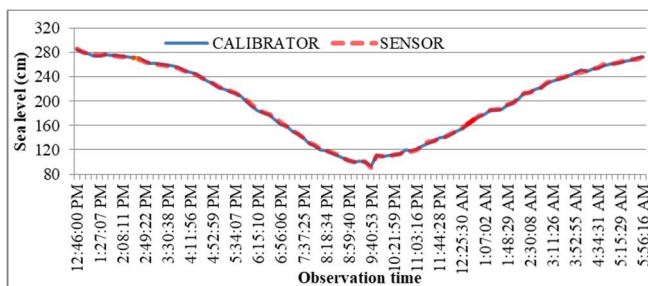


Figure 10. Sea level comparison between sensor and calibrator

### D. Packet Loss Ratio

During the 17-hour field data collection process, 101 data were stored on the micro SD card, but only 82 were sent to the server. As a result, the Packet Loss Ratio was 18.81% (Figure 11).

In this case, 81.19% of the data collected during the 17-hour field data collection process was successfully sent to the server, meaning that 18.81% of the data may have been lost or failed to be transmitted.

### E. Discussion

In this study, a monitoring device was developed to measure the sea level. The device consisted of various components: the ESP32 Microcontroller, DS3231 RTC Module, LED, Micro SD Card, SIM900A GSM Module, MS5803-14BA sensor, and a battery. The components were assembled on a PCB board and placed inside a waterproof box. The device was field-tested at the Tanjungpinang Class 1 Navigation Office Port for 17 hours, and data was monitored through the Ubidots platform.

ESP32 is suitable for this application because it has a minimum power consumption. Based on [19], [20], the power consumption can be reduced using the sleep mode function. Moreover, ESP32, programmed using Arduino IDE based on C/C++, was fast in executing time [21].

The GSM module implemented in this instrument can make this instrument send the data to Ubidots. This SIM900A sends data using AT Commands [22], [23]. AT+CIPSEND is the crucial command to ensure the server receives the data [24]. Ubidots offer a user-friendly interface to display data [25]–[27]. The micro SD card embedded in this instrument secures the data when the network is unavailable.

The comparison between the device's sensor readings and the tides staff average showed a good correlation, with an RMSE value of 0.69 cm, an

accuracy rate of 99.47%, and an error rate of 0.53%. These values suggest that the MS5803-14BA pressure sensor can accurately measure the seawater surface height [28], [29]. Furthermore, the peripheral device encapsulation using resin can protect the electronics for oceanographic applications [30].

However, the field test results also revealed some data transmission issues. During the 17-hour field data collection, only 81.19% (82 out of 101) of the data collected was successfully sent to the server, meaning that 18.81% of the data may have been lost or failed to be transmitted. The low RSSI level may cause packet loss and issues in operator signal quality [18], [31], [32].

Understanding the underlying causes of these data losses and implementing strategies to enhance data transmission in subsequent data collection endeavors are imperative. Enhancement of network connectivity, implementation of error detection and correction techniques, and utilization of more dependable data transmission protocols are potential avenues for achieving this improvement. Additional research is required in order to comprehensively address these concerns and enhance the overall performance of the device.

#### IV. CONCLUSION

An IoT sea level monitoring device was tested for accuracy and effectiveness using the ESP32 Microcontroller, GSM Module, MS5803-14BA sensor, and battery. Good measurement accuracy was achieved with an RMSE of 0.69 cm and 99.47% accuracy. The field test showed 18.81% of data not reaching the server due to transmission issues. Examine the causes of these data losses and improve data transmission in future tests. Improved network connectivity, error detection and correction, or reliable data transmission protocols can do it. Addressing these issues and improving device performance requires more research.

#### V. ACKNOWLEDGEMENTS

This research has been supported by Department of Electrical Engineering Universitas Maritim Raja Ali Haji. Thanks to Tauriq Fuji Nur Akbar, Irwan Saputra, and Oscar for helping in the calibration and field test observation.

#### REFERENCES

- [1] Intergovernmental Oceanographic Commission, "Manual on Sea Level Measurement and Interpretation, Volume IV: An Update to 2006," 2006. [Online]. Available: <https://www.oceanbestpractices.net/handle/11329/213>
- [2] H. A. Kusuma, M. Z. Lubis, N. Oktaviani, and D. E. D. Setyono, "Tides Measurement and Tidal Analysis at Jakarta Bay," *J. Appl. Geospatial Inf.*, vol. 5, no. 2, pp. 494–501, 2021, doi: 10.30871/jagi.v5i2.2779.
- [3] I. K. Missa, L. A. S. Lapono, and A. Wahid, "Rancang Bangun Alat Pasang Surut Air Laut Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Sensor Ultrasonik Hc-Sr04," *J. Fis. Fis. Sains Dan Apl.*, vol. 3, no. 2, pp. 102–105, 2018, doi: 10.35508/fisa.v3i2.609.
- [4] A. D. Wijaya, Y. Mudin, and D. Farhamsah, "Rancang Bangun Alat Ukur Gelombang Pasang Surut Jarak Jauh Dengan Memanfaatkan Short Message Services (SMS)," *Gravitasi*, vol. 15, no. 1, pp. 1–9, 2016, [Online]. Available: <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/GravitasiFisika/article/view/7886>
- [5] A. Putra, "Sistem Monitoring Pengukuran Pasang Surut Air Laut Berbasis SMS Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Komputer Mini," *J. Sustain. J. Has. Penelit. dan Ind. Terap.*, vol. 4, no. 1, 2015, [Online]. Available: [http://jurnal.umrah.ac.id/wp-content/uploads/gravity\\_forms/1-ec61c9cb232a03a96d0947c6478e525e/2015/08/jurnal-publish.pdf](http://jurnal.umrah.ac.id/wp-content/uploads/gravity_forms/1-ec61c9cb232a03a96d0947c6478e525e/2015/08/jurnal-publish.pdf)
- [6] F. Egistian, "Rancang Bangun Pasang Surut Air Laut Secara Real-Time Berbasis Sensor Tekanan Dan GSM SIM900A," [Skripsi] Universitas Maritim Raja Ali Haji, 2021.
- [7] A. C. Prima, "Rancang Bangun Underwater Remotely Operated Vehicle Untuk Memantau Nilai Ph Pada Badan Air," [Skripsi] Institut Teknologi Sepuluh Nopember., 2018. [Online]. Available: <https://repository.its.ac.id/49627/>
- [8] O. H. Kombo, S. Kumaran, and A. Bovim, "Design and Application of a Low-Cost, Low-Power, LoRa-GSM, IoT Enabled System for Monitoring of Groundwater Resources with

- Energy Harvesting Integration,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 128417–128433, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3112519.
- [9] M. Marzuarman, M. N. Faizi, and S. Stephan, “Rancang Bangun ROV (Remotely Operated Vehicle) Untuk Mengukur Kedalaman Air Berbasis Sensor MS5803-14BA,” *Elkha*, vol. 12, no. 1, p. 19, 2020, doi: 10.26418/elkha.v12i1.39833.
- [10] T. P. Lyman, K. Elsmore, B. Gaylord, J. E. K. Byrnes, and L. P. Miller, “Open Wave Height Logger: An open source pressure sensor data logger for wave measurement,” *Limnol. Oceanogr. Methods*, vol. 18, no. 7, pp. 335–345, 2020, doi: 10.1002/lom3.10370.
- [11] P. K. Tiyas and M. Widyartono, “Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya,” *J. Tek. ELEKTRO*, vol. 9, no. 1, pp. 1–6, 2019, doi: 10.26740/jte.v9n1.p%25p.
- [12] Hasniah, S. Wahyuningsih, and D. Yuniarti, “Penerapan Metode ARIMA Ensemble pada Peramalan (Studi Kasus: Inflasi di Indonesia),” *EKSPONENSIAL*, vol. 7, no. 1, pp. 85–94, 2017, [Online]. Available: <http://jurnal.fmipa.unmul.ac.id/index.php/exponensial/article/view/51>
- [13] T. Chai and R. R. Draxler, “Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? - Arguments against avoiding RMSE in the literature,” *Geosci. Model Dev.*, vol. 7, no. 3, pp. 1247–1250, 2014, doi: 10.5194/gmd-7-1247-2014.
- [14] E. H. Brilliant and M. H. S. Kurniawan, “Perbandingan Regresi Linier Berganda dan Regresi Buckley- James Pada Analisis Survival Data Tersensor Kanan,” *Proc. Ist STEEEM 2019*, vol. 1, no. 1, pp. 1–19, 2019, [Online]. Available: <http://www.seminar.uad.ac.id/index.php/STEEEM/article/view/3349>
- [15] T. Lu and C. Chen, “Uncertainty evaluation of humidity sensors calibrated by saturated salt solutions,” vol. 40, pp. 591–599, 2007, doi: 10.1016/j.measurement.2006.09.012.
- [16] R. E. Walpole, R. H. Myers, S. L. Myers, and K. Ye, *Probability & Statistics for Engineers & Scientists: MyStatLab Update*, Ke-9. italy, 2016.
- [17] I. J. A. Saragih, I. Rumahorbo, R. Yudistira, and D. Sucahyono, “Prediksi Curah Hujan Bulanan Di Deli Serdang Menggunakan Persamaan Regresi Dengan Prediktor Data Suhu Dan Kelembapan Udara,” *J. Meteorol. Klimatologi dan Geofis.*, vol. 7, no. 2, pp. 6–14, 2020, doi: 10.36754/jmkg.v7i2.192.
- [18] R. Purbakawaca, A. S. Yuwono, I. D. M. Subrata, Supandi, and H. Alatas, “Ambient Air Monitoring System with Adaptive Performance Stability,” *IEEE Access*, vol. 10, no. 2, pp. 1–1, 2022, doi: 10.1109/access.2022.3222329.
- [19] S. M. Asenov and D. M. Tokmakov, “Power Optimization of LoRaWAN Wireless End Sensor Node,” *2020 29th Int. Sci. Conf. Electron. 2020 - Proc.*, pp. 10–13, 2020, doi: 10.1109/ET50336.2020.9238204.
- [20] S. Refly and H. A. Kusuma, “Analisis Konsumsi dan Fluktuasi Arus dan Daya pada Mikrokontroler Menggunakan Sensor INA219,” *J. Sustain. J. Has. Penelit. dan Ind. Terap.*, vol. 11, no. 01, pp. 44–48, 2022, doi: 10.31629/sustainable.v11i1.4610.
- [21] I. Plauska, A. Liutkevičius, and A. Janavičiūtė, “Performance Evaluation of C/C++, MicroPython, Rust and TinyGo Programming Languages on ESP32 Microcontroller,” *Electronics*, vol. 12, no. 1, p. 143, Dec. 2022, doi: 10.3390/electronics12010143.
- [22] V. Prochazka, P. Kubalik, and H. Kubatova, “Low Power Wireless Data Transfer for Internet of Things: GSM Network Measuring Results,” in *2020 9th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*, Jun. 2020, pp. 1–5. doi: 10.1109/MECO49872.2020.9134348.
- [23] Shanghai SIMCom Wireless Solutions, “SIM900 TCPIP Application,” Shanghai, 2011. [Online]. Available: [https://simcom.ee/documents/SIM900/SIM900\\_TCPIP\\_Application\\_Note\\_V1.02.pdf](https://simcom.ee/documents/SIM900/SIM900_TCPIP_Application_Note_V1.02.pdf)
- [24] A. Djajadi and M. Wijanarko, “Ambient Environmental Quality Monitoring,” *Internetnetworking Indones. J.*, vol. 8, no. 1, pp. 41–47, 2016.
- [25] N. S. Mohammed and N. H. Selman, “Home Energy Management and Monitoring Using Ubidots Platform,” *Al-Furat J. Innov. Electron. Comput. Eng.*, vol. 1, no. 3, p. 14, 2020, doi: 10.46649/150920-03.

- [26] A. T. Putra and R. Risfendra, "Use of the Ubidots Application for a Control and Monitoring System in an Arduino UNO-Based Sugar Warehouse," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 2, no. 1, pp. 40–48, Feb. 2021, doi: 10.24036/jtein.v2i1.120.
- [27] P. Kanakaraja, P. Syam Sundar, N. Vaishnavi, S. Gopal Krishna Reddy, and G. Sai Manikanta, "IoT enabled advanced forest fire detecting and monitoring on Ubidots platform," *Mater. Today Proc.*, vol. 46, no. 9, pp. 3907–3914, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2021.02.343.
- [28] P. A. Beddows and E. K. Mallon, "Cave pearl data logger: A flexible arduino-based logging platform for long-term monitoring in harsh environments," *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, no. 2, 2018, doi: 10.3390/s18020530.
- [29] F. Cherqui *et al.*, "A platform and protocol to standardise the test and selection low-cost sensors for water level monitoring," *H2Open J.*, vol. 3, no. 1, pp. 437–456, 2020, doi: 10.2166/h2oj.2020.050.
- [30] S. R. Laney, "A General-Purpose Microcontroller-Based Framework for Integrating Oceanographic Sensors, Instruments, and Peripherals," *J. Atmos. Ocean. Technol.*, vol. 34, no. 2, pp. 415–427, Feb. 2017, doi: 10.1175/JTECH-D-16-0069.1.
- [31] H. A. Kusuma, R. Purbakawaca, I. R. Pamungkas, L. N. Fikry, and S. S. Maulizar, "Design and Implementation of IoT-Based Water Pipe Pressure Monitoring Instrument," *J. Elektron. dan Telekomun.*, vol. 21, no. 1, pp. 41–47, 2021, doi: 10.14203/jet.v21.41-44.
- [32] M. J. Purba and S. Manurung, "Analysis of 4g Internet Technology Quality in Medan City with Mobile Communication System," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1361, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1361/1/012030.

## Techno-economic Analysis and Optimization of Renewable Energy Forecasting at Universitas Jenderal Achmad Yani

Handoko Rusiana Iskandar<sup>1\*</sup>, Azhar Nurfatah<sup>1</sup>, Ahmad Daelami<sup>1</sup>, Een Taryana<sup>1</sup>

Electrical Engineering Department, Universitas Jenderal Achmad Yani<sup>1</sup>

\*handoko.rusiana@lecture.unjani.ac.id

### ABSTRACT

*The availability of electrical energy ensures operational sustainability in everyday life, including the educational environment. The possibility of easier renewable energy installation encourages the goal of growing the installation to be affordable. Universitas Jenderal Achmad Yani is one of the campuses that has the capacity to use renewable energy and has a role in environmental awareness in accordance with the university's future vision. In light of this, a hybrid photovoltaic (PV), diesel, and battery plant design is presented as an alternative power plant to supplement conventional energy sources. However, it is critical to examine the long-term capital and profit estimations that must be considered. The hybrid plant is proposed in two configurations, grid-connected and off-grid. In this paper, modeling and simulation are performed using Net Present Cost (NPC) prices from the Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR) rooftop PV installation planning guidelines and inflation estimations from the Republic of Indonesia's Ministry of Finance. Furthermore, until the contribution of energy generated in the simulation is displayed, the production and consumption of electrical energy required for the selected building instances are generated. Hybrid plant modeling has been completed at Universitas Jenderal Achmad Yani's Faculty of Health Sciences and Technology (FHST) and Rectorate buildings. According to the simulation results, the NPC cost for the next 25 years is anticipated to be IDR 1,047,534,000, with a total electrical energy production of 729,807 kWh/year and a renewable energy contribution >91.4%. Furthermore, from a technological and economic standpoint, a grid-connected hybrid generation system is advocated*

**Keywords:** Hybrid, Net Present Cost, Renewable Energy, Universitas Jenderal Achmad Yani

### INTISARI

Ketersediaan energi listrik merupakan jaminan sebagai sumber keberlanjutan operasional di kehidupan sehari-hari salah satunya di lingkungan pendidikan. Potensi instalasi energi terbarukan yang semakin mudah mendorong tujuan peningkatan instalasi menjadi murah. Universitas Jenderal Achmad Yani salah satu kampus yang berpotensi memanfaatkan energi terbarukan dan memiliki peranan dalam wawasan lingkungan sehingga sesuai dengan visi universitas di masa yang akan datang. Latarbelakang tersebut suatu desain pembangkit hibrida meliputi photovoltaic (PV), Diesel, Baterai diusulkan sebagai pembangkit listrik alternatif sebagai penunjang sumber energi konvensional. Namun perlu dilihat estimasi modal dan keuntungan yang perlu dipertimbangkan dalam jangka panjang. Dalam makalah ini, suatu pembangkit hibrida menggunakan dua skenario yaitu terhubung grid dan tanpa terhubung grid. Pemodelan dan simulasi dibuat dengan harga Net Present Cost (NPC) berdasarkan panduan perencanaan instalasi PV atap Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) dan estimasi inflasi dari kementerian keuangan republik Indonesia. Selain itu produksi dan konsumsi energi listrik yang dibutuhkan untuk contoh gedung yang dipilih dihasilkan hingga kontribusi energi yang dihasilkan dalam simulasi tersebut dipaparkan. Pemodelan pembangkit Hibrida pada gedung Fakultas Ilmu dan Teknologi Kesehatan dan gedung Rektorat Universitas Jenderal Achmad Yani telah dilakukan. Hasil simulasi menunjukkan biaya NPC untuk 25 tahun mendatang diperkirakan Rp 1.047.534.000, dengan total produksi energi listrik 729.807 kWh/tahun dengan kontribusi energi terbarukan mencapai >91.4%. Lebih lanjut pandangan dari segi teknis dan ekonomis, secara efektif, dan efisien sistem pembangkit hibrida terhubung jaringan PT. PLN (Persero) direkomendasikan.

**Kata kunci:** Energi Terbarukan, Hibrida, Net Present Cost, Universitas Jenderal Achmad Yani.

### I. INTRODUCTION

The current topic that is receiving the most discussion and attention in terms of energy needs is the shift to Renewable Energy (RE)[1][2]. Several

developing countries are rushing to add RE installations as part of their promise to lessen their reliance on traditional electricity sources and cut emissions[3][4]. Minister of Energy and Mineral

Resources (MEMR) Decree Number 143K/20/MEM/2019 Concerning the National Electricity Master Plan for the Period 2019-2038[5]. Based on this background, MEMR projects a 6.9% annual increase in national electricity demand[6]. Therefore, RE implementation activities in Indonesia can be applied in all fields, including industrial, commercial, communal and residential fields.

In addition to its electricity subscription to the PLN grid, Universitas Jenderal Achmad Yani is one of the campuses that has the option to exploit the potential of renewable energy kinds of photovoltaic (PV) with other components that support this energy source[7][8][9]. However, establishing a renewable energy component necessitates significant investment costs, the cost of which is unpredictable[10]. When installing a PV system, there are several factors to consider, including the capital cost of components, replacement prices, operation and maintenance costs, and other ancillary expenditures, like as installation services[11].

This paper, a design and techno-economic assessment of two new buildings on campus, Faculty of Health Sciences and Technology (FHST) and Rectorate buildings, is presented. The study's goals are to examine the demand for total electrical energy production, grid sales, and renewable energy portion. Analyzing the overall project cost in each suggested hybrid scheme over the next 25 years to determine the most optimal hybrid design based on electricity distribution, project development costs, and the amount of renewable energy contribution in the FHST and Rectorate buildings.

The systematic discussion of paper writing begins with the introduction, The introduction that will provide the background of research connected to the aims. The second section is the research method, which includes data collection methods, an explanation of the system block diagram of the proposed PV-based hybrid power plant scheme connected to and not connected to the grid, the research location, and the capacity of the hybrid generation system components. The third section concludes the conclusion section with the test results and essential analysis based on the simulation and model of the hybrid plant.

Table 1 describes some of the studies related to earlier research and to the analysis with a techno-economic focus. To complete the cost planning with the anticipated RE contribution, various options are required. Some independent study has been conducted

at Universitas Jenderal Achmad Yani, however it must be supplemented with other sources at this time.

Table 1 shows the roadmap of previous research done at Universitas Jenderal Achmad Yani to model renewable energy, as well as research connected to the deployment of microgrids or hybrid plants, as well as techno-economic evaluations.

The problem formulation in this research related to techno-economy analysis on hybrid power generation system (PV, Diesel, Battery) for both building (FHST and Rectorate) at Universitas Jenderal Achmad Yani is to determine the cost of each hybrid component, considerations in selecting and using hybrid power generation system equipment and creating a hybrid system with on-grid and off-grid scenarios. To accomplish some of these goals, the hybrid system must be simulated software to obtain an economic comparison and electrical energy output in each scenario.

## II. BASIC THEORI

### A. Potential Energy based on Location

The hybrid plant is planned to be placed in Jenderal Achmad Yani University's newest building with a concrete flat roof type, namely the Rectorate building, which is located at the coordinates -6.8893 latitude and 107.5245 longitude, and the FHST building, which is located at the coordinates -6.8858 latitude and 107.5261 longitude. Universitas Jenderal Achmad Yani has three distribution stations and one substation. The new buildings at Universitas Jenderal Achmad Yani that will be the topic of this investigation are solely new buildings on campus. This hybrid power plant is proposed to meet the existing load's electricity supply needs. Meteorological data is the major data source for renewable energy resource data. This goal is required in order to calculate the quantity of potential solar energy that can be captured and generated by PV.

Table 2 displays the Global Horizontal Irradiation (GHI), ambient temperature, and wind speed characteristics at a height of 10 meters at the location. This resource data comes from the National Aeronautics and Space Administration (NASA), and it may be found at the website [power.larc.nasa.gov](http://power.larc.nasa.gov). This data covers the previous 11 years through 2021. The average GHI across a year is 6.61 kWh/m<sup>2</sup>/day, with the maximum irradiation value occurring in January - February at 7.25 kWh/m<sup>2</sup>/day.

**Table 1.** Literature Reviews on Hybrid and Techno-economic Model

No	References	Location	Proposed Design
1	H.R. Iskandar, et al. 2019[8] and continues research in 2021[9]	Electrical Engineering Laboratory (EEL) Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi. Indonesia	1. Proposed of rooftop PV system 32.1 kWp off-grid connected for laboratory. 2. Proposed optimization rooftop area increasing PV capacity until 47.2%, using 243 PV panels of 250Wp and energy potential can be harvest 2350 kWh/m <sup>2</sup> .day. Total rooftop PV system 60.750 supported to the laboratory.
2	R. Castrillon-Mendoza, et al. 2020[12].	University Autónoma de Cali, Colombia.	The integration of grid-connected photovoltaic systems, which allows for the integration of zero energy buildings.
3	L. Xing, H. Xu, et al. 2020[13].	Residential household in Tehran, Iran.	A hybrid energy system, which includes a PV system, battery, a fuel cell (FC), a natural gas (NG) boiler, a thermal load controller (TLC), and a converter.
4	M. Sim, D. Suh, et al. 2021[14]	Campus in Korea.	Integrating RE systems using Multi-object Particle-swam Optimization.
5	F. Nazipov, S. Tokolat, et al. 2021 [15].	Nazarbayev University Campus, Kazakhstan.	Integration RE (PV system + Wind Turbin (WT)) combined with solar tracker system and geothermal pump total capacity 53 kW.
6	S. Gbadamosi, F. Ogunje, et al. 2022[16].	Educational Institution in Nigeria, Africa.	Variant scenario on-grid connected and offgrid using PV and battery.
7	T. Riayatsyah, T. Geumpana, et al. 2022[17].	Meunasah Papeun, Aceh Besar Regency, Aceh, Indonesia.	Grid-connected PV system and WT 1,213 kW using simple tariff and RE Fraction up to 82% (energy contribution)
8	G. Gehlert, M. Wiegand, et al. 2022[18].	The Lecturing and Exhibition Building (LEB), Heide city, Germany.	Heat pump system using renewable energy (PV, WT + Battery) integration for LEB. Total generated power 23.3 kW.
9	M. Raman, P. Meena, et al. 2022[19].	Rural in India.	Net Present Cost (NPC) in microgrid configuration using PV and Diesel Generator (DG) and variant load until 25 years.
10	A. Xu, L. Awalina, et al. 2023[20]	Ponorogo Regency, East Java, Indonesia.	Various scenario of techno-economic on DG connected with PV, WT and battery model.
11	M. Alsheri, Y. Guo et al, 2023[21]	King Saud University Campus, Riyadh.	Microgrid design and techno-economic analysis for RE Penetration > 82%.
12	H. R. Iskandar et al. Proposed in 2023	FHST and Rectorate Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi.	1. Proposing hybrid generation (rooftop PV system, DG, battery and converter) systems. 2. Tekno-ekonomi Anlysis for 25 years ago.

The highest irradiation value during the summer because the sun's rays are not frequently obstructed by clouds, while the irradiation value decreases during the rainy season because the sun's rays are obstructed by cloudy clouds. In one year, the average temperature is 21.48°C. According to Table 2, the greatest

temperature was 22.09°C in November and the lowest temperature was 20.62°C in July.

The operational properties of PV panels will be influenced by the high temperature. The PV panel will perform best if it is tested in line with the Standard Test Condition (STC) at 25°C.

**Table 2.** Meteo-data and Resource of Energy

Month	Glob. Hor. Irradiance (kWh/m <sup>2</sup> )	Temp. (°C)	Wind Speed (m/sec.)
Jan	7.25	21.16	3.11
Feb	7.25	21.46	2.45
Mar	7.04	21.73	2.19
Apr	6.52	21.96	1.85
May	5.93	21.96	1.90
Jun	5.61	21.26	1.90
Jul	5.77	20.62	2.2
Aug	6.26	20.63	2.29
Sept	6.73	21.22	2.31
Oct	6.88	22.00	2.09
Nov	6.98	22.09	1.93
Des	7.09	21.66	2.25
Ave./year	6.61	21.48	2.23

**Table 3.** Existing Building Requirements

Building	Load Profile (kWh)	Energy Estimation Lost (Wh)	Tot. Energy Supplied (Wh)	Battery Capacity (Ah)
FHST	21.2	3166	4025	109,937.5
Rectorate	3.5	525	4025	18,225

**B. Homer-based Hybrid Design Scheme**

When PV energy generation is not operational, the grid network is chosen to cover energy shortfalls. Furthermore, for system stability, the grid must maintain a steady frequency in the face of variations in load and power supply. Furthermore, while the PV system is not in use, the electricity is provided entirely by the grid. The electrical system parameters must be improved in order to maximize investment and operational expenses. Electricity tariff power refers to Tariff Adjustment for Electricity July - September 2023, which is done out every three months if there is a change. Tariff categories are divided into 13. Because this hybrid system falls under the medium business demands category, the following power tariff must be included IDR 1,444.70 [22].

**C. Economic Parameter Input**

The cost of installing rooftop PV varies depending on the application. Several factors influence this, including the system's capacity, the

technology/specification of the components used, the location/region of installation, which affects the transportation costs of PV components and rooftop PV installer vendors, as well as the installer vendor's service quality and the absence of after-sales service. As an example, the typical rooftop PV installation cost is IDR 15,000,000.00/kWp This pricing is based on the cost of its primary components, which are PV panels and inverters. In the Indonesian market, solar panels cost between IDR 9,500,000.00, and IDR 15,000,000.00/Wp, while inverters cost between IDR 1,900,000.00/Wp and IDR 5,000,000.00/Wp. Rooftop PV installation costs account for 47% of PV costs, 13% of inverter costs, and 40% of all other supplementary components and installation services. As a result, the average cost of installing rooftop PV is around IDR 25,000,000.00/kWp[23]. The cost of a 12 V battery module is estimated at \$100/kWh (Raiford, 2020c), resulting in an SB cost of \$170/kWh regardless of DOD. If adjusted into Rupiah, each \$1 is equal to IDR 15,360.00, so we can multiply this value for parameter input in Homer software as a battery-specific analysis while using uniform prices for other PV system components as in some previous modeling [24].

For the price of this type of battery on the market, which is approximately IDR 1,500,000.00 to IDR 3,000,000.00, the percentage is taken from the following tables: 11 and 12 for capital cost, O&M, and Replacement. Replacement is also used for batteries because the maximum estimated useful life is only 10 years. O&M costs are operational pricing or expenditures linked with the business's day-to-day maintenance and technical administration. For one system, maintenance charges range from IDR 500,000.00 to IDR 1,500,000.00 every visit. So, assuming 50 visits during a 25-year PV design, it is twice a year, with a note based on the required procedures, or once every 6 months.

**D. Renewable Energy Capacity**

The power supplied by the campus substation is 2500 kVA, and there are now only three stations, thus the power at each station is 2500 kVA/250 (3 stations) kVA, so the power at each station is 3.33 kVA, or 80 kWh in 24 hours. Because the power supplied by PV is based on solar energy, the use of electricity is limited to 8 hours. Table 3 shows the overall peak monthly power consumption of the FTHS and rectorate buildings, therefore the assumption of total power supplied by each PV adjusts the entire existing demand.

For it to be calculated with the total PV that must be installed, the new system component has an anticipated energy loss of 15% of the total energy load that must be supplied.

### III. RESEARCH METHOD

This whole study lasted approximately 7 months, from February 2023 to August 2023. The research activity schedule includes research goals and stages ranging from literature reviews to the compilation of research reports. The location is selected by changing the parameters such that it has enough land and avoids towering buildings and trees that will block or cover the panel, reducing its performance. Figure 1 depicts a study flowchart utilized as a stage in the HOMER-based simulation.

The first stage involves designing energy requirements based on PV sources for charging grid-connected hybrid system batteries. In order to obtain data on the potential of renewable energy, particularly solar power, as supporting data for system design, PV will be installed connected to three phases (grid connected) and modeled to estimate PV contributions to on-grid and off-grid systems. The next step is to simulate the system's load profile (kWh) in order to calculate the capacity of the PV panel (kWp) as an off-grid energy source. Determining capital cost, component replacement, and operation and maintenance (O&M) costs, as well as estimating the levelized cost of energy (LCOE) paid to the grid based on the minimum and maximum Net Present Cost (NPC). in accordance with the Indonesia Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR) rooftop solar PV development guidelines and planning for the next 25 years.

#### A. Grid Optimization

To achieve the most optimal and cost-effective system results, HOMER software must be configured to act as an exclusive derivative-free algorithm. The check on the function "allow system with multiple generators" is required for Homer to optimize the energy source system, and then the check "issue a warning if an off-grid system has" is required to present a warning in the results for systems that fulfill the specified criteria. The rightmost level of this optimization option displays the maximum system simulation or ten thousand times the system accuracy to minimize the error to 1%. The Net Present Cost

(NPC) is set to 1%, which causes the optimization to be lengthier but more precise (see Table 4).

#### B. Economics Setting

Setting economics changes the value of the currency that will be generated in the HOMER application's system. For example, depending on how we set it up, the cost currency that comes out can be dollars, rupiahs, cents, and so on. In this situation, the Indonesian rupiah (IDR/Rp) is used.

**Table 4.** Grid Optimization Input

No.	Parameter	Input
1	Max. Simulation per Optimization	10
2	System Design and NPC Precision	0.01
3	Focus Factor	50.00
4	Max. Renewable Penetration	>55%
5	Batt. Autonomy of less than	2 Hours
6	Grid Power Price / kWh	IDR. 1,444.70
7	Grid Emissions (CO <sub>2</sub> ) / kWh	800 g

**Table 5.** Economics Parameter Input

No.	Parameter	Input
1	Nom. Discount Rate	5.98 %
2	Expected Inflation Rate	3.50 %
3	Project Lifetime	25 Years

**Table 6.** Constraints Parameter Input

No.	Parameter	Input
1	Min. Renewable Fraction	10 %
2	Solar Power Output	80 %

The configuration setting in economics project duration is 25 years, according to Table 5. The Homer application calculates the project life based on the compounded annual cost of each component while accounting for inflation and the Bank Indonesia benchmark interest rate. Over the last ten years, the average benchmark interest rate has reached a high of 5.98%, while inflation has averaged 3.5%. The discount rate is assumed to be 2.40%.

#### C. Constraints

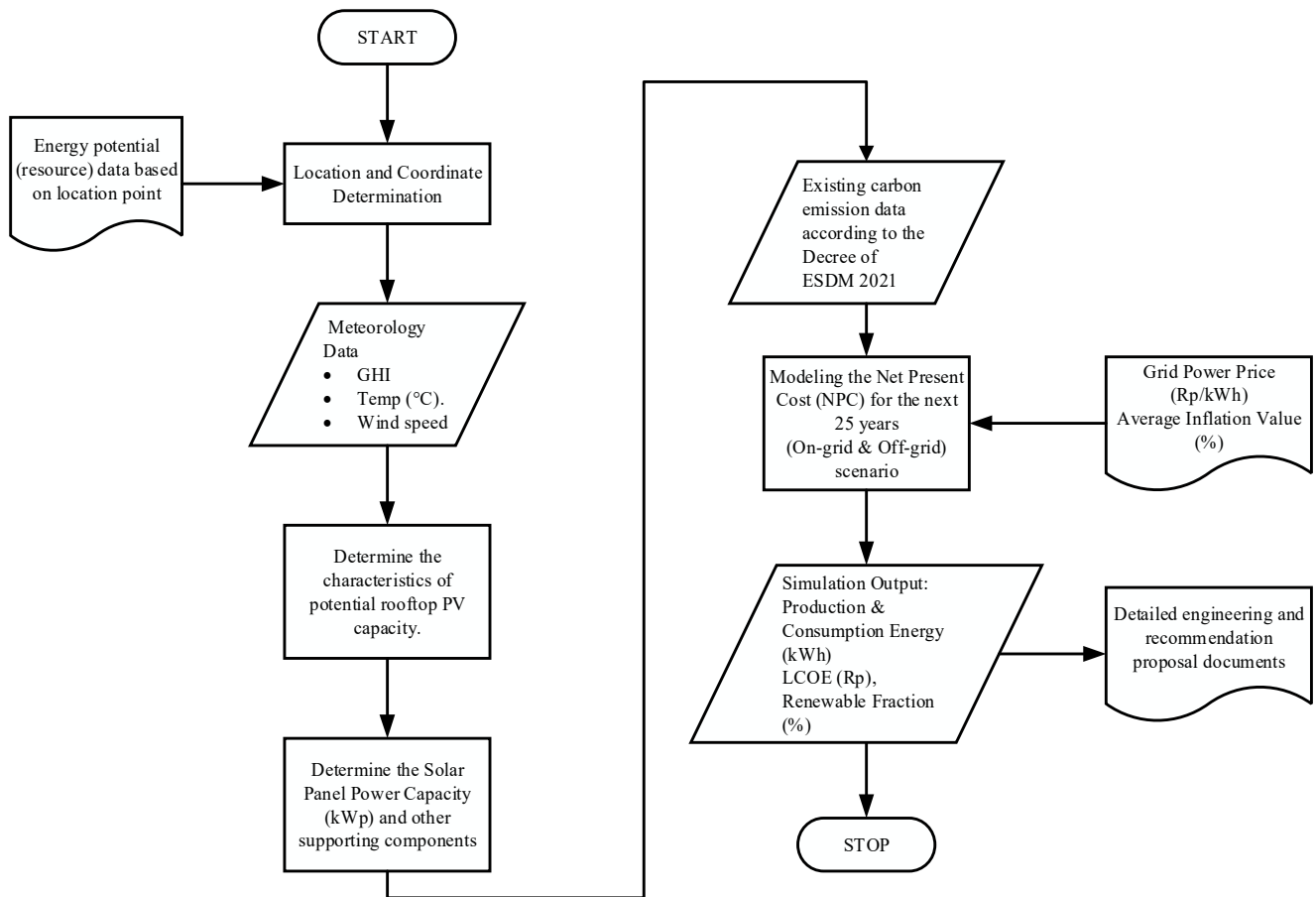


Figure 1. Simulation and Modeling Flowchart

The max. annual capacity shortage value is defined as the amount of daily energy shortage set at 0% based on the system setup. The min. renewable fraction is defined as the minimum proportion of renewable energy required to meet the electrical energy demand, which is set at 10%. Load in current step (%) as a percentage of additional load every hour, set to 10% to predict when there is an increase in load. Solar power output is defined as the amount of energy that can be released by the PV panel to compensate for an 80% reduction in solar cell energy (see Table 6).

#### IV. RESULT AND DISCUSSION

##### A. On-Grid Simulation Result

The on-grid scenario is a hybrid generating system designed to be connected to the grid (PLN), where the hybrid plant's electrical energy can be sold to the grid and can also supply electrical energy when the hybrid plant (PV + Battery) does not get enough power. On-grid scenario PV system as a source of electrical energy

and batteries will store energy as a backup for the sustainability of energy from PV. The result of the power that can be generated by the FHST building is 351.8 kWp. The PV panels used to supply power to the FHST building are si-monocrystalline type PV panels. This data is used as simulation material with HOMER Pro. software to optimize the installation of RE devices that have a profitable investment value. In addition, this software also calculates the recommended capacity size to be installed in the system. The basic system output results are the system's beginning conditions that rely solely on the grid (PLN), as illustrated in table 7 below. According to the simulation, the new FHST building's annual electrical power usage is 128,407 kWh. As a result, the total amount of grid energy consumed is 128,407 kWh. Because the electrical energy is entirely supplied by the PLN grid, the base system has a renewable energy penetration of 0%. The system's electrical energy production performance shows that total energy produced is 729,807 kWh/year and

renewable energy penetration is 91.4%, with 670,282 kWh/year produced by solar panels and 59,525 kWh/year purchased from the grid. With an annual load demand of 128,407 kWh. So, using the on-grid system scenario, electrical energy can be fulfilled and electrical power may be sold to the grid for 567,067 kWh/year. This system also generates 861 kWh of extra electricity per year.

The total amount of electricity that can be generated for the Rectorate building is 58.31 kWp. The Rectorate building, like the FTHS building, is proposed to use the same sort of PV panels. The annual electrical power usage is predicted to be 21,287 kWh. As a result, the total amount of grid energy consumed is 21,287 kWh. Because the electrical energy is completely from the grid, the base system of this building has a renewable energy penetration of 0%. According to the Homer software simulation results, the total energy produced is 122,210 kWh/year, and the renewable energy penetration is 91.5%, with PV generated energy of 112,348 kWh/year and grid purchase of 9,862 kWh/year. The scenario with the on-grid system of electrical energy can be satisfied with a load need of 21,287 kWh/year, and the electrical power that can be sold to the grid is 95,057 kWh/year. This system also generates 262 kWh of extra electricity every year.

### B. Off-Grid Simulation Result

The off-grid scenario is a hybrid system that is not designed to be connected to the grid, in which the electrical energy generated by the PV system is pure and there is no grid supply. That is, the electrical energy created cannot be sold to the grid and is not dependent on the grid for supply.

The absence of the existing grid from the grid distinguishes the off-grid scenario from the prior scenario. As a result, the Distributed Generator (DG) is deployed and used as a stand-alone power source to meet all electrical load requirements. The diesel generator off-grid system is linked with renewable energy generators and batteries. Under extreme conditions where PV will lose 90% of its efficiency, the diesel generator can improve the system's frequency responsiveness. Based on the software simulation (FTHS) column, the power output on the system performance displayed in Figure 8 reveals that the total energy gain created is 176,448 kWh/year and that renewable energy penetration must be 100%, with solar panels producing 176,448 kWh/year. The load requirement of 128,407 kWh/year, the power in the off-

grid system scenario can be covered by PV power production, but the off-grid system still has 37,694 kWh/year extra electricity.

This off-grid situation is depicted in Table 8 column Rectorate for the simulation results in the Rectorate building. The energy output is 25,848 kWh/year, and renewable energy penetration is 95.7%, with solar panels producing 24,923 kWh/year. The power in the off-grid system scenario can be covered by the production of electrical power from solar panels with a load need of 21,287 kWh/year, but the off-grid system still has excess electricity of 2,822 kWh/year. When compared to the off-grid situation, the on-grid option produces the most electrical energy. The total hybrid electrical energy output of the FHST building is 728,807 kWh/year, while the total hybrid electrical energy production of the Rectorate building is 122,210 kWh/year.

Based on additional study of the simulation data, it can be shown that the suggested hybrid system has nearly the same renewable penetration value despite the fact that the system generates different electricity. Because system load demand, energy sold, and energy purchased all influence the value of renewable penetration. However, the hybrid system has a load demand with a fixed nominal value for each scenario, therefore the value of purchased and sold power determines the value of renewable penetration. If the system is on-grid, a blackout or other electrical disturbance can cause fluctuating variations in the electrical power to be sold or purchased. The influence on the on-grid system that is connected to the grid is readily visible. In the case of an off-grid system, the nominal renewable penetration will be 100%, with electric power generation exceeding load consumption needs. However, the renewable penetration value drops to 95.7% in the off-grid system of the Rectorate building because the power produced by the off-grid system in the Rectorate building is close to the total load requirements needed by the off-grid system in the Rectorate building, forcing the system to use a generator as an additional electric power supply.

### C. Techno-economic Simulation Result

The values of each parameter entered into the Homer software are shown in Tables 9 and 10. The capital cost value is applied to the O&M price using the references stated before. The parameter in Homer is used to adjust the equipment life. The number of components is calculated based on the nameplate.

**Table 7.** Electricity Output of On-grid Scenario

Building	Photovoltaic (kWh/Year)	Load Demand Consumption (kWh/Year)	Grid Sales (kWh/Year)	Tot. Consumption (kWh/Year)	Excess Electricity (kWh/Year)	RE Penetration (%)
FHST	670,282	128,407	567,067	695.474	861	91.4
Rectorate	112.348	21.287	95.057	116,344	262	91.5

**Table 8.** Electricity Output of Off-grid Scenario

Building	Photovoltaic (kWh/Year)	Load Demand Consumption (kWh/Year)	Grid Sales (kWh/Year)	Tot. Consumption (kWh/Year)	Excess Electricity (kWh/Year)	RE Penetration (%)
FHST	176,448	128,407	0	128,407	37,694	100
Rectorate	24,923	21.287	0	21,287	2,822	95.7

**Table 9.** Homer Input Cost Parameters

No	Component	Capital Cost (Million Rp)		Replacement (Million Rp)		O&M (Million Rp)	
		FHST	Rectorate	FHST	Rectorate	FHST	Rectorate
1	Photovoltaic	5,280	885	0	0	352	59
2	Battery	644	112	431	75	0	0
3	Diesel Generator	304	68,7	203	48,1	3,472/Op. yr	9,2/Op. yr
4	Inverter	880	146	686	109	0	0

**Table 10.** Homer Input Quantity Parameters

No	Component	Quantity (pcs)		Capacity		Life Design	
		FHST	Rectorate	FHST	Rectorate	FHST	Rectorate
1	Photovoltaic	670	108	352 kWp	59 kWp	25 Year	25 Year
2	Battery	92	16	4,2 MWh	4,2 MWh	15 Year	15 Year
3	Diesel Generator	1	1	400 kW	100 kW	90,000 Hours	15,000 Hours
4	Inverter	440	73	440 kW	73 kW	15 Year	15 Year

Capital costs up to O&M were computed or assumed for the simulation parameters using data from the 2020 Energy Storage Grand Challenge Cost and Performance Assessment. It should be noted that the capital cost data supplied corresponds to \$/kWh of accessible energy at 50% DOD for a lead-acid BESS consisting of a single cell, which is more expensive but has a longer life cycle.

According to Table 11, the economic value of the hybrid system in the FHST building has an NPC value of IDR 3,458,857,000.00 In the off-grid situation, the highest value is IDR 6,125,565,000.00 Furthermore, the on-grid scenario is the most affordable at IDR 1,047,534,000.00 Based on this, the on-grid option is the most profitable for the project over the next 25 years. When compared to the annual running costs of

**Table 11.** Techno-economic Hybrid Simulation Result of FHST Building

Assessment Criteria	NPC (Billion Rp)	Op. Cost (Million Rp)	COE (Rp)	Emission (kg/Year)	RE Penetration (%)
Based System (PLN)	3.5	185	1,444,70	81,153	9
On-grid Scenario	1.0	369	80.78	37,620	91.4
Off-grid Scenario	6.1	125	2,558.53	25.4	100

**Table 12.** Techno-economic Hybrid Simulation Result of Rectorate Building

Assessment Criteria	NPC (Million Rp)	Op. Cost (Million Rp)	COE (Rp)	Emission (kg/Year)	RE Penetration (%)
Based System (PLN)	573	30.7	1,444,70	13,453	0
On-grid Scenario	175	62.1	80.68	5,233	91.5
Off-grid Scenario	973	25.0	2,361.56	883	95.7

the on-grid base system of IDR 185,509,600 in the on-grid scenario of IDR 369,232,900 in the off-grid scenario of IDR 125,815,200 in the off-grid scenario. Based on this, the annual cost of the off-grid scenario is lower than the annual cost of the on-grid option. The lowest Cost of Energy (COE) cost in the on-grid scenario is IDR 80.78/kWh, IDR 2,558.53/kWh in the off-grid scenario, and IDR 1,444.70/kWh in the base system.

The on-grid scenario has the lowest cost, lowering prices by 95% to IDR 80.78/ kWh. With 0% renewable energy penetration, the grid (basic system) scenario emits 81,153 kg of CO<sub>2</sub>/year. The on-grid scenario emits 37,620 kg of CO<sub>2</sub>/ year, representing a 46% reduction with 91.3% increased renewable energy penetration, whereas the off-grid scenario emits 25.4 kg/year, representing a 98% reduction with 100% renewable energy penetration. Based on this, these two scenarios have the potential to reduce CO<sub>2</sub> emissions by >40% while increasing renewable energy penetration by > 90%.

According to Table 12, the NPC value or project cost for 25 years in the base system (grid) of the Rectorate building hybrid system is IDR 573,395,600.00, while the maximum value in the off-grid scenario is IDR 937,292,900.00. Furthermore, the on-grid scenario is the most affordable at IDR 175,024,100.00. The yearly operational cost of the on-grid base system is IDR 30,753,040.00/year, IDR

62,073,980.00/year in the on-grid scenario, and IDR 25,061,070.00/year in the off-grid scenario. Based on this, the annual cost of the off-grid scenario is lower than the annual cost of the on-grid option. The on-grid scenario's lowest COE cost is IDR 80.68-. The off-grid scenario costs IDR 2,361.56 per kWh, while the standard system costs IDR 1,444.70 per kWh. Based on this, the on-grid scenario has the lowest cost, lowering expenditures by 95% to IDR 80.68 per kWh. With 0% renewable energy penetration, the grid (basic system) scenario emits 13,453 kg of CO<sub>2</sub> per year.

The on-grid scenario produces 6,233 kg of CO<sub>2</sub> emissions per year, representing a 46% reduction with a 91.5% increase in renewable energy penetration. The off-grid scenario produces 883 kg of CO<sub>2</sub> emissions per year, representing an 86% reduction with a 100% increase in renewable energy penetration. Based on this, these two scenarios can reduce CO<sub>2</sub> emissions by more than 40% while increasing renewable energy penetration by more than 90%. The economic modeling findings suggest that the on-grid system's NPC value has declined significantly. The initial system capital cost of the on-grid system is IDR 982,355,770.00, with a total grid cost of IDR 2,294,878,459.76. Because the system is linked to the grid, grid sales and excess electricity generated can be sold to the grid. The entire sales of electric power in the on-grid system were IDR 1,985,064,919.27, lowering the on-grid system's NPC value to IDR 175,024,100.00.

The economic data of the proposed hybrid system for Universitas Jenderal Achmad Yani FHST and Rectorate buildings has been modelled. Each scenario that has been run shows that the on-grid system has the lowest NPC, Operation Cost, and COE expenses when compared to other situations.

## V. CONCLUSION

Based on the investigation, the author concludes that the hybrid system in the FHST building has an annual load need of 128,407 kWh. With an on-grid total power generation of 729,807 kWh/year, grid sales of 567,067 kWh/year, and renewable energy penetration of 91.4%. The overall electric power production in the off-grid system is 176,448 kWh/year, and renewable energy penetration is 100%. The hybrid system in the Rectorate building has a load requirement of 21,287 kWh per year. With an on-grid total power generation of 122,210 kWh/year, grid sales of 95,057 kWh/year, and renewable energy penetration of 91.5%. The off-grid system produces 25,848 kWh/year and has a renewable energy penetration of 95.7%. Because the off-grid system generates electrical power without the assistance of the grid, the off-grid system does not have grid sales. Because it is connected to the grid, this hybrid system designed in the FHST and Rectorate buildings is based on the optimization of electricity distribution, integration of renewable and non-renewable energy, electric power output per year, and grid sales results. When compared to other systems, the on-grid scenario is the most optimal.

## ACKNOWLEDGMENTS

Thanks to the research and community service institution through SKEP No/194/Unjani/VI/2023 for the research funds for the internal grant scheme in 2023.

## REFERENCES

- [1] IRENA, *International Renewable Energy Agency*, 2020th ed. Abu Dhabi: IRENA, 2020.
- [2] International Renewable Energy Agency, "Renewable Energy Statistics 2022," International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2022. [Online]. Available: [www.irena.org](http://www.irena.org).
- [3] International Renewable Energy Agency, *Indonesia Energy Transition Outlook 2022*, 2022nd ed. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2022.
- [4] F. Tanneberger *et al.*, "Towards net zero CO2 in 2050: An emission reduction pathway for organic soils in Germany," *Mires Peat*, vol. 27, no. 05, pp. 1–17, Jan. 2021, doi: 10.19189/MAP.2020.SNPG.STA.1951.
- [5] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, "Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2019 - 2038." Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta, pp. 1–441, 2019, [Online]. Available: <https://jdih.esdm.go.id/storage/document/Kepmen-esdm-143-Thn 2019 RUKN 2019.pdf>.
- [6] Undang Undang RI, "Undang-Undang No 16 Tahun 2016 Tentang Pengesahan Paris Agreement To The United Nations Framework Convention on Climate Change," p. 71, 2016.
- [7] H. R. Iskandar, Y. B. Zainal, and S. Sambasri, "Study and Analysis of Shading Effects on Photovoltaic Application System," *1 st Int. Conf. Ind. Electr. Electron. (ICIEE) Int. Board Progr. Comm.*, vol. 218, no. 02004, pp. 1–8, 2018, doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201821802004>.
- [8] H. R. Iskandar, E. Darmawan, Y. B. Zainal, G. Angga Setia, N. Winanti, and F. Haz, "Design of Solar Power Plant for Electrical Engineering Department Laboratory," in *Proceedings of the 2nd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems: Towards Sustainable and Reliable Power Delivery, ICHVEPS 2019*, Oct. 2019, pp. 145–150, doi: 10.1109/ICHVEPS47643.2019.9011041.
- [9] H. R. Iskandar, N. Heryana, N. Winanti, G. A. Setia, R. Ridwanulloh, and M. R. Alfarizi, "Optimal Design of Rooftop PV Systems for Electrical Engineering Department Laboratory," in *2021 3rd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems, ICHVEPS 2021*, 2021, pp. 349–354, doi: 10.1109/ICHVEPS53178.2021.9601097.
- [10] V. B. Hau, M. Husein, I. Y. Chung, D. J. Won, W. Torre, and T. Nguyen, "Analyzing the Impact of Renewable Energy Incentives and Parameter Uncertainties on Financial Feasibility of a Campus Microgrid," *Energies*, vol. 11, no. 9, pp. 1–24, 2018, doi: 10.3390/en11092446.
- [11] M. Der Yang, Y. P. Chen, Y. H. Lin, Y. F. Ho,

- and J. Y. Lin, "Multiobjective Optimization using Nondominated Sorting Genetic Algorithm-II for Allocation of Energy Conservation and Renewable Energy Facilities in a Campus," *Energy Build.*, vol. 122, pp. 120–130, 2016, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.04.027.
- [12] R. Castrillón-Mendoza, P. A. Manrique-Castillo, J. M. Rey-Hernández, F. J. Rey-Martínez, and G. González-Palomino, "PV Energy Performance in a Sustainable Campus," *Electron.*, vol. 9, no. 11, pp. 1–24, 2020, doi: 10.3390/electronics9111874.
- [13] L. N. Xing, H. L. Xu, A. K. Sani, M. A. Hossain, and S. M. Muyeen, "Techno-economic and environmental assessment of the hybrid energy system considering electric and thermal loads," *Electron.*, vol. 10, no. 24, 2021, doi: 10.3390/electronics10243136.
- [14] M. Sim, D. Suh, and M. O. Otto, "Multi-objective Particle Swarm Optimization-based Decision Support Model for Integrating Renewable Energy Systems in a Korean Campus Building," *Sustain.*, vol. 13, no. 15, pp. 1–18, 2021, doi: 10.3390/su13158660.
- [15] F. Nazipov, S. Tokbolat, D. Khussainova, M. Mustafa, and A. Almahadin, "Integration of Renewable Energy Technologies in University Campuses: a Case Study," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2021, vol. 1044, no. 1, pp. 1–6, doi: 10.1088/1757-899x/1044/1/012015.
- [16] S. L. Gbadamosi, F. S. Ogunje, S. T. Wara, and N. I. Nwulu, "Techno-Economic Evaluation of a Hybrid Energy System for an Educational Institution: A Case Study," *Energies*, vol. 15, no. 15, pp. 1–12, 2022, doi: 10.3390/en15155606.
- [17] T. M. I. Riayatsyah, T. A. Geumpana, I. M. Rizwanul Fattah, S. Rizal, and T. M. Indra Mahlia, "Techno-Economic Analysis and Optimisation of Campus Grid-Connected Hybrid Renewable Energy System Using HOMER Grid," *Sustain.*, vol. 14, no. 13, pp. 1–18, 2022, doi: 10.3390/su14137735.
- [18] G. Gehlert, M. Wiegand, M. Lymar, and S. Huusmann, "Simultaneity in Renewable Building Energy Supply—A Case Study on a Lecturing and Exhibition Building on a University Campus Located in the Cfb Climate Zone," *Sustain.*, vol. 14, no. 19, pp. 1–18, 2022, doi: 10.3390/su141912538.
- [19] M. Raman, P. Meena, V. Champa, V. Prema, and P. R. Mishra, "Techno-economic Assessment of Microgrid in Rural India Considering Incremental load Growth Over Years," *AIMS Energy*, vol. 10, no. 4, pp. 900–921, 2022, doi: 10.3934/energy.2022041.
- [20] A. Xu, L. J. Awalin, A. Al-Khaykan, H. F. Fard, I. Alhamrouni, and M. Salem, "Techno-Economic and Environmental Study of Optimum Hybrid Renewable Systems, including PV/Wind/Gen/Battery, with Various Components to Find the Best Renewable Combination for Ponorogo Regency, East Java, Indonesia," *Sustain.*, vol. 15, no. 3, pp. 1–15, 2023, doi: 10.3390/su15031802.
- [21] M. A. H. Alshehri, Y. Guo, and G. Lei, "Renewable-Energy-Based Microgrid Design and Feasibility Analysis for King Saud University Campus, Riyadh," *Sustain.*, vol. 15, no. 13, pp. 1–24, 2023, doi: 10.3390/su151310708.
- [22] PT. PLN (Persero), "Penetapan Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik (Tarrif Adjusment)." PT. PLN (Persero), Jakarta, p. 1, 2023, [Online]. Available: <https://web.pln.co.id/pelanggan/tarif-tenaga-listrik/tariff-adjustment>.
- [23] A. Rachmi, B. Prakoso, Hanny Berchmans, I. Devi Sara, and Winne, "Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS atap di Indonesia," *PLTS Atap*. ICED (Indonesia Clean Energy Development), p. 94, 2020, [Online]. Available: <https://drive.esdm.go.id/wl/?id=XOegh8pXO9FMjeb14x0joDD6h1Ze94Fm>.
- [24] V. Viswanathan, K. Mongird, R. Franks, X. Li, V. Sprenkle, and R. Baxter, "Grid energy storage technology cost and performance assessment 2020," 2020. [Online]. Available: <https://www.energy.gov/energy-storage-grandchallenge/downloads/2020-grid-energy-storage-technology-cost-and-performance>.

## Sistem *Monitoring* dan Penyiraman Tanaman Sawi Daging Berbasis *Internet Of Things (IoT)*

Muhammad Rindy Saputra<sup>1</sup>, Maria Ulfah<sup>1\*</sup>, Hilmansyah<sup>1</sup>

Teknik Elektronika, Rekayasa Elektro, Politeknik Negeri Balikpapan<sup>1</sup>

\*maria.ulfah@poltekba.ac.id

### ABSTRACT

*Beef mustard is a plant that has one harvest period. This plant can grow optimally in air humidity conditions of 60% RH and soil humidity between 512-307 ADC. The method of watering mustard greens at the research location is still done manually by plantation workers so the appropriate air humidity and soil moisture conditions are difficult to know. Therefore, in this research, it is proposed to make a system that can monitor and automatically water mustard green plants either directly or remotely. In making this monitoring and watering system, a NodeMCU8266 microcontroller, a soil moisture sensor, and a DHT 11 air humidity sensor were used. The test results of the tool system updated the data taken by the soil moisture and DHT11 sensors in real time, apart from that the system automatically water mustard greens plants if the air humidity value is below 60% RH and the soil humidity is above 512 ADC. Information on soil moisture and air humidity values can be seen on the 16X2 LCD output installed on the tool. For remote monitoring applications (internet of things) use the Blynk application installed on the plantation worker's smartphone. The success rate of this tool is 100% between the reading results on the LCD and the results read on the Blynk application on the smartphone.*

**Keywords :** *Monitoring, Mustard green, IoT, Soil Moisture, DHT 11*

### INTISARI

*Sawi daging termasuk tanaman yang memiliki masa panen satu kali. Tanaman ini dapat tumbuh secara optimal pada kondisi kelembaban udara bernilai diatas 60% RH dan kelembaban tanah antara 512-307 ADC. Metode penyiraman tanaman sawi daging pada lokasi penelitian masih dilakukan secara manual oleh para pekerja kebun sehingga kondisi kelembaban udara dan kelembaban tanah yang sesuai sulit untuk diketahui. Oleh karena itu dalam penelitian ini diusulkan pembuatan sistem yang dapat memonitor sekaligus melakukan penyiraman otomatis tanaman sawi daging baik secara langsung maupun dari jarak jauh. Dalam pembuatan sistem monitoring dan penyiraman ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU8266, sensor kelembaban tanah (soil moisture) dan sensor kelembaban udara DHT 11. Hasil pengujian sistem alat meng-update data yang di ambil oleh sensor soil moisture dan DHT11 secara realtime, selain itu sistem secara otomatis menyiram tanaman sawi daging apabila nilai kelembaban udara berada di bawah 60% RH dan kelembaban tanah berada di atas nilai 512 ADC. Informasi nilai kelembaban tanah dan kelembaban udara dapat dilihat pada output LCD 16X2 yang terpasang pada alat. Untuk aplikasi monitoring jarak jauh (internet of things) menggunakan aplikasi Blynk yang terinstall pada smartphone pekerja kebun. Tingkat keberhasilan alat ini sebesar 100% antara hasil pembacaan pada LCD sama dengan hasil yang terbaca pada aplikasi blynk pada smartphone*

**Kata kunci:** *Monitoring, Sawi, IoT, Soil Moisture, DHT 11*

### I. PENDAHULUAN

Frekuensi panen pada tanaman Sawi daging hanya dapat dilakukan satu kali, berasal dari *kelompok genus Brassica Rapa*. Tanaman sawi sangat diminati masyarakat khususnya di Indonesia, karena selain harganya yang terbilang murah tanaman ini memiliki banyak manfaat, diantaranya mengandung vitamin K, A, C, E serta asam folat dan mineral yang cukup tinggi. Tanaman sawi daging dapat tumbuh baik di tempat

yang berhawa panas maupun yang berhawa dingin, sehingga dapat ditanam pada dataran rendah maupun dataran tinggi. Dari hasil lapangan tempat alat ini di implementasikan, sawi daging dapat tumbuh di daerah yang memiliki suhu 20-40° celsius dan menurut referensi [1] tanaman sawi daging dapat tumbuh di daerah yang memiliki curah hujan lebih dari 200 mm/bulan.

Menurut referensi [2] dan [3] dapat tumbuh secara maksimal ialah nilai kelembapan tanah 50–70% (512–307 ADC) dengan kelembapan udara di atas 60% RH (Relative humidity). Pada lokasi penelitian di Wisata Edukasi Kebun Pak Agus, proses penyiraman tanaman sawi daging dilakukan secara manual setiap harinya serta belum dilakukannya pengukuran kelembapan udara dan tanah pada area tanaman sawi sehingga parameter penting pertumbuhan tanaman tersebut belum termonitoring secara berkala.

Atas dasar permasalahan tersebut maka penulis membuat penelitian yakni Sistem Monitoring dan Penyiraman Tanaman Sawi Daging ini. Penelitian terdahulu yang terkait tema ini antara lain:[2] pada penelitian ini dirancang alat pengontrol kelembapan tanah pada tanaman sawi, tetapi pada penelitian ini menggunakan satu jenis sensor kelembapan tanah dan hanya menggunakan output LCD yang hanya bisa diakses atau dilihat dari jarak dekat saja. [4] Pada penelitian ini telah dilakukan rancang bangun alat penyiram otomatis dengan menggunakan dua sensor yakni DHT 11 dan sensor kelembapan tanah dengan output berupa LCD yang juga memiliki keterbatasan jarak yang membuat petani kebun harus datang ke area kebun jika ingin melihat nilai parameter nilai kelembapan udara dan tanah pada area tersebut. Berdasarkan masalah dan kondisi yang ada pada lokasi penelitian yang dilakukan penulis dan pengembangan dari penelitian-penelitian terkait sebelumnya perlu dirancanag alat monitoring dan penyiraman tanaman sawi dengan menggunakan sensor kelembapan tanah dan kelembapan udara dengan output yang lebih unggul yang melalui smartphone yang dapat diakses dari jarak jauh tanpa perlu datang langsung ke lokasi kebun untuk mendapatkan informasi nilai kelembapan tanah dan udara yang ada di kebun.

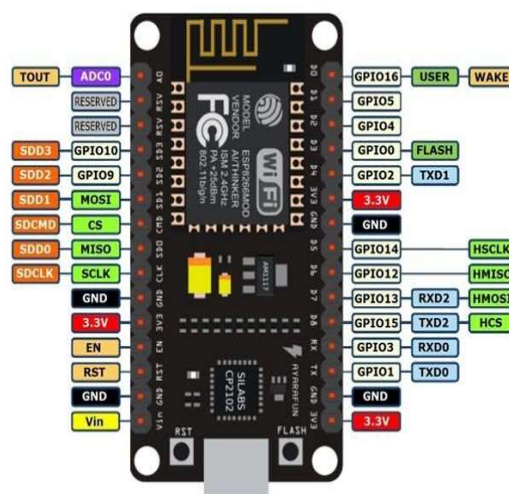
Sistem alat ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dengan *input* berupa sensor DHT11 sebagai sensor kelembapan udara dan suhu, *soil moisture* sensor sebagai sensor kelembapan tanah dimana kedua jenis sensor ini bekerja secara realtime, dan *push button* virtual pada aplikasi Blynk sebagai input penyiraman manual tanaman sawi daging. *Output* alat ialah LED 16x2 I2c dan aplikasi Blynk yang *terinstall* pada smartphone untuk memonitor kelembapan tanah, kelembapan udara, dan suhu di sekitar tanaman sawi daging secara realtime, modul relay yang berguna sebagai saklar otomatis untuk menyalakan pompa air DC untuk menyiram tanaman sawi daging. Dengan dibuatnya alat ini diharapkan akan membantu mempermudah proses perawatan tanaman sawi daging

serta membantu digitalisasi dan otomatisasi *smart-argiculture*.

## II. LANDASAN TEORI

### A. NodeMCU ESP8266

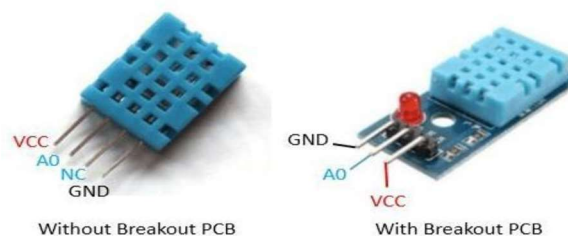
NodeMCU ESP8266 adalah modul mikrokontroler berbasis IoT *open source* [5]. NodeMCU ESP8266, memiliki 17 Pin GPIO yang dapat diintegrasikan dengan komponen elektronika lainnya. Modul ini bekerja dengan tegangan 3.3V–5V, dengan konsumsi daya 0.5 mW – 1 mW [6]. Gambar NodeMCU ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. NodeMCU ESP8266

### B. Sensor DHT11

Sensor DHT11 berguna sebagai sensor *input* untuk menangkap nilai kelembapan udara dan suhu udara. Sensor DHT11 dapat membaca suhu dan kelembapan udara yang baik [4]. Sensor ini memiliki 4 kaki pin, dan terdapat juga sensor DHT11 dengan breakout PCB yang terdapat hanya memiliki 3 kaki pin [7] seperti Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Sensor DHT11

### C. Sensor kelembapan tanah (*soil moisture*)

Sensor soil moisture berguna sebagai sensor input untuk menangkap nilai kelembapan tanah. Sensor

ini terdiri dua probe untuk melewati arus melalui tanah, kemudian membaca resistansinya untuk mendapatkan nilai tingkat kelembaban. Semakin banyak air membuat tanah lebih mudah menghantarkan listrik (resistansi kecil), sedangkan tanah yang kering sangat sulit menghantarkan listrik (resistansi besar) [8]. Sensor *Soil moisture* memiliki tegangan input sebesar 3.3V atau 5V, tegangan output sebesar 0 – 4.2V, arus sebesar 35 mA, dan memiliki *value range* ADC sebesar 1024 bit mulai dari 0 – 1023 bit



Gambar 3. Sensor Soil Moisture

#### D. Blynk

Blynk adalah aplikasi ini merupakan wadah kreatifitas untuk membuat *interface* grafis untuk proyek yang akan diimplementasikan hanya dengan metode *drag and drop widget* [9]. Pembuatan proyek *interface* di aplikasi ini juga sangat mudah . Blynk tidak terkait dengan modul atau papan tertentu. Dari aplikasi inilah pengguna dapat mengontrol apapun dari jarak jauh dimana pun dengan catatan perangkat *smartphone* dan modul mikrokontroler harus terhubung dengan internet [10].

Terdapat 3 komponen utama Blynk:

1. Blynk Apps

Blynk Apps memungkinkan untuk membuat project *interface* dengan berbagai macam komponen Input output yang mendukung untuk pengiriman maupun penerimaan data serta merepresentasikan data sesuai dengan komponen yang dipilih. Representasi data dapat berbentuk visual angka maupun grafik.

2. Blynk Server

Blynk server merupakan fasilitas Backend Service berbasis Cloud yang bertanggung jawab untuk mengatur komunikasi antara aplikasi *smartphone* dengan lingkungan hardware. Kemampun untuk menangani puluhan hardware pada saat yang bersamaan semakin memudahkan bagi para pengembang sistem IoT.

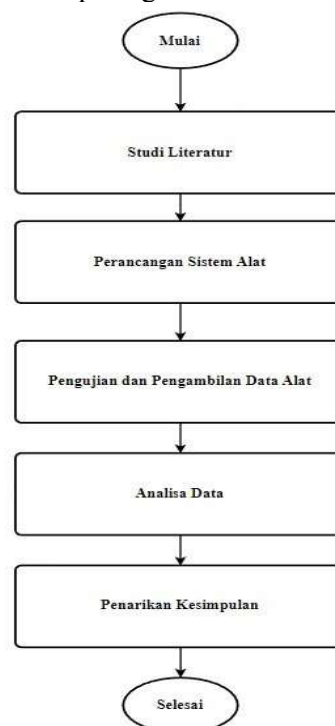
3. Blynk Library

Blynk Library dapat digunakan untuk membantu pengembangan code. Blynk library tersedia pada banyak platform perangkat keras sehingga semakin memudahkan para pengembang IoT dengan fleksibilitas hardware yang didukung oleh lingkungan Blynk.[11]

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Metode Penelitian

Metode Penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terlihat pada gambar 4.

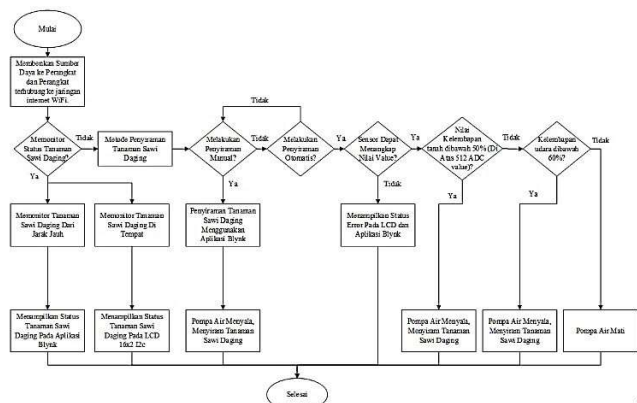


Gambar 4. Metode Penelitian

Proses penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4 di atas. Pertama ialah mencari referensi literatur berupa jurnal nasional terakreditasi *sinta* maupun karya ilmiah lainnya seperti seminar nasional. Selanjutnya ialah merancang sistem alat menggunakan software Arduino IDE, aplikasi blynk. Kemudian dilakukan pengujian dan juga pengambilan data secara real time sebanyak 10 kali dari sistem alat yang dirancang. Setelah pengambilan data dilanjutkan dengan menganalisa data dan menarik kesimpulan dari pengujian yang dilakukan dengan meihat kesesuaian dengan nilai parameter kelembaban udara dan tanah yang telah disetting pada pemograman.

B. Perancangan Sistem

Dalam pembuatan sistem monitoring penyiraman otomatis tanaman sawi daging menggunakan diagram alir seperti gambar 5.



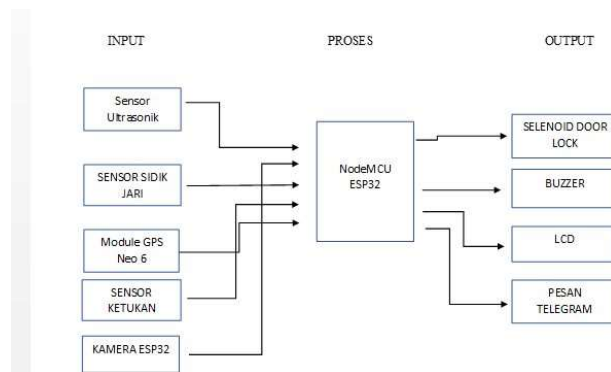
Gambar 5. Diagram Alir Sistem

Berikut merupakan penjelasan dari Gambar 5.

1. Pada saat perangkat terhubung dengan sumber daya, alat akan memiliki fitur monitoring dan penyiraman secara otomatis dengan men-scan kelembaban dan suhu tanaman.
2. Memonitoring status tanaman sawi daging dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi Blynk dan juga memantau lewat LCD 16x2 I2c.
3. Jika sensor tidak dapat menangkap nilai value dari kelembaban tanah dan suhu humidity udara, maka alat akan mengirimkan pesan error yang akan tampil di LCD 16x2 di alat penyiraman dan Aplikasi Blynk di smartphone.
4. Sistem penyiraman manual dilakukan dengan menggunakan aplikasi Blynk dengan menambahkan tombol input di interface aplikasi Blynk.
5. Untuk sistem penyiraman tanaman otomatis terdapat 2 parameter yang menjadi *value* dimana perangkat akan melakukan penyiraman. Yang pertama ialah kelembaban tanah yang ditangkap oleh *soil moisture sensor*, dari sumber referensi menyebutkan standar kelembaban tanah yang sesuai untuk tanaman sawi yaitu yang memiliki kelembaban sebesar 50% - 70% [2] atau 512 – 307 ADC value. Bila kelembaban tanah dibawah nilai

50% atau lebih tinggi dari nilai 512 ADC value maka pompa air DC 1 akan menyala. Kemudian kelembapan udara dan suhu yang ditangkap oleh sensor DHT11, bila kelembapan udara dibawah 60% RH maka pompa air DC 2 akan menyala.

C. Blok Diagram



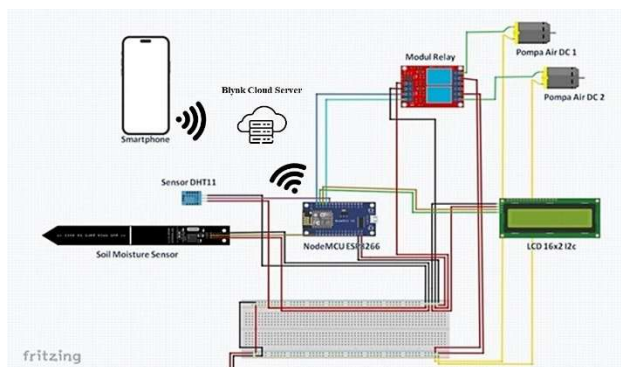
Gambar 6. Blok Diagram

Berikut dibawah merupakan penjelasan diagram blok:

1. NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai mikrokontroler alat.
2. *Soil Moisture Sensor* adalah sensor yang digunakan untuk menangkap nilai atau *value* kelembaban tanah.
3. Sensor DHT11 adalah sensor yang digunakan untuk menangkap nilai atau *value* dari kelembaban udara dan juga suhu.
4. LCD 16x2 I2c digunakan untuk menampilkan hasil monitoring tanaman sawi daging.
5. Modul Relay digunakan sebagai saklar otomatis dari pompa air DC.
6. Pompa Air DC digunakan untuk memompa air yang akan disalurkan ke *sprayer*.
7. *Sprayer/nozel* digunakan untuk menyebarkan air ke tanaman sawi daging.
8. *Smartphone* merupakan media *receiver* data monitoring tanaman sawi daging.

D. Wiring Diagram

Wiring Diagram yang digunakan dalam perancangan adalah seperti terlihat gambar 7.



Gambar 7. Wiring Diagram

Gambar 5, merupakan diagram alir cara kerja sistem yang dibuat, gambar 6 merupakan diagram blok sistem yang dibuat yang terdiri dari bagian input, proses dan output. Gambar 7 merupakan wiring diagram dari semua perangkat yang digunakan dalam pembuatan sistem monitoring dan penyiraman tanaman sawi.

#### IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sistem kerja alat yang telah diimplementasikan dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Berikut dibawah ini merupakan data pengujian alat yang telah diimplementasikan dan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Keseluruhan

No	Kelembapan Tanah	Kelembapan Udara	Suhu Udara	Pompa Air DC 1	Pompa Air DC 2
1	343 ADC	62% RH	36°C	OFF	OFF
2	351 ADC	59% RH	35°C	OFF	ON
3	469 ADC	61% RH	35°C	OFF	OFF
4	441 ADC	62% RH	34°C	OFF	OFF
5	497 ADC	64% RH	34°C	OFF	OFF
6	328 ADC	76% RH	29°C	OFF	OFF
7	366 ADC	80% RH	29°C	OFF	OFF
8	434 ADC	78% RH	29°C	OFF	OFF
9	327 ADC	77% RH	29°C	OFF	OFF
10	338 ADC	76% RH	29°C	OFF	OFF

Tabel 1 merupakan hasil pengujian pengukuran kelembapan tanah dan udara yang terbaca di kebun sawi daging, dari pengujian didapatkan nilai kelembapan tanah dibawah 512 ADC yang berarti tanah masih memiliki tingkat kelembapan yang cukup untuk tanaman sawi, sehingga pompa air 1 tidak menyala. Saat *soil moisture* sensor mendeteksi kelembapan tanah di gundukan tanaman sawi daging bernilai lebih dari 512 ADC (*Analog Digital Conversion*) maka relay pertama akan menyalakan pompa air 1 yang akan menyiram tanaman selama 30 detik. Dan saat sensor DHT11 mendeteksi kelembapan udara di dalam ruang tempat tanaman sawi dagng berada dibawah 60%, maka relay kedua akan menyalakan pompa air 2 yang akan menyemprotkan air ke tanaman melalui nozle selama 30 detik.



Gambar 8. Tempat implementasi

Kemudian setelah 30 detik relay pertama dan kedua menyala, dilanjutkan pemberian jeda agar air atau embun menyerap ke tanah terlebih dahulu seperti Gambar 9 di bawah ini sebelum memulai monitoring lagi.



Gambar 9. LCD menunjukkan jeda air meresap

Adapun metode manual untuk menyiram tanaman sawi daging dengan cara menekan tombol penyiraman manual tanaman dan penyiraman manual embun pada aplikasi Blynk di *smartphone*.



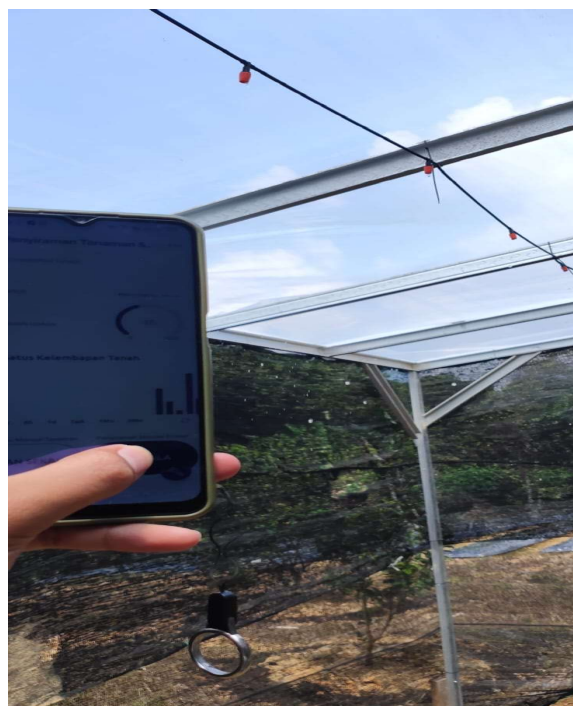
**Gambar 10.** Pengujian Menyiram Sawi Daging Menggunakan Aplikasi Blynk

**Tabel 2.** Pengujian Nyala Pompa Air 1 Saat Tombol Manual Tanaman Ditekan

No	Tekan Tombol	Pompa Air 1
1	1 kali	Menyala selama 30 detik
2	2 kali	Menyala selama 1 menit
3	3 kali	Menyala selama 1 menit 30 detik
4	4 kali	Menyala selama 2 menit
5	5 kali	Menyala selama 2 menit 30 detik
6	6 kali	Menyala selama 3 menit
7	7 kali	Menyala selama 3 menit 30 detik
8	8 kali	Menyala selama 4 menit
9	9 kali	Menyala selama 4 menit 30 detik
10	10 kali	Menyala selama 5 menit

Pada Gambar 10 dan Tabel 2 di atas, tombol penyiraman manual tanaman akan berwarna biru saat di tekan dan pompa air 1 akan menyala 1 kali selama

30 detik untuk menyirami tanaman sawi daging. Dari 10 kali pengujian penyalaan pompa air 1 dengan tombol manual ditekan, jika 1 kali ditekan pompa air menyala 1 detik, dan berlaku kelipatannya. Sehingga jika ditekan 10 kali tombol maka pompa air akan menyala 5 menit atau 300 detik.



**Gambar 11.** Pengujian Embun Manual Menggunakan Aplikasi Blynk

**Tabel 3.** Pengujian Nyala Pompa Air 2 Saat Tombol Manual Embun Ditekan

No	Tekan Tombol	Pompa Air 2
1	1 kali	Menyala selama 30 detik
2	2 kali	Menyala selama 1 menit
3	3 kali	Menyala selama 1 menit 30 detik
4	4 kali	Menyala selama 2 menit
5	5 kali	Menyala selama 2 menit 30 detik
6	6 kali	Menyala selama 3 menit

7	7 kali	Menyala selama 3 menit 30 detik
8	8 kali	Menyala selama 4 menit
9	9 kali	Menyala selama 4 menit 30 detik
10	10 kali	Menyala selama 5 menit

Pada Gambar 11 dan Tabel 3 di atas, tombol penyiraman manual embun akan berwarna biru saat di tekan dan pompa air 2 akan menyala 1 kali selama 30 detik untuk menyemprotkan embun ke tanaman sawi daging. Berikut dibawah ini Gambar 12 yang merupakan push button pompa air soil moisture dan push button pompa air DHT11.



Gambar 12. Push button pada user interface saat ditekan

Penggunaan aplikasi blynk yang diinstal pada smartphone sebagai fetaure Internet of Things (IoT) membuat nilai parameter kelembaban tanah dan kelembaban udara pada kebun sawi daging dapat termonitor secara jarak jauh oleh pemilik kebun. Pada gambar 12, pada smartphone dapat diketahui nilai kelembaban tanah sebesar 301, temperatur 30<sup>0</sup>, kelembaban udara sebesar 69<sup>0</sup>

Tabel 4. Perbandingan hasil pembacaan parameter pada LCD dan apliaksi blynk

N o	Pembacaan LCD	Tampilan Blynk	Kesesuaian
1			Sama
2			Sama
3			Sama
4			Sama
5			Sama

Pada tabel 4 dari hasil perbandingan antara tampilan nilai parameter kelembaban tanah dan kelembaban udara yang tampil di LCD dan aplikasi blynk didapatkan hasil pembacaan yang sama. Sehingga didapatkan tingkat akurasi sistem monitoring yang dibuat sebesar 100%

## V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah telah berhasil membuat alat sistem monitoring penyiraman tanaman sawi daging otomatis berdasarkan kelembaban tanah dan kelembaban udara. Pompa air DC dari sistem akan menyiram tanaman sawi daging apabila nilai yang ditangkap sensor *soil moisture* lebih besar dari nilai 512 ADC (*Analog to Digital Converter*) dan nilai RH yang ditangkap sensor DHT11 lebih kecil dari nilai 60% RH (*Relative Humidity*). Jika terdapat *error* pada sensor maka alat akan mengirimkan sinyal *trigger* agar aplikasi dapat mengirimkan *warning notification* pada

perangkat *smartphone*. Data yang muncul pada monitoring ditangkap secara *real time* oleh sensor *soil moisture* dan sensor DHT11. Selain monitoring status tanaman, *user interface* pada aplikasi Blynk juga digunakan sebagai media menyiram tanaman secara manual dengan menggunakan virtual *push button*.

#### REFERENSI

- [1] S. Sukmawati, "Budidaya Pakcoy (*Brassica chinensis* L.) Secara Organik dengan Pengaruh Beberapa Jenis Pupuk Organik," *Karya Ilm.*, p. 9, 2012.
- [2] M. K. N. Pratama and G. Setiawan, "Rancang Bangun Sistem Pengontrol Kelembaban Tanah Pertanian Sayur Pakcoy dan Sawi," *J. Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 13, no. 2, pp. 101–108, 2021, doi: 10.5614/joki.2021.13.2.5.
- [3] J. Tarigan, I. A. A. Al-hud, A. Bangkit, and S. Umbu, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Berbasis Mikrokontrol Arduino," vol. 7, no. 2, 2022.
- [4] D. Ariyanto and M. Kusriyanto, "Alat Penyiraman Sawi Hijau Secara Otomatis Menggunakan Sensor Kelembapan Tanah Dan Sensor Dht11 Berbasis Arduino," *Pros. Snitt Poltekba*, vol. 4, no. 0, pp. 157–162, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/prosidin/article/view/1014>
- [5] M. Wijayanti, "Prototype Smart Home Dengan NodeMCU ESP8266 Berbasis IOT," *J. Ilm. Tek.*, vol. 1, no. 2, pp. 101–107, 2022.
- [6] Muhammad Risqinugraha, "Rancang bangun alat penyiram otomatis pada tanaman mint menggunakan sensor kelembaban tanah berbasis nodemcu8266," p. 6, 2021.
- [7] L. M. Engineers, "How DHT11 DHT22 Sensors Work & Interface With Arduino." <https://lastminuteengineers.com/dht11-dht22-arduino-tutorial/>
- [8] L. M. Engineers, "How Soil Moisture Sensor Works and Interface it with Arduino." <https://lastminuteengineers.com/soil-moisture-sensor-arduino-tutorial/>
- [9] A. Faudin, "Mengenal Aplikasi Blynk Untuk Fungsi IOT." <https://www.nyebarilmu.com/mengenal-aplikasi-blynk-untuk-fungsi-iot/>
- [10] M. Artiyasa, A. Nita Rostini, Edwinanto, and Anggy Pradifita Junfithrana, "Aplikasi Smart Home Node Mcu Iot Untuk Blynk," *J. Rekayasa Teknol. Nusa Putra*, vol. 7, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.52005/rekayasa.v7i1.59.
- [11] R. Harir, M. A. Novianta, and D. S. Kristiyana, "Jurnal Elektrikal , Volume 6 Nomor 1 , Juni 2019 , 1-10," *Elektrikal*, vol. 6, pp. 1–10, 2019, [Online]. Available: <https://www.99.co/blog/indonesia/harga-pompa-air-mini/>

## Penerapan Penempatan dan Penentuan Kapasitas Kapasitor Pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Kota Medan Menggunakan *Electrical Transient Analysis Program 12.6*

Yoakim Simamora<sup>1\*</sup>, Mega Silfia Dewy<sup>1</sup>, Agnes Irene Silitonga<sup>1</sup>, Muhammad Isnaini<sup>1</sup>

Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan<sup>1</sup>

\*yoakimsimamora@unimed.ac.id

### ABSTRACT

*The characteristics of the electric power distribution system which is far from the generator and is generally radial in shape causes voltage drops. Voltage drops that are below tolerance cause a decrease in power quality on the consumer side of the distribution network. There are several methods used to improve voltage drops in the medium voltage network distribution system are network reconfiguration, distributed generator placement, and capacitor placement. In this study, placement capacitors were used to improve voltage profil in the Medan city medium voltage distribution network. Placement of capacitors and determination of capacitor capacity using Electrical transient analyzer program (ETAP). The initial condition of the medium voltage distribution network before the capacitor placement was carried out was an active power loss of 256.1 kW and a minimum voltage of 0,90 p.u. After placing the capacitors using the electrical transient analyzer program, it was obtained that the capacitors were placed on bus 18 and bus 34 with their respective capacitor capacities. 600 kVAR, after running the power flow, the power loss is 194.9 kW or reduced by 23.90% and the minimum voltage is 0,94 p.u or increased by 4.2%.*

**Keywords :** Capacitor, Drop Voltage, Power Losses.

### INTISARI

Karakteristik sistem distribusi tenaga listrik yang jauh dari pembangkit dan umumnya berbentuk radial menyebabkan jaringan distribusi tegangan rendah memiliki jatuh tegangan. Jatuh tegangan dibawah toleransi dapat mengakibatkan penurunan kualitas daya pada sisi konsumen jaringan distribusi tegangan menengah. Ada beberapa cara untuk meningkatkan profil tegangan pada sistem distribusi jaringan tegangan menengah diantaranya adalah rekonfigurasi jaringan distribusi, penempatan distributed generator, penempatan dan penentuan kapasitas kapasitor. Pada penelitian ini, penempatan kapasitor digunakan untuk meningkatkan profil tegangan pada jaringan distribusi tegangan menengah kota Medan., penentuan letak dan kapasitas kapasitor dilakukan menggunakan perangkat lunak electrical transient analysis program (ETAP). Kondisi awal jaringan distribusi sebelum dilakukan penempatan kapasitor adalah rugi daya aktif sebesar 256,1 kW dan tegangan minimum 0,90 p.u, setelah dilakukan penempatan kapasitor menggunakan perangkat lunak electrical transient analysis program (ETAP) diperoleh letak kapasitor pada bus 18 dan bus 34 dengan kapasitas masing- masing 600 kVAR, dan setelah dijalankan aliran daya diperoleh rugi daya menjadi 194,8 kW atau berkurang sebesar 23,90% dan tegangan minimum menjadi 0,94 p.u atau meningkat sebesar 4,2%.

Kata kunci: Kapasitor, Jatuh Tegangan, Rugi Daya.

### I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi biasanya terdiri dari *feeder* utama dan distribusi lateral. Dalam sistem tenaga listrik sistem distribusi primer memiliki peranan penting sebagai penghubung antara sistem transmisi tegangan tinggi dengan konsumen tegangan rendah. Jatuh tegangan dan arus cabang yang tinggi merupakan karakteristik sistem distribusi, rugi daya pada sistem

distribusi lebih besar dibandingkan dengan sistem transmisi. Pada Sistem distribusi sekitar 13% daya yang dibangkitkan terbuang menjadi rugi daya. Rugi daya dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu rugi daya aktif dan rugi daya reaktif. Rugi daya dihasilkan dari komponen reaktif arus cabang dana dapat dikurangi dengan pemasangan kapasitor. Kompensasi kapasitif dapat mengurangi rugi daya, meningkatkan profil tegangan dan meningkatkan faktor daya. Faktor yang

paling utama dalam permasalahan penempatan kapasitor adalah jenis, ukuran dan letak kapasitor pada sistem distribusi.

Hartono [1] mengajukan pendekatan optimasi penempatan kapasitor pada sistem distribusi radial tegangan menengah menggunakan algoritma genetika. Tujuan penempatan kapasitor pada penelitian ini adalah untuk meningkatkan profil tegangan dan mengurangi rugi daya aktif pada sistem distribusi IEEE 118 bus. Metode optimasi ini berhasil memperbaiki profil tegangan dan mengurangi rugi daya aktif.

Costa [2] menghadirkan pendekatan penempatan kapasitor pada jaringan distribusi radial menggunakan quantum behaved particle swarm optimization, algoritma *quantum behaved particle swarm* merupakan kombinasi antara *particle swarm optimization* konvensional dengan teori *mechanical quantum*. Metode penempatan kapasitor menggunakan quantum behaved particle swarm optimization berhasil memperbaiki profil tegangan dan mengurangi losses dan lebih baik dibandingkan penempatan kapasitor menggunakan *particle swarm optimization* konvensional.

Ceylan [3] mengajukan metode penempatan kapasitor menggunakan algoritma yang berbeda yaitu algoritma *moth flame optimization*, metode menggunakan dua skema simulasi, skema simulasi pertama penempatan kapasitor dengan pembebanan konstan, skema simulasi kedua penempatan kapasitor dengan pembebanan yang berubah terhadap waktu. Algoritma *moth flame optimization* terbukti berhasil meningkatkan profil tegangan.

Julianus [4] mengajukan metode lain untuk meningkatkan profil tegangan dan mengurangi rugi daya aktif pada sistem distribusi. Metode yang diajukan adalah rekonfigurasi jaringan, algoritma *ant colony* di implementasikan pada metode ini untuk mendapatkan konfigurasi optimal, rekonfigurasi jaringan dengan menggunakan algoritma dapat meningkatkan profil tegangan pada sistem distribusi.

Alonso [5] juga menghadirkan metode rekonfigurasi jaringan untuk mengurangi rugi daya pada sistem distribusi, *artificial immune system* diterapkan pada metode rekonfigurasi jaringan dengan tetap mempertahankan batasan bentuk jaringan radial.

Mustafa [6] mengajukan algoritma *minimum spinning* untuk menentukan kondisi konfigurasi jaringan yang paling optimal, algoritma ini di simulasikan pada sistem distribusi IEEE 118 bus.

Algoritma ini berhasil menentukan konfigurasi jaringan yang paling optimal sehingga dapat memperbaiki profil tegangan

Sayed [7] mengajukan metode lain untuk memperbaiki profil tegangan dan mengurangi rugi jaringan, metode yang digunakan adalah penempatan distributed generator pada sistem distribusi, algoritma *particle swarm optimization* digunakan untuk menentukan lokasi dan ukuran *distributed generator* yang paling tepat, metode ini disimulasikan pada sistem IEEE 14 bus.

Soma [8] menggunakan algoritma *artificial bee colony* untuk menentukan lokasi dan ukuran *distributed generator*, metode ini disimulasikan pada sistem distribusi 34 bus, metode ini juga mempertimbangkan fungsi objektif ekonomi dalam menentukan lokasi dan ukuran distributed generator.

Pada penelitian ini mengajukan penentuan letak dan ukuran kapasitor untuk meningkatkan profil tegangan dan mengurangi rugi jaringan menggunakan *electrical transient analyzer program* (ETAP), metode ini akan disimulasikan pada sistem distribusi tegangan menengah kota Medan.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Persamaan Arus dan Rugi Daya

Arus yang melalui cabang (k,l), yang terhubung ke bus k dan l mengikuti persamaan berikut :

$$I_{kl} = \frac{P_{kl} - jQ_{kl}}{V_k} \quad (1)$$

Dimana

- $I_{kl}$  = Arus pada cabang (k,l)
- $P_{kl}$  = Total daya aktif yang mengalir pada cabang (k,l)
- $Q_{kl}$  = Total daya reaktif yang mengalir pada cabang (k,l)
- $V_k$  = Tegangan pada bus k

Total rugi daya aktif pada saluran distribusi adalah

$$APL = \sum_{kl=1}^n I_{kl}^2 Z_{kl} \quad (2)$$

Dimana

- APL = Total rugi daya aktif
- n = arus yang mengalir pada cabang (k,l)
- $Z_{kl}$  = Impedansi saluran (k,l)

Daya reaktif dan daya aktif adalah dua bagian yang berbeda dari arus cabang, persamaan (3) menunjukkan total dari rugi daya aktif dan rugi daya reaktif.

$$APL = APL^a + APL^b \quad (3)$$

Sehingga,

$$APL = \sum_{kl=1}^n I a_{kl}^2 Z_{kl} + \sum_{kl=1}^n I r_{kl}^2 Z_{kl} \quad (4)$$

Kapasitor menarik arus reaktif IC dan untuk jaringan radial hanya mengubah komponen reaktif arus set cabang  $\alpha$ . Arus cabang lain tidak terpengaruh oleh kapasitor. arus reaktif baru dari cabang ke (k,l) diberikan oleh:

$$I_{rkl}^{new} = I_{kl}^r + G_{kl} I_{kl}^c \quad (5)$$

Dimana :

$$G_{kl} = 1, \text{ if branch } (k,l) \in \alpha$$

$$G_{kl} = 0, \text{ otherwise}$$

Dari persamaan (4) and (5), total rugi daya tersimpan (ALS) mengikuti persamaan (6) :

$$ALS = \sum_{kl=1}^n (2G_{kl} I_{kl}^r + G_{kl} I_c^2) R_{kl} \quad (6)$$

Dengan demikian, arus kapasitor untuk daya tersimpan mengikuti persamaan (7)

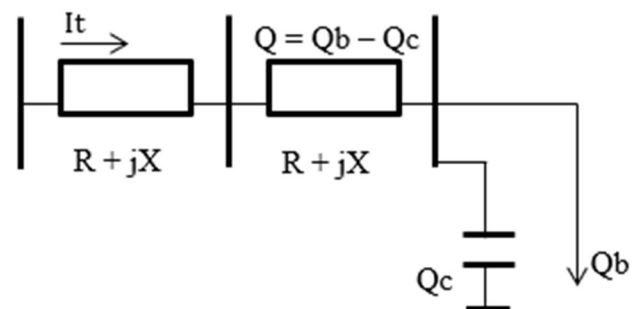
$$I_c = \frac{-\sum_{kl \in \alpha} I_{kl}^r R_{kl}}{\sum_{kl \in \alpha} R_{kl}} \quad (7)$$

### B. Kapasitor

Penentuan letak kapasitor pada sistem distribusi berdasarkan bus yang ada pada sistem. Penentuan kapasitas kapasitor ditentukan parameter *power factor* dan parameter daya pada sistem [9]. Daya reaktif kapasitor dapat ditulis dalam persamaan (8).

$$Q_c = P \times (\tan \phi_{lama} - \tan \phi_{baru}) \quad (8)$$

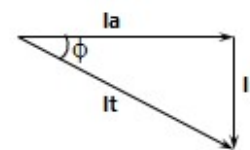
Dampak pemasangan kapasitor pada jaringan distribusi mengakibatkan nilai daya reaktif pada jaringan menjadi berkurang. Dampak pemasangan kapasitor pada jaringan distribusi terlihat pada gambar. 1.



Gambar 1. Dampak Penempatan Kapasitor

Gambar 1 menjelaskan dampak penempatan kapasitor terhadap rugi daya aktif. Daya jaringan yang awalnya sama dengan  $Q_b$  (*load reactive power*) dikurangi dengan  $Q_c$  (*capacitor reactive power*) mengakibatkan daya reaktif pada jaringan distribusi turun. Sehingga nilai daya reaktif setelah pemasangan kapasitor mengikuti persamaan (9)

$$Q = V \times I_r \times \sin \phi \quad (9)$$



Gambar 2. Segitiga Arus

Gambar 2 menjelaskan tentang nilai arus total ( $I_t$ ) diperoleh dari akar pangkat dua dari arus aktif ( $I_a$ ) pangkat dua ditambah arus reaktif ( $I_r$ ) pangkat dua [10], mengikuti persamaan (10).

$$I_t = \sqrt{I_a^2 + I_r^2} \quad (10)$$

Rugi daya aktif diperoleh dari arus total yang mengalir pada saluran, mengikuti persamaan (11)

$$P_{loss} = I_t^2 \times R \quad (11)$$

### C. Batasan Ukuran Kapasitor

Kapasitas kapasitor mengikuti persamaan (12)

$$Q_c = V_n I_c \quad (12)$$

Dimana ;

- $Q_c$  = Ukuran kapasitor (VAR)
- $I_c$  = Arus kapsitor (Ampere)
- $V_n$  = Tegangan nominal pada bus n (Volt)

Daya reaktif yang diinjeksikan harus memenuhi batas maksimum dan batas minimum sesuai persamaan berikut,

$$Q_{cj}^{min} \leq Q_{cj} \leq Q_{cj}^{max} \quad (13)$$

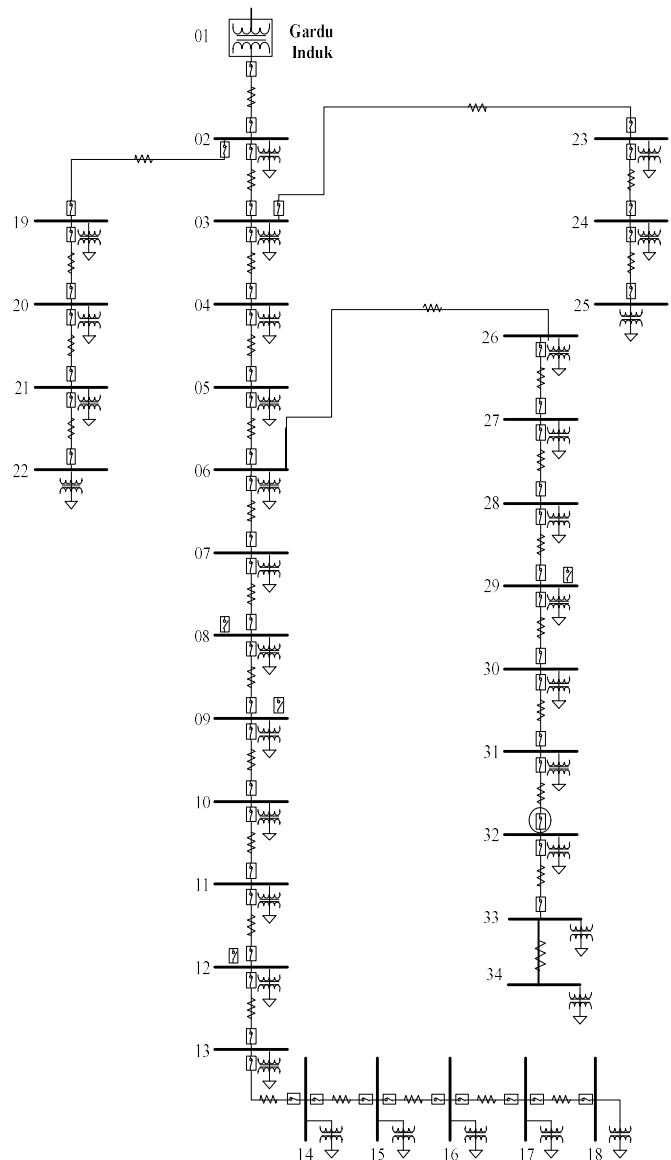
daya reaktif yang disuntikkan pada lokasi j harus kurang dari atau sama dengan total beban daya reaktif.

$$Q_C^{Total} \leq Q_L^{Total} \quad (14)$$

#### D. Electrical Transient Analysis Program (ETAP)

Penelitian ini menggunakan ETAP 12.6 dalam melakukan analisis untuk mendapatkan letak dan kapasitas kapasitor yang paling optimal pada jaringan distribusi tegangan menengah kota medan penyulang NR8. ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) adalah perangkat lunak komersial internasional untuk analisis dan perhitungan sistem tenaga dan kelistrikan, yang secara resmi dikembangkan oleh ETAP pada tahun 1983. ETAP adalah perangkat lunak analisis dan perhitungan tenaga dan kelistrikan yang komprehensif dan terintegrasi, termasuk lebih dari 50 fungsional modul seperti perhitungan aliran daya, perhitungan hubung singkat, start motor, dan stabilitas transien, sehingga memberikan solusi yang komprehensif dan kuat mulai dari perencanaan hingga desain, mulai dari analisis, perhitungan, simulasi hingga kontrol operasional waktu nyata untuk sistem pembangkit listrik, sistem transmisi, sistem distribusi tenaga listrik, sistem jaringan mikro dan sistem kelistrikan tenaga industri [11].

Modul simulasi berbagai komponen kelistrikan dan peralatan listrik yang diperlukan untuk membangun ladang angin dan model fotovoltaik sangat jelas, dan model dibuat dengan menyeret langsung dengan mouse, membuat pengoperasian menjadi sangat nyaman. Representasi data dari perangkat lunak simulasi ETAP juga adalah sangat mudah. Setelah model jaringan distribusi dibangun, data setiap bagian langsung dinyatakan dalam model dan hasil simulasi setiap bagian juga dapat diberikan dalam bentuk laporan pada saat analisis simulasi dilakukan.



Gambar 3. One Line Diagram Penyulang NR8

Gambar 3 merupakan *one line diagram* jaringan distribusi tegangan menengah penyulang NR8 yang di analisa untuk melakukan optimasi penempatan kapasitor untuk meningkatkan profil tegangan dan mengurangi rugi daya aktif.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini metode diantara lain,

1. Metode wawancara adalah metode yang digunakan penulis untuk mendapatkan one line diagram jaringan distribusi tegangan menengah, data impedansi saluran, dan data pembebanan trafo. Penulis melakukan diskusi atau wawancara langsung dengan supervisor teknik PT (PLN) ULP pancur batu.
2. Metode observasi langsung adalah metode yang digunakan penulis untuk mendapatkan data di lapangan, data yang diperoleh langsung dari lapangan adalah pengukuran langsung trafo distribusi untuk mendapatkan data pembebanan.

#### B. Tahapan Penelitian

Setelah *single line diagram*, data impedansi saluran, dan data pembebanan trafo diperoleh melalui wawancara dan observasi langsung, langkah berikutnya adalah tahap simulasi menggunakan ETAP 12.6 dan analisa data, berikut adalah langkah – langkah yang dilakukan dalam penelitian ini :

1. Studi literatur yang bertujuan untuk memahami data yang diperlukan untuk di input ke perangkat lunak ETAP, memahami konsep pemasangan kapasitor dan memahami menjalan menu aliran daya dan optimal capacitor placement pada perangkat lunak ETAP.
2. Menggambar single line diagram penyulang NR8 ke ETAP berdasarkan data yang sudah diperoleh langsung dari lapangan.
3. Memasukkan parameter tegangan, parameter panjang saluran, impedansi saluran, kapasitas trafo dan pembebanan trafo distribusi, setelah itu menjalankan aliran daya untuk mendapatkan kondisi awal tegangan dan rugi daya.
4. Mengamati hasil aliran daya untuk melihat bus yang memiliki nilai dibawah standard untuk dijadikan kandidat pemasangan kapasitor.
5. Menjalankan optimal capacitor placement pada perangkat lunak ETAP untuk memperoleh bus yang akan dipasang kapasitor dan kapasitas kapasitor, setelah itu memasang kapasitor sesuai tempat dan kapasitas yang diperoleh.

6. Menjalankan aliran daya untuk memperoleh kondisi tegangan dan kondisi rugi daya pada penyulang NR8 kota Medan.

#### IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

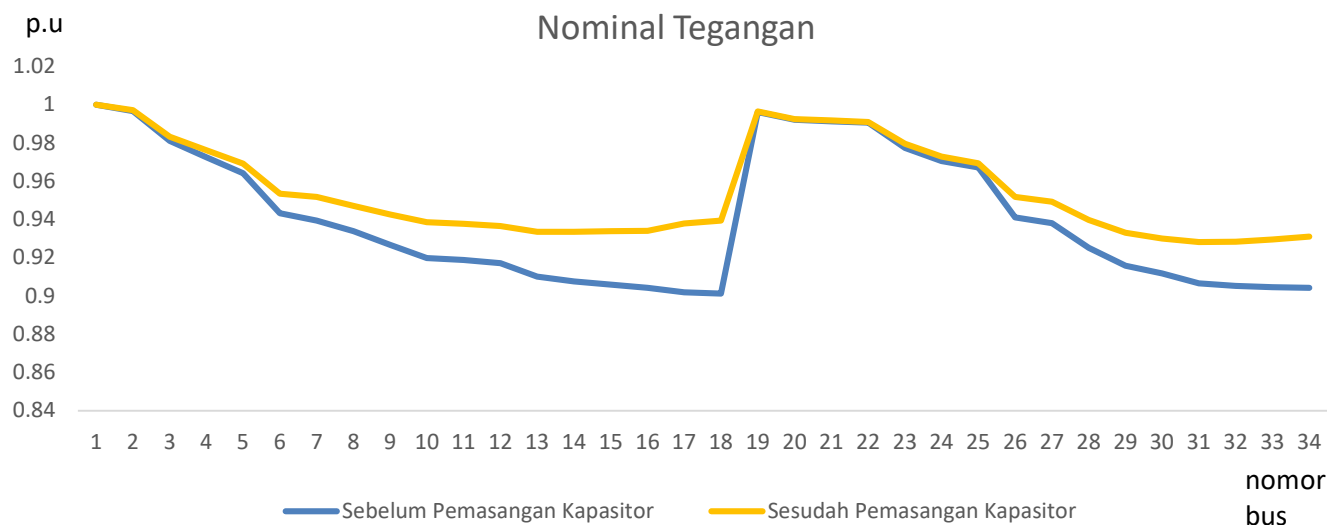
*Single line diagram* penyulang NR 08 digambar menggunakan ETAP 12.6, setelah langkah menggambar single line diagram selesai langkah selanjutnya adalah mengisi rating peralatan pada software ETAP 12.6 sesuai dengan data yang sudah didapat dari PT PLN Medan yaitu data termasuk daya grid, trafo, bus, panjang konduktor, impedansi kabel dan juga beban.

Penelitian ini diuji pada jaringan distribusi tegangan menengah kota medan, penyulang yang dianalisis adalah penyulang NR8 34 bus, penelitian ini tetap mempertahankan batasan tegangan dan batasan faktor daya.

Tabel 1. Studi Kasus

Kasus	Keterangan
1	Keadaan awal sebelum penentuan letak dan kapasitas kapasitor
2	Penentuan letak dan kapasitas kapasitor dengan kandidat bus di bawah 0,95 p.u.

Tabel 1 menggambarkan studi kasus dalam penelitian ini. Dalam penelitian ini terdapat dua kasus. Kasus pertama adalah kondisi awal sebelum penempatan dan pengukuran kapasitor. Dalam kasus pertama, kondisi awal tegangan dan rugi-rugi daya akan diperoleh. Kasus kedua adalah penempatan dan ukuran kapasitor dengan calon bus menjadi bus yang mempunyai tegangan nominal di bawah 0,95 p.u. Setelah menentukan letak dan ukuran kapasitor, lalu aliran daya setelah pemasangan kapasitor dijalankan diperoleh rugi-rugi tegangan dan daya nominal baru, kemudian dibandingkan dengan rugi-rugi daya dan tegangan nominal pada kasus pertama.



Gambar 4. Tegangan Nominal Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor

Tabel 2. Hasil Penempatan Kapasitor pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 34 Bus.

Kondisi Penentuan Letak Kapasitor	Sebelum Penentuan letak Kapasitor	Sesudah Penentuan Letak Kapasitor
Letak kapasitor	-	34 & 18
Capacitor Capacity (kVAR)	-	600 & 600
Tegangan Minimum (kV)	11, 41	11,891
Rugi Daya Aktif (kW)	256,1	194,9

Tabel 2 menjelaskan kondisi sebelum dan sesudah penempatan kapasitor optimal. Kondisi awal sebelum penempatan kapasitor optimal adalah tegangan minimum 0,9 p.u dan rugi-rugi daya 256,1 kW. Setelah dilakukan penempatan kapasitor secara optimal dengan menggunakan program electrical transient analisar, diperoleh letak kapasitor pada bus 18 dan bus 34 yang masing-masing berkapasitas 600 kVAR. Setelah dilakukan penempatan kapasitor secara optimal, tegangan nominal meningkat menjadi 0.94 p.u atau meningkat sebesar 4,2% dan rugi-rugi daya menjadi 194,90 kW atau menurun sebesar 23,90%.

Gambar 4 menjelaskan tegangan nominal sebelum dan sesudah penempatan kapasitor, kondisi tegangan minimum awal pada bus 18 adalah 0,9 p.u, setelah penempatan kapasitor optimal, tegangan nominal pada bus 18 meningkat menjadi 0,94 p.u atau meningkat sebesar 4,2%.

## V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dilakukan kajian penempatan dan ukuran kapasitor pada jaringan distribusi tegangan menengah 34 bus dengan menggunakan program Analisis Transien Listrik. Dari hasil analisa sebelum pemasangan kapasitor, kondisi awal rugi daya sebesar 256,1 kW dan tegangan minimum sebesar 0,9 p.u. Setelah dilakukan penempatan kapasitor menggunakan ETAP, diperoleh letak kapasitor pada bus 18 dan bus 34 dengan kapasitas kapasitor 600 kVAR per bus, diperoleh rugi-rugi daya sebesar 194,9 kW atau penurunan sebesar 23,9% dan tegangan minimum sebesar 0,94 p.u atau peningkatan nominal tegangan sebesar 4,2%.

Terimakasih penulis ucapkan kepada lembaga penelitian dan pengabdian masyarakat yang telah memberikan dukungan penuh sehingga penelitian berjalan dengan lancar.

## REFERENSI

- [1] H. Hartono, M. Azis, and Y. Muharni, "Optimal Capacitor Placement for IEEE 118 Bus System

- by Using Genetic Algorithm,” *Proc. 2nd Int. Conf. High Volt. Eng. Power Syst. Towar. Sustain. Reliab. Power Deliv. ICHVEPS 2019*, vol. 1, no. 3, pp. 2–6, 2019, doi: 10.1109/ICHVEPS47643.2019.9011111.
- [2] R. N. D. C. Filho and S. Member, “Filho2018,” *2018 Simp. Bras. Sist. Eletr.*, no. 4, pp. 1–6.
- [3] O. Ceylan and S. Paudyal, “Optimal capacitor placement and sizing considering load profile variations using moth-flame optimization algorithm,” *Proc. - 2017 Int. Conf. Mod. Power Syst. MPS 2017*, no. Mps, 2017, doi: 10.1109/MPS.2017.7974468.
- [4] J. G. Daud, M. Kondo, and M. Patabo, “Reconfiguration Distribution Network with Ant Colony,” *Proc. - 2018 Int. Conf. Appl. Sci. Technol. iCAST 2018*, pp. 349–353, 2018, doi: 10.1109/iCAST1.2018.8751227.
- [5] F. R. Alonso, D. Q. Oliveira, A. C. Z. De Souza, and B. I. L. Lopes, “Distribution system reconfiguration using artificial immune systems,” *2014 North Am. Power Symp. NAPS 2014*, 2014, doi: 10.1109/NAPS.2014.6965397.
- [6] M. Mosbah, S. Arif, R. D. Mohammedi, and A. Hellal, “Optimum dynamic distribution network reconfiguration using minimum spanning tree algorithm,” *2017 5th Int. Conf. Electr. Eng. - Boumerdes, ICEE-B 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 1–6, 2017, doi: 10.1109/ICEE-B.2017.8192170.
- [7] S. M. H. Nabavi, S. Hajforoosh, and M. A. S. Masoum, “Placement and sizing of distributed generation units for congestion management and improvement of voltage profile using particle swarm optimization,” *2011 IEEE PES Innov. Smart Grid Technol. ISGT Asia 2011 Conf. Smarter Grid Sustain. Afford. Energy Futur.*, pp. 1–6, 2011, doi: 10.1109/ISGT-Asia.2011.6167086.
- [8] S. Biswas, A. Chatterjee, and S. K. Goswami, “An artificial bee colony based optimal placement and sizing of distributed generation,” *Int. Conf. Control. Instrumentation, Energy Commun. CIEC 2014*, pp. 356–360, 2014, doi: 10.1109/CIEC.2014.6959109.
- [9] Y. Mohamed Shuaib, M. Surya Kalavathi, and C. Christoper Asir Rajan, “Optimal capacitor placement in radial distribution system using Gravitational Search Algorithm,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 64, pp. 384–397, 2015, doi: 10.1016/j.ijepes.2014.07.041.
- [10] H. Mori and H. Ikegami, “Parallel discrete EPSO for distribution network reconfigurations,” *IEEE Reg. 10 Annu. Int. Conf. Proceedings/TENCON*, pp. 2662–2665, 2017, doi: 10.1109/TENCON.2016.7848521.
- [11] Y. Simamora, I. Hajar, and A. Fernandes, “Penerapan Algoritma Kunang – Kunang (Firefly Algorithm) untuk Optimasi Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 11, no. 2, pp. 71–79, 2019, doi: 10.33322/energi.v11i2.498.

## Sistem Informasi Mobile untuk Pelacakan Posisi Tikus dan Debu pada Ruangan *Storage* Museum Lampung

Achmad Musyawir Haikal Fakari<sup>1</sup>, Anisa Ulya Darajat<sup>1\*</sup>, Sri Purwiyanti<sup>1</sup>, Afri Yudamson<sup>1</sup>  
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia<sup>1</sup>  
\*anisa.ulya@eng.unila.ac.id

### ABSTRACT

*The Lampung Museum has the responsibility of serving as a site for the protection and preservation of culturally significant artifacts within the Lampung region ensuring their transfer to future generations. Within the museum, there exists a storage room designated for the housing of historical collections. Unfortunately, this storage area is frequently neglected, resulting in issues such as damage caused by rodent pests (rats) and the accumulation of dust on the artifacts. In the interest of preventive conservation, this research aims to track the positions of rodents and dust within the storage room and develop an application capable of monitoring the presence of rats and dust. For tracking the positions of rodents and dust, the setup involves using a PIR (Passive Infrared) sensor, specifically the HCSR501 model, as a means of rat detection. These sensors are positioned in 9 zones within the storage room. In addition, a dust sensor, GP2Y1010AU0F, is placed in 8 zones to ensure comprehensive coverage of the storage area. The objective is to achieve a detection accuracy of 100% for the PIR sensor and 97% for the dust sensor. The PIR sensor operates by detecting infrared radiation, subsequently activating a buzzer when rats are detected. The dust sensor is utilized to assess the dust levels in each zone of the storage room. The PIR sensor can detect rats at a maximum distance of 100 cm and within an angular range of up to 73.74 degrees. The dust sensor is capable of detecting dust with an error rate of 0.88%. The equipment for tracking the positions of rodents and dust within the storage room is integrated with a custom-designed application using Firebase and Flutter technologies. Data collected by the sensors is sent to a Google Sheet, facilitating storage and analysis. The final outcome of the User Acceptance Test attains a satisfaction rate of 95%.*

**Keywords :** PIR HCSR501, GP2Y1010AU0F, Firebase, Flutter, Storage room

### INTISARI

Museum Lampung memiliki tugas sebagai tempat perlindungan dan pelestarian benda yang memiliki budaya di wilayah Lampung agar dapat selalu diwariskan kepada generasi yang akan datang. Museum Lampung memiliki ruangan *storage* sebagai tempat penyimpanan koleksi bersejarah, namun ruangan *storage* sering diabaikan sehingga binatang pengerat (tikus) sering merusak koleksi dan debu yang berada di ruangan *storage* menempel pada koleksi. Sebagai bentuk konservasi preventif, penelitian ini bertujuan melakukan pelacakan posisi tikus dan debu pada ruangan *storage* serta membuat aplikasi yang dapat memonitoring keberadaan tikus dan debu tersebut. Alat untuk pelacakan posisi tikus dan debu menggunakan sensor PIR HCSR501 sebagai alat deteksi tikus yang diletakkan di 9 zona dan sensor debu GP2Y1010AU0F yang diletakkan di 8 zona agar semua tempat di ruangan *storage* dapat dideteksi dengan nilai akurasi 100% sensor PIR dan 97% sensor debu. Sensor PIR bekerja dengan mendeteksi sinar infrared yang kemudian akan mengaktifkan buzzer jika tikus terdeteksi, kemudian sensor debu digunakan untuk mengetahui nilai debu pada setiap zona di ruangan *storage*. Sensor PIR dapat mendeteksi tikus dengan panjang maksimal 100 cm dan sudut deteksi hingga 73,740. Sensor debu dapat mendeteksi debu dengan nilai error 0,88%. Alat untuk melacak posisi tikus dan debu pada ruangan *storage*, terhubung dengan aplikasi yang telah dirancang menggunakan Firebase dan Flutter serta data yang dikirim oleh alat akan disimpan ke dalam google sheet dengan nilai akhir dari User Acceptance Test yaitu 95%.

Kata kunci: PIR HCSR501, GP2Y1010AU0F, Firebase, Flutter, Ruangan *Storage*.

## I. PENDAHULUAN

Museum Lampung memiliki dua tempat utama yaitu bangunan pameran dan ruangan penyimpanan atau *storage*. Ruangan *Storage* memiliki empat ruangan untuk menyusun koleksi-koleksi yang dimiliki Museum Lampung [1, 2].

Ruangan *storage* ini berfungsi untuk tempat menyimpan, merawat dan memperbaiki koleksi agar saat perubahan koleksi yang dipamerkan, koleksi masih dalam keadaan bagus dan terawat. Namun, dalam fungsinya tidak terlalu diperhatikan cara perawatan untuk ruangan *storage* agar koleksi didalamnya tidak mengalami kerusakan dari binatang pengerat dan debu.

Upaya dalam pemberantasan tikus dan pembersihan ruangan *storage* untuk benda bersejarah di Museum Lampung masih dengan cara sederhana yaitu kontrol ruangan oleh pegawai secara langsung. Berdasarkan penjelasan diatas, perlu adanya alat yang dapat mencegah agar binatang pengerat tidak merusak koleksi dan memberitahukan nilai konsentrasi debu di ruangan *storage*.

Maka dari itu, akan dirancang alat dengan memanfaatkan sensor *Passive Infra Red* (PIR) dan sensor debu GP2Y1010AU0F serta bisa dipantau melalui aplikasi sebagai bentuk dari konservasi preventif di ruangan *storage*.

Pada penelitian ini digunakan teknologi dari kedua sensor untuk melacak tikus dan debu agar diketahui zona mana yang paling sering diganggu tikus dan mudah terkena paparan debu, berdasarkan jurnal [3] dilakukan *tracking* atau pelacakan dengan teknologi PIR untuk tujuan menerapkan lingkungan rumah pintar dengan contoh dapat diketahui pergerakan orang di dalam rumah untuk mengidentifikasi pengaturan pencahayaan, suhu dan pemberian perawatan kesehatan yang dipersonalisasi. Sehingga dapat *tracking* sekaligus konservasi preventif pada ruangan *storage* Museum Lampung.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Konservasi Preventif

Konservasi terbagi menjadi tiga jenis yakni konservasi remedi (*remedial conservation*), konservasi preventif (*preventive conservation*), dan restorasi (*restoration*) [9]. Konservasi preventif yang dilakukan di ruangan *storage* Museum Lampung dengan melindungi koleksi dari binatang pengerat dan

memonitoring kebersihan udara sehingga koleksi tidak kotor dan rusak akibat debu.

### B. Binatang Pengerat

Binatang pengerat berjenis seperti tupai, tikus, hamster dan landak serta masih banyak lagi. Tikus termasuk dalam jenis binatang pengerat, yang merupakan binatang perusak kertas yang dirasa sulit ditangani. Tikus bisa memakan buku atau juga kertas yang dijadikan untuk tempat tinggal sarang mereka [9].

### C. Debu

Debu merupakan partikel padat yang sangat kecil sehingga bisa berterbangan di udara dan menempel pada benda-benda. Debu juga merupakan musuh untuk buku karena selain kesehatan terganggu, debu dapat menimbulkan noda, memburamkan tulisan dalam buku, menularkan jamur [4]. Berdasarkan Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan serta Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.41 Tahun 1999 terdapat Indeks Standar Pencemar Udara untuk mempertimbangkan tingkat mutu terhadap kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, bangunan dan nilai estetika dengan nilai baku densitas debu atau  $PM_{10}$  150  $\mu g/Nm^3$  [6, 7].

### D. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu sistem komputer yang berperan sebagai otak dalam jalannya suatu sistem. Terdapat beberapa jenis untuk mikrokontroler seperti Arduino Uno, Arduino Mega 2560 dan NodeMCU.

### E. Sensor *Passive Infra Red* (PIR)

Sensor PIR berfungsi sebagai penerima sinar infra merah dari gerakan yang memiliki panas tubuh. Sensor PIR dirancang dan dibuat hanya untuk mendeteksi pancaran dan pantulan infra merah dengan panjang gelombangnya 8-14 mikrometer, selain dari panjang gelombang yang dipancarkan sensor tidak dapat mendeteksinya [5].

### F. Sensor Debu GP2Y1010AU0F

Sensor debu GP2Y1010AU0F merupakan sensor dengan basis infra merah dengan fungsi mendeteksi partikel yang sangat halus seperti debu atau asap rokok dan partikel padat lainnya. Prinsip kerja dari sensor debu adalah dengan mendeteksi debu ataupun partikel yang lain kemudian akan dipantulkan cahaya ke bagian penerima, pada partikel melewati keseluruhan permukaan, kemudian oleh *photodiode* diubah menjadi tegangan. Tegangan harus diperkuat untuk bisa menampilkan perubahan. Output sensor debu yaitu tegangan analog sama dengan kepadatan

debu yang terukur yang sensitivitas 0.5V/0.1 mg/m<sup>3</sup> [8].

G. *Arduino IDE*

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan perangkat lunak yang dipakai untuk memprogram apa yang akan dijalankan pada mikrokontroler. *Software* ini menggunakan bahasa pemrograman C dalam proses pembuatan programnya.

H. *Aplikasi*

Aplikasi merupakan *software* yang dipakai pada *smartphone* dengan fungsi tertentu, dapat berfungsi sebagai pengirim pesan, menelpon, mencari berita terkini dan masih banyak lagi. Platform dalam pembuatan aplikasi seperti MIT APP Inventory atau android studio, serta bisa memakai Flutter sebagai platform pembuatan aplikasi. Flutter adalah sebuah platform yang sifatnya *open source framework* oleh google untuk membuat aplikasi *multi-platform* yang bagus dan dikompilasi dari *codebase* [10].

I. *Database*

*Database* bisa dikatakan tempat penyimpanan data dengan ketentuan tertentu yang dapat dikelola serta dengan penjagaan yang aman. *Database* pada *Firestore* adalah *database* dengan sifat *non-relational* atau *NoSQL*, dimana *database* ini merupakan jenis *database* yang tidak menggunakan system table dalam implementasinya serta tidak menyimpan data secara local pada perangkat melainkan pada awan [11]. *Firestore* memiliki *library* yang lengkap sebagai *platform mobile* ataupun *web* serta bisa digabungkan dengan *framework* seperti *Java Script*, *node*, *AngularJS* serta lainnya.

J. *Google Sheets*

*Google Sheets* merupakan suatu program yang dibuat oleh *google* berbasis *web* yang dapat berfungsi untuk menyimpan data dalam bentuk tabel. *Google Sheets* memiliki kesamaan dengan *microsoft excel*, namun terdapat beberapa perbedaan, yaitu dimana pada *google sheets* dapat mempermudah pengguna dalam pengerjaan *team*, dikarenakan dengan *google sheets* dapat melakukan pengaksesan *sheets* dengan banyak orang.

III. METODE PENELITIAN

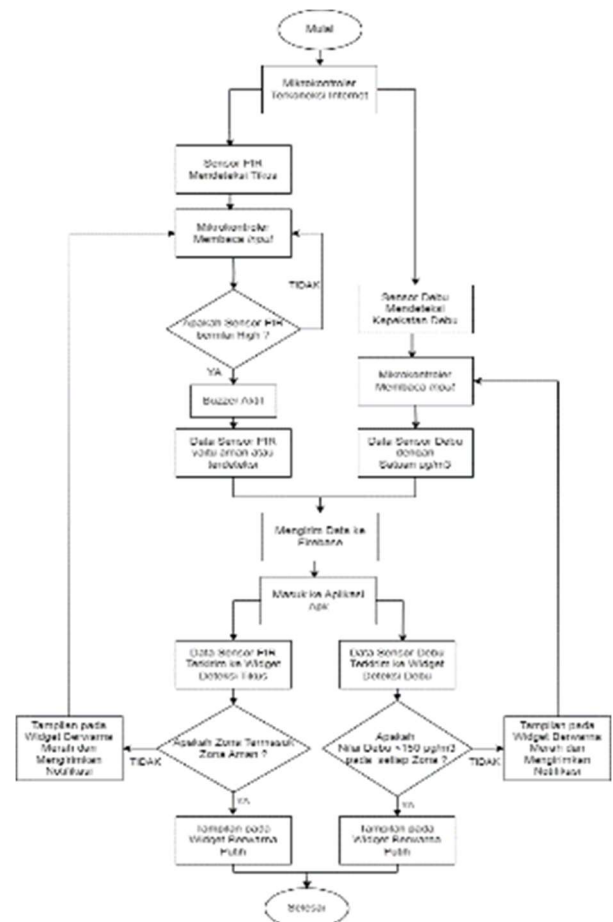
A. *Alat dan Bahan*

Alat dan bahan yang digunakan yaitu *NodeMCU*, *Arduino Uno*, *Arduino Mega*, *Sensor PIR*, *Sensor Debu GP2Y1010AU0F*, *buzzer*, *Arduino IDE*,

*Flutter*, *Firestore* dan *Google Sheets* yang merupakan perangkat keras dan perangkat lunak pada penelitian.

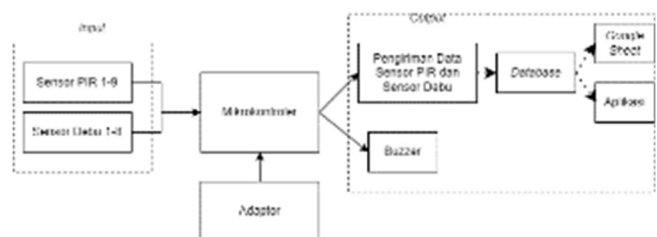
B. *Perancangan Sistem*

Tahapan dari sistem pada penelitian ini dibagi menjadi 2 tahap yaitu tahap perancangan *hardware* dan tahap perancangan *software*.



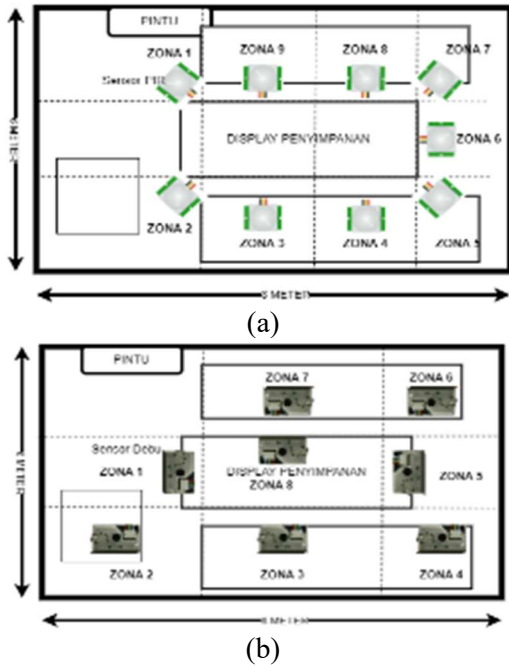
Gambar 1. Diagram Alir Sistem

Terdapat perancangan *hardware* yang dilakukan dengan menggabungkan semua komponen mulai dari mikrokontroler sensor PIR dan sensor debu GP2Y1010AU0F serta *buzzer*.



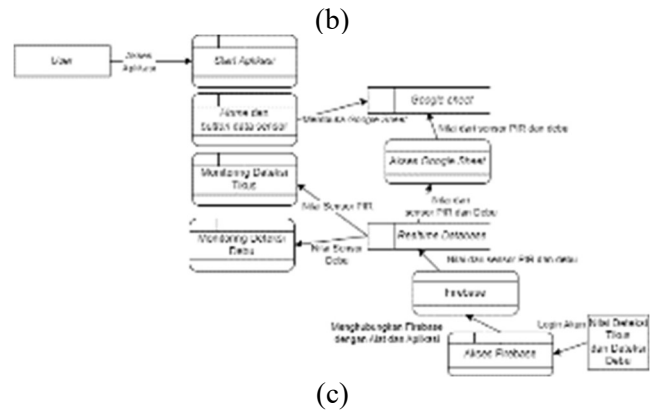
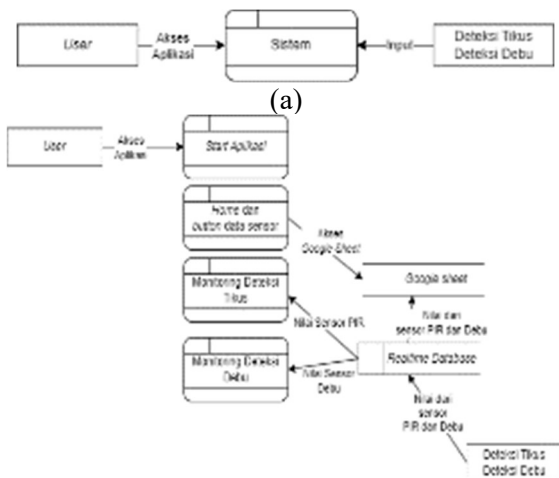
Gambar 2. Diagram Blok Alat

Alat yang dirancang diletakan pada ruangan *storage* Museum Lampung dengan posisi yang dapat menjangkau semua ruangan sehingga dapat melacak posisi tikus dan debu.



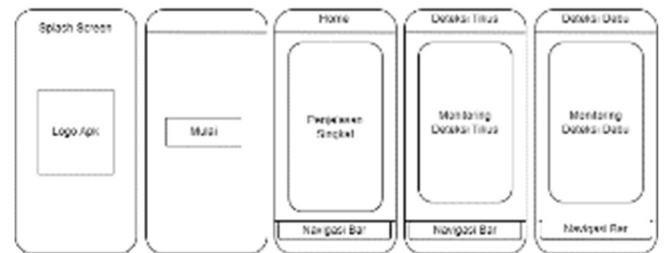
Gambar 3. Denah Lokasi Zona (a) Deteksi Tikus, (b) Deteksi Debu

Selanjutnya, perancangan *software* yang dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu *requirements engineering, design, testing* dan *maintenance*. Terdapat Data Flow Diagram untuk menjelaskan alur hubungan setiap sistem mulai dari konteks, tingkat 1 dan tingkat 2.



Gambar 4. Data Flow Diagram. (a) DFD Konteks, (b) DFD Tingkat 1, (c) DFD Tingkat 2

Perancangan tampilan untuk aplikasi terdiri atas *splash screen, welcome, home* dan *monitoring sensor*.



Gambar 5. Hasil Perancangan Tampilan Aplikasi

#### IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

##### A. Penempatan Lokasi Alat

Sensor yang digunakan sebagai alat penelitian diletakan di ruangan *storage* Museum Lampung seperti pada Gambar 6.



(a)



(b)

Gambar 6. Lokasi Deteksi Sensor (a) Zona 1 Deteksi Tikus, (b) Zona 2 Deteksi Debu

B. Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor dilakukan agar sensor yang digunakan sesuai dengan *datasheet* agar dapat digunakan secara maksimal, kalibrasi dilakukan untuk sensor PIR dan sensor debu.

Tabel 1. Perbandingan Akurasi Sensor PIR pada Alat dan *Datasheet*

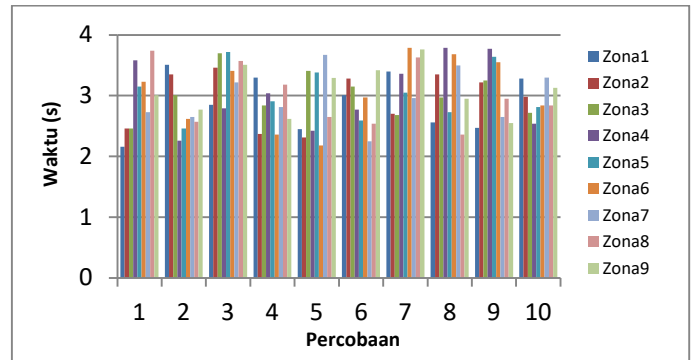
Datasheet Sensor PIR	Sensor PIR yang digunakan	Keterangan
Tegangan Input : 5-20V	Menggunakan 5V	SESUAI
Tegangan Output : 3V saat high	Pada Data Hasil Tegangan Output : 3,2 Volt Saat Terdeteksi Tikus	SESUAI
Jarak Deteksi : Maksimal 7 Meter	Pada Pengujian Didapatkan Bahwa Tikus Hanya Terdeteksi Maksimal 100 Cm	SESUAI
Sudut Deteksi ± 110°	Pada pengujian didapatkan sejauh <math>\angle 73^\circ</math>	SESUAI

Tabel 2. Kalibrasi Sensor Debu dengan *Datasheet*

Kondisi Debu	Tegangan (V)	Densitas Debu		Error (%)
		Sensor	Perhitungan <i>Datasheet</i>	
1	0	0	0	0
2	0,61	3,54	3,7	4,32
3	0,77	30,94	30,90	0,12
4	0,83	40,25	41,1	2,06
5	1,03	75,31	75,1	0,27
6	1,35	129,55	129,50	0,03
7	1,54	161,87	161,80	0,04
8	2,44	314,72	314,8	0,02
9	3,28	458,26	457,6	0,14
Rata-rata				0,88

C. Pengujian Sensor PIR

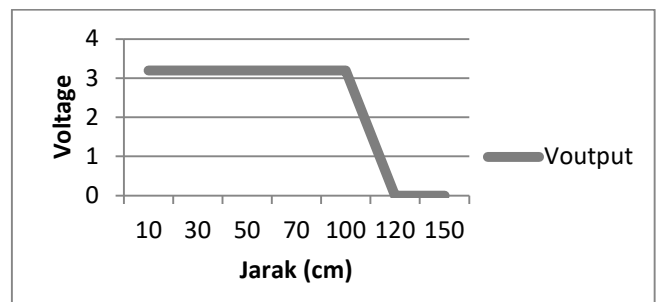
Pengujian yang dilakukan untuk sensor PIR seperti *setting time* yaitu pengujian untuk mengetahui waktu sensor PIR mendeteksi tikus sampai buzzer berbunyi, pengujian sensor PIR terhadap jarak dan sudut dan akurasi sensor PIR.



Gambar 7. Grafik hasil pengujian *setting time* sensor PIR HC-SR501

Waktu rata-rata untuk *setting time* sensor PIR pada zona 1-zona 9 berturut-turut yaitu 2,89; 2,94; 3,02; 3,03; 3,04; 3,06; 2,97; 3,00; 3,10. Dari percobaan diketahui bahwa setiap sensor PIR memiliki waktu kerja yang relatif sama.

Pengujian sensor PIR dilakukan terhadap jarak dan sudut sehingga dapat diketahui fungsionalitas dari sensor PIR yang digunakan.



Gambar 8. Grafik data hasil pengujian sensor PIR terhadap jarak

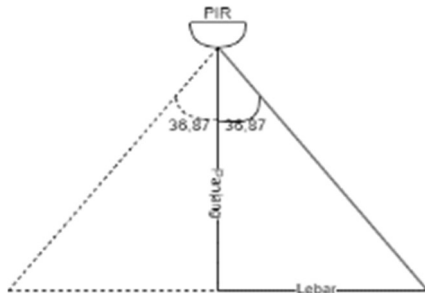
Berdasarkan Gambar 8. Dapat diketahui untuk jarak maksimal deteksi tikus yaitu 100 cm dengan tegangan 3,2 Volt saat *HIGH* dan 0 Volt saat *LOW*.

Pengujian sensor PIR juga dilakukan terhadap sudut yang dilakukan menggunakan *Teorema Pythagoras*.

**Tabel 3.** Hasil Perhitungan Sudut Deteksi

Panjang (cm)	Lebar (cm)	Miring	Sudut Deteksi (derajat)
20	15	25	36,87
40	15	42,72002	20,56
40	30	50	36,87
60	15	61,84658	14,04
60	30	67,08204	26,57
60	45	75	36,87
80	15	81,3941	10,62
80	30	85,44004	20,56
80	45	91,7878	29,36
80	60	100	36,87
100	15	101,1187	8,53
100	30	104,4031	16,7
100	45	109,6586	24,23
100	60	116,619	30,96
100	75	125	36,87

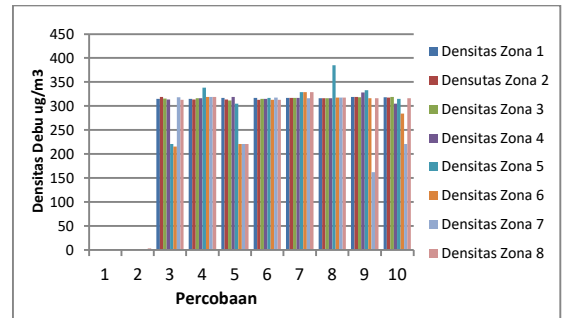
Berdasarkan Tabel 3. Didapatkan sudut deteksi terbesar yaitu 36,78 dari pengukuran 0<sup>0</sup>-90<sup>0</sup>. Maka hasil pengujian sudut untuk 180<sup>0</sup> dapat dicerminkan seperti gambar dibawah ini.



**Gambar 9.** Hasil Pengujian Sudut Pembacaan Sensor PIR

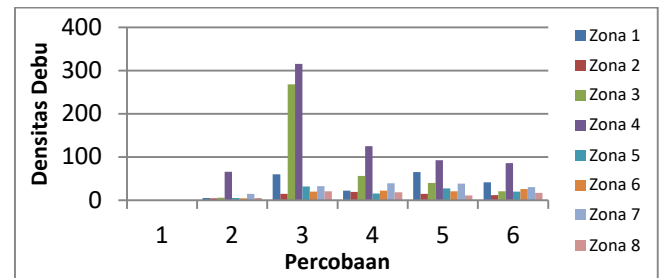
**D. Pengujian Sensor Debu GP2Y1010AU0F**

Pengujian sensor debu terdiri dari pengujian secara manual untuk mengetahui nilai sensor jika diberikan debu berupa serbuk kayu.



**Gambar 10.** Grafik Hasil Pengujian Fungsional Sensor Debu Secara Manual

Pengujian sensor debu dilakukan juga terhadap fungsionalitasnya dengan cara melakukan percobaan pada ruangan *storage* selama 24 jam agar diketahui zona yang diperlukan untuk tindakan kuratif.

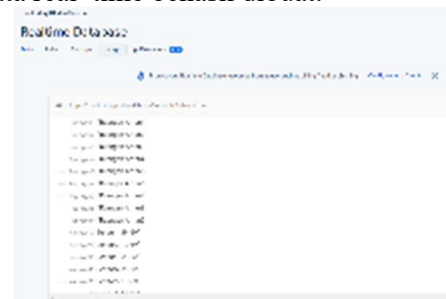


**Gambar 11.** Grafik Data Hasil Pengujian Sensor Debu di Ruang *Storage*

Dari hasil percobaan zona 3 dan zona 4 diperlukan tindakan kuratif pada ruangan *storage* Museum Lampung karena nilai percobaan pada zona 3 dan zona 4 yaitu > 150 µg/m<sup>3</sup>.

**E. Pengujian Database**

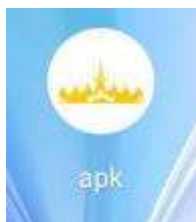
*Database* yang digunakan adalah *Firestore* yang memanfaatkan fungsi dari *real-time database*. Dengan mengikuti instruksi yang disediakan oleh *Firestore*, basis data real time berhasil dibuat.



**Gambar 12.** Tampilan *Realtime Database*

F. Pengujian Aplikasi

Aplikasi dirancang menggunakan Flutter sebagai *framework* dengan berbagai tahapan serta dihubungkan dengan Firebase sebagai *database*. Tampilan dari *interface* yang telah dirancang meliputi logo, splash screen, welcome, home, pemantauan deteksi tikus dan pemantauan deteksi debu yang ditunjukkan pada Gambar 13.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



**Gambar 13.** Tampilan Aplikasi (a)Logo APK. (b)Splash Screen. (c)Widget Welcome. (d)Widget Home. (e)Widget Deteksi Tikus. (f)Widget Deteksi Debu. (g) Notifikasi

Setelah pembuatan aplikasi telah berhasil, dilakukan pengujian aplikasi menggunakan metode

*black box testing* dengan mengamati hasil *input* dan *output* dari aplikasi yang telah dirancang.

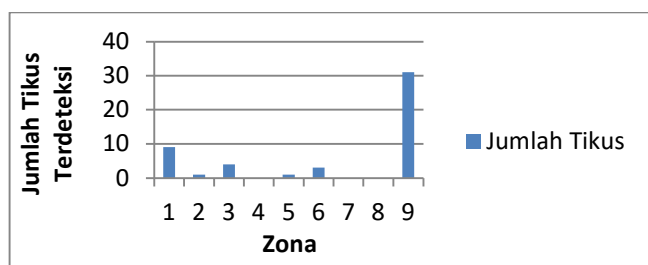
**Tabel 4.** Hasil Pengujian Integrasi Menggunakan Metode *Black Box Testimg*

No	Fitur	Keterangan	Berhasil/Tidak
1	Splash Screen	Menampilkan logo dari aplikasi	Berhasil
2	Daftar Menu dan Navigasi	Membuat 3 <i>widget</i> yaitu Home, Deteksi Tikus, Deteksi Debu	Berhasil
3	Widget Home	Menampilkan beberapa penjelasan tentang Museum Lampung dan denah dari Ruangam <i>Storage</i> serta zona deteksi setiap sensor	Berhasil
4	Widget Deteksi Tikus	Menampilkan data dari sensor yang berada pada zona deteksi tikus di Ruangam <i>Storage</i> yang telah terhubung dengan Firebase	Berhasil
5	Widget Deteksi Debu	Menampilkan data dari sensor yang berada pada zona deteksi debu di Ruangam <i>Storage</i> yang telah terhubung dengan Firebase	Berhasil
6	Widget Deteksi Tikus dan Debu-Data Valid	Widget deteksi debu dan tikus telah menampilkan data pembacaan sensor yang benar dari Firebase	Berhasil
8	Data pada Widget Deteksi Tikus	Terdapat 18 data yang diterima pada widget Deteksi Tikus yaitu Ruangam Aman1-Ruangam Aman9 dan Terdeteksi Tikus1-Terdeteksi Tikus9	Berhasil
9	Data pada Widget Deteksi Debu	Nilai yang diterima sesuai dengan nilai pada Firebase, jika terdapat kesalahan dalam penilaian maka data yang muncul menjadi Data Tidak Valid	Berhasil
10	Notifikasi	Notifikasi didapatkan apabila terdapat aplikasi Gmail sebagai penampil notifikasi dan notifikasi dikirimkan jika data yang diterima yaitu Terdeteksi Tikus1-Terdeteksi Tikus9 dan nilai pada sensor debu >150 pada setiap zona	Berhasil
11	Performa Testing- Responsif aplikasi	Widget merespon dengan cepat tanpa penundaan saat melakukan interaksi berulang pada widget	Berhasil
12	Performa Testing- Data	Widget dapat memuat dan menampilkan data secara	Berhasil

No	Fitur	Keterangan	Berhasil/Tidak
	Load	efisien	

G. Pengujian Secara Keseluruhan

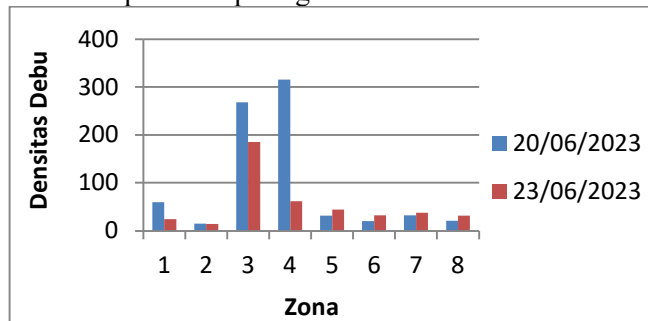
Pengujian untuk sistem yang telah dirancang diuji pada ruangan *storage* Museum Lampung. Proses deteksi dari sensor-sensor yang digunakan mencakup setiap zona seperti pada denah rancangan. Hasil dari pemantauan akan tersimpan pada Google Sheets.



Gambar 14. Grafik Data Hasil Deteksi Tikus

Didapatkan data dari 9 zona deteksi tikus dapat diketahui posisi tikus terbanyak yaitu zona 9 dengan 31 kali terdeteksi.

Kemudian data dengan menggunakan sensor debu didapatkan seperti gambar dibawah ini :



Gambar 15. Grafik Data Hasil Deteksi Debu

Didapatkan data yang melebihi 150 µg/m<sup>3</sup> pada tanggal 20 dan 23 Juni 2023 dengan posisi debu terbanyak pada zona 3 dan zona 4.

V. KESIMPULAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan temuan yang signifikan. Deteksi tikus dan tingkat debu di ruangan *storage* Museum Lampung menunjukkan hasil tertinggi tercatat pada zona 9, dengan sebanyak 31 kali terdeteksi tikus. Selain itu, terdeteksi pula tingkat debu yang melebihi ambang batas 150 µg/m<sup>3</sup> di zona 3 dan zona 4.

Selain itu, aplikasi yang dikembangkan dalam penelitian ini mampu memonitoring keberadaan tikus dan tingkat debu di ruangan *storage* Museum Lampung dengan sangat efektif. Aplikasi ini juga memiliki kemampuan untuk mengirimkan notifikasi secara otomatis setelah mendeteksi kehadiran tikus atau tingkat debu yang melebihi batas 150 µg/m<sup>3</sup>. Selain itu, data yang terkumpul dapat disimpan dengan baik di Google Sheets, memudahkan analisis dan pemantauan jangka panjang.

Dalam konteks sensor, hasil penelitian mengungkapkan bahwa sensor PIR HC-SR501 memiliki jarak deteksi maksimal sejauh 100 cm dan sudut deteksi maksimal sebesar 73,740 derajat. Semakin jauh jarak dan sudut dari tikus, maka waktu deteksinya akan semakin lama. Hal ini memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang kinerja sensor ini dalam aplikasi pengawasan tikus.

Terakhir, sensor debu GP2Y1010AU0F juga menghasilkan temuan penting, yaitu tingkat error pembacaan sensor rata-rata sebesar 0,88%. Hasil ini telah dibandingkan dengan datasheet dari sensor tersebut, dan menunjukkan bahwa sensor ini dapat diandalkan dalam mengukur tingkat debu di ruangan *storage* Museum Lampung. Kesimpulan-kesimpulan ini memberikan wawasan penting dalam pengembangan sistem pemantauan dan pengendalian tikus serta tingkat debu di lingkungan museum.

REFERENSI

[1] Y. Rahmanto dan R. D. Gunawan, "Digitalisasi Artefak pada Museum Lampung Menggunakan Teknik Fotogrametri Jarak Dekat untuk Pemodelan Artefak 3D," Jurnal CoreIT, Vol.7, No.1, Juni 2021

[2] W. E. Sulistiono, M. A. Muhammad, Martinus, T. Septiana, Mardiana, R. Annisa, P. B. Wintoro, Yetti Yuniati, N. Purwasih, S. Purwiyanti, G. P. Djausal dan G. Yolanda, "Virtual Reality untuk Museum Lampung," Prosiding SINTA 4,

[3] D. Yang, B. Xu, K. Rao dan W. Sheng, "Passive Infrared (PIR)-Based Indoor Position Tracking for Smart Homes Using Accessibility Maps and A-Star Algorithm" National Center for Biotechnology Information , Hal.332, No. 2, 2018

[4] E. Endrita, "Perawatan Bahan Pustaka Perpustakaan," Jurnal Imam Bonjol, Vol.3, No.1, Juni 2019

[5] A. Juliansyah, Ramlah dan D. Nadiani, "Sistem Pendeteksi Gerak Menggunakan Sensor PIR dan Raspberry Pi," Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia, Hal.199-205. Vol.2, No.4, Februari 2021

[6] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Dirjen Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan. 24 September 2020, Available : <https://ditppu.menlhk.go.id/portal/read/indeks-standar-pencemar-udara-ispu-sebagai-informasi-mutu-udara-ambien-di-indonesia>

[7] Pemerintah Republik Indonesia. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 199 Nomor 86. Sekretariat Negara. Jakarta.

[8] D. S. Lasmana dan E. Fitriani, "Rancang Bangun Prototype Robot Penghisap Debu Menggunakan Optical Dust Sensor GP2Y1010AU0F," Jurnal Bina Darma Conferenceon Engineering Science, Vol.2, No.1, Juni 2020

[9] G. M. Zelinan, A. Boham, Leviane J.H. dan Lotulung, "Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Bahan Pustaka di Dinas Perpustakaan dan Kearsian Daerah Provinsi Sulawesi Utara," Jurnal Acta Diurna Komunikasi, Vol.3, No.2, Juni 2021

[10] Flutter.(t.t.). Flutter. Available : <https://flutter.dev/>

[11] E. A. W. Sanadi, A. Achmad dan Dewiani, "Pemanfaatan Realtime Database di Platform Firebase pada Aplikasi E-Tourism Kabupaten Nabire," Jurnal JPE, Vol.22, No.1, Mei 2018

## The Effect of Voltage Variations on Temperature and Time During the Charging of Electrical Vehicle Batteries

Andi M. Nur Putra<sup>1\*</sup>, Sitti Amalia<sup>1</sup>

Institut Teknologi Padang<sup>1</sup>

\*andimnurputra@itp.ac.id

### ABSTRACT

*The advancement of sustainable and efficient energy has made electric vehicle (EV) technology a prominent topic. The battery is a critical component in EVs, and its stability during the charging process is enhanced by using the Constant Current Constant Voltage (CCCV) charging method. An EV's performance is highly dependent on its battery charging strategy, with users demanding rapid charging performance, long-range travel, and impressive acceleration. Currently, multiple charging strategies are used, but on-going research aims to determine the most optimized and affordable approach. Modeling and simulation are important in identifying the best charging current or voltage and establishing charging circuit pattern to minimize the charging time for electric cars. This research proposed a method and design that involves modifying the output voltage using a boost converter circuit to observe the effects of time and temperature during the charging process. The simulation results give a picture of the time taken to charge a Lithium-ion (Li-ion) battery. With an input voltage of 420 V and a current of 153 A, the battery reaches full charge in 4500 seconds, with a maximum temperature of 38° C. The fastest charging time achieved was 1200 seconds, with an output voltage of 450 V and a peak temperature of 62° C. In addition, a 10 V change in voltage led to a 6°C increase in temperature and a charging time of 600 seconds for each cycle. for every cycle.*

**Keywords:** Li-ion Battery, charging, EV, performance, time, temperature

### INTISARI

Kemajuan energi yang ramah lingkungan dan efisien telah membuat teknologi kendaraan listrik (EV) menjadi topik yang menonjol. Baterai adalah komponen penting dalam EV, dan stabilitasnya selama proses pengisian daya ditingkatkan dengan menggunakan metode pengisian daya Tegangan Konstan Arus Konstan (CCCV). Performa EV sangat bergantung pada strategi pengisian daya baterainya, dengan konsumen yang menuntut kemampuan pengisian daya yang cepat, perjalanan jarak jauh, dan akselerasi yang mengesankan. Saat ini, berbagai teknik pengisian daya digunakan, tetapi penelitian yang sedang berlangsung bertujuan untuk menentukan pendekatan yang paling optimal dan dapat diandalkan. Pemodelan dan simulasi penting dalam mengidentifikasi arus atau tegangan pengisian daya terbaik dan menetapkan pola sirkuit pengisian daya untuk meminimalkan waktu pengisian daya untuk mobil listrik. Penelitian ini mengusulkan sebuah desain dan metodologi yang melibatkan modifikasi tegangan output menggunakan rangkaian konverter boost untuk mengamati efek waktu dan suhu selama proses pengisian daya. Hasil simulasi memberikan gambaran mengenai waktu yang dibutuhkan untuk mengisi daya baterai Lithium-ion (Li-ion). Dengan tegangan input 420 V dan arus 153 A, baterai mencapai daya penuh dalam waktu 4500 detik, dengan suhu maksimum 38°. Waktu pengisian tercepat yang dicapai adalah 1200 detik, dengan tegangan output 450 V dan suhu maksimum 62°. Selain itu, perubahan tegangan sebesar 10 V menyebabkan kenaikan suhu sebesar 6°C dan waktu pengisian daya selama 600 detik untuk setiap siklus.

**Kata kunci:** Baterai Li-ion, pengisian, kendaraan listrik, performa, suhu, temperatur

### I. INTRODUCTION

Since the issuance of Presidential Regulation No. 55 of 2019 concerning the acceleration of battery-based electric motor vehicle programs [1], the development of the electric vehicle (EV) industry in Indonesia has been growing. EV development has to be followed by infrastructure for battery charging to prevent

consumers from having charging problems, thus stimulating a larger number of people to convert into EVs.

Transportation technology is evolving alongside the development of increasingly sophisticated technology. An electric car is a great example of the progress of this transportation business [2]. The

development of EV technology has recently progressed quite rapidly. This is due to the fact that EVs are among the options for future vehicles based on the energy source of batteries [3].

During the end of the nineteenth and early twentieth centuries, EVs gained significant popularity. However, their widespread use diminished as internal combustion engine technology advanced and gasoline-powered vehicles became more affordable. Despite the decline, the EV offers multiple benefits compared to conventional combustion engine vehicles [4]. Most notably, an EV does not release any vehicle waste gases, thus contributing to the reduction of air pollution and having a beneficial effect on the environment [5]. As a result, there is hope that EVs may eventually replace gasoline-powered vehicles. To achieve this transition, exploring effective strategies to efficiently use EVs is essential.

One of the essential elements of an EV is its battery, which plays an important role in providing electric current to power the starter system, engine, lights, and other electrical components [6]. However, a significant drawback of EVs is the long charging time, due to the large amount of electrical energy required. Currently, it takes several hours, even up to 7-8 hours, to fully charge an electric car using existing charging systems. However, with the advent of fast charging technology, the charging time has been reduced to about 3-4 hours [7]. Therefore, the current challenge lies in developing even faster charging technologies that can enable electric cars to be fully charged within 1-2 hours.

Over the last few years, a lot of research has been conducted to increase the speed charging of a battery. Among the carried-out research was the exploration of wireless fast charging through the utilization of constant current techniques, leading to an estimated charging duration of 3 hours. In accordance with standard SAE J1772 Level II charging, this particular experiment was classified as fast charging, as it allowed the battery to be fully charged within 4 hours [8]. In the context of the progress of EV charging in Indonesia, the introduction of charging stations is already being implemented. However, it should be noted that the charging time of EVs to reach full power at these stations still takes about 4-5 hours [3].

This paper proposes an approach to improve charging time by utilizing various changing voltage techniques. This would be investigated to ascertain its impact on the time and temperature of charging by leveraging a voltage boost circuit. Here, voltage

converter output is regulated and controlled with a Pulse Width Modulation, which is driven by a PI (Proportional Integral) controller. The incorporation of this PI controller is anticipated to result in quick rise time, minimum steady state error, and commendable system stability. The purpose of this investigation is to accelerate the battery charging process, and through the implementation of the proposed design and experiments, it is expected that the charging process will be further optimized compared to previous studies, thus making it more efficient to charge electric vehicles.

## II. THEORY

### A. Battery Charger Circuit

The charging process of electric vehicle (EV) batteries is regulated in this paper by utilizing a DC converter that amplifies the input voltage. The converter is composed of a DC voltage source ( $V_s$ ), inductor ( $L$ ), electronic switch, diode, output capacitor ( $C$ ), and load resistor ( $R$ ) [9][10]. The input voltage is assumed to be 90 Vdc from the solar panel in this circuit configuration. Figure 1 shows a schematic representation of the converter circuit.

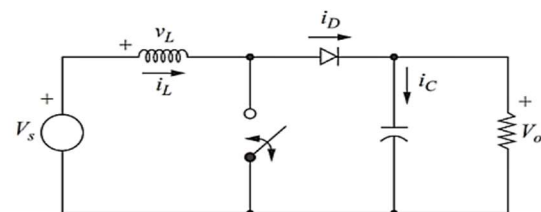


Figure 1. DC converter as a charger circuit

Furthermore, several component values are required for the design of the boost converter. This design entails various parameter values, including the input voltage denoted as  $V_s$ , which is measured at 90 Vdc. The output voltage, referred to as  $V_o$ , is recorded at 450 Vdc. Additionally, the output current, represented by  $I_{out}$ , is measured at 153 A. The operating frequency is set at 25000 Hz. The inductor, denoted as  $L$ , has a value of 2.05  $\mu$ H, while the capacitor, denoted as  $C$ , has a value of 7  $\mu$ F. Finally, the resistor, denoted as  $R$ , is measured at 100  $\Omega$ .

### B. Control Proportional Integral

To adjust the boost converter's voltage output, this research utilizes a PI control design, which ensures a constant DC voltage as input. PI control is made of two properties, i.e. proportional (P) and integral (I) control,

each with its unique features. Proportional control is responsible to accelerate response of output plant to attain the set point [11][12]. On the other hand, integral control allows for minimizing a steady-state error of the controller's plant output. Equation 1 illustrates on a relation between error signal  $e(t)$  and output signal  $u(t)$  of a plant using P control.

$$u(t) = K_p e(t) \tag{1}$$

Meanwhile, Equation 2 depicts the relationship between the output signal  $u(t)$  of an I-controlled plant and the error signal  $e(t)$ .

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \tag{2}$$

The optimizing of P and I control parameters leads to the implementation of PI control, which effectively overcomes the limitations of each control parameter [13] [16]. The s-domain block diagram of PI control is illustrated in Figure 2.

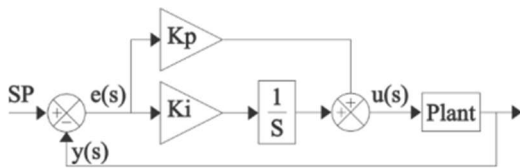


Figure 2. Block diagram Proportional integral

The deviation from the set point and output voltage signal  $y(s)$  of a plant being controlled is denoted by the value  $e(s)$ , while the PI controller's output signal is represented by  $u(s)$  [13-15].

### III. RESEARCH METHODOLOGY

The purpose of this research is to simulate and model the enhancement of battery charging duration through the application of super-fast charging. The aim is to ascertain the optimal approach to achieve super-fast charging using voltage-boosting techniques, while also examining its impact on battery charging time and temperature.

Using this model will provide fundamental information for the design of an autonomous charging model for EV batteries using solar panels as a direct energy source. Here, a DC converter as shown in Figure 1 is used with a significant voltage increase to acquire the rated charging voltage. Since the charging is done by constant current constant voltage (CCCV) method like [17]. This method provides greater charging behaviour to the battery during the charging process.

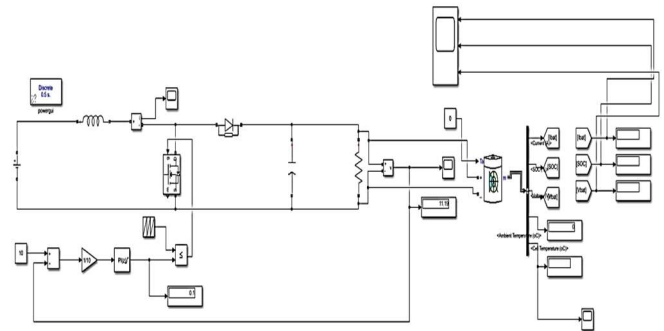


Figure 3. Simulation Circuit

The test procedure was carried out using simulations in MATLAB, as illustrated in Figure 3. It includes varying voltage output under 8 various conditions, in order to observe their impact on time and temperature during battery charging. For this simulation, the battery pack was modeled based on data obtained from an EV battery. A battery basically contains a series of electric cells that serve as a power source [14]. Furthermore, a Lithium-ion battery that is designed for EVs, with an input of 420 Vdc, 153 Ah, and a power capacity of 58 kWh, is used in this simulation. The Lithium-ion battery charging process starts from 0% charge level and ends at 100%. After performing several tests, the data obtained will be analyzed to ascertain the time and temperature generated by the battery.

### IV. RESULT AND DISCUSSION

Simulations have been performed on the charging process of EV batteries with an initial state of 0%. The tested battery was a 58 kWh Lithium-Ion battery with a voltage of 420 V and a current of 153 Ah, and the battery cell temperature was measured at 38°C. This simulation varies the charging voltage ranging from 380 to 450 V. The results are designed to determine the effect of various voltages on the battery's (SOC) and the time taken for the charging to complete the process.

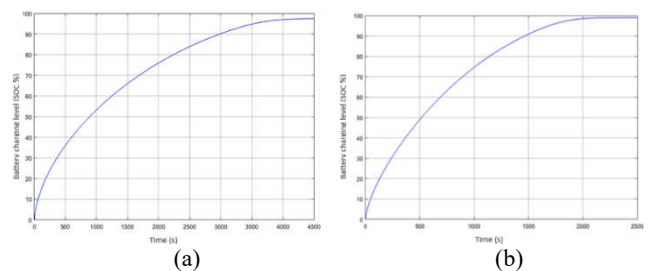


Figure 4. SOC battery with, (a) 420 V; (b) 430 V

During the first stage with a voltage of 380 V, charging could not occur and only stopped at the 5% state. This indicates that the circuit is unable to perform when the current voltage of the charging circuit is less than the initial battery state. However, it started to store when the charging voltage was equal to or greater than the initial state, as shown in Figure 4a-b. Using charging voltages of 420 V and 430 V, the battery took 4500 seconds and 2550 seconds, respectively.

Stages of testing to be able to observe the implications of various charging voltages, with a 153 A charging current the circuit is set to the maximum limit of 450 so that the battery is still safe (<10% of the maximum capacity of the battery). This change has a great impact on accelerating the time of the battery charging but in line with the followed by a quite high-temperature increase. For a voltage of 450 V, the battery can be charged in just 1200 seconds, but because the voltage is set to be constant until 100% SOC is not good enough for battery conditions where the temperature reaches 62 °C.

Several data can be summarized from the performed experiments like battery charging time and temperature, which are shown in Table 1.

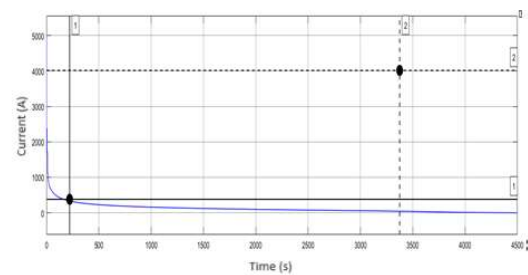
**Table 1.** Various stages of test results

Testing Condition	Vin (V)	Vout (V)	SOC (%)	Time (s)	Temp (°C)
Condition 1	76	380	5	210	-
Condition 2	78	390	8,3	430	-
Condition 3	80	400	16	590	-
Condition 4	82	410	48	2330	-
Condition 5	84	420	100	4500	38°
Condition 6	86	430	100	2550	43°
Condition 7	88	440	100	1850	48°
Condition 8	90	450	100	1200	62°

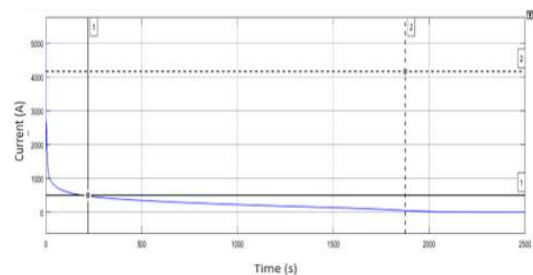
From the table above, it can be seen the difference of performance of every voltage variation. From the 6 stages of testing, it shows that improvement of the input voltage is possible as long as it meets the minimum requirements of the charged battery. Moreover, these results also show that changes to the charging voltage can only be made within the specified safe limits to shut down the safety of the battery during the charging process. This also has an impact on the health condition of the battery such as overheating which will be discussed in the next section.

To investigate the impact of voltage variations on the duration required for the battery to reach full charge, the charging time for each 10 V increase in voltage under different conditions can be assessed in relation to temperature. The temperature had a consistent increase of about 6°C in all conditions. However, in state 8, there is a significant temperature difference, with the temperature doubling as the voltage increases. This difference arises due to the occurrence of the maximum temperature point at 220 seconds, as illustrated in Figure 5. Moreover, a current spike of about 120 A occurs when the output voltage is increased by 10 volts in each condition.

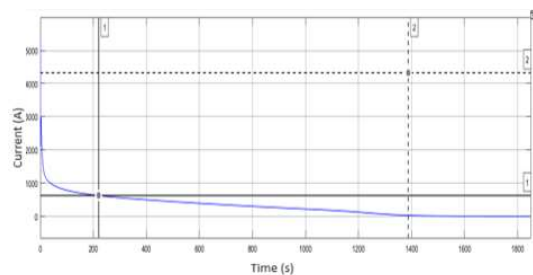
In Figure 5a-c, in condition 5, either at 220 seconds or when the temperature reaches its peak, the recorded current is 380.99 A. Similarly, in condition 6, the current measures 502.97 A, and in condition 7, the current reaches 625.58 A. The temperature difference that occurs is about 6°C, as depicted in Figure 6.



(a)

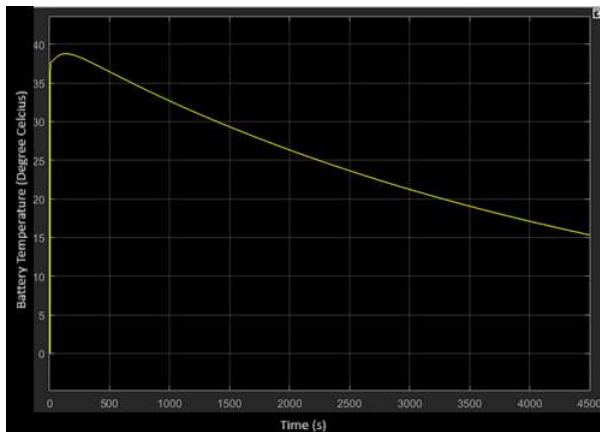


(b)

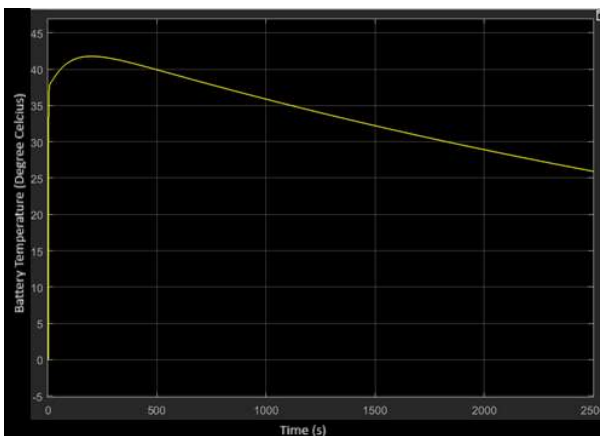


(c)

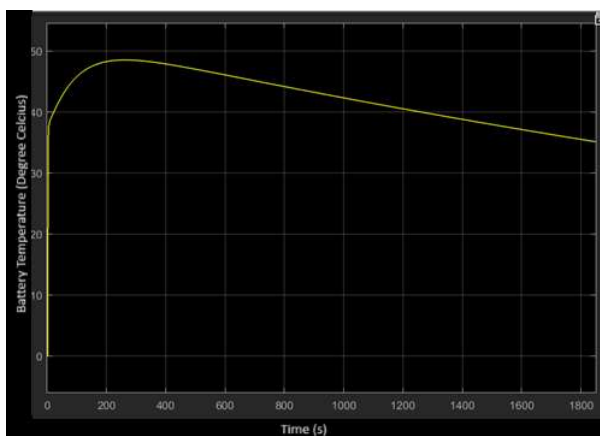
**Figure 5.** Current condition at 220 seconds (a) condition 5; (b) condition 6; (c) condition 7



(a)



(b)

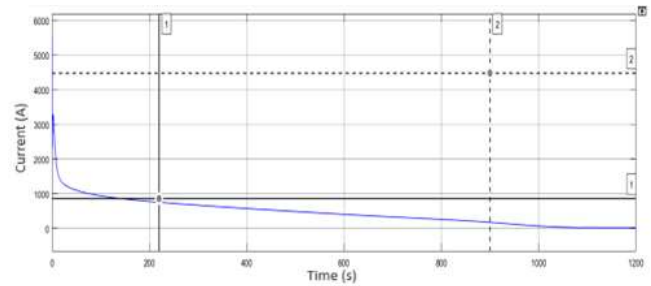


(c)

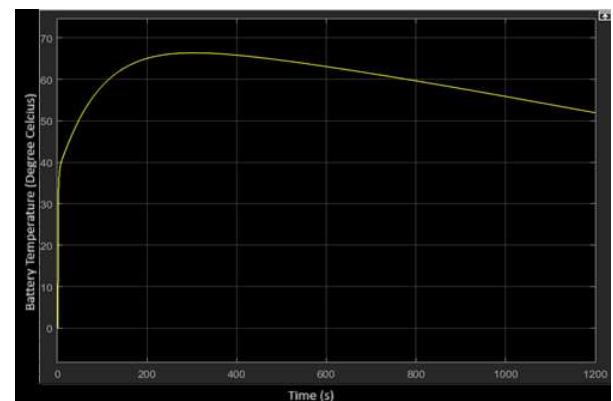
**Figure 6.** Temperature battery in (a) condition 5; (b) condition 6; (c) condition 7

Under condition 8, an increase of 10 V in the output voltage caused a significant increase in temperature compared to the previous experiment. This observation is illustrated in Figure 8, where there was

a substantial spike of about 240 amperes in the current, which resulted in a significantly higher battery temperature of 15°C. It should be noted that the temperature rises in proportion to the increase in current. Moreover, for every 10 V increase in voltage, it also affects the charging time of the battery, with a time difference of about 600 seconds between each voltage change.



(a)



(b)

**Figure 7.** (a) Current and (b) temperature battery in condition 8

Battery life is affected by various factors, including power, voltage, current and charging time. Varying the voltage during battery charging has a direct impact on the charging speed. In particular, a higher output voltage results in a faster charging process. Also, an increase in voltage leads to a corresponding increase in current. However, it is important to note that too high a current level may cause the battery temperature to increase, potentially leading to overheating. Therefore, to ensure a stable output, the addition of a PI controller is essential.

## V. CONCLUSION

Electric vehicle battery charging performance testing has been completed successfully with an

improved source provided with a voltage boost and constant voltage charging control circuit. The performance of constant current constant voltage charging has been demonstrated under various state of charge conditions from 380V up to 450V. From the experiment, it is shown that a voltage change of 10 V produces an increase of 6°C of temperature and 600 seconds of charging time for each cycle. The results of MATLAB simulation show that it is possible to fully charge a Lithium-ion battery with an input voltage of 90 Vdc for a battery voltage of 420 Vdc. It was found that at 420 V, the charging time was 4,500 seconds (equivalent to 1.15 hours), while that of 450 V was determined to be 1,200 seconds (equivalent to 20 minutes).

#### ACKNOWLEDGEMENT

We are thankful to the individuals who have helped complete this research and to the Institute of Research and Community Service of the Padang Institute of Technology for providing funding for this research.

#### REFERENCES

- [1] I. P. Dharmawan, I. N. S. Kumara, and I. N. Budiastra, "Perkembangan Infrastruktur Pengisian Baterai Kendaraan Listrik Di Indonesia," *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 3, pp. 90–101, 2021.
- [2] A. A. Matarru, "Analysis of Fast Charging System Development for Electric Vehicle Implementation in Indonesia," no. June, 2020,.
- [3] M. Aziz, Y. Marcellino, I. A. Rizki, S. A. Ikhwanuddin, and J. W. Simatupang, "Studi Analisis Perkembangan Teknologi Dan Dukungan Pemerintah Indonesia Terkait Mobil Listrik," *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 1, p. 45, 2020.
- [4] S. Rochman and B. Sembodo, "Rancang bangun alat kontrol pengisian aki untuk mobil listrik menggunakan energi sel surya dengan metode sequensial," *Tek. UNIPA*, vol. 1, p. 17, 2014.
- [5] H. Iskandar, "Studi Analisis Perkembangan Teknologi Kendaraan Listrik Hibrida," *J. Automot. Technol. Vocat*, vol. 02, no. 1, pp. 31–44, 2021.
- [6] I. Susanti, F. Anton, and R. Carlos, "Analisa Penentuan Kapasitas Baterai Dan Pengisiannya Pada Mobil Listrik," *Elektra*, vol. 4, no. 2, pp. 29–37, 2019.
- [7] F. Rahmatullah, "Desain dan Simulasi Battery Charger Metode CC-CV (Constant Current-Constant Voltage) dengan Kontrol Logika Fuzzy Menggunakan MATLAB," *Cyclotron*, vol. 4, no. 2, pp. 18–22, 2021.
- [8] R. A. Salam, A. M. N. Putra, and G. Ramadhan, "Perancangan Model Wireless Fast Charging Menggunakan Constant Current Pada Kendaraan Listrik," *SNESTIK*, vol. 1, p. 6, 2021.
- [9] T. Jurnal, S. Dan, T. Tri, E. Wahjono, and I. Irianto, "Perancangan boost converter menggunakan kontrol proporsional integral (PI) sebagai suplai tegangan input inverter satu fasa untuk sistem uninterruptible power supply," vol. 16, no. 02, pp. 136–146, 2020.
- [10] A. Putra, "Analisis Kinerja Konverter Penaik Tegangan Dengan Menurunkan Frekuensi Pensaklaran," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 9, no. 1, pp. 41–46, 2020.
- [11] R. Arindya, "Penalaan Kendali PID untuk pengendali proses," *J. Teknol. Elektro*, vol. 8, no. 2, p. 109, 2017.
- [12] S. Nasional, T. Elektro, S. Informasi, and T. Informatika, "Perancangan Model Wireless Fast Charging," pp. 203–208, 2022.
- [13] Krismadinata, "Komparasi Pengendali PI dan PID Untuk Tegangan Keluaran Konverter Buck" *J. T. Elektro, F. Teknik, and U. N. Padang*, vol. 6, no. 3, 2017.
- [14] R. Febrianto, N. Soedjarwanto, and O. Zebua, "Rancang Bangun Boost Converter Untuk Proses Discharging Baterai Pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya ( Pjuts )," vol. 02, no. 01, pp. 159–164, 2018.
- [15] G. A. Pratama, M. K. R. Ananta, R. Winas, and S. Budi, "Kontrol Kecepatan Motor Brushless DC Menggunakan Double Boost Converter Berbasis PI," vol. 3, pp. 7–10, 2020.
- [16] R. D. Bhagiya, "PWM based Double loop PI Control of a Bidirectional DC-DC Converter in a Standalone PV / Battery DC Power System," pp. 0–3, 2019.
- [17] A. M. N. Putra and G. Ramadhan, 'Pengisian baterai Li-Ion Dengan Metode Constant Current, Constant Voltage, Constant Current-Constant Voltage', *Ensiklopedia of Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 546–551, 2023.

## Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan - *Backpropagation* dalam Pengenalan *Flashover Isolator 150 kV*.

Studi Kasus : Payakumbuh – Koto Panjang

M. Farhan Kamil<sup>1</sup>, Sitti Amalia<sup>1\*</sup>, Yusreni Warmi<sup>1</sup>, Andi Syofian<sup>1</sup>, Erhaneli<sup>1</sup>

Institut Teknologi Padang<sup>1</sup>

\*sittiamalia@itp.ac.id

### ABSTRACT

*The 150 kV Koto Panjang - Payakumbuh transmission line is a transmission line with a total length of 86 km. Environmental factors greatly influence the formation of a layer of contaminants on the surface of insulators, this is one of the causes of flashover in insulators. This research was carried out using the artificial neural network method - backpropagation in the introduction of 150 kV insulator flashover against temperature and humidity contaminated with moss and dust. So the flashover results obtained using artificial neural networks - backpropagation are compared with experimental flashover. Therefore, the implementation of an artificial neural network - backpropagation for the introduction of flashover of the 150 kV Payakumbuh - Koto Panjang insulator was successfully implemented by achieving flashover values with a small difference in the output so that the error obtained by training and testing the artificial neural network was also small. This means that the flashover voltage can be recognized by artificial neural network testing. The moss test parameter values are measured by the number of epochs with an average of 197.57, performance with an average of 17.8E-05 and gradient with an average of 27.38E-05. dust test parameters were measured by the number of epochs with an average of 101.85, performance with an average of 75.3E-06 and gradient with an average of 33.78E-05.*

**Keywords :** *Isolator, Flashover, Artificial Neural Network*

### INTISARI

Saluran transmisi 150 kV Koto Panjang - Payakumbuh ini merupakan saluran transmisi dengan total panjang 86 km. Faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap pembentukan lapisan kontaminan pada permukaan isolator, hal tersebut merupakan salah satu penyebab terjadinya *flashover* pada isolator. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan - *backpropagation* dalam pengenalan *flashover* isolator 150 kV terhadap suhu dan kelembaban yang terkontaminasi lumut dan berdebu. Sehingga hasil *flashover* yang diperoleh menggunakan jaringan syaraf tiruan - *backpropagation* dibandingkan dengan *flashover* eksperimen. Oleh sebab itu Implementasi jaringan syaraf tiruan - *backpropagation* untuk pengenalan *flashover* isolator 150 kV payakumbuh – Koto Panjang berhasil diterapkan dengan capaian nilai *flashover* dengan *output*nya mendapatkan selisih yang kecil sehingga error yang diperoleh oleh pelatihan dan pengujian jaringan syaraf tiruan juga kecil. Artinya tegangan *flashover* tersebut dapat dikenali oleh pengujian jaringan syaraf tiruan. Dengan nilai parameter pengujian lumut diukur dari jumlah *epoch* dengan rata-rata 197,57, *performance* dengan rata-rata 17,8E-05 dan *gradien* dengan rata-rata 27,38E-05 . parameter pengujian debu diukur dari jumlah *epoch* dengan rata-rata 101,85, *performance* dengan rata-rata 75,3E-06 dan *gradien* dengan rata-rata 33,78E-05.

Kata kunci: Isolator, *Flashover*, Jaringan Syaraf Tiruan

### I. PENDAHULUAN

Sistem transmisi saluran udara, seperti saluran transmisi 150 kV Koto Panjang-Payakumbuh di Sumatera Barat, digunakan untuk sistem distribusi tenaga listrik. Saluran transmisi 150 kV Koto panjang-Payakumbuh ini merupakan saluran transmisi dengan total panjang 86 km [1], [2], [3]. Dalam distribusi energi listrik, seringnya terjadi kegagalan pada jalur transmisi dan distribusi karena *flashover* yang disebabkan oleh pengotoran permukaan isolator atau

kerusakan mekanis pada isolator. Maka isolator sangat penting dalam sistem distribusi energi listrik dan oleh karena itu keandalannya harus dijaga. Agar isolator mampu bekerja secara optimal untuk mengurangi efek dari *flasover* pada isolator payakumbuh - koto panjang maka dilakukan uji coba dari suhu dan kelembaban pada isolator 150 kV yang terkontaminasi dengan simulasi menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) menggunakan *software* MATLAB [4], [5], [6].

## II. LANDASAN TEORI

### A. Isolator

Isolator merupakan komponen penting dari jaringan listrik. Isolator berfungsi sebagai alat atau perangkat yang menyangga kabel saluran listrik pada tiang listrik dan digunakan untuk mengisolasi arus dari dua kabel atau lebih untuk mencegah kerusakan akibat kebocoran arus dan percikan api pada saluran listrik. Fungsi lain dari isolator adalah untuk menyekat penghantar saluran bertegangan dari batang penyangga saluran sehingga arus tidak dapat mengalir dari penghantar saluran ke bumi [7], [8].

### B. Saluran Transmisi

Saluran transmisi merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik atau dari pembangkit listrik menuju *distribution station* hingga sampai ke konsumen pengguna listrik, saluran transmisi, dan sistem distribusi. Saluran transmisi merupakan rantai penghubung antara pusat pembangkit listrik dengan sistem distribusi. Saluran transmisi saluran panjang membawa daya dari pembangkit listrik atau pusat pembangkitan ke bagian distribusi yang dapat digunakan oleh konsumen [9], [10].

### C. Flasover pada isolator

Tegangan *flashover* merupakan kegagalan isolasi di mana permukaan isolator dibebani oleh medan listrik yang lebih besar daripada kapasitas ketahanan elektriknya. *Flashover* ini dapat menimbulkan pemanasan dan merusak isolator, dan salah satu penyebabnya adalah pencemaran pada permukaan isolator, yang mekanismenya dipengaruhi oleh beberapa variabel dinamis seperti konfigurasi *insulasi*, polusi dan iklim [11], [12], [13].

### D. Kerapatan Udara, Kelembaban Dan Suhu Udara

Tegangan *flashover* di sepanjang permukaan atau di atas celah udara secara umum biasanya meningkat seiring dengan kelembaban udara. Jumlah elektron yang ditangkap oleh molekul air meningkat seiring dengan jumlah jalur bebas rata-rata elektron. Karena itu, peningkatan kelembaban relatif mengubah kinerja sistem isolasi. Seperti kelembaban, kepadatan udara sangat mempengaruhi karakteristik *flashover* [11],[14], [12], [15].

### E. Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Jaringan syaraf tiruan (JST) adalah sistem pemroses data yang memiliki fitur dan operasi yang mirip dengan syaraf biologis. Jaringan syaraf tiruan

(JST) adalah sistem pemroses data yang memiliki fitur dan operasi yang mirip dengan syaraf biologis. Pelatihan jaringan syaraf tiruan - *backpropagation* meliputi 3 fase. Fase pertama adalah fase maju. Pola masukan dihitung maju mulai dari layar masukan hingga layar keluaran menggunakan fungsi aktivisasi yang ditentukan. Fase kedua adalah fase mundur. Selisih antara keluaran jaringan dengan target yang diinginkan merupakan kesalahan yang terjadi. Kesalahan tersebut dipropagasi mundur, dimulai dari garis yang berhubungan langsung dengan unit ± unit di layar keluaran. Fase ketiga adalah modifikasi bobot untuk menurunkan kesalahan yang terjadi [16], [17].

Salah satu tahapan *preprocessing* setelah data terbentuk pola adalah normalisasi data. Ini membuat rentang data lebih kecil dan membuat taburan data stabil yaitu antara 0,1 sampai 0,9 selama proses transformasi. Tujuan normalisasi adalah untuk membuat pelatihan lebih mudah [16], [18], [19].

$$X' = \frac{0,8(X-a)}{b-a} + 0,1 \dots \dots \dots (1)$$

X' = transformasi linier dengan interval data 0,1 - 0,9

X = data yang ingin di normalisasi

a = data minimum dari data asli

b = data maksimum dari data asli

Setelah memperoleh model jaringan syaraf tiruan yang diinginkan, nilai bobot *output* diproses setelah perbaikan, yang berarti mengubah nilai bobot output kembali ke bentuk aslinya. Rumus denormalisasi dapat dilihat sebagai berikut :

$$X = \frac{(X'-0,1)(b-a)}{0,8} + a \dots \dots \dots (2)$$

X' = data bobot *output*

X = data hasil denormalisasi

a = data minimum dari data asli

b = data maksimum dari data asli

Kesalahan pada keluaran jaringan adalah perbedaan antara keluaran sebenarnya dan yang diinginkan. Biasanya, perbedaan ini dihitung dengan menggunakan persamaan. *Sum Square Error* (SSE) dihitung sebagai berikut:

$$SSE = (T_{jp} - X_{jp})^2 \dots \dots \dots (3)$$

T<sub>jp</sub> = nilai target/yang diinginkan untuk setiap

keluaran nilai keluaran jaringan syaraf tiruan (*output*)

X<sub>jp</sub> = nilai keluaran jaringan syaraf tiruan /*output*

Untuk mencari MSE dapat menggunakan rumus [20]:

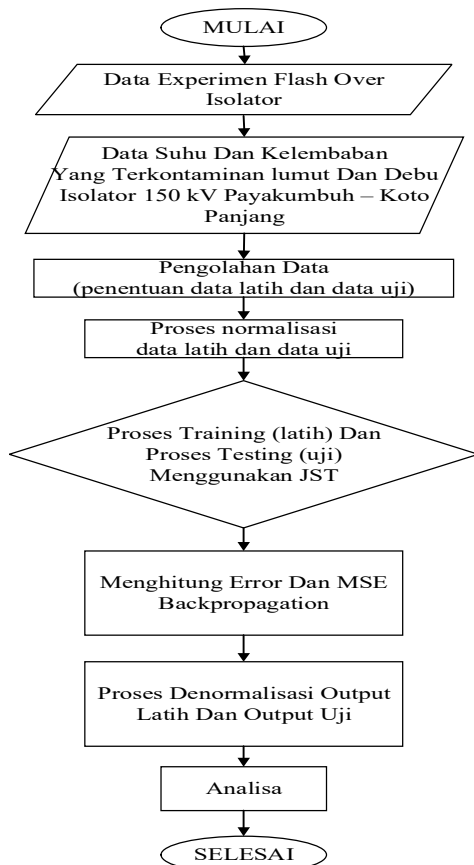
$$MSE = \frac{\sum E^2}{n} \dots\dots\dots (4)$$

$\sum E^2$  = hasil jumlah dari seluruh hasil SSE

$n$  = jumlah data pembelajaran

### III. METODE PENELITIAN

Adapun metode untuk pengambilan data yang dibutuhkan dalam penelitian tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Flowchart Penelitian

#### 1. Data Primer

Pengambilan data isolator bersih dan isolator yang berpolutan akibat lumut serta nilai suhu dan kelembaban yang terdapat pada isolator 150 kV Payakumbuh – Koto Panjang.

#### 2. Data Sekunder

Pengumpulan data – data yang dilakukan berdasarkan teori seperti data – data yang berasal dari jurnal ilmiah, buku referensi, dan data – data yang

terdapat di pada PT. PLN (Persero) yang berkaitan dengan saluran transmisi 150 kV Payakumbuh – Koto Panjang.

Metode yang digunakan merupakan metode jaringan syaraf tiruan - *backpropagation* dimana metode ini menggunakan input suhu dan kelembaban sedangkan target menggunakan nilai *flashover* eksperimen lalu jaringan syaraf tiruan-*backpropagation* menghasilkan output berupa tegangan *flashover*, maka menghasilkan nilai *error* yang merupakan nilai selisih nilai *flashover* eksperimen dengan nilai *flashover* menggunakan jaringan syaraf tiruan-*backpropagation*

### IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah data latih dan data uji untuk 1 isolator berlumut dimana percobaan 1-5 adalah data uji dan percobaan 6-10 merupakan data latih

Tabel 1. Data Suhu Dan Kelembaban Lumt Percobaan 1-5

	data latih				
percobaan	1	2	3	4	5
suhu	31.8	32.3	29.3	29.5	28.9
kelembaban	72.5	70.9	75.6	76.6	77
flashover	75.7	76.3	75.5	79.4	78.4

Tabel 2. Data Suhu Dan Kelembaban Lumt Percobaan 6-10

	data uji				
percobaan	6	7	8	9	10
suhu	30.1	29.6	28.8	28.3	28.6
kelembaban	74.3	76.6	76.9	77.3	77.2
flashover	76.9	83.6	79.3	80.7	78.7

Dapat dilihat dengan kategori suhu dan kelembaban sebagai input data dan *flashover* sebagai target data. Untuk memasukkan data Jaringan Syaraf Tiruan maka perlu dilakukan normalisasi data, dan didapatkan hasil normalisasi data sebagai berikut :

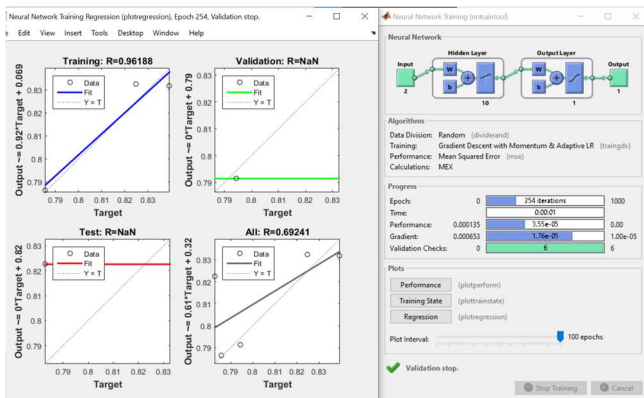
Tabel 3. Data Normalisasi Latih Lumut

	data latih				
input data	0.150633	0.157866	0.114467	0.11736	0.10868
	0.739421	0.716275	0.784268	0.798734	0.804521
target data	0.785714	0.794394	0.782821	0.839241	0.824774

**Tabel 4.** Data Normalisasi Uji Lumut

data uji					
input data	0.12604	0.118807	0.107233	0.1	0.10434
	0.765461	0.798734	0.803074	0.808861	0.807414
target data	0.803074	0.9	0.837794	0.858047	0.829114

Data yang telah di normalisasi dirobah ke dalam *workspace* matlab dimasukkan ke inputan dan target jaringan syaraf tiruan pada *software* matlab. Setelah itu dilakukan *training* data.



**Gambar 2.** Hasil Training 1 Keping Isolator Kontaminan Lumut

Berdasarkan gambar 2 proses pelatihan berhenti pada iterasi 254 dari 1000 iterasi *epoch* yang diinginkan dengan pencapaian waktu 00.00.01 detik. Lalu didapatkan hasil *output* dan *error* dari simulasi.

**Tabel 5.** Hasil Error Data Latih Isolator Lumut

Hasil Error Data Latih					
Output	0.78648	0.79139	0.82254	0.8318	0.83247
Error	-0.00076624	0.003003	-0.039723	0.007437	-0.0077
SSE	5.87124e-07	9.02e-06	0.0015779	5.53e-05	5.93e-05
MSE			0.000340422		

**Tabel 6.** Hasil Error Data Latih Isolator Lumut

Hasil Error Data Uji					
Output	0.78491	0.8319	0.83238	0.83237	0.83243
Error	0.018165	0.068104	0.0054184	0.025672	-0.00332
SSE	0.000329967	0.004638	2.936e-05	0.000659	1.1e-05
MSE			0.001133507		

Proses denormalisasi data *output* untuk melihat perbandingan data antara data target atau *flashover* dengan hasil *output* dari pengujian jaringan syaraf tiruan.

**Tabel 7.** Perbandingan Eksperimen Dan Hasil Jst 1 Isolator Lumut

perbandingan eksperimen dan hasil jst 1 isolator					
flashover eksperimen latih	75.7	76.3	75.5	79.4	78.4
flashover hasil jst latih	75.7529 3	76.0923 3	78.24558	78.8856 8	78.93199
flashover eksperimen uji	76.9	83.6	79.3	80.7	78.7
flashover hasil jst uji	75.6444	78.8925 9	78.92577	78.9250 8	78.92922

perbandingan dari nilai *flashover* eksperimen dengan nilai *flashover* hasil simulasi jaringan syaraf tiruan. Selisih dari nilai *flashover* eksperimen dengan nilai *flashover* hasil jaringan syaraf tiruan pada proses pelatihan mencapai 1%. Sedangkan selisih dari nilai *flashover* eksperimen dengan nilai *flashover* hasil jaringan syaraf tiruan pada proses pengujian mencapai 2%. Artinya pada proses uji pada simulasi jaringan syaraf tiruan pada 1 piringan isolator terkontaminan lumut lebih buruk karena selisih pengujian lebih besar dari selisih pelatihan.

Berikut adalah data latih dan data uji untuk 1 isolator berdebu dimana percobaan 1-5 adalah data uji dan percobaan 6-10 merupakan data latih

**Tabel 8.** Data Suhu Dan Kelembaban Debu Percobaan 1-5

data latih					
percobaan	1	2	3	4	5
suhu	33.8	33.1	33.6	33.7	34.2
kelembaban	69.3	69	70.2	67.7	65.6
flashover	79.3	83.7	78.3	83.5	78.4

**Tabel 9.** Data Suhu Dan Kelembaban Debu Percobaan 6-10

data uji					
percobaan	6	7	8	9	10
suhu	33.2	33.4	33.8	34.7	34.4
kelembaban	68.8	68.6	68.6	66.7	67
flashover	71	80.3	75.8	83.9	81.5

Perlu juga dilakukan normalisasi data, dan didapatkan hasil normalisasi data sebagai berikut :

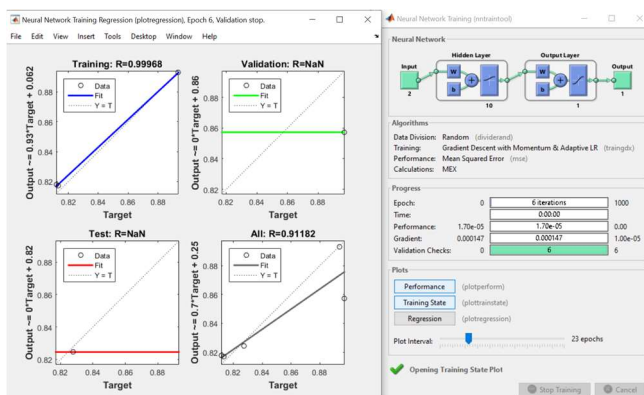
**Tabel 10.** Data Normalisasi Latih Debu

data latih					
input data	0.111024	0.1	0.107874	0.109449	0.117323
	0.670079	0.665354	0.684252	0.644882	0.611811
target data	0.827559	0.89685	0.811811	0.893701	0.813386

**Tabel 11.** Data Normalisasi Uji Debu

data uji					
input data	0.101575	0.104724	0.111024	0.125197	0.120472
	0.662205	0.659055	0.659055	0.629134	0.633858
target data	0.69685	0.843307	0.772441	0.9	0.862205

Setelah itu dilakukan *training* data.



**Gambar 3.** Hasil *Training* 1 Keping Isolator Kontaminan debu

Berdasarkan gambar 3 proses pelatihan berhenti pada iterasi 6 dari 1000 iterasi *epoch* yang diinginkan. Lalu didapatkan hasil *output* dan *error* dari simulasi dan dilakukan perhitungan.

**Tabel 12.** Hasil Error Data Latih Isolator Debu

Hasil Error Data Latih					
Output	0.8245	0.85719	0.81785	0.89295	0.8171
Error	0.003063	0.039656	-0.00604	0.000755	-0.0037138
SSE	9.38e-06	0.001573	3.65e-05	5.7e-07	1.37923e-05
MSE	0.000326574				

**Tabel 13.** Hasil Error Data uji Isolator Debu

Hasil Error Data Uji					
Output	0.83233	0.82857	0.86883	0.81527	0.81563
Error	-0.13548	0.01474	-0.09639	0.084732	0.046575
SSE	0.018355	0.000217	0.009292	0.00718	0.002169231
MSE	0.00744249				

Proses denormalisasi data output untuk melihat perbandingan data antara data target atau *flashover*

dengan hasil *output* dari pengujian jaringan syaraf tiruan.

**Tabel 14.** Perbandingan Eksperimen Dan Hasil Jst 1 Isolator Debu

perbandingan eksperimen dan hasil jst 1 isolator					
flashover eksperimen latih	79.3	83.7	78.3	83.5	78.4
flashover hasil jst latih	79.10575	81.18157	78.68348	83.45233	78.63585
flashover eksperimen uji	71	80.3	75.8	83.9	81.5
flashover hasil jst uji	79.60296	79.3642	81.92071	78.51965	78.54251

perbandingan dari nilai *flashover* eksperimen dengan nilai *flashover* hasil simulasi jaringan syaraf tiruan. Selisih dari nilai *flashover* eksperimen dengan nilai *flashover* hasil jaringan syaraf tiruan pada proses pelatihan mencapai 1%. Sedangkan selisih dari nilai *flashover* eksperimen dengan nilai *flashover* hasil jaringan syaraf tiruan pada proses pengujian juga mencapai 1%. Artinya pada proses uji pada simulasi jaringan syaraf tiruan pada 1 piringan isolator terkontaminasi debu sama sama baik.

Pengujian dilakukan menggunakan 7 keping isolator terkontaminasi lumut dan 7 keping isolator kontaminasi debu, Maka didapatkan perbandingan *epoch*, *performance*, *gradient*, dan MSE dari 7 keping isolator berlumut dan berdebu

**Tabel 15.** Perbandingan Nilai MSE Kontaminasi Lumut

Isolator	Training			Testing	
	Epoch (Iteration)	Performance	Gradient	MSE	MSE
1	254	3.55E-05	1.76E-05	0.000340422	0.001133507
2	198	2.24e-07	9.48e-06	0.000109908	0.00062305
3	168	6.74E-05	1.03E-04	0.001650352	0.004234534
4	258	4.86E-06	9.60E-06	0.000440638	0.001063314
5	6	8.05E-06	3.17E-05	0.000343594	0.000623812
6	247	2.80E-06	9.79E-06	4.67118E-05	0.002398527
7	252	6.40E-06	9.95E-06	0.000104714	0.000670439

Tabel 16. Perbandingan Nilai MSE Kontaminan Debu

Isolator	Training			Testing	
	Epoch (Iteration)	Performance	Gradient	MSE	MSE
1	6	1.70E-05	1.47e-04	0.00032 6574	0.00744 249
2	6	2.63E-06	1.02E-05	0.00027 0089	0.00072 0033
3	211	4.97E-06	1.94E-05	4.34394 E-05	0.00019 0097
4	6	3.83E-06	1.10E-05	0.00202 7577	0.00446 7119
5	244	6.45E-06	1.60E-05	0.00059 4	0.00189 1
6	6	3.95E-06	2.32E-05	0.00017 0623	0.00046 1118
7	234	1.39E-05	9.72E-06	1.2115 E-05	0.00073 9788

## V. KESIMPULAN

Implementasi jaringan syaraf tiruan – backpropagation untuk pengenalan *flashover* isolator 150 kV payakumbuh – Koto Panjang berhasil diterapkan dengan capaian nilai *flashover* dengan *outputnya* mendapatkan selisih yang kecil sehingga *error* yang diperoleh oleh pelatihan dan pengujian jaringan syaraf tiruan juga kecil. Artinya tegangan *flashover* tersebut dapat dikenali oleh pengujian jaringan syaraf tiruan. Dengan nilai parameter diukur dari jumlah *epoch*, *performance* dan *gradien* dengan hasil terbaik.

## REFERENSI

- [1] Y. Warmi and F. Ismail, “Perbaikan Desain Proteksi Petir Saluran Transmisi 150 kV Payakumbuh – Koto Panjang,” *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 7, no. 1, pp. 1–6, 2018, doi: 10.21063/jte.2018.3133701.
- [2] F. Yanti, “ANALISA PENGARUH KONTAMINAN ISOLATOR TERHADAP JUMLAH FLASHOVER PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV KOTO PANJANG-PAYAKUMBUH,” pp. 305–313, 2022.
- [3] Y. Warmi and K. Michishita, “Tower-footing resistance and lightning trip-outs of 150 kV transmission lines in west sumatra in Indonesia,” *MATEC Web Conf.*, vol. 215, pp. 4–11, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201821501022.
- [4] Y. Warmi, “Analisa Pengaruh Panjang Gap Arcing Horn Terhadap Jumlah Trip-out Pada Saluran Transmisi 150 kV Payakumbuh – Koto Panjang,” *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 8, no. 2, pp. 82–86, 2019, doi: 10.21063/jte.2019.3133815.
- [5] Y. WARMI and K. FEBRIAN, “Analisis Variasi Ketebalan Coating Senyawa Glasir terhadap Daya Tahan Dielektrik Isolator Keramik Saluran Transmisi 150kV,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 9, no. 2, p. 249, 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i2.249.
- [6] F. Lumeno, L. S. Patras, and I. F. Lisi, “Pengukuran Indeks Polusi Pada Sistem Minahasa Berdasarkan Nilai Esdd Dan Nsdd,” vol. 5, no. 2, pp. 50–58, 2016.
- [7] A. Indah, S. A. Hulukati, Yusrianto Malago, and Yusrianto Malago, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Arus Bocor Isolator,” *Electrician*, vol. 16, no. 1, pp. 110–115, 2022, doi: 10.23960/elc.v16n1.2242.
- [8] Armansyah, “Analisa Pengaruh Endapan Polutan Garam Pada Isolator Terhadap Arus Bocor,” *J. Electr. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 76–84, 2021.
- [9] A. Hasibuan and E. S. Nasution, “Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150kV Rantauprapat- Padang Sidempuan,” *J. Energi Elektr.*, vol. 5, no. 2, p. pp 49-54, 2016.
- [10] M. Fauzan, F. R. Yanti, M. A. Azzahra, A. Ahmad, and Y. Warmi, “Investigasi Flashover Pada Saluran Transmisi 150 kV Payakumbuh – Koto Panjang,” pp. 177–184, 2022.
- [11] Q. Wang, X. Liang, Y. Shen, S. Liu, Z. Zuo, and Y. Gao, “Lightning Flashover Characteristics of a Full-Scale AC 500 kV Transmission Tower with Composite Cross Arms,” *Engineering*, vol. 23, pp. 130–137, 2023, doi: 10.1016/j.eng.2021.09.021.
- [12] A. Aprianto, A. Syakur, and Yuningtyastuti, “Pengaruh Kelembaban dan Suhu Terhadap Karakteristik Arus Bocor pada Isolator Bahan Resin Epoksi dengan Pengisi Bahan Pasir Silika,” pp. 1–12, 2012.
- [13] A. Jaya, A. Syarifuddin, J. Teknik, E. Universitas, and M. Indonesia, “Pengaruh Equivalent Salt Deposit Density Terhadap Tegangan Flashover Bahan Isolasi Low Density Polyethylene ( LDPE ),” vol. 13, no. 1, pp. 42–45, 2019.

- [14] R. W. Macpherson, M. P. Wilson, I. V. Timoshkin, S. J. MacGregor, and M. J. Given, "Impulsive Flashover Characteristics and Weibull Statistical Analysis of Gas-Solid Interfaces with Varying Relative Humidity," *IEEE Access*, vol. 8, no. Li, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3046088.
- [15] S. Amalia, R. Andari, and R. Syukriansyah, "STUDI PEMODELAN SISTEM PENGONTROLAN SUHU RUANGAN," vol. 20, no. 2, pp. 175–180, 2020.
- [16] I. P. Sutawinaya, I. N. Gede, A. Astawa, N. Kadek, and D. Hariyanti, "Perbandingan Metode Jaringan Saraf Tiruan Pada Peramalan Curah Hujan," *J. Log.*, vol. 17, no. 2, pp. 92–97, 2017.
- [17] A. Haris, H. Slamet, B. H. Purnomo, and D. W. Soedibyo, "Model Jaringan Syaraf Tiruan untuk Prakiraan Harga Komponen Bahan Baku Pakan Unggas di PT XYZ Model of Artificial Neural Network for Price Forecasting of Poultry Feed Components at PT XYZ," vol. 9, no. 2, pp. 151–161, 2020.
- [18] B. Satria, "Prediksi Volume Penggunaan Air PDAM Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 2, no. 3, pp. 674–684, 2018, doi: 10.29207/resti.v2i3.575.
- [19] S. Irwanda, J. T. Hardinata, and I. S. Damanik, "Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dalam Memprediksi Jumlah Tilang di Kejaksaan Negeri Simalungun," *Pros. Semin. Nas. Ris. Inf. Sci.*, vol. 1, no. September, p. 697, 2019, doi: 10.30645/senaris.v1i0.76.
- [20] N. A. T, A. Murnomo, and A. Suryanto, "Implementasi Neural Network pada Matlab untuk Prakiraan Konsumsi Beban Listrik Kabupaten Ponorogo Jawa Timur," vol. 9, no. 1, 2019.

ISSN 2830-523X



#### Alamat Redaksi & Tata Usaha

Gedung Dharma Penelitian  
Jurusan Teknik Elektro - Fakultas Teknik  
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung  
Balunijuk, Kab. Bangka, Prov. Kep. Bangka Belitung  
Laman : <http://journal.ubb.ac.id/index.php/electron>  
e-mail : [jurnalelectron@gmail.com](mailto:jurnalelectron@gmail.com)