



TUGAS AKHIR – LI1956404

**SISTEM MONITORING GANGGUAN
TEGANGAN BERBASIS *INTERNET OF
THINGS* MENGGUNAKAN ESP 32**

Oleh

Muchammad Syahrul Ramadhani

NRP. 33112301008

Dosen Pembimbing

Dr. Kukuh Widarsono, M.T. Pembimbing I

Muhammad Furqon, M.T. Pembimbing II

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI MADURA

SAMPANG

2026



TUGAS AKHIR – LI1956404

**SISTEM MONITORING GANGGUAN
TEGANGAN BERBASIS *INTERNET OF
THINGS* MENGGUNAKAN ESP 32**

Oleh

Muchammad Syahrul Ramadhani

NRP. 33112301008

Dosen Pembimbing

Dr. Kukuh Widarsono, M.T. Pembimbing I

Muhammad Furqon, M.T. Pembimbing II

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI MADURA

SAMPANG

2026

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mahasiswa Politeknik Negeri Madura, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi:

Nama : Muchammad Syahrul ramadhani
NRP : 33112301008
Program Studi : D3 Teknik Listrik Industri
Jurusan : Teknologi Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dengan judul “Sistem Monitoring Gangguan Tegangan Berbasis Internet of Things Menggunakan ESP32”:

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada Tugas Akhir ini
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali

pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.

- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang di atas, maka Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Sampang, 4 Agustus 2026,

Vang Menyatakan



Muchammad Syahrul Ramadhani
NRP. 33112301008

LEMBAR PENGESAHAN
SISTEM MONITORING GANGGUAN TEGANGAN
BERBASIS *INTERNET OF THINGS* MENGGUNAKAN
ESP32

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelara Ahli Madya Teknik (A.Md.T.)

Pada
Jurusan Teknologi Elektro
Politeknik Negeri Madura

Oleh:
MUCHAMMAD SYAHRUL RAMADHANI
NRP. 33112301008

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal,2026
dan telah sesuai dengan ketentuan.

Disetujui Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Kukuh Widarsono, M.T......(Pembimbing I)
2. Muhammad Furqon, M.T......(Pembimbing II)
3. Mohammad Nur, S.Si., M.T......(Penguji I)
4. A Labib Fardany, S.Si., M.T.I......(Penguji II)
5. Nurir Rohmah, S.S., M.Ed......(Penguji III)

Sampang

05, Agustus 2026

LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR

Judul : Sistem Monitoring Gangguan Tegangan
Berbasis *Internet of Things* Menggunakan
ESP32

Penulis : Muchammad Syahrul Ramadhani

NRP : 33112301008

Program Studi : DIII Teknik Listrik Industri

Jurusan : Teknologi Elektro

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk disidangkan.
Ditandatangani di Gedung A, Politeknik Negeri Madura.

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II



Muhammad Furqon, M.T.
NIP. 199408102024061001

Dosen Pembimbing I



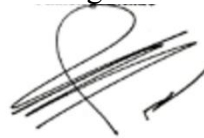
Dr. Kukuh Widarsono, M.T.
NIP: 198502232014041001

Koordinator Program Studi
Teknik Listrik Industri



Bayu Praharsena, S.ST., M.T.
NIP. 199405312019031009

Ketua Jurusan
Teknologi Elektro



Mohammad Nur, M.T.
NIP. 198605082019031007



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

ABSTRAK



SISTEM MONITORING GANGGUAN TEGANGAN BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32 DAN KOMUNIKASI GSM

Nama : Muchammad Syahrul Ramadhani
NRP : 33112301008
Dosen Pembimbing 1 : Dr. Kukuh Widarsono, M.T.
Dosen Pembimbing 2 : Muhammad Furqon, M.T.

ABSTRAK

Jaringan distribusi listrik merupakan bagian akhir dari sistem tenaga yang berfungsi menyalurkan energi listrik dari gardu distribusi kepada konsumen. Gangguan pada jaringan distribusi, seperti ketidakseimbangan beban, penurunan tegangan, atau arus berlebih, dapat menyebabkan penurunan kualitas daya serta mengganggu kontinuitas pelayanan. Oleh sebab itu, diperlukan suatu sistem monitoring yang mampu mengamati kondisi jaringan secara *real time* untuk mendeteksi indikasi gangguan sejak dini. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring gangguan pada jaringan distribusi dengan memanfaatkan sensor PZEM-004T sebagai perangkat akuisisi data untuk mengukur parameter tegangan, arus, dan daya. Mikrokontroler digunakan sebagai unit pemroses yang mengolah data sensor dan meneruskan informasi ke pusat pemantauan melalui modul komunikasi berbasis GSM. Pengujian dilakukan

melalui simulasi variasi beban dan kondisi gangguan untuk mengevaluasi akurasi pembacaan sensor serta keandalan sistem dalam mengirimkan data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan parameter listrik yang mengindikasikan gangguan serta mengirimkan informasi ke pusat monitoring dengan waktu respon yang relatif cepat. Dengan demikian, sistem ini dapat mendukung proses pengawasan jaringan distribusi secara lebih efektif dan berpotensi meningkatkan keandalan penyaluran energi listrik.

Kata Kunci: Monitoring, PZEM-004T, GSM



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

ABSTRACT



***VOLTAGE DISTURBANCE MONITORING SYSTEM IN IOT-
BASED DISTRIBUTION NETWORKS USING ESP32 AND
GSM COMMUNICATION***

Name : Muchammad Syahrul Ramadhani
NRP : 33112301008
Supervisor 1 : Dr. Kukuh Widarsono, M.T.
Supervisor 2 : Muhammad Furqon, M.T.

ABSTRACT

The electricity distribution network is the final part of the power system, channeling electrical energy from distribution substations to consumers. Disturbances in the distribution network, such as load imbalances, voltage drops, or excessive currents, can cause a decrease in power quality and disrupt service continuity. Therefore, a monitoring system capable of observing network conditions in real time is needed to detect indications of disturbances early. This study designs and implements a disturbance monitoring system in the distribution network by utilizing the PZEM-004T sensor as a data acquisition device to measure voltage, current, and power parameters. A microcontroller is used as a processing unit that processes sensor data and forwards the information to a monitoring center via a GSM-based communication module. Testing was carried out through simulations of load variations and disturbance conditions

to evaluate the accuracy of sensor readings and the reliability of the system in transmitting data. The test results show that the system can detect changes in electrical parameters that indicate disturbances and transmit information to the monitoring center with a relatively fast response time. Thus, this system can support the distribution network monitoring process more effectively and has the potential to improve the reliability of electrical energy distribution.

Keyword: Monitoring, PZEM-004T, GSM



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

KATA PENGANTAR



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur kepada Allah Yang Maha Esa yang telah memberi kekuatan, kemampuan, dan kesabaran kepada peneliti, sehingga peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Sistem Monitoring Gangguan Pada Jaringan Distribusi”. Tujuan penulisan tugas akhir adalah memenuhi salah satu persyaratan bagi mahasiswa untuk dapat menyelesaikan pendidikan Diploma-3 Program Studi Teknik Listrik Industri jurusan Teknologi Elektro di Politeknik Negeri Madura.

Laporan TA ini tidak akan selesai dengan baik tanpa bantuan, bimbingan, dan dorongan dari orang-orang yang berada di sekitar penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Kedua orang tua Ibu dan Bapak yang menjadi dasar semangat bagi penulis untuk bisa menyelesaikan pendidikan ini dengan sukses, dan terimakasih atas semua perjuangan dan usaha yang diberikan.
2. Ibu Laily Ulfiyah, M.T., Selaku Direktur Politeknik Negeri Madura, atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama menempuh pendidikan
3. Bapak M. Musta'in, M.T., Selaku Wakil Direktur I Bidang Akademik dan Kemahasiswaan, atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama menempuh pendidikan
4. Ibu Tristiandinda Permata, S.T.,M.T. Selaku Wakil Direktur II Bidang Perencanaan Keuangan dan umum, atas

- dukungan dan fasilitas yang diberikan selama menempuh pendidikan
5. Bapak Ir. Akhmad Arif Kurdianto, S.ST., M.T. selaku Wakil Direktur III Bidang Kemahasiswaan Kerjasama Dan Sistem Informasi, , atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama menempuh pendidikan
 6. Bapak Mohammad Nur, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknologi Elektro, atas fasilitas dan dukungan yang diberikan
 7. Bapak Ibrahim Saiful Millah, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Jurusan Teknologi Elektro, atas fasilitas dan dukungan yang diberikan
 8. Bapak Bayu Praharsena, S.ST., M.T, Koordinator Program Studi Teknik Listrik industri, atas fasilitas dan dukungan yang diberikan
 9. Bapak Dr. Kukuh Widarsono, M.T. Pembimbing I, atas bimbingan, arahan, solusi yang diberikan selama proses penelitian
 10. Bapak Muhammad Furqon, M.T. Pembimbing II, atas bimbingan, arahan, solusi yang diberikan selama proses penelitian.
 11. Seluruh dosen JTE yang sudah memberikan pelajaran dalam hidup yang sangat berkesan bagi saya

12. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Politeknik Negeri Madura yang telah memberikan ilmu, fasilitas, pelayanan, dan bantuan selama menempuh pendidikan.
 13. Teman-teman angkatan 12 Viking yang sudah memberikan semangat, ilmu dan menemani selama perjuangan ini
- Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam tugas akhir ini. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk tugas akhir ini.

Sampang, 22 Januari 2026,

Yang Menyatakan

Muchammad Syahrul Ramadhani
NRP. 33112301008



DAFTAR ISI



DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR....	ii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya	4

2.2	Landasan Teori	7
2.2.1	<i>Internet of Things (IoT)</i>	7
2.2.2	ESP32.....	8
2.2.3	PZEM-004T	9
2.2.4	Modul GSM SIM800L.....	10
2.2.5	Power Supply	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		13
3.1	Tahapan Penelitian	13
3.2	Diagram Alir Monitoring	14
3.3	Block Diagram	16
3.4	Desain Mekanik	18
3.5	Desain Elektrikal.....	19
3.6	Spesifikasi Alat	20
3.7	Spesifikasi Komponen	20
3.8	Rencana Anggaran Biaya	21
3.9	Jadwal Kegiatan Penelitian	22
BAB IV HASIL PEMBAHASAN		23
4.1	Kalibrasi Tegangan Menggunakan Multimeter .Digital.....	23

4.2	Kalibrasi Arus Menggunakan Clamp Meter.....	27
4.3	Perhitungan Daya Listrik Berdasarkan Tegangan dan Arus.....	32
4.4	Pengujian Monitoring pada <i>Blynk</i>	35
4.5	Pengujian GSM sim 800L	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		40
5.1	Kesimpulan.....	40
5.2	Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA		42
LAMPIRAN		44
BIODATA PENULIS		45

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat.....	20
Tabel 3. 2 Spesifikasi Komponen.....	20
Tabel 3. 3 Rencana Anggaran Biaya	21
Tabel 3. 4 Jadwal Kegiatan Penelitian.....	22
Tabel 4. 1 Kalibrasi Tegangan Menggunakan Multimeter Digital.....	24
Tabel 4. 2 Kalibrasi Arus Menggunakan <i>Clamp</i> Meter.....	28
Tabel 4. 3 Perhitungan Daya Listrik Berdasarkan Tegangan dan Arus.....	32
Tabel 4. 4 Pengujian GSM sim 800L	37



DAFTAR GAMBAR



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Internet of Things (IoT)	8
Gambar 2. 2 ESP32	9
Gambar 2. 3 PZEM 004T	10
Gambar 2. 4 GSM 800L	11
Gambar 2. 5 Power Supply	12
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	13
Gambar 3. 2 Diagram Alir Monitoring	14
Gambar 3. 3 Block Diagram	16
Gambar 3. 4 Desain Mekanik	18
Gambar 3. 5 Desain Elektrikal	19
Gambar 4. 1 kalibrasi Tegangan	26
Gambar 4. 2 Kalibrasi Arus	31
Gambar 4. 3 Pengujian Monitoring Pada Blynk	35
Gambar 4. 4 Pengujian Gsm Sim 800L	38



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTER



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTER



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTER

DAFTAR SIGKATAN DAN LAMBANG



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

IOT	: <i>Internet of Things</i>
DE	: <i>Driver Enable</i>
RE	: <i>Receiver Enable</i>
ESP	: <i>Espressif</i>
V	: <i>Volt</i>
A	: <i>Ampere</i>
GSM	: <i>Global System for Mobile Communications</i>
AC	: <i>Alternating Current</i>
LCD	: <i>Liquid Crystal Display</i>
MCB	: <i>Miniature Circuit Breaker</i>
RS	: <i>Recommended Standard</i>
GPRS	: <i>General Packet Radio Service</i>
CT	: <i>Current Transformer</i>



BAB 1

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jaringan distribusi listrik merupakan bagian penting dalam sistem energi listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik dari gardu induk kepada konsumen. Kinerja jaringan distribusi sangat mempengaruhi kualitas daya serta kontinuitas penyaluran energi listrik. Oleh karena itu, kinerja sistem distribusi menjadi faktor utama dalam menjaga stabilitas pelayanan listrik.

Identifikasi dalam operasionalnya, jaringan distribusi sering mengalami berbagai gangguan yang dapat menurunkan kualitas daya dan ketenangan sistem. Gangguan yang umum terjadi meliputi penurunan tegangan (*undervoltage*), kenaikan tegangan (*overvoltage*), arus berlebih ketidakseimbangan beban, serta gangguan akibat pemutusan pasokan secara tiba-tiba. Gangguan tersebut dapat menyebabkan kerusakan peralatan listrik, menurunkan efisiensi sistem, serta menimbulkan kerugian operasional listrik.

Di antara berbagai jenis gangguan tersebut, gangguan tegangan berupa (*overvoltage*) dan (*undervoltage*) merupakan kondisi yang sering terjadi pada jaringan distribusi. (*undervoltage*) umumnya disebabkan oleh beban berlebih atau penurunan kualitas suplai, sedangkan (*overvoltage*) dapat terjadi akibat lepasnya beban secara tiba-tiba atau gangguan pada sistem. Kedua kondisi tersebut

berpotensi menurunkan kinerja peralatan listrik serta memperpendek umur operasionalnya.

Proses identifikasi gangguan yang masih dilakukan secara manual cenderung membutuhkan waktu yang relatif lama, sehingga respon terhadap gangguan menjadi kurang optimal. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem monitoring yang mampu mendeteksi kondisi tegangan secara cepat, akurat, dan berkelanjutan menggunakan IOT

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem monitoring gangguan pada jaringan distribusi tenaga listrik yang dapat bekerja secara *real-time*?
2. Bagaimana cara mendeteksi (*overvoltage*) dan (*undervoltage*) pada jaringan distribusi?
3. Bagaimana mendeteksi kondisi gangguan tegangan berupa (*overvoltage*) dan (*undervoltage*) berdasarkan batas nilai tegangan yang ditentukan?

1.3 Batasan Masalah

1. Sistem yang dirancang hanya berfungsi untuk memonitor parameter tegangan listrik pada jaringan distribusi satu fasa.
2. Jenis gangguan yang dianalisis dibatasi pada gangguan dasar, seperti (*overvoltage*), (*undervoltage*),

3. Sensor yang digunakan dibatasi pada perangkat pengukuran digital, seperti PZEM atau sensor sejenis, tanpa melakukan analisis proteksi lanjutan.

1.4 Tujuan

1. Merancang dan membangun sistem monitoring yang mampu mendeteksi perubahan parameter listrik pada jaringan distribusi secara *real time* sebagai indikator awal terjadinya gangguan
2. Menentukan batasan nilai parameter listrik yang digunakan sebagai indikator gangguan, sehingga sistem mampu membedakan kondisi normal dan kondisi abnormal.
3. Melakukan pengujian kinerja sistem monitoring untuk mengevaluasi keandalan, akurasi pembacaan, dan respons sistem terhadap perubahan parameter jaringan.

1.5 Manfaat

1. Mempermudah proses analisis gangguan melalui data historis dan grafik parameter yang terekam pada sistem.
2. Mengurangi potensi kerusakan peralatan, karena gangguan dapat dideteksi lebih cepat sebelum menimbulkan dampak yang lebih besar.
3. Mempercepat proses identifikasi gangguan, sehingga waktu penanganan dan pemulihan (*restoration time*) dapat dipersingkat.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Pada bagian ini membahas tentang penelitian yang relevan dengan topik yang diusul oleh penulis:

Pada penelitian yang dilakukan oleh Suryanto, yang berjudul Pemantauan Catu Daya untuk Proteksi Listrik Menggunakan ESP32 Berbasis *Internet of Things (IoT)*' (2025). Pada penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan berbasis *Internet of Things (IoT)* dalam memonitor kondisi catu daya pada *relay* proteksi guna meningkatkan efisiensi pengawasan. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor PZEM-004T (AC) untuk mengukur parameter listrik berupa tegangan, arus, daya aktif, dan konsumsi energi secara *real-time*. Data hasil pengukuran ditampilkan secara lokal melalui modul LCD serta dapat diakses secara jarak jauh melalui platform IoT berbasis aplikasi Blynk. Tahapan implementasi sistem meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, kalibrasi sensor, serta pengujian performa sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pembacaan tegangan oleh sensor PZEM-004T memiliki tingkat akurasi yang baik dengan nilai *error* sebesar 0,44%. Namun demikian, terdapat selisih yang cukup signifikan pada pembacaan arus dan daya, yang dipengaruhi oleh karakteristik beban yang bersifat tidak linier.

Sistem ini berhasil mengimplementasikan fitur notifikasi *real-time* melalui platform IoT, sehingga memungkinkan pemantauan jarak jauh secara efektif. Penerapan sistem ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan sistem distribusi tenaga listrik melalui deteksi dini terhadap anomali daya[1].

Pada penelitian yang dilakukan oleh vastuwidya, yang berjudul sistem monitoring proteksi arus lebih menggunakan sensor pzem-004t berbasis mikrokontroler dan *internet of things* (2025). Pada enelitian ini merancang suatu sistem monitoring proteksi arus lebih berbasis mikrokontroler dan *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan sensor arus PZEM-004T. Sistem terdiri dari mikrokontroler Arduino ATmega328 sebagai pengendali utama, sensor PZEM-004T sebagai pendeteksi arus, modul *relay* sebagai perangkat proteksi, serta modul *WiFi* NodeMCU ESP8266 sebagai media komunikasi data. Sistem juga dilengkapi dengan basis data MySQL sebagai server penyimpanan data dan aplikasi berbasis web yang diakses melalui peramban Google untuk memantau kinerja sistem proteksi secara daring. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dan eksperimen. Pengujian dilakukan dengan mengukur kinerja sensor PZEM-004T, menguji keandalan sistem proteksi, serta mengevaluasi kinerja sistem monitoring pada *website*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa data hasil pengukuran sensor PZEM-004T dan data yang ditampilkan pada *website* memiliki persentase *error* rata-rata sebesar 6,4%. Selain itu, pada pengujian

sistem proteksi menggunakan tiga variasi nilai *set point* arus, diperoleh rata-rata waktu pemutusan rangkaian sebesar 171,6 milidetik[2].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Rafli Pratama, yang berjudul Implementasi dan Evaluasi Alat *Portable* untuk Pengunduhan Data *Setting* dan *Event* Relay 20 kV dalam Mendukung Analisa Gangguan Jaringan di Gardu Induk Jarak Jauh (2025). Pada Penelitian ini mengimplementasikan dan mengevaluasi kinerja alat *Portable* untuk mengunduh data *Setting* dan *event* relay 20 kV berbasis komunikasi RS-485 (Modbus RTU). Metode penelitian meliputi tahap perancangan perangkat, implementasi sistem, serta pengujian yang dilakukan di beberapa gardu induk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu mengunduh data *Setting relay* dengan tingkat keberhasilan 100% serta menghemat waktu lebih dari 70% dibandingkan metode manual. Data *event* berhasil dibaca secara lengkap dalam format COMTRADE dan CSV tanpa terjadinya *error* frame hingga jarak kabel 15 meter. Alat ini beroperasi secara stabil dengan konsumsi daya rata-rata sebesar 85 mA dan mampu digunakan selama ± 8 jam menggunakan baterai Li-ion berkapasitas 3000 mAh. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada pengembangan alat *Portable* mandiri tanpa memerlukan laptop, yang terbukti efisien dalam mempercepat proses analisis gangguan di wilayah terpencil, sehingga berkontribusi dalam meningkatkan keandalan jaringan distribusi tenaga Listrik[3].

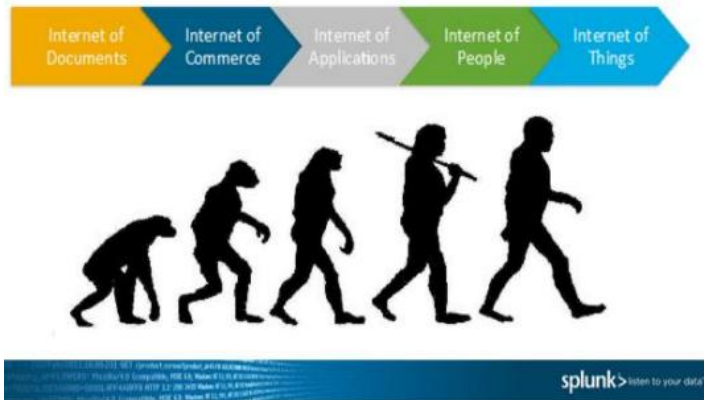
Pada penelitian yang dilakukan oleh Hidayat Nur Isnianto, yang berjudul sistem *telemonitoring* gangguan pada jaringan listrik secara *real time* dengan modul gsm' (2021). Pada Penelitian ini mengembangkan sistem yang mampu memberikan informasi kepada teknisi ketika terjadi gangguan pada jaringan, khususnya gangguan arus. Gangguan arus dideteksi menggunakan sensor arus ACS712 30 A, kemudian data hasil pengukuran diproses oleh Arduino untuk mengaktifkan motor servo sebagai pemutus beban. Selain melakukan pemutusan beban secara otomatis, sistem juga mengirimkan informasi status pemutus beban kepada petugas melalui modul GSM yang terhubung ke *handphone* pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik. Sensor arus ACS712 30 A memiliki tingkat *error* sebesar 0,6% pada pemutus beban 1 dan 2, serta 0,2% pada pemutus beban 3. Modul GSM mampu mengirim dan menerima perintah sesuai dengan kondisi sistem secara andal, di mana informasi yang diterima petugas sesuai dengan tampilan pada LCD sistem yang menampilkan data waktu dan tanggal kejadian gangguan[4].

2.2 Landasan Teori

2.2.1 *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep yang mengintegrasikan berbagai perangkat fisik yang dilengkapi dengan sensor, aktuator, dan kemampuan komunikasi ke dalam jaringan internet sehingga memungkinkan pertukaran

data secara otomatis tanpa interaksi manusia secara langsung. Dalam sistem IoT, setiap perangkat dapat mengumpulkan data dari lingkungan, memprosesnya, serta mengirimkan informasi tersebut ke pusat sistem untuk dianalisis dan ditampilkan.[5].



Gambar 2. 1 Internet of Things (IoT)

Sumber: <https://repository.cern/records/b0mft-5b722/preview/mcl1i01>

2.2.2 ESP32

ESP32 merupakan keluarga mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems dan banyak digunakan pada sistem berbasis *Internet of Things* (IoT). Mikrokontroler ini memiliki kemampuan komunikasi nirkabel yang terintegrasi, seperti *wifi* dan *bluetooth*, sehingga memungkinkan pertukaran data secara *real-time* tanpa memerlukan perangkat komunikasi tambahan.

Pada sistem monitoring dan pengendalian, ESP32 berfungsi sebagai unit pemroses utama yang bertugas membaca data dari sensor, mengolah informasi, serta mengirimkan data ke sistem pemantauan atau pusat kendali. Kemampuan integrasi dengan berbagai sensor dan aktuator menjadikan mikrokontroler ESP banyak digunakan pada aplikasi monitoring jaringan listrik.,[6]



Gambar 2. 2 ESP32

Sumber : <https://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/1148023/ESPRESSIF/ESP32.html>

2.2.3 PZEM-004T

PZEM-004T adalah modul sensor listrik yang digunakan untuk mengukur parameter listrik AC, seperti tegangan, arus, daya, energi, dan faktor daya. Modul ini menggunakan CT (*Current Transformer*) untuk mendeteksi arus yang mengalir pada beban, sehingga pengukuran daya dapat dilakukan secara akurat tanpa

memutus aliran listrik. PZEM-004T banyak digunakan dalam sistem monitoring energi, panel listrik, dan aplikasi berbasis mikrokontroler seperti ESP32 atau Arduino.

Modul ini mendukung komunikasi melalui UART TTL atau RS-485, memungkinkan pengiriman data jarak jauh dan penggunaan sistem *multi-drop*, di mana beberapa sensor dapat dipasang pada satu jalur komunikasi. Selain itu, PZEM-004T memiliki fitur proteksi terhadap *overvoltage* dan arus berlebih, sehingga aman digunakan pada berbagai instalasi listrik. Modul ini ideal untuk memantau konsumsi energi secara *real-time* dalam proyek rumah pintar maupun aplikasi industri ringan. [7]



Gambar 2. 3 PZEM 004T

Sumber: <https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/81GtKIOyZaL>

2.2.4 Modul GSM SIM800L

SIM800L merupakan modul komunikasi GSM/GPRS yang berfungsi untuk melakukan komunikasi jarak jauh melalui jaringan seluler. Modul ini memungkinkan sistem elektronik mengirim dan menerima data, seperti SMS, panggilan suara, maupun data GPRS, tanpa bergantung pada jaringan internet lokal.

Dalam sistem monitoring dan proteksi, SIM800L digunakan untuk mengirimkan informasi kondisi sistem atau notifikasi gangguan kepada pengguna melalui SMS atau panggilan telepon. Modul ini dikendalikan menggunakan perintah AT (*Attention Command*) yang dikirim oleh mikrokontroler. Dengan kemampuannya tersebut, SIM800L banyak dimanfaatkan pada sistem monitoring jarak jauh, sistem proteksi, serta aplikasi kendali berbasis komunikasi seluler [9].



Gambar 2. 4 GSM 800L

Sumber: [https://e-](https://e-gizmo.net/oc/kits%20documents/SIM800L%20module/SIM800L%20module)

[gizmo.net/oc/kits%20documents/SIM800L%20module/SIM800L%20module](https://e-gizmo.net/oc/kits%20documents/SIM800L%20module/SIM800L%20module)

2.2.5 Power Supply

Power supply merupakan perangkat yang berfungsi untuk mengubah sumber tegangan listrik AC menjadi tegangan searah (DC). Tegangan ini digunakan sebagai catu daya utama bagi sistem karena sesuai dengan kebutuhan kerja komponen elektronik seperti ESP32, sensor PZEM-004T, dan modul GSM. Dengan menggunakan tegangan DC yang stabil, seluruh rangkaian dapat beroperasi dengan baik dan aman.

Kapasitas arus sebesar 4–5 ampere menunjukkan kemampuan *power supply* dalam menyuplai arus yang cukup besar sesuai kebutuhan beban. Nilai arus ini diperlukan untuk

mengantisipasi kebutuhan arus puncak, terutama pada modul GSM saat proses pengiriman data, sehingga tidak terjadi penurunan tegangan yang dapat menyebabkan sistem bekerja tidak stabil atau mengalami reset. kecil. [10]



Gambar 2. 5 Power Supply

Sumber: [sssshttps://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/download/1407434/SCHURTER/POWERSUPPLY.html](https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/download/1407434/SCHURTER/POWERSUPPLY.html)



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

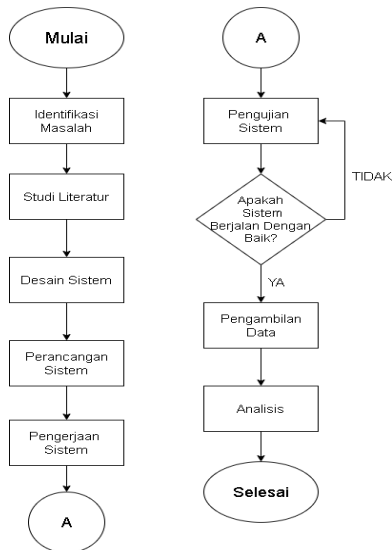


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian pada Tugas Akhir ini disusun untuk mendukung perancangan dan pembuatan panel proteksi dan monitoring *multi-channel* pada sistem distribusi daya 220V 10A berbasis mikrokontroler. Untuk mempermudah memahami tahapan-tahapan dalam penelitian ini, maka dibuatlah diagram alir penelitian sebagai berikut:



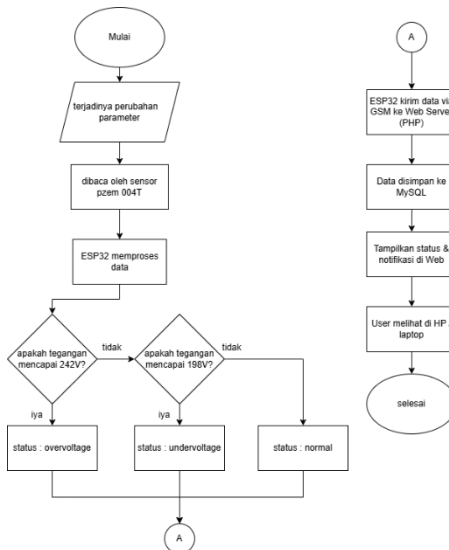
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada jaringan distribusi tenaga listrik. Permasalahan yang sering muncul adalah gangguan berupa

overvoltage, undervoltage, dan overcurrent yang belum dapat dipantau secara *real-time*. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem monitoring yang mampu mendeteksi dan menampilkan kondisi gangguan pada jaringan distribusi secara cepat dan akurat.

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari referensi berupa buku, jurnal ilmiah, dan penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan sistem monitoring jaringan distribusi tenaga listrik. Literatur yang dikaji meliputi konsep gangguan jaringan distribusi, penggunaan sensor PZEM, mikrokontroler ESP32, sistem komunikasi GSM, RTU, dan SCADA sebagai sistem pemantauan jarak jauh.

3.2 Diagram Alir Monitoring



Gambar 3. 2 Diagram Alir Monitoring

Proses kerja sistem diawali dari kondisi mulai, yaitu saat sistem diaktifkan dan siap melakukan pemantauan. Ketika terjadi perubahan parameter tegangan listrik pada jaringan distribusi, perubahan tersebut langsung dideteksi dan dibaca oleh sensor PZEM-004T. Sensor ini berfungsi untuk mengukur nilai tegangan secara terus-menerus sehingga setiap perubahan tegangan dapat terpantau secara real-time.

Data hasil pengukuran dari sensor kemudian dikirim ke mikrokontroler ESP32. ESP32 berperan sebagai pusat pemrosesan data yang menerima dan mengolah nilai tegangan yang diperoleh. Pada tahap ini, ESP32 membandingkan nilai tegangan dengan batas yang telah ditentukan untuk mengetahui kondisi sistem.

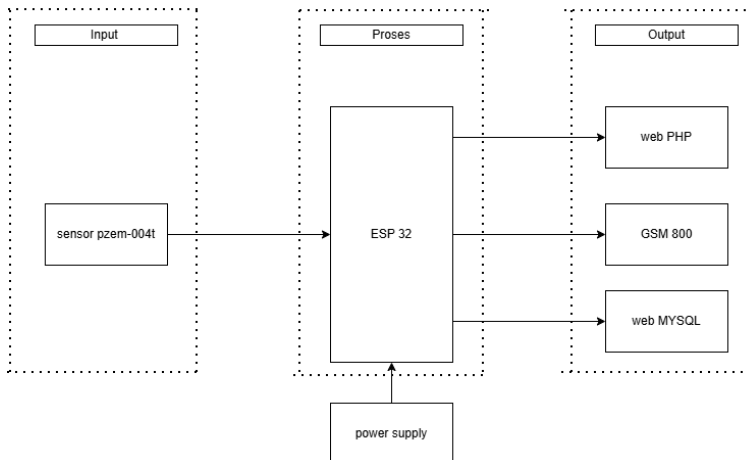
Setelah proses pengolahan, sistem melakukan pengambilan keputusan berdasarkan nilai tegangan. Jika tegangan mencapai atau melebihi 242 volt, maka sistem mengatur kondisi sebagai tegangan lebih. Jika tegangan berada pada atau di bawah 198 volt, maka sistem mendeteksi kondisi undervoltage. Sedangkan jika nilai tegangan berada di antara kedua batas tersebut, maka sistem menyimpulkan kondisi dalam keadaan normal.

Data hasil pengolahan beserta status kondisi sistem kemudian dikirim oleh ESP32 melalui modul GSM ke web server berbasis PHP. Penggunaan GSM memungkinkan pengiriman data dilakukan secara jarak jauh tanpa bergantung pada jaringan WiFi, sehingga sistem dapat diterapkan pada lokasi yang luas atau terpencil.

Data yang diterima oleh server kemudian disimpan ke dalam database MySQL sebagai media penyimpanan data monitoring. Selanjutnya, web PHP mengambil data dari database untuk ditampilkan kepada pengguna dalam bentuk informasi nilai tegangan dan status kondisi sistem.

Akhir dari proses ini adalah penampilan data pada halaman web monitoring yang dapat diakses melalui smartphone atau laptop. Dengan adanya tampilan ini, pengguna dapat memantau kondisi tegangan secara real-time serta mengetahui jika terjadi gangguan seperti tegangan lebih atau tegangan kurang, sehingga dapat segera melakukan tindakan yang diperlukan.

3.3 Block Diagram



Gambar 3. 3 Block Diagram

a. Input

Bagian input pada sistem ini berasal dari besaran parameter listrik pada jaringan yang akan dipantau. Parameter tersebut dibaca oleh sensor PZEM-004T sebagai data analog yang kemudian dikonversi menjadi data digital. Sensor ini berfungsi untuk mengukur nilai tegangan, arus, dan daya secara akurat sehingga sistem memperoleh data kondisi kelistrikan secara aktual sebagai dasar pemrosesan.

b. Proses

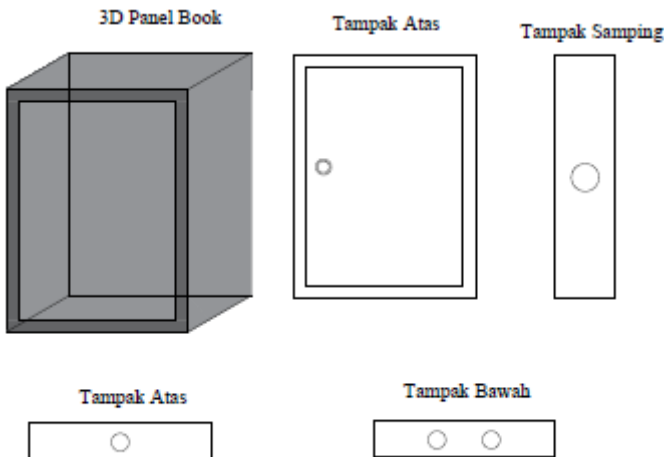
Data hasil pengukuran dari sensor PZEM-004T kemudian diteruskan ke ESP32 sebagai unit pemroses pusat. ESP32 berperan sebagai pengendali utama yang mengolah data mentah dari sensor sesuai dengan algoritma program yang telah ditanamkan. Dalam tahap ini, ESP32 juga mengatur jalur komunikasi data. Seluruh komponen pada blok proses ini mendapatkan suplai energi dari power supply untuk memastikan stabilitas kerja perangkat selama beroperasi secara kontinu.

c. Output

Bagian output dari sistem ini berupa informasi parameter listrik dan kondisi sistem yang dikirimkan ke berbagai platform monitoring. Web PHP menampilkan data tersebut secara real-time sehingga operator dapat melakukan pemantauan melalui antarmuka visual dengan mudah. Selain itu, informasi hasil pengukuran disimpan ke dalam Web

MySQL sebagai pusat basis data untuk keperluan pengarsipan dan analisis jangka panjang. Sistem juga dilengkapi dengan modul GSM 800 yang berfungsi untuk mengirimkan peringatan atau notifikasi jarak jauh. Informasi-informasi yang disajikan pada seluruh media output tersebut digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan apabila terjadi gangguan atau ketidaknormalan pada sistem kelistrikan yang dipantau.

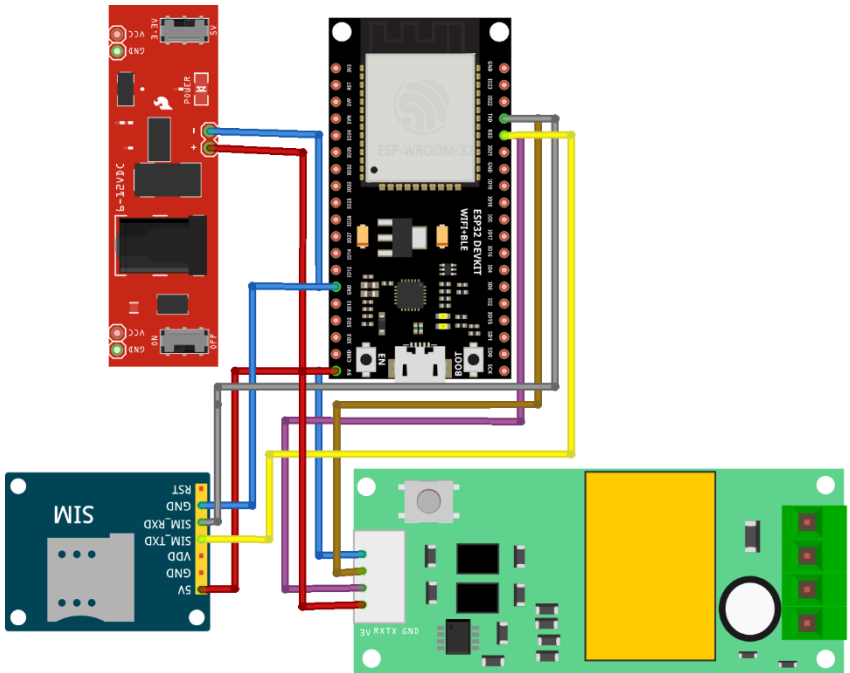
3.4 Desain Mekanik



Gambar 3. 4 Desain Mekanik

1. Body Case : Menggunakan besi dan ketebalan 3mm
2. Panjang panel : panjang 40m
- 3 lebar panel : lebar 30m
4. cover : menggunakan besi

3.5 Desain Elektrikal



Gambar 3. 5 Desain Elektrikal

Sistem bekerja saat ESP32, sensor PZEM-004T, dan modul GSM aktif. PZEM membaca tegangan lalu mengirim data ke ESP32 untuk diproses. ESP32 menentukan kondisi: *overvoltage* ($\geq 242V$), *undervoltage* ($\leq 198V$), atau normal. Hasilnya dikirim melalui GSM ke web server, disimpan di database, dan ditampilkan ke pengguna. Proses ini berlangsung terus-menerus secara real-time

3.6 Spesifikasi Alat

Berisi semua spesifikasi alat dan bahan yang digunakan pada penelitian.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat

No.	Nama Alat	Fungsi
1.	Solder dan Timah	Untuk menyambung komponen elektronik
2.	Gergaji Besi / Pemotong	Untuk memotong bahan mekanik seperti pipa atau plat besi.
3.	Alat Las dan Gerinda Mini	Untuk menyambung dan merapikan bagian alat mekanik
4.	Laptop / Scada	Sebagai sistem monitoring
5.	Power Supply 5V DC	Sebagai sumber daya utama untuk sistem.

3.7 Spesifikasi Komponen

Tabel 3. 2 Spesifikasi Komponen

No.	Nama Komponen	Spesifikasi	Fungsi
1.	ESP32	Dual-core 32-bit Xtensa LX6 (hingga 240 MHz) {2, 7}	Sebagai pusat kendali sistem rangkain
2.	Sensor Pzem 004t	80-260V AC (Resolusi 0.1V, Akurasi $\pm 0.50\%$).	Menggerakkan sistem parkir secara vertikal (rotasi).
3.	GSM SIM800L	tegangan operasi 3.4V-4.4V, baud rate hingga 115200bps,	Sebagai komunikasi seluler (GSM/GPRS)

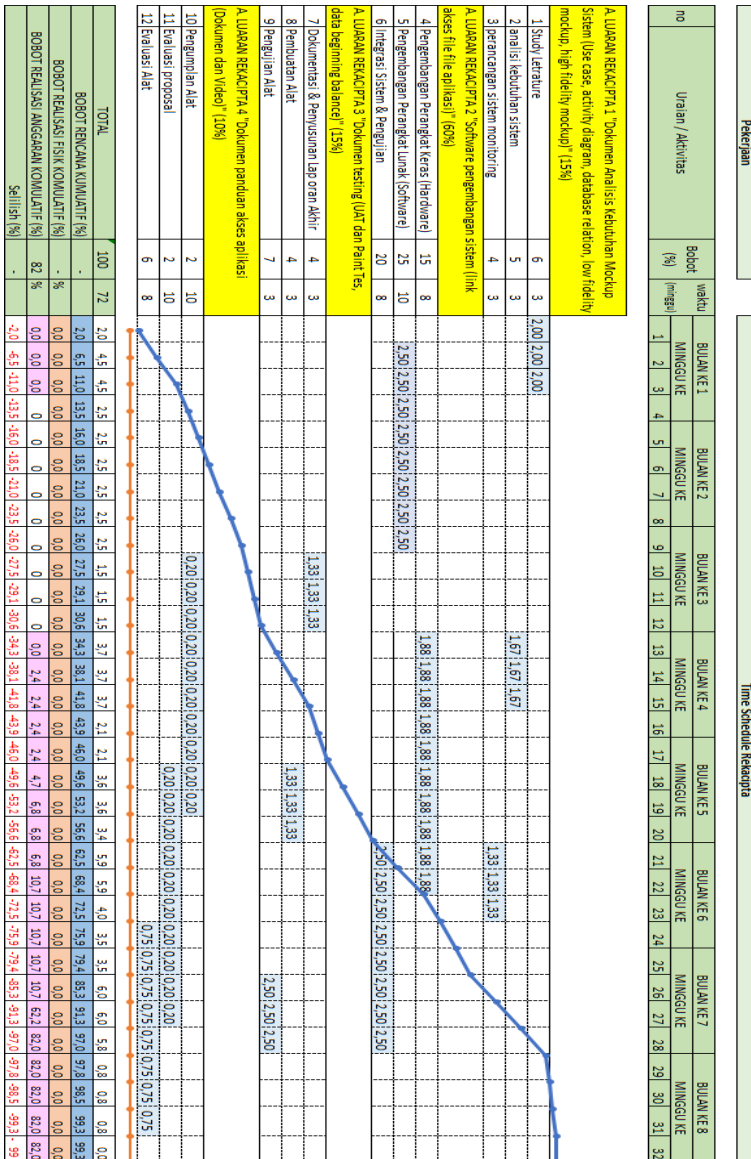
3.8 Rencana Anggaran Biaya

Tabel 3. 3 Rencana Anggaran Biaya

No.	Alat dan Bahan	Jumlah	Harga	Total
	Bahan untuk Rangka dan Alat			
1.	Box Panel	1 Pcs	Rp 350.000	Rp 350.000
2.	Terminal Block	1 Pcs	Rp 50.000	Rp 50.000
3.	Din Rail	3 Pcs	Rp 11.000	Rp 33.000
4.	Baut Skrup Box 1cm	4 Pcs	Rp 250	Rp 2.500
5.	ESP32	1 pcs	Rp 65.000	Rp 65.000
6.	Pzem 004T	1 pcs	Rp 122.000	Rp 122.000
7.	Power Supply 5v	1 pcs	Rp 65.000	Rp 65.000
8.	Kebutuhan lain lain	-	Rp 200.000	Rp 200.000
Total Harga				Rp 707.500

3.9 Jadwal Kegiatan Penelitian

Tabel 3. 4 Jadwal Kegiatan Penelitian





BAB 4

HASIL PEMBAHASAAN



BAB IV

HASIL PEMBAHASAN

Bab IV menjelaskan hasil diskusi data dan hasil tes pengujian. Pengujian alat ini melibatkan beberapa jenis pengujian, yaitu:

1. Kalibrasi Tegangan Menggunakan Multimeter Digital
2. Kalibrasi Arus Menggunakan Clamp Meter
3. Perhitungan Daya Listrik Berdasarkan Tegangan dan Arus
4. Pengujian Sistem Monitoring Menggunakan Blynk
5. Pengujian GSM sim 800L

Berikut adalah dari penjelasan pengujian tersebut :

4.1 Kalibrasi Tegangan Menggunakan Multimeter Digital

Pengujian kalibrasi tegangan dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sistem dalam mengukur tegangan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran menggunakan multimeter digital sebagai alat ukur acuan terhadap hasil pembacaan sensor PZEM-004T yang ditampilkan pada aplikasi Blynk. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali pada sumber tegangan PLN tanpa penambahan beban. Hasil pengujian selanjutnya dianalisis berdasarkan selisih nilai pengukuran dan persentase kesalahan.

Tabel 4. 1 Kalibrasi Tegangan Menggunakan Multimeter Digital

No	Jam	Tanggal	Tegangan (V)		Selisih (V)	Error (%)
			AlatUkur	Blynk		
1	13.12	30-07-2026	183,7	183,2	0,5	0,27
2	13.15	30-07-2026	186,6	186,2	0,4	0,21
3	13.29	30-07-2026	191,9	190,2	1,7	0,88
4	13.32	30-07-2026	194,8	194,3	0,5	0,25
5	13.35	30-07-2026	200,5	200,3	0,2	0,09
6	13.37	30-07-2026	221,2	221,0	0,2	0,09
7	13.41	30-07-2026	240,8	240,4	0,4	0,16
8	13.45	30-07-2026	242,7	242,5	0,2	0,08
9	13.48	30-07-2026	243,7	243,2	0,5	0,20
10	13.50	30-07-2026	244,5	244,3	0,2	0,08

Berdasarkan data yang tercantum pada Tabel 4.1, pengujian rentang tegangan dilakukan pada kisaran 181,8 V sampai dengan 244,2V. Dari hasil kalkulasi, diperoleh rerata

selisih pembacaan sebesar 0,48 V dengan rata-rata persentase *error* sebesar 0,236%.

Untuk mengevaluasi tingkat akurasi sistem, digunakan dua parameter matematis utama, yaitu nilai selisih dan persentase error (kesalahan relatif). Adapun persamaan matematis yang digunakan

1. Selisih Pembacaan

Nilai menyatakan besarnya selisih mutlak antara hasil pengukuran alat ukur acuan dengan nilai yang terbaca oleh sistem monitoring:

$$\Delta V = |V_{\text{Alat Ukur}} - V_{\text{Blynk}}|$$

Keterangan:

- $V_{\text{Alat Ukur}}$ = Nilai tegangan hasil pengukuran Multimeter Digital (Volt)
- V_{Blynk} = Nilai tegangan terbaca pada aplikasi Blynk (Volt)

2. Persentase Error

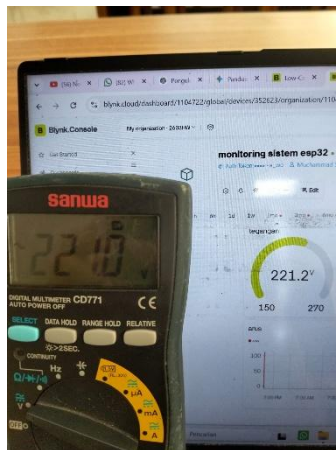
Persentase error digunakan untuk menentukan persentase penyimpangan hasil pembacaan sensor terhadap nilai sebenarnya dari alat ukur acuan:

$$\text{Error (\%)} = \left(\frac{|V_{\text{Alat Ukur}} - V_{\text{Blynk}}|}{V_{\text{Alat Ukur}}} \right) \times 100\%$$

Pengujian dilakukan sebanyak 10 (sepuluh) kali percobaan dengan memberikan variasi input tegangan listrik yang diatur menggunakan Variak (Variable Autotransformer). Data hasil

perbandingan antara pengukuran Multimeter Digital dengan pembacaan aplikasi Blynk disajikan pada Tabel 4.1.

Berdasarkan nilai kesalahan relatif tersebut, dapat dihitung bahwa tingkat akurasi sistem monitoring tegangan berbasis ESP32 dan PZEM-004T mencapai 99,80%. Nilai persentase error sebesar 0,197% menunjukkan bahwa perbedaan antara hasil pembacaan sistem dengan alat ukur acuan relatif kecil. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem yang dirancang memiliki tingkat ketelitian yang baik dalam membaca dan memantau perubahan tegangan pada jaringan distribusi.



Gambar 4. 1 kalibrasi Tegangan

Berdasarkan Gambar 4.1, multimeter digital menunjukkan nilai tegangan sebesar 222,2 V, sedangkan aplikasi Blynk menampilkan nilai 222,7 V. Selisih pembacaan sebesar 0,5% menunjukkan bahwa data yang ditampilkan oleh sistem monitoring memiliki perbedaan yang sangat kecil dibandingkan alat ukur

acuan. Perbedaan tersebut masih berada dalam batas toleransi pengukuran dan menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan data tegangan secara akurat.

Kalibrasi Tegangan untuk mengukur tingkat ketelitian dan keandalan sensor PZEM-004T yang terintergrasi dengan ESP32 dalam memproses data tegangan listrik. Nilai parameter yang didapatkan dari pembacaan sistem (ditampilkan melalui aplikasi Blynk) kemudian dibandingkan secara langsung dengan nilai pengukuran dari alat ukur standar, yaitu Multimeter Digital (AVO Meter).

4.2 Kalibrasi Arus Menggunakan Clamp Meter

Pengujian kalibrasi arus dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan arus pada sensor PZEM-004T. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai arus hasil pembacaan sensor PZEM-004T yang ditampilkan pada aplikasi Blynk dengan hasil pengukuran menggunakan tang ampere digital sebagai alat ukur referensi. Pengujian dilakukan menggunakan beberapa variasi beban dengan pengambilan data sebanyak 10 kali. Hasil pengukuran kemudian dianalisis berdasarkan nilai selisih dan persentase error untuk mengetahui tingkat akurasi sensor.

tabel 4. 2 Kalibrasi Arus Menggunakan Clamp Meter

No	Jam	Tanggal	Beban	Arus (A)		Selisih (A)	Error (%)
				Alat Ukur	Blynk		
1	19.27	30-07-2026	Solder + <i>Charger Laptop</i>	0,28	0,27	0,01	0,03
2	19.30	30-07-2026	Solder	0,07	0,04	0,03	0,4
3	19.40	30-07-2026	<i>Charger Laptop</i>	0,21	0,18	0,03	0,14
4	19.45	30-07-2026	Magic Com	0,08	0,07	0,01	0,12
5	19.54	30-07-2026	<i>Charger HP</i>	0,05	0,01	0,04	0,8
6	19.56	30-07-2026	<i>Charger HP + Charger Laptop</i>	0,27	0,23	0,05	0,14
7	20.04	30-07-2026	<i>Charger Laptop + Magic Com</i>	0,32	0,27	0,05	0,15
8	20.08	30-07-2026	<i>Charger Laptop +</i>	0,35	0,30	0,05	0,14

No	Jam	Tanggal	Beban	Arus (A)		Selisih (A)	Error (%)
				Alat Ukur	Blynk		
			<i>Charger</i> HP + <i>Magic</i> <i>Com</i>				
9	20.15	30-07-2026	Kipas Angin	0,27	0,24	0,03	0,11
10	20.22	30-07-2026	Solder + Kipas Angin	0,22	0,17	0,05	0,22

Berdasarkan data yang tercantum pada Tabel 4.2, pengujian dilakukan pada variasi beban dengan rentang arus 0,28A sampai dengan 0,27 A. Dari hasil kalkulasi, diperoleh rerata selisih (*mean deviation*) pembacaan sebesar 0,035A (dengan rata-rata persentase *error* sebesar 0,225%)

Untuk mengevaluasi tingkat akurasi sistem dalam mengukur arus, digunakan tiga parameter matematis utama, yaitu nilai selisih (*deviasi*), persentase *error* (kesalahan relatif), dan tingkat akurasi sistem.

1. Selisih Pembacaan

Nilai menyatakan besarnya selisih mutlak antara hasil pengukuran alat ukur acuan dengan nilai yang terbaca oleh sistem monitoring:

$$\Delta I = |I_{\text{Alat Ukur}} - I_{\text{Blynk}}|$$

Keterangan:

- $I_{\text{Alat Ukur}}$ = Nilai arus hasil pengukuran Multimeter Digital (A)
- I_{Blynk} = Nilai arus terbaca pada aplikasi Blynk (A)

2. Persentase Error

Persentase error digunakan untuk menentukan persentase penyimpangan hasil pembacaan sensor terhadap nilai sebenarnya dari alat ukur acuan:

$$\text{Error (\%)} = \left(\frac{|I_{\text{Alat Ukur}} - I_{\text{Blynk}}|}{I_{\text{Alat Ukur}}} \right) \times 100\%$$

3. Tingkat Akurasi Sistem

Nilai akurasi sistem secara keseluruhan ditentukan berdasarkan pengurangan nilai sempurna (100%) dengan rata-rata persentase error yang diperoleh:

$$\text{Akurasi (\%)} = 100\% - \text{Rata-Rata Error (\%)}$$

Pengujian dilakukan sebanyak 10 (sepuluh) kali percobaan menggunakan kombinasi variasi beban peralatan elektronik rumah tangga yang berbeda. Data hasil perbandingan antara pengukuran Multimeter Digital dengan pembacaan aplikasi Blynk disajikan pada Tabel 4.2



Gambar 4. 2 Kalibrasi Arus

Berdasarkan Gambar 4.2 aplikasi Blynk menunjukkan nilai arus sebesar 0,34A, sedangkan alat ukur menunjukkan nilai sebesar 0,35A. Hasil pengukuran menunjukkan selisih sebesar 0,01A. Persentase error dapat dihitung dengan membandingkan selisih pengukuran terhadap nilai alat ukur sebagai acuan, sehingga diperoleh error sebesar 2,86%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembacaan arus pada sistem monitoring memiliki perbedaan yang relatif kecil terhadap alat ukur acuan.

Berdasarkan Gambar 4.2 aplikasi Blynk menunjukkan nilai arus sebesar 0,34A. Nilai tersebut merupakan hasil pembacaan sensor PZEM-004T yang diproses oleh ESP32 dan ditampilkan pada aplikasi Blynk. Pengujian pembacaan arus dilakukan untuk mengetahui

tingkat ketelitian dan keandalan sensor PZEM-004T yang terintegrasi dengan ESP32 dalam mengukur arus listrik. Nilai arus yang diperoleh dari sistem kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur acuan berupa multimeter digital (AVO meter). Perbandingan tersebut digunakan untuk mengetahui selisih dan persentase error pembacaan arus sehingga dapat diketahui tingkat ketelitian sistem monitoring.

4.3 Perhitungan Daya Listrik Berdasarkan Tegangan dan Arus

Perhitungan daya dilakukan untuk mengetahui nilai daya listrik berdasarkan hasil pengukuran tegangan, arus, dan faktor daya yang diperoleh dari sensor PZEM-004T. Perhitungan daya digunakan untuk mengetahui besarnya daya aktif yang digunakan oleh beban listrik pada setiap kondisi pengujian.

tabel 4. 3 Perhitungan Daya Listrik Berdasarkan Tegangan dan Arus

No	Jam	Tanggal	Beban	Tegangan	Arus	Daya (W)
1	19.27	30-07-2026	Solder + <i>Charger</i> Laptop	220	0,27	59,4

No	Jam	Tanggal	Beban	Tegangan	Arus	Daya (W)
2	19.30	30-07-2026	Solder	187	0,04	7,48
3	19.40	30-07-2026	<i>Charger Laptop</i>	192	0,18	34,56
4	19.45	30-07-2026	Magic Com	200	0,07	14
5	19.54	30-07-2026	<i>Charger HP</i>	202	0,01	2,02
6	19.56	30-07-2026	<i>Charger HP + Charger Laptop</i>	217	0,23	49,91
7	20.04	30-07-2026	<i>Charger Laptop + Magic Com</i>	222	0,27	59,94
8	20.08	30-07-2026	<i>Charger Laptop + Charger HP + Magic Com</i>	233	0,30	69,9
9	20.15	30-07-2026	Kipas Angin	244	0,24	58,56

No	Jam	Tanggal	Beban	Tegangan	Arus	Daya (W)
10	20.22	30-07-2026	Solder + Kipas Angin	244	0,17	41,48

Perhitungan daya dilakukan untuk memperoleh nilai daya listrik berdasarkan hasil pengukuran tegangan dan arus pada setiap kondisi beban. Nilai daya diperoleh dengan mengalikan tegangan yang terukur dengan arus yang terukur. Rumus yang digunakan dalam perhitungan daya adalah sebagai berikut:

$$P=V \times I$$

Keterangan:

P = daya listrik (Watt)

V = tegangan listrik (Volt)

I = arus listrik (Ampere)

Sebagai contoh perhitungan pada data pertama dengan tegangan sebesar 220 V dan arus sebesar 0,27 A, maka:

$$P=V \times I$$

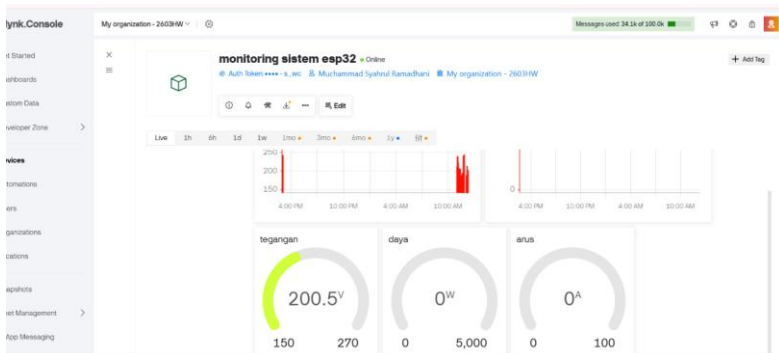
$$P=220 \times 0,27$$

$$P=59,4 \text{ Watt}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, diperoleh nilai daya sebesar 59,4 Watt. Perhitungan yang sama dilakukan pada seluruh data pengujian berdasarkan nilai tegangan dan arus yang diperoleh.

4.4 Pengujian Monitoring pada *Blynk*

Pengujian aplikasi Blynk dilakukan untuk mengetahui keberhasilan komunikasi antara ESP32 dengan platform IoT *Blynk* dalam mengirimkan data hasil pembacaan sensor PZEM-004T. Data yang dikirimkan berupa parameter tegangan, arus, daya, energi, serta status kondisi sistem. Pengujian dilakukan dengan memberikan beberapa variasi beban listrik untuk melihat perubahan nilai parameter yang ditampilkan pada dashboard *Blynk*



Gambar 4. 3 Pengujian Monitoring Pada Blynk

Dokumentasi hasil pengujian aplikasi *Blynk* ditunjukkan pada Gambar 4.3 Berdasarkan tampilan dashboard tersebut, seluruh parameter hasil pembacaan sensor PZEM-004T berhasil dikirim dan ditampilkan pada aplikasi *Blynk* sesuai dengan kondisi beban yang diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi data antara ESP32 dan platform *Blynk* telah berjalan dengan baik melalui jaringan internet.

Berdasarkan hasil pengujian, terdapat kendala pada tampilan grafik parameter daya saat aplikasi *Blynk* diakses melalui

perangkat laptop, di mana grafik tidak dapat ditampilkan secara normal. Sementara itu, pada perangkat smartphone, grafik parameter daya dapat ditampilkan dengan baik. Perbedaan tersebut diduga dipengaruhi oleh kompatibilitas perangkat, perbedaan tampilan antarmuka web dan aplikasi seluler, atau gangguan sementara pada layanan *Blynk*. Meskipun demikian, proses pengiriman data dari ESP32 ke platform *Blynk* tetap berjalan dengan baik, sehingga seluruh nilai parameter pengukuran masih dapat dipantau secara *real-time*.

4.5 Pengujian GSM sim 800L

Pengujian modul GSM SIM800L dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengirimkan informasi gangguan melalui layanan *Short Message Service* (SMS) kepada pengguna. Pengujian dilakukan dengan memberikan kondisi tegangan yang melebihi batas normal *overvoltage* maupun di bawah batas normal *undervoltage*. Ketika kondisi tersebut terdeteksi oleh sensor PZEM-004T, ESP32 akan memproses data hasil pembacaan kemudian mengirimkan perintah kepada modul SIM800L untuk mengirimkan notifikasi berupa SMS ke nomor telepon yang telah ditentukan.

tabel 4. 4 Pengujian GSM sim 800L

No	Kondisi pengujian	Tanggal	Jam	Delay (Detik)	Status
1	Undervoltage (186,2V)	12-08-2026	13.35	11,26	Berhasil
2	Undervoltage (193,6V)	12-08-2026	13.40	9,83	Berhasil
3	Overvoltage (244,,1V)	12-08-2026	14.11	11,82	Berhasil
4	Overvoltage (243,7V)	12-08-2026	14.15	6,61	Berhasil
5	Undervoltage (189,1V)	12-08-2026	14.18	7,12	Berhasil

Berdasarkan data pada Tabel 4.4, pengujian pengiriman SMS melalui modul SIM800L dilakukan pada kondisi (*undervoltage*) dan (*overvoltage*). Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh kondisi gangguan berhasil terdeteksi dan SMS notifikasi berhasil diterima oleh pengguna. Waktu delay pengiriman SMS pada setiap pengujian berada pada rentang 6,61 detik hingga 11,82 detik. Rata-rata waktu delay pengiriman SMS dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\bar{t} = \frac{\sum \text{Delay}}{n}$$

$$\bar{t} = \frac{11,26 + 9,83 + 11,82 + 6,61 + 7,12}{5}$$

$$\bar{t} = \frac{46,04}{5}$$

$$\bar{t} = 9,209 \text{ detik}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, diperoleh rata-rata waktu pengiriman SMS sebesar 4 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa modul GSM SIM800L mampu mengirimkan notifikasi gangguan dengan waktu respons yang relatif cepat. Perbedaan waktu pengiriman SMS dapat dipengaruhi oleh kualitas sinyal operator seluler, kondisi jaringan GSM, serta kestabilan komunikasi antara ESP32 dan modul SIM800L. Meskipun demikian, selama pengujian seluruh SMS berhasil diterima oleh pengguna sehingga sistem dapat memberikan informasi gangguan secara otomatis dan tepat waktu.



Gambar 4. 4 Pengujian Gsm Sim 800L

Berdasarkan Gambar 4.3, sistem berhasil mengirimkan pesan notifikasi melalui SMS ketika terjadi perubahan kondisi tegangan. Pada tampilan dashboard *Blynk* terlihat status *overvoltage* dengan nilai tegangan sebesar 243,7 V, sedangkan pada layar ponsel terlihat SMS yang diterima pengguna berupa

pesan peringatan "(warning *overvoltage*) 244,2. V". Selain itu, pada pengujian sebelumnya sistem juga berhasil mengirimkan notifikasi *undervoltage* dengan nilai tegangan yang sesuai dengan hasil pembacaan sensor



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari perancangan dan pengujian dari Sistem Monitoring Gangguan Tegangan pada Jaringan Distribusi Berbasis IOT Menggunakan ESP32 dan GSM , dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem monitoring berhasil dirancang dengan menggunakan ESP32 sebagai pengolah data, sensor PZEM-004T sebagai pembaca parameter kelistrikan, serta Blynk sebagai media pemantauan secara real-time.
2. Sistem mampu mendeteksi perubahan kondisi parameter kelistrikan berdasarkan batas gangguan yang telah ditentukan dan memberikan informasi kondisi sistem melalui notifikasi SMS menggunakan modul SIM800L.
3. Sensor PZEM-004T mampu membaca parameter kelistrikan berupa tegangan, arus, daya, faktor daya, dan energi yang kemudian dikirimkan dan ditampilkan pada aplikasi Blynk.

5.2 Saran

1. Tampilan monitoring pada aplikasi Blynk dapat dikembangkan dengan fitur tambahan seperti grafik riwayat data dan informasi gangguan yang lebih lengkap.
2. Pengujian sistem dapat dilakukan dengan variasi beban dan kondisi gangguan yang lebih beragam untuk mengetahui tingkat keandalan sistem secara lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Khoerudin, S. Watmah, U. Bina, and S. Informatika, “Pemantauan Catu Daya untuk Proteksi Listrik Menggunakan ESP32 Berbasis Internet of Things (IOT),” *IMTechno J. Ind. Manag. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 94–99, 2025.
- [2] A. S. Lesmana *et al.*, “SISTEM MONITORING PROTEKSI ARUS LEBIH MENGGUNAKAN SENSOR PZEM-004T BERBASIS MIKROKONTROLER DAN INTERNET OF THINGS,” *VASTUWIDYA*, vol. 8, no. 1, pp. 32–38, 2025.
- [3] R. Pratama, E. L. Talakua, and M. S. Bhuwana, “Implementasi dan Evaluasi Alat Portable untuk Pengunduhan Data Setting dan Event Relay 20 kV dalam Mendukung Analisa Gangguan Jaringan di Gardu Induk Jarak Jauh Design of a 20 kV Setting and Event Relay Data Download Tool to Support Portable Remote Substa,” *TELEKONTRAN J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 13, no. 2, pp. 231–239, 2025.
- [4] H. N. Isnianto, Y. W. Setyono, and S. Lestari, “LISTRIK SECARA REAL TIME DENGAN MODUL GSM TELEMONITORING SYSTEM OF DISORDER ON ELECTRICAL NETWORK IN REAL-TIME WITH GSM MODULE,” *J. Elektro Telekomun. Terap.*, vol. 8, no. 1, pp. 945–956, 2021.
- [5] A. Daneels and W. Salter, “WHAT IS SCADA?,” in *International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems*, 1999, pp. 339–343.
- [6] R. Pasic, T. Sciences, and N. Macedonia, “ESP-NOW communication protocol with ESP32,” *J. Univers. Excell.*, no. 1, pp. 53–60, 2021, doi: 10.37886/ip.2021.019.
- [7] P. Harahap, F. I. Pasaribu, and M. Adam, “Prototype

- Measuring Device for Electric Load in Households Using the Pzem-004T Sensor,” *budapest Int. Res. exact Sci.*, pp. 347–361.
- [8] D. Aribowo and M. Otong, “Remote Terminal Unit (RTU) SCADA Pada Jaringan Tegangan Menengah 30 KV,” *SETRUM*, vol. 3, no. 2, pp. 2–7, 2014.
- [9] e-G. M. Central, “SIM800L module.pdf.”
- [10] U. S. Proposition and T. Data, “Power Supply Power Supply,” *accessories*, pp. 1–3, 2015.

LAMPIRAN



BIODATA PENULIS



Dilahirkan di Surabaya, 23 Oktober 2005. Anak dari Ibu Aida Muhliza dan Ayah achmad Cholil, penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis Bertempat tinggal di Bulak Rukem Timur, RT.03, RW. 01, Desa Bulak, Kecamatan Bulak, Kota

Surabaya Jawa Timur. Riwayat pendidikan penulis adalah, lulusan SDN Tanah Kali Kedinding 1 Surabaya pada tahun 2017, lulusan SMP Taruna Jaya 1 Surabaya pada tahun 2020, dan lulusan SMK PGRI 4 Surabaya pada tahun 2023. Pada tahun 2023 penulis melanjutkan studi di Perguruan Tinggi Politeknik Negeri Madura di Jurusan Teknologi Elektro, Program Studi DIII Teknik Listrik Industri. Selama berkuliah di Politeknik Negeri Madura, penulis juga aktif dalam mengikuti Organisasi Mahasiswa yaitu Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknologi Elektro. Dalam menempuh pendidikan ini, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “Sistem Monitoring Gangguan Tegangan Berbasis IOT Menggunakan ESP32 dan Komunikasi GSM”