

**PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING KWH METER DENGAN  
KOMUNIKASI MODBUS RTU UNTUK EFISIENSI ENERGI LISTRIK DI  
PT. GEMALA KEMPA DAYA**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Strata Satu (S1)  
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara



Oleh :

**DEFANY KUSWANDI**

**41037002211018**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA  
2025**

## LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Defany Kuswandi

NIM : 410370022018

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa Skripsi yang berjudul :

**PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING KWH METER DENGAN KOMUNIKASI MODBUS RTU UNTUK EFISIENSI ENERGI LISTRIK DI PT. GEMALA KEMPA DAYA**, dibuat dengan sebenar-benarnya dari penelitian, pemikiran, dan pemaparan hasil saya sendiri, untuk melengkapi sebagai pernyataan menjadi Sarjana (S1) pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara Bandung, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari buku Skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan jenjang Sarjana (S1) di lingkungan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara Bandung maupun perguruan- perguruan tinggi atau instansi manapun kecuali bagian yang sumber informasi dicantumkan sebagaimana mestinya.

Bandung, 15 April 2025

Yang membuat pernyataan,

**DEFANY KUSWANDI**  
**NIM. 41037002211018**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING KWH METER DENGAN**  
**KOMUNIKASI MODBUS RTU UNTUK EFISIENSI ENERGI LISTRIK DI PT.**  
**GEMALA KEMPA DAYA**

Disusun dan diajukan oleh :

**DEFANY KUSWANDI**

**41037002211018**

Disetujui dan disahkan pada sidang skripsi pada tanggal :

**Bandung, 15 April 2025**

Pembimbing 1

Pembimbing 2

**Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc.**

**Ir. Joko Haryatno, M.T.**

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Prodi Teknik Elektro

**Dr. Ricky Yoseptry, S.T., M.M.Pd.**

**Muhammad Zimamul Adli, S.Si., M.Si.**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**REVISIAN SKRIPSI**

**PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING KWH METER DENGAN  
KOMUNIKASI MODBUS RTU UNTUK EFISIENSI ENERGI LISTRIK DI  
PT. GEMALA KEMPA DAYA**

Telah Direvisi

Oleh :

**DEFANY KUSWANDI**

**41037002211018**

**Bandung, 07 Oktober 2025**

Mengesahkan,

Penguji I

Penguji II

**Dr. Iksal Rachman, M.T.**

**Muhammad Zimamul Adli, M.Si.**

Ketua Sidang

**Dr. Ricky Yoseptry, M.M.Pd.**

## BIODATA PENULIS



Nama : Defany Kuswandi  
Tempat, Tanggal Lahir : Bandung, 15 Mei 2001  
Telepon : 0895-1539-5194  
Email : [Defanykuswandi5988@gmail.com](mailto:Defanykuswandi5988@gmail.com)  
Riwayat Pendidikan : SDN Tanjung Sari 2  
Mts Ypp Darul Hikam  
SMKN 1 Soreang

## KATA PENGANTAR

Segala puji penulis haturkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa terselesaikannya karya ini tidak terlepas dari dorongan semangat serta bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, dari berbagai pihak. Dengan penuh ketulusan dan rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih dan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi:

1. Allah SWT yang selalu senantiasa memberikan kesehatan, kekuatan dan petunjuk kepada penulis. Dan penulis memohon karya ini bisa bermanfaat
2. Apang dan Ujang Koswan atas segala dukungan, baik dalam bentuk motivasi, doa, maupun bantuan materi, yang telah diberikan sebagai orang tua. Juga adik tersayang Dehanum Kuswandi serta segenap keluarga besar atas dukungan moral dan semangat yang terus mengalir kepada penulis.
3. Prof. Dr. Endang Komara, M.Si. selaku Rektor Universitas Islam Nusantara, atas dukungan yang memungkinkan penulis mengenyam pendidikan di universitas yang dicintai ini.
4. Dr. Ricky Yoseptry, S.T., M.M.Pd., selaku dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Nusantara, yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis selama perkuliahan.
5. Bapak Muhammad Zimamul Adli, M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro satas bimbingan, arahan, dan kesabaran dalam menolong penulis menuntaskan skripsi ini
6. Bapak Ganis Sanhaji S.Si, M.Sc., selaku dosen pembimbing 1 yang selalu memberi dukungan, bimbingan, arahan, saran dan dorongan semangat yang diberikan kepada penulis hingga skripsi ini dapat diselesaikan.
7. Bapak Ir. Joko Haryanto, M.T., selaku dosen pembimbing 2 yang selalu memberi dukungan, bimbingan, arahan, masukan serta semangat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Rekan seperjuangan skripsi yang saling memberi dukungan selama proses penyusunan skripsi.

9. Teman-teman Fakultas Teknik 2021 yang selalu memberikan semangat kepada penulis.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhirnya, Penulis menyadari bahwa karya ini belum sempurna. Maka, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Bandung, 15 April 2025

**DEFANY KUSWANDI**  
**NIM. 41037002211018**

## ABSTRAK

Nama : Defany Kuswandi  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : Pengembangan Sistem Monitoring kWh Meter dengan Komunikasi Modbus RTU untuk Efisiensi Energi Listrik di PT. Gemala Kempa Daya.

Penurunan emisi GRK menjadi prioritas nasional dengan target sebesar 132,25 juta ton CO<sub>2</sub> pada 2030, namun monitoring konsumsi listrik di industri masih belum optimal, untuk itu penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring kWh meter berbasis Modbus RTU terintegrasi *IoT*. Metode penelitian yang dipakai yakni *Research and Development (R&D)*, dimulai dengan identifikasi kebutuhan, diikuti perancangan *hardware* dan *software*, lalu implementasi serta evaluasi pada 34 titik kWh meter di PT Gemala Kempa Daya. Selanjutnya, pengujian real-time selama Februari - Mei 2024 menunjukkan efisiensi rata-rata 42%. Dengan demikian, sistem ini terbukti efektif meningkatkan efisiensi energi, akurasi data, dan transparansi pemantauan sekaligus mengurangi *human error*.

Kata Kunci: Digitalisasi, Monitoring Energi, Modbus RTU, *IoT*, Efisiensi Energi.

## ABSTRACT

*Name : Defany Kuswandi*

*Departement : Electrical Engineering*

*Title : Development of kWh Meter Monitoring System with Modbus RTU Communication for Electrical Energy Efficiency at PT. Gemala Kempa Daya*

*Reducing GHG emissions is a national priority, with a target of cutting 132.25 million tons of CO<sub>2</sub> by 2030; however, monitoring electricity consumption in industry remains suboptimal. Therefore, this study aims to develop a Modbus RTU-based kWh meter monitoring system integrated with IoT. The research method employed is Research and Development (R&D), beginning with a needs assessment, followed by hardware and software design, and proceeding to implementation and evaluation at 34 kWh meter points at PT Gemala Kempa Daya. Real-time testing from February to May 2024 demonstrated an average efficiency improvement of 42%. Consequently, the system has proven effective in enhancing energy efficiency, data accuracy, and monitoring transparency while reducing human error.*

*Keywords: Digitalization, Energy Monitoring, Modbus RTU, IoT, Energy Efficiency*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>REVISIAN SKRIPSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>BIODATA PENULIS.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian Manfaat Teoritis.....	5
1.5 Manfaat Praktis .....	5
1.6 Manfaat Sosial.....	6
1.7 Metode Penelitian .....	6
1.8 Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II LANDASAN TEORI.....</b>	<b>7</b>
2.1. <i>State of the art</i> .....	7
2.2. Monitoring Energi Listrik .....	13
2.3. Energi Listrik .....	14
2.4. KWh Meter Socomec Diris A40.....	16
2.5. Protokol <i>Modbus</i> .....	17
2.6. Komunikasi <i>RS-485</i> .....	19
2.7. <i>Modbus RTU</i> .....	20
2.8. Kerangka Berpikir.....	22
<b>BAB III PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI SISTEM .....</b>	<b>23</b>

3.1	Metode Penelitian .....	23
3.2	Tahapan Perencanaan Penelitian .....	23
3.3	Blok Diagram Sistem.....	24
3.4	Perencanaan Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ).....	25
3.5	Perencanaan Pengukuran dan Pengujian Serta Analisis .....	28
3.6	Area Penelitian.....	29
3.7	Daftar Objek Penelitian .....	30
<b>BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISIS .....</b>		<b>32</b>
4.1	<i>Remapping</i> Area kWh Meter .....	32
4.2	<i>Flow Power Meter Plant</i> .....	32
4.3	<i>Monitoring Software Topology</i> .....	34
4.4	Pengujian Data Konsumsi Energi .....	35
4.5	<i>Trial dan Error</i> .....	36
4.6	Perencanaan Ulang Estimasi Energi .....	38
4.7	Hasil Evaluasi Manajemen Produksi .....	40
4.8	Hasil Akhir Pengembangan .....	42
4.9	Analisis Total Konsumsi kWh.....	44
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>45</b>
5.1	Kesimpulan .....	45
5.2	Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>48</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>52</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pencatatan Manual Energy.....	13
Gambar 2. 2 Rumus Konsumsi Energy.....	14
Gambar 2. 3 KWh Meter Socomec A40.....	16
Gambar 2. 4 Struktur Modbus .....	18
Gambar 3. 1 Flow Chart Penelitian.....	23
Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem .....	24
Gambar 3. 3 Modbus Socomec A40 .....	25
Gambar 3. 4 Eth Gateway .....	27
Gambar 3. 5 Flow Chart Pengujian.....	28
Gambar 3. 6 Logo PT. Gemala Kempa Daya .....	30
Gambar 3. 7 Denah Plant Jakarta PT. Gemala Kempa Daya.....	30
Gambar 4. 1 Lokasi Objek Penelitian .....	32
Gambar 4. 2 Flow Process Objek Penelitian .....	33
Gambar 4. 3 Software Topology.....	35
Gambar 4. 4 Grafik Data Bulan Februari.....	37
Gambar 4. 5 Grafik Data Bulan Maret.....	39
Gambar 4. 6 Grafik Data Bulan April.....	41
Gambar 4. 7 Grafik Data Bulan Mei.....	43

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 State of the art .....	7
Tabel 2. 2 Spesifikasi kWh Meter Socomec A40 .....	16
Tabel 2. 3 Fitur kWh Meter Socomec A40.....	17
Tabel 2. 4 Register Modbus RTU .....	20
Tabel 3. 1 Perencanaan Perangkat Keras .....	25
Tabel 3. 2 Spesifikasi Modbus Socomec A40 .....	26
Tabel 3. 3 Daftar Objek Penelitian .....	31
Tabel 4. 1 Data Konsumsi Bulan Februari.....	36
Tabel 4. 2 Data Konsumsi Bulan Maret.....	38
Tabel 4. 3 Data Konsumsi Bulan April.....	40
Tabel 4. 4 Data Konsumsi Bulan Mei.....	42
Tabel 4. 5 Total Konsumsi Periode Februari Sampai Mei.....	44

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Dalam upaya menanggulangi perubahan iklim, Indonesia terus berkomitmen menekan emisi GRK, khususnya di sektor energi. Hingga akhir 2023, penurunan emisi tercatat mencapai 123,22 juta ton CO<sub>2</sub>, angka yang melampaui target awal. Ke depan, Indonesia menargetkan pengurangan sebesar 358 juta ton CO<sub>2</sub> pada 2030.

Guna mewujudkan target penurunan emisi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) telah menjalankan sejumlah strategi, antara lain peningkatan efisiensi energi, pemanfaatan energi terbarukan, penggunaan bahan bakar rendah karbon, penerapan teknologi pembangkit ramah lingkungan, serta kegiatan reklamasi pasca tambang.

Menurut Eniya, upaya mitigasi yang diproyeksikan memberikan kontribusi terbesar terhadap penurunan emisi GRK pada tahun 2030 adalah efisiensi energi dan penerapan Energi Baru dan Terbarukan (EBT). Target pengurangan emisi dari efisiensi energi sendiri ditetapkan sebesar 132,25 juta ton CO<sub>2</sub>. Eniya menambahkan bahwa langkah ini relatif mudah dilakukan, salah satunya melalui peningkatan efisiensi pada peralatan rumah tangga.

Aksi mitigasi efisiensi energi mencakup manajemen energi (36,14 juta ton CO<sub>2</sub>), efisiensi peralatan rumah tangga (83,84 juta ton), PJUTS hemat energi (1,76 juta ton), kendaraan listrik (7,23 juta ton), efisiensi memasak (3,23 juta ton), dan JCM Indonesia (0,032 juta ton).

Lebih dari 50% target penurunan emisi ditopang oleh implementasi Energi Baru Terbarukan (EBT) dengan total kontribusi sebesar 181 juta ton CO<sub>2</sub>. Rinciannya meliputi: 97,01 juta ton dari pembangkit EBT dalam RUPTL, 27,59 juta ton dari PLTS/PLTA Wilus dan sistem off-grid, 47,53 juta ton dari bahan bakar nabati, 0,44 juta ton dari pemanfaatan langsung, serta 8,88 juta ton dari co-firing.

Menurut Eniya, penurunan emisi dari teknologi energi bersih ditargetkan mencapai 21,53 juta ton CO<sub>2</sub>, terdiri atas 7,42 juta ton dari CCT PLTU batubara dan 14,12 juta ton dari PLT gas baru. Sementara itu, mitigasi lewat bahan bakar rendah karbon ditargetkan sebesar 16,83 juta ton CO<sub>2</sub>, mencakup fuel switching transportasi (0,14 juta ton), konversi minyak tanah ke LPG (15,39 juta ton), pemanfaatan gas alam (0,003 juta ton), dan jaringan gas kota (1,29 juta ton). Tambahan lainnya berasal dari reklamasi tambang dengan target 5,84 juta ton CO<sub>2</sub>.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji sistem monitoring energi menggunakan *Modbus RTU*, seperti yang dilakukan oleh Irwan Dinata et al. (2015), yang merancang sistem monitoring energi listrik berbasis *Modbus RTU* untuk memperoleh data konsumsi secara manual dan lokal. Sementara itu, Dirgantara dan Pradana (2022) mengembangkan sistem *smart metering* pada industri dengan protokol *RS-485* dan *Modbus* untuk mengevaluasi efisiensi daya. Namun, kedua penelitian tersebut belum mengintegrasikan sistem dengan teknologi *cloud* dan *platform Internet of Things (IoT)* secara komprehensif, serta belum dilakukan implementasi langsung pada area industri yang kompleks. Oleh karena itu, penelitian ini dikembangkan untuk membangun sistem monitoring kWh meter digital berbasis *Modbus RTU* dengan akses *real-time* dan integrasi *cloud* yang mampu memberikan efisiensi energi secara signifikan di lingkungan industri manufaktur.

Meskipun penelitian yang dilakukan oleh Irwan Dinata et al. (2015) telah mengembangkan sistem monitoring energi listrik menggunakan protokol *Modbus RTU*, sistem tersebut masih bersifat lokal dan belum memanfaatkan teknologi *cloud* maupun visualisasi data secara *real-time*. Sistem monitoring yang mereka rancang juga belum mendukung akses jarak jauh dan masih bergantung pada pencatatan manual, sehingga efektivitasnya dalam efisiensi energi belum optimal. Di sisi lain, penelitian yang dilakukan oleh Dirgantara dan Pradana (2022) mengusulkan sistem *smart metering* di lingkungan industri menggunakan komunikasi *RS-485* dan protokol *Modbus*. Namun, penelitian tersebut tidak mencakup integrasi sistem berbasis *Internet of Things (IoT)* secara menyeluruh, serta belum dilakukan implementasi langsung dalam skala besar dengan pembagian area monitoring yang kompleks. Berbeda dengan kedua penelitian tersebut, penelitian ini tidak hanya

mengintegrasikan sistem monitoring kWh meter dengan protokol komunikasi *Modbus RTU* dan *platform cloud* berbasis *IoT*, tetapi juga telah diuji langsung di lingkungan industri manufaktur yang nyata, serta dilengkapi dengan visualisasi data secara *real-time* untuk mendukung analisis efisiensi energi secara lebih akurat dan menyeluruh.

Industri manufaktur, khususnya sektor otomotif, memang merupakan salah satu sektor yang membutuhkan konsumsi energi listrik yang besar dalam proses produksinya. Penggunaan energi listrik yang efisien menjadi sangat penting untuk menjaga keberlanjutan operasional dan meningkatkan produktivitas. Namun, monitoring energi listrik di industri manufaktur sering kali belum optimal, yang dapat menyebabkan potensi pemborosan energi dan biaya yang tinggi. Hal ini menunjukkan perlunya sistem yang lebih baik untuk memantau dan mengelola penggunaan energi secara efektif.

Pengembangan Sistem Monitoring kWh meter menggunakan serial komunikasi *Modbus RTU* menjadi semakin penting dalam konteks efisiensi energi listrik. Dalam era teknologi yang terus berkembang, kebutuhan untuk memantau penggunaan energi secara *real-time* telah menjadi krusial. Dengan sistem ini, pengguna dapat mengakses data konsumsi listrik secara akurat dan cepat, sehingga memudahkan dalam mengidentifikasi pola penggunaan dan mendeteksi pemborosan energi.

*Modbus RTU* merupakan protokol komunikasi yang banyak digunakan dalam sistem otomasi industri. Keunggulannya terletak pada kemudahan integrasi dengan perangkat keras yang ada, serta kemampuannya untuk menghubungkan berbagai perangkat dalam satu sistem. Dengan menerapkan *Modbus RTU*, pengguna dapat mengakses data konsumsi energi secara *real-time*, memudahkan analisis dan pengambilan keputusan.

Implementasi sistem monitoring energi berbasis *Modbus RTU* tidak hanya memberikan visibilitas yang lebih baik terhadap penggunaan energi, tetapi juga memungkinkan analisis yang lebih mendalam untuk pengambilan keputusan yang berbasis data. Dengan adanya informasi yang terkumpul, pengguna dapat merencanakan strategi penghematan energi dan mengoptimalkan penggunaan listrik, sehingga berkontribusi pada pengurangan biaya operasional dan dampak

lingkungan. Digitalisasi ini, pada akhirnya, mendukung upaya menuju keberlanjutan energi dan efisiensi yang lebih tinggi di sektor industri maupun komersial.

Pengembangan monitoring kWh meter memungkinkan pengumpulan data yang lebih akurat dan cepat. Data ini dapat digunakan untuk analisis yang lebih mendalam, seperti memprediksi kebutuhan energi, mengidentifikasi waktu puncak konsumsi, dan merencanakan penggunaan energi yang lebih efisien. Dengan pemantauan yang kontinu, pengguna dapat mengurangi pemborosan energi dan meningkatkan efisiensi secara keseluruhan.

Dengan kemampuannya untuk menghubungkan berbagai elemen dalam jaringan, *Modbus RTU* memungkinkan akuisisi data yang cepat dan akurat. Informasi yang diperoleh dari sistem ini dapat digunakan untuk analisis yang lebih mendalam dan perencanaan penghematan energi. Implementasi digitalisasi monitoring ini diharapkan dapat mengurangi biaya operasional dan mendukung upaya keberlanjutan dengan meminimalkan jejak karbon dari konsumsi energi, menjadikan sistem ini sebagai solusi yang relevan dalam menghadapi tantangan efisiensi energi saat ini.

Pada 2023, 76,4% anggaran Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan dialokasikan untuk program yang berdampak langsung bagi masyarakat, seperti Bantuan Pasang Baru Listrik dan penyediaan Alat Memasak Listrik. Bersama pemangku kepentingan, upaya pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan difokuskan pada program utama seperti penambahan pembangkit dan transmisi listrik, gardu induk, jaringan distribusi, serta gardu distribusi. Namun demikian, dalam pelaksanaan pembangunan infrastruktur tersebut masih terdapat beberapa kendala dan tantangan terkait lahan dan tata ruang, izin lingkungan, persetujuan harga jual tenaga listrik, pendanaan, performa kontraktor, legalitas, masalah sosial, dan masalah teknis lainnya. Maka dengan itu Digitalisasi dan Efisiensi Energi ini sangat penting.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana merancang sistem digitalisasi untuk monitoring kWh meter?
2. Bagaimana mengidentifikasi tren efisiensi energi setelah sistem ini terpasang?
3. Seberapa efektif sistem ini dalam mencegah *human error*?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengembangkan sistem monitoring yang terintegrasi dengan komunikasi *Modbus RTU* dan teknologi *IoT*.
2. Menganalisis pola konsumsi energi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi di perusahaan.
3. Mengurangi kesalahan manusia dalam pencatatan dan pembacaan data penggunaan listrik.

## **1.4 Manfaat Penelitian Manfaat Teoritis**

1. Menambah wawasan dalam bidang *Internet of Things (IoT)* dan automasi industri, khususnya dalam pemantauan energi listrik.
2. Mengembangkan penelitian terkait sistem komunikasi data berbasis *Modbus RTU* untuk efisiensi dalam pemantauan konsumsi listrik.
3. Memperkuat dasar teoritis dalam implementasi *smart metering system* sebagai bagian dari konsep *Smart Grid* untuk optimasi distribusi energi listrik.

## **1.5 Manfaat Praktis**

1. Mempermudah pemantauan konsumsi listrik secara *real-time* tanpa perlu pencatatan manual.
2. Mengurangi kesalahan manusia dalam membaca dan mencatat data penggunaan listrik.
3. Meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan energi dengan data yang lebih akurat dan transparan.

## **1.6 Manfaat Sosial**

1. Meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap efisiensi energi dan penggunaan listrik yang lebih bijak.
2. Mendorong transparansi dalam pencatatan dan penagihan listrik, sehingga mengurangi potensi sengketa antara pelanggan dan penyedia listrik.
3. Mengurangi ketergantungan pada pencatatan manual oleh petugas lapangan, sehingga meningkatkan efisiensi kerja dan keselamatan tenaga kerja.

## **1.7 Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development (R&D)*, yakni metode yang bertujuan mengembangkan atau menyempurnakan produk melalui proses sistematis serta terstruktur.

## **1.8 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dalam skripsi ini disusun sebagai berikut :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Membahas tentang latar belakang, maksud dan tujuan, ruang lingkup kajian, sistematika penulisan laporan ini.

### **BAB II : LANDASAN TEORI**

Membahas teori-teori yang relevan sebagai dasar pembahasan mengenai bagian-bagian dari alat yang akan dibahas.

### **BAB III : PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI SISTEM**

Mendeskrripsikan rencana perakitan yang memuat komponen-komponen penting dalam proses desain alat serta membuat program berbasis *IoT* untuk menjalankan *hardware* yang telah dirakit.

### **BAB IV : PEMBAHASAN DAN ANALISIS**

Mencatat data dari rangkaian yang telah disusun dibuat serta memberikan analisis data terhadap rangkaian tersebut.

### **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Membahas tentang Kesimpulan dan Saran yang diambil oleh penulis terhadap Proposal tugas akhir yang dibuat.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. *State of the art*

Tabel 2. 1 *State of the art*

No	Penulis	Judul	Hasil Penelitian
1.	Andy Nur Haryanto. (2024)	Rancang Bangun Sistem Monitoring Energi Listrik di PT Porto Indonesia Sejahtera Berbasis <i>IoT</i>	Sistem memanfaatkan <i>ESP32</i> dan power meter IEM 3255 dengan protokol <i>Modbus RS-485</i> . Data dikirim ke <i>dashboard</i> berbasis web melalui koneksi internet. Hasil pengujian menunjukkan error sangat kecil (<1%), transmisi data stabil, dan sistem dapat otomatis terhubung kembali setelah mati listrik. Sistem terbukti membantu perusahaan dalam memantau konsumsi energi listrik dan mendukung program efisiensi.
2.	Imaduddin, A., Wardhany, A. K., & Hatib, S. (2025)	Sistem Monitoring Trainer Kit PLTPH Berbasis <i>ESP32</i> dan <i>PLC</i> dengan <i>Modbus TCP/IP</i>	Penelitian ini menghasilkan sistem monitoring untuk trainer kit pembangkit listrik tenaga panas bumi skala kecil (PLTPH), dengan komunikasi <i>Modbus TCP/IP</i> . Sistem menggunakan <i>ESP32</i> dan <i>PLC</i> untuk memantau parameter tegangan dan frekuensi secara

			<i>real-time</i> . Akurasi pengukuran tinggi (<1%) dan sistem dapat bekerja stabil tanpa gangguan koneksi selama 30 menit pengujian. Cocok digunakan untuk edukasi dan simulasi sistem energi di dunia industri.
3.	Nugraha, A. W., dkk. (2023)	Sistem Monitoring kWh-Meter Digital Berbasis <i>IoT</i> pada Laboratorium Peralatan Medis	Sistem dikembangkan untuk laboratorium peralatan medis menggunakan <i>ESP32</i> dan <i>NodeMCU</i> . Fokus utama adalah pada akurasi, keamanan data, dan kestabilan koneksi. Sistem memantau konsumsi energi alat medis dan menyimpan data ke <i>platform cloud</i> . Cocok sebagai rujukan untuk sistem monitoring pada lingkungan laboratorium yang menuntut ketelitian tinggi.
4.	Aditya, A. W., dkk. (2024)	Sistem Pemantauan Konsumsi Energi Listrik Berbasis Web Sebagai Upaya Konservasi Energi	Sistem monitoring ini memanfaatkan <i>ESP32</i> dan protokol <i>Modbus RS-485</i> untuk membaca parameter listrik. Data disimpan dan ditampilkan pada sistem berbasis web. Pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mengukur konsumsi energi secara akurat, serta memberikan kemudahan

			dalam konservasi energi di gedung perkantoran.
5.	Kusuma & Pratama. (2019)	Desain dan Implementasi Monitoring Konsumsi Energi Listrik <i>Real-Time</i> Berbasis Web Menggunakan Arduino dan <i>Modbus RTU</i>	Penelitian ini merancang sistem monitoring konsumsi listrik berbasis Arduino yang menggunakan protokol <i>Modbus RTU</i> . Data dikirim ke server web sehingga dapat dipantau secara <i>real-time</i> dari jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu membaca tegangan, arus, dan daya dengan akurasi tinggi, serta mengurangi ketergantungan pada pencatatan manual.
6.	Handayani & Fadillah (2021)	Pengaruh Digitalisasi Sistem Monitoring Terhadap Pengurangan Biaya Operasional Listrik	Studi ini meneliti dampak digitalisasi pada sistem monitoring energi di gedung perkantoran. Hasilnya, digitalisasi monitoring mampu menurunkan biaya operasional listrik hingga 20% dengan cara mendeteksi beban berlebih, mengoptimalkan waktu operasi peralatan, serta mengurangi <i>human error</i> dalam pencatatan

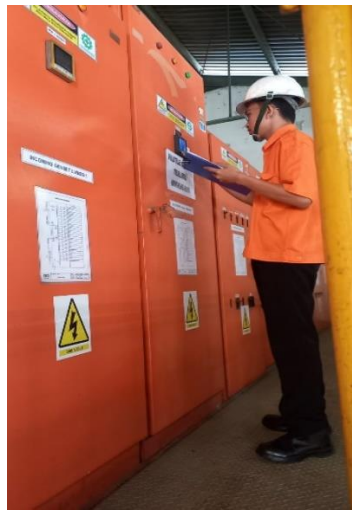
7.	Mamay Syani, Wahyu Hidayat, & A. Zainuri (2022)	Implementasi Protokol <i>Modbus</i> dalam Monitoring Energi pada Jaringan Industri.	Penelitian ini menguji kinerja protokol <i>Modbus RTU</i> dalam monitoring energi pada jaringan industri berskala besar. Hasilnya menunjukkan <i>Modbus</i> memiliki keandalan komunikasi tinggi, delay rendah, serta mampu menghubungkan banyak perangkat dengan akurasi data yang stabil. Namun, penelitian ini belum mengembangkan fitur visualisasi berbasis <i>cloud</i> .
8.	D. S. H. Hidayat (2022)	Implementasi Sistem Monitoring Energi Menggunakan <i>Modbus RTU</i>	Sistem monitoring berbasis <i>Modbus RTU</i> dirancang untuk akuisisi data tegangan, arus, daya, dan faktor daya. Hasil pengujian menunjukkan sistem dapat memberikan data <i>real-time</i> dengan akurasi tinggi, tetapi masih bersifat lokal ( <i>offline</i> ), sehingga pengguna tidak dapat memantau konsumsi energi dari jarak jauh.

9.	Rahmatullah, I., & Daryanto, T. (2024)	Integrasi Sistem Monitoring Energi Listrik Berbasis Modbus RTU dengan Cloud IoT Platform ThingsBoa	Integrasi Modbus RTU– ThingsBoard memungkinkan monitoring real-time, alarm otomatis, dan laporan konsumsi bulanan yang lebih akurat untuk efisiensi day
10.	Muhammad Khaerudin et al. (2023)	Pengembangan Monitoring Listrik Berbasis <i>IoT</i> dengan Komunikasi <i>Modbus RTU</i>	Sistem ini mengintegrasikan komunikasi Modbus RTU dengan teknologi <i>IoT</i> untuk memantau konsumsi energi listrik di gedung industri. Hasil penelitian menunjukkan sistem dapat memberikan data yang cepat, <i>real-time</i> , dan dapat diakses dari <i>smartphone</i> atau komputer. Dengan ini, efisiensi energi dapat ditingkatkan melalui analisis pola konsumsi.

11.	Fransiscus X. Ariwibisono & Widodo P. Muljanto (2023)	Implementasi Sistem Monitoring Produksi Energi PLTS Berbasis <i>Modbus</i> <i>RTU</i> dan <i>Modbus</i> <i>TCP</i>	Penelitian ini membandingkan penggunaan <i>Modbus RTU</i> dan untuk memantau produksi energi PLTS. Hasilnya menunjukkan keduanya dapat digunakan dengan baik, tetapi <i>Modbus TCP</i> lebih fleksibel karena mendukung integrasi dengan jaringan internet, sementara <i>Modbus RTU</i> lebih stabil pada jarak komunikasi pendek.
Perbedaan Penelitian terdahulu dengan penelitian yang tertulis lakukan ialah :			
12.	Defany Kuswandi (2025)	Pengembangan Sistem Monitoring kWh Meter dengan Komunikasi Modbus RTU untuk Efisiensi Energi Listrik di PT. Gemala Kempa Daya	Penelitian mengembangkan sistem monitoring kWh meter berbasis Modbus RTU yang terintegrasi dengan teknologi IoT dan platform cloud. Sistem diuji di 34 titik industri manufaktur dan menghasilkan efisiensi energi rata-rata <b>42%</b> . Sistem ini meningkatkan akurasi data, transparansi monitoring, serta mengurangi <i>human error</i> dalam pencatatan konsumsi listrik.

## 2.2. Monitoring Energi Listrik

Kebutuhan energi listrik terus meningkat seiring pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Jika tidak dikelola dengan efisien, peningkatan ini dapat mempercepat habisnya sumber energi tak terbarukan. Sering kali penggunaan energi listrik tidak terpantau, sehingga menimbulkan pemborosan. Untuk itu, diperlukan pengukuran konsumsi energi listrik sebagai bagian dari manajemen energi agar upaya penghematan dan efisiensi dapat dilakukan secara optimal.



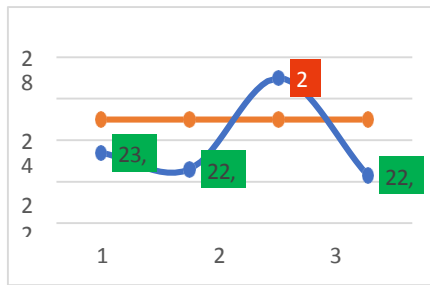
Gambar 2. 1 Pencatatan Manual *Energy*

Perangkat Monitoring Energi Listrik berbasis *Modbus RTU* ini dirancang untuk memperoleh data terkait konsumsi listrik, seperti *Real Power* (Watt), *Apparent Power* (VA), *Power Factor* (%), *Voltage RMS* (V), dan *Current RMS* (A) secara real time yang dapat diakses dari Jaringan Internet kapan saja. Pengukuran seperti diatas biasanya dilakukan dengan menggunakan alat ukur sederhana dan pencatatan masih manual karena data tidak dapat diperoleh secara *real-time* dan hasilnya memerlukan waktu lama, sistem ini dirancang menggunakan perangkat keras dan lunak yang terintegrasi agar informasi dapat langsung diakses. Perangkat lunak yang tepat sangat penting agar perangkat keras berfungsi optimal. Sistem ini menjadi solusi untuk menggantikan metode pengukuran energi listrik yang masih manual dan tradisional. (Irwan Dinata, et al, 2015).

Tgl	Line	Working Hour ( LHP )	Input Metering (KwH)	Daily Consumption	Standard Day (Avg. 2023)
1	Assy A	13,9	325	23,4 KwH/Jam	25
2	Assy A	13,9	314	22,6 KwH/Jam	25
3	Assy A	13,9	375	27,0 KwH/Jam	25
4	Assy A	13,9	309	22,3 KwH/Jam	25



Daily Consumption



$$\text{Formula} = \frac{\text{Input Metering Daily}}{\text{Working Hour Daily}}$$

Gambar 2. 2 Rumus Konsumsi Energy  
(Engineering PT Gemala Kempa Daya Tahun,2024)

### 2.3. Energi Listrik

Listrik dari PLN merupakan energi berarus bolak-balik (AC) yang dihasilkan oleh generator AC, seperti pada PLTD, PLTA, maupun pembangkit lainnya. Daya listrik sendiri diartikan sebagai kecepatan penghantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Daya listrik dibagi menjadi tiga, yaitu : daya aktif, daya reaktif, dan daya semu (Eko Kurniawanto Putra, 2018).

#### 1. Daya Aktif

Daya yang diukur dalam satuan joule/detik atau watt dikenal sebagai daya aktif. Daya ini merupakan energi nyata yang dibutuhkan oleh beban untuk berfungsi. Nilai daya aktif dapat diperoleh melalui suatu rumus perhitungan tertentu.

$$P = V.I.Cos \varphi \quad (1)$$

Keterangan :

P = Daya Aktif

V = Tegangan

I = Arus

Cos $\varphi$  = Faktor Daya

## 2. Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan energi yang diperlukan untuk membentuk medan magnet atau daya yang muncul akibat adanya beban induktif. Daya ini diukur dalam satuan VAR (Volt Ampere Reaktif). Nilai daya reaktif dapat dihitung menggunakan rumus tertentu.

$$Q = V.I.Sin \varphi \quad (2)$$

Keterangan :

Q = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan (V)

I = arus listrik (A)

Sin  $\varphi$  = Faktor Reaktif

## 3. Daya Semu

Daya semu adalah hasil dari perkalian antara tegangan dengan arus listrik. Daya ini merupakan total daya yang disuplai oleh PLN kepada pelanggan. Satuan yang digunakan untuk daya semu adalah VA (Volt-Ampere). Perhitungannya dapat dilakukan melalui rumus tertentu.

$$S = V \times I \quad (3)$$

Keterangan :

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (V)

I = Arus listrik (A)

## 2.4. KWh Meter Socomec Diris A40

kWh meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur konsumsi energi listrik aktif dan biasa digunakan di rumah maupun industri. Untuk pelanggan dengan daya besar, PLN menetapkan dua periode penggunaan, yaitu Waktu Beban Puncak (WBP) dan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP). Pada kWh meter dengan tarif ganda, terdapat dua pencatat (*register*) yang memisahkan penggunaan energi pada masing-masing periode tersebut.

KWh Meter Socomec A40 yaitu alat pengukuran listrik yang digunakan untuk memantau konsumsi energi listrik. Berikut adalah spesifikasi umum, fitur, dan dukungan yang ditawarkan oleh kWh Meter Socomec A40.

Spesifikasi umum :

Tabel 2. 2 Spesifikasi kWh Meter Socomec A40  
(Socomec, 2015)

1	Tegangan Nominal (Un)	230/400V AC
2	Rentang Tegangan Operasional	176-276V (1 Phasa) 230-484V (3 Phasa)
3	Arus Nominal (In)	1/5A atau 10/50A
4	Frekuensi Operasional	50/60 Hz
5	Kelas Akurasi	Kelas 0.5S (Standar IEC 62053-22)
6	Suhu Operasional	-10°C hingga +55°C
7	Dimensi	96 x 96 mm (front panel)
8	Berat	0.4 Kg



Gambar 2. 3 KWh Meter Socomec A40  
(Socomec, 2015)

Fitur Socomec A40 :

Tabel 2. 3 Fitur kWh Meter Socomec A40  
(Socomec, 2015)

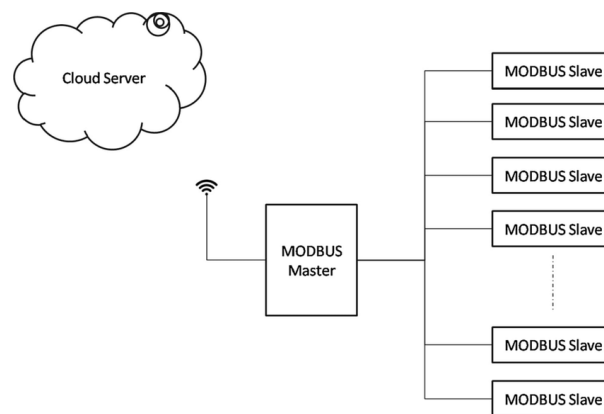
Kategori	Parameter
Arus (Ampere)	Sesaat : I1, I2, I3, In, Isistem. Rata-rata/maksimum. Rata-rata : I1, I2, I3, In
Tegangan & Frekuensi	Sesaat: V1, V2, V3, U12, U23, U31, F, Vsistem, Usistem - Rata-rata/maksimum rata-rata:
Daya (Watt, VAR, VA)	Sesaat: 3P, $\Sigma P$ , 3Q, $\Sigma Q$ , 3S, 2S- Maksimum rata-rata: $\Sigma P$ , $\Sigma Q$ , $\Sigma S$ - Prediktif: ( $\Sigma P$ ), ( $\Sigma Q$ ), (2S)
Faktor Daya	Sesaat: 3PF, EPF - Rata-rata/maksimum rata-rata: EPF
Temperatur	Internal-Eksternal (melalui 3 sensor PT100)
Energi Aktif	+/-kWh
Energi Reaktif	+/-kvarh
Daya Semu	kVAh
Jam Operasi	Tercatat berdasarkan pemakaian
Distorsi Harmonik Total (THD)	Arus: thd I1, thd I2, thd I3, thd In-Tegangan fasa ke netral: thd V1, thd V2, thd V3
Harmonik Individu (hingga level B)	Arus: H11, H12, H13, Hin - Tegangan fasa ke netral: HV1, HV2, HV3- Tegangan fasa ke fasa
Daya Aktif & Reaktif	$\Sigma P$ +/-, $\Sigma Q$ +/-
Tegangan & Frekuensi	V1, V2, V3, U12, U23, UB1, F
Kejadian (Event)	Alarm pada semua nilai listrik
Komunikasi	-RS485 ( <i>MODBUS RTU &amp; PROFIBUS DP</i> ) - Ethernet ( <i>MODBUS TCP</i> atau <i>RTU</i> melalui <i>TCP &amp; Web Server</i> ) - Ethernet dengan <i>RS485 gateway (MODBUS RTU</i> melalui <i>TCP</i> )
Fitur I/O	- Pengukuran pulsa- Kontrol/Perintah jarak jauh - Laporan alarm - Laporan pulsa
Output Analog	0/4-20 mA output analog
Catatan	Beberapa fitur tersedia sebagai opsi tambahan

## 2.5. Protokol Modbus

*Modbus RTU* adalah jenis protokol *Modbus* yang menggunakan komunikasi serial *RS-485*, sedangkan *Modbus TCP* menggunakan jaringan berbasis *TCP/IP*. *RS-485*, atau secara lengkap dikenal sebagai *EIA/TIA-485*, merupakan standar

komunikasi serial yang mengatur karakteristik kelistrikan dari pengirim dan penerima dalam sistem digital multipoint yang sinkron yang berstandar industri.

*Modbus* adalah protokol komunikasi jaringan standar internasional yang bersifat open source dan banyak digunakan di industri. Protokol ini pertama kali diperkenalkan oleh Modicon pada tahun 1979 dan diterapkan pada *PLC* (*Programmable Logic Controllers*).



Gambar 2. 4 Struktur *Modbus*  
(Putra & Habibi, 2022)

*Modbus* adalah protokol komunikasi serial yang dikembangkan oleh Modicon untuk *PLC*. Protokol ini digunakan untuk mengirim sinyal dari perangkat instrumentasi dan kontrol ke controller utama, serta sering dimanfaatkan dalam sistem SCADA untuk menghubungkan komputer pengawas dengan *RTU* (*Remote Terminal Unit*) (Qamara Zulham Dirgantoro, 2018). *Modbus* memiliki dua versi untuk komunikasi serial, yaitu *Modbus RTU* dan *Modbus ASCII*, sedangkan versi untuk jaringan Ethernet disebut *Modbus TCP*. Protokol ini memungkinkan komunikasi dua arah antar perangkat dalam satu jaringan. Penggunaan *Modbus* didasarkan pada beberapa pertimbangan tertentu:

1. Cukup mudah diintegrasikan ke dalam jaringan industri.
2. Mampu mentransfer data berupa bit mentah atau word ke berbagai perangkat industri.

## 2.6. Komunikasi RS-485

Komunikasi RS485 tidak hanya mendukung koneksi *multi-drop* atau *one-to-many* dalam jarak jauh, tetapi juga memungkinkan penghubungan hingga 32 perangkat hanya dengan dua kabel tanpa perlu referensi ground yang sama antarunit. Sistem ini mampu melakukan komunikasi data antar 32 perangkat elektronik melalui dua kabel, dengan jangkauan hingga 1,6 km menggunakan kabel twisted pair AWG-24 (A. Salam et al., 2012).

RS-485 menggunakan metode transmisi *balanced differential*, dengan dua sinyal utama, yaitu A dan B, yang memiliki beda tegangan. Jika sinyal input dalam kondisi rendah, maka line A menjadi referensi untuk line B. Sebelum suatu perangkat (misalnya sensor atau kontrol) mengirimkan data, ia harus memastikan jalur komunikasi dalam keadaan kosong. Jika jalur masih digunakan perangkat lain, maka ia harus menunggu hingga jalur bebas.

Dalam proses transmisi, pengiriman data diawali dengan menyebutkan Slave ID, agar data diterima hanya oleh perangkat yang memiliki ID tersebut. Jika ID tidak cocok, maka perangkat akan mengabaikan data yang masuk. Namun, jika ID cocok, maka data akan diproses lebih lanjut. (A. Zainuri, 2010).

### 1. Slave Adress

Byte pertama berisi alamat slave sebesar 1 byte, dengan rentang alamat 1–247. Sementara itu, alamat 0 digunakan oleh master untuk mengirim instruksi ke seluruh *slave*.

### 2. Function Code

Pada byte kedua merupakan *Function Code* dimana perintah dari master harus dilakukan oleh *slave*.

### 3. Byte Data

Jumlah *byte data* bervariasi tergantung banyaknya data yang dikirim ke slave. *Byte data* ini mencakup alamat register, total data, serta isi data yang akan ditulis ke alamat register tersebut.

### 4. Error Check (CRC)

*Cyclic Redundancy Check* (CRC) adalah algoritma yang digunakan untuk memastikan keutuhan data dan mendeteksi kesalahan pada data yang dikirim atau disimpan. CRC berada di dua byte terakhir dari frame *Modbus* dan

berfungsi sebagai detektor kesalahan. Kesalahan dalam transmisi data umum terjadi karena gangguan (*noise*) atau kerusakan perangkat keras. CRC melakukan perhitungan matematis berdasarkan total bit dari data yang ditransmisikan atau disimpan.

#### 5. *Modbus Exception Response*

*Response exception* adalah tanggapan dari slave ketika terjadi kondisi abnormal atau kesalahan. Jika *slave* menerima permintaan (*query*) namun tidak dapat memprosesnya, maka slave akan mengirimkan *exception response frame* sebagai bentuk respon terhadap error tersebut.

### 2.7. *Modbus RTU*

*Modbus RTU* merupakan protokol yang menggunakan komunikasi *RS-485* serta menyajikan data dalam format biner. Protokol ini dilengkapi dengan CRC checksum untuk memastikan keakuratan data melalui pemeriksaan kesalahan (*error check*). Setiap pesan *Modbus* dikemas dalam bentuk *frame* yang dipisahkan oleh jeda komunikasi (*idle*). *Modbus RTU* umum digunakan dalam sistem monitoring berskala kecil yang melibatkan sensor dan antarmuka manusia-mesin (HMI) dengan jarak instalasi yang berdekatan.

Tabel 2. 4 *Register Modbus RTU*  
(Schneider, n.d.)

Coil/Register Numbers	Data Addresses	Type	Table Name
1-9999	0000 to 270E	Read-Write	Discrete Output Coils
10001-19999	0000 to 270E	Read-Only	Discrete Input Contacts
30001-39999	0000 to 270E	Read-Only	Analog Input Registers
40001-49999	0000 to 270E	Read-Write	Analog Output Holding Registers

Akses data pada protocol Modbus memiliki 4 Jenis yaitu :

1. *Coils*

Register digunakan untuk menyimpan nilai diskrit berupa ON atau OFF dengan panjang data 16 bit. Nilai 0xFF00 menandakan coil aktif (ON), sedangkan 0x0000 menunjukkan coil tidak aktif (OFF). Data coil disimpan dalam rentang register dari 00000 hingga 09999.

2. *Input Relay*

*Input relay* merupakan kebalikan dari coil yang digunakan untuk memantau status relay apakah dalam keadaan ON atau OFF (L. Hui, et al., 2012). Untuk master, input relay bersifat hanya baca (read only) dan hanya dapat diubah oleh slave. Data input relay disimpan pada register dengan alamat 10001 hingga 19999.

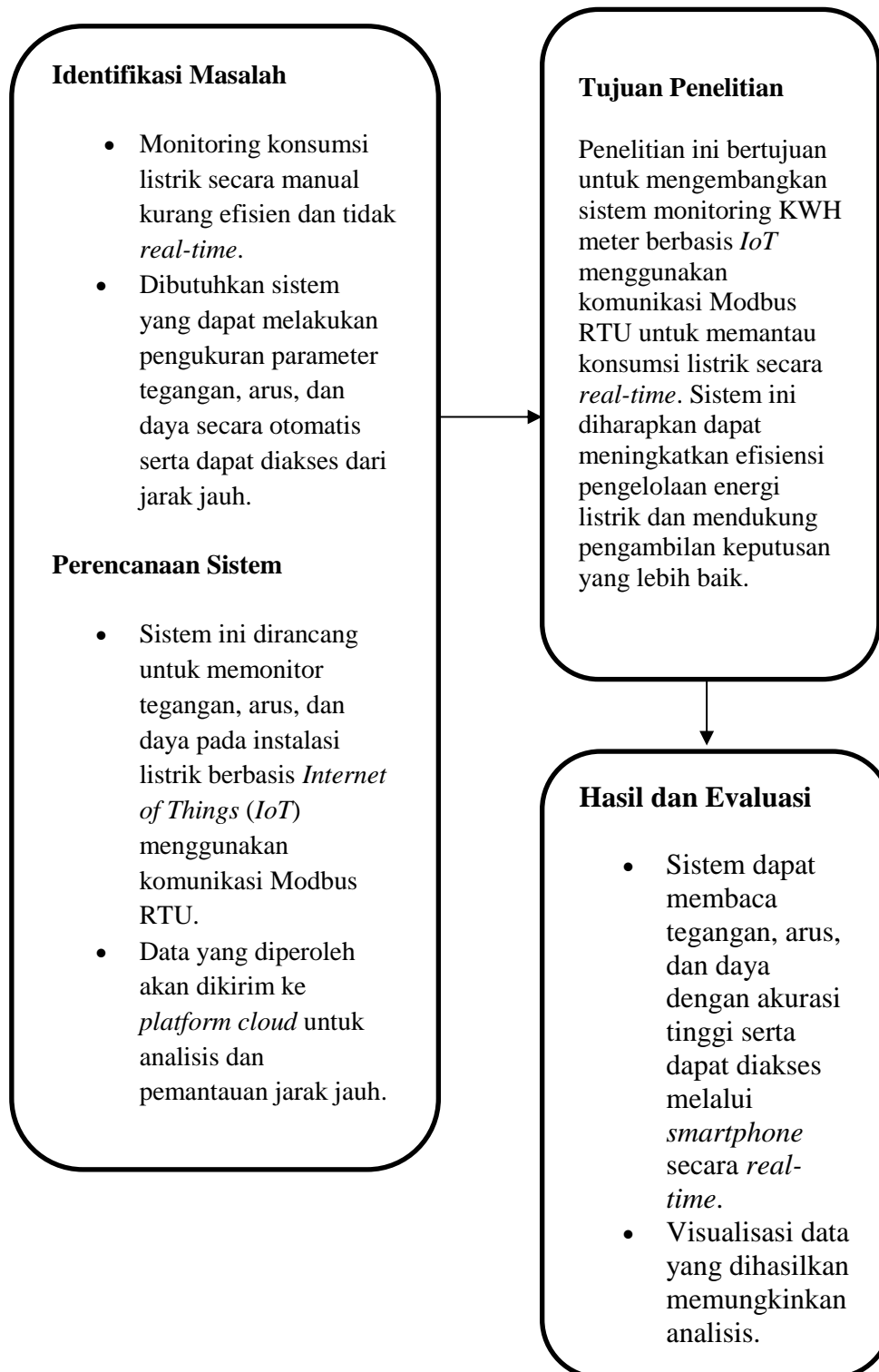
3. *Input Register*

Input register menyimpan data analog dengan nilai antara 0 hingga 65.535. Input register bersifat hanya baca (*read only*) bagi master. Data pada input register tersimpan di alamat register 30001 hingga 39999.

4.  *Holding Register*

Digunakan untuk menyimpan data dengan nilai antara 0 hingga 65.535, yang terletak pada alamat register 40001 sampai 49999.

## 2.8. Kerangka Berpikir



# BAB III

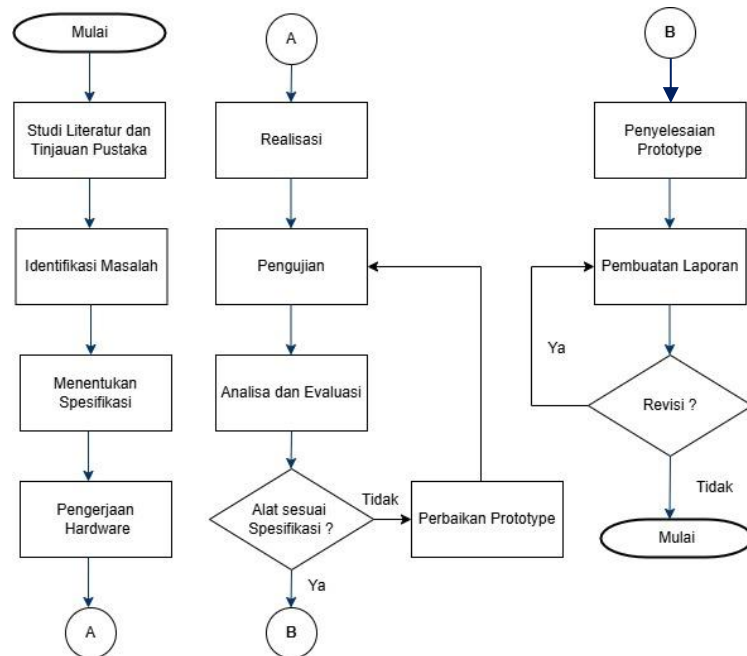
## PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI SISTEM

### 3.1 Metode Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan identifikasi masalah dan tujuan, dilanjutkan dengan studi literatur untuk mendesain alat. Setelah spesifikasi ditentukan, komponen dirakit untuk membuat prototipe. Prototipe diuji untuk memastikan fungsinya sesuai, dan jika diperlukan, dilakukan modifikasi. Setelah alat berfungsi optimal, data dikumpulkan untuk menguji efektivitasnya. Hasil dianalisis untuk menarik kesimpulan, dan penelitian diakhiri dengan penyusunan laporan

### 3.2 Tahapan Perencanaan Penelitian

Untuk memudahkan melakukan penelitian maka dibuat alur perencanaan seperti gambar di bawah.

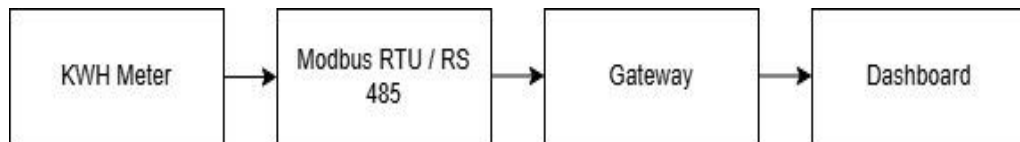


Gambar 3. 1 *Flow Chart* Penelitian

Berdasarkan gambar di atas tahap pertama dalam melaksanakan penelitian ini ialah menetapkan spesifikasi bahan-bahan yang akan digunakan. Berdasarkan bahan-bahan yang telah dipilih langkah selanjutnya adalah melakukan perancangan *hardware* berupa skematik alat, pembacaan data kWh Meter. *Dashboard* menampilkan data konsumsi, dan Modbus untuk mengirim dan menyimpan data ke *cloud*. Pada alat ini visual data yang digunakan adalah model grafik. Setelah alat dirancang dan direalisasikan diperlukan pengukuran dan pengujian agar hasil data dapat dianalisis dan dievaluasi untuk menentukan kelayakan dari alat yang telah dibangun. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang didapat dari *Data Logger* dengan nilai dari kWh Meter yang telah terkalibrasi langkah selanjutnya adalah pembuatan laporan.

### 3.3 Blok Diagram Sistem

Pembuatan Blok Diagram ini bertujuan untuk mempermudah pemahaman terhadap cara kerja alat yang dikembangkan.



Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem

Berdasarkan gambar di atas, cara kerja alat ini adalah Sistem monitoring energi dimulai dari kWh meter yang mencatat parameter listrik (energi aktif, reaktif, tegangan, arus) secara lokal dengan antarmuka *RS-485 Modbus RTU*, Selanjutnya, data serial *Modbus RTU* ini dikirim ke *IoT gateway* (atau *Modbus–Ethernet gateway*) yang menerjemahkan protokol *RTU* ke *Modbus TCP/IP* untuk jaringan *Ethernet*, Dari *gateway*, paket data dialirkan melalui *switch hub* industri yang mengirimkan data ke *server* atau *cloud platform*, Akhirnya, *dashboard real-time* menampilkan grafik penggunaan energi, alarm anomali, dan laporan periodik yang memudahkan analisis efisiensi dan pengambilan keputusan.

### 3.4 Perencanaan Perangkat Keras (*Hardware*)

Alat uji ini memerlukan komponen utama sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Perencanaan Perangkat Keras  
(PT Gemala Kempa Daya Tahun 2024)

No	Deskripsi	Qty
1	Add. Module RS 485	43
2	Add. Module Eth gateway	3
3	Webview L 200	1
4	Switch Hub	3

#### 1. *Add. Module RS 485*

Modul RS485 pada perangkat pemantauan daya (PMD) DIRIS A-40 dari Socomec berfungsi untuk bertukar data dengan sistem manajemen eksternal.



Gambar 3. 3 Modbus Socomec A40  
(Socomec, 2015)

Berikut adalah Spesifikasi dari Add. Module RS 485 :

Tabel 3. 2 Spesifikasi Modbus Socomec A40  
(Socomec, 2015)

No	Kategori	Spesifikasi
1.	Sinyal Output	Sinyal Output yang dadikonfigurasi (jenis, berat, dan durasi) pada + kWh, kvarh, dan kVAh
2.	Komunikasi MODBUS	RS485 dengan protokol MODBUS® (kecepatan hingga 38400 baud).
3.	Komunikasi PROFIBUS DP	SUB-D9 dengan protokol PROFIBUS DP (kecepatan hingga 12 Mbaud)
4.	Komunikasi Ethernet	- Koneksi Ethernet dengan MODBUS TCP atau <i>MODBUS RTU</i> melalui protokol TCP. - Fungsi Server Web Tertanam
5.	Komunikasi Ethernet dengan gerbang MODBUS RS485	- Koneksi Ethernet dengan MODBUS TCP atau <i>MODBUS RTU</i> melalui protokol TCP. - Koneksi 1 hingga 247 budak MODBUS RS485 - Fungsi Server Web Tertanam
6.	Output analog	maksimal 2 modul dapat dihubungkan, menyediakan hingga 4 output analog. Per modul 2 output dapat dialihkan ke : 131, Dalam, 3V, 3U, F, $\pm \Sigma P$ , $\pm \Sigma Q$ , $\Sigma S$ , EPFL/C, I sys, Visys, Usys, Ppred, Q pred, Spred, T°C internal, T°C 1, T°C 2, T°C3 dan catu daya hingga 17 VDC.
7.	2 input-2 output	maksimal 3 modul dapat dihubungkan, menyediakan hingga 6 input dan 6 output Per modul 2 output dapat dialihkan ke pemantauan 31, In, 3V, 3U, F, $\Sigma P$ , $\Sigma Q$ , SS, EPFL/C, THD 31, THD In, THD 3V, THD 3U, Ppred, Qpred, Spred, T°C internal, T°C 1, T°C2, T°C3 dan meteran jam kendali jarak jauh, kendali jarak

		jauh berjangka waktu, 2 input untuk pengukuran pulsa.
8.	Memori	Menyimpan hingga maksimal 62 hari P-, P-, Q- Q- dergan intermal atau sinyal sinkronisasi eksternal 5, 8, 10, 15, 20, 30 dan 60 menit. Menyimpan alarm terakhir bertanggal 10 jam. Menyimpan nilai sesaat minimum dan maksimum terakhir untuk 3U, 3V, 3I. Dalam F. $\Sigma P$ $\Sigma OE$ , $\Sigma S$ , THD 3U, THD 3V, THD, 3U, THD, 3V, THD, 3I, THD Masuk. Menyimpan nilai rata-rata 3U, 3V dan F berdasarkan fungsi sinkronisasi (maksimal 60 hari).
9.	Temperatur	Indikasi suhu - sensor eksternal PT 100 (T°C 1), - sensor eksternal PT 100 (T°C 2). - sensor eksternal PT 100 (T°C 3)

## 2. Add. Module Eth gateway

Eth gateway atau switch mendukung dua puluh empat port Ethernet 10/100/1000, empat di antaranya adalah *dual-purpose* 10/100/1000 atau SFP, dan 4 x Gig SFP. Menawarkan catu daya AC / DC ganda yang dapat ditukar, satu modul daya AC dikonfigurasi secara default.

Berikut adalah Spesifikasi dari Add. Module Eth gateway :



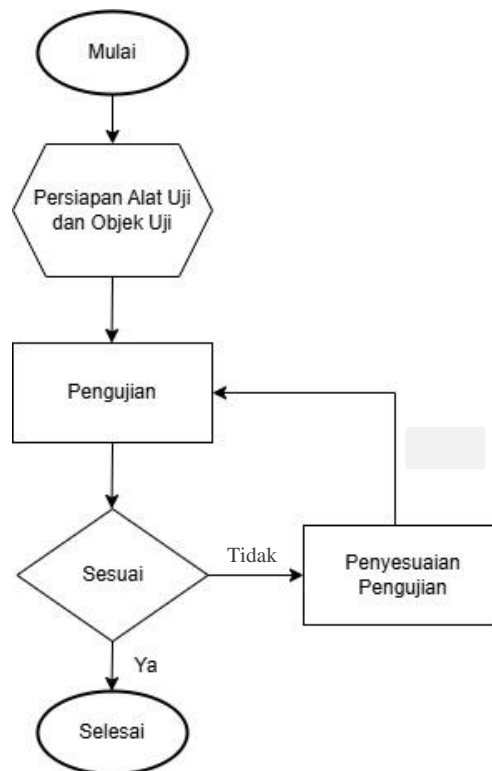
Gambar 3. 4 Eth Gateway  
(TP-Link, 2023)

Spesifikasi :

1. 24× Port RJ45 10/100/1000 Mbp
2. 4× Slot 10G SFP+
3. 1× Port Konsol RJ45
4. 1× Port Konsol Micro-USB
5. Power Supply 100-240 V AC~50/60 Hz
6. Dimensi (L x D x T) 17,3 × 7,1 × 1,7 inci (440 × 180 × 44 mm)
7. Dapat Dipasang di Rak
8. Konsumsi Daya Maks. 23,6 W (110V/60Hz)
9. Pembuangan Panas Maks. 80,353 BTU/jam (110 V/60 Hz)

### 3.5 Perencanaan Pengukuran dan Pengujian Serta Analisis

Berikut adalah *flow chart* pengujian alat uji :



Gambar 3. 5 *Flow Chart* Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian berdasarkan pada gambar *flowchart* perencanaan pengujian. Pertama mempersiapkan alat uji dan objek uji. Alat uji yaitu kWh Meter. Objek uji yang digunakan adalah Listrik.

Pada pengujian pengukuran menggunakan alat uji yang ditempatkan di belakang kWh Meter. Hasil pembacaan Add Module pada kWh Meter akan dibandingkan dengan pembacaan manual pada Konsumsi Energi. Pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran pada 1 Bulan. Hasil pengukuran akan dibandingkan antara dua alat ukur yang digunakan.

### **3.6 Area Penelitian**

PT. Gemala Kempa Daya memiliki luas area sebesar 45.353 m<sup>2</sup> yang berlokasi di Jalan Raya Pegangsaan Dua Blok A1 KM 1,6 Kelapa Gading, Jakarta Utara di dalam kawasan IGP Group. PT Gemala Kempa Daya merupakan perusahaan manufaktur otomotif yang bergerak di bidang pembuatan *frame chassis* dan *press part underbody vehicle*. PT Gemala Kempa Daya. Proses tersebut mencakup kerja sama dengan berbagai supplier atau vendor yang berperan sebagai pendukung dalam menyediakan bahan baku. Seiring pertumbuhan industri otomotif di Indonesia, PT Gemala Kempa Daya mengembangkan bisnisnya melalui pendirian PT Inti Ganda Perdana yang memproduksi Rear Axle dan propeller shaft dan berubah nama menjadi IGP Grup.

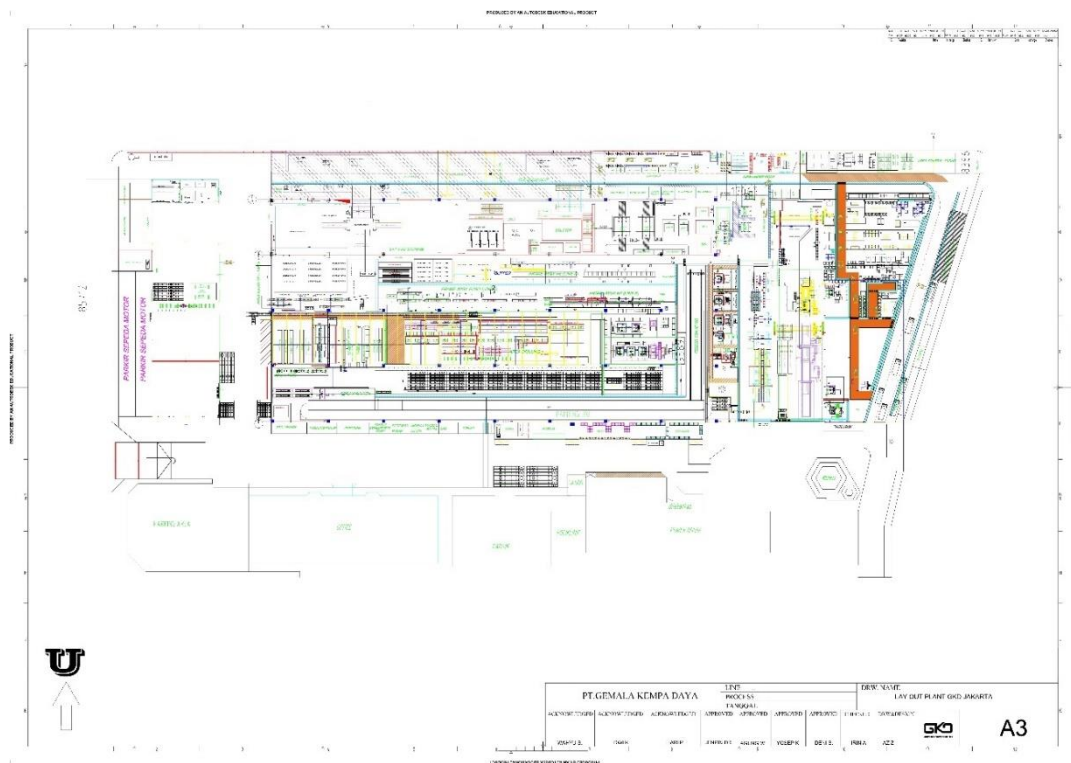
PT. Gemala Kempa Daya berdiri pada 7 Oktober 1980 dengan fokus produksi *automotive underbody component* dan *press parts*. PT Gemala Kempa Daya adalah perusahaan ini berstatus sebagai investasi domestik dengan beberapa pemegang saham, antara lain PT Astra Otoparts Tbk, PT Sapta Panji Manggala, PT Trikirana Investindo Prima, PT Santiniluwansa Lestari, dan PT Wahanalaksana Kertapradhana.

Sejak awal berdiri, PT Gemala Kempa Daya terus melakukan perbaikan dan pengembangan sesuai dengan komitmen perusahaan, yaitu menjalankan perusahaan dengan mengedepankan prinsip-prinsip tata kelola yang baik (*good governance*), kejujuran, integritas, keterbukaan, serta terus menerus melakukan perbaikan berkelanjutan terhadap sumber daya sesuai dengan Astra Management System.



Gambar 3. 6 Logo PT. Gemala Kempa Daya  
(Portal GKD, 2024)

Area penelitian ini mencakup berbagai aspek yang berkaitan dengan Digitalisasi Monitorig Energi, yang bertujuan untuk memahami kondisi langsung objek penelitian. Gambar berikut menyajikan ilustrasi visual dari ruang lingkup penelitian yang dikaji dalam studi ini.



Gambar 3. 7 Denah Plant Jakarta PT. Gemala Kempa Daya  
(Engineering PT. Gemala Kempa Daya, 2024)

### 3.7 Daftar Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan dalam studi ini mencakup berbagai aspek yang berkaitan dengan topik penelitian. Berikut adalah daftar objek yang menjadi fokus utama dalam penelitian ini.

Tabel 3. 3 Daftar Objek Penelitian  
(PT. Gemala Kempa Daya, 2024)

No	Line produksi	No	Line produksi
1.	ASSY A	18.	LASER CUTTING B
2.	ASSY B	19.	PRESS A 2000T
3.	ASSY C	20.	PRESS C 4000T
4.	ASSY E	21.	PRESS B1 500T
5.	DRILLING E	22.	PRESS B2 1000T
6.	DRILLING A	23.	PRESS B6 1000T
7.	ASSY RIB+ EXSPORT	24.	PRESS 87 1000T
8.	PAINTING 1	25.	PRESS 88 300T
9.	PAINTING 2	26.	PRESS B9 300T
10.	POWDER COATING	27.	PRESS B10 400T
11.	WELDING ROBOT 1	28.	PRESS B11 300T
12.	WELDING ROBOT A	29.	S/A Rivet Daimler
13.	WELDING ROBOT F	30.	S/A Welding Osta
14.	WELDING ROBOT G	31.	C/MASSY MTS 3 (WD-3)
15.	WELDING DAIMLER	32.	LASER CUTTING A
16.	S/A VOLVO	33.	PLASMA CUTTING A
17.	S/A VOLVO BATT BOX	34.	SPOT WELDING 04

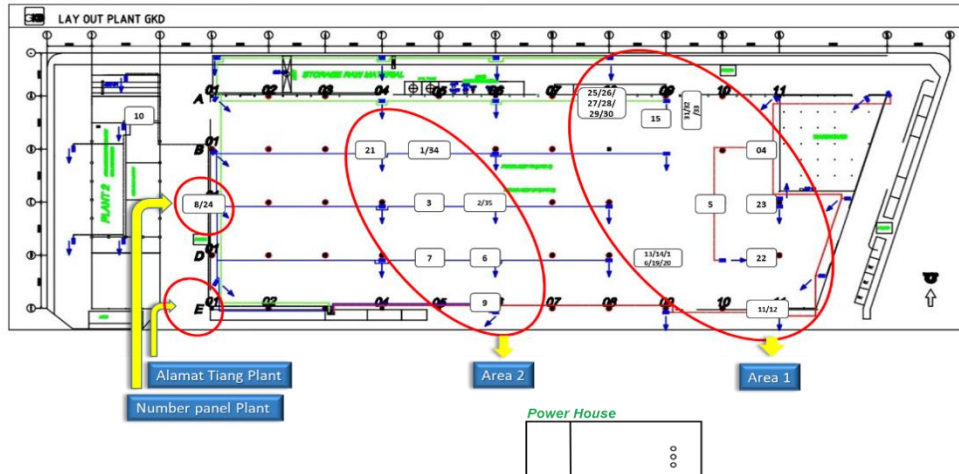
## BAB IV

### PEMBAHASAN DAN ANALISIS

#### 4.1 *Remapping Area kWh Meter*

Dalam tahap utama meningkatkan efisiensi distribusi daya dan sistem *wiring*, dilakukan remapping terhadap 35 kWh meter yang dikelompokkan ke dalam tiga area utama, yaitu Area 1, Area 2 dan Area 3. Pembagian ini dilakukan berdasarkan jenis beban listrik dan lokasi fisik guna mengoptimalkan panjang kabel, mengurangi *losses* daya, serta mempermudah pemeliharaan dan *troubleshooting*.

Setiap area memiliki panel distribusi tersendiri dengan jalur kabel yang disesuaikan untuk meminimalkan drop tegangan dan menghindari interferensi antar beban. Selain itu, setiap kWh meter telah ditata secara strategis untuk memastikan distribusi daya yang lebih stabil dan terstruktur, sehingga meningkatkan keandalan sistem listrik secara keseluruhan.



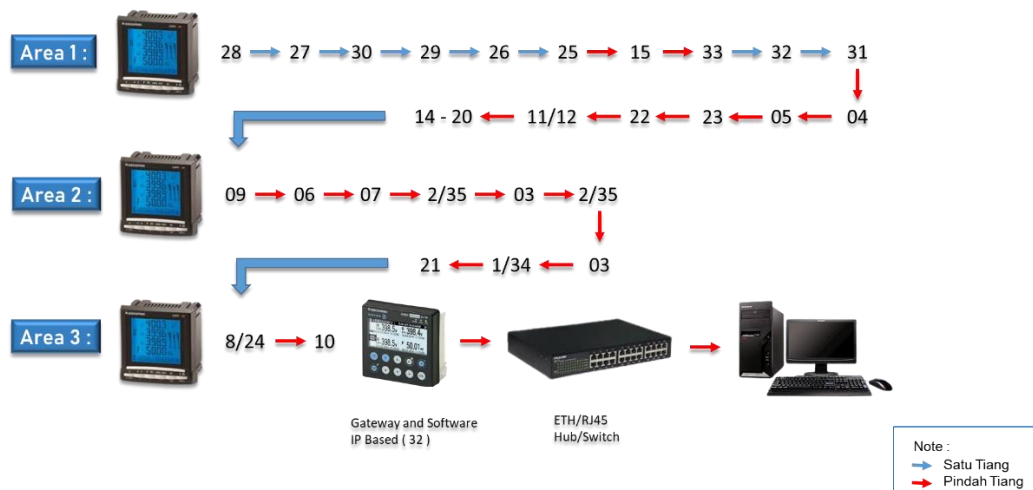
Gambar 4. 1 Lokasi Objek Penelitian  
(*Engineering PT. Gemala Kempa Daya, 2024*)

#### 4.2 *Flow Power Meter Plant*

flow power meter dirancang secara berjenjang dari satu perangkat ke perangkat lainnya hingga mencapai total 35 objek power meter. Konsep ini diterapkan agar *wiring* lebih optimal, mengurangi kompleksitas instalasi, serta memastikan distribusi daya yang efisien dan akurat.

*Flow power meter* dimulai dari sumber utama yang mendistribusikan daya ke beberapa sub-panel, yang masing-masing mencakup sekelompok power meter sesuai dengan area atau beban listriknya. Setiap power meter pertama dalam kelompok berfungsi sebagai titik awal pengukuran sebelum mengalir ke power meter berikutnya dalam satu jalur yang terstruktur. Pola distribusi ini menggunakan pendekatan *daisy-chain* atau *hierarchical flow*, yang memungkinkan pengambilan data *real-time* secara lebih efisien tanpa adanya lonjakan impedansi atau gangguan pada jaringan komunikasi.

Untuk memastikan kestabilan dan kemudahan monitoring, setiap power meter terhubung secara serial atau melalui sistem jaringan berbasis komunikasi (*Modbus/TCP* atau *RS-485*), sehingga semua data dapat dikumpulkan di satu titik pusat secara terintegrasi. Selain itu, jalur *wiring* disusun agar meminimalkan panjang kabel yang berlebihan, mengurangi *losses* daya, serta mempermudah *troubleshooting* dan pemeliharaan. Dengan *flow power meter* yang terstruktur ini, proses pemantauan konsumsi listrik menjadi lebih efisien, akurat, dan mudah diakses dalam sistem yang kompleks.



Gambar 4. 2 *Flow Process* Objek Penelitian  
(*Engineering* PT. Gemala Kempa Daya, 2024)

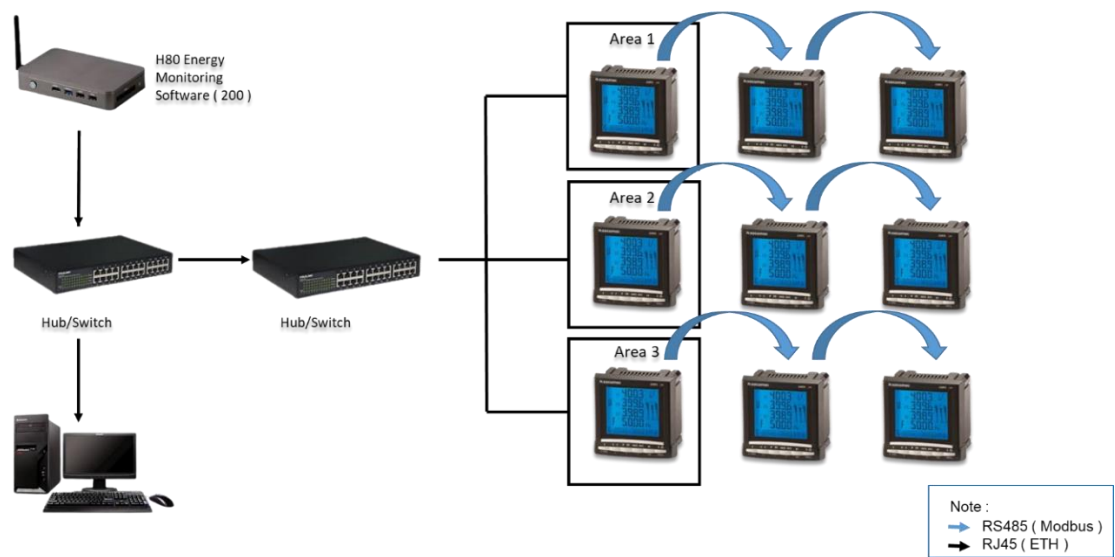
### 4.3 *Monitoring Software Topology*

Untuk memastikan pemantauan konsumsi daya yang efisien dan akurat, dikembangkan monitoring *software topology* yang dirancang untuk mengawasi, menganalisis, dan mengoptimalkan performa 35 kWh meter dalam satu sistem terpusat. Perangkat lunak ini dirancang dengan pendekatan hierarkis dan modular, memungkinkan data dikumpulkan secara *real-time*, dianalisis, serta ditampilkan dalam bentuk yang mudah dipahami. Dengan sistem ini, pengguna dapat melihat pola konsumsi energi, mendeteksi anomali, serta mengoptimalkan distribusi daya guna meningkatkan efisiensi operasional.

Dari sisi arsitektur, sistem ini menggunakan topologi jaringan berbasis komunikasi serial (*RS-485 Modbus*) atau protokol berbasis IP (*Modbus TCP/IP*, *MQTT*, atau *BACnet/IP*). Setiap kWh meter dihubungkan dalam struktur hierarkis, di mana data dari beberapa sub-panel dikumpulkan sebelum diteruskan ke server pusat atau *cloud-based platform*. Pendekatan ini memastikan pengolahan data yang lebih cepat, mengurangi beban jaringan, serta mempermudah *troubleshooting* dan pemeliharaan.

Monitoring software ini dilengkapi dengan berbagai fitur utama, termasuk *dashboard real-time* yang menampilkan status konsumsi daya dalam bentuk grafik dan tabel interaktif. Selain itu, tersedia fitur *topology view*, yang memungkinkan pengguna melihat struktur jaringan kWh meter secara visual, sehingga memudahkan dalam memahami *flow* distribusi daya. Sistem juga dilengkapi dengan alarm dan notifikasi otomatis, yang akan memberikan peringatan jika terjadi anomali konsumsi daya, lonjakan beban, atau kegagalan sistem, sehingga tindakan perbaikan dapat segera dilakukan.

Dengan implementasi monitoring *software topology* ini, pengelolaan kWh meter menjadi lebih efektif, efisien, dan mudah diakses. Sistem ini tidak hanya membantu dalam optimasi konsumsi energi, tetapi juga memberikan wawasan mendalam mengenai pola penggunaan listrik, yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan strategis dalam pengelolaan daya secara keseluruhan.



Gambar 4. 3 *Software Topology*  
 (Engineering PT. Gemala Kempa Daya, 2024)

#### 4.4 Pengujian Data Konsumsi Energi

Pengambilan data ini dilakukan pada akhir bulan untuk mengevaluasi apakah data yang diperoleh sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Dengan melaksanakan pengambilan data pada waktu yang spesifik, saya dapat memastikan bahwa informasi yang dikumpulkan akurat dan relevan, serta dapat dimanfaatkan untuk analisis yang lebih mendalam. Data yang dikumpulkan akan menjadi dasar untuk pengambilan keputusan yang informatif dan berbasis bukti. Adapun data yang telah diambil pada bulan februari sampai bulan mei.

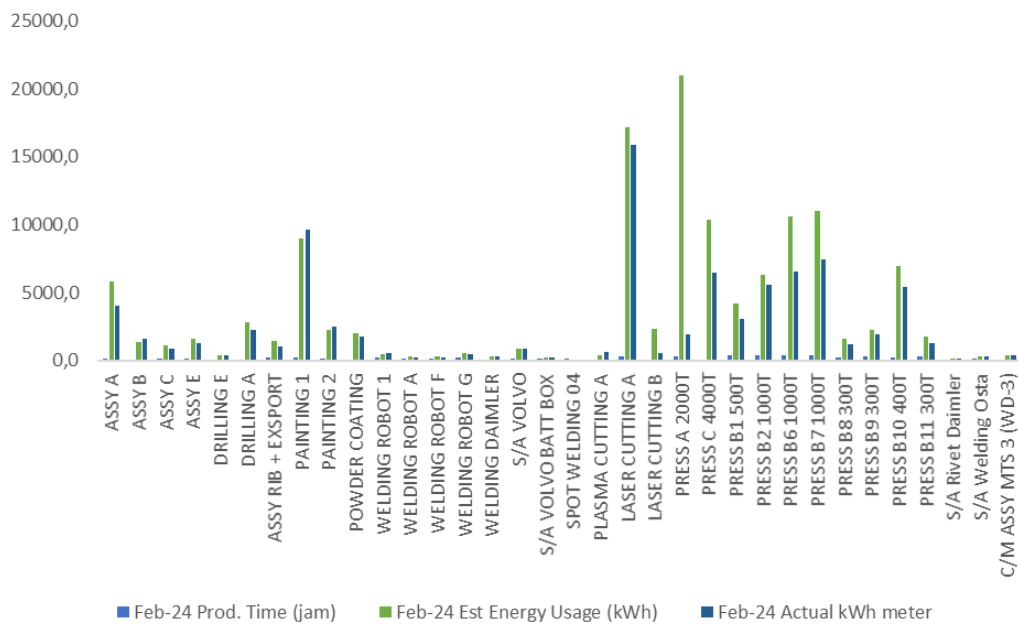
#### 4.5 Trial dan Error

Berikut data yang telah diambil pada bulan Februari ;

Tabel 4. 1 Data Konsumsi Bulan Februari  
(Engineering PT. Gemala Kempa Daya, 2024)

Line Produksi	Feb-24		
	Prod. Time (jam)	Est Energy Usage (kWh)	Actual kWh meter
ASSY A	151,6	5849,4	3998,0
ASSY B	79,0	1349,2	1617,0
ASSY C	98,0	1070,4	846,0
ASSY E	119,0	1583,8	1274,0
DRILLING E	51,0	372,7	351,0
DRILLING A	73,0	2792,6	2275,0
ASSY RIB + EXPORT	226,0	1398,0	1029,0
PAINTING 1	252,0	8992,1	9631,0
PAINTING 2	120,0	2278,6	2484,0
POWDER COATING	91,0	2002,0	1762,0
WELDING ROBOT 1	176,0	457,2	525,0
WELDING ROBOT A	107,0	278,0	209,0
WELDING ROBOT F	104,0	270,2	230,0
WELDING ROBOT G	210,0	545,5	493,0
WELDING DAIMLER	92,0	305,9	268,0
S/A VOLVO	157,0	865,1	844,0
S/A VOLVO BATT BOX	101,0	222,2	226,0
SPOT WELDING 04	173,0	31,1	39,0
PLASMA CUTTING A	11,3	357,9	595,0
LASER CUTTING A	315,5	17178,6	15841,0
LASER CUTTING B	58,7	2294,5	499,0
PRESS A 2000T	257,1	20989,3	1893,0
PRESS C 4000T	88,1	10344,1	6448,0
PRESS B1 500T	357,4	4185,2	3070,0
PRESS B2 1000T	357,3	6255,3	5548,0
PRESS B6 1000T	336,7	10619,0	6566,0
PRESS B7 1000T	347,9	10959,2	7402,0
PRESS B8 300T	242,4	1575,7	1163,0
PRESS B9 300T	263,5	2202,9	1931,0
PRESS B10 400T	241,8	6914,6	5378,0
PRESS B11 300T	263,5	1719,9	1298,0
S/A Rivet Daimler	60	155,9	129,0
S/A Welding Osta	118	306,5	336,0
C/MASSY MTS 3 (WD-3)	85	390,8	381,0

Pada bulan Februari, alat ini dalam fase *trial and error* yang merupakan bagian penting dari proses pengembangan proyek saya. Selama periode mengumpulkan data yang beragam dan menemukan bahwa banyak dari data tersebut menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan estimasi yang telah manajemen rencanakan. Kondisi ini mencerminkan tantangan yang biasa terjadi dalam tahap awal pengembangan. Saya menyadari bahwa variasi ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk ketidakpastian dalam pengumpulan data dan kebutuhan untuk menyesuaikan metode analisis yang saya gunakan. Oleh karena itu, saya tetap berkomitmen untuk mengevaluasi setiap aspek dari data yang ada dan melakukan perbaikan yang diperlukan



Gambar 4. 4 Grafik Data Bulan Februari (PT. Gemala Kempa Daya, 2024)

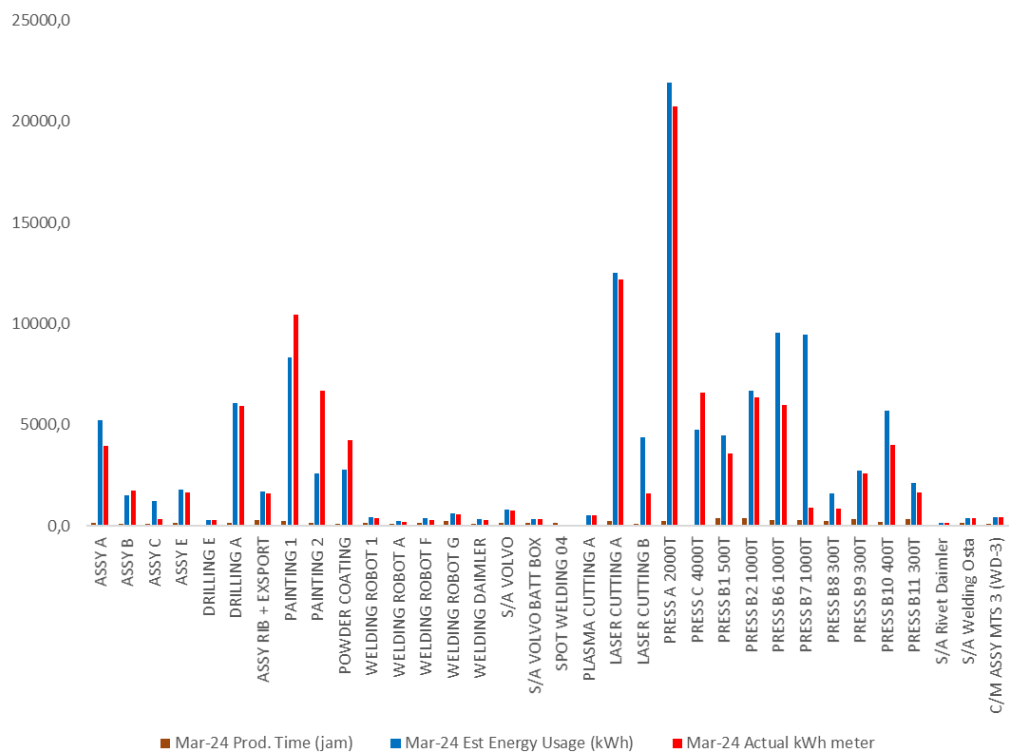
#### 4.6 Perencanaan Ulang Estimasi Energi

Berikut data yang telah diambil pada bulan Maret ;

Tabel 4. 2 Data Konsumsi Bulan Maret  
(PT. Gemala Kempa Daya, 2024)

Line Produksi	Mar-24		
	Prod. Time (jam)	Est Energy Usage (kWh)	Actual kWh meter
ASSY A	135,7	5235,3	3961,0
ASSY B	88,3	1508,6	1750,0
ASSY C	115	1256,1	340,0
ASSY E	134,3	1787,9	1662,0
DRILLING E	39	285,0	306,0
DRILLING A	158,6	6066,6	5911,0
ASSY RIB + EXPORT	273,4	1691,3	1628,0
PAINTING 1	234,1	8352,8	10448,0
PAINTING 2	136,7	2595,1	6703,0
POWDER COATING	126,7	2786,7	4241,0
WELDING ROBOT 1	169	439,0	389,0
WELDING ROBOT A	99	257,2	224,0
WELDING ROBOT F	142	368,9	295,0
WELDING ROBOT G	233	605,3	571,0
WELDING DAIMLER	104	345,8	290,0
S/A VOLVO	144	793,4	764,0
S/A VOLVO BATT BOX	162	356,4	361,0
SPOT WELDING 04	168	30,2	32,0
PLASMA CUTTING A	16,7	529,5	516,0
LASER CUTTING A	229,9	12517,4	12.174
LASER CUTTING B	112,6	4403,2	1.592
PRESS A 2000T	268,6	21929,5	20.754
PRESS C 4000T	40,4	4746,9	6.585
PRESS B1 500T	381,1	4462,7	3.587
PRESS B2 1000T	381,2	6675,0	6.346
PRESS B6 1000T	302,4	9538,5	5.980
PRESS B7 1000T	300,3	9457,9	919
PRESS B8 300T	249,0	1618,5	845
PRESS B9 300T	328,2	2743,6	2.589
PRESS B10 400T	199,9	5717,6	4.001
PRESS B11 300T	328,2	2141,9	1.681
S/A Rivet Daimler	59	153,3	132,0
S/A Welding Osta	159	413,0	405,0
C/M ASSY MTS 3 (WD-3)	98	450,6	423,0

Pada bulan Maret ini, tercatat bahwa data yang terkumpul menunjukkan perbaikan dibandingkan dengan bulan sebelumnya. Meskipun demikian, masih menghadapi sejumlah tantangan yang perlu dibatasi. Salah satu penyebab utama dari kesalahan yang terjadi adalah *Overtime* dan tetap di hari libur. Saya menyadari bahwa ketidakakuratan dalam perencanaan dapat berdampak signifikan terhadap hasil yang dicapai. Karena itu, evaluasi menyeluruh terhadap sangatlah penting dilakukan proses perencanaan yang dilakukan.



Gambar 4. 5 Grafik Data Bulan Maret (PT. Gemala Kempa Daya, 2024)

#### 4.7 Hasil Evaluasi Manajemen Produksi

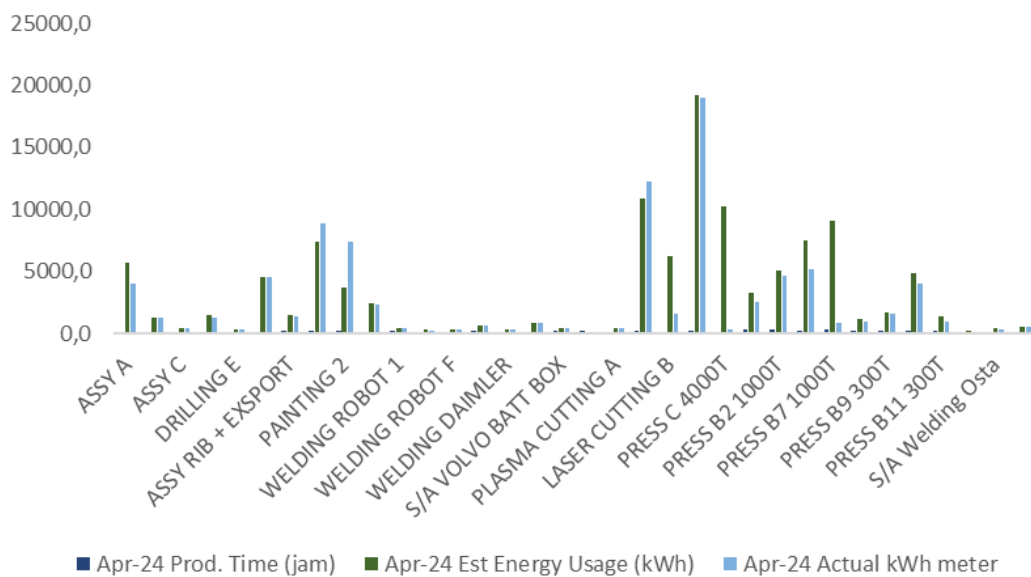
Berikut data yang telah diambil pada bulan Maret :

Tabel 4. 3 Data Konsumsi Bulan April  
(PT. Gemala Kempa Daya, 2024)

Line Produksi	Apr-24		
	Prod. Time (jam)	Est Energy Usage (kWh)	Actual kWh meter
ASSY A	147,2	5679,1	4017,0
ASSY B	74,7	1275,2	1270,0
ASSY C	39,8	435,1	426,0
ASSY E	113,8	1513,9	1283,0
DRILLING E	42,0	306,9	279,0
DRILLING A	119,8	4584,2	4511,0
ASSY RIB + EXPORT	245,8	1520,2	1389,0
PAINTING 1	207,0	7386,3	8843,0
PAINTING 2	195,0	3702,7	7398,0
POWDER COATING	111,3	2449,3	2371,0
WELDING ROBOT 1	180	467,6	422,0
WELDING ROBOT A	109	283,1	257,0
WELDING ROBOT F	142	368,9	310,0
WELDING ROBOT G	245	636,4	592,0
WELDING DAIMLER	95	315,9	310,0
S/A VOLVO	156	859,6	812,0
S/A VOLVO BATT BOX	203	446,6	395,0
SPOT WELDING 04	177	31,9	24,0
PLASMA CUTTING A	13,0	411,9	388,0
LASER CUTTING A	199,1	10838,7	12.296
LASER CUTTING B	160,6	6282,4	1.640
PRESS A 2000T	234,8	19165,9	19.018
PRESS C 4000T	87,3	10247,4	364
PRESS B1 500T	280,8	3288,2	2.585
PRESS B2 1000T	287,3	5029,7	4.602
PRESS B6 1000T	238,8	7532,5	5.209
PRESS B7 1000T	287,1	9042,6	855
PRESS B8 300T	181,3	1178,7	996
PRESS B9 300T	203,5	1701,3	1.619
PRESS B10 400T	171,0	4889,6	4.069
PRESS B11 300T	203,8	1330,3	949
S/A Rivet Daimler	77	200,0	142,0
S/A Welding Osta	149	387,1	329,0
C/M ASSY MTS 3 (WD-3)	121	556,3	491,0

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap data konsumsi energi listrik pada bulan-bulan sebelumnya, terlihat adanya tren perbaikan yang konsisten dalam efisiensi penggunaan energi. Evaluasi tersebut tidak hanya memberikan gambaran menyeluruh terhadap pola konsumsi energi, tetapi juga menjadi dasar dalam perumusan strategi penghematan energi yang lebih efektif. Implementasi dari hasil evaluasi tersebut mulai menunjukkan dampak positif yang signifikan, sebagaimana tercermin dalam data konsumsi energi listrik pada bulan April.

Pada bulan April, data menunjukkan bahwa tingkat konsumsi energi listrik berada pada level yang sangat efisien dibandingkan bulan-bulan sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa upaya perbaikan dan optimalisasi yang telah dilakukan sebelumnya berjalan lancar dan menghasilkan dampak yang nyata. Efisiensi ini mencerminkan keberhasilan dalam mengidentifikasi dan menindaklanjuti berbagai factor yang menyebabkan pemborosan energi di masa lalu, serta keberhasilan dalam penerapan langkah-langkah penghematan yang lebih tepat sasaran.



Gambar 4. 6 Grafik Data Bulan April  
(PT. Gemala Kempa Daya, 2024)

## 4.8 Hasil Akhir Pengembangan

Berikut adalah pengambilan data akhir pada bulan Mei :

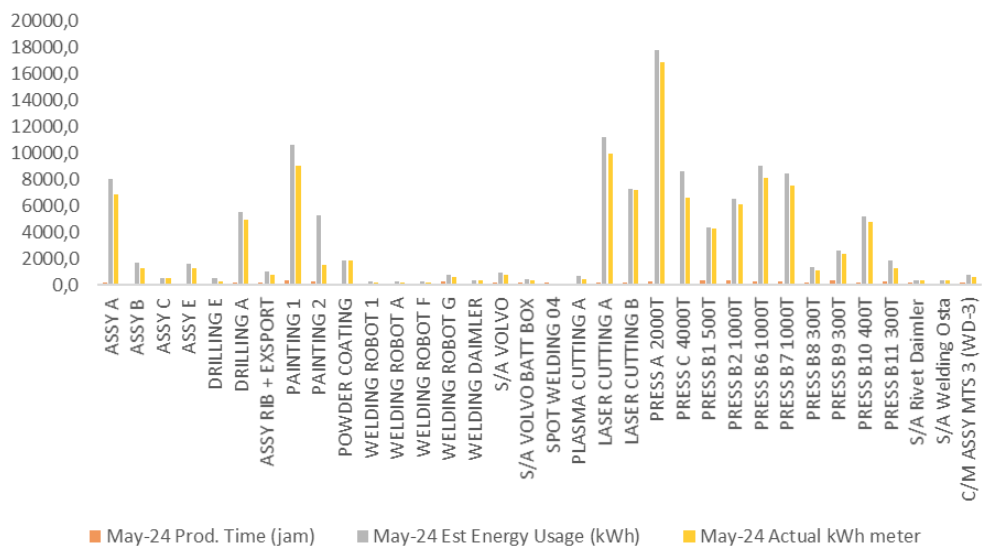
Tabel 4. 4 Data Konsumsi Bulan Mei  
(PT. Gemala Kempa Daya, 2024)

Line Produksi	May-24		
	Prod. Time (jam)	Est Energy Usage (kWh)	Actual kWh meter
ASSY A	208,0	8026,7	6855,0
ASSY B	99,0	1690,8	1271,0
ASSY C	46,0	502,4	510,0
ASSY E	117,0	1557,2	1283,0
DRILLING E	70,0	511,5	259,0
DRILLING A	145,0	5547,0	4897,0
ASSY RIB + EXPORT	167,0	1033,0	782,0
PAINTING 1	298,0	10633,5	9045,0
PAINTING 2	277,0	5259,8	1546,0
POWDER COATING	84,0	1848,0	1828,0
WELDING ROBOT 1	84,0	218,2	133,0
WELDING ROBOT A	87,0	226,0	209,0
WELDING ROBOT F	96,0	249,4	176,0
WELDING ROBOT G	286,0	742,9	579,0
WELDING DAIMLER	103,0	342,5	311,0
S/A VOLVO	174,0	958,7	727,0
S/A VOLVO BATT BOX	172,0	378,4	310,0
SPOT WELDING 04	163,0	29,3	25,0
PLASMA CUTTING A	21,0	667,1	426,0
LASER CUTTING A	205,0	11160,8	9.941
LASER CUTTING B	185,0	7235,4	7.142
PRESS A 2000T	218,0	17798,3	16.839
PRESS C 4000T	73,0	8573,7	6.616
PRESS B1 500T	373,0	4367,4	4.238
PRESS B2 1000T	374,0	6548,6	6.081
PRESS B6 1000T	285,0	8989,2	8.090
PRESS B7 1000T	267,0	8410,5	7.530
PRESS B8 300T	201,0	1306,5	1.096
PRESS B9 300T	311,0	2600,1	2.341
PRESS B10 400T	182,0	5205,6	4.794
PRESS B11 300T	282,0	1840,6	1.270
S/A Rivet Daimler	129,0	335,1	329,0
S/A Welding Osta	121,0	314,3	315,0
C/M ASSY MTS 3 (WD-3)	166,0	763,2	582,0

Data bulan Mei menjadi titik akhir dalam proses pengembangan efisiensi energi yang telah dilakukan. Pada tahap ini, tim telah berhasil Menyusun perencanaan produksi dan pemilihan alat yang terstruktur dengan baik. Struktur ini diirancang untuk memastikan bahwa setiap elemen dalam proses produksi dapat berfungsi secara optimal, sehingga memungkinkan untuk mencapai hasil konsumsi energi yang lebih akurat dan efisien.

Dalam pengembangan ini, dilakukan analisis mendalam terhadap pola konsumsi energi yang terjadi selama periode sebelumnya. Hasil analisis tersebut menjadi dasar untuk merumuskan strategi yang tepat dalam pengaturan dan penggunaan energi. Selain itu, kolaborasi antara berbagai departemen juga diperkuat, sehingga setiap aspek dari produksi hingga distribusi dapat berkontribusi secara sinergis terhadap penghematan energi.

Dengan penerapan *system* yang terencana dan terukur, diharapkan perusahaan dapat mengurangi biaya operasional dan dampak lingkungan yang dihasilkan dari penggunaan energi. Data yang diperoleh pada bulan Mei akan menjadi acuan untuk evaluasi dan perbaikan berkelanjutan dalam upaya efisiensi energi di masa depan.



Gambar 4. 7 Grafik Data Bulan Mei (PT. Gemala Kempa Daya, 2024)

#### 4.9 Analisis Total Konsumsi kWh

Pada periode Februari hingga Mei, total konsumsi energi listrik yang tercatat menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan, yang dipengaruhi oleh berbagai factor eksternal dan internal. Data yang diperoleh selama empat bulan ini memberikan gambaran yang lebih jelas tentang pola konsumsi listrik yang terjadi dalam rentang waktu tersebut. Analisis terhadap konsumsi kWh selama bulan Februari, Maret, April, dan Mei bertujuan untuk mengidentifikasi factor-faktor yang berkontribusi terhadap penggunaan besar dalam penggunaan energi, serta bagaimana hal ini dapat berpengaruh terhadap efisiensi energi dan kebijakan pengelolaan konsumsi listrik dimasa mendatang.

Pada bulan Februari, konsumsi energi listrik tercatat 86579 kWh, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti beberapa perangkat yang tidak terbaca pada panel listrik. Seiring berjalannya waktu, pada bulan Maret konsumsi mengalami peningkatan sebesar 108405 kWh, yang dapat dipengaruhi oleh perencanaan produksi yang belum sesuai dengan system monitoring listrik yang baru. Pada bulan April, konsumsi listrik menunjukkan penurunan yang baik menjadi 90461 kWh, menunjukkan pemakaian energi listrik mulai mendekati estimasi penggunaan energi listrik. Namun, untuk memastikan nya pada bulan Mei, konsumsi energi ternyata sudah pada harapan manajemen. Secara keseluruhan, total konsumsi kWh pada periode bulan Februari hingga Mei menunjukkan pola yang baik terhadap penggunaan energi.

Tabel 4. 5 Total Konsumsi Periode Februari Sampai Mei  
(PT. Gemala Kempa Daya, 2024)

BULAN	KONSUMSI ENERGI (KWH)	ESTIMASI KONSUMSI
Februari	86.579	159.611
Maret	108.405	159.959
April	90.461	160.297
Mei	108.376	201.372

$$\frac{\text{Estimasi Energy} - \text{Actual Energy}}{\text{Estimasi Energy}} = \text{Avarage Efficiency} = 42\%$$

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan terhadap pengembangan sistem digitalisasi monitoring kWh meter menggunakan protokol komunikasi *Modbus RTU*, dapat diambil beberapa kesimpulan penting sebagai berikut :

1. Penelitian ini berhasil mengembangkan sebuah sistem monitoring konsumsi energi listrik berbasis digital yang memanfaatkan komunikasi *Modbus RTU*. Sistem ini mampu mengakuisisi data listrik seperti tegangan, arus, daya aktif, daya semu, dan faktor daya secara *real-time* dan terintegrasi dengan jaringan Internet. Sistem ini juga memungkinkan pengguna untuk memantau data dari jarak jauh melalui *platform* berbasis *cloud*, sehingga sangat mendukung konsep *Internet of Things (IoT)* dalam manajemen energi modern.
2. Implementasi sistem yang dilakukan di lingkungan industri menunjukkan efektivitas yang tinggi dalam memonitor dan menganalisis konsumsi energi listrik. Dengan adanya visualisasi data melalui *dashboard* interaktif, sistem memungkinkan pengguna untuk mengidentifikasi tren konsumsi, mendeteksi anomali penggunaan daya, serta melakukan analisis terhadap efisiensi pemakaian energi secara akurat dan cepat. Sistem ini juga memperkecil kemungkinan terjadinya kesalahan dalam pencatatan data karena telah menggantikan metode konvensional yang masih dilakukan secara manual.
3. Pengujian sistem yang dilakukan selama empat bulan, dari Februari hingga Mei, menunjukkan efisiensi rata-rata 42%. Pada awal pengujian di bulan Februari, konsumsi listrik mencapai 86.579 kWh, yang masih jauh dari target efisiensi. Namun setelah dilakukan perbaikan sistem, perencanaan ulang konsumsi energi, serta pengoptimalan pemakaian alat produksi, konsumsi energi pada bulan Mei tercatat sudah sesuai dengan estimasi manajemen. Hal ini menandakan bahwa sistem digitalisasi monitoring yang dikembangkan mampu memberikan dampak nyata terhadap efisiensi energi dalam operasional industri.

4. Digitalisasi monitoring kWh meter yang dikembangkan dalam penelitian ini juga terbukti memberikan manfaat tambahan dalam bentuk peningkatan efisiensi kerja, pengurangan beban kerja petugas lapangan, serta meminimalkan risiko kesalahan manusia (*human error*). Selain itu, sistem ini turut mendukung upaya keberlanjutan energi (*sustainability*) dan pengurangan jejak karbon, yang saat ini menjadi salah satu tujuan utama dalam industri yang ramah lingkungan.

## 5.2 Saran

Sebagai kelanjutan dari hasil penelitian ini, penulis menyampaikan beberapa saran yang dapat menjadi acuan bagi pengembangan sistem selanjutnya maupun penerapan praktis di lingkungan industri, sebagai berikut :

1. Pengembangan lebih lanjut terhadap sistem monitoring perlu dilakukan, khususnya dalam aspek peningkatan kemampuan analitik dan otomatisasi sistem. Diharapkan sistem dapat diintegrasikan dengan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dan pembelajaran mesin (*Machine Learning*) agar mampu melakukan prediksi konsumsi energi, memberikan rekomendasi optimasi penggunaan, serta mendeteksi potensi gangguan secara proaktif.
2. Pelatihan dan peningkatan kompetensi teknis bagi para operator dan teknisi sangat disarankan, agar sistem digital yang telah dikembangkan dapat digunakan secara maksimal dan berkelanjutan. Penggunaan teknologi berbasis *IoT* memerlukan pemahaman mendalam, sehingga dibutuhkan *workshop* atau pelatihan rutin untuk memperkuat keterampilan personel dalam operasional dan pemeliharaan sistem.
3. Monitoring data konsumsi energi sebaiknya dilakukan secara berkala dan terstruktur, dengan pengambilan data yang konsisten dan sistematis. Hal ini bertujuan agar data yang diperoleh tetap valid, dapat digunakan sebagai dasar evaluasi, serta membantu dalam pengambilan keputusan strategis jangka panjang terkait penghematan energi dan efisiensi operasional.

4. Diperlukan sinergi dan kolaborasi lintas departemen dalam perusahaan atau institusi terkait untuk menciptakan sistem manajemen energi yang terintegrasi. Setiap unit kerja, baik produksi, *maintenance*, maupun manajemen energi, harus berperan aktif dalam menerapkan hasil dari sistem monitoring ini agar penghematan energi dapat tercapai secara menyeluruh dan berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. S. Prabowo, "Efisiensi Energi Listrik Melalui Digitalisasi Monitoring," Prosiding Seminar Nasional Energi, pp. 15–20, 2023.
- A. Salam, et al. (2012). *Komunikasi Data RS485 dalam Sistem Monitoring Berbasis PLC*. Jurnal Elektro, Universitas Negeri Semarang.
- Aditya, A. W., dkk. (2024). Sistem Pemantauan Konsumsi Energi Listrik Berbasis Web Sebagai Upaya Konservasi Energi.
- Aditya, A. W., Putra, B., & Kurniawan, D. (2024). *Sistem Pemantauan Konsumsi Energi Listrik Berbasis Web Sebagai Upaya Konservasi Energi*. Jurnal Konservasi Energi, 6(2), 77–85.
- Andy Nur Haryanto. (2024). Rancang Bangun Sistem Monitoring Energi Listrik di PT Porto Indonesia Sejahtera Berbasis IoT.
- Ariwibisono, F. X., & Muljanto, W. P. (2023). *Implementasi Sistem Monitoring Produksi Energi PLTS Berbasis Modbus RTU dan Modbus TCP*. Jurnal Energi dan Listrik, 12(4), 311–320.
- D. S. H. Hidayat, "Implementasi Sistem Monitoring Energi Menggunakan *Modbus RTU*," Jurnal Teknik Elektro, vol. 12, no. 3, pp. 45–52, 2022.
- Dinata, I., & Wahri, S. (2015). *Implementasi Wireless Monitoring Energi Listrik Berbasis Web Database*. Seminar Nasional Teknik Elektro. Retrieved from <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/snte/article/view/14353>
- Dirgantara, H. R., & Pradana, R. (2022). *Smart Metering System for Industrial Energy Monitoring using RS-485 and Modbus Protocol*. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 27(3), 1312–1320.
- Dirgantara, H. R., & Pradana, R. (2022). *Smart Metering System for Industrial Energy Monitoring using RS-485 and Modbus Protocol*. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 27(3), 1312–1320.
- Dwi Asmono, Wawan Kurniawan, dan Suharyono. (2014). *Penerapan KWH Meter Tarif Ganda untuk Efisiensi Energi Listrik*. Jurnal Teknik Elektro.
- Eko Kurniawanto Putra. (2018). *Dasar-dasar Energi dan Efisiensi Daya Listrik*. Surabaya: Penerbit Teknik Elektro ITS.
- Fransiscus Xaverius Ariwibisono & Widodo Pudji Muljanto, "Implementasi Sistem Monitoring Produksi Energi PLTS Berbasis Protokol *Modbus RTU* dan *Modbus TCP*," *Nuansa Informatika*, vol. 17, no. 2, 2023.

- Handayani, D., & Fadillah, A. (2021). *Pengaruh Digitalisasi Sistem Monitoring Terhadap Pengurangan Biaya Operasional Listrik*. Jurnal Teknologi dan Informatika, 12(4), 58–65.
- Handayani, S., & Fadillah, R. (2021). *Pengaruh Digitalisasi Sistem Monitoring Terhadap Pengurangan Biaya Operasional Listrik*. Jurnal Energi dan Kelistrikan, 13(1), 15–24.
- Haryanto, A. N. (2024). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Energi Listrik di PT Porto Indonesia Sejahtera Berbasis IoT*. Jurnal Teknologi Elektro Indonesia, 15(1), 33–42.
- Hidayat, D. S. H. (2022). *Implementasi Sistem Monitoring Energi Menggunakan Modbus RTU*. Jurnal Energi Terbarukan dan Kelistrikan, 5(2), 101–109.
- Imaduddin, A., Wardhany, A. K., & Hatib, S. (2025). *Sistem Monitoring Trainer Kit PLTPH Berbasis ESP32 dan PLC dengan Modbus TCP/IP*.
- Imaduddin, A., Wardhany, A. K., & Hatib, S. (2025). *Sistem Monitoring Trainer Kit PLTPH Berbasis ESP32 dan PLC dengan Modbus TCP/IP*. Jurnal Inovasi Teknologi Energi, 7(1), 25–34.
- Irwan Dinata, et al. (2015). *Monitoring Energi Listrik Berbasis Modbus RTU untuk Efisiensi Energi*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2024, Agustus 9). *Kementerian ESDM ungkap sumbangsih sektor energi untuk penurunan emisi GRK*.
- Khaerudin, M., Ramadhan, Y., & Saputra, A. (2023). *Pengembangan Monitoring Listrik Berbasis IoT dengan Komunikasi Modbus RTU*. Jurnal Otomasi dan Kendali, 8(2), 145–153.
- Kusuma, A., & Pratama, R. (2019). *Desain dan Implementasi Monitoring Konsumsi Energi Listrik Real-Time Berbasis Web Menggunakan Arduino dan Modbus RTU*. Jurnal Teknologi Elektro, 10(2), 45–52.
- Kusuma, R. A., & Pratama, M. R. (2019). *Desain dan Implementasi Monitoring Konsumsi Energi Listrik Real-Time Berbasis Web Menggunakan Arduino dan Modbus RTU*. Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI), 5(2), 147–153.
- L. Zhao, et al. (2014). *Cyclic Redundancy Check Implementation for Data Integrity in Serial Communication*. International Journal of Computer Applications.
- M. A. R. Rahman et al., "The Role of Smart Metering in Energy Efficiency," Journal of Energy Management, vol. 10, no. 2, pp. 100–110, 2021.

- Mamay Syani, Wahyu Hidayat, & A. Zainuri. (2022). *Implementasi Protokol Modbus dalam Monitoring Energi pada Jaringan Industri*. Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, Vol. 10(3), 345-351.
- Muhammad Khaerudin, et al. (2023). *Pengembangan Monitoring Listrik Berbasis IoT dengan Komunikasi Modbus RTU*. Jurnal Teknologi Terapan, Vol. 8 No. 1.
- Nugraha, A. W., dkk. (2023). Sistem Monitoring kWh-Meter Digital Berbasis IoT pada Laboratorium Peralatan Medis.
- Nugraha, A. W., Sari, M., & Wibowo, T. (2023). *Sistem Monitoring kWh-Meter Digital Berbasis IoT pada Laboratorium Peralatan Medis*. Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi, 9(1), 55–64.
- Putra, R. D., & Habibi, M. (2022). MODBUS-TR: Advanced MODBUS-RTU Protocol for IoT with Auto-discovery and Triggers. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 13(2), 485–491.
- Qamara Zulham Dirgantoro. (2018). *Analisis Kinerja Modbus RTU pada Sistem Monitoring Listrik Industri*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Raharjo, B. (2020). *Implementasi Internet of Things untuk Monitoring Konsumsi Listrik Menggunakan ESP32 dan Modbus RTU*. Jurnal Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Schneider Electric. (n.d.). *What is Modbus and how does it work?* Retrieved April 21, 2025
- Sembiring, D. (2016). *Efisiensi Energi Listrik dan Implementasi Penghematan di Industri Otomotif Indonesia*. Jurnal Teknik Industri, 17(2), 93–100.
- Socomec, "DIRIS A40/A41 Multifunction meters - PMD," RS Components, 2015.
- Surya, A., & Nugraha, A. (2021). *Analisa Pengaruh Digitalisasi terhadap Efisiensi Energi Listrik pada Industri Manufaktur*. Jurnal Energi dan Sistem Tenaga, 14(1), 1–8.
- Surya, A., & Nugraha, A. (2021). *Analisa Pengaruh Digitalisasi terhadap Efisiensi Energi Listrik pada Industri Manufaktur*. Jurnal Energi dan Sistem Tenaga, 14(1), 1–8.
- Sutikno, T., et al. (2010). *An Introductory Tutorial on Modbus Communication Protocol*. TELKOMNIKA Telecommunication Computing Electronics and Control, 8(2), 289–296.
- Syani, M., Hidayat, W., & Zainuri, A. (2022). *Implementasi Protokol Modbus dalam Monitoring Energi pada Jaringan Industri*. Jurnal Rekayasa Sistem, 11(3), 211–220.

TP-Link. *SG3428X / JetStream 24-Port Gigabit L2+ Managed Switch with 4 10GE SFP+ Slots*. TP-Link, n.d. Web. 2023.

# LAMPIRAN

Foto Diskusi Project, *Display Dashboard*, Perangkat Keras, Tim *Engineering* dan Observasi lapangan



