LAPORAN AKHIR
PROJECT BASED LEARNING
DESAIN INDUSTRI

PROGRAM STUDI D4
TEKNOLOGI REKAYASA ELEKTRONIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BATAM
SEMESTER GENAP TA 2025/2026

Identitas Proyek

Mata Kuliah/Semester	Desain Industri
Kode	TRE 605
Judul Proyek	*Manajemen Energi dan Optimasi Baterai pada Armada AGV Berbasis IoT*
Anggota Tim	1. Harschel Briliant S (4242301068) 2. Wira Iswara (4242301075) 3. Ignasius Raja Onda (4242301077) 4. M, Gibran Maulana (4242301089)
Manajer Proyek	Ibu Mishthafiyatillah, S.Si., M.Sc
Co-Manajer Proyek	
Luaran Proyek	1. Hardware Robot Line Follower Digital 2. Laporan Akhir PBL 3. Video Presentasi 4. RPP (Rencana Pelaksanaan Proyek) 5. Logbook Kegiatan PBL
Persentase Keberhasilan Proyek (Rentang 0 – 100%)	
Apakah proyek ini masih akan dilanjutkan semester depan ? (Tuliskan: Ya/ Tidak)	
Tanggal mulai proyek	10 - April - 2026
Tanggal selesai proyek	10 - Juli - 2026

Batam, 13 - Juli - 2026

Mishthafiyatillah, S.Si., M.Sc
124328

Daftar Isi

Identitas Proyek ..... **ii**

Daftar Isi ..... **iii**

Daftar Gambar ..... **v**

Daftar Tabel ..... **vi**

Daftar Lampiran ..... Error! Bookmark not defined.

Bab 1 Pendahuluan **7**

1.1 Latar Belakang 7

1.2 Rumusan Masalah 8

1.3 Tujuan 9

1.4 Manfaat 9

1.5 Batasan Masalah 9

1.6 Pembagian Tugas 10

Bab 2 Kajian Pustaka **11**

2.1 Automated Guided Vehicle (AGV) 11

2.2 Internet of Things (IoT) 11

2.3 Manajemen Energi 12

2.4 Baterai Li-Po dan Li-Ion 13

2.5 Mikrokontroler ESP32 14

2.6 Sensor Energi (INA219) 14

2.7 Dashboard Monitoring 15

2.8 Konsep Optimasi Baterai 16

2.9 Aspek Ergonomi yang berkaitan dengan PBL 16

Bab 3 Metode **18**

3.1 Alur Proses Pengerjaan 18

3.1.1 Waktu 18

3.1.2 Tempat Penelitian 18

3.2 Prosedur Kerja 18

3.3.1 Persiapan Sistem 18

3.3.2 Implementasi Hardware 19

3.3.3 Implementasi Software 20
3.3.4 Pengujian Sistem 21
3.4 Gambaran Desain 23
3.4.1 Elektrikal Wiring 23
3.4.2 Desain Mekanikal 25
3.5 Flowchart 28
3.6 Metode Pengujian 30
3.6.1 Pengujian Pengiriman Data 30
3.6.2 Pengujian Ketahanan dan kinerja Sistem 31
3.4 Timeline Proyek 32
Bab 4 Hasil dan Analisa 33
4.1 Pengenalan Proyek 33
4.2 Hasil Sementara 33
4.3 Kendala yang Dihadapi 35
4.4 Pembahasan 36
4.5 Link Youtube 37
Bab 5 Penutup 38
5.1 Kesimpulan 38
5.2 Saran 38
Daftar Pustaka 39
Lampiran 40

Daftar Gambar

Gambar 2 1 Baterai Li-po 13

Gambar 2 2 Mikrokontroler ESP32 14

Gambar 2 3 Dashboard Monitoring 15

Gambar 3 1 Desain Elektrikal 23

Gambar 3 2 Desain Mekanikal 25

Gambar 3 3 Flowchart 28

Gambar 3 4 Timeline Proyek 32

Daftar Tabel

Tabel 1 1Pembagian Tugas Setiap Tim 10

Bab 1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di era industri 4.0 telah mendorong transformasi besar dalam sektor manufaktur dan logistik, khususnya dalam penerapan sistem otomatisasi. Salah satu implementasi nyata dari otomatisasi tersebut adalah penggunaan Automated Guided Vehicle (AGV), yaitu kendaraan tanpa pengemudi yang digunakan untuk memindahkan barang secara otomatis dalam lingkungan industri.

AGV memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi ketergantungan terhadap tenaga kerja manusia, serta meningkatkan akurasi dan konsistensi dalam proses distribusi material. Namun demikian, keberhasilan implementasi AGV sangat bergantung pada sistem pendukungnya, terutama pada aspek manajemen energi dan performa baterai.

Baterai merupakan sumber daya utama pada AGV, sehingga kondisi dan efisiensi penggunaannya sangat menentukan kinerja sistem secara keseluruhan. Dalam praktiknya, sering ditemukan permasalahan seperti penggunaan energi yang tidak efisien, keterlambatan dalam proses pengisian ulang, serta tidak adanya sistem monitoring yang mampu memberikan informasi kondisi baterai secara real-time. Hal ini dapat menyebabkan AGV mengalami penurunan performa, bahkan berhenti beroperasi secara tiba-tiba (unexpected shutdown), yang berdampak langsung terhadap terganggunya proses produksi.

Project Based Learning (PBL) dengan judul "Manajemen Energi dan Optimasi Baterai pada Armada AGV Berbasis IoT" bertujuan mengembangkan sistem monitoring dan manajemen energi pada Automated Guided Vehicle (AGV) untuk meningkatkan efisiensi, keamanan, dan umur pakai baterai. Sistem ini memanfaatkan Battery Management System (BMS), sensor, dan mikrokontroler ESP32 untuk memantau parameter baterai seperti tegangan, arus, temperatur, dan State of Charge (SOC) secara real-time, kemudian mengirimkan data melalui teknologi Internet of Things (IoT) ke dashboard monitoring sehingga operator dapat memantau kondisi baterai dan melakukan tindakan pemeliharaan secara lebih efektif. Dari sisi mekanikal, proyek ini berfokus pada perancangan casing dan tata letak komponen yang mampu melindungi perangkat elektronik, memudahkan proses instalasi dan perawatan, serta mendukung sirkulasi udara untuk menjaga temperatur kerja komponen agar sistem dapat beroperasi dengan aman, andal, dan efisien.(Cavus et al., 2025)

Manajemen Energi dan Optimasi Baterai pada Armada AGV Berbasis IoT mengembangkan sistem pemantauan dan pengelolaan energi baterai pada armada Automated Guided Vehicle (AGV) menggunakan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem dirancang untuk memonitor kondisi baterai secara real-time melalui pengukuran parameter seperti tegangan, arus, temperatur, serta kapasitas baterai sehingga kondisi kesehatan baterai dapat diketahui secara akurat. Data yang diperoleh dari sensor dan Battery Management System (BMS) diproses oleh mikrokontroler kemudian dikirim ke platform monitoring untuk membantu operator dalam mengawasi kondisi baterai, menentukan waktu pengisian ulang, serta melakukan pemeliharaan secara lebih efektif. Dari sisi mekanikal, proyek ini berfokus pada perancangan casing dan tata letak komponen yang mampu melindungi perangkat elektronik, mempermudah proses pemasangan dan perawatan, serta mendukung pelepasan panas agar sistem dapat bekerja secara aman, andal, dan efisien pada armada AGV.(Ji et al., 2026)

Berdasarkan permasalahan tersebut, pada proyek ini dikembangkan suatu sistem Manajemen Energi dan Optimasi Baterai pada Armada AGV Berbasis IoT. Sistem ini dirancang untuk memonitor parameter energi seperti tegangan, arus, dan daya secara real-time, serta menampilkan data tersebut dalam bentuk dashboard yang mudah dipahami. Selain itu, sistem ini juga diharapkan mampu membantu dalam proses pengambilan keputusan terkait penggunaan energi yang lebih efisien, sehingga dapat meningkatkan kinerja dan umur pakai baterai.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam proyek ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem monitoring energi pada AGV yang mampu bekerja secara real-time dan terintegrasi dengan teknologi IoT?
2. Bagaimana mengukur parameter energi seperti tegangan, arus, dan daya secara akurat pada sistem AGV?
3. Bagaimana mengoptimalkan penggunaan baterai agar lebih efisien dan memiliki umur pakai yang lebih panjang?
4. Bagaimana merancang sistem visualisasi data dalam bentuk dashboard yang informatif dan mudah digunakan oleh operator?
5. Bagaimana meningkatkan keandalan sistem agar tetap stabil dalam berbagai kondisi operasional?

1.3 Tujuan

Tujuan dari proyek ini adalah:

1. Merancang dan membangun sistem monitoring energi berbasis IoT pada AGV.
2. Mengembangkan sistem pengukuran energi yang mampu membaca tegangan, arus, dan daya secara real-time.
3. Menganalisis konsumsi energi untuk mengoptimalkan penggunaan baterai.
4. Mengembangkan dashboard monitoring berbasis web untuk menampilkan data secara visual.
5. Meningkatkan efisiensi operasional AGV melalui pengelolaan energi yang lebih baik

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari proyek ini adalah:

1. **Bagi Industri**

   Meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan mengurangi downtime pada sistem AGV.
2. **Bagi Operator**

   Memberikan kemudahan dalam memantau kondisi baterai dan performa AGV secara real-time.
3. **Bagi Akademisi**

   Menjadi sarana pembelajaran dalam penerapan IoT, embedded system, dan manajemen energi.
4. **Bagi Pengembangan Teknologi**

   Mendukung implementasi smart factory dan sistem otomasi berbasis data.

1.5 Batasan Masalah

Batasan dalam proyek ini adalah:

1. Sistem hanya menggunakan baterai jenis Li-Po atau Li-Ion.
2. Komunikasi data menggunakan jaringan Wi-Fi berbasis IoT.
3. Sistem diuji pada prototipe AGV skala laboratorium.
4. Sistem belum mengimplementasikan kecerdasan buatan (AI) untuk prediksi energi.
5. Monitoring difokuskan pada parameter dasar seperti tegangan, arus, dan daya.

1.6 Pembagian Tugas

Tabel 1 1Pembagian Tugas Setiap Tim

No	Nama	Tugas dan Tanggungjawab	Target Pencapaian
1	Ignasius Radja Onda Silaban	Project leader and Mechanical	Tercapai
2	Harschel Brilliant Simbolont	Back and System	Tercapai
3	Wira Iswara	Mechanical	Tercapai
4	M Gibran Maulana	Electrical	Tercapai

Bab 2 Kajian Pustaka

2.1 Automated Guided Vehicle (AGV)

Automated Guided Vehicle (AGV) merupakan kendaraan otomatis yang dirancang untuk memindahkan material tanpa intervensi langsung dari manusia. AGV banyak digunakan dalam lingkungan industri seperti pabrik manufaktur, gudang logistik, dan pusat distribusi karena mampu meningkatkan efisiensi operasional serta mengurangi kesalahan manusia (human error).

AGV bekerja dengan mengikuti jalur tertentu atau menggunakan sistem navigasi berbasis sensor. Beberapa metode navigasi yang umum digunakan pada AGV antara lain:

1. **Line Following**

   AGV mengikuti garis yang telah dibuat pada lantai menggunakan sensor optik.
2. **Magnetic Navigation**

   Menggunakan pita magnetik yang ditanam di lantai sebagai jalur navigasi.
3. **Laser Navigation (LiDAR)**

   Menggunakan sensor laser untuk mendeteksi lingkungan sekitar dan menentukan posisi.
4. **Vision-Based Navigation**

   Menggunakan kamera dan algoritma pengolahan citra untuk navigasi.

Dalam operasionalnya, AGV dilengkapi dengan sistem kontrol yang mengatur pergerakan, kecepatan, serta interaksi dengan lingkungan sekitar. Namun, salah satu komponen paling krusial dalam sistem AGV adalah sumber energi, yaitu baterai.

Permasalahan utama pada AGV terletak pada keterbatasan kapasitas baterai, sehingga diperlukan sistem yang mampu mengelola penggunaan energi secara efisien. Tanpa manajemen energi yang baik, AGV dapat mengalami penurunan performa atau bahkan berhenti beroperasi secara tiba-tiba.

2.2 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep di mana perangkat fisik dapat terhubung ke jaringan internet dan saling bertukar data tanpa interaksi manusia secara langsung. IoT memungkinkan sistem untuk melakukan monitoring, kontrol, serta analisis data secara real-time.

Dalam proyek ini, IoT digunakan sebagai media komunikasi antara AGV dan server. Data yang dikumpulkan dari sensor energi akan dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi ke server untuk diproses dan ditampilkan dalam dashboard.

Arsitektur IoT pada sistem ini terdiri dari beberapa layer:

1. **Perception Layer**

   Berfungsi sebagai pengumpul data menggunakan sensor (tegangan, arus).

2. **Network Layer**

   Bertugas mengirimkan data melalui jaringan (Wi-Fi).

3. **Application Layer**

   Menampilkan data dalam bentuk dashboard atau aplikasi.

Keunggulan penggunaan IoT dalam sistem ini antara lain:

- Monitoring real-time
- Pengumpulan data secara kontinu
- Kemudahan akses dari jarak jauh
- Mendukung analisis data historis

Dengan adanya IoT, sistem manajemen energi pada AGV menjadi lebih cerdas dan terintegrasi.

2.3 Manajemen Energi

Manajemen energi adalah proses pengelolaan penggunaan energi secara efisien untuk mengurangi pemborosan dan meningkatkan performa sistem. Dalam konteks AGV, manajemen energi sangat penting karena seluruh operasional bergantung pada baterai.

Tujuan utama manajemen energi adalah:

- Mengoptimalkan penggunaan daya
- Memperpanjang umur baterai
- Mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu

Beberapa strategi dalam manajemen energi pada AGV meliputi:

1. **Monitoring Konsumsi Energi**

   Mengukur penggunaan energi secara real-time untuk mengetahui pola konsumsi.

2. **Pengaturan Beban Kerja**

   Mengatur kecepatan dan aktivitas AGV agar tidak boros energi.

3. **Manajemen Pengisian Baterai**

   Menentukan waktu pengisian yang optimal untuk menghindari overcharge.

4. **Efisiensi Sistem Elektronik**

   Menggunakan komponen dengan konsumsi daya rendah.

Dengan penerapan manajemen energi yang baik, sistem AGV dapat bekerja lebih stabil dan efisien.

2.4 Baterai Li-Po dan Li-Ion

Gambar 2 1 Baterai Li-po

Baterai Lithium Polymer (Li-Po) dan Lithium-Ion (Li-Ion) merupakan jenis baterai yang banyak digunakan dalam sistem elektronik modern, termasuk AGV. Kedua jenis baterai ini memiliki keunggulan berupa densitas energi yang tinggi, ukuran yang relatif kecil, serta kemampuan pengisian ulang.

Karakteristik utama baterai Li-Po/Li-Ion:

- Tegangan nominal sekitar 3.7V per sel
- Kapasitas tinggi
- Ringan dan fleksibel

Namun, baterai ini juga memiliki beberapa kelemahan, yaitu:

- Sensitif terhadap overcharge
- Sensitif terhadap overdischarge
- Rentan terhadap suhu tinggi

Jika baterai digunakan di luar batas aman, maka dapat menyebabkan:

- Penurunan kapasitas
- Kerusakan permanen
- Risiko keselamatan

Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring dan proteksi untuk menjaga kondisi baterai tetap optimal.

2.5 Mikrokontroler ESP32

Gambar 2 2 Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems dan banyak digunakan dalam aplikasi IoT. ESP32 memiliki keunggulan berupa konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi, sehingga sangat cocok digunakan untuk sistem monitoring berbasis jaringan.

Spesifikasi utama ESP32:

- Prosesor dual-core hingga 240 MHz
- RAM 520 KB
- Wi-Fi dan Bluetooth built-in
- Konsumsi daya rendah

Dalam proyek ini, ESP32 berfungsi sebagai:

- Pengolah data dari sensor
- Pengirim data ke server
- Pengontrol sistem monitoring

Selain itu, ESP32 juga mendukung berbagai mode hemat daya seperti deep sleep, yang sangat berguna untuk mengurangi konsumsi energi pada sistem.

2.6 Sensor Energi (INA219)

Sensor INA219 adalah sensor yang digunakan untuk mengukur arus dan tegangan secara akurat. Sensor ini bekerja dengan prinsip pengukuran tegangan pada resistor shunt untuk menentukan arus yang mengalir.

Parameter yang dapat diukur oleh INA219:

- Tegangan (Volt)
- Arus (Ampere)
- Daya (Watt)

Keunggulan sensor INA219:

- Akurasi tinggi
- Mudah digunakan dengan mikrokontroler
- Mendukung komunikasi I2C

Data dari sensor ini sangat penting dalam sistem manajemen energi karena digunakan untuk:

- Menghitung konsumsi daya
- Menganalisis performa baterai
- Menentukan efisiensi sistem

2.7 Dashboard Monitoring

Gambar 2 3 Dashboard Monitoring

Dashboard monitoring adalah antarmuka yang digunakan untuk menampilkan data hasil pengukuran dalam bentuk visual. Dashboard biasanya berbasis web atau aplikasi mobile yang dapat diakses oleh pengguna secara real-time.

Fitur utama dashboard:

- Tampilan grafik konsumsi energi
- Informasi tegangan dan arus
- Status baterai
- Notifikasi kondisi abnormal

Dashboard berperan penting dalam:

- Mempermudah monitoring sistem
- Mendukung pengambilan keputusan
- Menyediakan data historis

Dengan adanya dashboard, pengguna dapat memahami kondisi sistem secara cepat dan akurat.

2.8 Konsep Optimasi Baterai

Optimasi baterai adalah proses meningkatkan efisiensi penggunaan baterai agar dapat digunakan lebih lama dan lebih optimal. Dalam sistem AGV, optimasi baterai sangat penting karena berkaitan langsung dengan performa dan keberlanjutan operasional.

Beberapa metode optimasi baterai meliputi:

1. **Pengaturan Penggunaan Energi**
   Mengurangi konsumsi daya saat tidak diperlukan.
2. **Monitoring Kondisi Baterai**
   Memantau tegangan dan arus secara terus-menerus.
3. **Penggunaan Mode Hemat Daya**
   Mengaktifkan fitur low-power pada mikrokontroler.
4. **Pengisian yang Efisien**
   Menghindari pengisian berlebihan atau terlalu sering.

Dengan optimasi yang baik, baterai dapat digunakan lebih lama dan sistem menjadi lebih efisien.

2.9 Aspek Ergonomi yang berkaitan dengan PBL

Materi	Relevan	Alasan
Anthoropometri	Sangat Relevan	Berkaitan dengan ukuran casing dan jangkauan tangan saat maintenance
Biomekanik	Relevan	Berkaitan dengan posisi pemasangan komponen dan gaya saat membuka casing
Usability	Sangat Relevan	Kemudahan penggunaan casing dan akses komponen
Beban Kerja	Relevan	Mengurangi waktu dan usaha teknis saat perawatan
Rula/Reba	Relevan	Analisis postur teknisi ketika memasang komponen
Pencahayaan	Tidak Relevan	Tidak berhubungan dengan smart room maupun sistem pencahayaan

Kebisingan	Tidak Relevan	Sistem tidak menghasilkan kebisingan ataupun alarm
Temperatur	Relevan	Komponen elektronik menghasilkan panas sehingga membutuhkan ventilasi
Ergonomic Informatic	Wajib	Dashboard monitoring harus mudah dipahami user
Studi Gerakan	Relevan	Ada aktivitas membuka casing,mengganti baterai dan maintenance

Bab 3 Metode

3.1 Alur Proses Pengerjaan

3.1.1 Waktu

Pelaksanaan penelitian berlangsung selama 6 bulan, mulai dari 10 April 2026 hingga 24 Juli 2026 , dengan rincian kegiatan sebagai berikut:

1. Tahap studi literatur: April 2026
2. Tahap perencanaan dan desain: Mei 2026
3. Tahap implementasi dan pengembangan sistem: Juni 2026
4. Tahap pengujian dan analisis hasil: Juli 2026

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di lokasi berikut:

1. Ruangan 802 gedung utama, Politeknik Negeri Batam ,

   Digunakan untuk merancang rangkaian elektronik dan pengujian perangkat keras.
2. Ruangan 501 gedung utama, Politeknik Negeri Batam ,

   Digunakan untuk berdiskusi dengan Manpro

3.2 Prosedur Kerja

3.3.1 Persiapan Sistem

Langkah awal dalam persiapan sistem Manajemen Energi dan Optimasi Baterai pada Armada AGV Berbasis IoT adalah melakukan pemilihan dan penyediaan komponen utama yang akan digunakan dalam pembangunan sistem monitoring energi dan optimasi baterai pada AGV. Komponen inti yang dipersiapkan meliputi mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali sistem, sensor arus dan tegangan seperti INA219 untuk membaca parameter energi secara real-time, serta baterai Li-Po atau Li-Ion sebagai sumber daya utama pada AGV. Selain itu, digunakan juga modul charger dan Battery Management System (BMS) untuk mengatur proses pengisian serta melindungi baterai dari kondisi overcharge dan overdischarge.

Komponen pendukung lainnya meliputi kabel jumper, breadboard atau PCB, regulator tegangan, modul komunikasi Wi-Fi bawaan ESP32, serta perangkat AGV prototype yang digunakan sebagai media implementasi sistem. Setelah seluruh komponen tersedia, dilakukan perancangan diagram rangkaian untuk menghubungkan

sensor energi, baterai, dan mikrokontroler ESP32 sesuai dengan jalur input dan output yang telah dirancang. Proses ini bertujuan agar sistem mampu membaca data tegangan, arus, daya, dan kapasitas baterai secara akurat tanpa terjadi kesalahan pembacaan data.

Pada tahap ini juga dilakukan pengecekan terhadap kestabilan catu daya dan sistem distribusi tegangan agar seluruh komponen dapat bekerja dengan optimal. Stabilitas sumber daya sangat penting karena gangguan pada suplai tegangan dapat menyebabkan kesalahan pembacaan sensor maupun kegagalan komunikasi data. Selain itu, jalur komunikasi antar sensor dan ESP32 juga diperhatikan untuk meminimalkan noise atau interferensi yang dapat memengaruhi akurasi data monitoring energi.

Jika sistem monitoring akan ditampilkan melalui dashboard berbasis web atau aplikasi IoT, maka konfigurasi jaringan Wi-Fi dan koneksi server juga perlu dipersiapkan pada tahap awal. ESP32 dikonfigurasi agar dapat terhubung ke jaringan internet dan mengirimkan data hasil pembacaan sensor secara real-time ke server atau database. Selanjutnya, data tersebut akan ditampilkan dalam bentuk dashboard monitoring yang memuat informasi kondisi baterai, konsumsi daya, status penggunaan energi, serta performa operasional AGV secara keseluruhan. Dengan adanya sistem ini, operator dapat melakukan pemantauan kondisi energi AGV secara lebih mudah, cepat, dan efisien sehingga mendukung proses optimasi penggunaan baterai pada armada AGV berbasis IoT.

3.3.2 Implementasi Hardware

Implementasi hardware pada proyek Manajemen Energi dan Optimasi Baterai pada Armada AGV Berbasis IoT dilakukan dengan merancang dan mengintegrasikan seluruh komponen elektronik yang digunakan dalam sistem monitoring energi. Tahap ini diawali dengan proses pemasangan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali utama yang bertugas membaca data dari sensor energi serta mengirimkan data tersebut ke server monitoring berbasis IoT.

Sensor yang digunakan pada sistem ini adalah sensor arus dan tegangan seperti INA219 yang berfungsi untuk mengukur parameter energi pada baterai AGV secara real-time. Sensor ini dihubungkan ke baterai dan sistem kelistrikan AGV untuk membaca nilai tegangan, arus, daya, serta estimasi konsumsi energi selama AGV beroperasi. Selain itu, digunakan juga baterai Li-Po atau Li-Ion sebagai sumber daya

utama, yang dilengkapi dengan modul Battery Management System (BMS) untuk menjaga keamanan dan kestabilan proses pengisian maupun penggunaan baterai.

Proses implementasi hardware juga mencakup penyusunan jalur distribusi daya dan komunikasi antar komponen menggunakan kabel jumper, breadboard, atau PCB agar koneksi lebih stabil dan rapi. ESP32 dihubungkan dengan sensor melalui komunikasi I2C sehingga data hasil pembacaan dapat diterima dengan cepat dan akurat. Seluruh komponen kemudian dipasang pada prototype AGV untuk mensimulasikan kondisi operasional sebenarnya di lingkungan industri atau laboratorium.

Selain itu, sistem dirancang agar mampu melakukan monitoring kondisi energi secara kontinu selama AGV beroperasi. Data hasil pembacaan sensor akan diproses oleh ESP32 dan dikirimkan melalui koneksi Wi-Fi ke server atau dashboard monitoring berbasis web. Dengan adanya sistem ini, operator dapat mengetahui kondisi baterai seperti level tegangan, arus penggunaan, serta konsumsi daya secara real-time.

Pada tahap pengujian hardware, dilakukan pengecekan terhadap kestabilan pembacaan sensor, akurasi data energi, serta kemampuan sistem dalam mengirimkan data ke server tanpa gangguan. Pengujian juga dilakukan untuk memastikan seluruh komponen dapat bekerja dalam waktu lama dengan konsumsi daya yang efisien sehingga sistem monitoring dapat diterapkan secara optimal pada armada AGV berbasis IoT.

3.3.3 Implementasi Software

Tahap pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem Manajemen Energi dan Optimasi Baterai pada Armada AGV Berbasis IoT dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan operasional pada lingkungan industri maupun laboratorium. Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan prototype AGV dalam berbagai kondisi pergerakan untuk mensimulasikan aktivitas distribusi material secara otomatis.

Pengujian pertama dilakukan pada sensor arus dan tegangan untuk memastikan sistem mampu membaca parameter energi baterai secara akurat dan real-time. Sensor INA219 digunakan untuk mengukur nilai tegangan, arus, daya, serta konsumsi energi yang digunakan selama AGV beroperasi. Data hasil pembacaan kemudian

dibandingkan dengan alat ukur manual seperti multimeter untuk memastikan tingkat akurasi sensor yang digunakan pada sistem.

Selanjutnya, dilakukan pengujian terhadap sistem komunikasi IoT menggunakan ESP32 untuk memastikan data energi dapat dikirimkan ke server atau dashboard monitoring secara stabil melalui jaringan Wi-Fi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam melakukan monitoring kondisi baterai secara real-time tanpa adanya keterlambatan data (delay) yang signifikan. Selain itu, dashboard juga diuji untuk memastikan seluruh informasi seperti tegangan baterai, arus penggunaan, kapasitas daya, dan status baterai dapat ditampilkan dengan baik dan mudah dipahami oleh pengguna.

Pengujian berikutnya dilakukan pada performa baterai selama AGV beroperasi. Pada tahap ini, AGV dijalankan dalam beberapa skenario penggunaan, seperti kondisi beban ringan, beban sedang, dan beban maksimum untuk mengetahui pola konsumsi energi pada masing-masing kondisi. Sistem akan memantau perubahan kapasitas baterai secara berkala untuk melihat seberapa cepat energi digunakan selama operasional berlangsung.

Selain itu, dilakukan juga pengujian terhadap daya tahan baterai untuk mengetahui lama waktu operasional AGV sebelum baterai mencapai batas minimum penggunaan. Hasil pengujian ini digunakan untuk menganalisis efisiensi energi dan menentukan strategi optimasi baterai yang paling sesuai agar AGV dapat bekerja lebih lama dan stabil.

Secara keseluruhan, hasil pengujian digunakan untuk mengevaluasi akurasi monitoring energi, kestabilan komunikasi data IoT, performa baterai, serta efisiensi sistem dalam mendukung pengelolaan energi pada armada AGV secara lebih modern, otomatis, dan terintegrasi.

3.3.4 Pengujian Sistem

Tahap pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem Manajemen Energi dan Optimasi Baterai pada Armada AGV Berbasis IoT dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan operasional pada lingkungan industri maupun laboratorium. Pengujian dilakukan dengan menjalankan prototype AGV dalam beberapa skenario pergerakan untuk mensimulasikan proses distribusi material secara otomatis. Selama proses pengujian, sistem monitoring energi akan aktif untuk membaca dan merekam data penggunaan daya baterai secara real-time.

Pengujian pertama dilakukan pada sensor arus dan tegangan yang terhubung dengan baterai AGV untuk memastikan sistem mampu membaca parameter energi secara akurat. Sensor INA219 digunakan untuk mendeteksi nilai tegangan baterai, arus yang digunakan motor AGV, serta total daya yang dikonsumsi selama AGV beroperasi. Data hasil pembacaan sensor kemudian ditampilkan pada dashboard monitoring berbasis IoT untuk memastikan informasi dapat diterima dan dipantau secara langsung oleh pengguna.

Selanjutnya, dilakukan pengujian komunikasi data menggunakan ESP32 dan jaringan Wi-Fi untuk memastikan sistem dapat mengirimkan data monitoring energi ke server secara stabil dan real-time. Pengujian ini bertujuan untuk melihat sejauh mana sistem mampu memperbarui data penggunaan energi dengan cepat tanpa mengalami keterlambatan atau kehilangan data selama AGV bergerak. Selain itu, dashboard monitoring juga diuji untuk memastikan seluruh parameter seperti tegangan baterai, arus, daya, serta status baterai dapat ditampilkan dengan baik dan mudah dipahami.

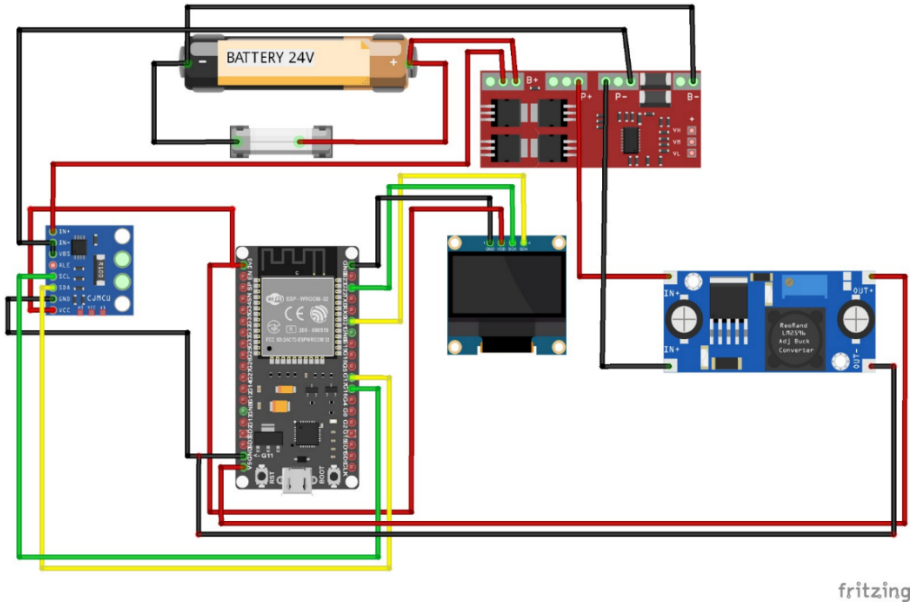
Pengujian berikutnya dilakukan terhadap performa dan daya tahan baterai AGV. Pada tahap ini, AGV dijalankan dalam beberapa kondisi operasional seperti tanpa beban, beban ringan, dan beban maksimum untuk mengetahui pola konsumsi energi pada setiap kondisi kerja. Sistem monitoring akan merekam perubahan kapasitas baterai secara berkala untuk menganalisis efisiensi penggunaan energi selama AGV beroperasi.

Selain itu, dilakukan juga pengujian terhadap sistem optimasi baterai untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengurangi konsumsi daya yang tidak diperlukan. Pengujian ini mencakup penggunaan mode hemat daya pada ESP32 serta pemantauan kondisi baterai agar tidak mengalami overcharge maupun overdischarge.

Hasil dari seluruh pengujian ini digunakan untuk mengevaluasi tingkat akurasi monitoring energi, kestabilan komunikasi data IoT, performa penggunaan baterai, serta efisiensi sistem secara keseluruhan dalam mendukung pengelolaan energi pada armada AGV yang lebih modern, efisien, dan terintegrasi secara digital.

3.4 Gambaran Desain

3.4.1 Elektrikal Wiring



Gambar 3 1 Desain Elektrikal

Berdasarkan gambar rangkaian yang baru, sistem ini menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang berfungsi untuk mengatur proses pembacaan sensor, pengolahan data, serta komunikasi antar modul. ESP32 menjadi pusat kendali karena hampir seluruh jalur data dari modul lain terhubung langsung ke pin input/output pada board ini.

Sumber daya utama berasal dari baterai 24V yang berada pada bagian atas rangkaian. Tegangan dari baterai terlebih dahulu masuk ke modul proteksi baterai/BMS yang berfungsi sebagai pengaman arus, kestabilan tegangan, serta melindungi sistem dari kondisi overcurrent atau short circuit. Dari modul proteksi ini, tegangan keluaran kemudian dialirkan menuju modul step-down LM2596. Modul LM2596 berfungsi menurunkan tegangan 24V menjadi tegangan kerja yang lebih rendah dan stabil agar aman digunakan oleh ESP32 dan modul elektronik lainnya.

Keluaran dari LM2596 dihubungkan ke jalur catu daya utama rangkaian. Pin VIN dan GND pada ESP32 menerima suplai daya dari modul step-down tersebut. Dengan cara ini, ESP32 memperoleh tegangan yang sesuai untuk bekerja tanpa menerima tegangan langsung dari baterai 24V yang terlalu tinggi.

Pada sisi kiri rangkaian terdapat modul sensor arus dan tegangan INA219 (CJMCU). Modul ini terhubung ke ESP32 menggunakan komunikasi I2C. Jalur SCL dan SDA dari INA219 dihubungkan ke pin I2C pada ESP32, sedangkan pin VCC dan GND

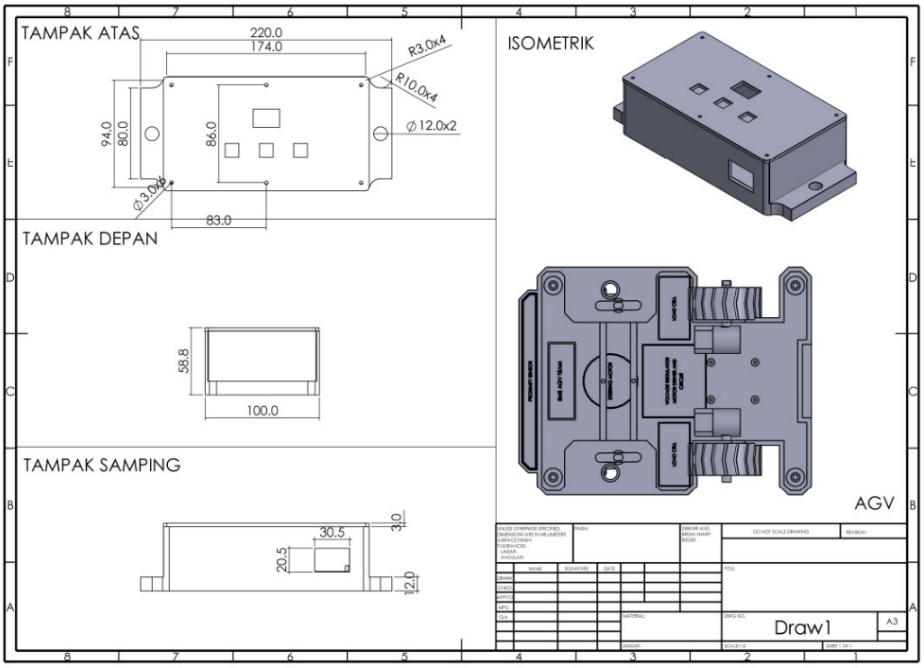
dihubungkan ke sumber daya. Fungsi modul INA219 adalah untuk mengukur besar arus, tegangan, serta daya yang digunakan oleh sistem, sehingga kondisi konsumsi energi baterai dapat dimonitor secara real-time.

Di bagian tengah kanan terdapat layar OLED yang juga menggunakan komunikasi I2C. Pin SCL dan SDA pada OLED terhubung ke jalur I2C yang sama dengan modul INA219, sehingga kedua perangkat dapat berbagi jalur komunikasi yang sama. Sementara itu, pin VCC dan GND OLED terhubung ke catu daya. Layar OLED ini berfungsi untuk menampilkan informasi hasil pembacaan sistem, misalnya tegangan baterai, arus yang terukur, atau status kerja perangkat.

Secara alur kerja, baterai 24V menjadi sumber energi utama, kemudian daya diamankan oleh modul proteksi, diturunkan tegangannya oleh LM2596, lalu digunakan untuk menyalakan ESP32, sensor INA219, dan layar OLED. ESP32 kemudian membaca data arus dan tegangan dari INA219, memproses data tersebut, lalu menampilkan hasilnya pada OLED.

Secara keseluruhan, rangkaian pada gambar ini merupakan sistem monitoring daya berbasis IoT. Fungsi utamanya adalah memantau kondisi sumber daya baterai secara real-time, mulai dari tegangan, arus, hingga konsumsi daya, dengan hasil pemantauan ditampilkan langsung pada layar OLED. Karena menggunakan ESP32, data tersebut juga dapat dikembangkan lebih lanjut untuk dikirim ke server atau dashboard monitoring melalui koneksi Wi-Fi.

3.4.2 Desain Mekanikal



Gambar 3 2 Desain Mekanikal

Gambar mekanik di atas menampilkan desain casing perangkat elektronik yang dibuat menggunakan AutoCAD untuk mendukung sistem manajemen energi dan optimasi baterai pada armada AGV berbasis IoT. Pada sistem ini, casing berfungsi sebagai tempat pemasangan komponen utama seperti mikrokontroler, modul pemantauan tegangan dan arus, rangkaian komunikasi nirkabel, serta rangkaian distribusi daya yang digunakan untuk memantau kondisi baterai pada AGV secara real-time.

Berdasarkan gambar teknik, casing memiliki panjang total 220 mm, dengan panjang badan utama sekitar 180 mm, lebar 100 mm, dan tinggi 55,79 mm. Dimensi tersebut dirancang agar mampu menampung modul elektronika yang digunakan pada sistem monitoring energi, seperti sensor arus, sensor tegangan, modul regulator daya, dan unit komunikasi IoT. Ukuran ini cukup proporsional sehingga perangkat dapat dipasang pada bodi AGV tanpa memakan ruang yang berlebihan.

Pada bagian tampak atas, terlihat beberapa lubang kecil berdiameter Ø3 mm yang berfungsi sebagai titik baut untuk menyatukan penutup dan badan casing. Di bagian tengah terdapat beberapa bukaan berbentuk persegi dan persegi panjang yang dirancang sebagai jalur akses konektor, indikator, maupun port antarmuka perangkat elektronik. Dalam penerapan pada AGV, bukaan ini penting untuk memudahkan akses saat proses konfigurasi, pengujian, maupun pemeliharaan sistem monitoring baterai.

Di sisi kanan dan kiri casing terdapat dudukan pemasangan dengan lubang berdiameter Ø12 mm. Bagian ini berfungsi untuk mengikat casing ke rangka AGV agar tetap stabil saat kendaraan bergerak. Karena AGV bekerja secara dinamis dan sering mengalami getaran akibat pergerakan motor maupun perubahan arah, keberadaan dudukan tersebut membantu menjaga modul elektronik tetap aman dan tidak mudah bergeser.

Dari tampilan isometrik, casing berbentuk box tertutup yang memberikan perlindungan fisik terhadap komponen di dalamnya. Struktur ini sangat penting pada sistem manajemen energi AGV karena komponen seperti sensor arus, modul komunikasi, dan rangkaian pengukuran baterai harus terlindungi dari debu, benturan, maupun gangguan lingkungan industri. Bentuk kotak yang kompak juga memudahkan integrasi dengan kompartemen elektronik AGV.

Secara keseluruhan, desain mekanik ini mendukung implementasi manajemen energi dan optimasi baterai pada armada AGV berbasis IoT. Casing ini menjadi wadah utama bagi perangkat monitoring yang bertugas mengukur tegangan baterai, arus konsumsi, tingkat daya, serta kondisi pemakaian energi secara real-time. Data tersebut kemudian dapat dikirim melalui jaringan IoT untuk dianalisis lebih lanjut, sehingga operator dapat memantau performa baterai setiap AGV, memperkirakan kebutuhan pengisian ulang, dan mengoptimalkan distribusi energi agar efisiensi operasional armada meningkat.

Hubungan Ergonomi dengan Desain Mekanikal , Anthropometri , Pada desain casing ukurannya sekitar 220 mm x 100 mm x 56 mm cukup mudah untuk dijangkau dan dipegang. Posisi lubang baut juga berada dibagian atas sehingga mudah untuk dijangkau menggunakan obeng tanpa harus memutar perangkat secara berlebihan.

Biomekanik, Pada desain ini posisi baterai, ESP 32, BMS dan regulator dibuat tersusun sehingga tidak perlu melakukan gerakan memutar badan atau membungkuk terlalu lama saat melakukan perawatan. Dan dudukan casing dikedua sisi membuat pemasangan ke rangka AGV menjadi lebih stabil.

Usability, Pada casing yang dirancang seluruh komponen ditempatkan secara terpisah, jalur kabel lebih rapi,tersedia bukaan untuk konektor,dan penutup dapat dilepas menggunakan baut . Hal tersebut dapat membuat proses , pengecekan sensor , pemeriksaan dan penggantian baterai menjadi lebih cepat.

Beban Kerja, Desain casing yang memudahkan akses komponen membuat user tidak perlu membongkar seluruh perangkat ketika hanya ingin mengganti satu komponen. Sehingga, risiko kesalahan pemasangan menurun dan waktu maintenance lebih singkat.

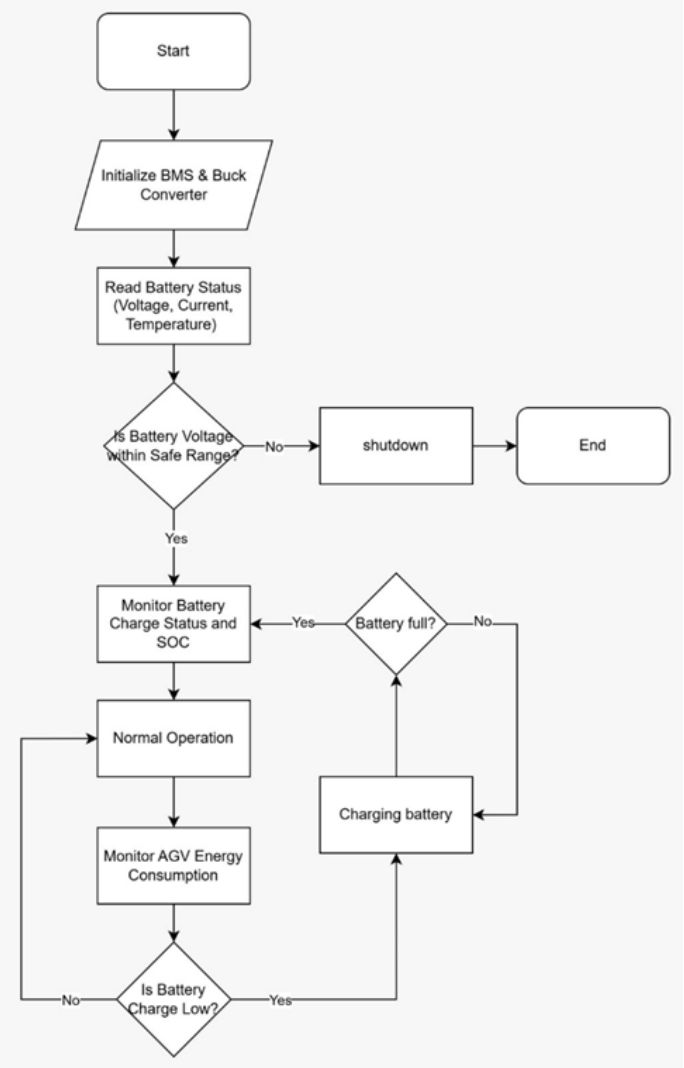
Rula / Reba, Pada proyek ini analisis dapat dilakukan saat membuka baut casing, memasang ESP 32, memasang sensor INA219, mengganti baterai. Karena semua baut berada disisi atas dan komponen mudah dijangkau dan postur kerja cenderung netral sehingga risiko gangguan menjadi rendah.

Temperatur, Esp 32, LM 2596, dan Battery Management System menghasilkan panas selama bekerja. Sehingga desain casing menyediakan ruang kosong didalam casing sehingga mendapatkan sirkulasi udara menjadi lebih baik sehingga panas dapat dilepaskan secara efektif.

Ergonomic Informatic, Dirancang untuk dapat mengetahui kondisi baterai dengan cepat dan mudah melalui dashboard. Dan informasi yang ditampilkan, tegangan baterai, arus, daya , state of charge dan status baterai.

Studi Gerakan,Untuk menganalisis efesiensi gerakan saat melakukan maintenance. Aktivitas yg dilakukan antara lain, Mengambil obeng, membuka baut penutup casing, memeriksa kondisi komponen dan mengencangkan baut. Dengan penempatan komponen yang lebih rapi, jumlah gerakan menjadi lebih sedikit sehingga maintenance lebih cepat dan efisien.

3.5 Flowchart



Gambar 3 3 Flowchart

Alur program pada flowchart tersebut menggambarkan proses manajemen energi dan optimasi baterai pada armada AGV berbasis IoT agar kondisi baterai tetap aman, efisien, dan dapat dipantau secara terus-menerus.

Proses dimulai dari Start, kemudian sistem melakukan inisialisasi BMS (*Battery Management System*) dan buck converter. Pada tahap ini, seluruh modul daya diaktifkan agar siap melakukan pengukuran serta mengatur distribusi tegangan ke sistem AGV.

Setelah inisialisasi selesai, sistem masuk ke tahap pembacaan status baterai, yaitu membaca parameter utama berupa tegangan (*voltage*), arus (*current*), dan suhu (*temperature*). Ketiga parameter ini sangat penting karena menjadi dasar untuk menentukan apakah baterai berada dalam kondisi aman untuk digunakan.

Selanjutnya dilakukan proses pengambilan keputusan pada bagian “Is Battery Voltage within Safe Range?”. Pada tahap ini sistem memeriksa apakah tegangan baterai masih berada

pada rentang operasi yang aman. Jika tegangan berada di luar batas aman, maka sistem akan menjalankan prosedur shutdown untuk melindungi baterai dan komponen elektronik dari risiko kerusakan akibat overvoltage atau undervoltage. Setelah itu proses berakhir di End.

Namun jika tegangan masih dalam rentang aman, maka sistem melanjutkan ke tahap monitoring status pengisian baterai dan SOC (*State of Charge*). Pada bagian ini, sistem menghitung kapasitas daya yang masih tersisa pada baterai sehingga AGV dapat mengetahui level energi yang tersedia secara real-time.

Setelah kondisi baterai diketahui, AGV masuk ke mode Normal Operation. Pada tahap ini kendaraan beroperasi seperti biasa untuk menjalankan tugasnya, misalnya bergerak, mengangkut barang, atau melakukan navigasi sesuai perintah sistem.

Selama AGV beroperasi, sistem terus melakukan monitor konsumsi energi AGV. Artinya, arus pemakaian baterai akan dipantau secara kontinu untuk mengetahui seberapa cepat energi berkurang selama kendaraan bekerja.

Berikutnya terdapat keputusan "Is Battery Charge Low?". Pada tahap ini sistem memeriksa apakah level baterai sudah mendekati batas minimum.

- Jika belum rendah (No), maka sistem akan kembali ke Normal Operation, sehingga AGV tetap dapat beroperasi sambil terus dipantau.
- Jika daya baterai rendah (Yes), maka sistem masuk ke tahap Charging Battery.

Pada proses Charging Battery, baterai mulai diisi ulang. Setelah itu sistem memeriksa kondisi "Battery full?".

- Jika belum penuh (No), maka proses pengisian akan terus berlangsung.
- Jika sudah penuh (Yes), maka alur kembali ke tahap Monitor Battery Charge Status and SOC, lalu sistem kembali ke Normal Operation.

Secara keseluruhan, flowchart ini menunjukkan bahwa program bekerja secara looping dan otomatis. Sistem secara terus-menerus membaca kondisi baterai, memantau konsumsi energi AGV, menentukan kapan AGV tetap beroperasi, kapan harus mengisi daya, dan kapan harus melakukan shutdown demi keamanan. Dengan alur ini, manajemen energi menjadi lebih efisien, umur baterai dapat lebih terjaga, dan armada AGV dapat beroperasi lebih stabil dalam sistem berbasis IoT.

Hubungan Ergonomi dengan alur Flowchart, Usability Sistem BMS dirancang untuk alur yang sederhana dan mudah dipahami. Alur yang jelas memudahkan user dalam memahami proses kerja sistem sehingga mengurangi kesalahan saat melakukan pemantauan.

Beban Kerja, Sistem BMS mengurangi beban kerja operator karena proses pemantauan tegangan, arus, temperatur dan kapasitas baterai secara otomatis. Dengan demikian user tidak perlu melakukan pengecekan secara manual lagi.

Ergonomic Informatic, Data penting sepeti tegangan,arus,temperatur, dan State of Charge (SOC) ditampilkan secara real – time sehingga user dapat memantau kondisi baterai dengan mudah.

Studi Gerakan, diterapkan karena AGV merupakan kendaraan yang bergerak secara otomatis. Mekanisme ini membuat pergerakkan AGV menjadi lebih efisien, mengurangi perpindahan yang tidak diperlukan serta menjaga kelangsungan operasional tanpa meganggu proses kerja.

3.6 Metode Pengujian

3.6.1 Pengujian Pengiriman Data

Pengujian pengiriman data dilakukan untuk memastikan bahwa data manajemen energi dan kondisi baterai pada armada AGV berbasis IoT dapat dikirim dengan baik ke server atau platform cloud. Dalam pengujian ini, sistem memanfaatkan koneksi Wi-Fi pada ESP32 untuk mengirimkan data hasil pemantauan baterai, seperti tegangan, arus, suhu, daya, dan nilai *State of Charge* (SOC) yang diperoleh dari sensor pemantauan energi.

Pengujian dilakukan pada beberapa kondisi jaringan, baik ketika sinyal stabil maupun ketika kualitas sinyal menurun, untuk mengetahui tingkat kestabilan dan keandalan proses transmisi data dari AGV ke server. Setiap data yang berhasil diterima di server kemudian dibandingkan dengan data pembacaan langsung pada perangkat, sehingga dapat diketahui apakah informasi yang dikirim tetap sesuai, konsisten, dan akurat.

Melalui pengujian ini juga dapat diamati waktu respons pengiriman data secara real-time, sehingga sistem dapat diketahui kemampuannya dalam memberikan informasi kondisi baterai setiap AGV tanpa keterlambatan yang signifikan. Data yang tampil pada dashboard kemudian digunakan untuk memantau kondisi energi armada, mengetahui kapan baterai mulai melemah, dan menentukan waktu yang tepat untuk proses pengisian ulang.

Secara keseluruhan, pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem manajemen energi dan optimasi baterai pada armada AGV berbasis IoT mampu bekerja secara real-time, stabil, dan andal, sehingga pemantauan kondisi baterai dapat dilakukan secara terus-menerus guna mendukung efisiensi operasional armada AGV.

3.6.2 Pengujian Ketahanan dan kinerja Sistem

Pengujian ketahanan dilakukan dengan menjalankan sistem manajemen energi dan optimasi baterai pada armada AGV berbasis IoT secara terus-menerus selama 24–48 jam dalam kondisi operasional yang menyerupai penggunaan nyata di lingkungan industri. Pengujian dilakukan pada beberapa skenario kerja, seperti saat AGV bergerak tanpa beban, membawa beban, melakukan berhenti-berjalan (*start-stop*), serta saat proses pengisian ulang baterai berlangsung.

Tujuan pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa sistem dapat bekerja stabil, akurat, dan berkelanjutan dalam jangka waktu lama tanpa mengalami gangguan pada proses pemantauan energi. Selama pengujian berlangsung, sistem secara berkala merekam data tegangan baterai, arus, suhu, daya, serta nilai *State of Charge* (SOC) untuk melihat kestabilan pembacaan parameter baterai selama AGV beroperasi.

Selain itu, pengujian juga digunakan untuk mengevaluasi konsumsi energi AGV, kestabilan kerja BMS (*Battery Management System*), respons buck converter, serta kestabilan koneksi Wi-Fi dalam mengirimkan data ke server atau dashboard monitoring. Data hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui apakah terjadi penurunan performa, gangguan komunikasi, atau ketidaksesuaian pembacaan sensor selama operasi berlangsung.

Hasil dari pengujian ketahanan ini digunakan untuk menilai kemampuan sistem dalam melakukan pemantauan energi baterai secara real-time dan kontinu, sehingga dapat diketahui apakah sistem mampu mendukung operasional armada AGV secara optimal. Dengan pengujian ini, dapat dipastikan bahwa sistem tetap andal dalam membantu proses optimasi penggunaan baterai, pengaturan jadwal pengisian ulang, serta menjaga efisiensi energi armada AGV dalam penggunaan jangka panjang.

3.4 Timeline Proyek

AKTIVITAS	10 Apr - 17 Apr 2026		24 Apr - 15 Mei 2026				22 Mei - 12 Juni 2026				19 Juni - 10 Juli 2026						
	1	2	3	4	5	6	7	UTS 1	UTS 2	8	9	10	11	12	MP	UAS 1	UAS 2
Pengenalan/Penjelasan Prodi TRE (PBL, Prodi, Aturan Akademik, Lab, dll)																	
Penjelasan pola PBL bersama dosen pengampu PBL																	
Studi Literatur tentang proyek dan membuat Timeline proyek																	
Menyusun Power Point yang berisi penjelasan proyek																	
Presentasi Power Point dengan Manpro																	
Membuat RAB kelompok																	
Membuat RPP kelompok																	
Design Rangkaian Elektrikal & Design Mekanikal																	
UTS																	
Melanjutkan Pengembangan Program Esp dan penyempurnaan untuk desain Mekanikal dan tampilan pada Dashboard web																	
Menyusun Laporan PBL Bab 1,2 dan pembuatan data history dalam bentuk tabel																	
Melanjutkan Penyusunan laporan Bab 2 dan melanjutkan penyempurnaan Design Mekanikal																	
Melanjutkan Desain Elektrikal																	
Melanjutkan desain elektrikal dan simulasi																	
Final pembuatan laporan akhir																	

Gambar 3 4 Timeline Proyek

Bab 4 Hasil dan Analisa

4.1 Pengenalan Proyek

Proyek manajemen energi dan optimasi baterai pada armada AGV berbasis IoT dikembangkan untuk membantu proses pemantauan dan pengelolaan penggunaan energi pada kendaraan AGV (*Automated Guided Vehicle*) yang banyak digunakan di lingkungan industri, gudang, dan sistem logistik. Dalam operasionalnya, AGV sangat bergantung pada baterai sebagai sumber energi utama untuk menjalankan motor penggerak, sensor, serta sistem komunikasi. Karena itu, kondisi baterai sangat memengaruhi kelancaran dan efisiensi kerja armada AGV.

Melalui proyek ini, dirancang sebuah sistem yang mampu memantau kondisi baterai secara real-time dengan membaca beberapa parameter penting seperti tegangan, arus, daya, suhu, dan *State of Charge* (SOC). Data tersebut dikumpulkan menggunakan sensor, kemudian diproses oleh ESP32 sebagai mikrokontroler utama. Selanjutnya, informasi hasil pemantauan dikirim melalui jaringan Wi-Fi ke server atau dashboard monitoring berbasis IoT, sehingga operator dapat melihat kondisi baterai setiap AGV secara jarak jauh dan terus-menerus.

Dengan adanya sistem ini, operator dapat mengetahui tingkat pemakaian energi, mendeteksi lebih awal jika terjadi penurunan performa baterai, serta menentukan waktu pengisian ulang yang lebih tepat. Hal ini sangat penting untuk mencegah AGV berhenti mendadak saat beroperasi, mengurangi risiko kerusakan baterai, serta membantu meningkatkan efisiensi energi, umur pakai baterai, dan keandalan operasional armada AGV secara keseluruhan.

4.2 Hasil Sementara

Hasil sementara dari proyek manajemen energi dan optimasi baterai pada armada AGV berbasis IoT menunjukkan bahwa sistem yang dirancang telah dapat bekerja sesuai fungsi dasar yang diharapkan. ESP32 berhasil membaca data dari sensor pemantauan baterai berupa tegangan, arus, daya, suhu, dan *State of Charge* (SOC) secara berkala. Data hasil pembacaan tersebut dapat diproses dengan baik, kemudian ditampilkan pada OLED serta dikirim melalui koneksi Wi-Fi ke dashboard monitoring.

Berdasarkan pengujian awal, proses pengiriman data berlangsung cukup stabil dan informasi kondisi baterai dapat dipantau secara real-time. Sistem juga sudah mampu mendeteksi perubahan kondisi baterai ketika terjadi penurunan tegangan atau peningkatan arus selama AGV beroperasi. Dengan hasil sementara ini, dapat disimpulkan bahwa rancangan alat

telah menunjukkan potensi yang baik untuk mendukung proses pemantauan energi, optimasi penggunaan baterai, dan penentuan waktu pengisian ulang pada armada AGV.

1. **Perancangan Perangkat Keras**

Proses perancangan perangkat keras pada proyek manajemen energi dan optimasi baterai pada armada AGV berbasis IoT meliputi penyusunan rangkaian dan pengujian koneksi antar komponen utama yang digunakan untuk memantau kondisi energi baterai secara real-time. Komponen utama yang digunakan antara lain:

- ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang bertugas membaca data sensor, mengolah informasi, dan mengirimkan data ke server melalui koneksi Wi-Fi.
- Sensor INA219 untuk mengukur parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, dan daya baterai.
- Battery Management System (BMS) yang berfungsi menjaga keamanan baterai dari kondisi overcharge, overdischarge, dan arus berlebih.
- Buck converter LM2596 untuk menurunkan tegangan dari sumber baterai agar sesuai dengan kebutuhan kerja ESP32 dan modul lainnya.
- Layar OLED sebagai media tampilan lokal untuk menampilkan informasi kondisi baterai secara langsung.
- Baterai sebagai sumber daya utama yang menyuplai seluruh sistem monitoring.

Penyusunan rangkaian dilakukan agar seluruh komponen dapat saling terhubung dengan baik dan bekerja secara stabil. Jalur daya diatur melalui BMS dan buck converter, sedangkan jalur komunikasi data antara INA219, OLED, dan ESP32 dihubungkan sesuai protokol yang digunakan.

Berdasarkan pengujian awal, sistem telah mampu membaca data tegangan, arus, daya, dan *State of Charge* (SOC) secara berkala. Data tersebut berhasil diproses oleh ESP32, ditampilkan pada OLED, serta dikirim melalui jaringan Wi-Fi ke dashboard monitoring. Hasil ini menunjukkan bahwa perangkat keras yang dirancang sudah dapat mendukung proses pemantauan energi dan optimasi baterai pada armada AGV secara real-time.

2. **Pengujian Sementara**

Pengujian awal dilakukan untuk memastikan bahwa sistem manajemen energi dan optimasi baterai pada armada AGV berbasis IoT dapat membaca kondisi baterai dan mengirimkan data dengan benar. Beberapa pengujian yang telah dilakukan antara lain:

Uji sensor INA219: Sistem berhasil membaca parameter kelistrikan baterai berupa tegangan, arus, dan daya secara stabil. Nilai pembacaan berubah sesuai kondisi beban AGV, sehingga sensor mampu mendeteksi perubahan konsumsi energi selama sistem bekerja.

Uji pemantauan baterai: Sistem mampu menampilkan kondisi baterai dan memperkirakan nilai *State of Charge* (SOC) berdasarkan hasil pembacaan tegangan dan arus. Saat beban meningkat, nilai arus yang terbaca juga meningkat dan kapasitas baterai menunjukkan penurunan secara bertahap.

Uji pengiriman data: Data hasil pembacaan sensor berhasil dikirim secara real-time ke server melalui koneksi Wi-Fi pada ESP32. Informasi kondisi baterai juga dapat ditampilkan pada dashboard monitoring tanpa keterlambatan yang signifikan.

Hasil pengujian sementara menunjukkan bahwa seluruh komponen utama telah berfungsi dengan baik. Namun, masih diperlukan proses kalibrasi sensor dan optimasi sistem agar pembacaan data baterai menjadi lebih akurat, terutama ketika AGV bekerja pada kondisi beban yang berubah-ubah atau dalam waktu operasi yang lebih lama.

3. **Perancangan Perangkat Lunak**

Pada tahap perancangan perangkat lunak untuk proyek manajemen energi dan optimasi baterai pada armada AGV berbasis IoT, beberapa bagian utama telah disusun agar proses pemantauan energi dapat berjalan dengan baik. Bagian tersebut meliputi:

Desain elektrikal, untuk memastikan hubungan antar komponen seperti ESP32, sensor INA219, BMS, buck converter, OLED, dan baterai bekerja secara aman, stabil, dan efisien.

Desain mekanikal, yang berfungsi menempatkan seluruh modul elektronik ke dalam casing agar komponen terlindungi dari getaran, benturan, dan kondisi lingkungan operasional AGV.

Flowchart program, yang menggambarkan alur kerja sistem mulai dari pembacaan data tegangan, arus, daya, dan *State of Charge* (SOC), proses pengolahan data oleh ESP32, hingga pengiriman data ke dashboard monitoring berbasis IoT.

Pada tahap ini juga telah dilakukan pembuatan tampilan awal dashboard monitoring yang dapat menampilkan informasi kondisi baterai secara real-time, seperti nilai tegangan, arus, daya, dan persentase kapasitas baterai. Data tersebut disimpan pada basis data sehingga dapat digunakan untuk pemantauan kondisi energi setiap AGV secara berkelanjutan.

4.3 Kendala yang Dihadapi

Proyek manajemen energi dan optimasi baterai pada armada AGV berbasis IoT menghadapi beberapa kendala selama proses perancangan dan pengujian. Salah satu kendala

utama adalah keterlambatan kedatangan komponen seperti ESP32, sensor INA219, BMS, buck converter, dan OLED, sehingga proses perakitan dan integrasi sistem tidak dapat dilakukan sesuai jadwal. Selain itu, pengujian awal masih terbatas pada skala laboratorium sehingga data konsumsi energi yang diperoleh belum sepenuhnya menggambarkan kondisi nyata saat AGV beroperasi dengan beban dan durasi kerja yang bervariasi. Pada tahap pengujian, pembacaan data tegangan, arus, dan daya juga masih mengalami fluktuasi, terutama ketika terjadi perubahan beban secara tiba-tiba, sehingga diperlukan kalibrasi tambahan agar hasil pemantauan lebih akurat. Kendala lainnya terdapat pada proses penyesuaian desain mekanik, karena posisi komponen, jalur kabel, port daya, dan ventilasi harus disesuaikan beberapa kali agar seluruh perangkat dapat terpasang dengan aman, rapi, dan tetap stabil saat AGV bergerak.

4.4 Pembahasan

Berdasarkan hasil sementara dan kendala yang dihadapi, proyek manajemen energi dan optimasi baterai pada armada AGV berbasis IoT menunjukkan perkembangan yang cukup baik. Proses perancangan perangkat keras dan perangkat lunak telah berjalan sesuai rencana, di mana ESP32 berhasil terintegrasi dengan sensor INA219, BMS, buck converter, dan OLED untuk membaca kondisi baterai seperti tegangan, arus, daya, dan *State of Charge* (SOC). Data hasil pembacaan juga telah berhasil dikirim ke dashboard monitoring melalui koneksi Wi-Fi sehingga kondisi energi baterai dapat dipantau secara real-time.

Namun demikian, masih terdapat beberapa kendala yang memengaruhi proses pengembangan. Keterlambatan kedatangan komponen menyebabkan jadwal pengujian bergeser dari rencana awal. Selain itu, pengujian yang masih dilakukan dalam skala laboratorium membuat data konsumsi energi belum sepenuhnya mewakili kondisi nyata saat armada AGV beroperasi dengan beban dan pola kerja yang berbeda-beda. Pembacaan sensor juga masih mengalami fluktuasi ketika terjadi perubahan beban secara mendadak, sehingga akurasi data masih perlu ditingkatkan. Dari sisi mekanik, desain casing juga masih memerlukan penyesuaian agar penempatan komponen lebih rapi, aman, dan tahan terhadap getaran saat AGV bergerak.

Untuk tahap selanjutnya, pengujian akan dilakukan pada kondisi operasional AGV yang lebih nyata agar pola konsumsi energi dapat dianalisis dengan lebih akurat. Sistem juga akan dikalibrasi kembali untuk meningkatkan kestabilan pembacaan sensor, sedangkan desain mekanik akan disempurnakan agar lebih kokoh dan efisien. Selain itu, sistem komunikasi data dan manajemen penggunaan daya akan terus dioptimalkan agar perangkat dapat bekerja lebih

stabil, hemat energi, dan mampu mendukung operasional armada AGV dalam jangka waktu yang lebih lama.

4.5 Link Youtube

Bab 5 Penutup

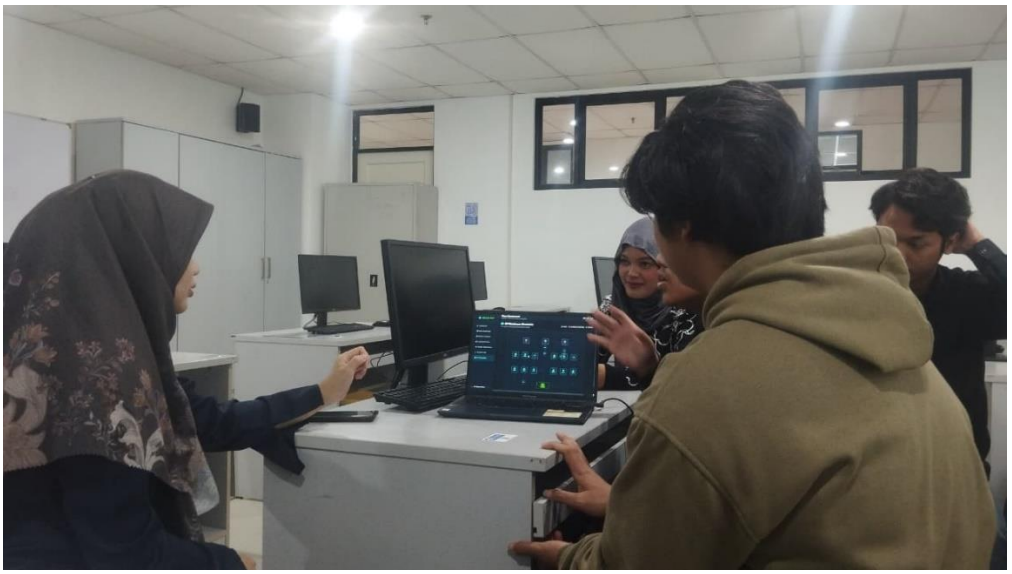
5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian awal, proyek manajemen energi dan optimasi baterai pada armada AGV berbasis IoT telah menunjukkan bahwa sistem dapat menjalankan fungsi utamanya dengan baik. ESP32 berhasil membaca data kondisi baterai seperti tegangan, arus, daya, suhu, dan *State of Charge* (SOC) melalui sensor, kemudian menampilkan serta mengirimkan data tersebut ke dashboard monitoring secara real-time melalui koneksi Wi-Fi. Hasil sementara menunjukkan bahwa sistem mampu membantu proses pemantauan kondisi energi baterai sehingga operator dapat mengetahui tingkat pemakaian energi, mendeteksi penurunan performa baterai, dan menentukan waktu pengisian ulang dengan lebih tepat. Dengan demikian, sistem ini memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi serta mendukung keandalan operasional armada AGV.

5.2 Saran

Untuk pengembangan selanjutnya, pengujian sistem perlu dilakukan langsung pada armada AGV dalam kondisi operasional nyata agar data konsumsi energi lebih akurat dan mewakili penggunaan sebenarnya. Proses kalibrasi sensor juga perlu ditingkatkan agar pembacaan data baterai lebih stabil, terutama saat terjadi perubahan beban secara mendadak. Selain itu, desain mekanik dan penempatan komponen dapat disempurnakan agar perangkat lebih kokoh, aman, dan tahan terhadap getaran selama AGV bergerak. Pengembangan berikutnya juga dapat diarahkan pada penerapan algoritma prediksi konsumsi energi atau estimasi umur baterai agar proses optimasi baterai menjadi lebih cerdas dan efisien.

Daftar Pustaka

1. Cavus, M., Dissanayake, D., & Bell, M. (2025). *Next Generation of Electric Vehicles : AI-Driven Approaches for Predictive Maintenance and Battery Management*. 1–41.
2. Ji, M., Gafsi, N., Mostafa, L., Younes, R., Sadeq, A. M., Singh, N., Singh, S., & Hamdouni, A. (2026). Energy Conversion and Management : X A data-driven framework for energy and economic management in electric vehicle fleets : IoT-based decision analytics for battery health assessment and sustainable power operations. *Energy Conversion and Management: X*, *30*(March), 101778. https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2026.101778
3. Hasanah, A. W., Azqolani, M. A., Husada, H., & Pramono, T. J. (2024). Monitoring Battery and Load Control of Solar Power Plants Using Internet of Things (IoT) Technology. Journal of Electrical Systems, 20(10s). Sistem ini menggunakan ESP32 dan INA219 untuk pemantauan baterai secara real-time.
4. Putra, W. P., Sari, R. S. P., Yamin, M., Mulyanto, T., Suryawan, B., Supriyono, S., & Pamungkas, A. E. (2024). Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Real-Time Berbasis ESP32, Sensor PZEM 004T dan INA219 Dengan Interface LabVIEW. Jurnal Inovator, 8(1).
5. Siagian, R. W. H., Wungo, L. G. A., Kainama, R. B., Agung, I. G. A. P. R., & Sudarma, M. (2025). Rancang Bangun Sistem Monitoring IoT pada Pengisian Baterai Sealed Lead Acid Berbasis Aplikasi Mobile untuk Mencegah Overheating dan Overcharging. Jurnal SPEKTRUM, 12(3), 247–257.
6. Pusdekar, P., Rakshe, S., Lembhe, P., & Ukey, U. (2025). IoT-Based Battery Management System for EVs. Journal of Information Systems Engineering and Management, 10(55s). Penelitian ini membahas penerapan Battery Management System berbasis IoT untuk pemantauan baterai secara real-time.
7. Istawar, A. P., & Rosyadi, S. (2025). Telemetry Design For Monitoring Each Cell On A Battery Pack Lithium-Ion 18650 Based On Node MCU ESP32. Journal of Applied Electrical Engineering Innovation, 1(1). Penelitian ini relevan untuk pemantauan kondisi baterai dan estimasi kapasitas pada sistem berbasis ESP32.

Lampiran