

LAPORAN PROYEK AKHIR

**RANCANG BANGUN MONITORING TRAFFIC CONTROL
AGV BERBASIS INTEGRASI PLC-ESP32 MELALUI
VISUALISASI WAYPOINT REAL-TIME MQTT**

ROSALINDA MARETHA



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

RINGKASAN

ROSALINDA MARETHA. Implementasi Sistem Monitoring *Traffic Control Automated Guided Vehicle* (AGV) berbasis MQTT menggunakan GPS Module *U-blox NEO-M8N*. Dibimbing oleh DODIK ARIYANTO.

Perancangan sistem monitoring dan *traffic control* AGV di PT Aisin Indonesia dibuat karena untuk mengatasi kesulitan pelacakan lokasi dan status operasional di jalur khusus serta kurangnya visibilitas *real-time* terhadap posisi dan status armada *Automated Guided Vehicle* (AGV) yang dioperasikan oleh PLC *Mitsubishi FX5U* yang menyebabkan terganggu efektivitas *traffic control*. Sistem ini dirancang untuk membangun *custom dashboard* berbasis MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) yang mengintegrasikan data lokasi ganda GPS Module *U-blox NEO-M8N* untuk koordinat global dan ID Area/RFID dari PLC untuk posisi spesifik jalur. Proses ini melibatkan integrasi ESP32 dengan *Input/Output* PLC untuk mengakuisisi data status (*RUN/STOP*). Hasil yang diharapkan adalah visualisasi *real-time* posisi AGV pada gambar *layout* jalur pabrik dengan indikator status (Hijau untuk *Running*, Merah untuk *Stop/Error*). Implementasi ini akan meningkatkan efisiensi *traffic control*, mendukung pengambilan keputusan operasional yang cepat, dan menjadi fondasi IoT fleksibel di lingkungan industri PT Aisin Indonesia.

Kata Kunci: GPS Module *U-Blox NEO-M8N*, Sistem Monitoring AGV, Traffic Control Berbasis MQTT

SUMMARY

ROSALINDA MARETHA. Implementation of a Monitoring and Traffic Control System for Automated Guided Vehicles (AGV) Based on MQTT Using the U-Blox NEO-M8N GPS Module. Supervised by DODIK ARIYANTO.

The design of the AGV monitoring and traffic control system at PT Aisin Indonesia was developed to address challenges in tracking the location and operational status of AGVs along dedicated lanes, as well as the lack of real-time visibility of the AGV fleet operated by the Mitsubishi FX5U PLC, which affects traffic control effectiveness. This system is designed to build a custom dashboard using the MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) protocol, integrating dual-location data from the U-Blox NEO-M8N GPS Module for global coordinates and Area ID/RFID data from the PLC for specific lane positioning. The process involves integrating an ESP32 microcontroller with the PLC's *Input/Output* interface to acquire operational status signals (*RUN/STOP*). The expected outcome is a real-time visualization of AGV positions on the factory route layout, supported by status indicators (Green for *Running*, Red for *Stop/Error*). This implementation is expected to improve traffic control efficiency, support faster operational decision-making, and serve as a flexible IoT foundation within the industrial environment of PT Aisin Indonesia.

Keywords: U-Blox NEO-M8N GPS Module, AGV Monitoring System, MQTT-Based Traffic Control.

Laporan Proyek Akhir
Sebagai salah satu syarat untuk melaksanakan penelitian
**RANCANG BANGUN MONITORING TRAFFIC CONTROL
AGV BERBASIS INTEGRASI PLC-ESP32 MELALUI
VISUALISASI WAYPOINT REAL-TIME MQTT**

ROSALINDA MARETHA

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

Judul Proyek Akhir : *Implementasi Sistem Monitoring Traffic Control Automated Guided Vehicle (AGV) berbasis MQTT menggunakan GPS Module U-blox NEO-M8N*

Nama : Rosalinda Maretha
NIM : J0404221092

Disetujui oleh

Pembimbing:
Dodik Ariyanto, STP, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Inna Novianty, S.Si., M.Si.
NPI 201811198611192014

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga proposal proyek akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2025 sampai bulan November 2025 ini ialah *Automation System* berbasis *Internet of Things* (IoT), dengan judul “Implementasi Sistem Monitoring *Traffic Control Automated Guided Vehicle* (AGV) berbasis MQTT menggunakan GPS Module *U-blox NEO-M8N*”.

Terima kasih penulis ucapkan para pembimbing, Dodik Ariyanti, STP, M.Si yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Pembimbing Lapangan dari PT. Aisin Indonesia, Hari Nugroho, A.Md.T., yang telah mengarahkan dan memberikan izin kepada penulis untuk melaksanakan serta menyelesaikan proyek ini. Serta kepada Pembimbing Lapangan Divisi EQDEV, Bayu Wibowo, A.Md.T., atas izin penelitian, bantuan, dan dukungan yang diberikan selama proses pengerjaan dan penyelesaian penelitian magang ini. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

Semoga proposal proyek akhir ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Mei 2026

Rosalinda Maretha

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	vii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Implementasi Sistem Lokasi AGV Berbasis GPS Module	4
2.2 MQTT (<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>)	4
2.3 AGV (<i>Automated Guided Vehicle</i>)	5
2.4 <i>Programmable Logic Controller</i> (PLC) MELSEQ iQ-F FX5U	6
2.5 Modul GPS (<i>U-Blox Neo-M8N</i>)	7
2.6 Mikrokontroler ESP32	7
2.7 Penelitian Terdahulu	8
III METODE	11
3.1 Lokasi dan Waktu Proyek Akhir	11
3.2 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data	11
3.3 Prosedur Kerja	12
3.4 Matriks Rencana Proyek Akhir	20
DAFTAR PUSTAKA	21

DAFTAR TABEL

2.1 Penelitian Terdahulu	9
3.1 Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	14
3.2 Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	15
3.3 Matriks Rencana Proyek Akhir	20

DAFTAR GAMBAR

2.1 Sistem Monitoring dan <i>Traffic Control</i>	4
2.2 AII AGV - DIVA	6
2.3 PLC <i>Mitsubishi FX5U</i>	6
2.4 GPS Module <i>U-blox NEO-M8N</i>	7
2.5 Mikrokontroler ESP32	8
3.1 Prosedur Kerja	13
3.2 Alur Kerja Sistem	17

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Aisin Indonesia merupakan perusahaan manufaktur komponen otomotif multinasional yang berperan penting dalam memproduksi beragam produk vital seperti *Clutch Cover*, *Clutch Disc*, *Door Lock*, dan *Intake Manifold* (PT Aisin Indonesia 2025). Dalam konteks industri manufaktur yang semakin terdigitalisasi dan kompetitif, upaya berkelanjutan untuk mencapai efisiensi operasional dan mempertahankan daya saing menjadi fokus utama. Oleh karena itu, perusahaan secara aktif mengidentifikasi dan mengembangkan solusi teknologi yang mampu mengoptimalkan proses internal, terutama dalam sistem otomasi, khususnya pada *Material Handling Equipment* (MHE).

Salah satu MHE yang menjadi perhatian utama adalah *Automated Guided Vehicle* (AGV). AGV didefinisikan sebagai robot beroda yang beroperasi secara otomatis untuk mengangkut material tanpa memerlukan pengemudi manusia, didukung oleh tenaga baterai dan kemampuan program untuk memilih rute dan posisi (Sutrisno *et al.* 2021). Namun, seiring dengan meningkatnya jumlah mesin AGV yang beroperasi dan mengikuti jalur transport khusus di area produksi, pekerja dihadapkan pada tantangan signifikan dalam memonitor lokasi spesifik dan mengelola *traffic* setiap mesin secara *real-time*. Kesulitan ini diperparah oleh keterbatasan visibilitas status *Running/Error* dan identifikasi spesifik AGV pada jalur tersebut, yang secara langsung mengganggu efektivitas *traffic control* dan pengelolaan mesin. Kondisi ini memicu Divisi Equipment Development (EQDEV) untuk menginisiasi Proyek *Internet of Things* (IoT) sebagai solusi *monitoring* dan *traffic control* AGV.

Proyek IoT ini dirancang untuk menyediakan sistem *monitoring* dan *traffic control* AGV dengan fleksibilitas integrasi dan pemrosesan data yang lebih tinggi dibandingkan modul standar. Untuk memenuhi kebutuhan *real-time* perusahaan, ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler utama, memfasilitasi komunikasi dan kustomisasi data yang lebih mendalam dibandingkan batasan *Programmable Logic Controller* (PLC) bawaan. Tujuan utamanya adalah menyajikan informasi lokasi AGV yang dipetakan secara akurat pada jalur spesifik di *dashboard* berbasis *website* yang dikembangkan sendiri, menggantikan antarmuka sederhana seperti *Mosquitto* (MQTT). Pengambilan data lokasi dilakukan melalui GPS Module (untuk koordinat global) dan ID Area menggunakan *RFID* yang dikirimkan oleh PLC AGV (*Mitsubishi FX5U*) melalui komunikasi *serial*. Data status *Run/Stop/Idle (error)*, serta ID AGV spesifik, diakuisisi langsung dari *interface* PLC/AGV. Sistem ini mengolah data lokasi dari *RFID* dan status tersebut yang diterima oleh *Broker* MQTT, kemudian ditampilkan pada *dashboard* dengan indikator *real-time* (misalnya hijau untuk *running*, merah untuk *stop*, dan *idle (error)* berwarna kuning) untuk mendukung pengambilan keputusan operasional yang cepat.

Untuk mewujudkan sistem monitoring dan kontrol *real-time* ini, proyek ini secara teknis mengandalkan protokol komunikasi MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) sebagai jembatan utama dalam infrastruktur *Internet of*

Things (IoT). MQTT dipilih karena efisien dan ringan, sangat ideal untuk mentransfer data lokasi dari *RFID* dan data status *Run/Stop/Idle (error)* dari unit AGV ke sistem *dashboard* berbasis *website*. Dengan demikian, fokus proyek ini adalah pada perancangan sistem kontrol dan monitoring lokasi AGV, yang diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata dalam memodernisasi di PT Aisin Indonesia. Proyek ini tidak hanya menciptakan lingkungan kerja yang lebih efisien, tetapi juga berfungsi sebagai media pembelajaran mendalam bagi penulis sekaligus fondasi yang kuat untuk pengembangan tugas akhir yang lebih kompleks di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, terdapat beberapa rumusan masalah dalam penelitian ini:

1. Bagaimana merancang sistem IoT menggunakan ESP32 dan PLC *Mitsubishi FX5U* untuk mengakuisisi data lokasi (*RFID*) serta status operasional AGV?
2. Bagaimana mengimplementasikan protokol MQTT untuk mengirimkan data dari perangkat IoT ke dashboard website?
3. Bagaimana merancang logika traffic control AGV berbasis data *RFID* agar sistem dapat mengidentifikasi posisi dan pergerakan setiap AGV secara akurat pada jalur produksi?
4. Bagaimana memastikan keandalan dan konsistensi data status *Run/Stop/Idle (error)* yang diterima dari PLC AGV (*Mitsubishi FX5U*) dapat ditampilkan secara real-time pada dashboard?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian yang dilakukan didasari dari latar belakang dan rumusan masalah. Berikut tujuan dari penelitian yang dilakukan:

1. Menganalisis dan merancang arsitektur sistem *Internet of Things* (IoT) yang fleksibel untuk mengintegrasikan ESP32 dengan PLC *Mitsubishi FX5U* guna mengakuisisi data lokasi (*ID Area/RFID*) secara terintegrasi.
2. Menerapkan dan menguji protokol MQTT untuk transmisi data *real-time* ke *Broker* MQTT, serta merancang *custom dashboard* berbasis *web* yang efektif untuk memvisualisasikan *traffic* AGV pada gambar jalur spesifik.
3. Merancang logika traffic control AGV berbasis data *RFID* untuk mengidentifikasi posisi dan pergerakan setiap AGV secara akurat pada jalur produksi.
4. Memastikan keandalan dan konsistensi data status *Run/Stop/Idle (error)* yang diterima dari PLC AGV (*Mitsubishi FX5U*) dapat ditampilkan secara real-time pada dashboard.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini disusun berdasarkan tujuan yang ingin dicapai. Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan efisiensi traffic control AGV di area produksi melalui sistem monitoring lokasi dan status operasional secara real-time berbasis IoT.

2. Memudahkan operator dan teknisi dalam mengidentifikasi posisi serta kondisi setiap AGV pada jalur produksi secara akurat melalui dashboard website.
3. Menyediakan fondasi sistem IoT yang dapat dikembangkan lebih lanjut oleh Divisi EQDEV untuk kebutuhan monitoring dan otomasi perangkat produksi lainnya di masa depan.
4. Memperdalam pemahaman mengenai komunikasi data antara mikrokontroler ESP32, PLC Mitsubishi FX5U, dan protokol MQTT dalam sebuah sistem terintegrasi.
5. Meningkatkan kemampuan dalam pengembangan dashboard berbasis website yang mampu memvisualisasikan data industri secara informatif dan real-time.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini ditetapkan berdasarkan tujuan dan sasaran penelitian yang ingin dicapai. Adapun ruang lingkup yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

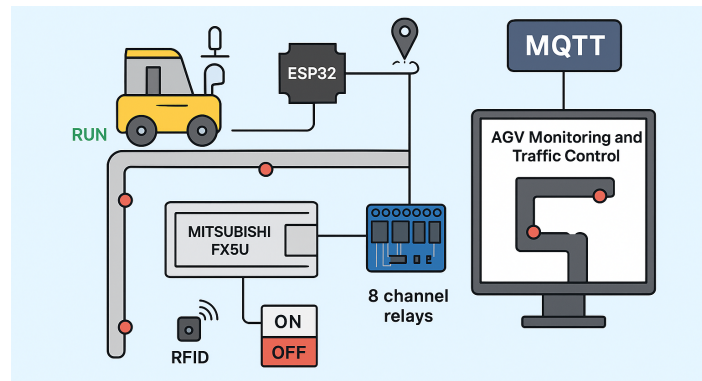
1. Implementasi perangkat IoT (*Internet of Things*) mencakup penggunaan ESP32 sebagai jembatan komunikasi utama antara output digital PLC *Mitsubishi FX5U* dan protokol MQTT, di mana ESP32 membaca data bit step D100 (step 1–63) melalui pin GPIO dan mempublish ke MQTT broker secara mandiri tanpa middleware tambahan di sisi server.
2. Sistem komunikasi data real-time menggunakan protokol MQTT secara eksklusif melalui *MQTT Broker (Mosquitto)* pada tahap pengujian. Sedangkan pada implementasi penuh akan dialihkan ke jaringan internal khusus AGV PT Aisin Indonesia dengan IP static yang telah disiapkan perusahaan.
3. Pengembangan dashboard terbatas pada antarmuka berbasis website custom yang memvisualisasikan posisi dan status operasional AGV pada gambar layout jalur produksi, dengan indikator kedip real-time berwarna hijau (Run), merah (Stop), dan kuning (Idle/Error) pada ikon AGV di layout.
4. Penelitian ini dibatasi pada kemampuan sistem mendeteksi dan menampilkan status operasional AGV sebagai informasi monitoring dan awareness bagi pekerja, tidak mencakup implementasi perintah kendali jarak jauh (remote control) untuk menggerakkan atau mematikan AGV dari dashboard.
5. Penelitian ini dilakukan pada unit AGV tahap pengembangan (prototype) dengan pengujian terbatas untuk memastikan fungsionalitas sistem sebelum diimplementasikan secara massal pada jalur produksi, dengan target implementasi penuh dua-tiga bulan pasca periode penelitian.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Monitoring dan Navigasi AGV Berbasis RFID

Dalam ekosistem manufaktur PT Aisin Indonesia, mobilitas *Automated Guided Vehicle* (AGV) memerlukan sistem navigasi dan monitoring yang presisi di dalam ruangan (*indoor*). Untuk *Automated Guided Vehicle* (AGV) yang beroperasi pada jalur transport spesifik, implementasi *monitoring* lokasi AGV berperan vital, bukan hanya untuk mengetahui posisi global, tetapi juga untuk mendukung *traffic control* dan pengelolaan jalur secara keseluruhan. Mekanisme ini divisualisasikan secara menyeluruh pada Gambar 2.1 yang menggambarkan alur Sistem Monitoring dan *Traffic Control* mulai dari akuisisi data titik RFID hingga penyajian informasi pada dashboard operator.

Berbeda dengan sistem berbasis satelit, proyek ini mengimplementasikan Sensor RFID Tzbot sebagai penentu lokasi utama. Penggunaan RFID pada robot navigasi industri mampu memberikan respon data yang sangat cepat (*low latency*), sehingga posisi AGV dapat dipetakan secara akurat pada *dashboard* (*website*) setiap kali sensor melewati *tag* yang tertanam di lantai produksi.



Gambar 2.1 Sistem Monitoring dan *Traffic Control*

Sumber: Gambar hasil generasi AI (ChatGPT), diakses pada 13 November 2025

Untuk menjamin keandalan dan kecepatan pengiriman data lokasi dan status AGV dari unit di lapangan ke antarmuka pengguna (*user interface* / UI) *monitoring*, pemilihan protokol komunikasi menjadi sangat krusial. MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) sering menjadi pilihan utama karena dirancang sebagai protokol ringan berbasis *publish-subscribe* yang efisien untuk *Machine-to-Machine* (M2M) dan lingkungan IoT dengan *bandwidth* terbatas.

Keandalan sistem monitoring ini sangat bergantung pada keberhasilan akuisisi data dari PLC Mitsubishi FX5U yang bertindak sebagai otak operasional AGV. Karena terdapat perbedaan standar tegangan antara sinyal industri (24VDC) dan logika mikrokontroler (3.3VDC), digunakan Relay Terminal Omron G6B-4BND sebagai

antarmuka (*interface*) isolasi. Penempatan *relay* ini berfungsi untuk mengonversi sinyal status mesin (*Running/Stop*) dan bit data lokasi dari PLC menjadi sinyal digital yang aman bagi perangkat IoT. Penggunaan *relay* terminal sebagai *opto-isolator* sangat efektif dalam melindungi komponen mikrokontroler dari gangguan *noise* elektrik dan lonjakan tegangan yang sering terjadi pada lingkungan *shopfloor*.

Data yang telah dikonversi oleh *relay* selanjutnya diproses oleh mikrokontroler ESP32 sebagai unit *gateway* IoT. ESP32 bertugas mengolah sinyal digital menjadi informasi status operasional dan ID lokasi yang kemudian ditransmisikan menuju *Broker* MQTT melalui jaringan Wi-Fi. Penggunaan protokol MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) menjamin pengiriman data tetap stabil meskipun dalam kondisi *bandwidth* yang terbatas, sehingga operator dapat memantau pergerakan AGV secara *real-time*. Penyatuan teknologi sensor RFID, kendali PLC, dan komunikasi nirkabel ini membentuk sebuah sistem *traffic control* yang preventif, di mana setiap kendala pada unit AGV di lapangan dapat terdeteksi secara instan melalui antarmuka visual *dashboard*.

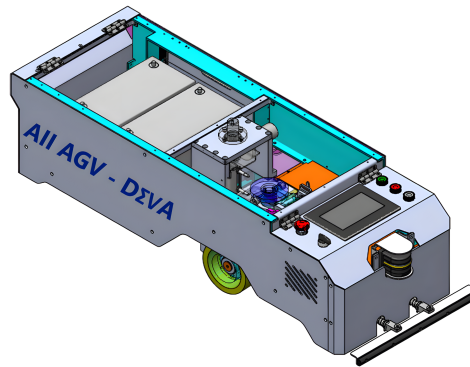
2.2 MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*)

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) merupakan jenis protokol jaringan yang digunakan di IoT (*Internet of Things*) yang berfungsi sebagai komunikasi yang bersifat M2M (*Machine to Machine*). MQTT ini dapat beroperasi pada *bandwidth* yang sangat cocok untuk digunakan pada aplikasi IoT yang membutuhkan energi dan media transmisi data minimal, serta ringan dalam transmisi pesan ringan dalam *header* dengan ukuran kecil yaitu 2 *bytes* (Ramadhan *et al.* 2024). Meskipun umum digunakan, *protokol* MQTT ini tidak dilindungi dengan mekanisme keamanan tertentu selain menggunakan TLS (*Transport Layer Security*) (Alfasa *et al.* 2024).

Dalam penggunaannya, MQTT memanfaatkan aplikasi *client* MQTT merupakan langkah penting dalam fase pengujian, dengan memastikan *payload* data sensor berhasil dikirimkan ke *Broker* MQTT internal perusahaan dan diterima oleh *client* lain sebelum diintegrasikan ke dalam antarmuka *web* atau aplikasi seluler (Umam *et al.* 2023). Penggunaan *Broker* internal perusahaan memastikan bahwa semua data *monitoring* AGV tetap berada di dalam jaringan tertutup (lokal) PT Aisin Indonesia, sehingga meningkatkan keamanan dan konsistensi operasional. Keunggulan MQTT terletak pada efisiensi *bandwidth* yang rendah dan kemampuan untuk menjamin pengiriman pesan melalui *Quality of Service* (QoS). Penggunaan *level* QoS yang sesuai (misalnya QoS 1 atau 2) memastikan data penting seperti status AGV terkirim minimal sekali atau tepat sekali, bahkan dalam kondisi jaringan yang tidak stabil (Widiyanto *et al.* 2024). Dengan struktur ini, MQTT memfasilitasi komunikasi *real-time* yang cepat antara *broker* di stasiun *monitoring* dan *client* di AGV.

2.3 AGV (*Automated Guided Vehicle*)

Salah satu aspek yang menjadi fokus perkembangan integrasi digital yang terkait dengan sistem automasi adalah dalam hal *Material Handling Equipment* (MHE) dan yang umum digunakan adalah AGV atau *Automated Guided Vehicle*. AGV banyak digunakan di perusahaan *industri* karena fleksibilitasnya yang baik, dan konsep dari AGV sendiri merupakan kendaraan angkut bertenaga baterai dan beroperasi secara *driverless*, dengan kemampuan *program* untuk bisa memilih rute dan posisi (Sutrisno *et al.* 2021). Pada studi kasus ini, AGV di PT Aisin Indonesia diperkuat dengan komponen kontrol industri, yaitu *Programmable Logic Controller* (PLC) MELSEC iQ-F FX5U Series Sequences CPU dan dilengkapi dengan teknologi identifikasi frekuensi radio (RFID) sebagai sistem panduan dan penanda posisi pada jalur.



Gambar 2.2 AII AGV - DIVA

Sumber: Dokumen Internal PT Aisin Indonesia (Desai 3D), diakses pada 14 November 2025.

AGV (*Automated Guided Vehicle*) adalah robot beroda yang dapat bergerak dan bekerja secara otomatis untuk mengangkut material tanpa pengemudi manusia. AGV adalah perangkat pintar yang dapat menggunakan pemrosesan onboard untuk melakukan pengambilan keputusan yang terdesentralisasi. Konsep dan bentuk fisik AGV yang digunakan dalam studi ini ditunjukkan pada Gambar 2.2 yang memperlihatkan desain serta konfigurasi komponen utamanya. AGV ini merupakan kendaraan yang digunakan untuk memproses dan mengangkut barang di dalam lingkungan pabrik (Widiyanto *et al.* 2023). Dalam sistem *traffic control*, sensor RFID pada AGV berperan sebagai titik identifikasi lokasi atau area yang sangat akurat. RFID memungkinkan sistem untuk secara otomatis membaca ID *tag* yang tertanam di sepanjang jalur khusus, yang kemudian dikirimkan ke PLC sebagai penanda lokasi spesifik AGV pada jalur tersebut, sehingga mendukung navigasi dan *monitoring* yang presisi.

2.4 Programmable Logic Controller (PLC) MELSEC iQ-F FX5U

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan komputer digital yang dirancang khusus untuk mengendalikan proses elektromekanis dalam lingkungan industri. Seri Mitsubishi MELSEC iQ-F FX5U adalah PLC generasi terbaru yang menawarkan kinerja tinggi, komunikasi yang luas, dan kemampuan *sequencing* yang canggih untuk mengelola fungsi *kontrol* pada mesin seperti AGV. PLC ini berfungsi sebagai otak dari sistem AGV, menerima input dari berbagai sensor (termasuk RFID) dan mengeluarkan output untuk menggerakkan atau menghentikan mesin. Representasi visual dari perangkat PLC yang digunakan dalam sistem ini ditampilkan pada Gambar 2.3 yang menunjukkan bentuk fisik dan seri modul kontrol industri tersebut.

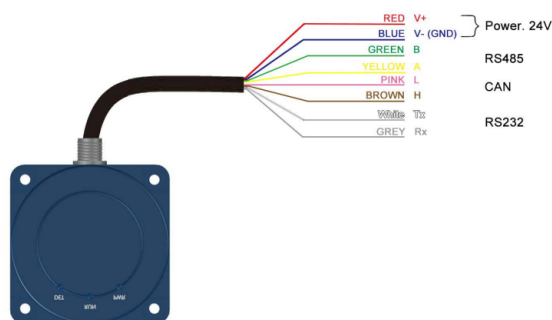


Gambar 2.3 PLC Mitsubishi FX5U

Sumber: Mitsubishi Electric, diakses 13 November 2025

Dalam konteks proyek *monitoring* AGV ini, PLC FX5U dimanfaatkan sebagai sumber data status dan lokasi yang sudah terverifikasi. Meskipun PLC ini mendukung protokol komunikasi canggih seperti *Modbus RTU/RS485*, integrasi data dengan ESP32 diutamakan melalui Port I/O biasa. Penggunaan I/O dimungkinkan karena sistem AGV hanya perlu membaca sejumlah kecil *bit* data, seperti 2 *bit* untuk status operasional (*Running/Stop*) dan hingga 6 *bit* untuk identifikasi ID Area/RFID AGV. Dengan total 8 *channel I/O (Relay)*, data *digital* ini memungkinkan ESP32 untuk mendapatkan informasi *real-time* mengenai status dan posisi AGV yang teridentifikasi oleh PLC, memastikan *monitoring* yang efektif tanpa memerlukan modul komunikasi serial yang kompleks.

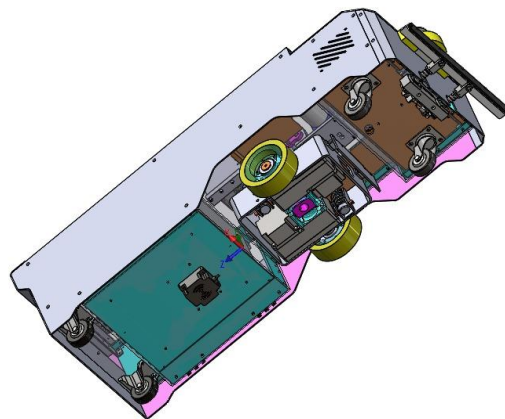
2.5 TZS-RFID-T0030-B-User Manual



Gambar 5 TZS-RFID

Sumber: Datasheet PT Aisin Indonesia (PDF), diakses pada 13 Maret 2026.

Sistem identifikasi frekuensi radio atau *Radio Frequency Identification* (RFID) merupakan teknologi penentu posisi yang lebih presisi untuk lingkungan *indoor* manufaktur. Dalam proyek ini, digunakan RFID Sensor TZS-RFID (seperti pada Gambar X) yang dirancang khusus untuk navigasi AGV. TZS-RFID-T0030-B adalah sensor pembaca/penulis RFID frekuensi tinggi (13,56 MHz) berkinerja tinggi yang dirancang khusus untuk navigasi dan identifikasi AGV (*Automated Guided Vehicle*). Alat ini memiliki presisi tinggi (1mm) dan cangkang industri yang kuat, sangat cocok untuk lingkungan kerja berdebu, lembap, atau berminyak (Carolina, *Website TZS-RFID-T0030-B*). Sensor ini bekerja dengan cara membaca *tag* pasif yang tertanam di lantai jalur produksi. Teknologi ini bekerja dengan prinsip identifikasi frekuensi radio, di mana sensor pada AGV membaca *tag* RFID yang tertanam di lantai sebagai penanda ID Area atau titik pemberhentian.



Gambar 6 Posisi RFID AGV - DIVA

Sumber: Dokumen Internal PT Aisin Indonesia (Desai 3D), diakses pada 13 Maret 2026.

Penggunaan sensor RFID pada robot navigasi industri memberikan tingkat akurasi posisi hingga satuan sentimeter, yang sangat krusial untuk sinkronisasi berhenti dan deteksi area pada jalur sempit. RFID Sensor TZS-RFID ini memiliki keunggulan pada ketahanan terhadap interferensi logam di lingkungan pabrik dan mampu membaca ID Area secara cepat saat AGV melintas, yang kemudian datanya dikirimkan ke PLC sebagai bit lokasi spesifik.

2.6 Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 adalah modul *WiFi* serbaguna yang dirancang untuk menghubungkan perangkat ke jaringan nirkabel dengan

menyediakan konektivitas *WiFi* dengan Mendukung konektivitas *Wi-Fi* 802.11 b/g/n dengan kecepatan hingga 150 *Mbps* pada perangkat yang tidak memiliki kemampuan nirkabel bawaan (Rifani dan Widayat 2024). ESP32 adalah mikrokontroler penerus dari mikrokontroler SEP8266 yang dikenalkan oleh *Espressif System*. Mikrokontroler ini dilengkapi *WIFI* dalam *chip* sehingga keunggulannya sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things*.



Gambar 2.5 Mikrokontroler ESP32

Sumber: Arduino Indonesia, diakses 14 November 2025

Dalam konteks proyek *traffic control* AGV, ESP32 memiliki peran vital sebagai unit pemroses dan jembatan komunikasi data. Tugas utamanya meliputi (1) Pembacaan data lokasi ganda (GPS Module dan Port I/O dari PLC), (2) Pengolahan data sinyal *digital* dari PLC menjadi status *Running/Stop* dan *ID Area* yang dapat dipahami, dan (3) Transmisi data gabungan ke *Broker* MQTT Aisin melalui koneksi *WiFi*. Spesifikasi ESP32 memiliki 520 *KB* *SRAM*, 448 *KB* *ROM*, dan 16 *KB* *SRAM* *RTC*. Keunggulan mikrokontroler ESP32 dibanding dengan mikrokontroler yang lain, mulai dari *pin out* nya yang lebih banyak, *pin analog* lebih banyak, memori yang lebih besar, dan terdapat *bluetooth* 4.0 *low energy* (Lambang 2025). Visualisasi perangkat ESP32 yang digunakan dalam implementasi sistem ini dapat dilihat pada Gambar 2.5 yang menunjukkan bentuk modul serta pin utama yang mendukung proses akuisisi dan pengiriman data.

2.7 Relay Terminal (Omron G6B-4BND)

Dalam mengintegrasikan data dari PLC Mitsubishi FX5U ke mikrokontroler ESP32, diperlukan perangkat perantara berupa *Relay Terminal*. Omron G6B-4BND adalah *terminal relay* ringkas dengan empat titik kontak, yang dirancang untuk otomasi industri. Komponen ini menggabungkan Omron relay miniatur tipe G6B, indikator LED, dan terminal sekrup dalam satu modul, umumnya beroperasi pada 24 *VDC* dengan kapasitas beban hingga 5A/250V AC/30VDC untuk mengendalikan beban perangkat. Proyek ini menggunakan Relay Omron G6B-4BND (Gambar Y) yang berfungsi sebagai isolator sekaligus penyambung sinyal digital. Karena PLC bekerja pada tegangan industri (24VDC), relay ini berperan penting untuk mencegah kerusakan arus balik (*back-EMF*) pada mikrokontroler.



Gambar 7 Relay Omron G6B-4BND

Sumber: *Omron Electronics Component*, diakses 13 Maret 2026

Penggunaan relay terminal sebagai opto-isolator atau saklar perantara sangat efektif untuk melindungi pin I/O mikrokontroler dari lonjakan tegangan (*spike*) dan *noise* elektrik yang sering terjadi pada jaringan kelistrikan PLC industri. Relay ini memungkinkan sinyal "Run/Stop" dan "ID Area" dari PLC dikonversi menjadi sinyal *dry contact* yang dapat dibaca dengan aman oleh ESP32 melalui komunikasi bit digital. Dengan total 4 hingga 8 channel relay, data status (Run/Stop) dan data lokasi bit (ID Area) dapat diteruskan ke ESP32 secara stabil. Untuk memastikan suplai daya ke mikrokontroler tetap aman, digunakan modul *Step Down* LM2596 yang berfungsi menurunkan tegangan industri 24V menjadi tegangan logika 3,3V yang stabil bagi ESP32. Penggunaan regulator LM2596 ini krusial untuk menjaga efisiensi daya dan mencegah kerusakan komponen akibat kelebihan tegangan (*overvoltage*) selama operasional.

2.8 Penelitian Terdahulu

Pada Tabel 2.1 merupakan penelitian terdahulu dalam upaya mempermudah dan memperoleh data penggunaan pada Sistem Monitoring dan *Traffic Control Automated Guided Vehicle* (AGV), berbagai penelitian terdahulu telah dilakukan dengan pendekatan yang berbeda-beda. Dengan memahami kemajuan yang telah dicapai dan tantangan yang masih ada, diharapkan penelitian ini dapat memberikan solusi dalam meningkatkan efisiensi *traffic control* AGV melalui integrasi *real-time* dari RFID dan status *PLC*.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Nama dan Judul Penelitian	Penelitian Terdahulu	Kesenjangan yang Ditemukan	Pembaruan Penelitian ini
(Alfasa <i>et al.</i> 2024) "Implementasi MQTT Sebagai Protokol Komunikasi Pada Prototipe Sistem	Menganalisis kinerja protokol MQTT sebagai protokol komunikasi yang aman dengan mengimplementasikan proses	Fokus utama pada <i>Quality of Service (QoS)</i> dan peningkatan keamanan data <i>end-to-end</i> dengan enkripsi <i>AES</i> . Namun,	Penelitian ini mengimplementasikan MQTT sebagai protokol transmisi data <i>real-time</i> dari AGV ke <i>dashboard</i> . Pembaruan terletak pada Integrasi <i>Hardware</i> (ESP32 dan

Monitoring Smart Building"	enkripsi dan dekripsi <i>AES</i> tambahan pada sistem <i>monitoring data smart building</i>	penelitian ini belum menguji atau menerapkan MQTT pada sistem <i>monitoring dan traffic control</i> AGV yang memerlukan integrasi <i>PLC</i> dan lokasi dari bit (RFID).	<i>PLC Mitsubishi FX5U</i>) dan fokus pada Data bit (ID Area/RFID) untuk kebutuhan <i>Traffic Control</i> di lingkungan pabrik.
(Nabil <i>et al.</i> 2022) "Pengembangan Sistem Navigasi Robot Beroda menggunakan Lokalisasi berbasis RFID dengan Pathfinding Algoritma A Star pada Simulasi Lingkungan Gudang"	Mengembangkan sistem monitoring AGV menggunakan protokol MQTT untuk mengirim data sensor dan status baterai ke <i>dashboard</i> serta kendali jarak jauh.	Fokus pada monitoring parameter elektrik (baterai) dan kontrol manual. Belum spesifik membahas navigasi lokasi per-titik (<i>checkpoint</i>) menggunakan RFID industri dan integrasi langsung dengan <i>PLC</i> FX5U.	Menitikberatkan pada akurasi lokasi melalui RFID Tzbot dan penggunaan Relay Terminal Omron sebagai <i>interface</i> tegangan 24V ke 3,3V. Visualisasi <i>dashboard</i> berfokus pada <i>traffic control</i> jalur produksi.
(Yulianto dan Yuliansyah 2020) "Rancang Bangun Aplikasi <i>Traffic Counter</i> RFID"	Merancang dan mengimplementasikan aplikasi <i>traffic counter</i> (penghitung lalu lintas) dengan menggunakan teknologi RFID untuk menghitung jumlah kendaraan yang melewati titik tertentu.	Fokus hanya pada penghitungan (counting) <i>traffic</i> dan bukan <i>monitoring</i> posisi <i>real-time</i> kendaraan secara individu atau <i>visualisasi</i> pergerakan di peta. Sistem tidak mengintegrasikan data lokasi atau status operasional (<i>Running/Stop</i>).	Penelitian ini menggunakan sinyal ID Area/RFID dari <i>PLC</i> sebagai lokasi spesifik AGV pada jalur, namun memfungsikannya sebagai penentu posisi <i>real-time</i> yang divisualisasikan bersama data <i>RFID</i> di <i>custom dashboard</i> untuk keperluan <i>Traffic Control</i> .

III METODE

3.1 Lokasi dan Waktu Proyek Akhir

Penelitian ini dilaksanakan selama kegiatan magang industri dilakukan sekitar 7 bulan dimulai pada tanggal 22 Juli 2025 hingga 13 Maret 2026. Kegiatan tersebut dilakukan setiap hari Senin - Kamis dimulai pada pukul 07.30 - 16.35 dan Hari Jumat pada pukul 07.30 - 17.05. Untuk lokasi pengerjaannya dilakukan di PT Aisin Indonesia yang berlokasi di Kawasan EJIP Industrial Park Plot 5J, Sukaresmi, Cikarang Selatan, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17550.

3.2 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data

3.4.1 Teknik Pengumpulan Data

a) Observasi

Observasi dilakukan langsung di PT Aisin Indonesia. Teknik ini bertujuan untuk mengidentifikasi masalah dan kebutuhan aktual yang dihadapi pekerja terkait pelacakan dan pengelolaan *traffic* AGV di jalur khusus di lapangan. Selain itu, sebagai teknik akuisisi data primer, data lokasi ganda (koordinat ID Area/RFID dari PLC) serta status AGV (*Running/Error*) dikumpulkan secara *real-time* melalui rangkaian IoT yang mengintegrasikan PLC *Mitsubishi FX5U* dan dikirim ke *dashboard*. Dalam tahap observasi ini juga dilakukan validasi fungsionalitas setiap komponen, termasuk pengujian koneksi *hardware* dan fungsionalitas visualisasi jalur pada *dashboard* secara keseluruhan, untuk memastikan sistem bekerja sesuai rencana desain.

b) Studi Literatur

Tahap studi literatur merupakan teknik pengumpulan data sekunder untuk membangun landasan teoritis dan teknis yang kuat. Tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan informasi dan referensi yang relevan (*buku, jurnal ilmiah, dan artikel*) untuk mendukung landasan teori proyek, seperti prinsip kerja Integrasi I/O PLC, RFID dan protokol MQTT, dan arsitektur sistem IoT untuk *Traffic Control*. Selain itu, dilakukan juga wawancara langsung dengan pekerja Divisi EQDEV untuk mendapatkan data spesifik dan *feedback* pengguna terkait skema *mapping* ID Area/RFID dan kebutuhan *visual traffic control*, yang memudahkan proses perancangan dan pengembangan *custom dashboard*.

3.4.2 Analisis Data

Penelitian ini dalam tahap analisis data dilakukan proses pengolahan data dengan mengolah data koordinat primer yang diperoleh secara otomatis dari RFID berupa nilai bit/step dari hasil binary PLC yang dikirimkan ke ESP32. Data lokasi (*Latitude* dan *Longitude*) yang tercatat akan dibandingkan dengan titik-titik *ID Area* (RFID) referensi yang telah ditentukan dan diketahui secara pasti di jalur AGV pabrik. Perbandingan

ini dilakukan untuk menghitung tingkat kesalahan horizontal (akurasi posisi) dan memvalidasi akurasi penempatan AGV pada *dashboard* jalur.

Secara bersamaan, kinerja transmisi data status (*Running/Error*) melalui protokol MQTT akan dievaluasi. Proses ini mencakup pengujian stabilitas koneksi serta pengukuran *latency* (keterlambatan waktu) pengiriman data dari unit AGV hingga tampil di *dashboard*. Kecepatan dan keandalan data *real-time* ini dievaluasi karena merupakan faktor krusial dalam mendukung keputusan *traffic control*. Hasil dari kedua proses ini akan menentukan seberapa efektif dan andal sistem yang dibangun dalam memberikan informasi lokasi dan status AGV secara *real-time*.

Selanjutnya adalah memvalidasi keseluruhan sistem. Proses ini dilakukan dengan melaksanakan uji *black-box* terhadap *custom dashboard* dan alur kerja sistem. Setiap fitur, mulai dari tampilan lokasi AGV pada gambar jalur hingga perubahan indikator status (*Error* saat *relay* aktif), akan diperiksa kesesuaiannya dengan tujuan perancangan. Selain itu, informasi yang dikumpulkan melalui studi literatur dan umpan balik (*feedback*) wawancara dengan Divisi EQDEV akan digunakan untuk memverifikasi pemilihan teknologi dan menilai manfaat praktis sistem dalam meningkatkan *traffic control* di lingkungan operasional PT Aisin Indonesia. Seluruh hasil pengolahan dan validasi ini akan disimpulkan untuk menunjukkan efektivitas sistem *monitoring* yang diimplementasikan dalam mengatasi masalah pelacakan AGV dan meningkatkan efisiensi *traffic control*.

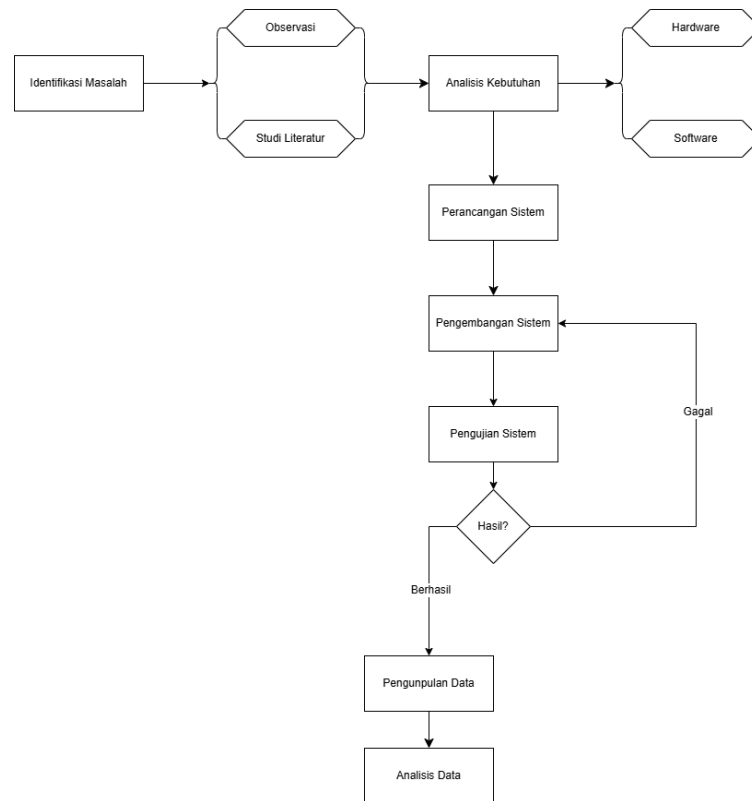
3.3 Prosedur Kerja

Prosedur kerja proyek akhir ini dilaksanakan melalui enam tahap utama yang saling berurutan dan membentuk siklus pengembangan sistem (*System Development Life Cycle*), dengan mekanisme *iteratif* pada tahap pengujian. Alur lengkap dari keenam tahap tersebut divisualisasikan pada Gambar 3.1 yang menggambarkan struktur prosedur kerja secara sistematis mulai dari identifikasi masalah hingga evaluasi hasil akhir.

3.4.1 Identifikasi Masalah

Pada tahap pertama ini dilakukan untuk menentukan kebutuhan sistem yang akan dibangun. Dalam tahap ini terdapat dua aktivitas yang dilakukan, yaitu:

- a) Proses observasi langsung di PT. Aisin Indonesia untuk mengidentifikasi masalah dan kebutuhan aktual pekerja terkait kesulitan pelacakan AGV di lapangan. Khususnya pada jalur khusus AGV, untuk mengidentifikasi tantangan *traffic control* dan pengelolaan AGV secara *real-time*. Observasi juga mencakup pengamatan langsung terhadap *interface* PLC Mitsubishi FX5U untuk memahami sinyal *I/O* yang tersedia.



Gambar 3.1 Prosedur Kerja

- b) Proses studi literatur dilakukan untuk landasan teoritis dan teknis yang kuat. Mengumpulkan referensi (*jurnal, buku*) mengenai prinsip kerja RFID, protokol MQTT, dan arsitektur sistem IoT. Wawancara dengan pekerja Divisi EQDEV juga dilakukan untuk mendapatkan data spesifik dan *feedback* pengguna yang penting untuk proses perancangan dan mengumpulkan *feedback* spesifik, skema *mapping* ID Area/RFID, dan kebutuhan visualisasi *traffic control* pada *dashboard*.

3.4.2 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilaksanakan setelah tahapan identifikasi masalah, yang bertujuan untuk menetapkan secara rinci spesifikasi dan sumber daya yang diperlukan sebelum memulai perancangan sistem. Setelah kebutuhan fungsional sistem teridentifikasi, tahap selanjutnya adalah menentukan alat dan bahan (*hardware* dan *software*) yang diperlukan.

Adapun beberapa perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam penelitian terdapat pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3.1 Perangkat Lunak (*Software*)

No	Nama <i>Software</i>	Digunakan Untuk
1.	Arduino IDE	Lingkungan pengembangan terpadu untuk menulis, mengkompilasi, dan meng- <i>upload</i>

	program (<i>firmware</i>) ke mikrokontroler ESP32.
2. GX-Works3	Untuk merancang logika PLC (Mitsubishi FX5U/Q Series) yang memproses data RFID, lalu mengirimkan bit status (<i>step</i>) ke ESP32 melalui komunikasi Ethernet/Serial. ESP32 kemudian menerima bit tersebut dan melakukan aksi dengan mendeteksi <i>step</i> ke berapa dan akan menjalankan sistem secara <i>real-time</i> .
3. Mosquitto (MQTT Broker)	Sebagai <i>server</i> perantara (<i>message broker</i>) untuk menerima data (<i>publish</i>) dan mendistribusikan (<i>subscribe</i>) data <i>real-time</i> dari AGV ke <i>dashboard</i> .
4. Visual Code	<i>Text editor</i> dalam pengembangan <i>frontend</i> dan <i>backend dashboard</i> berbasis <i>website</i> .
5. Microsoft PowerPoint	Digunakan untuk membuat layout jalur traffic AGV dengan gambar denah pabrik sudah ada dan dibuat garis jalur traffic AGV secara manual dengan melihat kondisi asli jalur AGV.
6. Laravel (Framework)	<i>Framework PHP</i> yang digunakan untuk membangun <i>backend</i> (logika, <i>routing</i> , <i>database</i>) dari <i>dashboard monitoring</i> AGV.
7. Figma	Merancang tampilan (<i>User Interface/UI</i>) dan pengalaman pengguna (<i>User Experience/UX</i>) <i>dashboard website</i> secara visual.
8. Xampp	<i>Software</i> yang menyediakan <i>web server</i> Apache, <i>MySQL</i> , dan <i>PHP</i> sebagai lingkungan lokal untuk pengembangan <i>dashboard</i> .
9. MySQL	Sistem Manajemen Basis Data (<i>DBMS</i>) untuk menyimpan dan mengelola data koordinat dan status AGV secara terstruktur.
10. Google Docs	Penyusunan dan dokumentasi laporan proyek akhir secara kolaboratif.
11. Draw.io	Untuk membuat diagram alir (<i>flowchart</i>), arsitektur sistem, dan skema rangkaian secara visual.
12. Notepad	<i>Editor</i> teks ringan untuk pengecekan file konfigurasi atau penyuntingan kode cepat di luar lingkungan <i>Project</i> utama serta untuk menyusun dalam merangkai langkah - langkah pengujian.
13. Excel	Digunakan untuk mengolah data mentah produksi, pemetaan <i>database</i> awal, atau verifikasi data sebelum dimasukkan ke dalam sistem.

14.	Web Browser (Chrome/Edge)	Digunakan untuk menjalankan dan menguji tampilan serta fungsionalitas Website yang telah di rancang dan melihat hasil pengujian secara localhost.
-----	------------------------------	---

Adapun beberapa perangkat keras (*hardware*) yang digunakan dalam penelitian terdapat pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3.2 Perangkat Keras (*Hardware*)

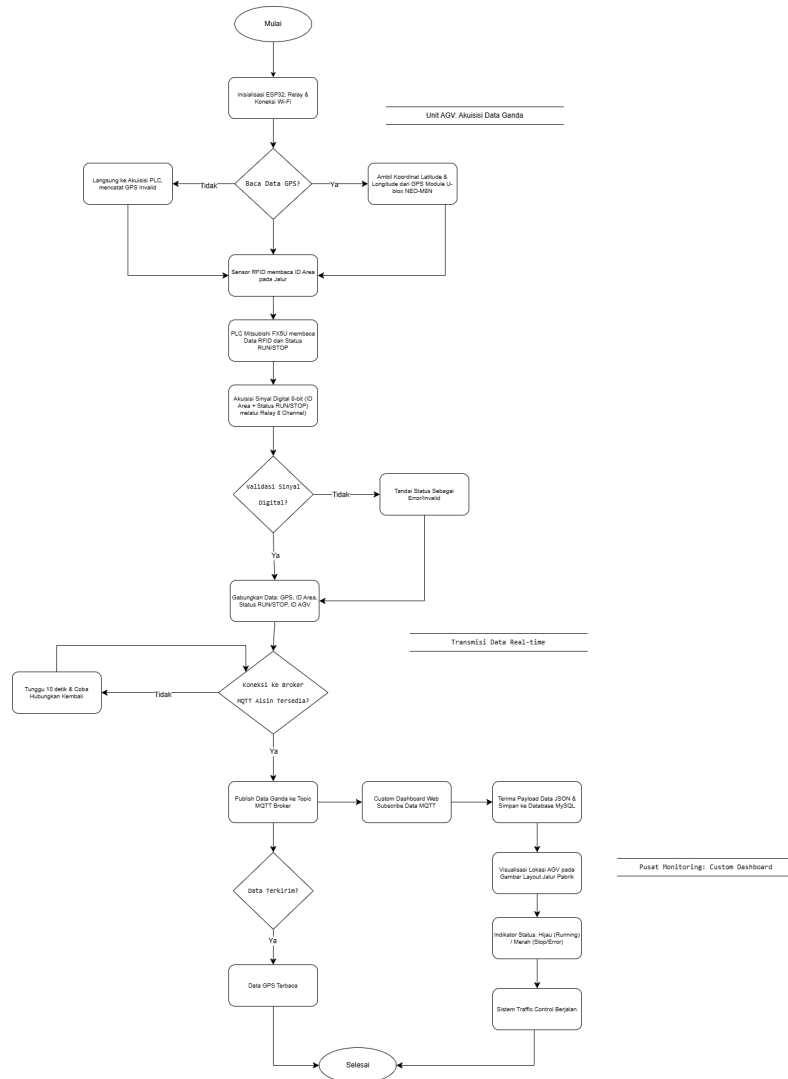
No	Nama <i>Hardware</i>	Spesifikasi	Digunakan Untuk
1.	Mikrokontroler ESP32	WiFi+BT SoC Inside ISM 2.4G.802.11/g/g/n, ESP32 ESP32S 30P Expansion Board	Otak utama sistem yang memproses data GPS, status Relay, dan mengirimkannya via Wi-Fi ke MQTT Broker.
2.	AGV (Automated Guided Vehicle)	Objek bergerak yang dilengkapi PLC dan RFID sebagai target utama monitoring lokasi dan status operasional di jalur khusus	Target monitoring dan traffic control utama.
3.	PLC Mitsubishi FX5U	Programmable Logic Controller (PLC) seri MELSEC iQ-F FX5U.	Berperan sebagai sumber data status dan ID Area (RFID). Mengeluarkan sinyal digital I/O (atau Modbus) yang diakuisisi ESP32 untuk menentukan lokasi spesifik pada jalur.
4.	RFID Sensor Tzbot	TZS-RFID-T0010-B (Low Frequency 125kHz atau sesuai tipe), Jarak baca 0-50 mm, Interface RS232/Canbus/IO.	Mendeteksi tag atau checkpoint pada lintasan produksi untuk menentukan posisi spesifik (ID Area) AGV secara real-time.
5.	Step Down LM2596	Modul DC-DC Buck Converter, Input 4.5V-40V, Output Adjustable (diatur ke 3.3V/5V), Arus Maks 3A.	Menurunkan tegangan dari sumber daya utama AGV atau output PLC (24V) menjadi tegangan stabil (3.3V atau 5V) untuk mencatu daya mikrokontroler ESP32.
6.	Relay G6B-4BND	Terminal Relay Omron, 4-Point, 24 VDC Coil, Beban Kontak 5A 250VAC/30VDC.	Sebagai isolator dan interface digital untuk mengonversi sinyal 24V dari PLC (Run/Stop & ID Area) menjadi sinyal dry contact yang aman bagi ESP32.

7.	Kabel LAN (RJ45)	Cat5e atau Cat6, Panjang sesuai kebutuhan (standard 1-3m).	Menghubungkan Laptop ke Port Ethernet PLC Mitsubishi FX5U untuk keperluan <i>upload/download</i> program menggunakan <i>software</i> GX Works3.
8.	Kabel Jumper	Male-to-Male, Male-to-Female, & Female-to-Female	Menghubungkan antar komponen (<i>pin</i> ESP32 ke <i>Module, Relay</i> , dll.) pada <i>prototyping</i> .
9.	Kabel Jack Plug	DC Power Jack	Sebagai konektor daya yang rapi dan aman untuk menghubungkan <i>Step Down</i> ke sumber daya AGV atau port PLC IO biasa.
10.	Kabel Port USB	USB Type-A to Micro/Type-C	Meng- <i>upload firmware</i> dari komputer ke mikrokontroler ESP32.

3.4.3 Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem berfokus pada desain menyeluruh dari integrasi perangkat hardware AGV hingga sistem monitoring pusat yang digunakan untuk memvisualisasikan posisi dan status AGV secara real-time. Pada unit AGV, perancangan hardware dimulai dengan integrasi ESP32 sebagai mikrokontroler utama. ESP32 berfungsi menerima dua sumber data yaitu koordinat posisi dari lokasi ID Area (RFID/bit) serta status RUN/STOP yang dihasilkan oleh PLC Mitsubishi FX5U. PLC mengolah hasil pembacaan sensor RFID di jalur pabrik dan mengubahnya menjadi sinyal digital 8-bit. Sinyal ini kemudian diteruskan ke ESP32 melalui rangkaian Relay 8 Channel yang berfungsi sebagai isolator dan pengaman antara tegangan PLC dan mikrokontroler. Seluruh rangkaian didesain agar catu daya 24V DC dari AGV dapat diturunkan secara aman menggunakan step down converter menjadi 3.3V untuk ESP32. Pada sisi backend, proses perancangan meliputi pemilihan topik dan struktur payload MQTT yang digunakan untuk mengirimkan data ID Area dari RFID, dan status AGV.

Perancangan sistem juga mencakup desain antarmuka frontend berupa Custom Dashboard berbasis web yang berfungsi menerima data real-time dari MQTT. Dashboard dirancang untuk menampilkan posisi AGV pada layout jalur pabrik yang sudah dipetakan secara spesifik. Marker akan bergerak mengikuti titik RFID yang telah di mapping dalam layout *traffic* AGV di tampilan *dashboard*, sementara indikator status ditampilkan dalam bentuk warna hijau untuk kondisi RUN dan merah untuk kondisi STOP atau error. Informasi ini disimpan ke database MySQL sehingga dapat digunakan untuk pemantauan berkelanjutan maupun analisis performa AGV.



Gambar 3.2 Alur Kerja Sistem

Alur kerja sistem yang terdapat pada Gambar 3.2 sesuai dengan flowchart dimulai dari inisialisasi ESP32 yang mengaktifkan Wi-Fi, relay, RFID, dan komunikasi dengan PLC. Setelah sistem aktif, dilakukan proses akuisisi data secara ganda. Pertama, sensor RFID pada jalur mendeteksi ID Area yang sedang dilalui AGV, kemudian PLC FX5U mengolahnya bersama status operasional AGV (RUN/STOP) dan mengubahnya menjadi sinyal digital keluaran. Sinyal digital tersebut dibaca kembali oleh ESP32 melalui relay, lalu divalidasi. Jika sinyal terbaca lengkap dan benar, ESP32 menggabungkan seluruh data (ID Area/step, status, ID AGV) menjadi satu paket data.

Setelah data siap dikirim, ESP32 melakukan koneksi ke MQTT Broker. Bila koneksi tersedia, data dipublish ke topic MQTT secara real-time. Jika koneksi gagal, sistem akan menunggu 10 detik dan mencoba kembali hingga berhasil. Data yang diterima oleh dashboard sebagai subscriber diproses menjadi payload JSON, disimpan ke database MySQL, dan divisualisasikan pada layout jalur pabrik dalam bentuk posisi

AGV dan indikator status. Dengan visualisasi ini, sistem traffic control dapat mengambil keputusan cepat, dan operator pabrik dapat melakukan pemantauan AGV secara akurat dan *real-time*.

3.4.4 Pengembangan Sistem

Pada tahap pengembangan sistem ini dilakukan realisasi dari *desain* yang telah dibuat pada tahap perancangan. Untuk tahap ini merupakan implementasi nyata dari desain yang telah dibuat, baik secara fisik maupun *software*.

Pengembangan *hardware* dimulai dengan perakitan unit IoT pada *prototype* AGV, termasuk pemasangan *relay* yang akan terhubung ke PLC. Selanjutnya, dilakukan *coding* dan *flashing firmware* pada ESP32. *Firmware* ini mencakup logika program untuk membaca data serial dari RFID dan data *digital* dari Port I/O PLC (melalui Relay), serta *coding* protokol MQTT untuk *publishing* data bit/step (*ID Area/RFID*). Fokus pengembangan di sini adalah memastikan *interface* komunikasi PLC dapat berjalan secara andal.

Pengembangan *software* berfokus pada sisi *Subscriber* dan visualisasi. *Dashboard web* dikembangkan menggunakan *framework* untuk membuat *interface* yang menerima data MQTT dari *Mosquitto*. Pengembangan utama meliputi pemetaan gambar *layout* jalur AGV ke dalam *dashboard*, membuat logika untuk menempatkan titik *marker* AGV sesuai ID Area yang diterima, dan mengaktifkan *visualisasi real-time* serta indikator status (*Hijau/Merah*) untuk mendukung kebutuhan *monitoring* dan *traffic control* operator.

3.4.5 Pengujian Sistem

Tahap ini merupakan tahap krusial untuk memverifikasi fungsionalitas dan kinerja sistem. Pengujian sistem ini dilakukan untuk memvalidasi fungsionalitas dan keandalan seluruh arsitektur *end-to-end*, mulai dari akuisisi data hingga visualisasi. Untuk pengujian komponen *hardware* dilakukan secara individual (*unit testing*), termasuk pengujian akurasi pengambilan sinyal status dan *ID Area* (bit/step) dari PLC melalui *Relay I/O*. Pengujian ini memastikan bahwa ESP32 mampu berkomunikasi secara benar dengan Port I/O PLC *Mitsubishi FX5U* untuk membaca *bit* data status (*Running/Stop*) dan *ID Area* secara akurat. Setelah integrasi, dilakukan pengujian stabilitas catu daya (*Step Down*) dan pengujian komunikasi MQTT *end-to-end* untuk memastikan data dari unit AGV berhasil terkirim ke *Mosquitto*.

Selanjutnya pengujian pada fokus utama pengujian kinerja adalah mengukur *latency* (keterlambatan waktu) transmisi data. Pengujian ini dilakukan dengan mencatat waktu pengiriman data dari ESP32 hingga waktu data tersebut tampil (*update*) di *custom dashboard*. Pengukuran *latency* dilakukan berulang kali pada kondisi jaringan internal yang berbeda. Hasil *latency* ini sangat krusial karena menentukan keandalan *real-time* sistem, yang menjadi faktor penentu efektivitas keputusan

operator *traffic control* dalam menanggapi perubahan lokasi atau status AGV.

Selain itu dilakukan pengujian *Black-box* dan validasi *traffic control* pengujian fungsionalitas *software* dilakukan melalui uji *Black-box* terhadap *custom dashboard*. Diuji kesesuaian tampilan gambar *layout* jalur AGV dengan lokasi fisik. Setiap fitur, mulai dari *visualisasi* titik *marker* hingga perubahan indikator status (*Hijau/Merah*), harus diverifikasi kesesuaiannya dengan kebutuhan Divisi EQDEV. *Feedback* dari operator AGV kemudian digunakan untuk menilai *user experience* dan validasi praktis sistem dalam mendukung keputusan *traffic control* di lapangan.

Seluruh proses pengujian ini krusial untuk memverifikasi fungsionalitas dan kinerja sistem. Jika hasil pengujian (terutama *latency* dan *akurasi* data) menunjukkan kegagalan fungsi atau kinerja yang tidak memenuhi standar, proyek akan kembali ke Tahap Pengembangan Sistem untuk evaluasi dan perbaikan dari awal. Sebaliknya, jika sistem terbukti stabil, akurat, dan andal secara *end-to-end*, proyek akan dinyatakan berhasil melewati Tahap Pengujian dan dilanjutkan ke Tahap Pengumpulan Data di lapangan.

3.4.6 Pengumpulan Data

Setelah tahap pengujian sistem berhasil, maka sistem dipastikan berfungsi dan akurat. Pengumpulan data dilakukan setelah seluruh sistem teruji stabil dan andal.

Data primer dikumpulkan secara otomatis (*logging*) dari *custom dashboard* yang berfungsi sebagai *subscriber* data *real-time* dari *Broker MQTT Aisin*. Data yang dikumpulkan meliputi lokasi ID Area (RFID) yang tercatat terakhir dari PLC, dan status operasional (*Running/Stop/Error(idle)*). Pengumpulan ini dilakukan pada saat AGV beroperasi di jalur khusus selama periode waktu tertentu untuk mendapatkan sampel yang representatif dan memadai untuk analisis akurasi dan kinerja sistem.

Selanjutnya pengumpulan data sekunder dilakukan melalui *Studi Literatur* (jurnal, artikel) untuk mendukung landasan teoritis, sementara data kualitatif dikumpulkan melalui wawancara dengan tim EQDEV dan operator. Data kualitatif ini berfokus pada informasi skema *mapping* ID Area/RFID dan *feedback* pengguna mengenai manfaat visualisasi jalur AGV untuk *traffic control*. Data ini menjadi dasar untuk analisis dampak sistem terhadap efisiensi operasional sebelum dan sesudah implementasi.

3.4.7 Analisis Data

Tahap akhir setelah dilakukan beberapa tahap sebelumnya adalah melakukan analisis data atau mengolah dan menarik kesimpulan dari semua data yang telah dikumpulkan. Tahap ini dilakukan analisis akurasi lokasi ganda dengan membandingkan data signal bit/step dari PLC yang tercatat dengan titik *ID Area* yang diterima di lokasi yang sama untuk mengukur akurasi penempatan visual pada *dashboard* jalur. Bersamaan

dengan itu, analisis kinerja MQTT dilakukan untuk menghitung latency rata-rata transmisi data (*end-to-end*). Keandalan transmisi ini akan menjadi indikator kunci penentu kualitas *real-time* sistem *monitoring* AGV.

Selain itu, tahap akhir adalah analisis dampak sistem disini data operasional (misalnya waktu yang dibutuhkan untuk merespons *Error*, atau efisiensi *traffic control* AGV) yang dikumpulkan dari *feedback* tim EQDEV akan digunakan untuk menilai efektivitas praktis sistem *monitoring* yang diimplementasikan. Seluruh hasil analisis ini akan disimpulkan untuk membuktikan bahwa kombinasi *Mikrokontroler* ESP32, dan *ID Area*/*RFID* dan *PLC* berhasil mengatasi masalah pelacakan dan memberikan peningkatan *monitoring* dan *traffic control* AGV di PT Aisin Indonesia.

IV KEADAAN UMUM PERUSAHAAN

4.1 Sejarah

PT Aisin Indonesia berawal dari PT Dharma Sarana Perdana (DSP), sebuah perusahaan manufaktur komponen otomotif yang didirikan di Jakarta pada tahun 1982. Pada fase awal ini, DSP memfokuskan diri pada produksi *Clutch* dan *Window Regulator*. Didirikan dengan akta notaris pada 25 Juni 1982, perusahaan ini awalnya beroperasi di bawah PT TAM Sunter Plant. Pada pertengahan 1980-an, terjadi beberapa pengalihan kepemilikan, hingga pada akhir tahun 1986, pemegang sahamnya meliputi PT Multi Astra, PT Bimantara Citra, dan pihak Privat. Sejak 1986, DSP mulai memproduksi *Clutch* dan kemudian *Window Regulator* pada tahun 1989. Lini produksi selama periode DSP mencakup *Clutch Disc Assembly*, *Clutch Cover Assembly*, *Stamping*, *Heat Treatment*, dan *Clutch Facing*.

Meskipun lingkup kerja DSP masih kecil dengan hanya 118 karyawan pada tahun 1986, perusahaan ini berhasil memasok produk-produknya ke berbagai produsen kendaraan besar di Indonesia seperti PT Toyota Astra Motor, PT Krama Yudha Tiga Berlian, dan PT Indomobil Suzuki Internasional untuk segmen OEM dan GP. Pada awal 1990-an, terjadi pertumbuhan ekonomi global yang pesat dan perjanjian perdagangan internasional (seperti NAFTA, EU, dan AFTA) yang meningkatkan kompetisi global. Dalam mengantisipasi dampak kompetisi yang semakin ketat, Aisin Seiki Co., Ltd. dari Jepang mulai mencari potensi ekspansi di kawasan Asia Tenggara, dengan Indonesia menjadi salah satu pilihan utama karena pasar yang besar serta kestabilan politik dan ekonomi.

Tonggak bersejarah PT Aisin Indonesia secara resmi dimulai pada tanggal 10 Mei 1995, melalui penandatanganan perjanjian *Joint Venture* antara PT Senantiasia Makmur (anak perusahaan PT Astra Otoparts Tbk. dan pemegang saham DSP) dengan Aisin Seiki Co., Ltd. (Jepang). Kerjasama ini bersifat saling melengkapi, di mana mitra lokal menyumbang pengetahuan pasar dan mekanisme rantai nilai lokal, sementara mitra asing membawa teknologi modern, manajemen handal, dan akses ke pasar global. Hasil dari Rapat Umum Pemegang Saham Luar Biasa (RUPSLB) pada 3 Juli 1995 mengesahkan akta pendirian perusahaan baru tersebut.

Pabrik baru di Cikarang diresmikan dan mulai beroperasi pada 3 September 1996, menandai produksi resmi pertama PT Aisin Indonesia dengan produk *Door Frame* dan *Door Lock*. Sejak beroperasi, perusahaan terus mengembangkan portofolio produknya dan mendapatkan pengakuan kualitas global melalui berbagai sertifikasi, termasuk QS-9000 dan ISO 9001 (2002), ISO 14001 dan OHSAS 18001 (2003), dan ISO/TS 16949 (2005). Ekspansi produksi berlanjut dengan penambahan komponen seperti *Striker* (2003), *Intake Manifold* (2004), *Door Lock D21 VA* (2006), hingga *Water Pump* dan *Oil Pump* (2012), memperkuat posisinya sebagai produsen komponen otomotif strategis di pasar domestik dan ekspor.

4.2 Kegiatan Lembaga

Kegiatan perusahaan ada beberapa dua diantaranya, yaitu kegiatan operasional produksi dan kegiatan pengembangan sumber daya manusia melalui lembaga pelatihan.

4.2.1 Kegiatan Operasional Produksi

Sebagai perusahaan manufaktur komponen otomotif, PT Aisin Indonesia menjalankan serangkaian proses produksi yang kompleks untuk menghasilkan komponen berkualitas tinggi. Proses-proses produksi utama meliputi:

- IV Stamping merupakan proses penekanan logam untuk sub komponen *clutch disc*, *clutch cover*, dan *window regulator*, menggunakan mesin berkapasitas 5 ton hingga 500 ton.
- V Heat Treatment merupakan proses perlakuan panas seperti *Carburizing/Carbonitriding*, *Quenching*, dan *Tempering* untuk komponen seperti *Clutch Disc*, *Window Regulator*, dan *Diaphragm Spring*.
- VI Roll Forming merupakan proses penggulangan bahan logam dari bentuk *flat* menjadi bentuk profil tertentu secara kontinu, khusus untuk komponen *Door Frame*.
- VII Plastic Injection merupakan kegiatan menggunakan mesin kapasitas 70 ton hingga 650 ton untuk mensuplai produk *Intake Manifold*, *Door Lock*, dan *Door Handle*.
- VIII Plating merupakan proses pelapisan logam (*Electroplated Zinc Coating* bebas *Hexavalent Chrome*) yang ramah lingkungan dan memenuhi persyaratan ELV (EU), serta didukung oleh *Waste Water Treatment* (WWT).
- IX Assembly merupakan proses perakitan akhir menggunakan mesin-mesin khusus seperti *Hydraulic Caulking*, *Pneumatic Spinning*, *NC Cutting*, *Spot Welding*, dan *Robotic Welding*.

4.2.2 Kegiatan Pengembangan Sumber Daya Manusia (AITC)

Aisin Training Centre (AITC) berfungsi sebagai pusat edukasi dan pelatihan yang bertujuan meningkatkan pengetahuan, kemampuan, dan mentalitas karyawan. Kegiatan AITC mencakup:

- c) Kegiatan rutin fisik dan keselamatan dengan kegiatan senam pagi dan kegiatan *Check Body* (penggunaan APD) untuk memastikan kondisi fisik prima dan kepatuhan terhadap keselamatan kerja.
- d) Pelatihan dasar perusahaan dengan pemberian materi *Company Profile & Company Rules*, *Basic Mentality & Etika Kerja*, dan pentingnya *Safety* (termasuk *Hyari Hatto* dan APD).
- e) Pelatihan sistem kualitas dan efisiensi dengan pengajaran filosofi 5R / 5S (*Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu*, *Shitsuke*), Kiken Yochi Training (KYT) untuk kepekaan bahaya, dan Toyota Production System (TPS) yang fokus pada penghilangan *muda* (pemborosan) dan *Just-In-Time*.
- f) Pelatihan kualitas lanjutan yang meliputi *Quality Awareness* dan implementasi sistem manajemen Q-LK3 (ISO/TS 16949, ISO 14001, OHSAS 18001) untuk perbaikan kualitas berkesinambungan (*KAIZEN*).

4.3 Struktur Organisasi

Struktur organisasi terdapat pada Lampiran 2 merupakan struktur organisasi secara keseluruhan di PT Aisin Indonesia, serta terdapat juga pada Lampiran 3 dan 4 merupakan struktur organisasi dari Divisi OMD dan Divisi MIS.

4.4 Fungsi dan Tujuan

Fungsi utama PT Aisin Indonesia adalah sebagai perusahaan manufaktur komponen otomotif, terutama di bidang *Body Related Parts*, *Drive Train*, dan *Engine Parts*. Produk-produknya dipasarkan untuk kebutuhan domestik (*domestic market*) dan ekspor dan dioperasikan dengan orientasi yang tinggi terhadap kepuasan pelanggan dan efisiensi operasional.

PT Aisin Indonesia secara konsisten bertekad menjadi salah satu perusahaan manufaktur terbaik di ASEAN. Tujuan ini didukung oleh kebijakan manajemen yang disingkat A.I.S.I.N. Kebijakan ini menekankan integrasi keselamatan (*Aktif* menjaga keselamatan), tanggung jawab lingkungan dan kesehatan kerja (*Intensif* mencegah pencemaran/penyakit), efisiensi bisnis (*Selalu* mengurangi limbah dan biaya), hubungan harmonis dengan semua *stakeholder* (*Intensif* meningkatkan hubungan yang harmonis), dan kepatuhan hukum (*Norma* dan peraturan wajib dipatuhi). Melalui perpaduan antara visi pengembangan teknologi, misi pertumbuhan pasar yang selaras dengan nilai sosial dan lingkungan, serta kebijakan operasional yang ketat, perusahaan bertujuan tidak hanya memenuhi standar kualitas global (seperti melalui sertifikasi ISO/TS) tetapi juga mencapai efisiensi biaya yang kompetitif demi kepuasan pelanggan di seluruh dunia.

Visi:

- c) *Having technology capability for clutch, engine parts and body parts* (Memiliki kemampuan teknologi untuk *clutch*, *engine parts*, dan *body parts*).

Misi:

- *Sure and steady growth in Asia-Australia market competition* (Pertumbuhan yang pasti dan stabil dalam kompetisi pasar Asia-Australia).
- 3.4.8 *Symbiosis with society and nature* (Simbiotik/selaras dengan masyarakat dan alam).
- 3.4.9 *Respect individual Creativeness and initiative* (Menghormati kreativitas dan inisiatif individu).

V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Digitalisasi Manajemen Data (Website D-Files OMD)

5.1.1 Perancangan Sistem

ERD (Entity Relationship Diagram)

Entity Relationship Diagram (ERD) dalam sistem D-Files OMD (*Operational Management Development*) dirancang untuk menggambarkan hubungan antar entitas data

DAFTAR PUSTAKA

- AISIN. PT AISIN Indonesia. *AISIN*. [Internet]. [Diakses 2025 Okt 21]. Tersedia pada: <https://www.aisin-asean.com/about-aisin-group/asean/asean-network/pt-aisin-indonesia>
- Alfasa FP, Dewanta F, Istikmal. 2024. Implementasi MQTT Sebagai Protokol Komunikasi Pada Prototipe Sistem Monitoring Smart Building. *e-Proceeding of Engineering*. 11(2):1182-1188.
- Ardiansyah, Risnita, Jailani M. S. 2023. Teknik Pengumpulan Data dan Instrumen Penelitian Ilmiah Pendidikan pada Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif. *IHSAN: Jurnal Pendidikan Islam*. 1(2):1-9.doi:10.61104/ihsan.v1i2.57
- Arduino Indonesia. 2024. Perbandingan mikrokontroler ESP32 vs Raspberry Pi Pico. *Arduino Indonesia*. [Tersedia pada: <https://www.arduinoindonesia.id/2024/08/perbandingan-mikrokontroler-esp32-vs-raspberry-pi-pico.html>]
- Circuit Designer. How to Use Ublox NEO-M8N GPS module: Examples, Pinouts, and Specs. *Circuit Designer*. Diakses pada 14 November 2025. [Tersedia pada: <https://docs.circuitdesigner.com/component/1832f018-95a5-4f85-97e0-8a4fdc21aea/ublox-neo-m8n-gps-module>]
- Content.u-blox. Product Summary NEO-M8 Series Versatile u-blox M8 GNSS Modules. [Diakses pada 22 Oktober 2025]. *Content.u-blox*. [Tersedia pada: https://content.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-M8_ProductSummary_UBX-16000345.pdf]
- Dachi VJ, Suhada J. 2025. Implementasi Basis Data Sederhana menggunakan MySQL/PostgreSQL. *Router: Jurnal Teknik Informatika dan Terapan*. 3(2):197-207.doi:10.62951/router.v3i2.621
- DISNAKERJA.COM. 2025. PT Aisin Indonesia. *Disnakerja*. [Internet]. [Diakses 2025 Okt 21]. Tersedia pada: <https://www.disnakerja.com/pt-aisin-indonesia/>
- ELMECH Your Innovation Partner. 2024. Penjelasan Detail Protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). *ELMECH (Your Innovation Partner)*. [Internet]. [Diakses 2025 Okt 21]. Tersedia pada: <https://elmechtechnology.com/blog/penjelasan-detail-protokol-mqtt-message-queuing-telemetry-transport>
- Fikhri AA, Ula M, Sayuti M, Taufiq, Nurdin. 2025. Perbandingan Kinerja Protokol MQTT dan HTTP dalam Komunikasi Data Internet of Things. *Jurnal Infomedia: Teknik Informatika, Multimedia, dan Jaringan*. 10(1):1-10.doi:10.30811/jim.v10i1.6733
- Firdaus, Ismail. 2020. Komparasi Akurasi Global Position System (GPS) Receiver U-blox Neo-6M dan U-blox Neo-M8N pada Navigasi Quadcopter. *Elektron Jurnal Ilmiah*. 12(1):12-15.doi:10.30630/eji.12.1.137
- Gnap J, Kubasakova I, Kubanova J, Pauer D. 2024. Application of Technological Procedure Automated Guided Vehicles in the Production Hall of a Company Due to Increasing the Automation. *MDPI Applied Sciences*. 14(17):1-31.doi:10.3390/app14177467

- Haryono, Santoso H. 2024. Building an Automated Guided Vehicle Based on UWB Technology. *The Indonesian Journal of Computer Science*. 13(6):9056-9069.doi:10.33022/ijcs.v13i6.4487
- Hercog D, Lerher T, Truntic M, Tezak O. 2023. Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices. *MDPI Sensors*. 23(15):1-20.doi:10.3390/s23156739
- Isyanto H, Muchtar H, Rasma, Dinata AR. 2022. Design of Security System Device for Motorized Vehicles through the Telegram Messenger Application and Updating GPS Locations on Smartphones in Real Time with IoT-based Smart Vehicles. *Journal of Electrical Technology UMY (JET-UMT)*. 6(2):67-76.doi:10.18196/jet.v6i2.16182
- Kacmarik M, Fojtik D. 2023. Positioning Performance of Low-Cost U-blox Neo-M8U Module in Urban Environment. *ResearchGate MM Science Journal*. (3):6776-6784. doi:10.17973/MMSJ.2023_10_2023080
- Lambang TK. 2025. Analisa Sistem Pelacakan Posisi dan Kecepatan Pada Perahu Listrik menggunakan Metode GPS Tracking [Skripsi]. Semarang: Fakultas Teknik, Universitas Semarang.
- Mitsubishi Electric.Melsec iQ-F Series. *Mitsubishi Electric Changes for the Better*. Diakses pada 13 November 2025. [Tersedia pada: https://pl.mitsubishielectric.com/fa/pl_en/products/cnt/plc/plcf/cpu-module]
- Nabil F, Syauqy D, Setiawan E. 2022. Pengembangan Sistem Navigasi Robot Beroda menggunakan Lokalisasi berbasis RFID dengan Pathfinding Algoritma A Star pada Simulasi Lingkungan Gudang. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. 6(11):5470-5475.
- OpenAI ChatGPT. 2025. *Sistem Monitoring and Traffic Control*. [Gambar dihasilkan menggunakan AI].
- Premitasari M, Ungkawa U, Kakalang PJ. 2023. Metode Kalibrasi untuk Sistem Geofencing dengan Poligon Tertutup. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*. 7(2):112-122.doi: 10.26760/jrh.V7i2.112-122
- PT Aisin Indonesia. 2025. AII AGV - DIVA. *Dokumen Internal Perusahaan, Divisi EQDEV* (tidak dipublikasikan).
- Rahmawati L, Sumarsono. 2024. Desain Pengembangan Website dengan Arsitektur Model View Controller pada Framework Laravel. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Bisnis*. 6(4):785-790.doi:10.47233/jteksis.v6i4.1497
- Rahma AST, Irianto KD. 2025. Analisis Kinerja Protokol COAP dan MQTT pada Sistem Rumah Cerdas. *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*. 14(3):759-767.doi:10.30591/smartcomp.v14i3.8474
- Ramadhan FE, Haromain I, Rosyidi L. 2024. Pembangunan Rest API untuk Pengelolaan Rite Robot AGV di PT XYZ. *Journal of Digital Business and Technology Innovation (DBESTI)*. 1(2):68-77.doi:10.54914/dbesti.v1i2.1350
- Rifani F, Pratama TW. 2024. Smart GPS Tracker for EV [Skripsi]. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

- Santos S. 2020. ESP32 Relay Module - Control AC Appliances (Web Server) [Diakses pada: 22 Oktober 2025]. *Random Nerd Tutorials*. [Tersedia pada: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-relay-module-ac-web-server/>]
- Sinlae F, Irwanda E, Maulana Z, Syahputra VE. Penggunaan Framework Laravel dalam Membangun Aplikasi Website Berbasis PHP. *Jurnal Siber Multi Disiplin (JSMD)*. 2(2):119-132.doi:10.38035/jsmd.v2i2.186
- Siregar UK, Sitakar TA, Haramain S, Lubin ZNS, Nadhirah U, Yahfizham. 2024. Pengembangan Database Management System menggunakan MySQL. *SAINTEK: Jurnal Sains, Teknologi & Komputer*. 1(1):8-12.doi:10.56495/saintek.v1i1.450
- Sutrisno DY, Munadi, Setiawan JD. 2021. Model Deteksi Rambu Sistem Navigasi *Prototype AGV. Jurnal Teknik Mesin S-I*. 9(2):301-304.
- Umam MS, Wibowo SA, Pranoto YA. 2023. Implementasi Protokol MQTT pada Aplikasi Smart Garden Berbasis IoT (Internet of Things). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*. 7(1):899-906.doi:10.36040/jati.v7i1.6131
- Usman H. 2025. Implementasi Algoritma Data Encryption Standard (DES) dan Teknik Gray Code pada Protokol Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) [Skripsi]. Sulawesi Barat: Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat.
- Widiyanto W, Purwanto AA, Wijayanto A. 2023. Program Automatic Guided Vehicle sebagai Transportasi Material di Workshop Furnitur dengan Kendali Fuzzy Logic. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*. 10(2):93-99.doi:10.32699/ppkm.v10i2.4359
- Wijoseno A, Uranus H P, Pangaribuan J. 2025. Pengendalian Pengisian Air Otomatis menggunakan ESP32, MQTT, dan Kodular dengan Notifikasi Whatsapp dan Data Logging melalui Google Sheets. *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*. 13(3):1038-1048.doi:10.23960/jitet.v13i3.7139
- Yulianto D, Yuliansyah H. 2020. Rancang Bangun Aplikasi Traffic Counter RFID. *JNTETI (Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi)*. 4(1):32-39. doi:10.22146/jnteti.v4i1.135
- Zhang J, Yang X, Wang W, Guan J, Ding L, Lee VC. S. 2023. Automated Guided Vehicles and Autonomous Mobile Robots for Recognition and Tracking in Civil Engineering. *ELSEVIER ScienceDirect*. 146. doi:10.1016/j.autcon.2022.104699

Daftar Pustaka

Alfasa FP, Dewanta F, Istikmal. 2024. Implementasi MQTT sebagai protokol komunikasi pada prototipe sistem monitoring smart building. *e-Proceeding of Engineering* [Internet]. 11(2):1182-1188.

Ardiansyah, Risnita, Jailani MS. 2023. Teknik pengumpulan data dan instrumen penelitian ilmiah pendidikan pada pendekatan kualitatif dan kuantitatif. *IHSAN: Jurnal Pendidikan Islam* [Internet]. 1(2):1-9. doi: 10.61104/ihsan.v1i2.57

Arduino Indonesia. 2024. *Perbandingan Mikrokontroler ESP32 vs Raspberry Pi Pico* [Internet]. [diakses 2025 Okt 21]. Tersedia pada: <https://www.arduinoindonesia.id/2024/08/perbandingan-mikrokontroler-esp32-vs-raspberry-pi-pico.html>

Circuit Designer. [t.th.]. *How to Use Ublox NEO-M8N GPS Module: Examples, Pinouts, and Specs* [Internet]. [diakses 2025 Nov 14]. Tersedia pada: <https://docs.circuitdesigner.com/component/1832f018-95a5-4f85-97e0-8a4fdcc21aea/ublox-neo-m8n-gps-module>

Content.u-blox. [t.th.]. *Product Summary NEO-M8 Series Versatile u-blox M8 GNSS Modules* [Internet]. [diakses 2025 Okt 22]. Tersedia pada: https://content.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-M8_ProductSummary_UBX-16000345.pdf

Dachi VJ, Suhada J. 2025. Implementasi basis data sederhana menggunakan MySQL/PostgreSQL. *Router: Jurnal Teknik Informatika dan Terapan* [Internet]. 3(2):197-207. doi: 10.62951/router.v3i2.621

DISNAKERJA.COM. 2025. *PT Aisin Indonesia* [Internet]. [diakses 2025 Okt 21]. Tersedia pada: <https://www.disnakerja.com/pt-aisin-indonesia/>

ELMECH Your Innovation Partner. 2024. *Penjelasan Detail Protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)* [Internet]. [diakses 2025 Okt 21]. Tersedia pada: <https://elmechtechnology.com/blog/penjelasan-detail-protokol-mqtt-message-queueing-telemetry-transport>

Fikhri AA, Ula M, Sayuti M, Taufiq, Nurdin. 2025. Perbandingan kinerja protokol MQTT dan HTTP dalam komunikasi data internet of things. *Jurnal Infomedia: Teknik Informatika, Multimedia, dan Jaringan* [Internet]. 10(1):1-10. doi: 10.30811/jim.v10i1.6733

Firdaus, Ismail. 2020. Komparasi akurasi Global Position System (GPS) receiver U-blox Neo-6M dan U-blox Neo-M8N pada navigasi quadcopter. *Elektron Jurnal Ilmiah* [Internet]. 12(1):12-15. doi: 10.30630/eji.12.1.137

Gnap J, Kubasakova I, Kubanova J, Pauer D. 2024. Application of technological procedure automated guided vehicles in the production hall of a company due to increasing the automation. *MDPI Applied Sciences* [Internet]. 14(17):1-31. doi: 10.3390/app14177467

Haryono, Santoso H. 2024. Building an automated guided vehicle based on UWB technology. *The Indonesian Journal of Computer Science* [Internet]. 13(6):9056-9069. doi: 10.33022/ijcs.v13i6.4487

Hercog D, Lerher T, Truntic M, Tezak O. 2023. Design and implementation of ESP32-based IoT devices. *MDPI Sensors* [Internet]. 23(15):1-20. doi: 10.3390/s23156739

Isyanto H, Muchtar H, Rasma, Dinata AR. 2022. Design of security system device for motorized vehicles through the Telegram Messenger application and updating GPS locations on smartphones in real time with IoT-based smart vehicles. *Journal of Electrical Technology UMY (JET-UMT)* [Internet]. 6(2):67-76. doi: 10.18196/jet.v6i2.16182

Kacmarik M, Fojtik D. 2023. Positioning performance of low-cost U-blox Neo-M8U module in urban environment. *ResearchGate MM Science Journal* [Internet]. (3):6776-6784. doi: 10.17973/MMSJ.2023_10_2023080

Lambang TK. 2025. Analisa sistem pelacakan posisi dan kecepatan pada perahu listrik menggunakan metode GPS tracking [skripsi]. Semarang: Universitas Semarang.

Mitsubishi Electric. [t.th.]. *Melsec iQ-F Series: CPU Module Specification* [Internet]. [diakses 2025 Nov 13]. Tersedia pada: https://pl.mitsubishielectric.com/fa/pl_en/products/cnt/plc/plcf/cpu-module

OpenAI ChatGPT. 2025. *Sistem Monitoring and Traffic Control* [Gambar dihasilkan menggunakan AI]. Tersedia pada: <https://chat.openai.com/>

Premitasari M, Ungkawa U, Kakalang PJ. 2023. Metode kalibrasi untuk sistem geofencing dengan poligon tertutup. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan* [Internet]. 7(2):112-122. doi: 10.26760/jrh.V7i2.112-122

PT Aisin Indonesia. 2025. *All AGV - DIVA*. [Dokumen Internal]. Bekasi: Divisi EQDEV (tidak dipublikasikan).

Rahma AST, Irianto KD. 2025. Analisis kinerja protokol COAP dan MQTT pada sistem rumah cerdas. *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer* [Internet]. 14(3):759-767. doi: 10.30591/smartcomp.v14i3.8474

Rahmawati L, Sumarsono. 2024. Desain pengembangan website dengan arsitektur model view controller pada framework laravel. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Bisnis* [Internet]. 6(4):785-790. doi: 10.47233/jteksis.v6i4.1497

Ramadhan FE, Haromain I, Rosyidi L. 2024. Pembangunan rest API untuk pengelolaan rite robot AGV di PT XYZ. *Journal of Digital Business and Technology Innovation (DBESTI)* [Internet]. 1(2):68-77. doi: 10.54914/dbesti.v1i2.1350

Rifani F, Pratama TW. 2024. Smart GPS tracker for EV [skripsi]. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

Santos S. 2020. *ESP32 Relay Module - Control AC Appliances (Web Server)* [Internet]. [diakses 2025 Okt 22]. Tersedia pada: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-relay-module-ac-web-server/>

Sinlae F, Irwanda E, Maulana Z, Syahputra VE. [t.th.]. Penggunaan framework laravel dalam membangun aplikasi website berbasis PHP. *Jurnal Siber Multi Disiplin (JSMD)* [Internet]. 2(2):119-132. doi: 10.38035/jsmd.v2i2.186

Siregar UK, Sitakar TA, Haramain S, Lubin ZNS, Nadhirah U, Yahfizham. 2024. Pengembangan database management system menggunakan MySQL. *SAINTEK: Jurnal Sains, Teknologi & Komputer* [Internet]. 1(1):8-12. doi: 10.56495/saintek.v1i1.450

Sutrisno DY, Munadi, Setiawan JD. 2021. Model deteksi rambu sistem navigasi prototype AGV. *Jurnal Teknik Mesin S-I* [Internet]. 9(2):301-304.

Umam MS, Wibowo SA, Pranoto YA. 2023. Implementasi protokol MQTT pada aplikasi smart garden berbasis IoT (internet of things). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)* [Internet]. 7(1):899-906. doi: 10.36040/jati.v7i1.6131

Usman H. 2025. Implementasi algoritma data encryption standard (DES) dan teknik gray code pada protokol message queuing telemetry transport (MQTT) [skripsi]. Sulawesi Barat: Universitas Sulawesi Barat.

Widiyanto W, Purwanto AA, Wijayanto A. 2023. Program automatic guided vehicle sebagai transportasi material di workshop furnitur dengan kendali fuzzy logic. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ* [Internet]. 10(2):93-99. doi: 10.32699/ppkm.v10i2.4359

Wijoseno A, Uranus HP, Pangaribuan J. 2025. Pengendalian pengisian air otomatis menggunakan ESP32, MQTT, dan kodular dengan notifikasi whatsapp dan data logging melalui google sheets. *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)* [Internet]. 13(3):1038-1048. doi: 10.23960/jitet.v13i3.7139

Yulianto D, Yuliansyah H. 2020. Rancang bangun aplikasi traffic counter RFID. *JNTETI (Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi)* [Internet]. 4(1):32-39. doi: 10.22146/jnteti.v4i1.135

Zhang J, Yang X, Wang W, Guan J, Ding L, Lee VCS. 2023. Automated guided vehicles and autonomous mobile robots for recognition and tracking in civil engineering. *Automation in Construction* [Internet]. 146. doi: 10.1016/j.autcon.2022.104699