PROPOSAL PROYEK AKHIR

IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING *TRAFFIC CONTROL AUTOMATED GUIDED VEHICLE* (AGV) BERBASIS MQTT MENGGUNAKAN GPS MODULE *U-BLOX NEO-M8N*

ROSALINDA MARETHA

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025

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.

Proposal Proyek Akhir
Sebagai salah satu syarat untuk melaksanakan penelitian

IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING *TRAFFIC CONTROL AUTOMATED GUIDED VEHICLE* (AGV) BERBASIS MQTT MENGGUNAKAN GPS MODULE *U-BLOX NEO-M8N*

ROSALINDA MARETHA

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025

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

Tanggal Kolokium:
26 November 2025

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, November 2025

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 (*Message Queuing Telemetry Transport*) 4
2.3 AGV (*Automated Guided Vehicle)* 5
2.4 *Programmable Logic Controller* (PLC) *MELSEQ iQ-F FX5U* 6
2.5 Modul GPS (*U-Blox Neo-M8N*) 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 (*Software*) 14
3.2 Perangkat Keras (*Hardware*) 15
3.3 Matriks Rencana Proyek Akhir 20

DAFTAR GAMBAR

2.1 Sistem Monitoring dan *Traffic Control* 4
2.2 AII AGV - DIVA 6
2.3 PLC *Mitsubishi FX5U* 6
2.4 GPS Module *U-blox NEO-M8N* 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, *Website Resmi*). 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 (RFID) yang dikirimkan oleh PLC AGV (*Mitsubishi FX5U*) melalui komunikasi *serial*. Data status ON/RUN atau OFF/STOP, serta ID AGV spesifik, diakuisisi langsung dari *interface* PLC/AGV. Sistem ini mengolah data lokasi ganda (GPS/RFID) dan status tersebut yang diterima oleh *Broker* MQTT Aisin, kemudian ditampilkan pada *dashboard* dengan indikator *real-time* (misalnya *hijau* untuk *running*, *merah* untuk *stop/error*) 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 GPS Module *U-blox NEO-M8N* dan data status (Running/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 arsitektur sistem IoT yang fleksibel untuk mengintegrasikan ESP32 dengan PLC *Mitsubishi FX5U* guna mengakuisisi data lokasi ganda (*GPS* dan *ID Area*) serta status AGV?
2. Bagaimana mengoptimalkan protokol MQTT dan merancang *custom dashboard* untuk memvisualisasikan *traffic* AGV secara *real-time* pada gambar jalur spesifik di jaringan internal Aisin?
3. Apa dampak implementasi gabungan teknologi ESP32, GPS, dan *ID Area* ini terhadap peningkatan *monitoring* dan pengelolaan *traffic control* AGV di jalur khusus PT Aisin Indonesia?

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 dan menggabungkan data lokasi ganda (*GPS* dan *ID Area*) serta status AGV (*RUN/STOP*).
2. Menerapkan dan menguji protokol MQTT untuk transmisi data *real-time* ke *Broker* Aisin, serta merancang *custom dashboard* berbasis *web* yang efektif untuk memvisualisasikan *traffic* AGV pada gambar jalur spesifik.
3. Menganalisis dan mengukur dampak implementasi gabungan teknologi ESP32, GPS, dan *ID Area* ini terhadap peningkatan *monitoring* dan pengelolaan *traffic control* AGV di jalur khusus PT Aisin Indonesia.

1.4 Manfaat

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

1. Menyediakan *custom dashboard* yang memvisualisasikan *traffic* dan status AGV (*Running/Error*) pada jalur spesifik secara *real-time*, sehingga memudahkan *traffic control* dan mengurangi *downtime*.
2. Menghasilkan model implementasi IoT yang fleksibel (ESP32) untuk integrasi data dari PLC *Mitsubishi FX5U*, yang dapat dijadikan dasar untuk proyek otomasi pabrik lainnya di PT Aisin Indonesia.
3. Mentransformasi data lokasi ganda (*GPS* dan *ID Area*) menjadi informasi visual yang *real-time*, sehingga meningkatkan efektivitas pelacakan dan pemanfaatan armada AGV.

4. Menyediakan media pembelajaran praktis dan mendalam mengenai perancangan sistem IoT industri dan menjadi fondasi yang kuat untuk pengembangan tugas akhir yang berkelanjutan.

1.5 Ruang Lingkup

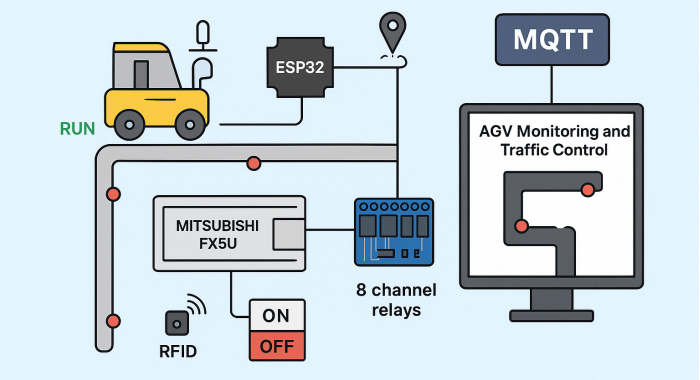
Ruang lingkup penelitian ini ditetapkan berdasarkan tujuan dan sasaran penelitian yang ingin dicapai. Adapun ruang lingkup yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dibatasi pada perancangan dan implementasi *hardware* yang terpasang pada satu unit AGV, mencakup ESP32 dan GPS Module. Fokus utama *interface* adalah akuisisi data status, ID AGV, dan ID Area/RFID melalui koneksi dengan PLC *Mitsubishi FX5U* menggunakan skema komunikasi *Serial.*
2. Sistem komunikasi data *real-time* menggunakan protokol MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) secara eksklusif. Transmisi data dilakukan dari ESP32 menuju Server *Broker* MQTT internal PT Aisin Indonesia untuk menjamin data berada dalam jaringan perusahaan.
3. Pengembangan *dashboard* terbatas pada antarmuka berbasis *website* yang dikembangkan secara *custom*. *Dashboard* ini berfungsi untuk memvisualisasikan *traffic* AGV dengan menampilkan lokasi aktual (gabungan *GPS* dan *ID Area*) pada gambar *layout* jalur khusus yang telah ditentukan, lengkap dengan indikator status (*Running/Stop*).
4. Fungsi *Traffic Control* dalam penelitian ini dibatasi pada kemampuan sistem untuk mendeteksi dan menampilkan status operasional AGV sebagai informasi *monitoring* dan *awareness* bagi pekerja. Penelitian ini tidak mencakup implementasi perintah kontrol jarak jauh (*remote control*) untuk menggerakkan atau mematikan mesin AGV dari *dashboard website*.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Implementasi Sistem Lokasi AGV Berbasis GPS Module

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit pemantauan posisi dan navigasi yang dirancang untuk menyediakan informasi posisi tiga dimensi, kecepatan, dan waktu, secara berkelanjutan di seluruh dunia, terlepas dari waktu dan cuaca, untuk banyak orang secara bersamaan (Isyanto *et al*. 2022). Dalam sistem *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 GPS hingga penyajian informasi pada dashboard operator.



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.

Meskipun sistem berfokus pada *monitoring*, keandalan pengiriman data sangat dipengaruhi oleh keterlambatan (*latency*) komunikasi. *Latency* yang tinggi akan menyebabkan visualisasi posisi dan status AGV (*Running/Stop*) tertunda (*lag*), membuat *operator* kesulitan melakukan *traffic control* yang akurat dan berisiko menimbulkan inefisiensi. Selain tantangan *latency*, fitur keamanan adalah elemen penting. Penggunaan otentikasi dan otorisasi pada sistem *monitoring* AGV sangat krusial untuk memastikan hanya pengguna yang sah (*terotentikasi*) yang dapat mengakses *dashboard* dan melihat data sensitif operasional (*terotorisasi*).

2.2 MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*)

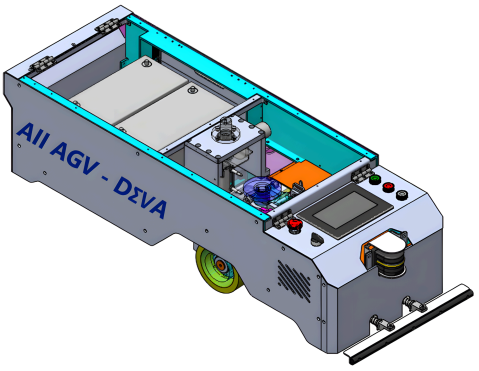
Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) merupakan jenis protokol jaringan yang digunakan di IoT (*Internet of Things*) yang berfungsi sebagai komunikasi yang bersifat M2M (*Machine to Machine*). MQTT ini dapat

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) MELSEQ 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.



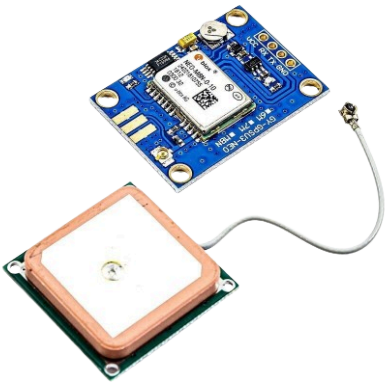
Gambar 2.3 PLC Mitsubishi FX5U
Sumber: Mitsubishi Electric, diakses 13 November 2025

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 Modul GPS (U-Blox Neo-M8N)

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit pemantauan posisi dan navigasi yang dirancang untuk menyediakan informasi posisi tiga dimensi, kecepatan, dan waktu, secara berkelanjutan di seluruh dunia, terlepas dari waktu dan cuaca, untuk banyak orang secara bersamaan (Isyanto *et al*. 2022). Untuk memastikan akurasi pelacakan yang tinggi dalam lingkungan industri yang mungkin memiliki sinyal lemah, Modul NEO-M8 dipilih karena kemampuannya menerima tiga sistem GNSS (*GPS/Galileo, BeiDou* atau *GLONASS*) secara bersamaan.



Gambar 2.4 GPS Module *U-blox NEO-M8N*
Sumber: Cirkit Designer, diakses 14 November 2025

Dalam proyek *traffic control* AGV, data koordinat dari GPS berfungsi sebagai lokasi pelengkap (global) yang dikirimkan bersama data lokasi spesifik (ID Area/RFID dari PLC) untuk memvalidasi posisi AGV. Rangkaian NEO-M8 juga mendukung WAAS, EGNOS, dan MSAS serta penambahan QZSS, GAGAN, dan IMES untuk peningkatan posisi dan kecepatan (Pratama 2025). Dengan spesifikasi teknis yang unggul, seperti akurasi posisi horizontal 2,5 *m* dan *update rate* 10 *Hz*, modul ini menjadi solusi yang optimal untuk mendapatkan data koordinat mesin AGV secara presisi di area pabrik (Firdaus dan Ismail 2020). Representasi fisik dari modul GPS yang digunakan dalam sistem ini ditampilkan pada Gambar 2.4 sehingga memperjelas bentuk perangkat dan komponen utama yang terlibat.

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 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* lokasi ganda dan status *PLC*.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Nama dan Judul Penelitian	Penelitian Terdahulu	Kesenjangan yang Ditemukan	Pembaruan Penelitian ini
(Alfasa *et al*. 2024) "Implementasi MQTT Sebagai Protokol Komunikasi Pada Prototipe Sistem Monitoring Smart Building"	Menganalisis kinerja protokol MQTT sebagai protokol komunikasi yang aman dengan mengimplement asikan proses enkripsi dan dekripsi *AES* tambahan pada sistem *monitoring* data *smart building*	Fokus utama pada *Quality of Service* (*QoS*) dan peningkatan keamanan data *end-to-end* dengan enkripsi *AES*. Namun, penelitian ini belum menguji atau menerapkan MQTT pada sistem *monitoring* dan *traffic control* AGV yang memerlukan integrasi *PLC* dan lokasi ganda (GPS/RFID).	Penelitian ini mengimplementasikan MQTT sebagai protokol transmisi data *real-time* dari AGV ke *dashboard*. Pembaruan terletak pada Integrasi *Hardware* (*ESP32* dan *PLC Mitsubishi FX5U*) dan fokus pada Akuisisi Data Ganda (GPS dan ID Area/RFID) untuk kebutuhan *Traffic Control* di lingkungan pabrik.
(Yulianto dan Yuliansyah 2020) "Rancang Bangun Aplikasi *Traffic Counter* RFID"	Merancang dan mengimplement asikan aplikasi *traffic counter* (penghitung lalu lintas) dengan menggunakan teknologi RFID untuk menghitung jumlah kendaraan yang melewati titik tertentu.	Fokus hanya pada penghitungan (counting) *traffic* dan bukan *monitoring* posisi *real-time* kendaraan secara individu atau *visualisasi* pergerakan di peta. Sistem tidak mengintegrasikan data lokasi *GPS* atau status operasional (*Running/Stop*).	Penelitian ini menggunakan sinyal ID Area/RFID dari *PLC* sebagai lokasi spesifik AGV pada jalur, namun memfungsikannya sebagai penentu posisi *real-time* yang divisualisasikan bersama data *GPS* di *custom dashboard* untuk keperluan *Traffic Control*.

III METODE

3.1 Lokasi dan Waktu Proyek Akhir

Penelitian ini dilaksanakan selama kegiatan magang industri berjalan dengan durasi selama sekitar kurang lebih 4 bulan, mulai pada tanggal 27 Agustus sampai dengan 20 Januari 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 penyelesaian proyek akhir ini 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 GPS dan 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, GPS Module *U-blox NEO-M8N*, protokol MQTT pada *Broker* perusahaan, 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 GPS Module *U-blox NEO-M8N*. 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

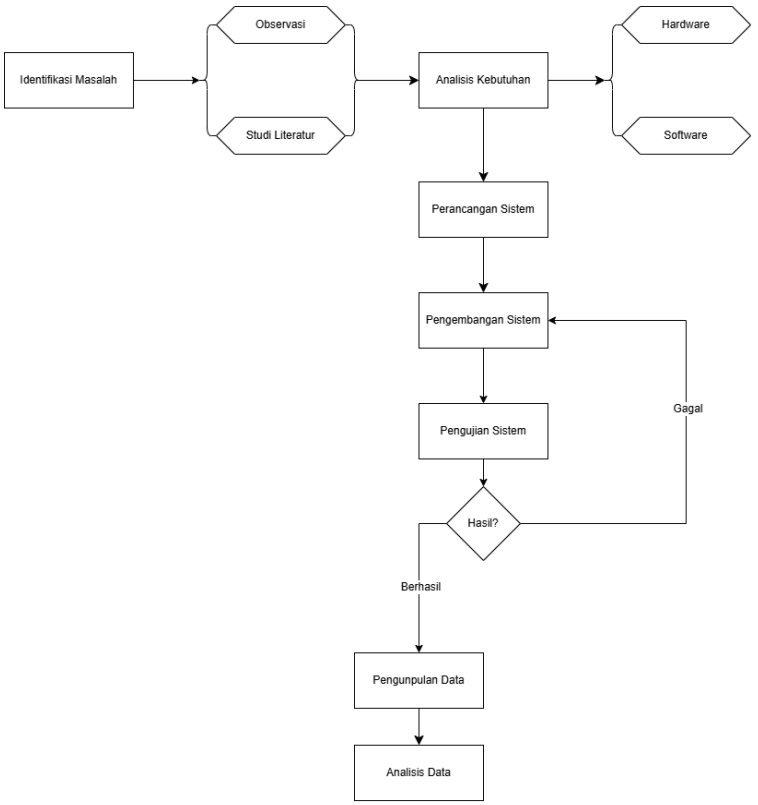
kesalahan horizontal (akurasi posisi) dan memvalidasi akurasi penempatan AGV pada *dashboard* jalur.

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. Berikut ini prosedur kerja pada proyek akhir dengan judul "Implementasi Sistem Monitoring *Traffic Control Automated Guided Vehicle* (AGV) berbasis MQTT menggunakan GPS Module *U-blox NEO-M8N*" sebagai berikut.



Gambar 3.1 Prosedur Kerja

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..
b) Proses studi literatur dilakukan untuk landasan teoritis dan teknis yang kuat. Mengumpulkan referensi (*jurnal*, *buku*) mengenai prinsip kerja GPS Module *U-blox NEO-M8N*, 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 *Software*	Digunakan Untuk
1.	Windows 11	Sistem operasi utama untuk menjalankan semua perangkat lunak pengembangan dan simulasi.
2.	Arduino IDE	Lingkungan pengembangan terpadu untuk menulis, mengkompilasi, dan meng-*upload* program (*firmware*) ke mikrokontroler ESP32.
3.	Mosquitto (MQTT Broker)	Sebagai *server* perantara (*message broker*) untuk menerima data (*publish*) dan mendistribusikan (*subscribe*) data *real-time* dari AGV ke *dashboard*.
5.	Visual Code	*Text editor* dalam pengembangan *frontend* dan *backend dashboard* berbasis *website*.
6.	Laravel 10	*Framework PHP* yang digunakan untuk membangun *backend* (logika, *routing*, *database*) dari *dashboard monitoring* AGV.
7.	Figma	Merancang tampilan (*User Interface/UI*) dan pengalaman pengguna (*User Experience/UX*) *dashboard website* secara visual.
8.	Xampp	*Software* yang menyediakan *web server* Apache, *MySQL*, dan *PHP* sebagai lingkungan lokal untuk pengembangan *dashboard*.
9.	MySQL	Sistem Manajemen Basis Data (*DBMS*) 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 (*flowchart*), arsitektur sistem, dan skema rangkaian secara visual.

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

Tabel 3.2 Perangkat Keras (*Hardware*)

No	Nama *Hardware*	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.	Sensor RFID	Komponen pasif/aktif yang terpasang pada jalur AGV atau terhubung ke PLC.	Menyediakan lokasi spesifik (ID Area) AGV pada jalur yang sudah dipetakan, berfungsi sebagai data pelengkap yang lebih presisi dari GPS untuk *traffic control*.
5.	Module GPS U-Blox NEO-M8N	Mendukung 3 sistem GNSS simultan (GPS, Galileo, GLONASS, dll.). Akurasi posisi horizontal hingga 2.5 m, *update rate* hingga 10 Hz.	Sensor yang digunakan untuk mendapatkan data koordinat geografis (*Latitude* dan *Longitude*) lokasi AGV secara presisi.
6.	Step Down 5V (DC to DC)	Input 6V-40V, Output 5V/3.3V	Mengubah tegangan aki AGV 24V menjadi tegangan

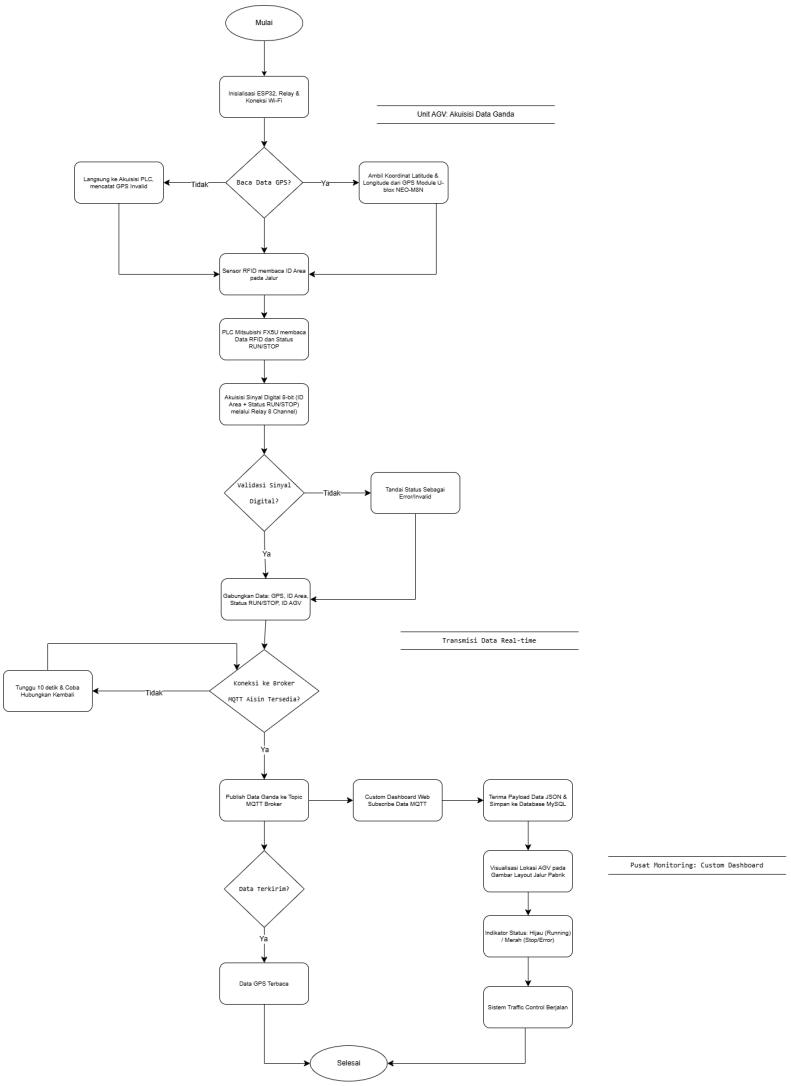
			5V atau 3.3V yang aman dan sesuai untuk ESP32.
7.	Relay 8 Channel	Tegangan Kontrol 3.3V/5V (sesuai ESP32), Tegangan Beban Tinggi (misalnya 250V AC/30V DC).	Untuk mendeteksi sinyal *digital* dari PLC dan menerjemahkan status operasional AGV (*Running/Error*) serta *ID Area* (memanfaatkan hingga 8 *channel* sebagai *bit* data).
8.	Kabel Jumper	Male-to-Male, Male-to-Female, & Female-to-Female	Menghubungkan antar komponen (*pin* ESP32 ke *Module*, *Relay*, dll.) pada *prototyping*.
9.	Kabel Jack Plug	DC *Power Jack*	Sebagai konektor daya yang rapi dan aman untuk menghubungkan *Step Down* ke sumber daya AGV atau port PLC IO biasa.
10.	Kabel Port USB	USB Type-A to Micro/Type-C	Meng-*upload firmware* 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 GPS Module *U-blox NEO-M8N* dan data lokasi ID Area 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, koordinat GPS, dan status AGV.

Perancangan sistem juga mencakup desain antarmuka frontend berupa Custom Dashboard berbasis web yang berfungsi menerima data real-time dari MQTT Broker Aisin. Dashboard dirancang untuk menampilkan posisi AGV pada layout jalur pabrik yang sudah dipetakan

secara spesifik. Marker akan bergerak mengikuti koordinat GPS, 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, GPS, dan komunikasi dengan PLC. Setelah sistem aktif, dilakukan proses akuisisi data secara ganda. Pertama, GPS Module membaca koordinat latitude dan longitude. Secara bersamaan, 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 (GPS, ID Area, 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 Modul GPS dan rangkaian Relay 8 Channel yang terhubung ke PLC. Selanjutnya, dilakukan *coding* dan *flashing firmware* pada ESP32. *Firmware* ini mencakup logika program untuk membaca data serial dari GPS dan data *digital* dari Port I/O PLC (melalui Relay), serta *coding* protokol MQTT untuk *publishing* data ganda (*GPS* & *ID Area*) dan status ke *Broker* Aisin. 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 *Broker* Aisin. 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 GPS Module dan validasi pengambilan sinyal status dan *ID Area* 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 *Broker* Aisin.

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 (menggunakan gabungan data *GPS* dan *ID Area* sebagai referensi). 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 koordinat GPS, ID Area (RFID) yang tercatat terakhir dari PLC, dan status operasional (*Running/Stop/Error*). 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 koordinat GPS 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 teknologi ESP32, GPS, dan *ID Area/PLC ID* berhasil mengatasi masalah pelacakan dan memberikan peningkatan *monitoring* dan *traffic control* AGV di PT Aisin Indonesia.

3.4 Matriks Rencana Proyek Akhir

Matriks rencana proyek akhir di bawah ini menjelaskan rincian kegiatan yang dilakukan selama masa perancangan proyek akhir yang terdapat pada Tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.3 Matriks Rencana Proyek Akhir

No	Aktivitas	2025					2026					
		Agustus	September	Oktober	November	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni
	Identifikasi, Perancangan Konsep, dan Persiapan Dasar											
1	Identifikasi Masalah & Survei Lapangan Kritis											
2	Studi Literatur & Perancangan Konseptual Sistem											
3	List Komponen dan Pengadaan Kebutuhan											
	Perakitan Dasar & Akuisisi Data Ganda (Lokasi & Status)											
4	Perakitan Hardware Dasar & Uji Fungsional GPS											
5	Implementasi & Uji Akuisisi Data Ganda dari PLC											
6	Implementasi Komunikasi MQTT & Uji Kestabilan Broker											
	Kolokium											
7	Sosialisasi Proyek Akhir dan Kolokium											
8	Menyusun Proposal Tugas Akhir dan Presentasi Proposal											
	Pengembangan Custom Dashboard dan Visualisasi Traffic											
9	Perancangan Custom Dashboard dan Pembuatan Layout Jalur											
10	Integrasi Data Real-Time dan Visualisasi Traffic											
11	Uji Fungsi Menyeluruh & Validasi Traffic Control											
	Dokumentasi, Pengujian Kinerja, dan Analisis											
12	Pengujian Kinerja Transmisi (Latensi)											
13	Pengumpulan Data Primer dan Sekunder											
14	Analisis Data & Analisis Dampak											
	Penyelesaian Laporan dan Finalisasi											
15	Penyusunan Laporan Akhir											
16	Seminar Proyek Akhir											
17	Sidang Proyek Akhir											
18	Yudisium											

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. *Cirkit Designer*. Diakses pada 14 November 2025. [Tersedia pada: https://docs.cirkitdesigner.com/component/1832f018-95a5-4f85-97e0-8a4fdcc21aea/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]

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-1*. 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