



**PENERAPAN AI MENGGUNAKAN SENSOR
KAMERA PADA AGV YANG DI PROGRAM DENGAN
G-CODE**

TUGAS AKHIR

disusun oleh:

Aullya Alma Nayakayama Nusi

202206003

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MEKATRONIKA
POLITEKNIK ENJINERING INDORAMA
PURWAKARTA
2026**



PENERAPAN AI MENGGUNAKAN SENSOR KAMERA PADA AGV YANG DI PROGRAM DENGAN G-CODE

TUGAS AKHIR

Dibuat untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik

disusun oleh:

Aullya Alma Nayakayama Nusi

202206003

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MEKATRONIKA
POLITEKNIK ENJINERING INDORAMA
PURWAKARTA
2026**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama Lengkap	Aullya Alma Nayakayama Nusi
Tempat, Tanggal Lahir	Purwakarta, 10 September 2003
Alamat Asal	Margaluyu, RT 015, RW 04, Munjuljaya, Purwakarta, Jawa Barat

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul:

PENERAPAN AI MENGGUNAKAN SENSOR KAMERA PADA AGV

YANG DI PROGRAM DENGAN G-CODE Adalah hasil pemikiran, observasi dan pemaparan asli yang merupakan hasil karya saya sendiri yang belum pernah dipublikasikan baik secara keseluruhan maupun sebagian, dalam bentuk jurnal, *working paper*, atau bentuk lain yang dapat dipublikasikan secara umum. Tugas akhir ini merupakan karya intelektual saya dan seluruh sumber menjadi rujukan dalam tugas akhir ini telah saya sebutkan sesuai dengan kaidah akademik yang berlaku umum, termasuk para pihak yang telah memberikan kontribusi pemikiran pada isi, kecuali yang menyangkut ekspresi kalimat dan desain penulisan.

Demikian pernyataan ini saya nyatakan secara benar dengan penuh tanggung jawab dan integritas.

Purwakarta, 20 Agustus 2026

Yang menyatakan,

A yellow rectangular official stamp from the Indonesian Ministry of Education, Culture, and Higher Education (KEMDIKBUD). The stamp features the Garuda Pancasila emblem at the top, the text 'KEMDIKBUD' in the center, and a unique identification number '4D49EAOX121843601' at the bottom. A handwritten signature in black ink is written across the stamp.

(Aullya Alma Nayakayama Nusi)

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

PENERAPAN AI MENGGUNAKAN SENSOR KAMERA PADA AGV YANG DI PROGRAM DENGAN G-CODE

Yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Aullya Alma Nayakayama Nusi

202206003

Telah Disetujui oleh Tim Dosen Pembimbing dan Penguji Tugas Akhir

Pada Tanggal 20-08-2026

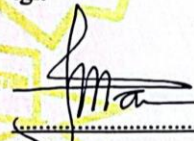
Pembimbing Utama,

Dr. Ir. Afzeri, M.Eng
NIDN. 0023126504


.....
tgl.

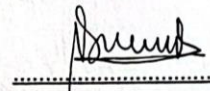
Pembimbing Pendamping,

Dr. Emmanuel Agung Nugroho, S.T., M.T
NIDN. 0407047801


.....
tgl.

Penguji 1,

Deni kurnia, S.Pd., M.T
NIDN. 0410067608


.....
tgl.

Penguji 2,

Nanang Roni Wibowo, S.T., M.T
NIDN. 0930078002


.....
tgl.

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENERAPAN AI MENGGUNAKAN SENSOR KAMERA PADA AGV YANG DI PROGRAM DENGAN G-CODE

yang disusun oleh:

Aullya Alma Nayakayama Nusi

202206003

Telah dipertahankan dihadapan Majelis Penguji sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik pada Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika Politeknik Enjinering Indorama pada tanggal 20-08-2026...

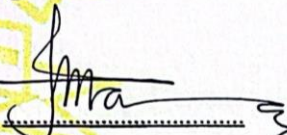
Pembimbing Utama,

Dr. Ir. Afzeri, M.Eng
NIDN. 0023126504


.....
tgl.

Pembimbing Pendamping,

Dr. Emmanuel Agung Nugroho, S.T., M.T
NIDN. 0407047801


.....
tgl.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika
Politeknik Enjinering Indorama


Dr. Emmanuel Agung Nugroho, S.T., M.T
NIDN. 0407047801

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, doa, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, penulis menyampaikan apresiasi kepada:

1. Almh. Enung Nurhayati Purbaningsih (Ibu), atas kasih sayang, pengorbanan, doa, dan ketulusan yang selalu menjadi sumber kekuatan dan motivasi utama bagi penulis. Segala pencapaian ini penulis persembahkan sebagai bentuk penghormatan dan cinta kepada beliau.
2. Edah Jubaedah (Nenek), atas perhatian, nasihat, dan dukungan yang terus menguatkan penulis dalam menjalani pendidikan hingga tahap penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Lely Nusi (Ayah), atas dukungan, tanggung jawab, serta doa yang diberikan dengan penuh kesabaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
4. Firly Alvionita Nusi (Kakak), atas perhatian, dukungan, dan semangat yang selalu diberikan kepada penulis, serta telah menjadi tempat berbagi dan penguat dalam setiap proses yang dijalani.
5. Dr. Ir. Afzeri., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing Utama, atas bimbingan, kesabaran, ketelitian, dan arahan yang sangat berarti dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Dr. Emmanuel Agung Nugroho., S.T., M.T, selaku Kepala Program Studi sekaligus Dosen Pembimbing Pendamping, atas saran, masukan, serta pandangan yang membangun sehingga kualitas penelitian ini dapat menjadi lebih baik.

7. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika, atas ilmu, bimbingan, serta fasilitas yang diberikan selama penulis menempuh pendidikan.
8. Rekan-rekan seperjuangan, sahabat, dan seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas dukungan, kebersamaan, dan semangat yang selalu diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Purwakarta, 20 Agustus 2026



Aullya Alma Nayakayama Nusi

ABSTRAK

Automated Guided Vehicle (AGV) merupakan robot transportasi yang banyak digunakan di lingkungan industri untuk meningkatkan efisiensi distribusi material, namun peningkatan fleksibilitas navigasi juga menuntut sistem keselamatan yang lebih andal. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem pengaman AGV berbasis kamera dan kecerdasan buatan menggunakan algoritma YOLOv5 yang dijalankan pada Raspberry Pi 5 sebagai lapisan keselamatan tambahan. **Metode:** Dataset dikumpulkan melalui pengambilan citra botol plastik sebagai representasi objek penghalang di lingkungan *workshop* dengan variasi jarak dan sudut, kemudian dilakukan pelabelan serta pelatihan model hingga mampu mendeteksi objek secara konsisten. Hasil deteksi diproses oleh Raspberry Pi untuk mengirimkan perintah berhenti ke ESP32 ketika objek berada dalam jarak berbahaya, dan pengujian dilakukan pada empat variasi kecepatan aktual yaitu 2,27 m/s, 1,66 m/s, 1,40 m/s, dan 1,25 m/s. **Hasil:** Sistem mampu menghentikan AGV secara konsisten pada kecepatan 2,27 m/s, 1,66 m/s, dan 1,40 m/s dengan jarak berhenti antara 50 cm hingga 130 cm, sedangkan pada kecepatan 1,25 m/s hanya satu percobaan yang berhasil berhenti pada jarak 12 cm dan dua percobaan lainnya mengalami kegagalan. **Kesimpulan:** Sistem yang dikembangkan efektif meningkatkan aspek keselamatan AGV berbasis G-code pada rentang kecepatan tertentu, meskipun masih terdapat keterbatasan akibat latensi pemrosesan dan respons mekanik. **Kata Kunci:** *Automated Guided Vehicle*, Kecerdasan Buatan, YOLOv5, Raspberry Pi, ESP32, Kamera

ABSTRACT

*Automated Guided Vehicles (AGVs) are widely utilized in industrial environments to improve material handling efficiency; however, increased navigation flexibility requires reliable safety mechanisms. **Objective:** This study aims to design and implement a camera-based safety system using the YOLOv5 algorithm deployed on a Raspberry Pi 5 as an additional safety layer for AGVs. **Method:** The dataset was collected by capturing images of plastic bottles as obstacle representations in a workshop environment under various distances and viewing angles, followed by labeling and model training to achieve consistent detection performance. The detection output was processed by the Raspberry Pi to send a stop command to the ESP32 motor controller when an obstacle was detected within a critical distance, and experimental testing was conducted at four actual speed levels: 2.27 m/s, 1.66 m/s, 1.40 m/s, and 1.25 m/s. **Results:** The system consistently stopped the AGV at speeds of 2.27 m/s, 1.66 m/s, and 1.40 m/s with stopping distances ranging from 50 cm to 130 cm; however, at 1.25 m/s, only one trial succeeded with a stopping distance of 12 cm while two trials failed to stop. **Conclusion:** The proposed system effectively enhances AGV operational safety within certain speed ranges, although performance limitations remain due to processing latency and mechanical response delays. **Keywords:** Automated Guided Vehicle, Artificial Intelligence, YOLOv5, Raspberry Pi 5, ESP32, Camera.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Studi	5
2.2 Tinjauan Pustaka.....	9
2.2.1 <i>Automated Guided Vehicle</i>	9
2.2.2 <i>Artificial Intelligence (AI)</i>	10
2.2.3 <i>Hardware Devices</i>	13
BAB III PERANCANGAN ALAT TUGAS AKHIR	18
3.1 Deskripsi Alat.....	18
3.2 Prinsip Kerja Alat	18
3.3 Instrumen Penelitian	19
3.3.1 Perangkat Lunak (Software)	19
3.3.2 Perangkat Keras (Hardware).....	20
3.4 Rancangan Sistem Elektrik dan Komunikasi	22
3.4.1 Diagram Blok Sistem.....	22
3.4.2 Flowchart Operasi Sistem.....	24
3.4.3 Perancangan Sistem Mekanik	26
3.4.4 Perancangan Kelistrikan	27

3.4.5	Perancangan Perangkat Lunak	30
3.5	Prosedur Pengambilan atau Pengumpulan Data.....	32
3.5.1	Pengumpulan Data Objek (<i>Dataset</i> AI)	32
3.5.2	Pengujian Kinerja Gerak Robot (G-code).....	33
3.6	Teknik Analisis Data (Pengolahan dan Analisis Data Awal).....	34
BAB IV	PROSES DAN HASIL PERANCANGAN TUGAS AKHIR	36
4.1.	Implementasi Perangkat Lunak.....	37
4.1.1	Persiapan Model	37
4.1.2	Pelatihan Model	39
4.1.3	Pengembangan Logika Kendali Utama.....	40
4.2.	Implementasi Perangkat Keras	41
4.2.1	Implementasi Kamera	41
4.2.2	Implementasi Raspberry Pi 5.....	42
4.2.3	Implementasi ESP32.....	43
4.2.4	Implementasi Antar Perangkat.....	43
4.3.	Pengujian Fungsionalitas Sistem.....	44
4.4.	Analisis Hasil Pengujian.....	45
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1.	Kesimpulan.....	48
5.2.	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		50
LAMPIRAN		53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan Studi.....	7
Tabel 3. 1 Rincian Perangkat Lunak.....	16
Tabel 3. 2 Alat Perangkat Keras	17
Tabel 3. 3 Bahan Perangkat Keras	17
Tabel 3. 4 Spesifikasi Perangkat Keras.....	18
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Automated Guided Vehicle</i>	8
Gambar 2. 2 Kamera	11
Gambar 2. 3 Raspberry Pi.....	12
Gambar 2. 4 ESP32.....	14
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem.....	19
Gambar 3. 2 Flowchart Operasi Sistem	21
Gambar 3. 3 Flowchart Sistem Kamera dan AI Terhadap AGV	22
Gambar 3. 4 Rancangan Sistem Mekanik.....	23
Gambar 3. 5 Rancangan Kelistrikan	24
Gambar 3. 6 <i>Bounding box</i>	31
Gambar 4. 1 Pengambilan Gambar Objek Penghalang.....	35
Gambar 4. 2 Proses Pelabelan Jarak Berhenti.....	36
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pengujian.....	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Program Python.....	50
Lampiran 2 Proses Pengerjaan Tugas Akhir.....	86
Lampiran 3 Riwayat Hidup	87
Lampiran 4 Formulir Bimbingan Tugas Akhir.....	88

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan Revolusi Industri 4.0 telah membawa perubahan besar dalam dunia manufaktur, di mana efisiensi dan kecepatan menjadi kunci utama. Dalam ekosistem ini, *Automated Guided Vehicle* (AGV) memegang peranan penting sebagai robot transportasi yang bertugas memindahkan material secara otomatis, menggantikan tenaga manusia untuk pekerjaan yang sulit dan berat. Penerapan AGV ini menjadi salah satu indikator penting dalam modernisasi sistem logistik pabrik menuju *Logistics 4.0*[1].

Namun, sebagian besar AGV yang ada saat ini masih menggunakan metode navigasi konvensional, seperti mengikuti garis warna (*line follower*) atau pita magnetik yang ditempel di lantai. Meskipun metode ini terbukti andal, kelemahannya terletak pada sifatnya yang sangat kaku. Menurut Marulitua & Setiawan (2025), ketergantungan pada jalur fisik membuat proses perubahan rute menjadi sulit, setiap kali ada perubahan tata letak gudang, jalur lama harus dibongkar dan jalur baru harus dipasang, yang tentunya memakan biaya dan waktu[2].

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, penelitian ini mengintegrasikan *Artificial Intelligence* (AI) sebagai sistem pendukung navigasi AGV. AI digunakan untuk memberikan kemampuan persepsi visual, sehingga robot tidak hanya bergerak berdasarkan koordinat G-code, tetapi juga mampu mengenali kondisi lingkungan di sekitarnya. Melalui pemrosesan citra kamera, sistem AI dapat mendeteksi keberadaan objek atau manusia yang berada di jalur AGV dan menghasilkan keputusan berupa penghentian gerak secara otomatis sebelum terjadi tabrakan. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian Setiawan et al. (2021) yang menunjukkan bahwa penggunaan kamera dan Raspberry Pi memungkinkan robot untuk memantau lingkungan secara real-time dan merespons keberadaan rintangan demi meningkatkan keselamatan operasional [3]. Selain itu, penggunaan AI juga

didukung oleh penelitian lain yang menunjukkan bahwa sistem visi berbasis kecerdasan buatan dapat meningkatkan keselamatan AGV pada lingkungan yang dinamis. Nasution dan Dirgantara (2025) membuktikan bahwa YOLOv5 mampu mendeteksi objek dinamis secara real-time pada sistem ADAS, sehingga algoritma ini dinilai efektif untuk diterapkan sebagai sistem keselamatan berbasis visi pada kendaraan otonom dan robot bergerak [4].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini difokuskan untuk menjawab serangkaian tantangan teknis yang spesifik dalam pengembangan subsistem visi untuk AGV. Adapun rumusan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem visi pada *platform embedded* (Raspberry Pi) yang mampu mendeteksi berbagai objek secara *real-time* dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya komputasi yang ada?
- b. bagaimana kinerja model *deep learning* modern, dalam hal ini, pada aplikasi AGV, untuk mendeteksi penghalang dalam pergerakan AGV.
- c. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan protokol komunikasi dan memiliki rendah antara unit pemrosesan visi (Raspberry Pi) dan unit kontrol gerak utama (ESP32) untuk dapat mengeksekusi perintah berhenti secara cepat dan bisa jalan kembali jika penghalang sudah tidak ada.

1.3 Batasan Masalah

Untuk memastikan fokus dan kedalaman penelitian, ruang lingkup tugas akhir ini dibatasi pada aspek-aspek berikut:

- a. AGV yang digunakan merupakan unit yang telah tersedia sebelumnya, sehingga penelitian tidak mencakup perancangan rangka, sistem mekanik, maupun optimasi struktur dan sistem penggerak AGV.

- b. Sistem navigasi berbasis G-code dianggap telah berfungsi dengan baik, dan penelitian hanya berfokus pada integrasi modul keselamatan tambahan tanpa memodifikasi sistem navigasi utama.
- c. Sistem keselamatan yang dikembangkan terbatas pada implementasi deteksi objek menggunakan kamera dan algoritma YOLOv5 yang dijalankan pada Raspberry Pi 5, dengan ESP32 sebagai penerima perintah berhenti (*STOP*). Objek penghalang dibatasi pada satu jenis, yaitu botol plastik sebagai representasi rintangan.
- d. Sistem hanya dirancang untuk mendeteksi keberadaan objek dan menghentikan AGV secara otomatis tanpa klasifikasi lanjutan, pelacakan objek, maupun perencanaan jalur ulang, serta diuji pada lingkungan *workshop* dengan permukaan datar dan kondisi pencahayaan normal.

1.4 Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah, tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Merancang dan merealisasikan sistem *Automated Guided Vehicle* (AGV) yang dapat dikendalikan menggunakan perintah G-code tanpa memerlukan jalur fisik sebagai panduan pergerakan.
- b. Merancang sistem mekanika AGV yang mampu mendukung penerapan pergerakan berbasis G-code, sehingga AGV dapat bergerak secara terarah, presisi, dan stabil pada medan datar.
- c. Mengimplementasikan mekanisme penggerak berbasis dua unit motor *stepper* dengan sistem kendali diferensial serta mengevaluasi kestabilan pergerakan AGV pada permukaan datar.
- d. Mengimplementasikan algoritma deteksi objek berbasis kecerdasan buatan pada Raspberry Pi sebagai sistem persepsi visual AGV untuk mendukung pengambilan keputusan berhenti atau berjalan secara otomatis.

1.5 Manfaat Penelitian

Penyelesaian penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan, baik dari sisi praktis maupun akademis:

- a. **Manfaat Praktis:** Penelitian ini menghasilkan sebuah lapisan keamanan fungsional yang krusial untuk AGV berbasis CNC. Peningkatan ini secara langsung meningkatkan kelayakan dan keamanan AGV untuk diimplementasikan di lingkungan industri yang dinamis, di mana interaksi dengan manusia dan rintangan tak terduga sering terjadi.
- b. **Manfaat Akademis:** Laporan ini akan berfungsi sebagai referensi teknis yang komprehensif dan mendalam mengenai implementasi model *deep learning* canggih pada sistem *embedded* dengan sumber daya terbatas. Ini merupakan sebuah tantangan rekayasa yang umum dalam pengembangan robotika modern dan sistem cerdas, sehingga dokumentasi proyek ini dapat menjadi panduan berharga bagi peneliti dan mahasiswa di masa depan.
- c. **Potensi Pengembangan Lanjutan:** Sistem visi yang dikembangkan bersifat modular dan dapat menjadi fondasi yang kokoh untuk pengembangan fungsionalitas yang lebih canggih di masa depan. Kemampuan yang dapat dieksplorasi meliputi pelacakan objek, pembacaan *barcode* atau kode QR untuk manajemen inventaris, atau bahkan navigasi berbasis penanda visual.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Studi

Bagian ini menguraikan gambaran dari penelitian terkini mengenai penerapan AI pada AGV, yang mengintegrasikan aspek kecerdasan buatan dan sistem kendali presisi. Berikut adalah analisis mendalam terhadap dua studi kunci yang merepresentasikan kemajuan teknologi ini.

a. Sistem Kendali Jalur AGV Berbasis Fuzzy Logic dan Computer Vision (2024)

Penelitian pertama yang disorot berjudul "*Automated Guided Vehicle (AGV) lane-keeping assist based on computer vision, and fuzzy logic control under varying light intensity*" yang dilakukan oleh Munadi, Bagas Radityo, dan Mochammad Ariyanto dari Universitas Diponegoro. Studi ini berfokus pada salah satu masalah paling krusial dalam navigasi visual, ketidakstabilan deteksi jalur akibat perubahan pencahayaan. Dalam penelitian ini, para penulis mengembangkan sistem bantuan penjaga jalur (lane-keeping assist) yang mengintegrasikan kamera sebagai sensor utama dengan algoritma kendali Logika Fuzzy[5].

Sistem ini dirancang untuk beradaptasi secara *real-time* terhadap variasi intensitas cahaya di lingkungan operasional, sebuah skenario yang sering menggagalkan sistem visi konvensional. Algoritma Fuzzy Logic digunakan untuk memproses data visual (posisi garis relatif terhadap robot) dan menghasilkan respons kemudi yang halus, menggantikan logika *on-off* yang kaku. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan AGV tetap berada di jalurnya dengan kinerja optimal pada rentang intensitas cahaya 110 hingga 150 lux, membuktikan bahwa pendekatan hibrida antara visi komputer dan kendali cerdas dapat meningkatkan keandalan navigasi robot industri secara signifikan.

b. Pengenalan Pola untuk Deteksi Lokasi AGV Berbasis Raspberry Pi (2023)

Penelitian kedua berjudul "*Pattern Recognition on Automated Guided Vehicles Two Wheel Drive (AGV 2WD) Robot for Location Detection Based on Raspberry Pi 4 Model B*" yang dilakukan oleh Florentinus Budi Setiawan, Ilyas Muntaha, Leonardus Heru Pratomo, dan Slamet Riyadi. Penelitian ini mengeksplorasi penggunaan teknologi *Optical Character Recognition* (OCR) dan pengolahan citra digital untuk menyelesaikan masalah lokalisasi di dalam ruangan (indoor localization). Berbeda dengan metode navigasi garis tradisional, pendekatan ini memungkinkan robot mengetahui posisi spesifiknya (misalnya, "Gudang A" atau "Area 1") dengan membaca penanda teks di lingkungan[6].

Studi ini memanfaatkan Raspberry Pi 4 Model B sebagai otak utama pemrosesan, menunjukkan pergeseran tren ke arah edge computing yang kuat. Algoritma di program menggunakan Python dan pustaka OpenCV untuk mendeteksi dan menerjemahkan teks dari citra kamera menjadi data lokasi yang dapat ditindaklanjuti. AGV kemudian menggunakan informasi ini untuk menavigasi dari satu titik ke titik lain. Penelitian ini menegaskan bahwa perangkat komputer papan tunggal yang terjangkau kini memiliki daya komputasi yang cukup untuk menjalankan algoritma pengenalan pola yang kompleks secara mandiri pada *platform* robot bergerak.

Kedua jurnal di atas menunjukkan adanya konvergensi teknologi yang kuat dalam riset AGV nasional, di mana fokus telah bergeser dari sekadar mekanika pergerakan menjadi kecerdasan persepsi. Penelitian Munadi dkk. (2024) memberikan solusi robust untuk stabilitas kendali gerak di bawah gangguan lingkungan (cahaya), sementara penelitian Setiawan dkk. (2023) menawarkan inovasi dalam navigasi semantik menggunakan pengenalan pola. Secara kolektif, kedua studi ini menyimpulkan bahwa integrasi sensor visual (kamera) dengan algoritma cerdas (Fuzzy Logic dan Pattern Recognition) adalah kunci untuk menciptakan AGV yang lebih otonom dan adaptif untuk industri masa depan.

c. Penerapan YOLOv5 sebagai Sistem Keselamatan pada Robot Bergerak (2025)

Penelitian terkait penerapan YOLOv5 pada robot bergerak telah dilakukan oleh Abood et al. dengan fokus pada peningkatan kemampuan collision avoidance di lingkungan yang tidak terstruktur. Pada penelitian tersebut, YOLOv5 digunakan sebagai sistem deteksi objek berbasis visi komputer yang memungkinkan robot mengenali rintangan di sekitarnya secara *real-time* dan mengambil tindakan untuk menghindari tabrakan[7].

Hasil penelitian menunjukkan bahwa YOLOv5 mampu bekerja secara efektif sebagai lapisan keselamatan tambahan pada robot bergerak, khususnya karena kecepatan inferensinya yang tinggi dan arsitekturnya yang relatif ringan. Dengan kemampuan tersebut, robot dapat mendeteksi objek secara cepat dan menyesuaikan pergerakannya sebelum terjadi benturan.

Jika dibandingkan dengan penelitian ini, terdapat kesamaan pendekatan dalam pemanfaatan YOLOv5 sebagai sistem keselamatan berbasis visi komputer. Perbedaannya terletak pada konteks penerapan, di mana penelitian Abood et al. difokuskan pada robot mobile secara umum, sedangkan penelitian ini mengimplementasikan YOLOv5 pada *Automated Guided Vehicle* (AGV) berbasis G-code dengan platform Raspberry Pi[7]. Dengan demikian, penelitian ini mengadaptasi dan menerapkan pendekatan YOLOv5 yang telah terbukti efektif pada robot bergerak ke dalam konteks AGV industri sebagai sistem pendukung keselamatan navigasi.

Tabel 2.1 Tinjauan Studi

Ref	Peneliti	Judul	Hasil	Kelemahan
[5]	Munadi, B. Radityo, M. Ariyanto	<i>Automated Guided Vehicle</i> (AGV) lane-keeping assist based on	Sistem kendali Fuzzy Vision mampu menjaga AGV tetap di jalur pada intensitas cahaya 110-150	Masih terjadi deviasi posisi (drift) pada kondisi pencahayaan ekstrem di luar rentang optimal,

		computer vision, and fuzzy logic control under varying light intensity	lux dengan respons yang stabil.	memerlukan kalibrasi ulang.
[6]	F. B. Setiawan, I. Muntaha, L. H. Pratomo, S. Riyadi	Pattern Recognition on <i>Automated Guided Vehicles</i> Two Wheel Drive (AGV 2WD) Robot for Location Detection Based on Raspberry Pi 4 Model B	Implementasi OCR pada Raspberry Pi 4 berhasil memungkinkan AGV mendeteksi lokasi berbasis penanda teks dan melakukan navigasi waypoint.	Kinerja deteksi sangat bergantung pada kualitas citra input; proses pengenalan pola rentan gagal jika teks terhalang atau pencahayaan buruk.
[7]	Saleel H. Abood, Hussein. M. H. Al-Khafaji, Mohanned M. H. Al-Khafaji.	<i>Enhancing Collision Avoidance in Mobile Robots Using YOLOv5: A Lightweight Approach for Unstructured Environments</i>	YOLOv5 efektif digunakan sebagai sistem deteksi rintangan dan penghindaran tabrakan pada robot bergerak.	Belum diterapkan secara spesifik pada AGV berbasis G-code.

2.2 Tinjauan Pustaka

2.2.1 *Automated Guided Vehicle*

Automated Guided Vehicle (AGV) didefinisikan sebagai robot pengangkut barang yang sistem navigasi dan pergerakannya dikendalikan secara otomatis, baik menggunakan jalur fisik maupun visi komputer[3]. Dalam konteks industri modern, AGV dirancang untuk memenuhi standar kualitas operasional yang mencakup fungsi dan keandalan guna mendukung proses material *handling* yang efisien. Penelitian ini mengembangkan AGV dengan sistem penggerak empat roda jenis *mecanum wheels* yang memungkinkannya bergerak ke segala arah, termasuk gerak geser kanan/kiri dan putar di tempat. Selain fleksibilitas gerak, stabilitas manuver juga menjadi fokus utama, penerapan metode kendali seperti PID (*Proportional-Integral-Derivative*) terbukti mampu meminimalisir osilasi saat robot bergerak mengikuti jalur, memastikan perpindahan dari satu titik ke titik lain berjalan dengan presisi tinggi di lingkungan pergudangan[8].



Gambar 2. 1 *Automated Guided Vehicle*

Sumber : Garuda QHSE Institution [19].

2.2.2 *Artificial Intelligence (AI)*

Artificial Intelligence (AI) atau Kecerdasan Buatan merupakan sistem komputer yang dirancang untuk meniru kemampuan dasar manusia, seperti belajar dari data, mengambil keputusan, dan menyesuaikan diri terhadap kondisi tertentu [9]. Dalam bidang industri dan otomasi, AI digunakan untuk meningkatkan kemampuan sistem agar tidak hanya menjalankan perintah tetap, tetapi juga mampu merespons perubahan lingkungan secara *real-time* [1].

Pada sistem *Automated Guided Vehicle (AGV)*, penggunaan AI menjadi penting karena AGV konvensional umumnya hanya bergerak berdasarkan lintasan atau perintah yang telah diprogram sebelumnya. Sistem seperti ini memiliki keterbatasan dalam mengenali keberadaan manusia maupun rintangan di sekitarnya, sehingga berpotensi menimbulkan tabrakan dan menurunkan tingkat keselamatan operasional [1], [10].

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan computer vision berbasis AI pada AGV mampu meningkatkan keselamatan navigasi dengan memungkinkan robot mengenali objek di lingkungan sekitarnya melalui kamera [3], [5]. Dengan kemampuan tersebut, AGV dapat mengambil keputusan secara mandiri, seperti menghentikan pergerakan ketika rintangan terdeteksi di jalur lintasan.

Oleh karena itu, pada penelitian ini AI digunakan sebagai sistem pendukung keselamatan (*safety layer*) yang melengkapi sistem kendali utama berbasis G-code. AI tidak menggantikan sistem navigasi utama AGV, melainkan berperan untuk memberikan kemampuan persepsi visual agar AGV dapat beroperasi dengan lebih aman dan adaptif terhadap kondisi lingkungan.

Penerapan AI dalam penelitian ini difokuskan pada kemampuan persepsi visual AGV melalui pemrosesan citra kamera. Pendekatan serupa telah digunakan pada berbagai penelitian AGV dan robot bergerak, yang menunjukkan bahwa integrasi AI berbasis visi komputer efektif dalam mengurangi risiko kecelakaan dan meningkatkan keandalan sistem otomatis [11], [7].

Agar sistem AI tersebut dapat berjalan pada AGV, diperlukan integrasi antara perangkat lunak dan perangkat keras yang mampu memproses data citra secara *real-time* pada platform *embedded*.

a. Python

Python merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang banyak digunakan dalam bidang kecerdasan buatan dan robotika karena sintaksnya yang sederhana serta dukungan pustaka (library) yang lengkap [12]. Python memudahkan proses pengembangan algoritma tanpa memerlukan struktur kode yang kompleks.

Dalam penelitian ini, Python digunakan sebagai pusat pengendali sistem pada Raspberry Pi. Python bertugas memproses citra dari kamera, menjalankan algoritma deteksi objek, serta menghasilkan keputusan logika berupa perintah berhenti atau melanjutkan pergerakan AGV. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa Python efektif digunakan untuk mengintegrasikan sistem visi komputer dengan kendali motor pada *Single Board Computer*, sehingga robot dapat merespons kondisi lingkungan secara *real-time* [11].

b. YOLOv5 (*You Only Look Once* versi 5)

YOLOv5 merupakan algoritma deteksi objek berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) yang dirancang untuk menghasilkan keseimbangan antara kecepatan dan akurasi. Algoritma ini termasuk dalam kategori *one-stage detector*, di mana proses deteksi objek dilakukan dalam satu kali inferensi, sehingga waktu pemrosesan menjadi lebih cepat dibandingkan metode dua tahap [4].

YOLOv5 bekerja dengan membagi citra menjadi beberapa bagian (*grid*) dan secara langsung memprediksi posisi objek (*bounding box*) serta kelas objek yang terdeteksi. Arsitektur YOLOv5 terdiri dari tiga komponen utama, yaitu *Backbone* sebagai pengekstraksi fitur, *Neck* sebagai penggabung fitur, dan *Head* sebagai bagian prediksi. Struktur ini menjadikan YOLOv5 sesuai untuk aplikasi *real-time* pada sistem robot bergerak dan kendaraan otonom [4], [7].

Keunggulan YOLOv5 dalam penelitian ini adalah kecepatan inferensinya yang tinggi, ukuran model yang relatif ringan, dan

kemampuannya dijalankan pada perangkat *embedded* seperti Raspberry Pi,. Namun, YOLOv5 juga memiliki keterbatasan, terutama pada kondisi pencahayaan yang kurang baik, objek kecil, dan kualitas *dataset* yang tidak beragam. Karena itu, performa model sangat dipengaruhi oleh proses pelatihan, pelabelan, dan variasi data yang digunakan.

Pada penelitian-penelitian terdahulu, YOLOv5 telah banyak digunakan untuk sistem deteksi objek pada berbagai aplikasi, seperti sistem bantuan pengemudi (*Advanced Driver Assistance System*), robot mobile, dan sistem penghindaran tabrakan. Nasution dan Dirgantara menunjukkan bahwa YOLOv5 mampu mendeteksi pejalan kaki secara *real-time* dengan tingkat akurasi yang baik [4]. Sementara itu, Abood et al. membuktikan bahwa YOLOv5 efektif digunakan sebagai sistem penghindaran tabrakan pada robot mobile di lingkungan tidak terstruktur [7].

Jika dibandingkan dengan metode *two-stage detector* seperti Faster R-CNN, YOLOv5 lebih unggul dari sisi kecepatan inferensi sehingga lebih cocok untuk aplikasi *real-time* pada robot bergerak. Metode *two-stage* umumnya memberikan akurasi yang tinggi, tetapi cenderung lebih berat untuk perangkat *embedded* dan kurang efisien untuk sistem yang membutuhkan respons cepat,. Dengan demikian, YOLOv5 dipilih karena lebih sesuai dengan kebutuhan AGV berbasis Raspberry Pi yang harus melakukan deteksi dan keputusan berhenti dalam waktu singkat.

Dibandingkan metode deteksi lain yang membutuhkan komputasi lebih tinggi, YOLOv5 menawarkan keunggulan pada kecepatan inferensi dan fleksibilitas ukuran model, sehingga lebih sesuai untuk diimplementasikan pada perangkat *embedded* seperti Raspberry Pi. Pada penelitian ini, YOLOv5 digunakan untuk mendeteksi objek yang berpotensi menghalangi jalur AGV. Untuk meningkatkan performa deteksi, dilakukan optimasi *hyperparameter* menggunakan *optimizer* Adam, sebagaimana ditunjukkan pada penelitian Irawan dan Andono yang membuktikan bahwa optimasi tersebut mampu meningkatkan presisi deteksi objek kendaraan.

Dalam konteks AGV, penggunaan YOLOv5 juga telah diterapkan pada sistem navigasi dan pengawasan lingkungan berbasis visi komputer [11]. Dibandingkan dengan metode deteksi lain yang membutuhkan komputasi lebih tinggi, YOLOv5 menawarkan keunggulan pada kecepatan inferensi dan fleksibilitas ukuran model, sehingga lebih sesuai untuk diimplementasikan pada perangkat *embedded* seperti Raspberry Pi.

Pada penelitian ini, YOLOv5 digunakan untuk mendeteksi objek yang berpotensi menghalangi jalur AGV. Untuk meningkatkan performa deteksi, dilakukan optimasi *hyperparameter* menggunakan *optimizer* Adam, sebagaimana ditunjukkan pada penelitian Irawan dan Andono yang membuktikan bahwa optimasi tersebut mampu meningkatkan presisi deteksi objek kendaraan [13]. Dengan demikian, pemilihan YOLOv5 pada penelitian ini didasarkan pada hasil penelitian terdahulu yang menunjukkan keandalannya dalam aplikasi deteksi objek *real-time* serta kesesuaiannya dengan keterbatasan perangkat keras AGV.

2.2.3 *Hardware Devices*

Perangkat keras (*hardware devices*) merupakan komponen fisik yang membentuk arsitektur sistem robot, berfungsi sebagai eksekutor perintah, pengumpul data lingkungan, dan pusat pemrosesan logika. Sinergi antara sensor visual, unit komputasi utama, dan modul komunikasi sangat krusial untuk menjamin kinerja robot yang responsif dan otonom.

a. Kamera

Kamera berfungsi sebagai alat persepsi visual utama yang memungkinkan robot mendeteksi keberadaan objek atau rintangan di area lintasan secara *real-time*[14]. Menurut Gonzalez & Woods (2018), kualitas citra yang dihasilkan kamera sangat menentukan kinerja sistem, terutama pada proses segmentasi, ekstraksi fitur, dan klasifikasi berbasis machine learning[15]. Parameter kamera seperti resolusi, ukuran sensor, fokus optik, aperture, panjang fokus (*focal length*), dan sensitivitas cahaya berpengaruh langsung terhadap tingkat ketajaman detail, area tangkap (*field of view*), serta

tingkat noise pada citra yang diperoleh. Oleh karena itu, pemilihan jenis kamera dan konfigurasi optiknya harus disesuaikan dengan jarak pengambilan gambar, ukuran objek, kondisi pencahayaan, serta karakteristik lingkungan inspeksi industri agar proses deteksi rintangan menjadi akurat.

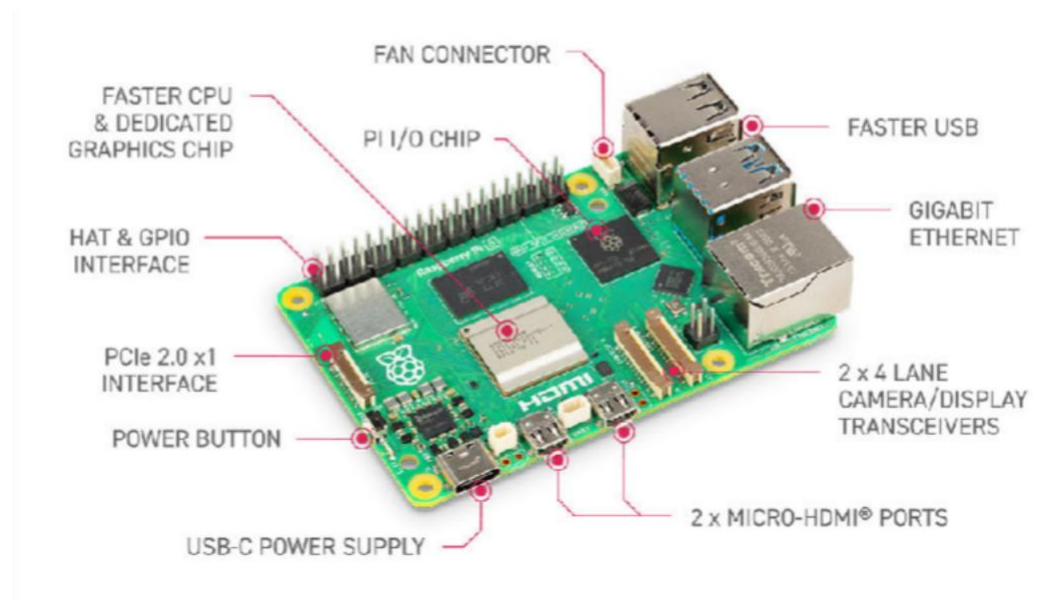
Dalam penelitian ini, kamera diintegrasikan dengan Raspberry Pi 5 untuk memantau area kerja. Sistem dirancang dengan logika deteksi objek: jika sensor visual menangkap adanya objek di jalur lintasan, maka AGV akan berhenti otomatis untuk menghindari tabrakan. Sebaliknya, jika tidak terdeteksi objek, AGV akan tetap berjalan melanjutkan operasionalnya.



Gambar 2. 2 Kamera

b. Rapsberry Pi

Raspberry Pi adalah komputer papan tunggal (*Single Board Computer - SBC*) yang berfungsi sebagai unit pemrosesan pusat dalam sistem tertanam, mampu menangani komputasi kompleks seperti pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan[16]. Dalam implementasinya, perangkat ini terbukti andal sebagai *platform* post-processing untuk menjalankan algoritma *Machine Learning* (seperti CNN) secara *real-time* dengan kecepatan inferensi rata-rata 143,5 milidetik, sekaligus berfungsi sebagai pengontrol perangkat keras yang mengelola sinyal *input/output* (GPIO) untuk menggerakkan aktuator dan sistem peringatan otomatis di lingkungan industri.



Gambar 2.3 Raspberry Pi

Sumber : Kitronik [20]

Gambar 2.3 menjelaskan tentang arsitektur Raspberry Pi 5 secara terperinci sebagai berikut:

- **Faster CPU & Dedicated Graphics Chip:** Merupakan otak utama sistem yang menggunakan prosesor Broadcom BCM2712 Quad-core Arm Cortex-A76 dengan peningkatan performa signifikan, didukung oleh GPU VideoCore VII untuk pemrosesan grafis yang lebih bertenaga.
- **RP1 I/O Chip:** Chip pengontrol I/O yang dirancang khusus oleh Raspberry Pi untuk menangani sebagian besar kemampuan input/output, guna meningkatkan *Convolutional Neural Network* dan efisiensi komunikasi data.
- **PCIe 2.0 x1 Interface:** Antarmuka jalur tunggal yang memungkinkan koneksi kecepatan tinggi ke perangkat eksternal seperti SSD NVMe (melalui M.2 HAT).
- **40-Pin GPIO Interface:** Antarmuka standar untuk menghubungkan berbagai sensor, aktuator, dan modul tambahan (HAT) untuk keperluan prototipe robotika.
- **2 x 4-Lane Camera/Display Transceivers:** Port MIPI baru yang lebih fleksibel, masing-masing mendukung kamera atau layar secara bersamaan

dengan *Convolutional Neural Network* yang lebih tinggi untuk transmisi video.

- Gigabit *Ethernet*: Port jaringan kabel untuk konektivitas internet atau komunikasi data berkecepatan tinggi yang stabil.
- Faster USB Ports: Terdiri dari 2 port USB 3.0 (biru) untuk transfer data cepat dan 2 port USB 2.0 (hitam) untuk perangkat input umum.
- Dual Micro-HDMI Ports: Mendukung output video hingga resolusi 4K pada 60 FPS ke dua layar secara bersamaan.
- USB-C Power Port & Power Button: Port USB-C digunakan sebagai input daya (5V/5A), dilengkapi dengan tombol power fisik pertama pada lini Raspberry Pi untuk menghidupkan dan mematikan perangkat dengan aman.
- Fan *Connector*: Konektor khusus untuk kipas pendingin aktif (PWM fan) guna menjaga suhu prosesor tetap optimal selama pengerjaan beban komputasi berat.

c. ESP32



Gambar 2.4 ESP32

Sumber : ESPBoards [21].

ESP32 adalah modul pengembangan berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor kamera (seperti OV2640) dan konektivitas Wi-Fi/Bluetooth, menjadikannya solusi *low-cost* yang efisien untuk aplikasi *Internet of Things* (IoT) dan pengawasan visual[17]. Dalam sistem robotika, ESP32 sering

difungsikan sebagai sub-system independen untuk melakukan streaming video secara nirkabel kepada operator tanpa membebani prosesor utama robot. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa modul ini mampu mentransmisikan data visual secara *real-time* menggunakan teknologi WebSocket, memungkinkan pemantauan jarak jauh yang stabil dengan konsumsi daya yang minim, sehingga sangat cocok diterapkan pada robot patroli atau sistem keamanan gudang[17].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Ellithy, M. Salah, I. S. Fahim, and R. Shalaby, “AGV and Industry 4 . 0 in warehouses : a comprehensive analysis of existing literature and an innovative framework for flexible automation,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, pp. 15–38, 2024, doi: 10.1007/s00170-024-14127-0.
- [2] E. Marulitua and F. B. Setiawan, “PENGENDALIAN AGV MENGGUNAKAN RASPBERRY PI DAN MOTOR DC DENGAN SISTEM PENGENALAN LINTASAN MENGGUNAKAN KAMERA DAN SENSOR INFRAMERAH,” *J. Ilm. Tek. ELEKTRO*, vol. 27, no. 2, 2025.
- [3] F. B. Setiawan *et al.*, “Sistem Navigasi Automated Guided Vehicle Berbasis Computer Vision dan Implementasi pada Raspberry Pi,” vol. 17, no. 1, pp. 7–14, 2021, doi: 10.17529/jre.v17i1.18087.
- [4] S. M. Nasution and F. M. Dirgantara, “Pedestrian Detection System using YOLOv5 for Advanced Driver Assistance System (ADAS),” *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 7, no. 3, 2023.
- [5] M. Munadi, B. Radityo, M. Ariyanto, and Y. Taniai, “Results in Engineering Automated guided vehicle (AGV) lane-keeping assist based on computer vision , and fuzzy logic control under varying light intensity,” *Results Eng.*, vol. 21, no. December 2023, p. 101678, 2024, doi: 10.1016/j.rineng.2023.101678.
- [6] F. B. Setiawan, I. Muntaha, L. H. Pratomo, and S. Riyadi, “Pattern Recognition on Automated Guided Vehicles Two Wheel Drive (AGV 2WD) Robot for Location Detection Based on Raspberry Pi 4 Model B,” vol. 7, no. 1, pp. 338–347, 2023.
- [7] S. H. Abood, M. M. H. Al-khafaji, and C. Author, “Enhancing Collision Avoidance in Mobile Robots Using YOLOv5 : A Lightweight Approach for Unstructured Environments,” vol. 6, no. 2, pp. 769–778, 2025, doi: 10.18196/jrc.v6i2.25856.
- [8] F. Dengan, M. Kendali, and P. Integral, “Prototipe Robot Automatic Guided

- Vehicle (AGV) Line Follower Dengan Metode Kendali Proportional Integral Derivative (PID),” vol. 07, no. 02, pp. 80–87, 2023, doi: 10.22441/jitkom.v7i2.001.
- [9] M. S. Y. Lubis, “IMPLEMENTASI ARTIFICIAL INTELLIGENCE PADA,” pp. 1–7.
 - [10] I. Kubasakova, J. Kubanova, D. Benco, and D. Kadlecov, “Implementation of Automated Guided Vehicles for the Automation of Selected Processes and Elimination of Collisions between Handling Equipment and Humans in the Warehouse,” 2024.
 - [11] S. Muslimin *et al.*, “A Robot Model for Detecting Smoking Violations Using YOLOv5 and PID-Based Navigation Control,” vol. 8, no. 2, pp. 508–518, 2025.
 - [12] K. Drone, S. Kasus, D. J. I. Tello, and E. Sofyan, “PEMANFAATAN LARGE LANGUAGE MODELS CHATGPT-4 UNTUK,” vol. 10, no. 1, pp. 1–12, 2024.
 - [13] B. Irawan and P. N. Andono, “Optimization of YOLOv5 Hyperparameter Using Adam Optimizer in Vehicle Object Detection,” vol. 9, no. 1, pp. 40–50, 2024.
 - [14] E. Marulitua and B. Setiawan, “KAMERA DAN SENSOR INFRAMERAH,” no. April, pp. 70–76, 2025, doi: 10.14710/transmisi.27.2.70-76.
 - [15] R. C. Gonzale and Richard E. Wood, *Digital Image Processing*. 2018.
 - [16] E. A. Nugroho, J. D. Setiawan, M. Diki, and I. Engineering, “Enhancing textile quality control with the application of teachable machine and Raspberry Pi as machine learning-based image processing,” vol. 22, no. 5, pp. 514–520, 2024.
 - [17] A. Syah and D. P. Caniago, “Rancang Bangun Robot Mobile Pengawasan Berbasis IoT (Internet Of Things) Menggunakan Kamera ESP-32,” vol. 1, no. 2, 2023.
 - [18] A. Nugroho and R. Arif, “IMPLEMENTASI OBJECT RECOGNITION PADA RAMBU-RAMBU DAN LAMPU LALU LINTAS DENGAN

RASPBERRY PI DENGAN ALGORITMA,” vol. 26, no. 2, pp. 549–556, 2022, doi: 10.46984/sebatik.v26i2.2047.

- [19] Garuda QHSE Institution, “Automated Guided Vehicle,” 2023. [Online]. Available: <https://www.garudasystain.co.id/automated-guided-vehicle/>. [Accessed: Jan. 14, 2026].
- [20] Kitronik, “The new Raspberry Pi 5 launches today,” 2023. [Online]. Available: <https://kitronik.co.uk/blogs/resources/raspberry-pi-5-launch-today>. [Accessed: Jan. 14, 2026].
- [21] ESPBoards, “AI Thinker ESP32-CAM Pinout, Datasheet & Specs,” n.d. [Online]. Available: <https://www.espboards.dev/esp32/esp32cam/>. [Accessed: Jan. 14, 2026].

LAMPIRAN

Lampiran 1 Program Python

[Link akses program python](#)

Lampiran 2 Proses Pengerjaan Tugas Akhir



Lampiran 3 Riwayat Hidup

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Aullya Alma Nayakayama Nusi lahir di Purwakarta pada tanggal 10 September 2003. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara, putri dari pasangan Lely Nusi dan Alm. Enung Purbaningsih. Sejak kecil, penulis tumbuh dan dibesarkan di Purwakarta dalam lingkungan keluarga yang menjunjung tinggi nilai pendidikan, kedisiplinan, dan kerja keras. Pendidikan formal penulis diawali di SDN 1 Nagri

Kaler, di mana penulis menyelesaikan pendidikan dasar dengan baik. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan ke SMPN 7 Purwakarta dan lulus pada tahun 2019. Pada jenjang pendidikan menengah atas, penulis menempuh pendidikan di SMAN 3 Purwakarta dan berhasil menyelesaikannya pada tahun 2022. Dengan penuh usaha dalam mempertahankan keinginan dan cita-cita yang luhur penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Politeknik Enjinering Indorama pada Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika. Selama menjalani perkuliahan, penulis mempelajari berbagai bidang keilmuan yang mencakup sistem kontrol, robotika, pemrograman, elektronika, serta integrasi sistem mekanik dan perangkat lunak. Fokus keilmuan tersebut membentuk dasar kompetensi penulis dalam pengembangan sistem berbasis kecerdasan buatan dan otomasi industri. Sebagai bagian dari penyelesaian studi, pada tahun 2025-2026 penulis menyusun dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Penerapan AI menggunakan Sensor Kamera pada AGV yang Diprogram.” Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem keselamatan berbasis visi komputer untuk mendeteksi objek penghalang dan menghentikan pergerakan AGV secara otomatis, sebagai kontribusi terhadap pengembangan sistem otomasi yang lebih aman dan adaptif di lingkungan industri.

Lampiran 4 Formulir Bimbingan Tugas Akhir

**POLITEKNIK ENJINERING INDORAMA****F6**

SK.Mendikbud RI nomor.273/E/O/2013

Kembangkuning, Jatiluhur

Purwakarta 41152 - Jawa Barat

•Telp: +62-264-8301041-43

•Faks: +62-264-262218

Website: www.pei.ac.id

e-mail: info@pei.ac.id

LEMBAR KONTROL AKTIVITAS DAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Auliya Alma Nakayama Nui
 NIM : 202206003
 Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika
 Judul Tugas Akhir : Penerapan AI Menggunakan Sensor Kamera pada AGV Yang Di Program
 Dosen pembimbing 1 : Dr. Ir. Afzeri, M.Eng
 Dosen Pembimbing 2 : Dr. Emmanuel Agnes Nugroho, S.T., M.T

NO	Hari / tanggal	Materi Konsultasi	Paraf Pembimbing
1.	20 April 2025 Minggu	Pembahasan konsep design awal TA	<i>[Signature]</i>
2.	25 Juli 2025 Jumat	Pengenalan rancangan alat.	<i>[Signature]</i>
3.	25 Agustus 2025 Senin	Review Materi seminar hasil.	<i>[Signature]</i>
4.	3 September 2025 Rabu	Penetapan judul laporan tugas akhir.	<i>[Signature]</i>
5.	09 Januari 2026 Jumat	Melakukan reviu pada batasan masalah dan tujuan penelitian.	<i>[Signature]</i>
6.	13 Januari 2026 Selasa	Menambahkan flowchart sistem kamera dan AI AGV.	<i>[Signature]</i>
7.	23 Januari 2026 Jumat	Mengenai tabel dan grafik ditampilkan pada proses dan hasil perancangan.	<i>[Signature]</i>
8.	26 Januari 2026 Senin	Menambahkan jurnal internasional tahun 2021-2025.	<i>[Signature]</i>
9.	29 Januari 2026 Kamis	Menambahkan judul jurnal tugas akhir.	<i>[Signature]</i>
10.	30 Januari 2026 Jumat	Penyelesaian Akhir Laporan TA.	<i>[Signature]</i>