

**PEMBUATAN SISTEM KENDALI *AUTOMATED GUIDED*
VEHICLE (AGV) UNTUK *MATERIAL HANDLING* DI
BENGKEL TEKNIK MANUFAKTUR**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Jerri Jaenuri Miftah

223411906



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MANUFAKTUR
POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANDUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Pembuatan Sistem Kendali *Automated Guided Vehicle* (AGV)
untuk *Material Handling* di Bengkel Teknik Manufaktur**

Oleh:

Jerri Jaenuri Miflah

223411906

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 28 Juli 2025


Disetujui,

Pembimbing I,



M. Ali Suparman, Masch.Ing.HTL, MT.
NIP. 196011011989031001

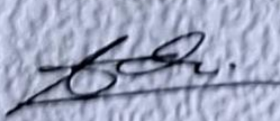
Pembimbing II,



Dede Buchori M., Masch.Ing.HTL, MT.
NIP. 196405241994031002

Disahkan,

Penguji I,



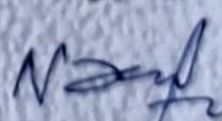
Andri Pratama, SST, M.Sc.
NIP. 198509252018031001

Penguji II,



Dr. Heri Setiawan, ST., MT.
NIP. 196707011992031001

Penguji III,



Nandang Rusmana, ST., MT.
NIP. 197206181998031003

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Jerri Jaenuri Miftah
NIM : 223411906
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pembuatan Sistem Kendali *Automated Guided Vehicle (AGV)* untuk *Material Handling* di Bengkel Teknik Manufaktur

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 28-07-2025
Yang Menyatakan,

(Jerri Jaenuri Miftah)
NIM 223411906

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Jerri Jaenuri Miftah
NIM : 223411906
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pembuatan Sistem Kendali *Automated Guided Vehicle* (AGV) untuk *Material Handling* di Bengkel Teknik Manufaktur

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 28-07-2025
Yang Menyatakan,

(Jerri Jaenuri Miftah)
NIM 223411906

MOTO PRIBADI

Berangkat dengan penuh keyakinan. Berjalan dengan penuh keikhlasan dan Istiqomah dalam menghadapi cobaan. Hanya kepada Allah saya mengabdikan, memohon ampunan dan pertolongannya.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, kakak dan adik saya, teman-teman saya dan semua pihak yang telah membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini. Jazakallahu Khairan

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Pembuatan Sistem Kendali Automated Guided Vehicle (AGV) untuk Material Handling di Bengkel Teknik Manufaktur”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah U., S.ST., MT.
2. Ketua Jurusan Teknik Manufaktur, Bapak Dr. Herman Budi Harja, ST., MT.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Bapak Dr. Heri Setiawan, ST., MT.
4. Para Pembimbing tugas akhir Bapak M. Ali Suparman, Masch.Ing.HTL, MT, dan Bapak Dede Buchori Muslim, Masch.Ing.HTL, MT.
5. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Andri Pratama, SST., M.Sc., Bapak Dr. Heri Setiawan, ST., MT. dan Bapak Nandang Rusmana, ST., MT.

6. Panitia tugas akhir Bapak Ilham Ali Arridho, S.Tr.T., MT., Bapak Ahmad Yani, S.ST, dan Mas Husein Haekal, S.Tr.T.
7. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Bapak Dudi Miftahudin dan Ibu Warsinih yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Untuk kakak dan adik saya yang telah mendukung saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Buat sahabat – sahabat saya dan teman-teman kelas 5MEG 2023 yang selalu membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, Juli 2025

Penulis

ABSTRAK

Implementasi teknologi, khususnya otomasi dan robotika, merupakan pilar penting dalam era Industri 4.0 yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional. Penelitian menunjukkan bahwa otomasi secara signifikan meningkatkan efisiensi hingga 30,5%, diikuti oleh IoT sebesar 27,6%. Salah satu inovasi utama dalam otomasi adalah penggunaan *Automated Guided Vehicle* (AGV) untuk penanganan material. Politeknik Manufaktur Bandung khususnya di jurusan Teknik Manufaktur, mencoba untuk mengikuti perkembangan teknologi digital ini sehingga dibuatlah AGV untuk bisa digunakan dalam lingkungan bengkel jurusan Teknik Manufaktur. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem kendali AGV, menentukan daya motor yang dibutuhkan, dan menetapkan kapasitas baterai yang diperlukan. Komponen yang digunakan meliputi mikrokontroler Arduino Mega 2560, *shield* WiFi ESP-01 untuk konfigurasi IoT, sensor spesifik (TCRT5000 untuk *line follower*, HC-SR04 untuk jarak, LM393 untuk kecepatan motor), motor DC *gearbox* dengan *driver* BTS7960, serta aplikasi *mobile* Blynk untuk pemantauan dan kendali. Beban maksimum AGV ditetapkan sebesar 50 kilogram, dan *tuning* sistem kendali PID dilakukan secara eksperimental. Sistem kendali AGV berhasil dikembangkan dengan tiga mode operasional: *line follower*, *joystick*, dan *wireless remote*, yang mengintegrasikan sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) melalui aplikasi Blynk. AGV dapat bergerak dengan kecepatan 0,27 m/s. Kapasitas baterai total yang dibutuhkan oleh kedua motor DC adalah 76 watt. Dengan menggunakan dua buah baterai 12VDC 9Ah yang dirangkai secara seri untuk menghasilkan 24VDC, AGV dapat beroperasi selama 2,18 jam.

Kata kunci : Revolusi Industri 4.0, IoT, *Automated Guided Vehicle*, *Material Handling*, Arduino, *Path Planning*, PID

ABSTRACT

The implementation of technology, especially automation and robotics, is an important pillar in the Industry 4.0 era which aims to improve operational efficiency and effectiveness. Research shows that automation significantly increases efficiency by up to 30.5%, followed by IoT by 27.6%. One of the main innovations in automation is the use of Automated Guided Vehicles (AGVs) for material handling. Manufacture Polytechnic of Bandung, especially in the Manufacture Engineering department, tries to keep up with the development of this digital technology so that an AGV was created for use in the Manufacturing Engineering department's workshop environment. This research aims to create an AGV control system, determine the required motor power, and determine the required battery capacity. The components used include an Arduino Mega 2560 microcontroller, an ESP-01 WiFi shield for IoT configuration, specific sensors (TCRT5000 for line follower, HC-SR04 for distance, LM393 for motor speed), a DC gearbox motor with a BTS7960 driver, and a Blynk mobile application for monitoring and control. The maximum load of the AGV was set at 50 kilograms, and the PID control system was tuned experimentally. The AGV control system was successfully developed with three operational modes: line follower, joystick, and wireless remote, which integrated an Internet of Things (IoT)-based monitoring system through the Blynk application. The AGV can move at a speed of 0.27 m/s. The total battery capacity required by the two DC motors is 76 watts. By using two 12VDC 9Ah batteries connected in series to produce 24VDC, the AGV can operate for 2.18 hours.

Keywords: Industry 4.0, IoT, Automated Guided Vehicle, Material Handling, Arduino, Path Planning, PID

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-2
I.3 Batasan Masalah.....	I-2
I.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	I-3
I.5 Sistematika Penulisan.....	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori	II-1
II.1.1 <i>Material Handling</i>	II-1
II.1.2 <i>Automated Guided Vehicle (AGV)</i>	II-2
II.1.3 <i>Internet of Things (IoT)</i>	II-3
II.1.4 Proportional Integral Derivative (PID)	II-3
II.1.5 <i>Pulse With Modulation (PWM)</i>	II-4
II.1.6 Metode <i>Waterfall</i>	II-5
II.2 Tinjauan Alat	II-6
II.2.1 Motor DC	II-6
II.2.1.1 Perhitungan Daya dan Torsi Motor	II-6
II.2.2 Baterai	II-8
II.2.1.2 Perhitungan Kapasitas Baterai	II-9
II.2.3 Teknologi Sensor	II-10
II.2.4 Mikrokontroler	II-10

II.2.5	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	II-11
II.2.6	<i>Keypad</i>	II-12
II.2.7	Relay	II-12
II.2.8	Lampu LED (<i>Light Emitting Diode</i>)	II-13
II.2.9	Joystick.....	II-13
II.2.10	Step-Down DC-DC	II-14
II.2.11	Voltmeter dan Amperemeter Digital	II-15
II.3	Studi Penelitian Terdahulu	II-15
BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH		III-1
III.1	Diagram Alir Penyelesaian Masalah	III-1
III.2	Gambaran Umum Sistem.....	III-4
III.3	Tuntutan Pembuatan Sistem	III-5
III.4	Metode Pembuatan Sistem	III-7
III.3.1	Analisis.....	III-7
III.3.1.1	Analisis Permasalahan	III-8
III.3.1.2	Analisis Kebutuhan Pembuatan Sistem	III-8
III.3.1.2.1	Perangkat Keras.....	III-9
III.3.1.2.2	Perangkat Lunak.....	III-20
III.3.2	Rancangan	III-21
III.3.2.1	Rancangan Sistem.....	III-21
III.3.2.1.1	Rancangan Sistem <i>Automated Guided Vehicle</i> (AGV) dengan Mode <i>Line Follower</i>	III-22
III.3.2.1.2	Rancangan Sistem <i>Automated Guided Vehicle</i> (AGV) dengan Mode <i>Joystick</i>	III-30
III.3.2.1.3	Rancangan Sistem <i>Automated Guided Vehicle</i> (AGV) dengan Mode <i>Wireless Remote</i>	III-34
III.3.2.1.4	Rancangan Sistem Sensor Kecepatan.....	III-37
III.3.2.2	Rancangan Perangkat Keras	III-38
III.3.2.2.1	Rancangan Panel Kendali dan LED Indikator	III-39
III.3.2.3	Rancangan Antarmuka.....	III-40
III.3.2.4.1	Rancangan Antarmuka LCD	III-40
III.3.2.4.2	Rancangan Antarmuka Blynk IoT	III-44
III.3.3	Implementasi	III-46
III.3.4	Pengujian.....	III-46
III.3.5	Pemeliharaan	III-47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		IV-1

IV.1	Implementasi Sistem.....	IV-1
IV.1.1	Implementasi Komponen pada <i>Automatic Guided Vehicle</i> (AGV).....	IV-1
IV.1.2	Implementasi Motor	IV-2
IV.1.3	Implementasi Sistem Elektrik	IV-3
IV.1.4	Implementasi Sistem Informatik	IV-5
IV.1.5	Implementasi Sistem Antarmuka	IV-7
IV.1.5.1	Antarmuka LCD	IV-7
IV.1.5.2	Antarmuka Blynk IoT	IV-7
IV.1.6	Hasil Implementasi Rancangan Sistem Keseluruhan.....	IV-8
IV.2	Pengujian dan Analisa Sistem	IV-11
IV.2.1	Pengujian Tombol Sistem Elektrikal	IV-11
IV.2.2	Pengujian <i>Selector Switch</i> untuk Pemilihan Mode Kendali.....	IV-14
IV.2.3	Pengujian Masukan Nilai Kendali Menggunakan Keypad	IV-15
IV.2.4	Pengujian Penerimaan Data dan Sistem Pemantauan pada LCD I2C	IV-17
IV.2.5	Pengujian Sistem Pemantauan dengan Aplikasi Blynk IoT.....	IV-19
IV.2.6	Pengujian Sistem Kendali AGV Menggunakan <i>Wireless Remote</i>	IV-21
IV.2.7	Pengujian Sistem Kendali AGV Menggunakan <i>Joystick</i>	IV-22
IV.2.8	Pengujian Deteksi Jalur Berdasarkan Garis Warna Hitam dengan Sensor <i>Line Tracker</i> TCRT5000.....	IV-22
IV.2.9	Pengujian Jarak Objek Penghalang pada AGV dengan Sensor Ultrasonic HC-SR04	IV-25
IV.2.10	Pengujian <i>Path-Planning</i>	IV-33
IV.2.11	Pengujian Grafik Nilai <i>Proportional Integral Derivative</i> (PID).....	IV-34
IV.2.12	Pengujian Lampu LED Indikator	IV-37
IV.2.13	Pengujian Keluaran Arus Motor DC <i>Gearbox</i> Tanpa dan Dengan Beban	IV-37
IV.2.14	Pengujian Kecepatan Gerak AGV Tanpa dan Dengan Beban.....	IV-39
IV.2.15	Pengujian Torsi Motor DC <i>Gearbox</i> Tanpa dan Dengan Beban.....	IV-43
IV.2.16	Kapasitas Waktu Konsumsi Daya Baterai VRLA.....	IV-45
BAB V PENUTUP.....		V-1
V.1	Kesimpulan.....	V-1
V.2	Saran.....	V-1
DAFTAR PUSTAKA		xviii

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Koefisien gesek statis material	II-7
Tabel II. 2 Penelitian terdahulu	II-15
Tabel III. 1 Penjelasan Diagram Alir Penyelesaian Masalah.....	III-2
Tabel III. 2 Tuntutan pembuatan sistem	III-5
Tabel III. 3 Spesifikasi motor DC	III-11
Tabel III. 4 Spesifikasi baterai VRLA	III-12
Tabel III. 5 Spesifikasi driver motor BTS7960.....	III-13
Tabel III. 6 Spesifikasi baterai Lithium-ion 18650.....	III-14
Tabel III. 7 Spesifikasi arduino mega 2560	III-14
Tabel III. 8 Spesifikasi ESP-01	III-15
Tabel III. 9 Spesifikasi sensor ultrasonik HC-SR04	III-15
Tabel III. 10 Spesifikasi sensor kecepatan optointerrupter LM393	III-16
Tabel III. 11 Spesifikasi sensor line tracker TCTR5000.....	III-17
Tabel III. 12 Spesifikasi LED I2C 20x4	III-17
Tabel III. 13 Spesifikasi keypad 4x4.....	III-18
Tabel III. 14 Spesifikasi modul joystick	III-18
Tabel III. 15 Spesifikasi relay 5V 1 Channel.....	III-19
Tabel III. 16 Spesifikasi lampu pilot 22mm.....	III-19
Tabel III. 17 Spesifikasi step-down DC-DC	III-19
Tabel III. 18 Spesifikasi voltmeter dan amperemeter digital	III-20
Tabel III. 19 Pemosisian sensor line tracker TCRT5000.....	III-27
Tabel III. 20 Pembacaan sensor dengan garis di posisi 6	III-27
Tabel III. 21 Alamat virtual pin tombol kendali	III-45
Tabel III. 22 Alamat virtual pin sistem pemantauan.....	III-46
Tabel IV. 1 Ketercapaian tuntutan sistem	IV-9
Tabel IV. 2 Hasil Pengujian tombol sistem elektrikl	IV-12
Tabel IV. 3 Hasil Pengujian selector switch	IV-14
Tabel IV. 4 Hasil Pengujian masukan keypad	IV-15
Tabel IV. 5 Hasil Pengujian pemantauan dengan aplikasi Blynk IoT	IV-19
Tabel IV. 6 Hasil Pengujian sistem kendali menggunakan wireless remote ...	IV-21
Tabel IV. 7 Hasil Pengujian sistem kendali menggunakan joystick.....	IV-22
Tabel IV. 8 Jarak Sebaran Sensor Ultrasonik	IV-26
Tabel IV. 9 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik Depan.....	IV-26
Tabel IV. 10 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik Samping Kanan.....	IV-28
Tabel IV. 11 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik Samping Kiri.....	IV-31
Tabel IV. 12 Hasil pengujian path-planning	IV-34
Tabel IV. 13 Pengujian nilai PID secara eksperimental	IV-34
Tabel IV. 14 Legenda grafik	IV-36
Tabel IV. 15 Hasil Pengujian Lampu LED Sebagai Indikator.....	IV-37
Tabel IV. 16 Validasi pengukuran tegangan dan arus	IV-38
Tabel IV. 17 Hasil Pengujian Pengukuran Keluaran Arus	IV-39
Tabel IV. 18 Validasi pengukuran kecepatan putaran motor.....	IV-40
Tabel IV. 19 Hasil pengujian kecepatan manual	IV-41
Tabel IV. 20 Hasil pengujian kecepatan gerak AGV tanpa dan dengan bebanIV-42	
Tabel IV. 21 Hasil Pengujian Torsi Motor DC	IV-44
Tabel IV. 22 Hasil pengujian kapasitas waktu konsumsi daya baterai VRLA IV-45	

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Penggunaan Automated Guided Vehicle (AGV)	II-2
Gambar II. 2 Diagram blok kendali PID	II-3
Gambar II. 3 Grafik PID	II-4
Gambar II. 4 Duty cycle <i>pada</i> Pulse With Modulation (<i>PWM</i>).....	II-5
Gambar II. 5 Motor DC.....	II-6
Gambar II. 6 Diagram Benda Bebas Roda.....	II-6
Gambar II. 7 Baterai.....	II-9
Gambar II. 8 Sensor	II-10
Gambar II. 9 Mikrokontroler.....	II-11
Gambar II. 10 Liquid Crystal Display (LCD).....	II-11
Gambar II. 11 Keypad.....	II-12
Gambar II. 12 Relay	II-13
Gambar II. 13 Lampu LED	II-13
Gambar II. 14 Joystick	II-14
Gambar II. 15 Step-Down DC-DC.....	II-14
Gambar II. 16 Voltmeter dan Amperemeter Digital	II-15
Gambar III. 1 Diagram Alir Penyelesaian Masala	III-1
Gambar III. 2 Gambaran umum sistem.....	III-4
Gambar III. 3 Metode waterfall	III-7
Gambar III. 4 Ilustrasi sudut pengukuran sensor ultrasonik HC-SR04	III-16
Gambar III. 5 Diagram alir algoritma line follower.....	III-23
Gambar III. 6 Diagram alir algoritma path-planning	III-24
Gambar III. 7 Layout bengkel teknik manufaktur lantai satu	III-25
Gambar III. 8 Diagram Alir Algoritma Kendali PID.....	III-26
Gambar III. 9 Diagram alir penggunaan mode line follower.....	III-29
Gambar III. 10 Diagram alir kendali mode joystick	III-31
Gambar III. 11 Diagram alir penggunaan mode joystick.....	III-32
Gambar III. 12 Diagram alir kendali mode wireless remote.....	III-34
Gambar III. 13 Diagram alir penggunaan mode wireless remote	III-35
Gambar III. 14 Diagram alir sistem sensor kecepatan	III-37
Gambar III. 15 Skematik rangkaian	III-39
Gambar III. 16 Rancangan panel kendali dan LED indikator.....	III-39
Gambar III. 17 Tampilan awal pada LCD	III-40
Gambar III. 18 Tampilan awal lanjutan pada LCD.....	III-40
Gambar III. 19 Tampilan pemilihan mode pada LCD	III-40
Gambar III. 20 Tampilan koneksi WiFi pada LCD	III-41
Gambar III. 21 Tampilan terhubung dengan WiFi pada LCD	III-41
Gambar III. 22 Tampilan koneksi dengan Blynk IoT pada LCD	III-41
Gambar III. 23 Tampilan informasi mode line follower pada LCD	III-42
Gambar III. 24 Tampilan informasi mode joystick pada LCD	III-42
Gambar III. 25 Tampilan informasi mode wireless remote pada LCD.....	III-42
Gambar III. 26 Tampilan masukan posisi awal pada LCD	III-43
Gambar III. 27 Tampilan masukan posisi akhir pada LCD	III-43
Gambar III. 28 Tampilan ESP not responding pada LCD	III-43
Gambar III. 29 Tampilan koneksi WiFi terputus pada LCD	III-43
Gambar III. 30 Tampilan selector switch mode diubah pada LCD	III-44

Gambar III. 31 Tampilan kendali pada aplikasi Blynk IoT	III-44
Gambar III. 32 Tampilan pemantauan pada aplikasi Blynk IoT.....	III-45
Gambar IV. 1 Implementasi komponen pada AGV tampak samping	IV-1
Gambar IV. 2 Implementasi komponen pada AGV tampak depan	IV-1
Gambar IV. 3 Implementasi komponen pada AGV tampak belakang.....	IV-2
Gambar IV. 4 Implementasi motor pada bracket tampak depan.....	IV-2
Gambar IV. 5 Implementasi motor pada bracket tampak belakang.....	IV-3
Gambar IV. 6 Implementasi disc encoder pada motor.....	IV-3
Gambar IV. 7 Implementasi sistem elektrikal.....	IV-4
Gambar IV. 8 Implementasi sistem elektrikal papan kendali	IV-4
Gambar IV. 9 Implementasi sistem elektrikal kotak kendali	IV-4
Gambar IV. 10 Program untuk konektivitas antara arduino, esp dan Blynk IoT.	IV-5
Gambar IV. 11 Pendefinisian pin komponen pada arduino	IV-6
Gambar IV. 12 Implementasi antarmuka LCD (a) pesan selamat datang (b) pesan selamat mengoperasikan AGV (c) pesan pemilihan mode AGV.....	IV-7
Gambar IV. 13 Implementasi pemantauan pada aplikasi Blynk IoT.....	IV-8
Gambar IV. 14 Tampilan sistem kendali pada aplikasi Blynk IoT.....	IV-8
Gambar IV. 15 (a) Pengujian tombol push button on daya arduino dan power supply (b) Daya arduino dan power supply menyala.....	IV-12
Gambar IV. 16 (a) Pengujian tombol push button on daya baterai (b) Step-down DC-DC menyala (c) Voltmeter dan amperemeter menyala.....	IV-13
Gambar IV. 17 (a) Tampilan mode error (b) Pengujian tombol reset (c) Tampilan awal operasi.....	IV-13
Gambar IV. 18 Pengujian selector switch mode line follower	IV-14
Gambar IV. 19 Pengujian selector switch mode joystick	IV-15
Gambar IV. 20 Pengujian selector switch mode wireless remote.....	IV-15
Gambar IV. 21 Pengujian masukkan angka dan tanda baca keypad.....	IV-16
Gambar IV. 22 Pengujian masukkan huruf keyboard.....	IV-17
Gambar IV. 23 (a) Input posisi awal (b) input posisi akhir	IV-17
Gambar IV. 24 Tampilan menu informasi mode line follower.....	IV-18
Gambar IV. 25 (a) Tampilan menu informasi mode joystick (b) Status joystick aktif (c) Status joystick nonaktif	IV-19
Gambar IV. 26 Tampilan menu informasi mode wireless remote	IV-19
Gambar IV. 27 Tampilan pemantauan pada aplikasi Blynk IoT	IV-20
Gambar IV. 28 Tampilan kendali pada aplikasi Blynk IoT	IV-21
Gambar IV. 29 Proses penyetelan sensitivitas sensor line tracker TCRT5000	IV-23
Gambar IV. 30 (a) Enam sensor mendeteksi garis (b) Hasil deteksi garis pada serial monitor Arduino IDE	IV-23
Gambar IV. 31 (a) Sensor ke-6 membaca garis (b) Hasil deteksi garis pada serial monitor Arduino IDE	IV-24
Gambar IV. 32 (a) Sensor ke-2 dan ke-3 membaca garis (b) Hasil deteksi garis pada serial monitor Arduino IDE.....	IV-25
Gambar IV. 33 Pengujian sensor depan sejauh 30cm (a) Hasil pengukuran dengan meteran (b) Hasil pengukuran dengan sensor jarak	IV-27
Gambar IV. 34 Pengujian sensor depan sejauh 50cm (a) Hasil pengukuran dengan meteran (b) Hasil pengukuran dengan sensor jarak	IV-27

Gambar IV. 35 Pengujian sensor depan sejauh 100cm (a) Hasil pengukuran dengan meteran (b) Hasil pengukuran dengan sensor jarak.....	IV-28
Gambar IV. 36 Pengujian sensor kanan sejauh 10cm (a) Hasil pengukuran dengan meteran (b) Hasil pengukuran dengan sensor jarak	IV-29
Gambar IV. 37 Pengujian sensor kanan sejauh 30cm (a) Hasil pengukuran dengan meteran (b) Hasil pengukuran dengan sensor jarak	IV-30
Gambar IV. 38 Pengujian sensor kanan sejauh 50cm (a) Hasil pengukuran dengan meteran (b) Hasil pengukuran dengan sensor jarak	IV-30
Gambar IV. 39 Pengujian sensor kiri sejauh 10cm (a) Hasil pengukuran dengan meteran (b) Hasil pengukuran dengan sensor jarak	IV-31
Gambar IV. 40 Pengujian sensor kiri sejauh 30cm (a) Hasil pengukuran dengan meteran (b) Hasil pengukuran dengan sensor jarak	IV-32
Gambar IV. 41 Pengujian sensor kiri sejauh 30cm (a) Hasil pengukuran dengan meteran (b) Hasil pengukuran dengan sensor jarak	IV-33
Gambar IV. 42 Layout rute prototipe untuk pergerakan AGV	IV-33
Gambar IV. 43 Grafik PID dengan nilai $K_p = 10$	IV-35
Gambar IV. 44 Grafik PID dengan nilai $K_p = 20$	IV-35
Gambar IV. 45 Grafik PID dengan nilai $K_p = 30$	IV-36
Gambar IV. 46 Grafik PID dengan nilai $K_p = 30$ dan $K_d = 1$	IV-36
Gambar IV. 47 Pengujian lampu indikator (a) Hijau (b) Kuning (c) Merah ...	IV-37
Gambar IV. 48 Hasil pengukuran menggunakan voltmeter dan amperemeter	IV-38
Gambar IV. 49 Hasil pengukuran dengan multimeter (a) Tegangan motor kiri (b) Tegangan motor kanan (c) Arus motor kiri (d) Arus motor kanan	IV-39
Gambar IV. 50 Perbandingan hasil pengukuran kecepatan putaran motor (a) Tachometer (b) Sensor kecepatan	IV-40
Gambar IV. 51 Pengujian kecepatan.....	IV-41
Gambar IV. 52 Hasil pengukuran sensor kecepatan	IV-42
Gambar IV. 53 Kecepatan tanpa beban.....	IV-42
Gambar IV. 54 Kecepatan dengan beban 10kg.....	IV-43
Gambar IV. 55 Kecepatan dengan beban 30kg.....	IV-43
Gambar IV. 56 Kecepatan dengan beban 50kg.....	IV-43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Diagram Skematik dan Pinout Arduino

Lampiran B Kode Program Arduino

Lampiran C Petunjuk Pengoperasian *Automatic Guided Vehicle* (AGV)

Lampiran D *Datasheet* komponen

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

N	: Gaya normal [N]
W	: Gaya berat [N]
m	: Massa [kg]
g	: Kecepatan gravitasi [m/s^2]
F_s	: Gaya gesek [N]
μ_s	: Koefisien gesek statis
F_{dorong}	: Gaya dorong [N]
a	: Percepatan [m/s^2]
T	: Torsi beban [Nmm]
D	: Diameter roda (mm)
r	: Jari-jari roda [mm]
P	: Daya [watt]
n	: Kecepatan putaran motor [rpm]
v	: Kecepatan linear (m/s)
P	: Daya yang dihasilkan baterai dalam satuan waktu [watt-hour]
V	: Tegangan pada baterai [volt]
I	: Kapasitas arus pada baterai dalam satuan waktu [ampere-hour]
t	: Waktu [jam]

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Teknologi berperan penting dalam mempermudah berbagai aktivitas kerja, meningkatkan produktivitas, serta memberikan dampak positif terhadap efisiensi dan efektivitas operasional[1], [2]. Salah satu bentuk nyata dari perkembangan tersebut adalah penerapan otomasi dan robotika yang menjadi bagian penting dari era Industri 4.0. Revolusi industri ini ditandai dengan integrasi antara teknologi digital dan sistem fisik melalui pemanfaatan internet secara menyeluruh, termasuk penggunaan Internet of Things (IoT) dan jaringan komunikasi untuk mentransformasi proses industri konvensional menjadi lebih cerdas dan efisien[3]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi digital memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan efisiensi operasional dalam dunia industri. Otomatisasi tercatat memberikan kontribusi terbesar dengan peningkatan efisiensi hingga 30,5%, diikuti oleh teknologi IoT yang turut berkontribusi sebesar 27,6%[4]. Temuan ini menguatkan bahwa transformasi digital menjadi faktor penting dalam mendorong peningkatan kinerja dan daya saing industri secara keseluruhan.

Perkembangan pesat teknologi di sektor industri telah mendorong munculnya berbagai inovasi. Salah satu inovasi tersebut adalah penggunaan *Automated Guided Vehicles* (AGV) dalam proses penanganan material (*material handling*). Implementasi AGV dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, meningkatkan produktivitas, serta meminimalisir risiko kecelakaan kerja[5]. Selain itu, AGV juga berkontribusi dalam mengoptimalkan alur kerja dan mengurangi biaya operasional melalui pengurangan waktu henti dan peningkatan akurasi dalam penanganan material[6]. Dengan demikian, penerapan AGV menjadi strategi penting dalam upaya transformasi digital dan otomatisasi di industri manufaktur.

Penerapan teknologi seperti AGV tidak hanya merepresentasikan kemajuan dalam bidang otomasi, tetapi juga menjadi langkah yang baik dalam upaya mendukung industri yang lebih cerdas dan berdaya saing tinggi. Politeknik Manufaktur Bandung khususnya di dalam Jurusan Teknik Manufaktur mencoba untuk menerapkan teknologi digital dalam bentuk AGV ini agar bisa digunakan di lingkungan bengkel Teknik Manufaktur sebagai bagian dari proses untuk penanganan material. Oleh karena itu, penting untuk terus melakukan kajian dan pengembangan terhadap implementasi teknologi ini guna memastikan pemanfaatannya yang optimal dalam menjawab tantangan dan kebutuhan industri modern.

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana sistem kendali yang dibuat untuk *Automated Guided Vehicle* (AGV)?
2. Berapa daya motor yang dibutuhkan untuk *Automated Guided Vehicle* (AGV)?
3. Berapa kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk *Automated Guided Vehicle* (AGV)?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Konstruksi dari *Automated Guided Vehicle* (AGV) sudah dibahas dalam penelitian lain
2. *Automated Guided Vehicle* (AGV) digunakan pada lantai dengan permukaan rata
3. Pembahasan terbatas pada fungsi pergerakan *Automated Guided Vehicle* (AGV)
4. Komponen-komponen dasar yang digunakan merujuk pada penelitian sebelumnya yang masih berstatus prototipe
5. Mikrokontroler yang digunakan pada sistem kendali *Automated Guided Vehicle* (AGV) adalah arduino mega 2560

6. Shield WiFi untuk konfigurasi IoT yang digunakan adalah ESP-01
7. Sensor *line follower* yang digunakan adalah sensor Infrared TCRT5000
8. Sensor pengukur jarak yang digunakan adalah sensor ultrasonic HC-SR04
9. Sensor pengukur kecepatan motor yang digunakan adalah sensor kecepatan optocoupler LM393
10. Jenis penggerak yang digunakan adalah motor DC *gearbox*
11. Driver motor yang digunakan untuk motor DC adalah motor driver BTS7960
12. Pembuatan aplikasi mobile dibuat menggunakan platform Blynk
13. Fitur pada aplikasi monitoring dan kendali mobile untuk mengendalikan pergerakan AGV, informasi mengenai kecepatan dan RPM, dan indikator lampu.
14. Sistem kendali menggunakan PID yang dilakukan dengan metode *experimental*
15. Kecepatan maksimum pergerakan AGV adalah 0,3 m/s
16. Beban maksimum pada AGV adalah 50 kilogram

I.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Membuat sistem kendali dari *Automated Guided Vehicle* (AGV)
2. Menentukan dan memastikan daya motor yang digunakan pada *Automated Guided Vehicle* (AGV) sesuai tuntutan yang telah ditetapkan
3. Menentukan dan memastikan kapasitas baterai yang digunakan pada *Automated Guided Vehicle* (AGV) sesuai tuntutan yang telah ditetapkan

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Menghasilkan sistem kendali dari *Automated Guided Vehicle* (AGV)
2. Menghasilkan mobilitas penanganan material dalam membawa beban yang dapat beroperasi secara otomatis
3. Menghasilkan dokumen petunjuk pengoperasian dari *Automated Guided Vehicle* (AGV)
4. Menghasilkan dokumen diagram skematik, perakitan serta pemrograman dari rangkaian sistem kendali pada *Automated Guided Vehicle* (AGV)

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi jawaban permasalahan yang dirumuskan, dan penjelasan mengenai hasil-hasil TA.

BAB V PENUTUP, berisi saran dan kesimpulan terkait TA yang dilaksanakan.