

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi otomasi pada sektor industri mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan sistem kerja yang lebih efektif, efisien, serta mampu meminimalkan kesalahan yang disebabkan oleh faktor manusia. Penerapan teknologi otomasi bertujuan untuk meningkatkan produktivitas, menjaga konsistensi proses, serta mengurangi risiko kecelakaan kerja, khususnya pada aktivitas yang dilakukan secara berulang. Salah satu penerapan otomasi yang banyak dikembangkan adalah sistem material handling, yaitu proses pemindahan material dari satu lokasi ke lokasi lain secara otomatis menggunakan peralatan atau kendaraan yang dapat beroperasi tanpa campur tangan operator secara langsung (Operasional & Xyz, 2025); (Kusuma & Purnamayudhia, n.d.).

Dalam sistem material handling, Automatic Guided Vehicle (AGV) merupakan salah satu teknologi yang banyak digunakan karena mampu melakukan proses distribusi material secara otomatis melalui lintasan yang telah ditentukan. Penggunaan AGV memberikan berbagai keuntungan, antara lain meningkatkan efisiensi proses distribusi, mengurangi ketergantungan terhadap tenaga kerja manual, serta menghasilkan proses pemindahan material yang lebih konsisten. Pada skala laboratorium maupun industri kecil, metode navigasi yang banyak diterapkan adalah line follower, karena memiliki implementasi yang sederhana, biaya yang relatif rendah, serta mudah

diintegrasikan dengan sistem kendali berbasis mikrokontroler (Noviardi et al., 2023).

Salah satu aktivitas yang memerlukan sistem distribusi otomatis adalah proses pemindahan sampel benih jagung pada kegiatan pengujian mutu. Proses distribusi yang masih dilakukan secara manual memiliki beberapa kelemahan, seperti membutuhkan waktu yang lebih lama, bergantung pada operator, serta berpotensi menimbulkan kesalahan dalam penempatan sampel. Kondisi tersebut dapat memengaruhi efektivitas proses pengujian apabila jumlah sampel yang didistribusikan semakin banyak. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem distribusi otomatis yang mampu memindahkan sampel secara lebih cepat, teratur, dan konsisten sehingga dapat meningkatkan efisiensi proses kerja di lingkungan laboratorium maupun industri pengolahan hasil pertanian (Kumbarasari et al., n.d.); (Kurniawan et al., 2021).

Robot AGV pada penelitian ini menggunakan metode line follower sebagai sistem navigasi untuk mengikuti lintasan yang telah ditentukan. Metode ini dipilih karena memiliki implementasi yang sederhana, mudah diterapkan pada mikrokontroler, serta mampu menghasilkan navigasi yang stabil pada lingkungan yang telah dirancang. Pembacaan lintasan dilakukan menggunakan sensor inframerah TCRT5000 yang mampu membedakan permukaan berwarna hitam dan putih sehingga robot dapat mendeteksi posisi lintasan dan melakukan koreksi arah secara otomatis. Selain mengikuti lintasan utama, robot juga dirancang untuk mengenali percabangan jalur sebagai dasar penentuan lokasi distribusi sampel (Prasetyo, 2019).

Meskipun robot AGV mampu bergerak secara otomatis, perubahan beban yang dibawa dapat memengaruhi performa sistem gerak robot. Penambahan beban menyebabkan motor DC memerlukan torsi yang lebih besar sehingga kecepatan robot cenderung menurun dan respons gerak menjadi kurang stabil. Kondisi tersebut dapat mengakibatkan robot mengalami penyimpangan terhadap lintasan, keterlambatan mencapai tujuan, maupun penurunan tingkat keberhasilan navigasi. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem kendali yang mampu mempertahankan kestabilan gerak robot meskipun terjadi perubahan beban selama proses distribusi sampel (Abdillah, 2023).

Salah satu metode kendali yang banyak diterapkan untuk meningkatkan kestabilan sistem gerak robot adalah *Proportional Integral Derivative* (PID). Kontroler PID bekerja dengan memperkecil nilai kesalahan (error) antara posisi robot terhadap lintasan yang diinginkan melalui kombinasi aksi *proporsional*, *integral*, dan *derivatif*. Metode ini memiliki algoritma yang sederhana, mudah diimplementasikan pada mikrokontroler, serta mampu menghasilkan pergerakan robot yang lebih stabil ketika mengikuti lintasan. Oleh karena itu, kontrol PID dipilih sebagai metode kendali pada penelitian ini untuk menjaga kestabilan robot AGV selama proses distribusi sampel jagung (Noviardi et al., 2023).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan robot AGV berbasis line follower dengan penerapan kontrol PID untuk meningkatkan kestabilan gerak robot. Noviardi dkk. (2023) menunjukkan bahwa penerapan kontrol PID mampu memperbaiki kemampuan robot dalam mengikuti lintasan secara lebih stabil dibandingkan tanpa kendali PID. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa sensor

TCRT5000 memiliki kemampuan yang baik dalam mendeteksi lintasan hitam dan putih sehingga banyak digunakan pada sistem navigasi robot bergerak (Prasetyo, 2019). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi sistem navigasi line follower dan kontrol PID memiliki potensi untuk diterapkan pada sistem distribusi material secara otomatis.

Meskipun penelitian mengenai robot AGV berbasis line follower dan penerapan kontrol PID telah banyak dilakukan, sebagian besar penelitian masih berfokus pada kemampuan robot dalam mengikuti lintasan tanpa menganalisis pengaruh variasi beban terhadap performa robot secara menyeluruh. Selain itu, penelitian mengenai penerapan robot AGV untuk distribusi sampel jagung dengan analisis performa berdasarkan variasi beban masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang tidak hanya merancang robot AGV berbasis line follower dengan kontrol PID, tetapi juga menganalisis pengaruh variasi beban terhadap waktu tempuh, *Absolute Error*, dan tingkat keberhasilan robot dalam menjalankan proses distribusi.

Selain didasarkan pada hasil studi literatur, penelitian ini juga merupakan pengembangan dari pengalaman peneliti dalam merancang dan mengimplementasikan sistem Automatic Guided Vehicle (AGV) pada kegiatan magang industri. Pada implementasi tersebut, peneliti mengembangkan robot AGV dengan kapasitas beban muat sekitar 50 kg untuk mendukung proses distribusi material di lingkungan industri. Pengalaman tersebut memberikan pemahaman mengenai karakteristik sistem navigasi, pengendalian robot, serta pengaruh beban terhadap performa gerak AGV. Berdasarkan pengalaman tersebut,

penelitian ini mengembangkan prototipe robot AGV dalam skala laboratorium dengan kapasitas beban muat 1 kg sebagai model penelitian yang lebih sederhana dan mudah dianalisis, khususnya untuk mengkaji penerapan kontroler PID terhadap performa robot pada berbagai kondisi pembebanan.



Gambar 1.1 Proyek AGV Beban muat 50 kg

Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan permasalahan dan research gap tersebut, penelitian ini merancang dan membangun robot *Automatic Guided Vehicle* (AGV) untuk distribusi sampel jagung dengan kapasitas beban 1 kg menggunakan kontroler *Proportional Integral Derivative* (PID). Robot dirancang menggunakan metode line follower sebagai sistem navigasi dengan kemampuan mengenali percabangan jalur menuju lokasi distribusi. Selanjutnya dilakukan pengujian performa robot pada beberapa variasi beban untuk menganalisis pengaruh pembebanan terhadap waktu tempuh, *Absolute Error*, serta tingkat keberhasilan navigasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi dalam pengembangan sistem distribusi material berbasis AGV pada skala laboratorium maupun industri.

B. Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian difokuskan pada perancangan dan pembangunan robot Automatic Guided Vehicle (AGV) untuk distribusi sampel jagung berbasis line follower.
2. Mikrokontroler yang digunakan sebagai pengendali utama adalah Arduino Mega 2560.
3. Sensor pembaca lintasan yang digunakan adalah sensor inframerah TCRT5000.
4. Sistem penggerak robot menggunakan motor DC gearbox 12 V dengan driver motor L298N.
5. Metode kendali yang diterapkan adalah *Proportional Integral Derivative* (PID) untuk menjaga kestabilan gerak robot saat mengikuti lintasan.
6. Penentuan parameter PID dilakukan menggunakan metode manual tuning.
7. Pengujian robot dilakukan pada variasi beban 0 kg, 0,25 kg, 0,50 kg, 0,75 kg, 1,00 kg, dan 1,10 kg.
8. Robot bergerak mengikuti lintasan garis (line follower) dengan navigasi berbasis percabangan jalur menuju lokasi distribusi yang telah ditentukan.
9. Parameter pengujian meliputi waktu tempuh, *Absolute Error*, kestabilan mengikuti lintasan, dan tingkat keberhasilan navigasi pada setiap variasi beban.

10. Lingkungan pengujian dibatasi pada lintasan yang telah dirancang sesuai skenario penelitian.

C. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang dan membangun robot Automatic Guided Vehicle (AGV) untuk distribusi sampel jagung berbasis line follower menggunakan Arduino Mega 2560?
2. Bagaimana penerapan kontroler *Proportional Integral Derivative* (PID) untuk menjaga kestabilan gerak robot AGV saat mengikuti lintasan?
3. Bagaimana pengaruh variasi beban terhadap performa robot AGV yang ditinjau dari waktu tempuh, *Absolute Error*, dan tingkat keberhasilan?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan membangun robot *Automatic Guided Vehicle* (AGV) untuk distribusi sampel jagung berbasis line follower menggunakan Arduino Mega 2560.
2. Menerapkan kontroler *Proportional Integral Derivative* (PID) untuk menjaga kestabilan gerak robot AGV saat mengikuti lintasan.
3. Menganalisis pengaruh variasi beban terhadap performa robot AGV berdasarkan waktu tempuh, *Absolute Error*, dan tingkat keberhasilan navigasi.

E. Kegunaan Penelitian

1. Kegunaan Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem kendali robot Automatic Guided Vehicle (AGV) berbasis *line follower*, khususnya pada penerapan kontroler PID dan analisis performa robot pada berbagai kondisi pembebanan.

2. Kegunaan Praktis

a. Bagi Peneliti

Menambah pengetahuan dan pengalaman dalam merancang, membangun, serta menguji performa robot AGV berbasis Arduino Mega 2560 dengan kontrol PID.

b. Bagi Institusi Pendidikan

Menjadi referensi untuk pembelajaran dan penelitian di bidang robotika, sistem kendali, dan otomasi industri.

c. Bagi Pengembangan Teknologi

Menjadi dasar pengembangan sistem distribusi material otomatis berbasis AGV pada lingkungan laboratorium maupun industri skala kecil.