

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian robot Automatic Guided Vehicle (AGV) distribusi sampel jagung berbasis *line follower* menggunakan kontroler Proportional Integral Derivative (PID), dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Robot AGV distribusi sampel jagung berhasil dirancang dan direalisasikan menggunakan Arduino Mega 2560, sensor TCRT5000, motor DC gearbox 12 V, driver motor L298N, dan kontroler PID. Seluruh komponen dapat bekerja dengan baik dan saling terintegrasi sehingga robot mampu mengikuti lintasan, melakukan navigasi antar ruang sesuai algoritma yang telah diprogram, serta menyelesaikan seluruh skenario navigasi dengan tingkat keberhasilan 100%. Robot juga mampu membawa beban hingga 1 kg sesuai dengan kapasitas yang dirancang.
2. Penerapan kontroler PID dapat menjaga kestabilan gerak robot saat mengikuti lintasan. Berdasarkan proses *manual tuning* yang dilakukan melalui 11 kali perubahan parameter, diperoleh nilai PID terbaik yaitu $K_p = 5$, $K_i = 0$, dan $K_d = 1,5$. Parameter tersebut menghasilkan nilai *Absolute Error* (AE) sebesar 24.835,7, dengan respons yang lebih stabil, koreksi arah yang lebih halus, dan osilasi yang lebih kecil dibandingkan parameter lainnya. Oleh karena itu, parameter tersebut digunakan pada seluruh proses pengujian robot.

3. Variasi beban berpengaruh terhadap performa robot yang ditinjau dari waktu tempuh, *Absolute Error* (AE), dan tingkat keberhasilan. Semakin besar beban yang dibawa, rata-rata waktu tempuh robot semakin meningkat, yaitu dari 6,5 detik pada beban 0 kg menjadi 11,2 detik pada beban 1,1 kg. Nilai AE terendah diperoleh pada beban 1 kg sebesar 7.663, kemudian meningkat menjadi 11.283 pada beban 1,1 kg. Tingkat keberhasilan robot mencapai 100% pada beban hingga 1 kg, sedangkan pada beban 1,1 kg menurun menjadi 90%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa robot masih mampu bekerja dengan baik pada beban sesuai kapasitas rancangannya, yaitu 1 kg.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Menambahkan sensor pendeteksi halangan (*obstacle avoidance*) agar robot mampu menghindari rintangan secara otomatis selama proses distribusi berlangsung.
2. Mengembangkan sistem navigasi menggunakan metode yang lebih adaptif, seperti kamera (*machine vision*) atau LiDAR, sehingga robot dapat beroperasi pada lingkungan yang lebih kompleks dan tidak hanya bergantung pada lintasan garis.
3. Menerapkan metode penalaan PID secara otomatis, seperti *Ziegler Nichols*, *Genetic Algorithm*, atau *Fuzzy-PID*.