

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai Implementasi Sistem Navigasi Robot Penjaga Gawang Rangkayo Hitam Menggunakan Kendali PID dan Algoritma *Greedy*, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Sistem navigasi yang dirancang dan diimplementasikan pada robot penjaga gawang ini menggunakan algoritma *greedy* yang digunakan untuk membantu mengambil keputusan posisi bola berdasarkan pemrosesan gambar secara *realtime* menggunakan kamera Pixy, dan kendali PID yang digunakan untuk mengontrol kecepatan motor dc pada saat melakukan pergerakan atau perpindahan robot dalam menghalau bola. Adapun beberapa sensor yang digunakan sebagai komponen pendukungnya ialah sensor ultrasonik HC-SR04, sensor TCRT-5000, sensor kamera Pixy2 CMUCam5, dan sensor *rotary encoder*. Penggunaan kamera Pixy2 pada sistem navigasi ini memberikan beberapa keuntungan, salah satunya ialah minimnya gangguan warna pada saat melakukan proses *tracking*. Robot dapat mendeteksi objek dan memperoleh koordinat sumbu X dan Y dari objek tersebut. Proses kalibrasi pun menjadi lebih mudah dikarenakan adanya aplikasi bawaan dari Pixy, yaitu Pixymon. Selain itu, sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mendeteksi batasan gawang, sedangkan sensor garis TCRT-5000 berfungsi untuk mendeteksi garis putih di lapangan. Kemudian dengan bantuan sensor MPU6050, robot dapat mengetahui arah hadapnya di lapangan.
2. Berdasarkan data pengujian dari masing-masing sensor dan pengujian keseluruhan sistem pada robot, didapatkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki tingkat akurasi sebesar 96,53%, dan pada sensor MPU6050 didapatkan memiliki tingkat akurasi sebesar 98,18%. Berdasarkan hasil pengujian pada algoritma *greedy*, didapatkan bahwa *greedy* berdasarkan jarak lebih fleksibel dan memudahkan *debugging*, tetapi terkadang menghasilkan *error* yang cukup besar. Disisi lain, *greedy* berdasarkan sudut memiliki tingkat akurasi lebih baik dan cepat dalam mengambil keputusan, meskipun memerlukan penyesuaian dan percobaan yang bertahap. Pada pengujian proses tracking bola, waktu yang diperlukan robot untuk mendekati bola dapat bervariasi tergantung pada posisi dan jarak bola terhadap robot. Pada pengujian kendali PID, metode penalaan yang dilakukan menggunakan metode *trial and error*. Adapun parameter yang digunakan yaitu $K_p = 4.5$, $K_i = 1.5$, dan $K_d = 1.5$, menghasilkan kinerja motor yang baik tanpa adanya *overshoot* yang

signifikan meskipun terdapat sedikit fluktuasi, motor dc dapat mencapai kondisi *steady state* dengan kecepatan yang cukup mendekati *setpoint* yang menandakan bahwa parameter PID sudah diatur dengan baik untuk menghindari *error* atau ketidakstabilan pada sistem pergerakan motor dc. Kemudian pada pengujian keseluruhan sistem, robot diuji dengan dua jenis tendangan, yaitu bola datar dan bola melambung. Hasil menunjukkan bahwa sistem penangkapan bola datar memiliki tingkat keberhasilan sebesar 80%. Sementara itu, untuk penangkapan bola melambung, sistem mendapatkan tingkat keberhasilan sebesar 60%. Dengan demikian, sistem navigasi robot penjaga gawang ini sudah berfungsi dengan baik.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa kekurangan pada sistem navigasi robot penjaga gawang Rangkayo Hitam yang telah dibuat. Oleh karena itu, peneliti memberikan beberapa saran agar penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk pengembangan lebih lanjut yang lebih baik, yaitu sebagai berikut :

1. Posisi kamera Pixy perlu diatur dengan tepat agar mampu mendeteksi objek secara optimal. Selain itu, sistem pembacaan sensor *rotary encoder* harus dipastikan berfungsi dengan maksimal agar robot dapat memposisikan diri dengan akurat.
2. Penggunaan mikrokontroler dan modul kamera dengan spesifikasi yang lebih tinggi juga dapat mempengaruhi kecepatan pemrosesan data serta meningkatkan efisiensi dalam pengolahan citra objek, sehingga kinerja robot menjadi lebih responsif dan andal.