

Bab 5

Simpulan dan Saran

Bab ini berisi simpulan yang dapat diperoleh dari apa yang telah dilakukan dan saran untuk perbaikan serta pengembangan robot selanjutnya.

5.1 Simpulan

Setelah melakukan penelitian, merancang, membuat, serta menguji robot simpulan yang dapat ditarik, yaitu:

1. Rancang bangun robot beroda omni yang dapat dijadikan basis untuk pengembangan tahap awal robot sepak bola adalah merancang robot dengan mengikuti aturan dari perlombaan sepak bola. Ukuran sasis dan spesifikasi robot mengikuti buku panduan KRSBI Beroda tahun 2019. Robot juga memiliki ruang untuk dikembangkan lebih lanjut dengan berbagai sensor dan fitur tambahan. Robot dapat melakukan gerakan-gerakan dasar dengan cukup baik. *Coding* dibuat dalam berbagai *sub-routine*, dimana tiap *sub-routine* dapat berkembang / diaplikasikan ke lain hal (modular).
2. Persamaan kinematika maju diperoleh pada persamaan 2.13, persamaan kinematika mundur diperoleh pada persamaan 2.14, model motor DC diperoleh pada persamaan 2.39 dan 2.40, dan kendali PID diperoleh pada persamaan 2.42 dengan variabel *tuning* terbaik adalah $k_P = 0.48$, $k_I = 11.16$, dan $k_D = 0$.

3. Tahapan yang dilakukan untuk untuk mengendalikan robot beroda *omni* agar pergerakannya dapat terarah menuju koordinat dan orientasi tujuan adalah menentukan selisih jarak antara koordinat robot dengan koordinat tujuan dan selisih orientasi robot dengan orientasi tujuan. Persamaan *inverse* matriks rotasi digunakan untuk memetakan jarak dan orientasi di KKG (kerangka koordinat global) menjadi jarak dan orientasi yang harus robot tempuh di KKL (kerangka koordinat lokal). Jarak dan orientasi yang harus ditempuh robot di KKL akan diubah menjadi target kecepatan robot di KKL dengan mempertimbangkan kemampuan motor DC. *Inverse* kinematik akan digunakan untuk mencari kecepatan masing-masing roda dari target kecepatan di KKL. Sistem PID akan digunakan untuk mengontrol kecepatan masing-masing roda agar sesuai dengan target.

Feedback didapat dari sensor *encoder* untuk menghitung kecepatan putar roda yang sesungguhnya. Kinematika maju digunakan untuk mengubah kecepatan putaran roda dari *feedback encoder* menjadi kecepatan robot di KKL. Matriks rotasi digunakan untuk mengubah kecepatan robot di KKL menjadi kecepatan robot di KKG. Kecepatan robot di KKG akan diubah menjadi perubahan jarak dan orientasi dengan cara melakukan perkalian kecepatan KKG dengan *sampling time*. Perubahan jarak dan orientasi ini dijadikan kalibrasi posisi dan orientasi robot, dan siklus kembali terulang hingga titik dan orientasi tujuan tercapai. Robot beroda *omni* berhasil dikendalikan menuju koordinat dan orientasi tujuan dengan tingkat *error* rata-rata 0,205% jika mengacu pada *feedback encoder* saja. Jika divalidasi menggunakan kamera, maka koordinat dan orientasi yang ditempuh oleh robot beroda *omni* mengalami *error* rata-rata sebesar 12,23%.

5.2 Saran

Robot beroda *omni* yang disiapkan untuk bermain futsal ini masih belum sempurna untuk terjun ke lapangan mengikuti lomba. Ada beberapa saran yang dapat dilakukan peneliti selanjutnya, yaitu:

1. Basis robot ini dapat dikombinasikan dengan kamera dan pengolahan citra, agar robot dapat mengenali lingkungannya dan mengetahui posisi dan orientasi dengan lebih baik. Kedepannya jika ingin dikombinasikan dengan kamera, setelah pelacakan posisi bola, isi posisi dan orientasi bola ke dalam variabel *X_tujuan*, *Y_tujuan*, dan *Theta_tujuan* dalam *coding*, lalu hapus *sub-routine* 'getdestinationcoordinate'. Jadi koordinat dan orientasi dari bola akan *live update* ke robot, dan robot akan bergerak

mengikuti posisi bola yang terbaru.

2. Menggunakan sensor-sensor tambahan lainnya yang membantu kalibrasi posisi dan orientasi robot, mungkin dengan sensor kompas, giroskop, atau ultrasonik.

Daftar Pustaka

- [1] M. M. Maung, M. M. Latt, and C. M. Nwe, “Dc motor angular position control using pid controller with friction compensation,” *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 8, no. 11, pp. 149–155, 2018.
- [2] RISTEKDIKTI, “Buku panduan kontes robot sepakbola indonesia beroda (krsbi beroda) 2019,” *Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia*, 2018.
- [3] N. Adam, “Omnidirectional configuration and control approach on mini heavy loaded forklift autonomous guided vehicle,” *MATEC Web of Conferences*, vol. 90, no. 01077, 2016.
- [4] L. Song, “Design and research of omni-directional moving agv,” *Journal of Physics: Conference Series*, 2020.
- [5] R. T. Yunardi, “Holonomic implementation of three wheels omnidirectional mobile robot using dc motors,” *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 2, no. 2, 2020.
- [6] Richard, “A simple introduction to omni roller robots,” *Robotics Projects Modwg UK*, 2015.
- [7] A. W. Saputra, “Kendali kecepatan dan posisi pada mobile robot yang menggunakan triangle omni-directional wheels dengan metode pid,” *Journal of Control and Network Systems*, vol. 3, no. 2, 2014.
- [8] C. Prof. Yon-Ping, “Dynamic system simulation and implementation,” *NCTU Department of Electrical and Computer Engineering*, pp. 2.1–2.8, 2015.
- [9] M. Prof. Bill and T. Prof. Dawn, “Introduction: Pid controller design,” *Control Tutorials for MATLAB and Simulink*, 2014.

- [10] L. Kevin M., N. Marchuk, and M. L. Elwin, "Empirical pid gain tuning," *Embedded Computing and Mechatronics with the PIC32 Microcontroller*, 2015.

