



Buku Tugas Akhir

RANCANG BANGUN ROBOT BERODA OMNI SEBAGAI PERSIAPAN AWAL KONTES ROBOT SEPAK BOLA

Clement Zaskie
2016630022

Pembimbing:
Dr. Ir. Bagus Arthaya, M.Eng.
Faisal Wahab, S.Pd., M.T.

Diajukan untuk memenuhi salah
satu syarat mendapatkan gelar
Sarjana Teknik

Februari 2021

RANCANG BANGUN ROBOT BERODA OMNI SEBAGAI PERSIAPAN AWAL KONTES ROBOT SEPAK BOLA

Clement ZASKIE
2016630022

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Universitas Katolik Parahyangan.

Panitia Penguji :

Dr. Ir. Bagus Arthaya, M.Eng., Pembimbing 1

Faisal Wahab, S.Pd., M.T., Pembimbing 2

Dr. Christian Fredy Naa, S.Si., M.Si., M.Sc.,
Penguji 1

Tua Agustinus Tamba, PhD., Penguji 2

© 2021, Program Studi Sarjana Teknik Elektro (Konsentrasi Mekanika)– Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan, Jl. Ciumbuleuit no 94, Bandung 40141, INDONESIA.

Dokumen ini dilindungi oleh undang-undang. Tidak diperkenankan mereproduksi seluruh ataupun sebagian isi dokumen ini dalam bentuk apa pun, baik secara cetak, photoprint, mikrofilm, elektronik, atau cara lainnya tanpa izin tertulis dari Program Studi Sarjana Teknik Elektro (Konsentrasi Mekanika), Universitas Katolik Parahyangan.

All rights reserved. No part of the publication may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm, electronic or any other means without written permission from the Department of Electrical Engineering (Mechatronics), Parahyangan Catholic University.

Lembar Persetujuan Selesai



Tugas Akhir berjudul:

RANCANG BANGUN ROBOT BERODA OMNI SEBAGAI PERSIAPAN AWAL KONTES ROBOT SEPAK BOLA

oleh:

Clement Zaskie
NPM : 2016630022

ini telah diujikan pada Sidang Tugas Akhir 2 (IME 184500) di Program Studi Sarjana Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan serta dinyatakan SELESAI.

TANDA PERSETUJUAN SELESAI,

Bandung, Januari 2021

Ketua Program Studi Sarjana
Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika

Dr. Ir. Ali Sadiyoko, M.T

Pembimbing Pertama,

Pembimbing Kedua,

Dr. Ir. Bagus Arthaya, M.Eng.

Faisal Wahab, S.Pd., M.T.

PERNYATAAN TIDAK MENCONTEK ATAU MELAKUKAN TINDAKAN PLAGIAT

Saya yang bertandatangan dibawah ini,

CLEMENT ZASKIE

Dengan ini menyatakan bahwa Buku Tugas Akhir dengan judul:

"RANCANG BANGUN ROBOT BERODA OMNI SEBAGAI PERSIAPAN
AWAL KONTES ROBOT SEPAK BOLA"

adalah hasil pekerjaan Saya. Seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini Saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan maka Saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada Saya.

Bandung,

Clement Zaskie

NPM: 2016630022

Lembar Persembahan

Tugas Akhir ini dipersembahkan untuk
orang tua tercinta,
almamater tercinta,
bangsa dan negara.

Pedoman Penggunaan Buku Tugas Akhir

Buku Tugas Akhir yang tidak dipublikasikan, terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Katolik Parahyangan, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Universitas Katolik Parahyangan. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh Buku Tugas Akhir haruslah seizin Ketua Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan.

Staf dosen dan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan dapat menggunakan Buku Tugas Akhir ini sebagai rujukan pada penelitian-penelitian yang akan dilakukan sesuai dengan rekomendasi yang dikeluarkan oleh Koordinator Tugas Akhir dan/atau Tim Dosen Pembimbing.

Abstrak

Roda *omni* memiliki dua sumbu putar yang membuatnya dapat bergerak ke segala arah atau *holonomic*. Robot yang menggunakan roda *omni* sebagai penggerakannya, dapat bergerak ke segala arah dan dalam berbagai orientasi. Namun, dibutuhkan sebuah sasis dan pengontrolan robot yang baik. Robot beroda *omni* memiliki banyak fungsi dan aplikasi, salah satunya adalah sebagai robot sepak bola karena kelincahannya untuk bermanuver pada lapangan. Sebelum masuk ke pengendalian robot, akan diturunkan persamaan kinematika maju dari robot, kinematika mundur, matriks rotasi, *inverse* matriks rotasi, model motor DC, model pengendalian PID, dan persamaan lain yang dapat membantu robot untuk dapat bergerak dengan baik. Kemudian akan dirancang sasis dari robot, *bracket motor*, *wiring diagram*, komponen-komponen elektronik yang akan digunakan, dan pemrograman robot.

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 yang dibuat memiliki beberapa keterbatasan. Penelitian ini hanya fokus pada bagian penggerak dan cara untuk mengontrol robot agar sampai pada koordinat dan orientasi yang diinginkan. Bagian pemegang bola dan pelempar

bola tidak akan difokuskan dalam penelitian ini. Posisi dan orientasi tujuan ditentukan diawal, dan tidak berubah-ubah.

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%. Variabel *tuning* PID yang digunakan adalah $k_P = 0,48$, $k_I = 11,16$, dan $k_D = 0$.

Kata kunci:

Roda omni, Kinematika, Pemodelan Motor, PID

Abstract

The omni wheel has two rotating axes that allow it to move in any direction or sometimes called holonomic. The robot can move in all directions and in various orientations, but it needs a good chassis and control method. The omni wheeled robot has many functions and applications, one of which is as a soccer robot because of its agility to maneuver the field. Before getting into robot control, the kinematic equations of the robot, inverse kinematics, rotation matrices, motor models, PID models, and other equations that can help the robot move properly will be derived. Then the chassis of the robot, the motor bracket, wiring diagram, the electronic components to be used, and the robot programming will be designed.

To control the robot to a point, first of all, the difference between the distance and the angle between the robot and the destination point will be found in the global coordinate frame. Then the difference between the distance and the angle will be converted into the difference between the distance and the angle that the robot must travel based on its local coordinate frame, using the help of inverse rotation matrix. The distance that has to be traveled will be divided by the estimated travel time (taking into account the maximum speed of the motorbike), the result is the speed that the robot must travel in the local coordinate. The speed that must be taken by the robot in the local coordinate, will be converted into the speed of each wheel that must be achieved. PID control will be used to control the speed of each wheel to match the target. The feedback sensor used is an encoder.

The encoder sensor is used to count the number of turns of the wheel in a sampling time, the result of which can be converted into the actual wheel speed. Using the forward kinematic, the actual rotational speed of the wheels can be converted to the robot speed in the local coordinate. The real robot speed in the local coordinate can be converted into the robot speed in the global coordinate using the rotation matrix. The actual robot speed in the global coordinate can be converted into a change in the coordinates and orientation of the robot in the real global coordinate, by multiplying the robot speed in the global coordinate by the sample time. The actual changes in the coordinates and orientation of the robot can be used as feedback for the system to calibrate the current robot's position and orientation. The remaining distance and orientation differences are updated, and the cycle repeats itself until the point and objective orientation are reached.

The robot that is made has several limitations. This research only focuses on the driving part and how to control the robot to arrive at the desired coordinates

and orientation. The part of ball holder and ball pitcher will not be focused in this research. The position and orientation of the goals are predetermined, and do not change.

The omni wheeled robot has been successfully controlled towards the point and destination orientation with an error level of 0.205 % when referring to the encoder sensor only. If it is validated using a camera, the movement and orientation of the robot will experience an error of 12.23 %. The PID tuning variables used are $k_P = 0.48$, $k_I = 11.16$, and $k_D = 0$.

Keywords:

Omni Wheel, Kinematics, Motor Modeling, PID

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan YME karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penyusunan Buku Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku Tugas Akhir yang berjudul "RANCANG BANGUN ROBOT BERODA OMNI SEBAGAI PERSIAPAN AWAL KONTES ROBOT SEPAK BOLA" disusun, sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam melakukan penelitian ini, penulis mendapat banyak bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, dan ingin mengucapkan terima kasih kepada:

- Dr. Ir. Bagus Arthaya, M.Eng. dan Faisal Wahab, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir di Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika Universitas Katolik Parahyangan. Terima kasih karena telah membantu penulis mencapai semua ini dengan segala masukan, nasihat, dan kritik dari awal hingga akhir penulisan.
- Dr. Christian Fredy Naa, S.Si., M.Si., M.Sc. dan Tua Agustinus Tamba, PhD. selaku dosen penguji Tugas Akhir di Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika Universitas Katolik Parahyangan. Terima kasih karena telah membantu penulis mencapai semua ini dengan segala masukan, nasihat, dan kritik dari awal hingga akhir penulisan.
- Bapak Thomas Arvino Eman dan Ibu Lena Eman, sebagai orangtua penulis. Terima kasih atas semua kasih sayang, perhatian, dan dorongan kepada penulis.
- Rekan-rekan seperjuangan di Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan semangat dan daya dukung.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Besar harapan penulis, Buku Tugas Akhir ini akan berguna bagi perkembangan Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika Universitas Katolik Parahyangan pada khususnya serta khazanah keilmuan Teknik Mekatronika pada umumnya.

Daftar Isi

Abstrak	ix
Abstract	xi
Kata Pengantar	xiii
Daftar Isi	xv
Daftar Tabel	xix
Daftar Gambar	xxi
1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah.	2
1.3 Batasan Masalah dan Asumsi	3
1.4 Tujuan Tugas Akhir	3
1.5 Manfaat Tugas Akhir	4
1.6 Metodologi Tugas Akhir	4
1.7 Sistematika Penulisan	5
2 Tinjauan Pustaka	7
2.1 Kinematika Robot Beroda Omni	7
2.1.1 Kinematika Maju (<i>Forward Kinematics</i>)	11
2.1.2 Kinematika Mundur (<i>Inverse Kinematics</i>)	13
2.2 Perencanaan Lintasan (<i>Path Planning</i>)	14
2.3 Odometry	21
2.4 Encoder	23

2.5	Pemodelan Motor DC	28
2.6	PID Controller	32
3	Perancangan Sistem	35
3.1	Perancangan Sistem Mekanika	35
3.1.1	Spesifikasi Sistem Mekanika	35
3.1.2	Desain Robot Beroda Omni	40
3.2	Perancangan Sistem Elektronika	43
3.2.1	Spesifikasi Sistem Elektronika	43
3.2.2	Diagram Blok Sistem Elektronika	50
3.3	Perancangan Sistem Pengontrolan	52
3.3.1	Flowchart Sistem Pengontrol	52
3.3.2	Simulasi Respon Motor	60
3.3.3	Simulasi Pergerakan Robot Menuju Koordinat Tertentu	65
4	Analisis Sistem	77
4.1	Hasil Sistem Mekanika	77
4.2	Hasil Sistem Elektronika	80
4.3	Hasil Sistem Pengontrolan	85
4.3.1	Hasil Pemrograman	85
4.3.2	Hasil Pengujian PID	88
4.4	Pengambilan dan Analisa Data	95
5	Simpulan dan Saran	107
5.1	Simpulan	107
5.2	Saran	108
	Daftar Pustaka	111
	Lampiran A Skema Sistem	114
A.1	Perincian Ukuran Dari Sasis Robot	114
A.2	Perincian Ukuran dari <i>Bracket</i> Motor	116
A.3	Proyeksi Perancangan Model Robot	118
A.4	Jalur Rangkaian Listrik dari Komponen Robot	120
	Lampiran B Spesifikasi Komponen	123
B.1	Spesifikasi <i>Micro Controller</i> Teensy 3.6	124
B.2	Spesifikasi Spesifikasi Motor DC Faulhaber 2342L012CR	128
	Lampiran C Listing Program	131

C.1 Hasil *Coding* 131

Daftar Tabel

2.1	Menentukan putaran motor dari 4 kondisi berbeda	26
2.2	Pengaruh perubahan variabel <i>tuning</i> PID pada parameter sinyal kontrol	33
3.1	Spesifikasi roda <i>omni</i> yang akan digunakan	36
3.2	Spesifikasi dari baterai	44
3.3	Spesifikasi dari regulator tegangan (<i>DC Step Down</i>)	45
3.4	Spesifikasi <i>microcontroller</i> yang akan digunakan	46
3.5	Spesifikasi motor <i>driver</i> yang akan digunakan	47
3.6	Spesifikasi motor DC yang akan digunakan	48
3.7	Spesifikasi <i>encoder</i> yang akan digunakan	49
4.1	Perhitungan <i>error</i> dari posisi (X,Y) dan orientasi (θ) robot berdasarkan data dari <i>feedback encoder</i>	104
4.2	Perhitungan <i>error</i> dari posisi (X,Y) dan orientasi (θ) robot berdasarkan data validasi video.	105
B.1	Lampiran spesifikasi <i>Micro Controller</i> Teensy 3.6	124

Daftar Gambar

2.1	Konfigurasi robot beroda <i>omni</i> yang akan dirancang.	8
2.2	Hubungan rotasi antara KKL dan KKG.	9
2.3	Penjabaran vektor kecepatan rotasi dan tangensial pada <i>body</i> dan roda.	10
2.4	Penjabaran kecepatan tangensial roda terhadap sumbu <i>x</i> dan <i>y</i> lokal.	11
2.5	Perencanaan lintasan dengan titik tujuan di depan robot. . . .	14
2.6	Perencanaan lintasan dengan titik tujuan disamping robot. . .	16
2.7	Perencanaan lintasan dengan titik tujuan diserong robot. . . .	17
2.8	Perencanaan lintasan robot berotasi pada poros, kemudian lurus menuju titik.	18
2.9	Perencanaan lintasan robot menuju titik sambil berotasi	20
2.10	Ilustrasi mencari odometri	21
2.11	<i>Rotary encoder</i> dari motor DC	23
2.12	Ilustrasi dari sensor <i>optocoupler</i>	23
2.13	Cara kerja <i>rotary encoder</i>	24
2.14	Sinyal kotak hasil baca <i>encoder</i>	25
2.15	Rangkaian resistor <i>pull-up</i> pada <i>optocoupler encoder</i> . [1]	26
2.16	Pemodelan motor DC	28
2.17	Desain pengontrol PID untuk sistem kerja motor. [1]	32
3.1	Roda <i>omni</i> yang akan digunakan	36
3.2	Perincian ukuran dari sasis robot beroda <i>omni</i>	37
3.3	Perincian ukuran dari <i>bracket</i> motor	38
3.4	Ilustrasi dari hasil akhir robot ketika ditambahkan komponen dan lapisan di atas sasis utama.	40
3.5	Tampak atas dari rancangan robot yang akan dibuat	41
3.6	Tampak depan dari rancangan robot yang akan dibuat	41
3.7	Rangkaian listrik dari berbagai komponen elektronika	43
3.8	Konfigurasi pin dari <i>microcontroller</i> Teensy	47

3.9	Diagram blok sistem robot beroda <i>omni</i>	51
3.10	Flowchart dari program yang akan dibuat	53
3.11	Flowchart dari <i>subroutine</i> pertama	54
3.12	Flowchart dari <i>subroutine</i> kedua	55
3.13	Flowchart dari <i>subroutine</i> ketiga	56
3.14	Flowchart dari <i>subroutine</i> keempat	57
3.15	Flowchart dari <i>subroutine</i> kelima	58
3.16	Flowchart dari <i>subroutine</i> keenam	59
3.17	Diagram blok SIMULINK dari PID dan motor DC.	60
3.18	Simulasi model motor kasus 1.	61
3.19	Simulasi model motor kasus 2	62
3.20	Simulasi model motor kasus 3	63
3.21	Simulasi PID <i>tuning</i>	64
3.22	Simulasi model motor tanpa PID <i>tuning</i>	65
3.23	Diagram Blok SIMULINK	66
3.24	KKG dan titik tujuan	66
3.25	Simulasi Kasus 1 Pergerakan Robot	67
3.26	Data kecepatan robot terhadap sumbu lokal $(\dot{x}, \dot{y}, \dot{\theta})$	68
3.27	Data kecepatan putar masing-masing roda (ω_i)	69
3.28	Isi dari blok 'Triple Omniwheel Simulation'.	70
3.29	Data posisi robot di sumbu global (X, Y, θ)	71
3.30	Simulasi Kasus 2 Pergerakan Robot	72
3.31	Simulasi Kasus 3 Pergerakan Robot	73
3.32	Simulasi Kasus 4 Pergerakan Robot	74
3.33	Simulasi Kasus 5 Pergerakan Robot	75
4.1	Hasil <i>laser cutting</i> akrilik untuk sasis robot	78
4.2	<i>Bracket</i> motor yang digunakan	78
4.3	Hasil perakitan komponen mekanika	79
4.4	Hasil akhir dari robot beroda <i>omni</i> tampak atas	80
4.5	Rangkaian resistor <i>pull-up</i>	82
4.6	Hasil akhir dari robot beroda <i>omni</i> tampak bawah	83
4.7	Hasil akhir dari robot beroda <i>omni</i> tampak depan	84
4.8	Uji respon motor dengan PID, $k_P = 1, k_I = 0, k_D = 0$	88
4.9	Uji respon motor dengan PID, $k_P = 1, k_I = 1, k_D = 0$	89
4.10	Uji respon motor dengan PID, $k_P = 1, k_I = 0, k_D = 1$	89
4.11	Uji respon motor dengan PID, $k_P = 1, k_I = 1, k_D = 1$	90
4.12	Uji respon motor dengan PID, $k_P = 0, k_I = 10, k_D = 0$	91
4.13	Uji respon motor dengan PID, $k_P = 10, k_I = 10, k_D = 0$	91
4.14	Uji respon motor dengan PID, $k_P = 10, k_I = 1, k_D = 0$	92
4.15	Uji respon motor dengan PID, $k_P = 1, k_I = 10, k_D = 0$	93
4.16	Uji respon motor dengan PID, $k_P = 0,48, k_I = 11,16, k_D = 0$	94
4.17	Uji lintasan pergerakan robot	95

4.18	Pergerakan robot pada lintasan pertama	96
4.19	Pergerakan robot pada lintasan kedua	96
4.20	Pergerakan robot pada lintasan ketiga	97
4.21	Pergerakan robot pada lintasan keempat	97
4.22	Pergerakan robot pada lintasan kelima	98
4.23	Percobaan pertama, data encoder	100
4.24	Percobaan pertama, validasi video	100
4.25	Percobaan kedua, data encoder	101
4.26	Percobaan kedua, validasi video	101
4.27	Percobaan ketiga, data encoder	102
4.28	Percobaan ketiga, validasi video	102
A.1	Lampiran perincian ukuran dari sasis robot	115
A.2	Lampiran perincian ukuran dari <i>bracket</i> motor	117
A.3	Lampiran proyeksi perancangan model robot	119
A.4	Lampiran jalur rangkaian listrik dari komponen robot	121

Bab 1

Pendahuluan

Tugas akhir ini akan membahas tentang rancang bangun tahap awal sebuah robot dengan penggerak roda berjenis *omni* sebagai persiapan mengikuti kontes robot sepak bola. Tugas akhir ini akan menjabarkan kinematika dari robot, model dari motor DC, hingga mengendalikan motor menggunakan PID agar tujuan akhir untuk bisa mengendalikan robot menuju titik tujuan dapat tercapai. Sebelum itu akan dibahas mengenai latar belakang, rumusan dan batasan masalah, tujuan, manfaat, serta metodologi penulisan terlebih dahulu.

1.1 Latar Belakang Masalah

Robot dengan penggerak roda *omni* dipakai untuk Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda (KRSBI Beroda) karena memiliki kelincahan yang tinggi dalam menggiring bola dan bergerak. Robot ini dapat bergerak maju, mundur, kiri, kanan, atau menyerong dengan tetap mengarah ke dalam suatu orientasi (tetap menghadap ke depan misalnya), ataupun sambil bergerak sambil mengubah orientasinya (berjalan sambil berputar). Kemampuan untuk bergerak dengan kelincahan tinggi ini dibutuhkan sebuah cara untuk mengendalikan pergerakan robot agar pergerakannya dapat terarah. Robot dengan penggerak roda *omni* mengubah arah gerakannya menggunakan perbedaan putaran pada masing-masing roda.

Kontes Robot Sepakbola Indonesia Beroda diselenggarakan berdasarkan aturan yang dilakukan di *RoboCup Middle Size League (MSL)*, dengan menyesuaikan kondisi di Indonesia, misalnya pada ukuran lapangan dan lainnya [2]. Kontes Robot Sepakbola Indonesia Beroda ini merupakan salah satu kegiatan yang merupakan bagian dari Kontes Robot Indonesia (KRI) sebagai ajang kompetisi

rancang bangun dan rekayasa dalam bidang robotika. KRI dilaksanakan bekerjasama dengan Perguruan Tinggi yang ditunjuk untuk melaksanakan kontes tingkat regional dan kontes tingkat nasional [2]. Namun, Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika Universitas Katolik Parahyangan (TEKM UNPAR) belum pernah mengikuti KRSBI Beroda. TEKUN PAR pernah mengikuti Kontes Robot Indonesia (KRI) dimana robot yang dipakai menggunakan roda berjenis *omni*. Dalam perlombaan tersebut, sayangnya belum digunakan teknik pengontrolan robot walaupun pada akhirnya bisa meraih juara harapan.

Selain untuk robot sepak bola, robot dengan penggerak roda *omni* memiliki banyak aplikasi dalam dunia perindustrian. Robot dengan penggerak roda *omni* dikategorikan sebagai robot *holonomic*, dimana robot dapat bergerak ke berbagai arah dan orientasi. Robot akan memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam mencapai suatu titik tujuan. Aplikasi robot beroda *omni* untuk dunia industri adalah sebagai penggerak dari robot AVG (*Automated Guided Vehicle*) dan robot *forklift* [3].

Robot AVG dan *forklift* dengan penggerak roda *omni* dapat mempermudah dunia industri karena robot dapat bermanuver dengan lincah, cepat, dan akurat dalam mencapai suatu lokasi tujuan [4]. Berbeda dengan roda konvensional dimana hanya memiliki 1 sumbu putar roda, roda *omni* memiliki 2 sumbu putar roda yang memungkinkan untuk bergerak menyamping, tidak seperti roda konvensional yang memiliki keterbatasan gerak karena sumbu roda harus di putar untuk berbelok (seperti mobil harus diputar setirnya untuk berbelok). Roda *omni* memainkan perbedaan putaran roda untuk menghasilkan suatu gerakan yang berbeda (tanpa butuh memutar setir).

Oleh karena itu, dengan ketertarikan untuk membawa TEKUN PAR ikut serta dalam KRSBI Beroda dan dengan keingintahuan untuk meneliti lebih jauh tentang roda *omni*, maka peneliti ingin merancang pengendalian dan membangun basis robot beroda *omni* sebagai tahap awal pengembangan robot sepak bola.

1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah.

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, dapat diidentifikasi masalah yang terjadi adalah:

1. Bagaimana rancang bangun robot beroda *omni* yang dapat dijadikan basis untuk pengembangan tahap awal robot sepak bola?
2. Bagaimana menurunkan persamaan kinematika robot beroda *omni*, model motor DC, dan kendali PID?

3. Bagaimana cara untuk mengendalikan robot beroda *omni* agar pergerakannya dapat terarah menuju koordinat dan orientasi tujuan?

1.3 Batasan Masalah dan Asumsi

Penelitian Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik jika terdapat batasan pada masalah di atas. Batasan masalah tersebut antara lain:

1. Basis robot sepak bola yang dibuat hanya fokus pada bagian penggerak dan cara untuk mengendalikan robot agar gerakannya terarah pada titik tujuan yang diinginkan. Bagian pemegang bola dan pelempar (penendang) bola tidak akan difokuskan dalam penelitian ini.
2. *Set point* berupa posisi dan orientasi dari titik tujuan ditentukan diawal dalam program (*preset*), dan *set point* tidak berubah. Untuk saat ini tidak digunakan fitur kamera sebagai sensor mendeteksi bola.
3. Tidak ada halangan antara robot dan bola.

Dalam penelitian ini diasumsikan bahwa arena uji coba berupa area yang rata (*levelling*), tidak bergelombang, dan tidak berlubang. Diasumsikan pula bahwa ban tidak mengalami selip.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan penelitian pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu merancang robot beroda *omni* yang dapat dijadikan basis untuk pengembangan tahap awal robot sepak bola.
2. Mampu mengetahui persamaan kinematika roda *omni*, model motor, dan model kontrolnya.
3. Mampu mengendalikan pergerakan robot beroda *omni* agar terarah menuju titik yang diinginkan.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Hasil penelitian Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk berbagai pihak, antara lain:

1. Membantu Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika Universitas Katolik Parahyangan untuk memiliki basis robot beroda *omni*, yang dapat dipakai untuk lomba, pembelajaran di kelas, atau dikembangkan menjadi robot multi fungsi lainnya.
2. Meringankan pekerjaan mahasiswa/i TEKM UNPAR yang akan berpartisipasi dalam KRSBI Beroda agar dapat meraih juara nantinya.

1.6 Metodologi Tugas Akhir

Tahapan yang dilakukan dalam perancangan robot beroda *omni*, yaitu:

1. Identifikasi masalah dan batasan dari robot beroda *omni* yang akan dirancang.
2. Membaca literatur dari penelitian sebelumnya mengenai robot beroda *omni*.
3. Menurunkan persamaan kinematika dari robot beroda *omni*.
4. Mencari pemodelan motor DC, sistem PID, matriks rotasi, matriks translasi, perencanaan lintasan, dan persamaan lain yang dapat membantu pergerakan robot beroda *omni*.
5. Menentukan komponen mekanika dan elektronika yang akan dipakai.
6. Simulasi respon dari model motor DC menggunakan *software* MATLAB dengan sistem kontrol PID.
7. Simulasi pergerakan robot beroda *omni* menggunakan *software* MATLAB menggunakan persamaan kinematika yang telah diturunkan.
8. Merancang model 3 dimensi dari robot beroda *omni* yang akan dibuat menggunakan *software* SOLIDWORKS.

9. Merancang *wiring diagram* dari komponen elektronika yang akan digunakan.
10. Merancang *flowchart* dari program yang akan dibuat.
11. Membuat sasis robot beroda *omni* dan merangkai komponen elektronika.
12. Membuat pemrograman robot beroda *omni*.
13. Melakukan pengujian respon motor DC untuk mencari variabel *tuning* PID terbaik.
14. Melakukan pengujian jalan robot beroda *omni*, serta melakukan pengambilan data.
15. Melakukan pengolahan dan analisa data.
16. Mengambil simpulan akhir.

1.7 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini dibagi menjadi 5 bab, yakni sebagai berikut:

1. **Bab 1 Pendahuluan.** Dalam bab ini dijelaskan mengenai latar belakang masalah, identifikasi dan perumusan masalah, batasan masalah dan asumsi, tujuan tugas akhir, manfaat tugas akhir, metodologi tugas akhir, serta sistematika penulisan laporan tugas akhir.
2. **Bab 2 Tinjauan Pustaka.** Bab ini berisi teori-teori yang berhubungan dengan pemecahan masalah dan dibutuhkan dalam pengolahan data serta analisis. Teori-teori dasar ini diperoleh melalui proses telaah pustaka pada sejumlah pustaka, seperti misalnya: kinematika dari roda *omni* pada robot, lintasan robot, pemodelan motor, encoder sebagai umpan balik, dan kendali PID.
3. **Bab 3 Perancangan Sistem.** Dalam bab ini akan dipaparkan perancangan beberapa komponen robot yang dipisah menjadi 3 bagian, yaitu mekanika, elektronika, dan pengontrolan. Komponen mekanika meliputi sasis robot, *bracket motor*, dan model 3 dimensi dari robot.
4. **Bab 4 Hasil dan Analisis Sistem.** Bab ini berisi laporan dari hasil robot yang sudah dibuat. Robot dibuat sesuai dengan teori dan rancangan yang ada. Dalam bab ini juga, akan dibandingkan data hasil pengujian

dengan data hasil simulasi apakah hasilnya mendekati. Robot akan diuji apakah mampu bergerak menuju titik tujuan yang diinginkan.

5. **Bab 5 Kesimpulan dan Saran.** Bab ini merupakan bab akhir dari Tugas Akhir ini, yang berisi kesimpulan dari penelitian ini, dan saran bagi yang ingin melanjutkan penelitian.

