

**SISTEM KENDALI PELACAKAN JALUR PADA *THREE
WHEELED OMNIDIRECTIONAL MOBILE ROBOT* BERBASIS
PID**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Miftahul Huda

222442908



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MEKATRONIKA
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

Sistem Kendali Pelacakan Jalur Pada *Three Wheeled Omnidirectional Mobile Robot* Berbasis PID

Oleh:

Miftahul Huda

222442908

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 18 Agustus, 2023

Disetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Eng. Pipit Anggraeni, S.T., M.T.,

M.Sc.,Eng.

NIP. 197908242005012001

Nur Jamiludin Ramadhan, S.Tr.,

M.T.

NIP. 199402272020121005

Disahkan,

Penguji I,

Penguji II,

Penguji III,

Siti Aminah, S.T., M.T.
NIP.197408172009122001

Muhammad Nursyam
Rizal, S.Tr.T., M.Sc.
NRP. 221409009

Sandy Bhawana Mulia,
S.P.d., MT.
NIP.198611052019031009

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	:	Miftahul Huda
NIM	:	222442908
Jurusan	:	Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi	:	Teknologi Rekayasa Mekatronika
Jenjang Studi	:	Diploma 4
Jenis Karya	:	Tugas Akhir
Judul Karya	:	Sistem Kendali Pelacakan Jalur Pada <i>Three Omnidirectional Mobile Robot</i> Berbasis PID

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 21 – 08 – 2023
Yang Menyatakan,

Miftahul Huda
NIM 222442908

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Miftahul Huda
NIM : 222442908
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Sistem Kendali Pelacakan Jalur Pada *Three Omnidirectional Mobile Robot* Berbasis PID

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 21 – 08 – 2023
Yang Menyatakan,

Miftahul Huda
NIM 222442908

MOTO PRIBADI

“Diantara Jalan Sabar Itu Ada Yang Dengan Musibah, Ada Yang Dengan Amal Soleh”,

~ Dr. (H.C.) Adi Hidayat, Lc., M.A.

Moto diatas merupakan gambaran bahwa seorang harus bersabar dalam menuntut ilmu, saya menyadari bahwa saya masih belum dapat mencapai level tersebut. Saya berdoa agar diberikan kesabaran dalam menuntut ilmu dimasa yang akan mendatang.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, adik saya, kedua pembimbing saya, teman-teman saya, ummat Islam dan semua pihak yang telah membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini. Saya berdoa dan berharap Kepada Allah semoga tugas akhir ini bermanfaat untuk penelitian berikutnya.

Jazakallahu Khairan

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepada-Nya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembahyan yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdlillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “ Sistem Kendali Pelacakan Jalur Pada *Three Omnidirectional Mobile Robot* Berbasis PID ”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Mohammad Nurdin, S.T., M.A.B
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ismail Rokhim S.T., M.T.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika, Bapak Dr. Setyawan Ajie Soekarno S.T., M.
4. Para Pembimbing tugas akhir Ibu Dr. Eng. Pipit Anggraeni, S.T., M.T., M.Sc.Eng. , dan Bapak Nur Jamiludin Ramadhan S.Tr., M.T.

5. Para Penguji sidang tugas akhir Ibu Siti Aminah, S.T., M.T. , Bapak Muhammad Nursyam Rizal, S.Tr.T., M.Sc. , dan Bapak Sandy Bhawana Mulia S.P.d., M.T.
6. Panitia tugas akhir Ibu Fitria Suryatini, S.Pd., M.T. dan Ibu Hilda Khoirunnisa, S.Tr.T., M.Sc.Eng
7. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ibu Kasiani dan Bapak Dwi Isyanto yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Untuk adik saya Rifqi Naufal N. yang telah mendoakan saya
9. P.T. Seascope Surveys Indonesia dan Kang Arista Ferdiyanto Hendro S.Tr.T. yang menjadi rekan dan donatur dalam pengerjaan TA ini.
10. Mas Adhitya Sumardi Sunarya S.Si., M.Si. selaku dosen dan kepala lab robotik, Mas Andri Wiyono S.Tr.T. sebagai pranata lab PLC dan rekan diskusi mengenai Kehidupan semester Akhir.
11. Untuk sahabat – sahabat dan teman teman yang sudah membantu saya Zam zam N.M. Amd.T., Fachri Maulana Fulchan Amd.T. , Bernadus Sandityarmo Amd.T , Akbar Nugroho S.Tr.T. , Ida Paulima S.Tr.T, Khoutal Taqi S.Tr.T. Muhammad Ramadhan , Rian Destrieyanto dan rekan rekan kelas 4 AEA 3 yang bersama – sama dalam susah dan senang.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 18 Agustus 2023

Penulis

ABSTRAK

Polebot merupakan robot edukasi yang dikembangkan oleh Politeknik Manufaktur Bandung yang memiliki jenis *omnidirectional mobile robot* dengan tiga roda omni yang dirangkai dengan sudut sebesar 120 derajat. Kestabilan pergerakan merupakan salah satu hal penting pada robot. Penelitian ini bertujuan untuk membuat Polebot bergerak sesuai dengan masukkan jalur yang telah dibuat. Dengan memasukkan koordinat pada sumbu x dan y yang membentuk suatu jalur dapat terlihat berapa persen kesalahan yang dihasilkan oleh pergerakan dari Polebot untuk disimpulkan apakah kendali Proporsional sudah tepat digunakan. Hasil dari kendali pelacakan jalur yang dilakukan adalah polebot dapat bergerak pada jalur sinus dengan rata rata kesalahan pada sumbu X adalah 0.02% dan pada Sumbu Y 0.11%, pada jalur angka delapan dengan kesalahan pada sumbu X 0.06% dan sumbu Y 0.02%, dan pada jalur lingkaran dengan kesalahan pada sumbu X 0.07% dan sumbu Y 0.02%. Dapat disimpulkan bahwa kendali Proporsional pada Polebot sudah cukup baik diterapkan.

Kata kunci: Robot Edukasi, Omnidirectional Robot, Robot Operating System, Root Locus, Kendali Pelacakan Jalur

ABSTRACT

Polebot is the educational robot developed by Bandung Polytechnic of manufacturing wich has a type of omnidirectional mobile robot with three omniwheels assembled at an agle of 120 degrees. Stability of movement is one of the important things in robots. This research aims to make Polebot move according to the input path that has been created. By entering the coordinates on the x and y axes that make up a path, it can be seen what percentage of error is produced by the movement of the Polebot to conclude whether Proportional control is correctly used. The result of the trajectory tracking control carried out is that the polebot can move on the sine trajectory with an average error on the X axis is 0.02% and on the Y axis 0.11%, on eight trajectory with an error on the X axis 0.06% and the Y axis 0.02%, and on the circle trajectory with an error on the X axis 0.07% and the Y axis 0.02%. It can be concluded that the Proportional control on the Polebot is quite well implemented.

Keywords: Educational Robot, Omnidirectional Mobile Robot ,Robot Operating System, , Root Locus, Trajectory Tracking

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xvii
I BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-2
I.3 Batasan Masalah.....	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat.....	I-3
I.5 Sistematika Penulisan.....	I-4
II BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori	II-1
II.1.1 Robot Edukasi	II-1
II.1.2 <i>Mobile Robot</i>	II-1
II.1.3 <i>Omnidirectional Mobile Robot</i>	II-2
II.1.4 Pemodelan Sistem	II-2
II.1.5 Lintasan (<i>Trajectory</i>)	II-6
II.1.6 Sistem Kendali	II-7
II.1.7 Metode Odometri	II-8
II.1.8 Root Locus	II-9
II.2 Tinjauan Alat.....	II-9
II.2.1 Arduino Nano.....	II-9
II.2.2 Penggerak Motor IBT - 2	II-10
II.2.3 Motor Arus Searah Encoder PG 45.....	II-10
II.2.4 <i>Omnidirectional Wheel</i>	II-10

II.2.5	Baterai Li-Po	II-11
II.2.6	Polebot Alfa	II-11
II.2.7	ROS(<i>Robot Operating System</i>)	II-15
II.3	Studi Penelitian Terdahulu	II-16
III	BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1	Model Metodologi	III-1
III.2	<i>Requirements</i>	III-2
III.3	Gambaran Umum Sistem.....	III-2
III.4	Perancangan Mekanik.....	III-3
III.5	Perancangan Elektrik	III-4
III.6	Perancangan Informatik.....	III-5
III.6.1	Diagram Alir Program.....	III-5
III.6.2	Diagram Alir Sistem	III-6
III.7	Perancangan Kendali	III-7
III.7.1	Model Dinamik Robot	III-8
III.7.2	Rancangan Kendali	III-10
III.8	Perancangan Lintasan Robot	III-11
IV	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-12
IV.1	Implementasi Desain Mekanik Polebot Beta.....	IV-12
IV.2	Implementasi Elektrik Polebot Beta	IV-14
IV.3	Implementasi Informatik Polebot Beta	IV-14
IV.4	Penentuan Parameter PID Robot	IV-16
IV.5	Pengujian PID Motor Arus Searah	IV-20
IV.5.1	Penalaan PID Motor 1	IV-21
IV.5.2	Penalaan PID Motor 2.....	IV-25
IV.5.3	Penalaan PID Motor 3.....	IV-29
IV.6	Pengujian Pergerakan Polebot	IV-33
IV.6.1	Pengujian Gerak Dengan Titik Koordinat Pada Sumbu X Sepanjang 1 Meter	IV-34
IV.6.2	Pengujian Gerak Dengan Titik Koordinat Pada Sumbu X Sepanjang 2 Meter	IV-35
IV.6.3	Pengujian Dengan Titik Koordinat Pada Sumbu X Sepanjang 3 Meter	IV-36
IV.6.4	Pengujian Dengan Titik Koordinat Pada Sumbu Y Sepanjang 1 Meter	IV-37
IV.6.5	Pengujian Dengan Titik Koordinat Pada Sumbu Y Sepanjang 2 Meter	IV-38

IV.6.6	Pengujian Dengan Titik Koordinat Pada Sumbu Y Sepanjang 3 Meter	IV-39
IV.6.7	Pengujian Dengan Titik Koordinat 0.1 X dan 0.1 Y	IV-40
IV.6.8	Pengujian Dengan Titik Koordinat - 0.1 X dan - 0.1 Y	IV-40
IV.6.9	Pengujian Dengan Titik Koordinat - 0.1 X dan 0.1 Y	IV-40
IV.6.10	Pengujian Dengan Titik Koordinat 0.1 X dan - 0.1 Y	IV-41
IV.6.11	Pengujian Dengan Titik Koordinat 0.18 X dan 0.1 Y	IV-41
IV.6.12	Pengujian Dengan Titik Koordinat - 0.18 X dan - 0.1 Y	IV-41
IV.6.13	Pengujian Dengan Titik Koordinat - 0.18 X dan 0.1 Y	IV-42
IV.6.14	Pengujian Dengan Titik Koordinat 0.18 X dan - 0.1 Y	IV-42
IV.6.15	Pengujian Dengan Titik Koordinat 0.2 X dan 0.1 Y	IV-42
IV.6.16	Pengujian Dengan Titik Koordinat - 0.2 X dan - 0.1 Y	IV-43
IV.6.17	Pengujian Dengan Titik Koordinat - 0.2 X dan 0.1 Y	IV-43
IV.6.18	Pengujian Dengan Titik Koordinat 0.2 X dan - 0.1 Y	IV-43
IV.7	Pengujian Kendali Pelacakan Jalur	IV-44
IV.7.1	Pelacakan Jalur Sinus	IV-44
IV.7.2	Pelacakan Jalur Angka 8	IV-49
IV.7.3	Pelacakan Jalur Lingkaran	IV-53
V	BAB V PENUTUP	V-1
V.1	Kesimpulan	V-1
V.2	Saran	V-2
	DAFTAR PUSTAKA	xvii
	LAMPIRAN	xxiii

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Studi Penelitian Terdahulu	II-16
Tabel III. 1 Persyaratan sistem.....	III-2
Tabel III. 2 <i>Datasheet</i> motor arus searah PG45	III-9
Tabel III. 3 Penimbangan Robot dengan dan tanpa personal komputer ...	III-9
Tabel IV. 1 Kecepatan Motor Polebot.....	IV-20
Tabel IV. 2 Data Pengukuran Gerakan Menyamping Kanan 1 Meter	IV-34
Tabel IV. 3 Data Pengukuran Gerakan Menyamping Kiri 1 Meter	IV-34
Tabel IV. 4 Data Pengukuran Gerakan Menyamping Kanan 2 Meter	IV-35
Tabel IV. 5 Data Pengukuran Gerakan Menyamping Kiri 2 Meter	IV-35
Tabel IV. 6 Data Pengukuran Gerakan Menyamping Kanan 3 Meter	IV-36
Tabel IV. 7 Data Pengukuran Gerakan Menyamping Kiri 3 Meter	IV-36
Tabel IV. 8 Data Pengukuran Gerakan Maju 1 Meter	IV-37
Tabel IV. 9 Data Pengukuran Gerakan Mundur 1 Meter	IV-37
Tabel IV. 10 Data Pengukuran Gerakan Maju 2 Meter	IV-38
Tabel IV. 11 Data Pengukuran Gerakan Mundur 2 Meter	IV-38
Tabel IV. 12 Data Pengukuran Gerakan Maju 3 Meter	IV-39
Tabel IV. 13 Data Pengukuran Gerakan Mundur 3 Meter	IV-39
Tabel IV. 14 Data Pengukuran Gerakan Miring titik 0.1 X dan 0.1 Y.....	IV-40
Tabel IV. 15 Data Pengukuran Gerakan Miring titik - 0.1 X dan - 0.1 Y	IV-40
Tabel IV. 16 Data Pengukuran Gerakan Miring titik - 0.1 X dan 0.1 Y ..	IV-40
Tabel IV. 17 Data Pengukuran Gerakan Miring titik 0.1 X dan - 0.1 Y ..	IV-41
Tabel IV. 18 Data Pengukuran Gerakan Miring titik 0.18 X dan 0.1 Y...	IV-41
Tabel IV. 19 Data Pengukuran Gerakan Miring titik - 0.18 X dan - 0.1 Y ..	IV-41
Tabel IV. 20 Data Pengukuran Gerakan Miring titik - 0.18 X dan 0.1 Y	IV-42
Tabel IV. 21 Data Pengukuran Gerakan Miring titik 0.18 X dan - 0.1 Y	IV-42
Tabel IV. 22 Data Pengukuran Gerakan Miring titik 0.2 X dan 0.1 Y.....	IV-42
Tabel IV. 23 Data Pengukuran Gerakan Miring titik - 0.2 X dan - 0.1....	IV-43
Tabel IV. 24 Data Pengukuran Gerakan Miring titik - 0.2 X dan 0.1	IV-43
Tabel IV. 25 Data Pengukuran Gerakan Miring titik 0.2 X dan - 0.1	IV-43
Tabel IV. 26 Tabel Percobaan 1 Pelacakan Jalur Sinus	IV-44
Tabel IV. 27 Tabel Percobaan 2 Pelacakan Jalur Sinus	IV-46
Tabel IV. 28 Tabel Percobaan 3 Pelacakan Jalur Sinus	IV-47
Tabel IV. 29 Tabel Percobaan 1 Pelacakan Jalur Angka 8	IV-49
Tabel IV. 30 Tabel Percobaan 2 Pelacakan Jalur Angka 8	IV-50
Tabel IV. 31 Tabel Percobaan 3 Pelacakan Jalur Angka 8	IV-52
Tabel IV. 32 Tabel Percobaan 1 Pelacakan Jalur Lingkaran.....	IV-53
Tabel IV. 33 Tabel Percobaan 2 Pelacakan Jalur Lingkaran.....	IV-55
Tabel IV. 34 Tabel Percobaan 3 Pelacakan Jalur Lingkaran.....	IV-56

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Contoh Robot Edukasi Robotino[28].....	II-1
Gambar II. 2 Gambar dari Omni-directional robot beroda tiga [5].....	II-2
Gambar II. 3 Robot Sepakbola[36]	II-3
Gambar II. 4 Kinematika Robot[38].....	II-4
Gambar II. 5 Pemodelan Motor DC[39]	II-5
Gambar II. 6 Diagram blok kendali loop terbuka dan loop tertutup[43] ...	II-7
Gambar II. 7 Skema kendali PID [12]	II-8
Gambar II. 8 Parameter PID pada Polebot Alfa	II-8
Gambar II. 9 Contoh S_Plane Root Locus[49].....	II-9
Gambar II. 10 Arduino Nano[51]	II-9
Gambar II. 11 Penggerak Motor IBT – 2[53]	II-10
Gambar II. 12 Motor Arus Searah Encoder PG-45 [23].....	II-10
Gambar II. 13 Omniwheel[54]	II-11
Gambar II. 14 Baterai Li-Po	II-11
Gambar II. 15 Polebot Versi Alfa	II-11
Gambar II. 16 Github Open Base oleh Guiritter[38]	II-12
Gambar II. 17 Polebot Alfa	II-12
Gambar II. 18 Bagian Aktuator Polebot Alfa	II-13
Gambar II. 19 Pengkabelan Elektrikal Versi 1 Polebot Alfa	II-14
Gambar II. 20 Pengkabelan Polebot Alfa Versi 2.....	II-14
Gambar II. 21 Desain PCB Polebot Alfa tahun 2022	II-15
Gambar II. 22 Skema ROS[57].....	II-15
Gambar III. 1 Skema VDI2206[58]	III-1
Gambar III. 2 Gambaran Umum Sistem.....	III-3
Gambar III. 3 Polebot Beta tampak depan	III-3
Gambar III. 4 Polebot Beta tampak samping	III-4
Gambar III. 5 Rangkaian elektrik Polebot Beta	III-5
Gambar III. 6 Desain PCB Polebot Beta	III-5
Gambar III. 7 Diagram alir program	III-6
Gambar III. 8 Diagram alir sistem.....	III-6
Gambar III. 9 Sistem Identification Matlab.....	III-7
Gambar III. 10 Open loop transfer function matlab	III-7
Gambar III. 11 <i>Find</i> root locus matlab.....	III-8
Gambar III. 12 Penentuan parameter PID.....	III-8
Gambar III. 14 Skema Sistem Kendali Polebot	III-10
Gambar III. 15 Jalur Sinus	III-11
Gambar III. 16 Jalur Angka delapan.....	III-11
Gambar III. 17 Jalur Lingkaran	III-11
Gambar IV. 1 Polebot Beta	IV-12
Gambar IV. 2 Polebot Tampak Atas.....	IV-12
Gambar IV. 3 Polebot dengan tempat <i>maintenance</i> baterai	IV-13
Gambar IV. 4 Elemen Pengikat pada setiap sisi polebot	IV-13
Gambar IV. 5 Rancangan elektrikal Polebot	IV-14
Gambar IV. 6 Antarmuka Polebot dengan masukkan dan grafik <i>trajectory</i>	IV-14
Gambar IV. 7 Tampilan antarmuka untuk Polebot	IV-15
Gambar IV. 8 <i>rqt_graph</i>	IV-15

Gambar IV. 9 Respon loop terbuka fungsi alih robot	IV-16
Gambar IV. 10 Transfer Fungsi Robot.....	IV-17
Gambar IV. 11 Penentuan parameter K pada root locus	IV-17
Gambar IV. 12 Respon fungsi alih robot dengan Kendali Kp.....	IV-18
Gambar IV. 13 Respon fungsi alih robot menggunakan kendali Kp dan Ki.....	IV-18
Gambar IV. 14 Respon fungsi alih robot menggunakan kendali Kp dan Kd	IV-19
Gambar IV. 15 Respon fungsi alih robot dengan kendali Kp, Ki dan Kd.....	IV-19
Gambar IV. 16 Hasil <i>System Identification</i> Motor 1	IV-21
Gambar IV. 17 Respon fungsi alih loop terbuka motor 1	IV-21
Gambar IV. 18 Karakteristik Respon fungsi alih loop terbuka motor 1.....	IV-22
Gambar IV. 19 Hasil penalaan root locus motor 1	IV-22
Gambar IV. 20 Respon motor 1 setelah diberi kendali PID	IV-23
Gambar IV. 21 Karakteristik motor 1 setelah diberi kendali PID	IV-23
Gambar IV. 22 Respon loop terbuka pada motor 1 di arduino	IV-24
Gambar IV. 23 Respon loop tertutup dengan kendali PID pada motor 1 di arduino	IV-24
Gambar IV. 24 Hasil <i>System Identification</i> Motor 2	IV-25
Gambar IV. 25 Respon fungsi alih loop terbuka motor 2	IV-25
Gambar IV. 26 Karakteristik fungsi alih loop terbuka motor 2	IV-26
Gambar IV. 27 Hasil penalaan root locus motor 2	IV-26
Gambar IV. 28 Respon motor 2 setelah diberi kendali PID	IV-27
Gambar IV. 29 Karakteristik motor 2 setelah diberi kendali PID	IV-27
Gambar IV. 30 Respon loop terbuka pada motor 2 di arduino	IV-28
Gambar IV. 31 Respon loop tertutup dengan kendali PID pada motor 2 di arduino	IV-28
Gambar IV. 32 Hasil <i>System Identification</i> Motor 3	IV-29
Gambar IV. 33 Respon fungsi alih loop terbuka motor 3	IV-29
Gambar IV. 34 Karakteristik fungsi alih loop terbuka motor 3	IV-30
Gambar IV. 35 Penalaan root locus motor 3.....	IV-30
Gambar IV. 36 Respon motor 3 setelah diberi kendali PID	IV-31
Gambar IV. 37 Karakteristik Respon motor 3 setelah diberi kendali PID.....	IV-31
Gambar IV. 38 Respon loop terbuka pada motor 3 di arduino	IV-32
Gambar IV. 39 Respon loop tertutup dengan kendali PID pada motor 3 di arduino	IV-32
Gambar IV. 40 Metode pengukuran jarak robot	IV-33
Gambar IV. 41 Metode pengukuran jarak robot	IV-33
Gambar IV. 42 Hasil Plot Percobaan 1 Pelacakan Jalur Sinus.....	IV-45
Gambar IV. 43 Percobaan 1 Pergerakan sinus	IV-45
Gambar IV. 44 Hasil Plot Percobaan 2 Pelacakan Jalur Sinus.....	IV-46
Gambar IV. 45 Percobaan 2 Pergerakan sinus	IV-47
Gambar IV. 46 Hasil Plot Percobaan 3 Pelacakan Jalur Sinus.....	IV-48
Gambar IV. 47 Percobaan 3 Pergerakan sinus	IV-48
Gambar IV. 48 Hasil Percobaan 1 Pelacakan Jalur Angka 8.....	IV-49
Gambar IV. 49 Percobaan 1 Pergerakan angka delapan.....	IV-50
Gambar IV. 50 Hasil Plot Percobaan 2 Pelacakan Jalur Angka 8.....	IV-51

Gambar IV. 51 Percobaan 2 Pergerakan angka delapan.....	IV-51
Gambar IV. 52 Hasil Plot Percobaan 3 Pelacakan Jalur Angka 8.....	IV-52
Gambar IV. 53 Percobaan 3 Pergerakan angka delapan.....	IV-53
Gambar IV. 54 Hasil Percobaan 1 Pelacakan Jalur Lingkaran.....	IV-54
Gambar IV. 55 Percobaan 1 Pergerakan Lingkaran	IV-54
Gambar IV. 56 Hasil Plot Percobaan 2 Pelacakan Jalur Lingkaran	IV-55
Gambar IV. 57 Percobaan 2 Pergerakan Lingkaran	IV-56
Gambar IV. 58 Hasil Plot Percobaan 3 Pelacakan Jalur Lingkaran	IV-57
Gambar IV. 59 Percobaan 3 Pergerakan Lingkaran	IV-57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Base</i>	xxiii
Lampiran 2 Selimut Depan Robot.....	xxiv
Lampiran 3 Selimut Kanan Robot	xxv
Lampiran 4 Selimut Kiri Robot.....	xxvi
Lampiran 5 Selimut <i>Base</i> Robot.....	xxvii
Lampiran 6 Tempat Mikrokontroller.....	xxviii
Lampiran 7 <i>Cover</i>	xxix
Lampiran 8 Tiang	xxx
Lampiran 9 <i>Base</i> rak	xxxi
Lampiran 10 Selimut Rak Robot.....	xxxii
Lampiran 11 Desain Elektrikal Robot	xxxiii
Lampiran 12 MODUL POLEBOT BETA.....	xxxiv

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

SIMBOL	SINGKATAN
Polebot	Polman Open Platform Educational Robot
TWOMR	<i>Three Wheeled Omnidirectional Mobile Robot</i>
v	tegangan[volt]
m	Panjang [meter]
cm	Panjang [centi meter]
t	waktu [detik]
rpm	rotation per minute
ω/s	kecepatan sudut [radian/second]
v	kecepatan linear [m/s]

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Saat ini robot bergerak beroda memberikan banyak manfaat, contohnya pada bidang keamanan, inspeksi, transportasi kargo, edukasi dan pada bidang lainnya [1]. Penelitian tentang robot edukasi sudah banyak dilakukan. Pada dasarnya robot edukasi dibuat dan dikembangkan dengan tujuan sebagai pembelajaran, meningkatkan analitis, melatih pola pikir dan sebagai kit pelatihan [2]. Dalam hal ini ada beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan, diantaranya adalah biaya dan kemudahan dalam akses untuk penelitian selanjutnya [3]. Untuk pengembangan dan penerapannya dalam bidang pendidikan, robot edukasi berbasis *mobile robot* dirancang [4]. Polebot (*Polman Open Platform Educational Robot*) merupakan robot edukasi berbentuk heksagon dan merupakan robot TWOMR (*Three Wheeled Omnidirectional Mobile Robot*) atau robot bergerak beroda tiga berjenis *holonomic* yang dapat bergerak secara translasi dan rotasi [5]. Perencanaan jalur (*Path Planning*) dan Pelacakan jalur (*Path Tracking* atau *Trajectory Tracking*) adalah dua masalah utama pada robot bergerak beroda [6]. Tujuan dari sistem kendali pelacakan jalur adalah untuk menentukan kecepatan linear dan angular dari robot yang membuat robot bergerak pada jalur yang diinginkan [7]. Karena salah satu aspek penting pada *mobile robot* adalah sistem pergerakan [8], Sehingga penelitian tentang penerapan kendali pelacakan jalur pada Polebot perlu dilakukan.

Banyak dari teknik kendali pelacakan jalur yang sudah ditemukan dan diterapkan pada robot bergerak beroda [9] diantaranya *Sliding Mode control* [10], *Model Predictive Control* [11], PID [12], dll. Pada penelitian sebelumnya, kendali pelacakan lintasan dengan metode PID telah diterapkan pada beberapa jenis robot diantaranya adalah *differensial Drive mobile robot* [13], robot *omnidirectional beroda tiga* [14] dan *beroda empat* [15]. Penelitian dengan menggunakan *differensial drive mobile robot* pada pelacakan lintasan dengan metode PID berhasil melacak lintasan NURBS dengan kesalahan yang kecil [16]. Pada penelitian robot *omnidirectional beroda empat* penggunaan kendali PID menghasilkan tingkat

kesalahan kecepatan linier pada robot sebesar 2% [17] . Pada penelitian penerapan kendali pelacakan jalur pada robot beroda tiga omnidirectional terdapat beberapa metode yang digunakan diantaranya adalah, PI [18] dan PID [19]. Pada penelitian kendali pelacakan lintasan yang menggunakan metode kendali PI , sistem kendali bekerja dengan baik dan mengarahkan pergerakan robot pada lintasan dengan interval waktu yang kecil dengan sistem kendali loop tertutup [18]. Penelitian berikutnya adalah pada robot omnidirectional yang digunakan untuk melayani pasien di rumah sakit. Robot ini menggunakan kendali P , PID dan PD. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah robot masih belum dapat mengurangi kesalahan pada permukaan yang kurang rata. Penggunaan kendali PID menghasilkan kesalahan yang kecil pada lintasan daripada kendali yang lain [19]. Dari hasil penelitian kendali pelacakan jalur sebelumnya, pada penelitian ini Polebot akan menggunakan PID sebagai sistem kendali pada pelacakan jalur. PID dipilih karena memiliki struktur yang sederhana, mudah dalam implementasi [20] dan menjadi awal dari sistem kendali yang digunakan dikarenakan belum adanya penelitian dengan menggunakan sistem kendali tersebut pada Polebot.

Tujuan dari penelitian ini adalah dapat memperbaiki desain mekanik dan elektrik, mengimplementasikan kendali PID pada Polebot serta pada setiap motor yang digunakan pada pergerakan Polebot untuk melacak jalur. Dengan digunakannya platform ROS [21] [22] diharapkan untuk mempermudah integrasi antara komputasi pelacakan lintasan dan data masukkan yang dikirimkan menuju motor arus searah [23]. Penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan robot edukasi[24] milik Polman sendiri dan menjadi awal untuk pengembangan Polebot versi berikutnya.

I.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang, maka didapatkan permasalahan yang menjadi dasar penelitian untuk diselesaikan dan dicari solusinya. Permasalahan dalam penelitian ini dapat didefinisikan dan diuraikan sebagai berikut.

1. Apakah sistem kendali PID yang diterapkan pada Polebot sudah tepat ?
2. Apakah sistem kendali PID yang diterapkan pada setiap Motor Polebot sudah tepat ?

3. Apakah rumus pelacakan jalur berhasil di implementasikan ?
4. Apakah Polebot berhasil mengikuti titik - titik koordinat jalur ?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Robot yang digunakan adalah satu robot Polebot dengan tiga *omniwheel*.
2. Tidak terdapat halang rintang saat robot sedang bergerak.
3. Permukaan yang di lalui robot permukaan datar.
4. Personal komputer digunakan sebagai master untuk melakukan kalkulasi koordinat robot.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian Sistem Kendali Pelacakan Jalur Pada *Three Wheeled Omnidirectional Mobile Robot* Berbasis PID ini adalah

1. Tujuan Umum
 - a. Membuat Polebot bergerak mengikuti jalur
 - b. Menerapkan penalaan PID dengan metode root locus
 - c. Memperbaiki desain mekanik Polebot
 - d. Memperbaiki desain elektrik Polebot
 - e. Membuat modul pembelajaran Polebot
2. Tujuan Khusus
 - a. Membuat kendali pelacakan jalur pada Polebot
 - b. Penerapan sistem kendali PID pada kendali pelacakan jalur Polebot
 - c. Penerapan sistem kendali PID pada setiap motor arus searah yang digunakan.

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Pendidikan

Menambah sumber kepustakaan bagi Politeknik Manufaktur Bandung khususnya jurusan AE (*Automation Engineering*) tentang sistem kendali pelacakan jalur pada Polebot
2. Bagi Peneliti

Menambah Ilmu dan wawasan serta pengalaman tentang kendali pelacakan jalur pada Polebot yang dapat dikembangkan dimasa depan

3. Bagi Masyarakat

Polebot ini diharapkan dapat menjadi robot yang berguna untuk berbagai bidang terutama di dalam ruangan

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi hasil yang di dapat, dan pembahasan atau analisa dari hasil yang di dapat.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan dari hasil yang di dapat