

**SKRIPSI**

**SISTEM KENDALI PADA PERGERAKAN POSISI *HUMANOID ROBOT*  
BERODA MENGGUNAKAN PID**



**Disusun Untuk Memenuhi Syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Univeristas Sriwijaya**

**Oleh:**

**MUHAMMAD AL DAFFA TUMAGA T.  
03041281823031**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERISTAS SRIWIJAYA  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**SISTEM KENDALI PADA PERGERAKAN POSISI HUMANOID ROBOT**  
**BERODA MENGGUNAKAN PID**



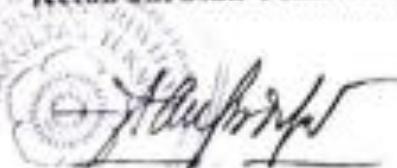
**SKRIPSI**

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Univeristas Sriwijaya**

Oleh:

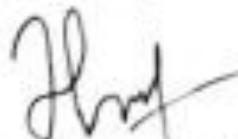
**MUHAMMAD AL DAFFA TUMAGA T.**  
03041281823031

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP : 197108141999031005

Indralaya, 16 Juli 2022  
Menyetujui,  
Pembimbing Utama



Hera Hikmarika, S.T., M.Eng.  
NIP : 197812072002122002

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Al Daffa Tumaga T.  
NIM : 03041281823031  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro  
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin : 3%

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul "Sistem Kendali pada Pergerakan Posisi Humanoid Robot Beroda Menggunakan PID", merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

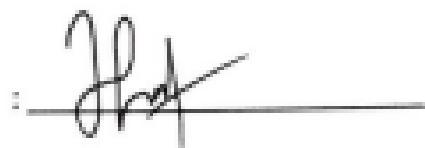
Indralaya, 16 Juli 2022



Muhammad Al Daffa Tumaga T.  
NIM. 03041281823031

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dari dalam pandangan saya ruang lingkup dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan



Pembimbing Utama : Hera Hikmarika, S.T., M.Eng.

Tanggal

: 21/07/2022

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Al Daffa Tumaga T.

NIM : 03041281823031

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**SISTEM KENDALI PADA PERGERAKAN HUMANOID ROBOT  
BERODA MENGGUNAKAN PID**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media /formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Palembang  
Pada Tanggal 16 Juli 2022  
Yang menyatakan,



Muhammad Al Daffa Tumaga T  
NIM. 03041281823031

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga dan para sahabat. Berkat rahmat dan ridho Allah SWT, penulis bisa membuat skripsi ini yang berjudul “Sistem Kendali pada Pergerakan Posisi Humanoid Robot Beroda Menggunakan PID”.

Pembuatan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya Yanti Latifah dan Taufik Abdullah, saudara, serta keluarga yang senantiasa mendukung dan menyemangati saya dalam menjalani kuliah dan membiayai saya untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
3. Ibu Hera Hikmarika, S.T., M.Eng. selaku dosen serta pembimbing tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprapto, S.T., M.T. dan Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S. selaku pencetus dan memberikan bimbingan pada tugas akhir ini serta pengembang ide.
5. Dosen pembimbing akademik, Ibu Herlina S.T., M.T. yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan dan memberi saran serta masukan dalam pengambilan mata kuliah.
6. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
7. Saudara Ahmad Rizky Amirulsyah selaku rekan kerja yang selalu bersemangat dalam pembuatan tugas akhir ini.
8. Saudara Ahmad Reinaldi Akbar, M. Najhan Trialdy P, Darma sandi, Muhammad Iqbal, Naufal Ghifari, Muhammad Yevandry, Patrick Kusuma Wijaya, saudari Diah Rahmah Dini dan Mutiyara.

9. Teman – teman Klub Robotika UNSRI yang selalu membantu, menyemangati dan mengisi hari-hari menjadi sangat menyenangkan.
10. Dan pihak-pihak yang sangat membantu dalam penulisan skripsi tugas akhir ini yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam penulisan usulan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan wawasan yang lebih luas kepada pembaca. Oleh karena itu, kritik, dan saran yang membangun sangat penulis harapkan agar dapat menjadi evaluasi yang baik dan berguna untuk perbaikan ke depannya.

Indralaya, 16 Juli 2022



Muhammad Al Daffa Tumaga T.  
NIM. 03041281823031

**ABSTRAK**

**SISTEM KENDALI PADA PERGERAKAN POSISI HUMANOID ROBOT**

**BERODA MENGGUNAKAN PID**

(Muhammad Al Daffa Tumaga T., 03041281823031, 2022, 80 halaman)

---

Perkembangan teknologi di masa sekarang telah berkembang dengan sangat pesat. Salah satunya adalah di bidang teknologi dengan adanya mesin dan robot yang semakin canggih. Jenis robot yang dikembangkan saat ini adalah *humanoid robot*. Robot manusia (*humanoid robot*) adalah robot yang memiliki bentuk dan diprogram untuk menyerupai manusia, seperti berkomunikasi dan meniru pergerakan manusia yang kompleks, seperti pergerakan tangan, kaki, kepala, dan badan manusia. Salah satu bentuk robot manusia yang dikembangkan adalah robot manusia beroda, robot tersebut memiliki sistem mekanik beroda untuk berpindah posisi, untuk mencapai pergerakan yang cepat dan akurat tersebut diperlukan suatu metode sistem pengendali. Maka, pada penelitian ini dikembangkan suatu *humanoid robot* beroda yang menggunakan metode pengendali PID sebagai sistem pergerakan perpindahan posisi robot manusia beroda. *Controller PID* merupakan pengendali yang sederhana dan akurat dalam mempertahankan nilai *setpoint*. Sehingga, robot manusia beroda dapat melakukan perpindahan posisi secara cepat dan akurat. *Humanoid robot* beroda yang dikembangkan pada penelitian ini juga akan menggunakan *swerve drive* sebagai penggeraknya. *Serve drive* dapat digunakan untuk semua *drive train*, dimana semua roda penggerak dapat dikemudikan sehingga robot dapat bergerak ke segala arah dan secara independen menerjemahkan orientasi sasisnya. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah sistem kendali PID yang digunakan sebagai sistem kendali gerak dalam melakukan rotasi pergerakan arah hadap sudut robot dan perpindahan posisi robot menunjukkan hasil yang baik, dibuktikan dengan beberapa pengujian dimana saat melakukan perpindahan posisi menggunakan pengendali PID dengan nilai  $K_p = 4,8$ ,  $K_i = 12$ , dan  $K_d = 0,4608$  menunjukkan robot dapat berpindah menuju *setpoint* dengan nilai *error* yang kecil, dan saat melakukan perputaran arah hadap sudut robot, pengendali PI dengan nilai  $K_p = 3,2$ , dan  $K_i = 5$  menunjukkan hasil robot dapat berputar menghadap sudut *setpoint* dengan akurat dan cepat.

**Kata Kunci :** *Humanoid Robot, Swerve Drive, PID, Sistem Kontrol, Posisi.*

## **ABSTRACT**

### **CONTROL SYSTEM ON THE MOVEMENT OF THE POSITION OF THE WHEELED HUMANOID ROBOT USING PID**

(Muhammad Al Daffa Tumaga T., 03041281823031, 2022, 80 Pages)

---

*The development of technology today has developed very rapidly. One of them is in the field of technology with increasingly sophisticated machines and robots. The type of robot being developed at this time is a humanoid robot. humanoid robot is a robot that has a shape and is programmed to resemble a human being, such as communicating and imitating complex human movements, such as the movement of the hands, feet, head, and human body. One form of human robot that has been developed is a wheeled humanoid robot, the robot has a mechanical system on wheels to change its positions, in order to achieve fast and accurate movement, a control system method is needed. Thus, in this study, a wheeled humanoid robot was developed that uses the PID control method as a movement system for the movement of the wheeled human robot. The PID controller is a simple and accurate controller in maintaining the setpoint value. Thus, the wheeled human robot can move positions quickly and accurately. The wheeled humanoid robot developed in this study will also use a swerve drive as its propulsion. Swerve drives can be used for all drive trains, where all the drive wheels can be steered so that the robot can move in any direction and independently translates the orientation of the chassis. The results obtained from this study are the PID control system which is used as a motion control system in rotating the movement towards the angle of the robot and moving the position of the robot showing good results, evidenced by several tests where when changing positions using the PID controller with values of  $K_p = 4.8$ ,  $K_i = 12$ , and  $K_d = 0.4608$ , it shows the robot can move to the setpoint with a small error value, and when rotating the direction of the robot facing the angle, the PI controller with values of  $K_p = 3.2$ , and  $K_i = 5$  shows the result that the robot can rotate towards the setpoint angle accurately and quickly.*

**Keywords :** *Humanoid Robot, Swerve Drive, PID, Control System, Position.*

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI .....</b>	ix
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	xi
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	xiii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Keaslian Penelitian .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	5
2.1. <i>State Of the Art</i> .....	5
2.2. <i>Autonomous Robot</i> .....	8
2.3. <i>Humanoid Robot</i> .....	8
2.4. <i>Swerve Drive</i> .....	8
2.5. <i>Kinematic</i> .....	9
2.5.1. <i>Forward Kinematic</i> .....	9
2.5.2. <i>Inverse Kinematic</i> .....	10
2.6. Sistem Kendali PID Controller .....	11
2.6.1. Kontrol Proporsional .....	12
2.6.2. Kontrol Integral .....	13
2.6.3. Kontrol Derivatif .....	13
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN .....</b>	14
3.1. Alur Penelitian .....	14
3.2. Studi Literatur .....	14
3.3. Perancangan Sistem .....	14
3.3.1. <i>Hardware System</i> .....	15
3.3.1.1. Motor DC .....	15
3.3.1.2. Sensor Gyroscope .....	16
3.3.1.3. Rotary Encoder .....	16
3.3.1.4. Driver Motor .....	16
3.3.1.5. Microcontroller .....	17
3.3.1.6. Potensiometer .....	17
3.3.2. <i>Software System</i> .....	17
3.3.2.1. Perancangan Matematis .....	18
3.3.2.2. Pemrograman Sistem .....	18
3.4. Pengujian Sistem .....	19
3.5. Analisa dan Kesimpulan .....	20
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	21
4.1. Pembuatan Alat Sistem Penggerak Humanoid Robot .....	21
4.2. Pengujian Nilai Sensor dengan Nilai Sebenarnya .....	21

4.2.1. Pengujian Akurasi Sensor <i>Gyroscope MPU-6050</i> .....	22
4.2.2. Pengujian Akurasi Sensor <i>Rotary Encoder</i> .....	22
4.3. Pengujian Pencarian Nilai Konstanta PID Menggunakan MATLAB .....	23
4.3.1. Pengujian Perpindahan Posisi pada Sumbu X pada <i>Simulink</i> .....	24
4.3.2. Pengujian Perpindahan Posisi pada Sumbu Y pada <i>Simulink</i> .....	26
4.3.3. Pengujian Arah Hadap Sudut Robot pada <i>Simulink</i> .....	28
4.4. Pengujian Pencarian Konstanta PID Secara <i>Real Time</i> .....	30
4.4.1. Pengujian Arah Hadap Sudut Robot secara <i>Real Time</i> .....	30
4.4.2. Pengujian Perpindahan Posisi Robot secara <i>Real Time</i> .....	32
4.5. Pengujian Metode PID pada sistem <i>Humanoid Robot</i> tipe <i>swerve drive</i> .....	34
4.5.1. Pengujian Pergerakan Arah Hadap Kemudi <i>Swerve Drive</i> .....	34
4.5.2. Pengujian Pergerakan Arah Hadap Sudut $\theta$ pada <i>Humanoid Robot</i> ....	36
4.5.3. Pengujian Perpindahan Posisi <i>Humanoid Robot</i> .....	38
4.5.3.1. Perpindahan Posisi pada Sumbu X .....	38
4.5.3.2. Perpindahan Posisi pada Sumbu Y .....	41
4.5.3.3. Perpindahan Posisi pada Sumbu XY .....	43
4.5.3.4. Pengujian Pergerakan Robot pada Banyak Titik <i>Setpoint</i> .....	45
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	46
5.1. Kesimpulan .....	46
5.2. Saran.....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	47
<b>LAMPIRAN</b> .....	48

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Hasil pengujian <i>mobile robot</i> dengan rintangan berbeda.....	5
Gambar 2.2. Lintasan pergerakan <i>mobile robot</i> .....	5
Gambar 2.3. Lintasan pergerakan <i>mobile robot</i> .....	6
Gambar 2.4. Diagram percepatan <i>mobile robot</i> .....	7
Gambar 2.5. <i>Humanoid Robot</i> .....	8
Gambar 2.6. Pergerakan Manuver <i>Swerve Drive</i> .....	8
Gambar 2.7. <i>Swerve Drive Kinematic</i> .....	10
Gambar 2.8. Karakteristik Keluaran Suatu Sistem dengan Penambahan Kp .....	12
Gambar 2.9. Blok Diagram PID.....	12
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Alur Penelitian.....	14
Gambar 3.2. Desain sistem mekanik pergerakan <i>humanoid robot</i> .....	15
Gambar 3.3. <i>Motor DC PG45</i> .....	15
Gambar 3.4. Sensor <i>Gyroscope</i> .....	16
Gambar 3.5. <i>Rotary encoder</i> .....	16
Gambar 3.6. <i>Driver motor BTS7960 H-bridge</i> .....	16
Gambar 3.7. <i>Arduino Mega 2560</i> .....	17
Gambar 3.8. Potensiometer .....	17
Gambar 3.8. Block diagram sistem kendali pergerakan <i>humanoid robot</i> .....	18
Gambar 3.9. <i>Flowchart</i> algoritma pemrograman.....	19
Gambar 4.1. Sistem penggerak tipe <i>swerve drive</i> .....	21
Gambar 4.2. Pemodelan Fungsi Alih pada <i>Simulink</i> .....	23
Gambar 4.3. Grafik Perpindahan pada Sumbu X <i>Simulink</i> saat Ku = 3 .....	24
Gambar 4.4. Grafik Perpindahan pada Sumbu X <i>Simulink</i> saat Ku = 5 .....	25
Gambar 4.5. Grafik Perpindahan pada Sumbu X <i>Simulink</i> saat Ku = 8. ....	25
Gambar 4.6. Grafik Perpindahan pada Sumbu Y <i>Simulink</i> saat Ku = 3 .....	26
Gambar 4.7. Grafik Perpindahan pada Sumbu Y <i>Simulink</i> saat Ku = 5 .....	27
Gambar 4.8. Grafik Perpindahan pada Sumbu Y <i>Simulink</i> saat Ku = 8. ....	27
Gambar 4.9. Grafik Rotasi Arah Hadap Robot <i>Simulink</i> saat Ku = 3.....	28
Gambar 4.10. Grafik Rotasi Arah Hadap Robot <i>Simulink</i> saat Ku = 5.....	29
Gambar 4.11. Grafik Rotasi Arah Hadap Robot <i>Simulink</i> saat Ku = 8.....	29
Gambar 4.12. Grafik Rotasi Arah Hadap Robot <i>Real Time</i> saat Ku = 3 .....	30
Gambar 4.13. Grafik Rotasi Arah Hadap Robot <i>Real Time</i> saat Ku = 5 .....	31
Gambar 4.14. Grafik Rotasi Arah Hadap Robot <i>Real Time</i> saat Ku = 8. ....	31
Gambar 4.15. Grafik Perpindahan Posisi Robot <i>Real Time</i> saat Ku = 3 .....	32
Gambar 4.16. Grafik Perpindahan Posisi Robot <i>Real Time</i> saat Ku = 5 .....	33
Gambar 4.17. Grafik Perpindahan Posisi Robot <i>Real Time</i> saat Ku = 8. ....	33
Gambar 4.18. Grafik gelombang rotasi kemudi <i>swerve drive P</i> .....	35
Gambar 4.19. Grafik gelombang rotasi kemudi <i>swerve drive PID</i> .....	35
Gambar 4.20. Grafik uji arah sudut hadap robot menggunakan P .....	36
Gambar 4.21. Grafik uji arah sudut hadap robot menggunakan PI.....	37

Gambar 4.22. Grafik uji arah sudut hadap robot menggunakan PID .....	37
Gambar 4.23. Grafik Uji Perpindahan Posisi Robot pada Sumbu X P .....	39
Gambar 4.24. Grafik Uji Perpindahan Posisi Robot pada Sumbu X PI.....	39
Gambar 4.25. Grafik Uji Perpindahan Posisi Robot pada Sumbu X PID.....	40
Gambar 4.26. Grafik Uji Perpindahan Posisi Robot pada Sumbu Y P .....	41
Gambar 4.27. Grafik Uji Perpindahan Posisi Robot pada Sumbu Y PI.....	41
Gambar 4.28. Grafik Uji Perpindahan Posisi Robot pada Sumbu Y PID.....	42
Gambar 4.29. Grafik Uji Perpindahan Posisi Robot pada Sumbu XY P .....	43
Gambar 4.30. Grafik Uji Perpindahan Posisi Robot pada Sumbu XY PI.....	44
Gambar 4.31. Grafik Uji Perpindahan Posisi Robot pada Sumbu XY PID.....	44
Gambar 4.31. <i>Plot</i> grafik perpindahan robot pada jalur <i>track setpoint</i> .....	45
Gambar 4.32. Jalur <i>track</i> perpindahan posisi robot. ....	46

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. <i>Mobile robot trajectory</i> .....	7
Tabel 2.2. Tabel Ziegler-Nichols .....	12
Tabel 4.1. Pengujian akurasi sensor <i>gyroscope MPU-6050</i> .....	22
Tabel 4.2. Pengujian akurasi sensor <i>rotary encoder</i> .....	22
Tabel 4.3. Tabel PID Zieger-Nichols Perpindahan Posisi Sumbu X <i>Simulink</i> .....	26
Tabel 4.4. Tabel PID Zieger-Nichols Perpindahan Posisi Sumbu Y <i>Simulink</i> .....	28
Tabel 4.5. Tabel PID Zieger-Nichols Rotasi Arah Hadap Sudut <i>Simulink</i> .....	30
Tabel 4.6. Tabel PID Zieger-Nichols Rotasi Arah Hadap Sudut <i>Real Time</i> .....	32
Tabel 4.7. Tabel PID Zieger-Nichols Perpindahan Posisi Robot <i>Real Time</i> .....	34
Tabel 4.8. Hasil perbandingan kemudi <i>swerve drive</i> dengan kendali P dan PID.	36
Tabel 4.9. Hasil Pengujian 3 PID Ziegler-Nichols pada Arah Sudut Robot.....	38
Tabel 4.10. Pengujian 3 PID Ziegler Pada Perpindahan Posisi Robot Sumbu X .	40
Tabel 4.11. Pengujian 3 PID Ziegler Pada Perpindahan Posisi Robot Sumbu Y.	42
Tabel 4.12. Pengujian 3 PID Ziegler Pada Posisi Robot Sumbu XY di X .....	44
Tabel 4.13. Pengujian 3 PID Ziegler Pada Posisi Robot Sumbu XY di Y .....	45
Tabel 4.14. Pengujian Robot pada Jalur <i>Setpoint</i> . .....	46

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Perkembangan teknologi di masa sekarang telah berkembang dengan sangat pesat. Salah satunya adalah di bidang teknologi dengan adanya mesin dan robot yang semakin canggih. Robot adalah jenis mesin yang telah diprogram sehingga dapat bergerak secara otomatis dan efisien. Jenis robot yang dikembangkan saat ini adalah *humanoid robot*. Robot manusia (*humanoid robot*) adalah robot yang memiliki bentuk dan diprogram untuk menyerupai manusia, seperti berkomunikasi dan meniru pergerakan manusia yang kompleks, seperti pergerakan tangan, kaki, kepala, dan badan manusia. Salah satu bentuk robot manusia yang dikembangkan adalah robot manusia beroda, robot tersebut memiliki sistem mekanik beroda untuk berpindah posisi.

Robot manusia membutuhkan sistem kendali yang baik agar dapat dengan sempurna meniru gerakan manusia. Robot manusia harus dapat bergerak dan mengubah posisi dengan cepat, akurat dan stabil. Untuk mencapai pergerakan yang cepat dan akurat tersebut diperlukan suatu metode sistem pengendalian. Ada banyak metode sistem kendali yang telah dikembangkan untuk robot manusia, seperti metode *fuzzy Logic* [1], *memorized omni-directional images* [2], *proportional-integral-derivative controller* [3]. Namun, masalah umum yang dihadapi pada sistem kendali yang digunakan adalah kurangnya akurasi dan presisi dalam mempertahankan *output* keluaran sehingga hasil tujuan perpindahan posisi yang diharapkan masih belum tercapai secara maksimal.

Untuk menghasilkan perpindahan robot manusia secara cepat, *flexible* terhadap kondisi lingkungan, dan dapat mempertahankan akurasi perpindahan. Hee Rak Beom dkk [1] dalam penelitiannya memanfaatkan metode navigasi berbasis sensor dengan metode *fuzzy logic* dan Sang Hyuk Park dkk [4] mengimplementasikan *type-2 fuzzy self-tuning PID controller* untuk meningkatkan performansi secara otomatis pada *mobile robot*. Kedua penelitian ini sudah cukup baik dalam pengimplementasinya dan mendapatkan nilai *error* yang rendah. Namun, inputan data sensor yang dipakai masih sedikit dan pembuatan *mobile robot* tersebut cukup rumit sehingga masih menggunakan simulasi 3D. Penelitian yang dilakukan Putra Wisnu Agung Sucipto dkk [3] bertujuan untuk membuat sebuah pengendali gerak robot *omni directional* menggunakan pengendali PID. Data hasil penelitian menunjukkan bahwa manuver gerak robot ini dipengaruhi oleh pengaturan arah dan besar nilai kecepatan ketiga motor penggerak yang terpasang pada robot. Data hasil percobaan yang mereka lakukan sudah baik. Namun, hasil akan lebih baik jika ditambahkan sensor pada *mobile robot* sehingga robot dapat berjalan dan menghindari rintangan secara otomatis. Penelitian yang dilakukan oleh Dilip

Kumar Pratihar dkk [5] menggunakan *fuzzy-genetic algorithm* pada *mobile robot* untuk melewati lintasan dengan rintangan yang statis atau tidak berubah. Meskipun demikian, perhitungan yang diperlukan masih terlalu banyak dan masih terdapat kemungkinan *mobile robot* untuk menabrak rintangan yang terdapat pada jalur. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Lixing Tang dkk berfokus pada navigasi *indoor* dengan menggunakan metode sistem kendali *memorized omni-directional images* [2]. Pada penelitian tersebut, didapatkan hasil *mobile robot* yang mampu berjalan sesuai dengan arah tujuan yang diharapkan secara otomatis, namun masih terdapat *error* yang dikarenakan rentannya kesalahan input gambar dari sensor kamera yang terpasang pada *mobile robot*.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya, sistem kendali yang dibuat masih terlalu kompleks [4] dan belum diimplementasikan secara *real* atau hanya dalam bentuk simulasi. Maka, pada penelitian ini dikembangkan suatu *humanoid robot* yang menggunakan metode pengendali PID sebagai sistem perpindahan posisi robot manusia beroda. *Controller PID* merupakan pengendali yang sederhana dan akurat dalam mempertahankan nilai *setpoint*. Sehingga, robot manusia beroda dapat melakukan perpindahan posisi secara cepat dan akurat. Pengendali ini akan diterapkan sebagai sistem kendali pergerakan posisi robot manusia beroda menggunakan sensor *rotary encoder* dan sensor *gyroscope*. *Controller PID* merupakan kontroler mekanisme umpan balik yang biasanya dipakai pada sistem kontrol industri. Sebuah *controller PID* secara kontinu menghitung nilai kesalahan sebagai beda antara *setpoint* yang diinginkan dan variabel proses terukur. Kontroler akan meminimalkan nilai kesalahan setiap waktu dengan pengaturan variabel kontrol. Metode ini merupakan metode sistem kendali yang sederhana dan akurat karena penghitungan *error* yang telah ditentukan secara matematis dan mudah untuk mendapatkan nilai *setpoint*.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, robot manusia (*humanoid robot*) harus dapat melakukan perpindahan posisi dari lokasi awal menuju lokasi *setpoint* dengan cepat dan akurat layaknya seorang manusia. Namun, metode yang ada saat ini memiliki akurasi dan presisi yang masih rendah pada navigasi robot.

## 1.3. Tujuan

Adapun berdasarkan perumusan masalah diatas, tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan suatu sistem kendali PID *controller* menggunakan kontrol P, kontrol PI, dan kontrol PID sebagai sistem kendali posisi pada pergerakan *humanoid robot*. Selain itu, pada penelitian ini juga akan meningkatkan nilai akurasi dan stabilitas pada navigasi dan kecepatan pergerakan *humanoid robot*.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Agar penelitian ini lebih terfokus dan tidak meluas dari pembahasan, maka unsur penelitian ini dibatasi pada:

- a. Sistem kendali yang digunakan adalah PID *controller*.
- b. Nilai masukan yang diterima oleh sistem kendali berupa posisi tujuan robot pada koordinat kartesius dengan sumbu x, sumbu y, dan arah hadap robot pada sumbu z (*yaw*).
- c. Proses sistem kendali yang dilakukan, menggunakan mikrokontroler Arduino dengan bahasa pemrograman Arduino.
- d. Output yang dipakai akan menggunakan perhitungan *variable P, I, and D*.
- e. Penentuan nilai input menggunakan sensor *rotary encoder*.
- f. Penentuan nilai arah hadap robot dilakukan menggunakan sensor *gyroscope*.

#### **1.5. Keaslian Penelitian**

Penelitian yang dilakukan ini memiliki beberapa kemiripan dan karakteristik yang sama pada tema dan kajian dengan penelitian terdahulu, yaitu mengenai sistem kendali perpindahan posisi robot beroda secara otomatis. Hee Rak Beom dkk [1] dalam penelitian nya membuat sistem navigasi *mobile robot* berbasis sensor dengan metode sistem kendali *fuzzy logic*. Penelitian ini sudah baik dalam melakukan perpindahan dan navigasi *mobile robot* bahkan untuk lingkungan yang tak tentu. Namun semakin banyak input yang diberikan oleh sensor pada *mobile robot* akan membuat respon sistem dalam perhitungan matematis akan menjadi lebih lambat atau kurang *responsive*.

Kemudian penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Sang Hyuk Park dkk [4]. Penelitian tersebut membahas mengenai peningkatan performa secara otomatis pada *mobile robot* menggunakan sistem kendali *type 2 fuzzy self tuning PID controller*. Penelitian tersebut menggunakan simulasi dalam mendapatkan data *mobile robot* menggunakan Matlab/Simulink. Pada penelitian ini data yang didapatkan sudah baik, akan tetapi pengaplikasian yang dilaksanakan hanya terbatas pada Matlab saja dan belum ada pengaplikasian secara langsung. Selain itu, metode pergerakan masih terbatas hanya pada penggunaan sensor jarak.

Penelitian dari Dilip Kumar Pratihar dkk [5] menggunakan algoritma *fuzzy-genetic* pada *mobile robot* dalam melewati lintasan dengan rintangan yang diam. Penelitian ini menunjukkan *mobile robot* berhasil mendapatkan waktu yang optimal dalam melewati jalur penuh rintangan. Meskipun demikian, perhitungan yang diperlukan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan terlalu banyak dan masih terdapat kemungkinan *mobile robot* menabrak rintangan yang terdapat pada jalur. Hal ini terjadi karena penelitian tersebut tidak menggunakan sensor sama sekali dan fokus pada perhitungan secara manual dalam penentuan jarak dan besaran rintangannya.

Selanjutnya penelitian oleh Putra Wisnu Agung Sucipto dkk [3] menggunakan algoritma PID *controller* untuk mengatur kecepatan gerak robot omnidireksional

tiga roda, dimana gerak manuver robot ini dipengaruhi oleh pengaturan arah dan besar nilai kecepatan pada ketiga motor penggerak yang terpasang pada robot. Hasil penelitian yang didapatkan adalah terjadinya *error* pada pergerakan robot yang cenderung mendekati nol, tanpa adanya lewatan variasi puncak-puncak tegangan. Hasil tersebut sudah baik dalam hal penggunaan sistem kendali PID. Namun robot masih belum dapat berpindah posisi secara otomatis sehingga komponen sensor tambahan sebagai inputan sangat diperlukan.

Lixin Tang dkk [2] melakukan penelitian yang berfokus pada navigasi *indoor* menggunakan metode sistem kendali *memorized omni-directional images*. Hal tersebut dilakukan dengan cara *mobile robot* yang telah terpasang sensor kamera berjalan pada jalur lintasan yang telah disiapkan dengan dikontrol secara manual. Lalu, pengerakan robot tersebut dan gambar jalur lintasan serta rintangannya disimpan untuk selanjutnya diproses agar *mobile robot* nantinya dapat berjalan secara otomatis. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa *mobile robot* mampu berjalan sesuai dengan arah tujuan yang diharapkan secara otomatis, namun terjadi beberapa *error* dikarenakan rentannya kesalahan inputan gambar dari sensor kamera yang terpasang pada *mobile robot*.

Berdasarkan kekurangan-kekurangan yang terdapat pada penelitian terdahulu, maka penelitian ini akan fokus menggunakan sistem kendali PID *controller* sebagai sistem pengerakan robot manusia (*humanoid robot*), dan dibantu dengan inputan dari sensor *gyroscope* dan sensor *rotary encoder*, sehingga robot manusia beroda diharapkan dapat bergerak berpindah posisi dengan perhitungan yang sederhana namun akurat dan dapat berjalan melewati rintangan secara stabil pada lingkungan yang tak tentu.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Rak Beom and H. Suck Cho, “A Sensor-Based Navigation for a Mobile Robot Using Fuzzy Logic and Reinforcement Learning,” *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.*, vol. 25, no. 3, pp. 464–477, 1995, doi: 10.1109/21.364859.
- [2] L. Tang and S. Yuta, “Indoor navigation for mobile robots using memorized omni-directional images and robot’s motion,” *IEEE Int. Conf. Intell. Robot. Syst.*, vol. 1, no. October, pp. 269–274, 2002, doi: 10.1109/irds.2002.1041400.
- [3] P. W. A. Sucipto and A. Firasanti, “Pengendali PID untuk Pengaturan Kecepatan Gerak Robot Omnidireksional Tiga Roda,” *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, vol. 6, no. 1, pp. 66–74, 2020, doi: 10.15575/telka.v6n1.66-74.
- [4] S. H. Park, K. W. Kim, W. H. Choi, M. S. Jie, and Y. I. Kim, “The Autonomous Performance Improvement of Mobile Robot using Type-2 Fuzzy Self-Tuning PID Controller,” vol. 138, no. Isi, pp. 182–187, 2016, doi: 10.14257 astl.2016.138.37.
- [5] D. Kumar Pratihar, K. Deb, and A. Ghosh, “Fuzzy-genetic algorithms and mobile robot navigation among static obstacles,” *Proc. 1999 Congr. Evol. Comput. CEC 1999*, vol. 1, no. i, pp. 327–334, 1999, doi: 10.1109/CEC.1999.781943.
- [6] W. Gueaieb and S. Miah, “An intelligent mobile robot navigation technique using RFID technology,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 57, no. 9, pp. 1908–1917, 2008, doi: 10.1109/TIM.2008.919902.
- [7] A. Vinogradov, A. Terentev, M. Kochetkov, and V. Petrov, “Model of fuzzy regulator of mobile robot motion control system,” *Proc. 2019 IEEE Conf. Russ. Young Res. Electr. Electron. Eng. ElConRus 2019*, pp. 2109–2112, 2019, doi: 10.1109/EIConRus.2019.8657027.
- [8] R. R. Y. Zhen and A. A. Goldenberg, “Adaptive approach to constrained robot motion control,” *Proc. - IEEE Int. Conf. Robot. Autom.*, vol. 2, pp. 1833–1838, 1995, doi: 10.1109/ROBOT.1995.525535.
- [9] N. Alfiany, G. Jati, N. Hamid, R. A. Ramadhani, M. W. Dhanar Santika, and W. Jatmiko, ‘Kinematics and Simulation Model of Autonomous Indonesian

- ‘Becak’ Robot,” *2020 IEEE Reg. 10 Symp. TENSYMP 2020*, no. June, pp. 1692–1695, 2020, doi: 10.1109/TENSYMP50017.2020.9230782.
- [10] Awang Hendrianto Praotomo, Mohd. Shanudin, "Model dan Teknik Kalibrasi Citra Untuk Sistem Autonomous Robot," *Center for Artificial Intelligence Technology*, vol. 1, no.1, pp. 94-95, 2009.
  - [11] F. Umam, “Pengembangan Sistem Kendali Pergerakan Autonomous Mobile Robot Untuk Mendapatkan Jalur Bebas,” *J. Ilm. Mikrotek*, vol. 1, no. 1, pp. 35–42, 2013.
  - [12] P. Porras, “Derivation of The Inverse Kinematics for Three-Degree-of-Freedom Control Vehicle with Four-Wheel Independent Drive and Independent Steering,” no. July, pp. 1–7, 2011.
  - [13] A. Braun, “Auto-Tuning,” *Optim. und Adapt. Regelung Tech. Syst.*, pp. 213–219, 2020, doi: 10.1007/978-3-658-30916-9\_12.