

**ANALISIS SISTEM NAVIGASI ROBOT *HEXAPOD* DENGAN
PENGENDALI PID (PROPORSIONAL INTEGRAL
DERIVATIF)**



SKRIPSI

**SIGIT DWI PRAYOGO
1903030037**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOKERTO
JULI 2023**

**ANALISIS SISTEM NAVIGASI ROBOT *HEXAPOD* DENGAN
PENGENDALI PID (PROPORSIONAL INTEGRAL
DERIVATIF)**



SKRIPSI

diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

**SIGIT DWI PRAYOGO
1903030037**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOKERTO
JULI 2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi yang diajukan oleh:

Nama : Sigit Dwi Prayogo

Nim : 1903030037

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik dan Sains

Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Judul : Analisis Sistem Navigasi Robot Hexapod

Dengan Pengendali PID (Proporsional Integral

Derivatif)

telah disetujui untuk diajukan dalam ujian skripsi

Purwokerto, 24 Juli 2023

Pembimbing

Latiful Hayat, S.T., M.T

NIDN: 0610058302



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi yang diajukan oleh :

Nama : Sigit Dwi Prayogo

NIM : 1903030037

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik dan Sains

Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Judul : Analisis Sistem Navigasi Robot *Hexapod*
Dengan Pengendali PID (Proporsional Integral
Derivatif)

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Latiful Hayat, S.T., M.T

Penguji 2 : Ir. Winarso, S.T., M.Eng.

Penguji 3 : M. Taufiq Tamam, S.T., M.T.

Ditetapkan di : Purwokerto

Tanggal : 24 Juli 2023

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains

Dr. Teguh Marhendri, S.T., MT., ASEAN.Eng., ACPE., IPM

NIK. 2160172

HALAMAN PENGESAHAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sigit Dwi Prayogo
NIM : 1903030037
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Sains
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Judul : Analisis Sistem Navigasi Robot *Hexapod* Dengan Pengendali PID (Proporsional Integral Derivatif)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar serta bukan hasil penjiplakan dari karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan apabila dikemudian hari terbukti ada unsur penjiplakan, saya bersedia mempertanggungjawabkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku

Purwokerto, 24 Juli 2023

Yang membuat Pernyataan



Sigit Dwi Prayogo

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Purwokerto dan demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sigit Dwi Prayogo
NIM : 1903030037
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Sains
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Judul : Analisis Sistem Navigasi Robot *Hexapod* Dengan Pengendali PID (Proporsional Integral Derivatif)

Menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) kepada Universitas Muhammadiyah Purwokerto atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Sistem Navigasi Robot *Hexapod* Dengan Pengendali PID (Proporsional Integral Derivatif).

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Muhammadiyah Purwokerto berhak menyimpan, mengalihmedia/mengalihformatikan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan skripsi saya dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Purwokerto

Pada tanggal : 24 juli 2023

Yang menyatakan,



Sigit Dwi Prayogo

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Kadar penelitian keilmuan kita sebanding dengan kadar kita menghormati ilmu tersebut (menjaga adab – adab menuntut ilmu). Semakin tinggi kita mengagungkan suatu ilmu, maka akan semakin tinggi pula potensi ilmu yang akan kita dapatkan”

(Faidah dari Syehk Shalih bin Abdullah al-‘Ushaimi)

“Dunia ini nggak ada habisnya, tetapi dunia ini ada waktunya habis”

(Aprilia Asti Yuspa Utami)

“Hidup ini bukan hal siapa yang berkuasa dan siapa yang menjadi budak, melainkan merajakan diri sendiri itu adalah cara saya untuk bahagia”

(penulis)

PERSEMBAHAN

Sujud syukurku kusembahkan kepadaMu ya Allah, Tuhan Yang Agung dan Maha Tinggi. Atas takdirmu saya bisa menjadi pribadi yang berfikir, berilmu, beriman dan bersabar. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal untuk masa depanku, dalam meraih cita-cita.

Dengan ini saya persembahkan karya ini untuk kedua orang tua saya Bapak Tabidin dan Ibu Tasliyah.

Untuk Bapak Terima kasih atas kasih sayang yang berlimpah dari mulai saya lahir, hingga saya sudah sebesar ini. Lalu teruntuk Ibu, terima kasih juga atas limpahan do’a yang tak berkesudahan. Serta segala hal yang telah ibu lakukan, semua yang terbaik.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat – Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Analisis Sistem Navigasi Robot *Hexapod* Dengan Pengendali PID (Proporsional Integral Derivatif)”. Tidak lupa shalawat serta salam penulis panjatkan kepada junjungan agung Nabi Muhammad Shallallahu ‘Alaihi Wasallam serta kepada para sahabat, keluarga serta para umatnya hingga diakhir zaman. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

Skripsi ini penulis susun dengan harapan dapat berbagi ilmu pengetahuan yang diperoleh selama penulis melaksanakan penelitian. Namun, penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih banyak kekurangannya dan jauh dari kata sempurna. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Amiin.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih atas segala bimbingan dan bantuan yang diberikan selama menyusun skripsi ini. Ucapan terimakasih penulis ditunjukkan kepada :

1. Orang tua saya, Bapak Tabidin, dan Ibu Tasliyah terimakasih atas segala do’a, usaha, kasih sayang, dukungan, nasihat, dan segala yang sudah kalian berikan kepada saya.
2. Bapak Dr. Jebul Suroso, S.Kp., Ns., M.Kep. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
3. Bapak Ir. Teguh Marhendi, M.T., ASEAN.Eng., IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
4. Bapak Itmi Hidayat Kurniawan, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

5. Bapak Latiful Hayat, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Skripsi saya yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
7. Semua teman-teman mahasiswa teknik elektro angkatan 2019 yang telah berjuang bersama selama menempuh pendidikan dan akhirnya berpisah untuk masa depan.
8. Teman-teman Robotics Study Center yang telah memberikan penulis ilmu yang sangat berarti dan pengalaman yang luar biasa.
9. Teman – teman Hiling, Amri, Akbar, Fadli, Yaul, Arif, Dinda, Rere, Irawan, Motwakil, Gani, terima kasih untuk pengalaman yang cukup menyenangkan bersama-sama. Akan selalu dikenang oleh penulis.
10. Terima kasih penulis untuk Aprilia Asti Yuspa Utami yang telah menjadi support system peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini
11. Terima kasih penulis juga untuk pihak yang telah membantu peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat peneliti sebutkan satu persatu.

Yang membuat Pernyataan

Sigit Dwi Prayogo

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Hasil Penelitian Terdahulu	6
B. Landasan Teori	8
1. Sistem Navigasi.....	8
2. Robot <i>Hexapod</i>	9
3. Kontroler	12
4. Kontrol PID	15
5. Sensor <i>Time Of Flight</i> (TOF) VL53LOX	17
6. Sensor CMPS12	20
7. LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>).....	20
8. MAP Kontes Robot SAR Indonesia.....	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
A. Alat dan Bahan yang Digunakan.....	23
B. Alur penelitian.....	23
C. Diagram alir penelitian.....	24
D. Lokasi Penelitian	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
A. Hasil Penelitian.....	41
1. Pengujian Sensor <i>Time Of Flight</i> (TOF) VL53LOX	41
2. Pengujian <i>servo dynamixel AX-18A</i>	43
3. Pengujian <i>multi servo dynamixel AX-18A</i>	43
4. Pengujian pengaruh pembacaan sensor terhadap navigasi robot <i>hexapod</i>	44

B. Pembahasan.....	49
1. Pembacaan Sensor <i>Time Of Flight</i> (TOF) VL53LOX	49
2. Kelayakan <i>servo dynamixel AX-18A</i>	51
3. Pengalamatan <i>multi servo dynamixel AX-18A</i>	52
4. Pembacaan sensor terhadap navigasi robot <i>hexapod</i>	52
BAB V PENUTUP.....	74
A. Kesimpulan.....	74
B. Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	79



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Robot <i>Hexapod</i>	10
Gambar 2. 2 Struktur aluminium dari <i>Hexapod</i>	11
Gambar 2. 3 Struktur kaki robot	11
Gambar 2. 4 Diagram Blok Kontroler <i>Proportional</i>	13
Gambar 2. 5 Diagram Blok Kontroler <i>Integral</i>	13
Gambar 2. 6 Diagram Blok Kontroler <i>Derivative</i>	14
Gambar 2. 7 Struktur Pengendali PID Pada Sistem	16
Gambar 2. 8 Rute Perjalanan Sinar Pada Sensor Jarak Laser	18
Gambar 2. 9 Prinsip <i>Time-Of-Flight</i>	19
Gambar 2. 10 Modul Sensor VL53LOX (Tampak Depan).....	19
Gambar 2. 11 Modul Sensor VL53LOX (Tampak Belakang)	19
Gambar 2. 12 Module CMPS12.....	20
Gambar 2. 13 <i>Modul Display</i> LCD Line 16x2.....	21
Gambar 2. 14 MAP Kontes Robot SAR Indonesia.....	21
Gambar 2. 15 Kandidat Calon Korban.....	22
Gambar 3. 1 Diagram alir Penelitian.....	24
Gambar 3. 2 Perintah program <i>setID</i> Motor Servo 90°	28
Gambar 3. 3 <i>setID</i> motor servo di Serial Monitor Arduino	29
Gambar 3. 4 Perintah program arduino jalan maju	30
Gambar 3. 5 Perintah program arduino jalan mundur.....	30
Gambar 3. 6 Perintah program arduino geser kanan.....	31
Gambar 3. 7 Perintah program arduino geser kiri.....	31
Gambar 3. 8 Pengujian sudut deviasi	32
Gambar 3. 9 Perintah program arduino <i>wall_kanan</i>	33
Gambar 3. 10 Perintah program arduino <i>MajuNaik</i>	35
Gambar 3. 11 Perintah program arduino <i>MajuKoral</i>	37
Gambar 3. 12 Perintah program arduino <i>PutarKiri</i>	38
Gambar 3. 13 Perintah program arduino <i>Putar kanan</i>	39
Gambar 4. 1 Grafik pembacaan sensor <i>Time Of Flight</i> (TOF) VL53LOX.....	42
Gambar 4. 2 Data hasil pengujian <i>scanning</i> servo AX-18A.....	44
Gambar 4. 3 Posisi sensor VL53LOX pada robot <i>Hexapod</i>	45
Gambar 4. 4 Hasil pengujian kelayakan servo AX-18A.....	52
Gambar 4. 5 Grafik respon pengujian dengan $sp=8$, $Kp = 4$, $Ki =0$, $Kd =9$	57
Gambar 4. 6 Iterasi waktu pada serial monitor	57
Gambar 4. 7 Grafik respon pengujian dengan $Sp=7$ $Kp= 5$, $Ki=0$, $Kd=6$	59
Gambar 4. 8 Grafik respon pengujian nilai $sp = 10$ $Kp= 6$, $Ki=0$, $Kd=9$	62
Gambar 4. 9 Grafik respon pengujian nilai $sp = 9$ $Kp= 6$,.....	64
Gambar 4. 10 Grafik respon pengujian nilai $sp = 5$ $Kp= 5$, $Ki =0$, $Kd =9$	67
Gambar 4. 11 Grafik respon pembacaan sensor 1.....	70
Gambar 4. 12 Grafik respon sensor 1 dan 2.....	71
Gambar 4. 13 Grafik respon pembacaan sensor kompas pada saat diberi nilai <i>setpoint</i> -85.....	72
Gambar 4. 14 Grafik respon pembacaan sensor kompas pada saat diberi nilai	

setpoint 9073
Gambar 4. 15 Grafik perbandingan rata-rata *error* gerak putar robot.....73



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Parameter nilai PID dan <i>setpoint</i>	34
Tabel 4. 1 Data hasil pembacaan sensor VL53LOX.....	41
Tabel 4. 2 Data hasil pengujian servo AX-18A	43
Tabel 4. 3 Data hasil pengujian <i>multi servo dynamixel AX-18A</i>	44
Tabel 4. 4 Data hasil pengujian linearitas gerak robot.....	45
Tabel 4. 5 Data hasil pengujian gerak maju berdasarkan dinding kanan sejauh 100cm menggunakan kontrol PID.....	46
Tabel 4. 6 Hasil uji gerak maju melewati rintangan ke 1 jalan pecah	47
Tabel 4. 7 Hasil uji gerak maju melewati rintangan ke 2 jalan turun, rintangan ke 3 dan ke 4 jalan batu koral	48
Tabel 4. 8 Hasil uji gerak memutar kiri menyelamatkan korban 1	48
Tabel 4. 9 Hasil Uji gerak memutar kanan meletakkan korban 1	49
Tabel 4. 10 Hasil persentase nilai <i>error</i> pembacaan sensor 1.....	50
Tabel 4. 11 Hasil persentase nilai <i>error</i> pembacaan sensor 2.....	50
Tabel 4. 12 Hasil persentase nilai <i>error</i> pembacaan sensor 3.....	50
Tabel 4. 13 Hasil persentase nilai <i>error</i> pembacaan sensor 4.....	51
Tabel 4. 14 Hasil persentase nilai <i>error</i> pembacaan sensor 5.....	51
Tabel 4. 15 Hasil persentase nilai <i>error</i> deviasi gerakan robot maju	54
Tabel 4. 16 Hasil persentase nilai <i>error</i> deviasi gerakan robot mundur	54
Tabel 4. 17 Hasil persentase nilai <i>error</i> deviasi gerakan	55
Tabel 4. 18 Hasil persentase nilai <i>error</i> deviasi gerakan robot geser kiri.....	55

DAFTAR LAMPIRAN

<i>Lampiran 1 Pengukuran pembacaan sensor VL53LOX secara real</i>	<i>79</i>
<i>Lampiran 2 Pengujian servo AX-18A</i>	<i>79</i>
<i>Lampiran 3 Uji kelinearitas gerakan robot maju sejauh 50 cm</i>	<i>80</i>
<i>Lampiran 4 Uji kelinearitas gerakan robot mundur sejauh 50 cm.....</i>	<i>80</i>
<i>Lampiran 5 Uji kelinearitas gerakan robot geser kiri sejauh 50 cm.....</i>	<i>80</i>
<i>Lampiran 6 Uji kelinearitas gerakan robot geser kanan sejauh 50 cm.....</i>	<i>81</i>
<i>Lampiran 7 Uji gerak robot berjalan maju sejauh 100 cm berdasarkan dinding kanan.....</i>	<i>81</i>
<i>Lampiran 8 Uji gerak robot memutar kiri -85 mengambil korban 1.....</i>	<i>81</i>
<i>Lampiran 9 Uji gerak robot maju melewati rintangan ke 1 jalan pecah.....</i>	<i>82</i>
<i>Lampiran 10 Pengujian gerak robot melewati rintangan ke 2 jalan turun</i>	<i>82</i>
<i>Lampiran 11 Pengujian gerak robot melewati rintangan ke 3 dan ke 4 jalan batu koral.....</i>	<i>82</i>
<i>Lampiran 12 Pengujian gerak robot memutar kanan 90 derajat meletakkan korban 1.....</i>	<i>83</i>

Sistem Navigasi Robot Hexapod Dengan Pengendali PID

Sigit Dwi Prayogo¹, Latiful Hayat²

ABSTRAK

KRSRI, Kontes Robot SAR Indonesia, merupakan salah satu kategori Kontes Robot Indonesia. Robot tersebut memiliki misi untuk menyelamatkan korban kebakaran ke zona aman, menavigasi melalui rintangan yang rusak, menyusuri jalan, jalan karang. Studi observasional deskriptif ini mengkaji respon robot selama uji coba lapangan. Pengumpulan data dilakukan dengan menguji robot berjalan dengan arah maju, mundur, geser ke kiri, dan geser ke kanan masing-masing sejauh 50-100 cm. Penelitian ini juga menguji pengukuran sensor VL53LOX, menguji arah berjalan robot dengan acuan dinding kanan dan menguji gerakan robot saat belok kanan atau kiri. Pembacaan sensor VL53LOX mengalami nilai error terhadap pembacaan sebenarnya yaitu 1 cm sampai 2 cm. Motor servo AX-18A dalam kondisi baik dan layak digunakan pada robot hexapod. Servo dapat dihubungkan dalam konfigurasi multi-servo. Servo telah disesuaikan untuk melakukan gerakan kaki pada robot. Uji linearitas menunjukkan bahwa robot mengalami nilai error sudut kemiringan yang hampir signifikan dengan rata-rata nilai error paling banyak 27,47°. Tes didasarkan pada dinding kanan sebagai referensi. Hasil yang didapatkan robot berjalan dengan stabil tanpa menabrak tembok saat diberi nilai $sp = 5$, $Kp = 5$, $Ki = 0$, $Kd = 9$. Pada pengujian melalui jalan rusak didapatkan hasil lari robot lebih stabil bila diberi nilai $Kp = 5$, $Ki = 0$, $Kd = 3$ dengan jarak batas dinding kiri dan kanan 18 cm. Saat melewati jalan menurun dan batu karang, robot dapat berjalan dengan stabil dan sedikit berputar kekanan. Nilai error saat robot berbelok ke kiri cenderung lebih signifikan.

Kata Kunci : *KRI, Kontrol PID, Robot Hexapod,*

Hexapod Robot Navigation System Using PID Controller

Sigit Dwi Prayogo¹, Latiful Hayat²

ABSTRACT

KRSRI, Kontes Robot SAR Indonesia, is one of the Kontes Robot Indonesia categories. The robot has a mission to save fire victims into a safe zone, navigate through broken obstacles, down roads, coral roads. This descriptive observational study examines the robot's response during field trials. Data was collected by testing the robot walking in a forward direction, backwards direction, sliding left, and sliding right, each as far as 50-100 cm. The research also tested the VL53LOX sensor measurement, testing the robot walking direction using the right wall as a reference and testing the robot's movement when turning right or left. The reading of the VL53LOX sensor experienced an error value toward the actual reading was 1 cm to 2 cm. The AX-18A servo motors were in good condition and suitable for use on a hexapod robot. The servo was able to be connected in a multi-servo configuration. The servo has been adjusted to carry out a leg movement on the robot. The linearity test showed that the robot experiences an almost significant tilt angle error value with an average error value of at most 27.47°. The test is based on the right wall as a reference. The results obtained by the robot ran stably without crashing the wall when given a value of $sp = 5$, $Kp = 5$, $Ki = 0$, $Kd = 9$. In the test through the broken road, the results obtained by the robot run more stable when given a value of $Kp = 5$, $Ki = 0$, $Kd = 3$ with a wall boundary distance left and right of 18 cm. At bypassing the descending and coral stone roads, the robot can walk stably and slightly rotates right. The error value when the robot turned to the left tended to be more significant.

Keywords : KRI, PID Control, Hexapod Robot,