



POLITEKNIK NEGERI
CILACAP

TUGAS AKHIR

**DESAIN STABILISASI ROBOT *HEXAPOD*
PENYELAMAT MENGGUNAKAN METODE *HYBRID***

***STABILIZATION DESIGN OF RESCUE HEXAPOD
ROBOT USING HYBRID METHOD***

Oleh :

NASRUL MUARIF
NIM.21.10.01.065

Dosen Pembimbing :

Dr. Ir. ARIF AINUR RAFIQ, ST., MT., MSc.
NIP.198111252021211006

ARIF SUMARDIONO, S.Pd., M.T.
NIP.198912122019031014

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK ELEKTRONIKA
JURUSAN REKAYASA ELEKTRO DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK NEGERI CILACAP
2024**



POLITEKNIK NEGERI
CILACAP

TUGAS AKHIR

**DESAIN STABILISASI ROBOT *HEXAPOD*
PENYELAMAT MENGGUNAKAN METODE *HYBRID***

***STABILIZATION DESIGN OF RESCUE
HEXAPOD ROBOT USING HYBRID METHOD***

Oleh :

NASRUL MUARIF

NIM.21.02.01.065

Dosen Pembimbing :

Dr. Ir. ARIF AINUR RAFIQ, ST., MT., MSc

NIP.198111252021211006

ARIF SUMARDIONO, S.Pd., M.T.

NIP.198912122019031014

**PROGRAM STUDI DIOMA III TEKNIK ELEKTRONIKA
JURUSAN REKAYASA ELEKTRO DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK NEGERI CILACAP
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

DESAIN STABILISASI ROBOT *HEXAPOD* PENYELAMAT MENGUNAKAN METODE *HYBRID*

Oleh:

NASRUL MUARIF
NPM.21.01.01.065

Tugas Akhir ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya (A.Md)
di Politeknik Negeri Cilacap
Disetujui Oleh:

Penguji Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing:

1. Artdhita Fajar Pratiwi, S.T., M.Eng.
NIP. 198506242019032013

13/24
15
1. Dr. Ir. Arif Ainur Rafiq, S.T., M.T., M.Sc.
NIP. 198111252021211006

2. Hendi Purnata, S.Pd., M.T.
NIP. 199211132019031009

2. Arif Sumardiono, S.Pd., M.T.
NIP. 198912122019031014

Mengetahui

Ketua Jurusan Rekayasa Elektro dan Mekanika

13/24
19
Muhamad Yusuf, S.ST., M.T.
NIP. 198604282019031005

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN
TUGAS AKHIR**


Sebagai mahasiswa Politeknik Negeri Cilacap, yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Nasrul Muarif
NIM : 21.01.01.065
Judul Tugas Akhir : **“Desain Stabilisasi Robot *Hexapod* Penyelamat Menggunakan Metode *Hybrid*”**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Laporan Tugas Akhir berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari penulis sendiri, baik dari alat (perangkat keras), program dan naskah gambar yang tercantung sebagai bagian dari Laporan Tugas Akhir ini. Jika terdapat karya orang lain, penulis akan mencantumkan sumber secara jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Cilacap, 30 Juli 2024
Yang menyatakan,


(Nasrul Muarif)
NIM. 21.01.01.065

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai mahasiswa Politeknik Negeri Cilacap, yang bertanda tangan dibawah ini, saya :


Nama : Nasrul Muarif
NIM : 21.01.01.065

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Cilacap Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah yang berjudul “**Desain Stabilisasi Robot Hexapod Penyelamat Menggunakan Metode Hybrid**” beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Politeknik Negeri Cilacap berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikan di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminja ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta. Saya bersedia untuk mengganggu secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Politeknik Negeri Cilacap, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan yang saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : Cilacap
Pada Tanggal : 30 Juli 2024

Yang menyatakan,



(Nasrul Muarif)
21.01.01.065

ABSTRAK

Robot pada awalnya diciptakan untuk menggantikan kerja manusia pada sektor industri. Industri merupakan pengguna teknologi robot namun di sisi lain robot juga dimanfaatkan untuk aktivitas kemanusiaan terutama pada penyelamatan bencana alam seperti gempa bumi dan tanah longsor. Bencana alam seperti tanah longsor dan gempa bumi, merupakan area berbahaya bagi manusia sehingga peran robot dalam mengevakuasi korban sangat diperlukan. Dalam evakuasi sering kali jalan-jalan tertutup oleh tanah longsor, reruntuhan bangunan, atau lumpur. Hal ini membuat kendaraan darurat tidak dapat menjangkau lokasi. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat robot hexapod penyelamat yang dapat menstabilkan badannya secara otomatis di medan yang tidak rata dan dapat melakukan penyelamatan korban. Untuk memastikan kinerja optimal robot *hexapod* penyelamat, diperlukan integrasi *body kinematic*, metode *trayektori*, dan *invers kinematic*, untuk mencapai stabilisasi yang tinggi. Hasil menunjukkan bahwa robot hexapod penyelamat yang dirancang memiliki kinerja yang baik melalui berbagai sistem mekanik dan elektrik yang efektif. Metode *invers kinematic* untuk kaki robot menghasilkan akurasi 0.5 cm, sementara penerapan metode *trayektori* dan *body kinematic* meningkatkan kelancaran gerak dan stabilitas dalam melewati medan tidak rata. Penerapan limit switch mampu menjaga keseimbangan di atas rintangan hingga 7 cm. Sistem kendali PID yang diimplementasikan memperbaiki respons robot terhadap permukaan yang tidak stabil. Metode hybrid memungkinkan robot untuk menstabilkan posisinya pada kemiringan maksimal 23° dan saat berjalan pada kemiringan hingga 20° . Penggunaan lengan pada robot hexapod memungkinkan pengambilan objek di ketinggian hingga 31 cm, menjadikannya alat yang efektif dalam berbagai aplikasi, termasuk evakuasi korban dalam situasi bencana.

Kata kunci: robot *hexapod*, evakuasi, stabilisasi, *body kinematic*, *trayektori*, *invers kinematic*.

ABSTRACT

Robots were initially developed to replace human labour in the industrial sector. Industry uses robotic technology; conversely, robots are also deployed for humanitarian efforts, particularly in the rescue operations following natural disasters like earthquakes and landslides. Natural disasters, such as landslides and earthquakes, pose significant threats to human safety, necessitating the use of robots in victim evacuation efforts. During evacuation, the roads are frequently obstructed by landslides, debris, or mud. This prevents emergency vehicles from accessing the site. This project aims to develop a hexapod robot capable of autonomously stabilising its body on uneven terrain while performing victim rescue operations. To provide optimal performance of the rescue hexapod robot, integration of body kinematics, trajectory methods, and inverse kinematics is necessary to achieve high stabilisation. The findings indicate that the engineered rescue hexapod robot has commendable performance due to its efficient mechanical and electrical systems. The inverse kinematic approach for the robot legs achieves an accuracy of 0.5 cm, but the implementation of trajectory and body kinematic approaches enhances motion smoothness and stability when traversing uneven terrain. The utilisation of limit switches effectively sustained equilibrium over obstacles measuring up to 7 cm. The developed PID control system improved the robot's responsiveness to uneven terrains. The hybrid technique enables the robot to maintain stability at a maximum inclination of 23 ° and while traversing a slope of up to 20 °. The incorporation of an arm on the hexapod robot facilitates object recovery at elevations of up to 31 cm, rendering it an asset in diverse applications, such as victim evacuation during disasters.

Key words: *hexapod robot, evacuation, stabilization, kinematic body, trajectory, inverse kinematic.*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha menyayang.

Alhamdulillah, segala puji syukur bagi Allah SWT karena berkat hmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul :

“DESAIN STABILISASI ROBOT HEXAPOD PENYELAMAT MENGGUNAKAN METODE HYBRID”

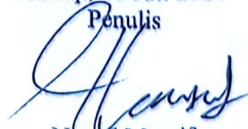
Pembuatan dan penyusunan Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Diploma-III (D3) dan memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md) di program Studi Teknik elektronika Politeknik Negeri Cilacap.

Penulis berusaha secara optimal dengan segala pengetahuan dan formasi yang didapatkan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Namun, penulis menyadari berbagai keterbatasannya, karena itu penulis memohon maaf atas keterbatasan materi laporan Tugas Akhir ini. Penulis harap masukan berupa saran dan kritik yang membangun demi sempurnaan laporan Tugas Akhir ini.

Demikian besar harapan penulis agar laporan ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Cilacap, 30 Juli 2024

Penulis



Nasrul Muarif
21.01.01.065

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan penuh rasa Syukur kehadirat Allah SWT dan tanpa menghilangkan rasa hormat yang mendalam, saya selaku penyusun dan penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya bapak Saring dan ibu Tuginah serta saudara kandung saya senantiasa memberikan dukungan baik materi, semangat, maupun doa.
2. Bapak Arif Ainur Rafiq, S.T., M.T., M.Sc., selaku sebagai Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, terima kasih kepada beliau yang selalu memberi masukan beserta arahan pada alat serta laporan.
3. Bapak Arif Sumardiono, S.Pd., M.T. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, terimakasih kepada beliau yang selalu membimbing dengan sabar dan memberi arahan tentang Tugas Akhir.
4. Bapak Muhamad Yusuf S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Rekayasa Elektro dan Mekatronika yang selalu memberi dorongan motivasi dan pengarahan kepada penulis.
5. Seluruh dosen, teknisi, karyawan dan karyawan Politeknik Negeri Cilacap yang telah membekali ilmu dan membantu dalam segala urusan dalam kegiatan penulis di bangku perkuliahan di Politeknik Negeri Cilacap.
6. Teman-teman di Politeknik Negeri Cilacap yang selalu memberikan saran dan dukungan serta doanya.

Semoga Allah SWT selalu memberikan perlindungan, rahmat, dan nikmat-Nya bagi kita semua. Aamiin.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMAKASIH	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR ISTILAH	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Tugas Akhir	3
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 Arduino Mega Pro Mini	7
2.2.2 Motor Servo MG996R	7
2.2.3 Sensor MPU6050	8
2.2.4 Pixy Cam.....	9
2.2.5 <i>Push Button</i>	9
2.2.6 <i>Stepdown</i> 10A	9
2.2.7 <i>Limit Switch</i>	10
2.3 Robot <i>Hexapod</i>	10
2.4 Lengan Robot	11
2.5 DOF pada Lengan Robot.....	11
2.6 Metode Pergerakan kaki	11
2.7 <i>Invers Kinematic</i>	12
2.8 <i>Trayektori</i> Langkah	13
2.9 <i>Body Kinematic</i>	14

2.10 Sistem Kendali (<i>Proportional Integral Derivative</i>).....	17
2.11 <i>Invers kinematic</i> Robot ARM 5 DOF	18
BAB III METODE PENYELESAIAN	21
3.1 Metode Perancangan Robot	21
3.1.1 Perancangan Desain Robot <i>Hexapod</i>	21
3.1.2 Perancangan Elektrikal	21
3.1.3 Perancangan desain PCB	22
3.2 Blok Diagram Sistem.....	23
3.3 Flowchart Sistem Stabilisasi Badan Robot	24
3.4 Flowchart Sistem Penyelamatan Korban	25
3.5 Flowchart Sistem Keseluruhan	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Pembahasan	27
4.1.1 Tahap Pembuatan Mekanik Robot	27
4.1.2 Tahapan Pembuatan Elektrikal	29
4.1.3 Kalibrasi Robot.....	31
4.1.4 Pemrograman Sensor.....	32
4.2 Pengujian <i>invers kinematic</i>	33
4.3 Pengujian <i>Trayektori</i> Langkah.....	37
4.4 Pengujian <i>Body Kinematic</i> Robot	38
4.4.1 Pengujian Translasikan <i>Body Kinematic</i>	38
4.4.2 Pengujian Rotasi <i>Body Kinematic</i>	41
4.5 Pengujian Sistem Kendali (PID).....	45
4.6 Pengujian Stabilisasi Robot Pada Bidang Miring	47
4.7 Pengujian <i>Limit Switch</i>	49
4.8 Pengujian Stabilisasi Ketika Berjalan Dibidang Miring	52
4.9 Pengujian <i>Inverskinematik</i> ARM	53
4.10 Pengujian Pengambilan <i>Dummy</i>	54
BAB V PENUTUP.....	57
5.1 Simpulan.....	57
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN A.....	A - 1
LAMPIRAN B.....	B - 1
LAMPIRAN C.....	C - 1
LAMPIRAN D.....	D - 1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arduino Mega Pro Mini	7
Gambar 2. 2 Motor Servo MG996R	8
Gambar 2. 3 Sensor MPU6050	8
Gambar 2. 4 PIXY Cam	9
Gambar 2. 5 Push Button	9
Gambar 2. 6 Stepdwn 10A	10
Gambar 2. 7 Limit Switch	10
Gambar 2. 8 Ilustrasi Pola Gait	12
Gambar 2. 9 Analisa Invers kinematic	12
Gambar 2. 10 Kurva Trayektori dari persamaan Polinomial	14
Gambar 2. 11 Analisa Bodi Robot pada Bidang XY dan XZ	15
Gambar 2. 12 Permodelan Geometri Rotasi Bidang Z	16
Gambar 2. 13 Permodelan Geometri Bidang Z	17
Gambar 2. 14 Permodelan Robot ARM 5 DOF	18
Gambar 3. 1 Rangkaian Elektrikal Robot	21
Gambar 3. 2 Blok Diagram	23
Gambar 3. 3 Flowchart Stabilisasi Robot	24
Gambar 3. 4 Flowchart pada Lengan Robot	25
Gambar 3. 5 Flowchart Keseluruhan	26
Gambar 4. 1 gambar (a) Desain Kaki dan gambar (b) Dimensi Robot	27
Gambar 4. 2 Desain Keseluruhan Hexapod	28
Gambar 4. 3 Gambar (a) Ukuran Lengan Robot Gambar (b) Desain Keseluruhan	28
Gambar 4.4 Gambar (a) Schematic PCB kontroler Gambar (b) Layout PCB kontroler	29
Gambar 4. 5 Desain 3D PCB Kontroler	30
Gambar 4. 6 Gambar (a) Schematic PCB Power Gambar (b) Layout PCB Power	30
Gambar 4. 7 Desain 3D PCB Power	31
Gambar 4. 8 Posisi Kalibrasi Kaki Robot	32
Gambar 4. 9 Posisi Kalibrasi Lengan Robot	32
Gambar 4. 10 Grafik error invers kinematic terhadap sumbu x	36
Gambar 4. 11 Grafik error invers kinematic terhadap sumbu y	36

Gambar 4. 12 Grafik error translasi bodi robot terhadap sumbu x	40
Gambar 4. 13 Grafik error translasi bodi robot terhadap sumbu y	41
Gambar 4. 14 Grafik error rotasi robot terhadap rotasi pitch 44
Gambar 4. 15 Grafik error rotasi robot terhadap rotasi roll 44
Gambar 4. 16 Posisi Penomoran Kaki 50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kesimpulan Jurnal yang digunakan	6
Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino.....	7
Tabel 2. 3 Spesifikasi Servo MG996R	8
Tabel 2. 4 Spesifikasi MPU6050.....	8
Tabel 3. 1 Konfigurasi Pin PCB Kontroler	22
Tabel 3. 2 Konfigurasi Pin PCB Power	23
Tabel 4. 1 Pengujian Invers Kinematic	33
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Trayektori.....	37
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Translasi Body Kinematic.....	38
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Rotasi Body Kinematic.....	42
Tabel 4. 5 Pengujian PID Kemiringan Robot.....	45
Tabel 4. 6 Pengujian Stabilisasi Robot pada Bidang Miring.....	47
Tabel 4. 7 Pengujian Limit Switch Ketika Berjalan	50
Tabel 4. 8 Pengujian Limit Switch pada Lintasan Trayektori	51
Tabel 4. 9 Pengujian Stabilisasi Berjalan.....	52
Tabel 4. 10 Pengujian Invers Kinematic Lengan Robot	53
Tabel 4. 11 Pengujian Pengambilan Dummy	54

DAFTAR ISTILAH

<i>Input</i>	:	Masukan
<i>Output</i>	:	Keluaran
<i>Gait</i>	:	Pola gerakan kaki
<i>Hybrid</i>	:	Penggabungan antar metode
<i>End Point</i>	:	Titik ujung kaki robot
<i>Range</i>	:	Jarak tempuh atau jarak maksimum
<i>Set Point</i>	:	Kondisi tujuan sistem
<i>Error</i>	:	Perbedaan nilai yang diukur dengan set point
<i>Pitch</i>	:	Rotasi pada sumbu x atau rotasi ke arah depan robot
<i>Roll</i>	:	Rotasi pada sumbu y atau rotasi ke arah samping robot
<i>Translasi</i>	:	Perpindahan bagian robot dari satu titik ke titik lainnya
<i>Gyroscope</i>	:	Alat ukur kemiringan atau rotasi
<i>Overshoot</i>	:	Suatu kondisi nilai yang melebihi target
<i>Steady-State Error</i>	:	Selisih yang tetap atau tidak berubah antara nilai output sistem dan nilai target setelah sistem mencapai keadaan stabil

DAFTAR SINGKATAN

PCB	:	<i>Printed Circuit Board</i>
DOF	:	<i>Degrees of Freedom</i>
ARM	:	<i>Advanced RISC Machine</i>
SPI	:	<i>Serial Peripheral Interface</i>
I2C	:	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
PID	:	<i>Proportional-Integral-Derivative</i>
PLA	:	<i>Polylactic Acid</i>