



POLITEKNIK NEGERI  
CILACAP

**TUGAS AKHIR**

**PERANCANGAN STABILISASI *QUADRUPED*  
ROBOT PADA BIDANG MIRING MENGGUNAKAN  
ALGORITMA KALMAN FILTER**

***DESIGN OF QUADRUPED ROBOT STABILIZATION  
ON TILLED FIELD USING KALMAN FILTER  
ALGORITHM***

Oleh :

**FIKRI RAMADANI**  
**NPM.19.01.01.004**

**DOSEN PEMBIMBING :**

**SUGENG DWI RIYANTO, S.T., M.T**  
**NIP. 198207302021211007**

**SUPRIYONO, S.T., M.T**  
**NIP. 198408302019031003**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK ELEKTRONIKA  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRONIKA  
POLITEKNIK NEGERI CILACAP  
2022**



POLITEKNIK NEGERI  
CILACAP

**TUGAS AKHIR**

**PERANCANGAN STABILISASI *QUADRUPED*  
ROBOT PADA BIDANG MIRING MENGGUNAKAN  
ALGORITMA KALMAN FILTER**

***DESIGN OF QUADRUPED ROBOT STABILIZATION  
ON TILLED FIELD USING KALMAN FILTER  
ALGORITHM***

Oleh :

**FIKRI RAMADANI**  
NPM.19.01.01.004

**DOSEN PEMBIMBING :**

**SUGENG DWI RIYANTO. S.T., M.T**  
NIP. 198207302021211007

**SUPRIYONO. S.T., M.T**  
NIP. 198408302019031003

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK ELEKTRONIKA  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRONIKA  
POLITEKNIK NEGERI CILACAP  
2022**

**PERANCANGAN STABILISASI *QUADRUPED* ROBOT PADA  
BIDANG MIRING MENGGUNAKAN ALGORITMA KALMAN  
FILTER**

Oleh :

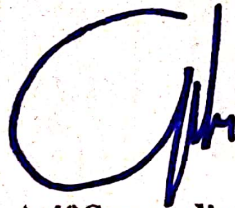
**FIKRI RAMADANI**  
**19.01.01.004**

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

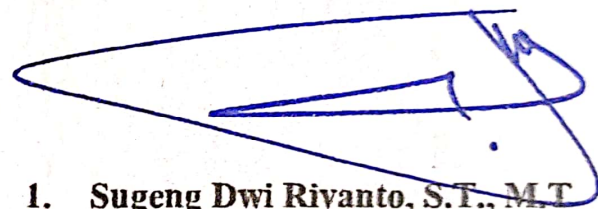
**Disetujui oleh**

**Penguji Tugas Akhir :**

**Dosen Pembimbing :**



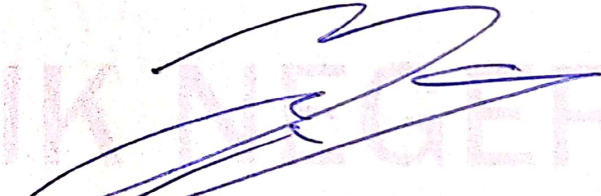
**1. Arif Sumardiono, S.Pd., M.T**  
**NIP. 198912122019031014**



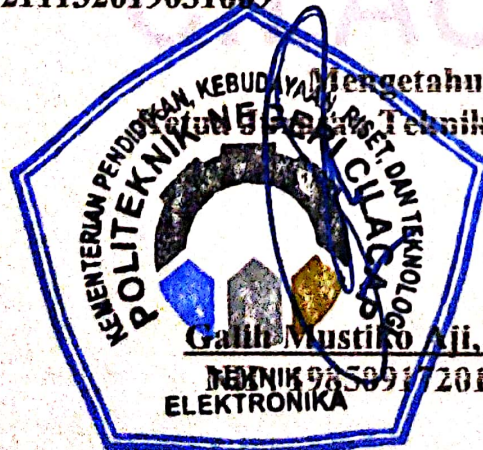
**1. Sugeng Dwi Rivanto, S.T., M.T**  
**NIP. 198207302021211007**



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



**2. Supriyono, S.T., M.T**  
**NIP. 198408302019031003**



**Mengetahui :  
Dosen Pembimbing Teknik Elektronika**

**Galih Mustika Aji, S.T., M.T**  
**NIP. 198509172019031005**  
**ELEKTRONIKA**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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

Nama : Fikri Ramadani  
NIM : 19.01.01.004  
Judul Tugas Akhir : Perancangan Stabilisasi *Quadruped* Robot Pada Bidang Miring Menggunakan Algoritma Kalman Filter

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Laporan Tugas Akhir berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari penulis sendiri, baik dari alat (*hardware*), *listing* program dan naskah laporan yang tercantum 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, 9 September 2022  
Yang menyatakan,



(Fikri Ramadani)  
NIM.19.01.01.004

## **LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Fikri Ramadani  
NIM : 19.01.01.004

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Cilacap Hak Bebas Royalti *Non-Eksklusif (Non-Exklusif Royalti Free Right)* atas karya ilmiah saya yang berjudul:

### **“PERANCANGAN STABILISASI *QUADRUPEL* ROBOT MENGUNAKAN ALGORITMA KALMAN FILTER”**

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti *Non-Eksklusif* ini Politeknik Negeri Cilacap berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikan di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta.

Saya bersedia untuk menanggung 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 ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Cilacap

Pada Tanggal : 9 September 2022

Yang menyatakan,



(Fikri Ramadani)

## ABSTRAK

Robot *quadruped* ketika menemui bidang permukaan miring, maka *body* robot cenderung miring mengikuti kemiringan bidang. Selain itu ketidakstabilan ini akan mengakibatkan pembebanan pada salah satu motor servo. Hal ini akan menyebabkan motor servo yang diberikan beban tertinggi mengalami kerusakan yang lebih cepat. Diterapkanlah sensor MPU6050 sebagai data sudut pembandingan dan memberikan *setpoint* pada sudut 0 derajat. Namun, hasil pengukuran sinyal oleh sensor seringkali tidak akurat karena beberapa faktor diantaranya *bias errors*, *scale factor* dan *time correlated noise*. Oleh karena itu diterapkan algoritma Kalman Filter untuk meningkatkan akurasi dengan dikombinasikan dengan kinematika gerak menggunakan metode *inverse kinematics*. Tingkat rata-rata selisih perubahan tiap data didapatkan konstanta  $R = 100$  dan  $Q = 0.1$  dengan rata-rata selisih error kalman *pitch* sebesar 0.006 derajat dan kalman *roll* sebesar 0.028 derajat yang lebih linier. Sedangkan respon kaki robot mampu merespon kemiringan dengan mempertahankan posisi 0 derajat pada rentang sudut sebesar 10-20 derajat dengan perbandingan error sebesar 0%, sudut sebesar 30 derajat dengan perbandingan error sebesar 1%. Didapatkan jangkauan tiap-tiap kaki maksimal koordinat 12 dan jangkauan minimal koordinat 3 terhadap sumbu Z.

**Kata kunci :** *Quadruped*, *Inverse Kinematics*, Kalman filter, MPU6050

## **ABSTRACT**

*Quadruped robot when it encounters an inclined surface plane, the robot body tends to tilt following the slope of the plane. In addition, this instability will result in loading on one of the servo motors. This will cause the servo motor that is given the highest load to suffer faster damage. The MPU6050 sensor is applied as the comparison angle data and gives a setpoint at an angle of 0 degrees. However, the results of signal measurements by sensors are often inaccurate due to several factors including bias errors, scale factors and time correlated noise. Therefore applied the Kalman Filter algorithm to improve accuracy by combining with the kinematics of motion using the inverse kinematics method. The average rate of difference in changes in each data obtained the constants  $R = 100$  and  $Q = 0.1$  with an average difference in error kalman pitch of 0.006 degrees and a kalman roll of 0.028 degrees which is more linear. While the response of the robot foot is able to respond to the slope by maintaining a position of 0 degrees in the angular range of 10-20 degrees with an error ratio of 0%, an angle of 30 degrees with an error ratio of 1%. Each foot has a maximum of 12 coordinates and a minimum range of 3 coordinates against the Z axis.*

**Keywords:** *Quadruped, Inverse Kinematics, Kalman Filter, MPU6050*

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*"Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh"*

Alhamdulillah, puji dan syukur senantiasa kita panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala nikmat, kekuatan, taufik serta hidayah-Nya. Shalawat dan salam semoga tercurah kepada Rasulullah SAW, keluarga, sahabat, dan para pengikut setianya. Amin. Atas kehendak Allah sajalah, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul :

### **"PERANCANGAN STABILISASI *QUADRUPE*D ROBOT MENGUNAKAN ALGORITMA KALMAN FILTER"**

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

Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan, hambatan serta rintangan yang dilalui oleh penulis selama pengerjaan Tugas Akhir. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi pengembangan yang lebih optimal dan kemajuan yang lebih baik lagi ke depannya.

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

Cilacap, 9 September 2022



**Fikri Ramadani**



## UCAPAN TERIMA KASIH

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. Allah SWT yang telah memberikan ridhonya sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua saya Bapak Radiyanto dan Ibu Rakitem dan juga saudara kandung saya yang senantiasa memberikan dukungan baik materil, semangat, maupun doa.
3. Bapak Sugeng Dwi Riyanto, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir, terima kasih kepada beliau yang selalu memberi masukan beserta solusi serta arahan pada alat dan laporan Tugas Akhir.
4. Bapak Supriyono, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir, terima kasih kepada beliau yang selalu membimbing dengan sabar dan memberi arahan laporan tentang Tugas Akhir.
5. Bapak Arif Sumardiono, S.Pd., M.T. dan Bapak Hendi Purnata, S.Pd., MT. Selaku penguji Tugas Akhir yang telah menguji dan memberikan masukan pada Tugas Akhir ini agar lebih baik.
6. Bapak Galih Mustiko Aji, S.T., M.T. Selaku ketua Jurusan Teknik Elektronika yang selalu memberi dorongan motivasi dan pengarahan kepada penulis.
7. 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.
8. Juanita Rahmawati yang selalu memberikan saran dan dukungan serta do'anya.
9. Teman teman politeknik negeri cilacap yang selalu memberi semangat dalam mengerjakan tugas akhir.
10. Teman teman kontrakan yang sudah menjadi keluarga yang baik.

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

# DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISTILAH .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan dan Manfaat .....	2
1.2.1 Tujuan.....	2
1.2.2 Manfaat.....	2
1.3 Rumusan Masalah .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Metodologi.....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II DASAR TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 <i>Quadruped</i> Robot.....	7
2.3 Algoritma Stabilisasi.....	7
2.4 Arduino IDE.....	8
2.5 Arduino Mega 2560 .....	8
2.6 Servo MG996R .....	10

2.7	Stepdown DC-DC XL4015.....	11
2.8	Sensor Gy-521 MPU-6050 .....	11
<b>BAB III PERANCANGAN SISTEM .....</b>		<b>13</b>
3.1	Analisis Kebutuhan.....	13
3.1.1	Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak .....	13
3.1.2	Analisis Kebutuhan Perangkat Keras .....	14
3.2	Perancangan Alat.....	14
3.2.1	Diagram Blok Sistem .....	14
3.2.2	Flowchart Sistem.....	16
3.2.3	<i>Wiring</i> Diagram.....	17
3.2.4	Desain Alat.....	22
3.2.5	Desain Lintasan .....	23
3.3	Metode Perancangan Program.....	24
3.3.1	Perancangan Persamaan Kalman Filter .....	24
3.3.2	Perancangan Program Kalman Filter.....	26
3.3.3	List Program Kalman Filter.....	27
3.3.4	Perancangan Algoritma Stabilisasi .....	28
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>31</b>
4.1	Pengujian Kalman Filter .....	31
4.2	Pengujian Kaki Robot Terhadap Kemiringan.....	45
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>53</b>
5.1	Kesimpulan.....	53
5.2	Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>		
<b>BIODATA PENULIS</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arduino Mega <sup>[11]</sup> .....	9
Gambar 2. 2 Servo MG996R <sup>[9]</sup> .....	10
Gambar 2. 3 Stepdown DC-DC XL4015 <sup>[8]</sup> .....	11
Gambar 2. 4 Sensor Gy-521 MPU6050 <sup>[9]</sup> .....	12
Gambar 3. 1 Gambar Diagram Blok <i>Hardware</i> .....	14
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem .....	15
Gambar 3. 3 Gambar Flowchart Sistem .....	16
Gambar 3. 4 Rangkaian Daya Sistem.....	18
Gambar 3. 5 Rangkaian Daya Servo .....	19
Gambar 3. 6 Rangkaian Sensor MPU6050 .....	20
Gambar 3. 7 Rangkaian Keseluruhan Sistem .....	21
Gambar 3. 8 Tampak Atas .....	22
Gambar 3. 9 Tampak Depan .....	22
Gambar 3. 10 Penampang Kaki .....	23
Gambar 3. 11 Desain Lintasan .....	23
Gambar 3. 12 Flowchart Kalman Filter .....	26
Gambar 3. 13 Visualisasi Kemiringan Robot.....	28
Gambar 3. 14 Trigonometri Kaki .....	29
Gambar 4. 1 Grafik <i>Pitch &amp; Roll</i> .....	31
Gambar 4. 2 Grafik $R = 1, Q = 1$ .....	33
Gambar 4. 3 Grafik $R = 1 Q = 0.1$ .....	36
Gambar 4. 4 Grafik $R = 10 Q = 0.1$ .....	39
Gambar 4. 5 Grafik $R = 100 Q = 0.1$ .....	42
Gambar 4. 6 Pengujian Robot Pada Bidang Miring .....	45
Gambar 4. 7 Kemiringan dan Tinggi Bidang .....	46
Gambar 4. 8 Hasil Pengujian $10^\circ$ .....	47
Gambar 4. 9 Kemiringan dan Tinggi Bidang .....	48
Gambar 4. 10 Hasil Pengujian $20^\circ$ .....	49
Gambar 4. 11 Kemiringan dan Tinggi Bidang .....	50
Gambar 4. 12 Hasil Pengujian $30^\circ$ .....	51

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Tinjauan Pustaka.....	6
Tabel 2. 2 Data Teknis Board Arduino Mega 2560 <sup>[11]</sup> .....	9
Tabel 2. 3 Spesifikasi Servo MG996R <sup>[9]</sup> .....	10
Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor Gyro MPU6050.....	11
Tabel 2. 5 Spesifikasi Sensor Gy-521 MPU-6050.....	12
Tabel 3. 1 Kebutuhan Perangkat Lunak.....	13
Tabel 3. 2 Kebutuhan Perangkat Keras.....	14
Tabel 3. 3 Konfigurasi Rangkaian Daya Servo.....	19
Tabel 3. 4 Konfigurasi Sensor MPU6050.....	20
Tabel 3. 5 Desain Alat.....	22
Tabel 4. 1 Data <i>Pitch &amp; Roll</i> .....	32
Tabel 4. 2 Konfigurasi Warna Grafik.....	34
Tabel 4. 3 Data Pengujian $R = 1, Q = 1$ .....	34
Tabel 4. 4 Konfigurasi Warna Grafik.....	36
Tabel 4. 5 Data Pengujian $R = 1, Q = 0.1$ .....	37
Tabel 4. 6 Konfigurasi Warna Grafik.....	39
Tabel 4. 7 Data Pengujian $R = 10, Q = 0.1$ .....	40
Tabel 4. 8 Konfigurasi Warna Grafik.....	42
Tabel 4. 9 Data Pengujian $R = 100, Q = 0.1$ .....	43
Tabel 4. 10 Perbandingan Kemiringan $10^\circ$ .....	47
Tabel 4. 11 Perbandingan Kemiringan $20^\circ$ .....	49
Tabel 4. 12 Perbandingan Kemiringan $30^\circ$ .....	51
Tabel 4. 13 Tabel Rekap Pengujian.....	52

## DAFTAR ISTILAH

DC	: Arus searah.
<i>Tunning</i>	: Menyetel.
<i>Noise</i>	: Derau pembacaan / gangguan pembacaan
PWM	: Suatu Teknik modulasi yang mengubah lebar pulsa dengan nilai frekuensi dan amplitudo.
Algoritma	: Sekumpulan instruksi yang terstruktur dan terbatas yang diimplementasikan kedalam bentuk program komputer untuk menyelesaikan masalah.
Konfigurasi	: Suatu istilah yang merujuk pada penggambaran bentuk dan wujud.
<i>Software</i>	: Suatu perangkat lunak yang diprogram untuk disimpan secara digital dengan fungsi tertentu.
I/O	: Masukan atau keluaran.
VCC	: Tegangan pada kaki collector.
GND	: Sistem pentanahan yang berfungsi untuk meniadakan beda potensial sehingga jika ada kebocoran tegangan atau arus akan dibuang ke bumi.

## DAFTAR SINGKATAN

SDA	:	<i>Serial Data</i>
SCL	:	<i>Serial Clock</i>
DC	:	<i>Direct Current</i>
I/O	:	<i>Input/Output</i>
VCC	:	<i>Voltage Common Collector</i>
GND	:	<i>Ground</i>
MEMS	:	<i>Micro Elektro Mechanical Systems</i>
IMU	:	<i>Inertial Measurement Unit</i>
USB	:	<i>Universal Serial Bus</i>
GPIO	:	<i>General Purpose Input/Output</i>
PWM	:	<i>Pulse With Modulation</i>
DoF	:	<i>Degrees of Freedom</i>
Cm	:	<i>Centimeter</i>