

**PERANCANGAN SISTEM PENENTUAN LOKASI
MENGUNAKAN *ODOMETRY* BERBASIS *INVERSE*
KINEMATIC DAN DATA IMU**

**Skripsi
Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai
derajat Sarjana**



Oleh:

Abdullah Fadli Yusuf

1900022038

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN
YOGYAKARTA
2024**

**DESIGN OF LOCATION DETERMINATION SYSTEM
USING INVERSE KINEMATIC AND IMU BASED
ODOMETRY**

Thesis

**To fulfill some of the requirements to achieve
a Bachelor's degree**



By:

Abdullah Fadli Yusuf

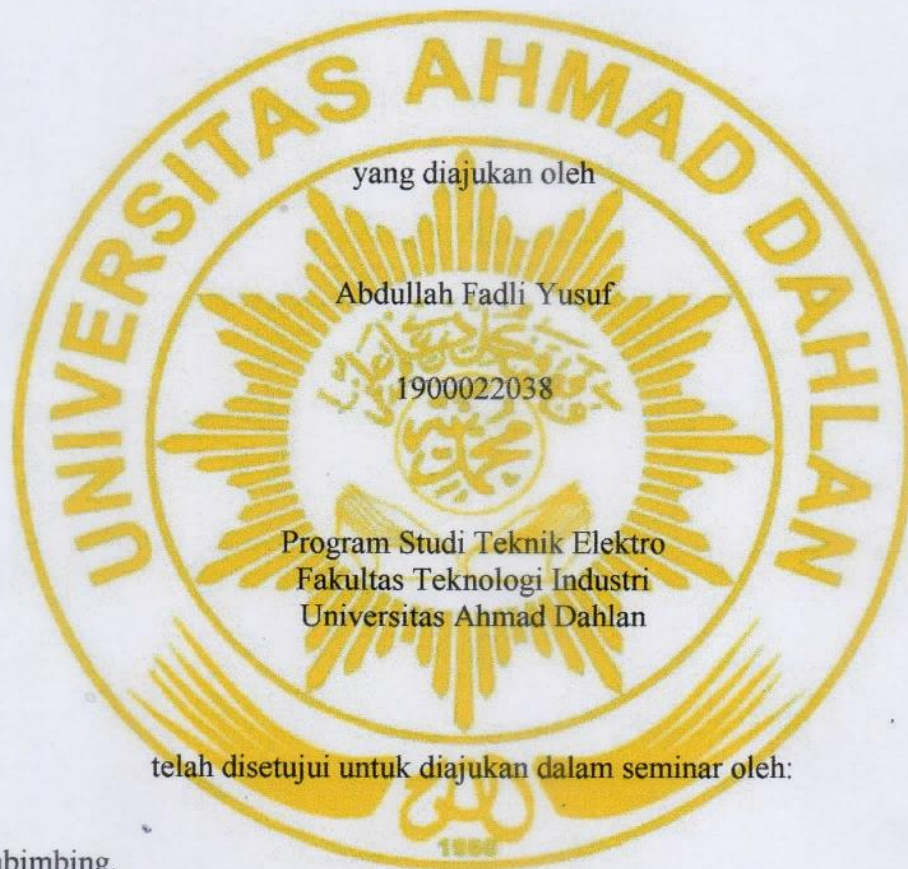
1900022038

**ELECTRICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
AHMAD DAHLAN UNIVERSITY
YOGYAKARTA**

2024

SKRIPSI

**PERANCANGAN SISTEM PENENTUAN LOKASI
MENGUNAKAN *ODOMETRY* BERBASIS *INVERSE*
KINEMATIC DAN DATA IMU**



Pembimbing,

Nuryono Satya Widodo S. T., M. Eng.

31 Mei 2024

NIP 19780815 200501 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**PERANCANGAN SISTEM PENENTUAN LOKASI
MENGUNAKAN *ODOMETRY* BERBASIS *INVERSE*
KINEMATIC DAN DATA IMU**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

Abdullah Fadli Yusuf

1900022038

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji

Pada tanggal 10 Juni 2024

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Dewan Penguji

Ketua : Nuryono Satya Widodo, S.T., M.Eng.

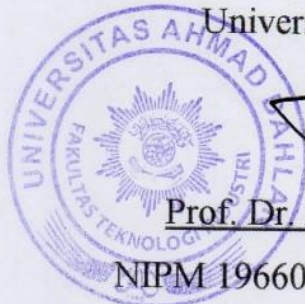
Anggota : Dr. Ir. Riky Dwi Puriyanto, S.T., M.Eng.

Haris Imam Karim Fathurrahman, S.Pd., M.Sc.

Dekan

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Ahmad Dahlan



Prof. Dr. Ir. Siti Jamilatin, M.T.

NIPM 19660812 199601 011 0784324

PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdullah Fadli Yusuf

NIM : 1900022038

Email : abdullah1900022038@webmail.uad.ac.id

Fakultas : Teknologi Industri

Program Studi : Teknik Elektro

Judul tugas akhir : Perancangan Sistem Penentuan Lokasi Menggunakan *Odometry* Berbasis *Inverse Kinematic* dan Data IMU.

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan baik di Universitas Ahmad Dahlan maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini bukan saduran/terjemahan melainkan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian/implementasi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain. Kecuali arahan pembimbing akademik dan narasumber penelitian.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan dan disetujui oleh pembimbing

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya saya ini, serta sanksi lain yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Ahmad Dahlan.

Yogyakarta, 10 Juni 2024



Abdullah Fadli Yusuf

PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdullah Fadli Yusuf
NIM : 1900022038
Email : abdullah1900022038@webmail.uad.ac.id
Fakultas : Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro
Judul tugas akhir : Perancangan Sistem Penentuan Lokasi Menggunakan Odometry Berbasis *Inverse Kinematic* dan Data IMU.

Dengan ini saya menyatakan hak *Sepenuhnya* kepada Pusat Sumber Belajar Universitas Ahmad Dahlan untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengolahan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tugas akhir elektronik sebagai berikut (beri tanda pada kotak):

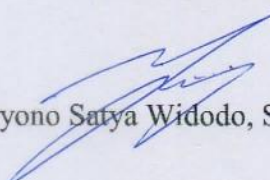
Saya mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repository Pusat Sumber Belajar Universitas Ahmad Dahlan.

Dengan demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

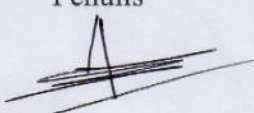
Yogyakarta, 10 Juni 2024

Mengetahui,

Dosen Pembimbing


Nuryono Satya Widodo, S.T., M.Eng.

Penulis


Abdullah Fadli Yusuf

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Abdullah Fadli Yusuf

NIM : 1900022038

Email : abdullah1900022038@webmail.uad.ac.id

Fakultas : Teknologi Industri

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi/tugas akhir yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri; bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi/tugas akhir ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Yogyakarta, 10 Juni 2024

Yang Membuat Pernyataan



Abdullah Fadli Yusuf

MOTTO

“KALOK GAK GERAK,GAK MAJU”

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Diri Saya Sendiri, Kedua Orang Tua
Serta Tim Robot Humanoid R-SCUAD

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan mengucapkan Alhamdulillahillobbil'alamin, penulis memanjatkan puji dan syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayat –Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Perancangan Sistem Penentuan Lokasi Menggunakan Odometry Berbasis Inverse Kinematic dan Data IMU”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta.

Selama penulisan ini penulis menyadari bahwa banyak pihak telah memberikan bantuannya, sehingga pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang tulus kepada :

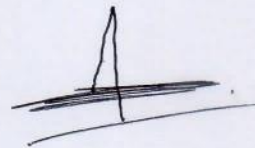
1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran selama proses pengerjaan skripsi.
2. Ayahanda dan Ibunda yang telah senantiasa memotivasi, menasehati, menyemangati dan menginspirasi setiap saat.
3. Kakak dan Adek Kandung saya yang telah memberi semangat dan perhatiannya selama ini.
4. Bapak Prof. Dr. H. Muchlas, M.T. sebagai Rektor Universitas Ahmad Dahlan.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Siti Jamilatin, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan.
6. Bapak Dr. Ir. Riky Dwi Puriyanto, S.T., M.Eng. selaku Kepala Prodi Teknik Elektro Universitas Ahmad Dahlan.
7. Bapak Nuryono Satya Widodo, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan pengarahan dalam tugas akhir saya.

8. Bapak Ahmad Raditya Cahya Baswara, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan motivasi, dukungan, semangat dan pengarahan.
9. Segenap Dosen Teknik Elektro Universitas Ahmad Dahlan, yang telah membagikan ilmunya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
10. Kawan-Kawan tim robot RDC (*Robotic Development Community*) yang selalu memberikan dukungan.
11. Segenap keluarga Teknik Elektro UAD 2019 yang menjadi teman seperjuangan.
12. Pihak-pihak yang belum disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran bersifat membangun demi sempurnanya skripsi ini dan untuk penulisan skripsi selanjutnya. Harapan penulis, semoga do'a dan bantuan yang sangat berharga tersebut mendapat imbalan dari Allah SWT, amin ya robal alamin.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 10 Juni 2024



Abdullah Fadli Yusuf

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	v
MOTTO.....	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
ABSTRAK	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	3
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Kajian Hasil Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Kerangka Teori.....	14
2.2.1 Kontes Robot Sepak Bola Indonesia – <i>Humanoid</i> (KRSBI-H).....	14
2.2.2 DARwIn-OP	15
2.2.3 Kinematika.....	16
2.2.4 <i>Locomotion</i>	19
2.2.5 <i>Odometry</i>	22
2.2.6 <i>Inertial Measurement Unit</i> (IMU)	23
2.2.7 Odroid XU-4.....	24
2.2.8 OpenCM 9.04.....	25

2.2.9 OpenCM EXP 485	26
2.2.10 Servo Dynamixel	27
BAB 3 METODE PENELITIAN	28
3.1 Bahan Penelitian	28
3.2 Alat Penelitian	28
3.3 Perancangan Sistem.....	29
3.3.1 Robot Humanoid yang Digunakan	29
3.3.2 Bahan Anggota Badan Robot	29
3.3.3 Dimensi Robot	30
3.3.4 Konfigurasi <i>Hardware</i> Robot	31
3.3.5 Perancangan <i>Software</i>	32
3.3.6 Diagram Blok Sistem Robot	38
3.3.7 Diagram Alir Sistem	39
3.4 Pengujian Sistem	41
3.4.1 Penentuan Nilai <i>Step Size</i>	41
3.4.2 Pengujian <i>Odometry</i> Menggunakan Ar Track Alvar	42
3.4.3 Pengujian <i>Odometry</i> pada <i>Positioning</i> Lapangan.....	42
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Pengujian Robot	44
4.2 Hasil Penentuan nilai <i>Step Size</i> Robot.....	44
4.2.1 Pengujian Parameter X Amplitude 10	44
4.2.2 Pengujian Parameter X Amplitude 20	46
4.2.3 Pengujian Parameter Y Amplitude 10	47
4.2.4 Pengujian Parameter Y Amplitude 20	48
4.2.5 Pengujian Parameter Y Amplitude -10.....	49
4.2.6 Pengujian Parameter Y Amplitude -20.....	50
4.3 Pengujian <i>Odometry</i> Menggunakan Ar Track Alvar.....	51
4.3.1 Pengujian 1	51
4.3.2 Pengujian 2	52
4.3.3 Pengujian 3	54
4.3.4 Pengujian 4	55
4.3.5 Pengujian 5	56

4.4 Pengujian <i>Odometry</i> pada <i>Positioning</i> Lapangan	58
4.4.1 Pengujian 6	58
4.4.2 Pengujian 7	59
4.4.3 Pengujian 8	60
4.5 Analisis Pengujian	60
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1 Kesimpulan.....	62
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Frameworks DARwIn-OP	16
Gambar 2. 2 Rantai Kinematika.....	17
Gambar 2. 3 Perbedaan Kinematika Maju dan Kinematika Balik.....	18
Gambar 2. 4 Pola Berjalan Robot Axis-X.....	20
Gambar 2. 5 Pola Berjalan Robot Axis-Y.....	21
Gambar 2. 6 Pola berjalan Robot Berotasi.....	21
Gambar 2. 7 IMU	23
Gambar 2. 8 Odroid XU-4	24
Gambar 2. 9 OpenCM9.04.....	25
Gambar 2. 10 OpenCM EXP 485	26
Gambar 2. 11 Servo Dynamixel Seri MX.....	27
Gambar 3. 1 Robot Humanoid	29
Gambar 3. 2 Anggota Badan Robot	30
Gambar 3. 3 Penomeran ID Servo	31
Gambar 3. 4 Marker ID 7	33
Gambar 3. 5 Kalibrasi Kamera.....	34
Gambar 3. 6 Deteksi Marker Ar Track Alvar	35
Gambar 3. 7 Jalan Robot 1 Periode.....	36
Gambar 3. 8 Diagram Blok Sistem	39
Gambar 3. 9 Diagram Alir Sistem.....	40
Gambar 3. 10 Arah Berjalan Robot.....	41
Gambar 3. 11 Denah Pengujian Pada Lapangan	43
Gambar 4. 1 Pengujian 1	51
Gambar 4. 2 Pengujian 2.....	53
Gambar 4. 3 Pengujian 3.....	54
Gambar 4. 4 Pengujian 4.....	55
Gambar 4. 5 Pengujian 5.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	11
Tabel 2. 2 Spesifikasi OpenCM9.04 (Robotis)	25
Tabel 2. 3 Spesifikasi OpenCM EXP 485 (Robotis)	26
Tabel 3. 1 Dimensi Robot	30
Tabel 3. 2 Posisi Servo dan Penomerannya	32
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Step Size X Amplitude 10	45
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Step Size X Amplitude 20	46
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Step Size Y Amplitude 10	47
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Step Size Y Amplitude 20	48
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Step Size Y Amplitude -10	49
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Step Size Y Amplitude -20	50
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian 1	52
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian 2	53
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian 3	54
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian 4	56
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian 5	57
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian 6	58
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian 7	59
Tabel 4. 14 Hasil Pengujian 8	60

PERANCANGAN SISTEM PENENTUAN LOKASI MENGGUNAKAN ODOMETRY BERBASIS INVERSE KINEMATIC DAN DATA IMU

Abdullah Fadli Yusuf
1900022038

ABSTRAK

Agar dapat mendorong pengembangan robot humanoid, diadakan kompetisi robot sepak bola humanoid. Salah satu tim yang mengikuti kompetisi ini adalah R-SCUAD dari Universitas Ahmad Dahlan, yang sudah melakukan pengembangan kemampuan robot agar dapat bermain sepak bola. Saat ini robot R-SCUAD yang hanya mengandalkan counter pada program untuk melakukan positioning, sering menghadapi masalah akurasi akibat kesalahan dari gerakan yang tidak terukur dengan baik. Oleh karena itu perlu adanya sistem yang dapat melakukan pengukuran posisi dan jarak tempuh robot.

Untuk memudahkan robot dalam mengetahui posisi dan jarak yang telah ditempuh dari waktu ke waktu. Metode *odometry* digunakan dalam penelitian ini. Sistem *odometry* yang diterapkan memanfaatkan data kinematic dan sensor IMU.

Dari hasil pengujian *odometry* yang dilakukan sebanyak 7 kali percobaan dengan robot dapat mencapai posisi target yang diberikan. Pada pengujian odometry menggunakan ar track alvar didapatkan error rata-rata terbesar pada sumbu x yakni sebesar 2,35 cm dan pada sumbu y sebesar 3,37 cm. Sedangkan jarak pengujian yang lebih jauh pada positioning lapangan memperlihatkan error yang sedikit lebih besar, dengan rata-rata error terbesar pada sumbu x yakni sebesar 5,67 cm dan pada sumbu y sebesar 9,42 cm.

Kata kunci : Robot Humanoid, Odometri, Sepakbola Robot

DESIGNING A LOCATION DETERMINATION SYSTEM USING ODOMETRY BASED ON INVERSE KINEMATICS AND IMU DATA

Abdullah Fadli Yusuf
1900022038

ABSTRACT

To promote the development of humanoid robots, humanoid robot soccer competitions are held. One of the teams participating in this competition is R-SCUAD from Universitas Ahmad Dahlan, which has been developing the robot's abilities to play soccer. Currently, the R-SCUAD robot, which relies only on counter-programming for positioning, often faces accuracy issues due to poorly measured movements. Therefore, there is a need for a system that can measure the robot's position and distance traveled.

To facilitate the robot in determining its position and the distance it has traveled over time, the odometry method is used in this research. The applied odometry system utilizes kinematic data and IMU sensors.

From the odometry tests conducted seven times, the robot was able to reach the given target position. In the odometry testing using AR Track Alvar, the largest average error was found on the x-axis at 2.35 cm and on the y-axis at 3.37 cm. In contrast, tests at longer distances on the field positioning showed slightly larger errors, with the largest average error on the x-axis at 5.67 cm and on the y-axis at 9.42 cm.

Keywords: Humanoid Robot, Odometry, Robot Soccer