

**IMPLEMENTASI NAVIGATION SERVICE UNTUK
AUTOMATED GUIDED VEHICLE PADA
HEXAGONAL GRID WORKSPACE**

Tugas Akhir

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Mencapai Derajat
Sarjana Komputer**



Dibuat Oleh

Ricky Junaidi

200710589

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Berjudul

IMPLEMENTASI NAVIGATION SERVICE UNTUK AUTOMATED GUIDED VEHICLE PADA HEXAGONAL GRID
WORKSPACE

yang disusun oleh

Ricky Junaidi

200710589

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 15 Juli 2024

		Keterangan
Dosen Pembimbing 1	: Prof. Ir. A. Djoko Budiyanto, M.Eng., Ph.D.	Telah Menyetujui
Dosen Pembimbing 2	: Anugrah Kusumo Pamosoaji, S.T., M.T., Ph.D.	Telah Menyetujui
Tim Penguji		
Penguji 1	: Prof. Ir. A. Djoko Budiyanto, M.Eng., Ph.D.	Telah Menyetujui
Penguji 2	: Prof. Dr. Andi Wahyu Rahardjo Emanuel, BSEE., MSSE	Telah Menyetujui
Penguji 3	: Prof. Dr. Pranowo, S.T., M.T.	Telah Menyetujui

Yogyakarta, 15 Juli 2024

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Teknologi Industri

Dekan

ttd.

Dr. Ir. Parama Kartika Dewa SP., S.T., M.T.

Dokumen ini merupakan dokumen resmi UAJY yang tidak memerlukan tanda tangan karena dihasilkan secara elektronik oleh Sistem Bimbingan UAJY. UAJY bertanggung jawab penuh atas informasi yang tertera di dalam dokumen ini

PERNYATAAN ORISINALITAS & PUBLIKASI ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Lengkap : Ricky Junaidi

NPM : 200710589

Program Studi : Informatika

Falkutas : Teknologi Industri

Judul Penelitian : Implementasi *Navigation Service* Untuk *Automated Guided Vehicle* Pada *Hexagonal Grid Workspace*

Menyatakan dengan ini:

1. Tugas Akhir ini adalah benar tidak merupakan salinan sebagian atau keseluruhan dari karya penelitian lain.
2. Memberikan kepada Universitas Atma Jaya Yogyakarta atas penelitian ini, berupa Hak untuk menyimpan, mengelola, mendistribusikan, dan menampilkan hasil penelitian selama tetap mencantumkan nama penulis.
3. Bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum atas pelanggaran Hak Cipta dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

Demikianlah pernyataan ini dibuat dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 3 Juli 2024

Yang menyatakan,



Ricky Junaidi

200710589

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bukan dengan pertolongan ibu, ayah, ataupun sanak keluarga;
namun pikiran yang diarahkan dengan baik,
yang akan membantu dan mengangkat derajat seseorang.
Dhammapada 11. (43)

KATA PENGANTAR

Mata kuliah Tugas Akhir merupakan mata kuliah wajib ditempuh oleh seluruh mahasiswa Universitas Atma Jaya Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studinya. Melalui mata kuliah ini, mahasiswa dapat melakukan penelitian atau pengembangan proyek serta menyusun deskripsi secara ilmiah terkait hasil proyek tersebut dalam bentuk laporan tugas akhir. Laporan tugas akhir yang berjudul “Implementasi *Navigation Service* Untuk *Automated Guide Vehicle* Pada *Hexagonal Grid Workspace*” ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi di Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Pengerjaan dan penulisan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan dan bimbingan berbagai pihak, yaitu

1. Papa, Yony, dan Mama, Lidya Agustina, yang telah memberikan dukungannya selama pelaksanaan studi dan pengerjaan tugas akhir.
2. Ce Devi Maryanti, S.Tr.Kom, Ce Juniarty, S.M. dan Shirley Virginia yang telah memberikan dukungannya selama pelaksanaan studi dan pengerjaan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Ir. Parama Kartika Dewa SP., S.T., M.T., IPU selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
4. Bapak Paulus Mudjihartono, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Departemen Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
5. Bapak Thomas Adi Purnomo Sidhi, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
6. Ibu Herlina, S.Kom., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama pelaksanaan studi.
7. Bapak Prof. Ir. Djoko Budiyanoto SHR, M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah membimbing selama pengerjaan tugas akhir ini.

8. Bapak Anugrah Kusumo Pamosoaji, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing 2 dan Pembimbing Kelompok Studi Robotik yang telah membimbing selama pelaksanaan studi dan pengerjaan tugas akhir ini.
 9. Kepada seluruh dosen Program Studi Informatika yang telah memberikan ilmunya selama masa studi dan telah bermanfaat dalam pengerjaan tugas akhir ini.
 10. Teman-teman Kelompok Studi Robotik dan Kamadhis Dharma Jaya UAJY.
 11. Teman-teman seperjuangan.
 12. Kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama pelaksanaan tugas akhir ini hingga penyusunan laporan ini selesai.
- Demikian laporan ini dibuat, semoga pelaksanaan tugas akhir dan laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak.

Yogyakarta, 3 Juli 2024



Ricky Junaidi

200710589

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS & PUBLIKASI ILMIAH	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
INTISARI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Metode Penelitian.....	4
F. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Sistem Navigasi di <i>Hexagonal Grid Workspace</i>	8
B. Penerapan Jaringan Komunikasi Pada AGV	9
BAB III LANDASAN TEORI.....	13
A. <i>Automated Guided Vehicle</i> (AGV).....	13
B. <i>Differential-Drive</i>	14
C. <i>Hexagonal Grid Workspace</i>	14
1. Analisis Perbandingan Sel Heksagon dan Persegi	15
2. Sistem Koordinat Kubik.....	16
3. Konversi Sistem Koordinat Kubik dan Sistem Kartesius XY	17
4. Pembulatan Dalam Sistem Koordinat Kubik	18
D. Algoritma Pencarian Rute A*	19
E. BreezySLAM	21
F. Teori Stabilitas Lyapunov	21
BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM	22

A.	Analisis Sistem.....	22
B.	Lingkup Masalah.....	23
C.	Perspektif Produk.....	24
D.	Fungsi Produk	24
E.	Kebutuhan Antarmuka	29
1.	Prototipe AGV.....	29
2.	<i>Navigation Service</i>	30
3.	Antarmuka Komunikasi	31
F.	Perancangan	31
1.	Perancangan Arsitektur	31
2.	Perancangan Perangkat Keras Prototipe AGV	38
3.	Perancangan Antarmuka.....	40
BAB V IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM		44
A.	Implementasi Sistem	44
1.	Menentukan Fungsi Model Motor	44
2.	Implementasi <i>Navigation Service</i>	45
3.	Implementasi Perangkat Keras Prototipe AGV.....	51
4.	Implementasi Perangkat Lunak Prototipe AGV Bagian Arduino	52
5.	Implementasi Perangkat Lunak Prototipe AGV Bagian Raspberry Pi..	54
B.	Pengujian Perangkat Keras Prototipe AGV	62
1.	Pengujian Sensor LiDAR.....	62
2.	Pengujian Sensor <i>Proximity</i>	63
3.	Pengujian Pengukuran Persentase Baterai	63
4.	Pengujian Motor.....	63
C.	Pengujian Fungsionalitas <i>Navigation Service</i>	65
D.	Pengujian Prototipe AGV dengan <i>Navigation Service</i>	71
1.	Pergerakan AGV ke Enam Tetangganya	71
2.	Pergerakan AGV Jarak Jauh.....	74
3.	Deteksi Rintangan dan Permintaan Rute Baru.....	76
BAB VI PENUTUP		81
A.	Kesimpulan	81
B.	Saran.....	81

DAFTAR PUSTAKA	82
----------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 AGV pertama pada tahun 1954	13
Gambar 3.2 Model kinematika <i>differential-drive</i>	14
Gambar 3.3 Perbandingan struktur sel persegi dan <i>hexagonal</i>	15
Gambar 3.4 Perbandingan sudut belok antar sel persegi dan <i>hexagonal</i>	16
Gambar 3.5 Perbandingan jarak untuk menghindari rintangan	16
Gambar 3.6 Sistem koordinat kubik	17
Gambar 3.7 Sistem koordinat dengan sumbu p dan q	18
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> algoritma A*	20
Gambar 4.1 Diagram blok sistem yang dikembangkan	24
Gambar 4.2 Diagram <i>use case</i> sistem	25
Gambar 4.3 Arsitektur sistem	31
Gambar 4.4 Arsitektur perangkat lunak sistem	33
Gambar 4.5 Diagram pergerakan AGV menuju sebuah titik	34
Gambar 4.6 <i>Class diagram</i> Navigation Service	36
Gambar 4.7 <i>Class diagram</i> AGV bagian Arduino	37
Gambar 4.8 <i>Class diagram</i> AGV bagian Raspberry Pi	38
Gambar 4.9 Rancangan bentuk badan AGV	39
Gambar 4.10 Arsitektur rangkaian perangkat keras prototipe AGV	39
Gambar 4.11 Format pesan data sensor AGV	40
Gambar 5.1 Fungsi pencarian koefisien menggunakan <i>least square</i>	44
Gambar 5.2 Grafik <i>voltage</i> vs RPM pada motor kanan	45
Gambar 5.3 Grafik <i>voltage</i> vs RPM pada motor kiri	45
Gambar 5.4 Susunan <i>file</i> dan folder Navigation Service	46
Gambar 5.5 Peta <i>Hexagonal Grid</i> berbentuk persegi panjang dengan tinggi 4 dan lebar 4	47
Gambar 5.6 Implementasi kelas map	47
Gambar 5.7 Fungsi perhitungan jarak manhattan antara dua <i>grid hexagon</i>	48
Gambar 5.8 Implementasi algoritma A* di Javascript	48
Gambar 5.9 Implementasi <i>websocket layer</i> untuk sisi AGV	49
Gambar 5.10 Implementasi <i>websocket layer</i> untuk klien berupa dasbor	50
Gambar 5.11 Implementasi server di <i>file index.js</i>	50
Gambar 5.12 Hasil Prototipe AGV tampak atas	51
Gambar 5.13 Bagian dalam Prototipe AGV	51
Gambar 5.14 Hasil Prototipe AGV yang telah dirakit	51
Gambar 5.15 Susunan <i>files</i> dan folder AGV pada Arduino	52
Gambar 5.16 Implementasi <i>method</i> getVolt dan getPercent dari kelas voltageReader	53
Gambar 5.17 Implementasi <i>method</i> updateState dan isObjectDetected dari kelas Proximity	53
Gambar 5.18 Kode main.ino	54

Gambar 5.19 Susunan <i>files</i> dan <i>folders</i> AGV pada Raspberry Pi	55
Gambar 5.20 Implementasi fungsi navigasi di <i>method</i> compute pada kelas LyapunovControl	56
Gambar 5.21 Implementasi <i>method</i> saturated pada kelas SteeringControl.....	56
Gambar 5.22 Implementasi <i>method</i> compute di kelas SteeringControl.....	56
Gambar 5.23 Implementasi <i>method</i> convertCornersToGlobal dan getCollideObstacle di kelas Robot	57
Gambar 5.24 Implementasi <i>method</i> start, reader, dan close di kelas Arduino	58
Gambar 5.25 Implementasi <i>method</i> send di kelas Arduino.....	58
Gambar 5.26 Implementasi <i>method</i> start, <i>_iter_scans</i> , <i>_scan</i> , dan stop di kelas Lidar	59
Gambar 5.27 Implementasi <i>method</i> connect, send, dan closeConnection pada kelas Client.....	60
Gambar 5.28 <i>Callback</i> saat menerima pesan dari <i>Navigation Service</i>	60
Gambar 5.29 Implementasi <i>thread</i> utama	61
Gambar 5.30 Algoritma utama di Raspberry Pi	62
Gambar 5.31 Tangkapan layar pesan data AGV yang diterima klien pada kasus pengujian mengirim data sensor sesuai.....	70
Gambar 5.32 Tangkapan layar pesan data AGV yang diterima klien pada kasus pengujian mengirim data sensor tidak sesuai.....	70
Gambar 5.33 Tangkapan layar pesan rute yang diterima AGV pada kasus meminta rute baru	71
Gambar 5.34 Tangkapan layar pesan rute yang diterima AGV pada kasus pengujian mengontrol AGV	71
Gambar 5.35 Gerak AGV ke <i>grid</i> tetangga sebelah kanan	72
Gambar 5.36 Gerak AGV ke <i>grid</i> tetangga sebelah kanan atas	73
Gambar 5.37 Gerak AGV ke <i>grid</i> tetangga sebelah kiri atas	73
Gambar 5.38 Gerak AGV ke <i>grid</i> tetangga sebelah kiri	74
Gambar 5.39 Gerak AGV ke <i>grid</i> tetangga sebelah kiri bawah.....	74
Gambar 5.40 Gerak AGV ke <i>grid</i> tetangga sebelah kanan bawah.....	74
Gambar 5.41 Pergerakan AGV dari (0, 0, 0) ke (3, 0, -3).....	75
Gambar 5.42 Pergerakan AGV dari (0, 0, 0) ke (3, -3, 0).....	76
Gambar 5.43 Pergerakan AGV dari (3, -2, -1) ke (0, 0, 0).....	76
Gambar 5.44 <i>Log Navigation Service</i> pada pengujian 1 menghindari rintangan .	78
Gambar 5.45 <i>Log</i> Prototipe AGV pada pengujian 1 menghindari rintangan	78
Gambar 5.46 Pergerakan AGV dari (0, 0, 0) ke (2, 0, -2) dan menghindari rintangan.....	79
Gambar 5.47 <i>Log Navigation Service</i> pada pengujian 2 menghindari rintangan .	79
Gambar 5.48 <i>Log</i> Prototipe AGV pada pengujian 2 menghindari rintangan	79
Gambar 5.49 Pergerakan AGV dari (0, 0, 0) ke (3, -3, 0) dan menghindari rintangan.....	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel perbandingan penelitian terdahulu.....	12
Tabel 4.1 Tabel <i>use case</i> Inisialisasi AGV	25
Tabel 4.2 Tabel <i>use case</i> Mengirim Data Sensor	26
Tabel 4.3 Tabel <i>use case</i> Meminta Rute Baru	27
Tabel 4.4 Tabel <i>use case</i> Mengontrol AGV	28
Tabel 4.5 Tabel <i>use case</i> Memantau AGV	29
Tabel 4.6 Tabel API untuk AGV	41
Tabel 4.7 Tabel API untuk klien berupa dasbor	42
Tabel 5.1 Tabel hasil pengujian sensor LiDAR.....	62
Tabel 5.2 Hasil pengujian sensor <i>proximity</i>	63
Tabel 5.3 Hasil pengujian pengukuran persentase baterai	63
Tabel 5.4 Hasil pengujian motor	64
Tabel 5.5 Tabel pengujian fungsionalitas <i>Navigation Service</i>	65
Tabel 5.6 Daftar pengujian pergerakan AGV ke tetangganya.....	72
Tabel 5.7 Daftar pengujian pergerakan AGV jarak jauh	75
Tabel 5.8 Detail pengujian kasus menghindari rintangan	77

INTISARI

IMPLEMENTASI NAVIGATION SERVICE UNTUK AUTOMATED GUIDED VEHICLE PADA HEXAGONAL GRID WORKSPACE

Intisari

Ricky Junaidi

200710589

Automated Guided Vehicle (AGV) telah banyak digunakan untuk proses otomatisasi robotik di *smart warehouse*. Untuk melakukan navigasi, sebagian besar AGV menggunakan garis pita, magnet, atau rel pada lantai atau langit-langit area kerjanya. Meskipun metode ini efektif, metode ini memiliki beberapa kelemahan seperti biaya instalasi yang tinggi dan kurangnya fleksibilitas untuk adaptasi dengan perubahan struktur area kerja. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengajukan perancangan *Navigation Service* untuk AGV dengan kemampuan mampu bergerak dari titik awal menuju titik tujuan pada *hexagonal grid workspace* dan mampu menerima perintah pengambilan barang dari operator jarak jauh.

Sistem yang dibangun terdiri dari dua bagian utama, yaitu *Navigation Service* dan Prototipe AGV. *Navigation Service* merupakan layanan komputasi navigasi menggunakan algoritma perencanaan rute A* pada *hexagonal grid workspace* dan sebagai antarmuka Prototipe AGV terhadap klien. Berdasarkan hasil rute yang dihasilkan, Prototipe AGV bergerak menuju titik tujuan menggunakan fungsi navigasi berdasarkan Teori Stabilitas Lyapunov. Dalam pengembangannya terdapat berbagai tahapan yang harus dilalui, yaitu studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan dan desain sistem, implementasi dan pengembangan prototipe, pengujian sistem, serta evaluasi dan kesimpulan.

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem menunjukkan proyek ini telah dibangun dengan baik ditandai dengan sistem mampu melakukan perencanaan rute menggunakan algoritma A*, deteksi rintangan yang menghalangi rute, dan perencanaan jalur ulang, serta memperbarui peta. Namun, penelitian ini juga memiliki beberapa keterbatasan, seperti asumsi bahwa rintangan bersifat statis dan lingkungan pengujian yang sederhana. Untuk pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan beberapa pengembangan seperti sensor fusi, pengembangan fungsi navigasi, dan keamanan sistem.

Kata Kunci: AGV, *Navigation Service*, algoritma A*, *Hexagonal Grid Workspace*, Teori Stabilitas Lyapunov.

Dosen Pembimbing I : Prof. Ir. A. Djoko Budiyanto SHR, M.Eng., Ph.D.
Dosen Pembimbing II : Anugrah Kusumo Pamosoaji, S.T., M.T., Ph.D.
Jadwal Sidang Tugas Akhir : 10 Juli 2024