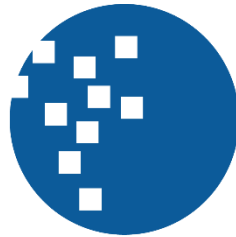


**SIMULASI DAN ANALISIS ALGORITMA *PATH PLANNING*
A* PADA *MECANUM WHEEL MOBILE ROBOT*
MENGUNAKAN COPPELIASIM**



UMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

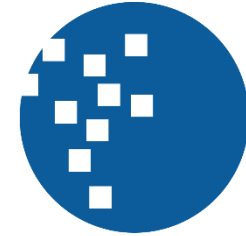
TUGAS AKHIR

Raphael Malcolm Priosoetanto

00000051267

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG
2025**

**SIMULASI DAN ANALISIS ALGORITMA *PATH PLANNING*
A* PADA MECANUM WHEEL MOBILE ROBOT
MENGUNAKAN COPPELIASIM**



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh

Gelar Sarjana Teknik Elektro

RAPHAEL MALCOLM PRIOSETANTO

00000051267

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG**

2025

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Raphael Malcolm Priosoetanto

Nomor Induk Mahasiswa : 00000051267

Program studi : Teknik Elektro

Tugas Akhir dengan judul:

Simulasi dan Analisis Algoritma *Path Planning* A-star Pada *Mecanum Wheel Mobile Robot* Menggunakan *Coppeliasim*

merupakan hasil karya saya sendiri bukan plagiat dari karya ilmiah yang ditulis oleh orang lain, dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan, baik dalam pelaksanaan skripsi maupun dalam penulisan laporan skripsi, saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK LULUS untuk Tugas Akhir yang telah saya tempuh.

Tangerang, 20 Maret 2025



(Raphael Malcolm Priosoetanto)

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir dengan judul
Simulasi dan Analisis Algoritma *Path Planning* A-star Pada *Mecanum Wheel*
Mobile Robot Menggunakan *Coppeliasim*

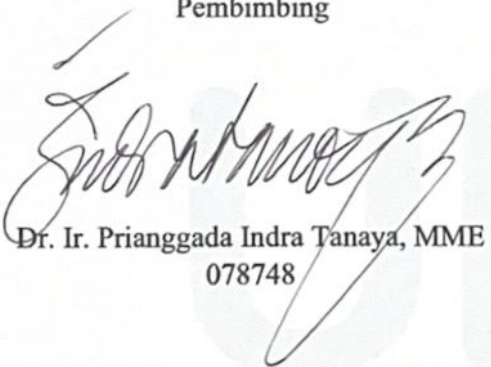
Oleh

Nama : Raphael Malcolm Priosoetanto
NIM : 00000051267
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Informatika

Telah disetujui untuk diajukan pada
Sidang Ujian Tugas Akhir Universitas Multimedia Nusantara

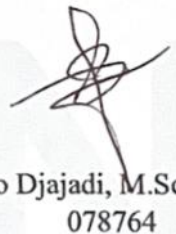
Tangerang, 20 Maret 2025

Pembimbing



Dr. Ir. Prianggada Indra Tanaya, MME
078748

Pembimbing



Ir. Arko Djajadi, M.Sc.EE., Ph.D
078764

Ketua Teknik Elektro



Ahmad Syahril Muharom, S.Pd., M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir dengan judul
Simulasi dan Analisis Algoritma *Path Planning A-star* pada *Mecanum Wheel*
Mobile Robot Menggunakan *CoppeliaSim*

Oleh

Nama : Raphael Malcolm Priosoetanto
NIM : 00000051267
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Informatika

Telah diujikan pada hari senin, 24 Maret 2025
Pukul 10.00 s.d 12.00 dan dinyatakan
LULUS
Dengan susunan penguji sebagai berikut.

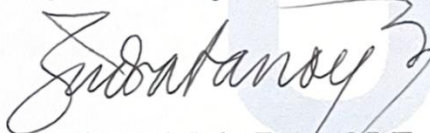
Ketua Sidang


M.B. Nugraha, S.T., M.T.
063831

Penguji


Ahmad Syahril Muharom, S. Pd., M.T.
038470

✓ Pembimbing Pertama


Dr. Ir. Prianggada Indra Tanaya, MME
078748

Pembimbing Kedua


Ir. Arko Djajadi, M.sc.EE., Ph.D.
078764

Ketua Program Studi Teknik Elektro


Ahmad Syahril Muharom, S. Pd., M.T.

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Raphael Malcolm Priosoetanto
NIM : 00000051267
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : ~~D3~~S1/S2* (pilih salah satu)
Judul Karya Ilmiah : Simulasi dan Analisis Algoritma Path
Planning A-star pada Mecanum Wheel Mobile
Robot Menggunakan CoppeliaSim

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa saya bersedia* (pilih salah satu):

- ☒ Saya bersedia memberikan izin sepenuhnya kepada Universitas Multimedia Nusantara untuk mempublikasikan hasil karya ilmiah saya ke dalam repositori Knowledge Center sehingga dapat diakses oleh Sivitas Akademika UMN/Publik. Saya menyatakan bahwa karya ilmiah yang saya buat tidak mengandung data yang bersifat konfidensial.
- ☐ Saya tidak bersedia mempublikasikan hasil karya ilmiah ini ke dalam repositori Knowledge Center, dikarenakan: dalam proses pengajuan publikasi ke jurnal/konferensi nasional/internasional (dibuktikan dengan *letter of acceptance*) **.
- ☐ Lainnya, pilih salah satu:
- ☐ Hanya dapat diakses secara internal Universitas Multimedia Nusantara
 - ☐ Embargo publikasi karya ilmiah dalam kurun waktu 3 tahun.

Tangerang, 11 April 2025



(Raphael Malcolm Priosoetanto)

* Pilih salah satu

** Jika tidak bisa membuktikan LoA jurnal/HKI, saya bersedia mengizinkan penuh karya ilmiah saya untuk dipublikasikan ke KC UMN dan menjadi hak institusi UMN.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas selesainya penulisan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul : “Simulasi dan Analisis Algoritma *Path Planning* A-star Pada Mecanum Wheel Mobile Robot Menggunakan Coppeliasim” dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Strata Satu Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia Nusantara. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan laporan ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Andrey Andoko, M.Sc, selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara.
2. Dr. Eng. Niki Prastomo, selaku Dekan Fakultas Universitas Multimedia Nusantara.
3. Ahmad Syahril Muharom, selaku Ketua Program Studi Universitas Multimedia Nusantara.
4. Dr. Ir. Prianggada Indra Tanaya, MME, sebagai Pembimbing utama dan Assoc.Prof. Ir. Arko Djajadi, M.Sc.EE., Ph.D sebagai Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi atas terselesainya tugas akhir ini.
5. Keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Teman - teman prodi Teknik Elektro angkatan 2020 dan 2021, kawan seperjuangan, yang saling membantu satu sama lain.

Semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat agar dapat memperluas wawasan dan dapat dimanfaatkan untuk penelitian selanjutnya.

Tangerang, 20 Maret 2025


(Raphael Malcolm Priosoetanto)

ABSTRAK

Dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan teknologi robotika telah membuka peluang untuk mengembangkan sistem navigasi otonom dalam berbagai aplikasi industri dan layanan. Penelitian ini berfokus pada simulasi dan analisis algoritma *path planning A** pada *Mecanum wheel Mobile robot*, yang memungkinkan pergerakan *omnidirectional* dalam lingkungan dinamis dan kompleks. Metode yang digunakan meliputi implementasi algoritma *A** berbasis peta *grid* dengan penerapan dua fungsi heuristik, yaitu *Manhattan distance* dan *Euclidean distance*, untuk mengevaluasi biaya pergerakan dan menentukan jalur optimal. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Coppeliasim dengan integrasi melalui *remote API* yang dioperasikan oleh Python, sehingga memungkinkan pengujian terhadap sistem navigasi serta sistem *obstacle avoidance* dengan memanfaatkan sensor-sensor pada KUKA youBot. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua pendekatan heuristik memberikan perbedaan signifikan dalam hal total jarak tempuh dan waktu tempuh robot. Uji coba yang dilakukan dalam berbagai kondisi (dengan dan tanpa rintangan) menampilkan bahwa pemilihan fungsi heuristik serta penyesuaian parameter seperti nilai *threshold* dan *obstacle avoidance* berpengaruh besar terhadap kinerja navigasi robot. Kesimpulan penelitian menyatakan bahwa algoritma *A** merupakan metode yang efektif untuk perencanaan jalur pada *Mecanum wheel Mobile robot*. Pemilihan heuristik yang tepat dan pengaturan parameter simulasi yang optimal sangat penting untuk meningkatkan efisiensi dan kemampuan sistem navigasi otonom dalam lingkungan yang dinamis.

Kata kunci: Algoritma *A**, *Path planning*, *Mecanum wheel*, Simulasi, Python, Coppeliasim, Heuristik *Manhattan*, Heuristik *Euclidean*.

ABSTRACT (English)

In recent years, advances in robotics technology have opened up opportunities to develop autonomous navigation systems in various industrial and service applications. This research focuses on simulation and algorithm analysis path planning A on the Mecanum wheel Mobile robot, which allows omnidirectional movement in dynamic and complex environments. The method used includes algorithm implementation A* peta-based grid with the implementation of two functions heuristic, that is Manhattan distance And Euclidean distance, to evaluate movement costs and determine optimal paths. Simulations are carried out using the software CoppeliaSim with integration via remote API operated by Python, thus allowing testing of navigation systems as well as systems obstacle avoidance by utilizing the sensors on KUKA youBot. The research results show that the two heuristic approaches provide significant differences in terms of total distance traveled and robot travel time. Tests carried out in various conditions (with and without obstacles) show that the selection of heuristic functions and adjustment of parameters such as the obstacle avoidance threshold value have a big influence on the robot's navigation performance. The research conclusion states that the algorithm A* is an effective method for path planning on the Mecanum wheel Mobile robot. Election heuristic Precise and optimal settings of simulation parameters are essential to improve the efficiency and capability of autonomous navigation systems in dynamic environments.*

Keywords: *Algorithm A*, Path planning, Mecanum wheel, Simulation, Python, CoppeliaSim, Manhattan Heuristic, Euclidean Heuristic.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT (<i>English</i>)	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	6
1.3 Konsep Sistem	7
1.4 Batasan Sistem	7
1.5 Fungsi dan Manfaat Sistem	7
BAB II KONSEP DESAIN & SPESIFIKASI SISTEM	9
2.1 Konsep Desain Sistem	9
2.2 Algoritma <i>path planning A*</i>	11
2.3 Simulasi CoppeliaSim	14
2.4 Metode Verifikasi Spesifikasi	14
BAB III METODOLOGI	16
3.1 Tinjauan Desain Sistem	16
3.1.1 Desain Sistem Keseluruhan	16
3.1.2 Desain Subsistem	17
3.2 Implementasi Sistem	19
3.2.1 Hasil Implementasi	19
a. Implementasi subsistem <i>path planning A*</i>	19
b. Implementasi Subsistem Simulasi	25
3.2.2 Hambatan dan Solusi Implementasi	29
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS HASIL SIMULASI	31

4.1 Studi Kasus 1: Pengujian Simulasi MWMR dengan algoritma <i>Obstacle avoidance</i> dan <i>Path planning A*</i> pada CoppeliaSim dengan perbandingan dua nilai <i>threshold</i>.	31
4.1.1 Tujuan pengujian.....	31
4.1.2 Prosedur Pengujian	31
4.1.3 Hasil Simulasi <i>Path planning</i>	33
4.2 Studi Kasus 2: Pengujian Simulasi MWMR dengan algoritma <i>Obstacle avoidance</i> dan <i>Path planning A*</i> pada CoppeliaSim menggunakan perbandingan dari Dua Heuristik.	44
4.2.1 Tujuan pengujian.....	44
4.2.2 Prosedur Pengujian	45
4.2.3 Hasil Simulasi <i>Path planning</i>	45
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Simpulan.....	59
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	64

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Keterangan <i>DFD level 0</i> sistem simulasi.....	16
Tabel 3.2. Penjelasan <i>DFD level 1</i> sistem simulasi.	17
Tabel 3.3. Penjelasan <i>DFD level 2</i> sistem simulasi.	18
Tabel 4.1. Data hasil simulasi tanpa rintangan dengan <i>threshold 0.5</i>	34
Tabel 4.2. Data hasil simulasi dengan <i>threshold 0.5</i>	35
Tabel 4.3. Data hasil percobaan tanpa rintangan dengan <i>threshold 0.1</i>	36
Tabel 4.4. Data hasil simulasi dengan <i>threshold 0.1</i>	41
Tabel 4.5. Perbandingan kepresisian total jarak dan waktu tempuh antara TH 0.5 dan 0.1.	41
Tabel 4.6. Data hasil pengujian tanpa rintangan menggunakan <i>Manhattan distance</i>	47
Tabel 4.7. Data Hasil pengujian <i>SP(9,9) EP(2,2)</i> menggunakan <i>Manhattan distance</i>	48
Tabel 4.8. Data hasil simulasi <i>SP(9,9) EP(2,2)</i> tanpa rintangan menggunakan <i>Euclidean distance</i>	49
Tabel 4.9. Data hasil simulasi <i>SP(9,9) EP(2,2)</i> menggunakan <i>Euclidean distance</i>	50
Tabel 4.10. Data hasil simulasi <i>SP(9,4) EP(2,9)</i> tanpa rintangan menggunakan <i>Manhattan distance</i>	52
Tabel 4.11. Data hasil simulasi <i>SP(9,4) EP(2,9)</i> menggunakan <i>Manhattan distance</i>	53
Tabel 4.12. Data hasil simulasi <i>SP(9,4) EP(2,9)</i> tanpa rintangan menggunakan <i>Euclidean distance</i>	54
Tabel 4.13. Data hasil simulasi <i>SP(9,4) EP(2,9)</i> menggunakan <i>Euclidean distance</i>	55
Tabel 4.14. Selisih total jarak dan waktu tempuh antara <i>Manhattan distance</i> dengan <i>Euclidean distance</i>	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Komponen pada <i>mecanum wheel</i>	2
Gambar 1.2. Ilustrasi arah putar roda terhadap pergerakan MWMR[10]	2
Gambar 1.3. Representasi perbandingan jalur yang dihasilkan <i>Manhattan distance</i> (Merah, Biru, dan Kuning) dan <i>Euclidean distance</i> (Hijau).....	6
Gambar 2.1. Model KUKA youBot yang telah disesuaikan dan digunakan untuk simulasi pada CoppeliaSim.	9
Gambar 2.2. Tampak atas Model KUKA youBot yang telah disesuaikan dan digunakan untuk simulasi pada CoppeliaSim.	9
Gambar 2.3. Dimensi KUKA youBot [26].	10
Gambar 2.4. Potongan kode program pengaturan orientasi <i>joint</i> (motor) pada CoppeliaSim.....	10
Gambar 2.5. Potongan program untuk memulai server <i>remoteAPI</i> yang ditulis pada CoppeliaSim.....	10
Gambar 2.6. <i>Flowchart</i> Algoritma A*	12
Gambar 3.1. <i>DFD level 0</i> sistem simulasi.....	16
Gambar 3.2. <i>Data Flow Diagram level 1</i> subsistem simulasi.	17
Gambar 3.3. <i>Data Flow Diagram Level 2</i> sistem simulasi.....	18
Gambar 3.4. Ilustrasi perhitungan jarak aktual yang telah ditempuh dari titik awal menuju <i>node n</i>	20
Gambar 3.5. Ilustrasi perhitungan estimasi jarak dari <i>node n</i> menuju titik tujuan.	20
Gambar 3.6. Perhitungan <i>Manhattan distance</i> untuk melakukan estimasi jarak terpendek.....	21
Gambar 3.7. Perhitungan <i>Euclidean distance</i> untuk melakukan estimasi jarak terpendek.....	21
Gambar 3.8. matriks 2D yang mempresentasikan peta <i>grid</i>	22
Gambar 3.9. <i>Output</i> (koordinat <i>grid</i>).	22
Gambar 3.10. Visualisasi <i>path planning A*</i> dengan heuristik <i>Manhattan</i>	23
Gambar 3.11. Visualisasi <i>path planning A*</i> dengan heuristik <i>Euclidean distance</i>	24
Gambar 3.12. Koordinat titik yang harus dituju oleh robot	24
Gambar 3.13. <i>Flowchart</i> cara kerja robot.	25
Gambar 3.14. <i>Flowchart</i> algoritma <i>obstacle avoidance</i> robot.....	26
Gambar 3.15. Ilustrasi <i>safety distance</i> untuk <i>mobile robot</i>	27
Gambar 3.16. Peta area logistik yang telah di sederhanakan	28
Gambar 3.17. Implementasi algoritma A* dengan heuristik <i>Manhattan distance</i> pada KUKA youBot.....	28

Gambar 3.18. Implementasi algoritma A* dengan heuristik <i>Euclidean distance</i> pada KUKA youBot.	28
Gambar 3.19. Hasil baca pada terminal VS Code ketika mendeteksi.....	29
Gambar 3.20. Hasil baca akhir pada terminal VS Code.	29
Gambar 4.1 Ilustrasi persamaan untuk menghitung jarak antar <i>node</i>	32
Gambar 4.2 Data Hasil simulasi pada terminal VS Code.	32
Gambar 4.3. Hasil visualisasi <i>path planning</i> menggunakan heuristik <i>Manhattan distance</i>	33
Gambar 4.4. Hasil pengujian tanpa rintangan menggunakan <i>threshold</i> 0.5.	34
Gambar 4.5. Hasil pengujian dengan rintangan menggunakan <i>threshold</i> 0.5.	35
Gambar 4.6. Hasil simulasi tanpa rintangan menggunakan <i>threshold</i> 0.1.....	36
Gambar 4.7. Hasil simulasi pada <i>peta</i> 2 dengan rintangan menggunakan radius <i>threshold</i> 0.1.....	37
Gambar 4.8. Hasil baca sensor saat robot mengalami <i>infinite loop</i>	37
Gambar 4.9. Ilustrasi jarak toleransi robot dengan koordinat target.	39
Gambar 4.10. Ilustrasi jarak toleransi robot dengan nilai <i>threshold</i> 0.1 dan 0.5. ..	39
Gambar 4.11. Hasil simulasi dengan radius <i>threshold</i> 0.1 setelah implementasi algoritma <i>timeout</i>	40
Gambar 4.12. Hasil baca pada terminal VS Code saat melewati koordinat target yang sulit dicapai.....	40
Gambar 4.13. Hasil baca akhir pada terminal VS Code.	40
Gambar 4.14. Hasil visualisasi <i>jalur</i> SP(9,9) EP(2,2) menggunakan <i>Manhattan distance</i>	46
Gambar 4.15. Hasil simulasi SP(9,9) EP(2,2) tanpa rintangan menggunakan <i>Manhattan distance</i>	46
Gambar 4.16. Hasil simulasi SP(9,9) EP(2,2) menggunakan <i>Manhattan distance</i>	47
Gambar 4.17. Hasil visualisasi <i>jalur</i> SP(9,9) EP(2,2) menggunakan heuristik <i>Euclidean distance</i>	48
Gambar 4.18. Hasil simulasi SP(9,9) EP(2,2) menggunakan <i>Euclidean distance</i> .49	
Gambar 4.19. Hasil simulasi SP(9,9) EP(2,2) menggunakan <i>Euclidean distance</i>	50
Gambar 4.20. Hasil visualisasi <i>jalur</i> SP(9,4) EP(2,9) dengan heuristik <i>Manhattan distance</i>	51
Gambar 4.21 .Hasil Simulasi SP(9,4) EP(2,9) tanpa rintangan menggunakan <i>Manhattan distance</i>	52
Gambar 4.22. Hasil simulasi SP(9,4) EP(2,9) dengan penambahan rintangan.	53
Gambar 4.23. Hasil visualisasi <i>jalur</i> SP(9,4) EP(2,9) dengan heuristik <i>Euclidean distance</i>	54

Gambar 4.24. Hasil Simulasi SP(9,4) EP(2,9) tanpa rintangan menggunakan <i>Euclidean distance</i>	54
Gambar 4.25. Hasil simulasi SP(9,4) EP(2,9) dengan penambahan rintangan menggunakan <i>Euclidean distance</i>	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A: Program Python algoritma A*	64
Lampiran B: Program Python Simulasi CoppeliaSim	68
Lampiran C: Formulir Konsultasi Skripsi Pembimbing Utama.....	74
Lampiran D: Formulir Konsultasi Skripsi Pembimbing Kedua.....	75
Lampiran E: Hasil Turnitin	76