



**PENINGKATAN AKURASI ROBOT *PATH TRACKING*
PADATIKUNGAN U DAN PATAH 90° MELALUI ANALISIS
KOMPARASI *MODEL PREDICTIVE CONTROL* DAN *FUZZY*
*LOGIC CONTROLLER***

**TUGAS AKHIR
SKRIPSI**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

**FAQIH DANU PRASETYO
41423120023**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
(2026)**



**PENINGKATAN AKURASI ROBOT *PATH TRACKING*
PADATIKUNGAN U DAN PATAH 90° MELALUI ANALISIS
KOMPARASI *MODEL PREDICTIVE CONTROL* DAN *FUZZY
LOGIC CONTROLLER***

**TUGAS AKHIR
SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

**FAQIH DANU PRASETYO
41423120023**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
(2026)**

HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Faqih Danu Prasetyo
NIM : 41423120023
Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Elektro

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul:

“Peningkatan Akurasi Robot *Path Tracking* Pada Tikungan U dan Patah 90° Melalui Analisis Komparasi *Model Predictive Control* dan *Fuzzy Logic Controller*”

adalah hasil karya saya sendiri, tidak mengandalung unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menanggung seluruh konsekuensi hukum dan membebaskan Universitas Mercu Buana dari segala bentuk tuntutan hukum dan saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

MERCU BUANA

Jakarta, 14 Februari 2026



Faqih Danu Prasetyo

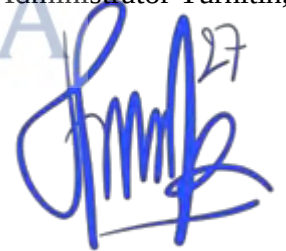
SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah/Laporan Tugas Akhir/Skripsi pada BAB I, BAB III, BAB IV dan BAB V atas nama:

Nama : Faqih Danu Prasetyo
NIM : 41423120023
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : **PENINGKATAN AKURASI ROBOT PATH TRACKING PADATIKUNGAN U DAN PATAH 90° MELALUI ANALISIS KOMPARASI MODEL PREDICTIVE CONTROL DAN FUZZY LOGIC CONTROLLER**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Rabu, 11 Februari 2026** dengan hasil presentase sebesar **6 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

UNIVERSITAS Jakarta, 11 Februari 2026
MERCU BUANA Administrator Turnitin,



Itmam Haidi Syarif

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Faqih Danu Prasetyo
NIM : 41423120023
Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Peningkatan Akurasi Robot *Path Tracking* Pada Tikungan U dan Patah 90° Melalui Analisis Komparasi *Model Predictive Control* dan *Fuzzy Logic Controller*

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 27 Januari 2026 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing

(Dr. Eng. Heru Suwoyo ST., M.Sc.)
NIDN: 0314089201

Jakarta, 14 Februari 2026

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.)
NIDN: 0307037202

Ketua Program Studi
Teknik Elektro



(Dr. Eng. Heru Suwoyo ST., M.Sc.)
NIDN: 0314089201

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof.Dr.Ir. Andali Adriansyah, M.Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Dr.Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik
3. Bapak Dr. Eng. Heru Suwoyo ST., M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro
4. Bapak Dr. Eng. Heru Suwoyo ST., M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tugas Akhir ini
5. Seluruh Dosen dan Staf Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana atas ilmu, bimbingan, dan pelayanan yang diberikan selama masa perkuliahan.
6. Kedua orang tua dan keluarga tercinta atas doa, dukungan, kasih sayang, serta pengorbanan yang tiada henti, yang menjadi sumber kekuatan dan motivasi bagi penulis.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 14 Februari 2026

Penulis



(Faqih Danu Prasetyo)

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB**

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Faqih Danu Prasetyo
NIM : 41423120023
Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Peningkatan Akurasi Robot *Path Tracking* Pada
Tikungan U dan Patah 90° Melalui Analisis
Komparasi *Model Predictive Control* dan *Fuzzy Logic Controller*

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 14 Februari 2026

Yang menyatakan,



(Faqih Danu Prasetyo)

**PENINGKATAN AKURASI ROBOT *PATH TRACKING* PADA TIKUNGAN 90°
DAN PATAH 90° MELALUI ANALISIS KOMPARASI *MODEL*
PREDICTIVE CONTROL DAN *FUZZY LOGIC CONTROLLER*
FAQIH DANU PRASETYO**

ABSTRAK

Akurasi pelacakan jalur (*path tracking*) pada robot sangat bergantung pada kemampuan kontroler dalam mengantisipasi perubahan geometri lintasan. Namun, Kontroler Logika Fuzzy (FLC) konvensional sering kali memiliki keterbatasan fundamental berupa respons transien yang lambat dan *overshoot* berlebih pada manuver tajam karena sifatnya yang reaktif. Hal ini menunjukkan perlunya metode kontrol yang mampu memprediksi perubahan lintasan untuk memitigasi kesalahan posisi secara efektif.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan penerapan *Model Predictive Control* (MPC) sebagai pendekatan prediktif yang mampu melakukan optimasi kontrol secara sistematis guna meminimalkan *Root Mean Square Error* (RMSE). Validasi sistem dilakukan melalui simulasi pada robot *nonholonomic unicycle* dengan membandingkan performa MPC yang diusulkan terhadap *baseline* FLC pada empat skenario uji yang mencakup *Sine Wave*, *Staircase* (tikungan 90°), *Zig-zag*, dan *U-Turn*.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa MPC secara konsisten mengungguli FLC, terutama pada manuver tikungan tajam. Peningkatan performa dibuktikan dengan penurunan RMSE lateral sebesar 56,6% pada tikungan 90° dan 63,3% pada lintasan *U-Turn*. Berdasarkan validasi ini, disimpulkan bahwa MPC lebih efektif dalam meningkatkan akurasi pelacakan jalur pada lintasan kompleks dibandingkan dengan pendekatan heuristik yang dimiliki oleh FLC.

Kata Kunci : *Model Predictive Control, Fuzzy Logic, Path tracking, Robot Unicycle, Tikungan Tajam.*

**ENHANCING ROBOT PATH TRACKING ACCURACY ON U-TURNS AND
90° SHARP TURNS THROUGH COMPARATIVE ANALYSIS OF MODEL
PREDICTIVE CONTROL AND FUZZY LOGIC CONTROLLER
FAQIH DANU PRASETYO**

ABSTRACT

Robot path tracking accuracy relies heavily on the controller's capability to anticipate changes in path geometry. However, conventional Fuzzy Logic Controllers (FLC) often exhibit fundamental limitations, such as slow transient response and excessive overshoot during sharp maneuvers, due to their reactive nature. This indicates the necessity for a control method capable of predicting trajectory changes to effectively mitigate positional errors.

To address these issues, this study proposes the implementation of Model Predictive Control (MPC) as a predictive approach capable of performing systematic control optimization to minimize Root Mean Square Error (RMSE). System validation was conducted via simulation on a nonholonomic unicycle robot by comparing the performance of the proposed MPC against a baseline FLC across four test scenarios, including Sine Wave, Staircase (90° turns), Zig-zag, and U-Turn.

*Simulation results demonstrate that MPC consistently outperforms FLC, particularly during sharp turn maneuvers. Performance improvement is evidenced by a reduction in lateral RMSE of **56.6% on 90° turns** and **63.3% on U-Turn trajectories**. Based on this validation, it is concluded that MPC is more effective in enhancing path tracking accuracy on complex trajectories compared to the heuristic approach of FLC.*

Keywords: Model Predictive Control, Fuzzy Logic, Path tracking, Unicycle Robot, Sharp Turns.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	0
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI.....	ii
HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR PERSAMAAN	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Studi Penelitian Terdahulu	4
2.2 <i>Path Tracking</i>	7
2.3 Model Kinematika.....	8
2.3.1 Representasi Geometri dan Orientasi.....	9
2.3.2 Model Kinematika <i>Error</i>	9
2.4 Desain Kendali Pada <i>Path Tracking</i>	10
2.4.1 <i>Fuzzy Logic</i> (Logika Fuzzy).....	10
2.4.1.1 Himpunan Fuzzy	12
2.4.1.2 Fungsi Keanggotaan	15
2.4.1.3 Operasi-Operasi pada Himpunan Fuzzy	18
2.4.1.4 Proposisi Fuzzy	19
2.4.1.5 Sistem Inferensi Fuzzy.....	21
2.4.1.6 Metode Mamdani.....	22

2.4.2 Model Predictive Control (MPC)	24
2.4.2.1 Konfigurasi Parameter MPC.....	26
2.4.2.2 Indeks Performa (<i>Cost Function</i>) MPC.....	28
2.4.2.3 Mengatur Nilai Batasan (<i>Constraints</i>).....	29
2.5 Matlab(<i>Matrix Laboratory</i>)	29
2.5.1 <i>Toolboxes</i> dalam MATLAB.....	31
BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1 Tahapan Penelitian	32
3.2 Perancangan Sistem.....	33
3.3 Penyelesaian Masalah Menggunakan Kendali <i>Fuzzy Logic</i>	34
3.3.1 Basis Aturan (<i>Rule base</i>)	36
3.3.2 Fuzzifikasi (<i>Input & Output</i>) dan Penentuan Batas Saturasi	38
3.3.3 Defuzzifikasi dan Batasan Kinematik.....	44
3.3.4 Komposisi antar aturan	44
3.4 Penyelesaian Masalah Menggunakan Kendali <i>Model Predictive Control</i> (MPC)	45
3.4.1 Model Prediksi Ruang Keadaan (<i>State-Space</i>)	46
3.4.2 Konfigurasi Parameter dan Fungsi Objektif	47
3.4.3 Mengatur nilai batasan (<i>constraint</i>).....	48
3.5 Variasi Lintasan Uji (Simulasi MATLAB)	49
3.6 Metrik Evaluasi Kinerja	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Pengujian Skenario Lintasan <i>Sine Wave</i> (Gelombang Sinus)	54
4.2 Pengujian Skenario Lintasan Tangga (<i>Staircase</i>)	56
4.3 Pengujian Skenario Lintasan <i>Zig-zag</i>	59
4.4 Pengujian Skenario Lintasan <i>U-Turn</i>	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan Studi Literatur	6
Tabel 3.1 9 Aturan Fuzzy dalam mengendalikan robot mengikuti jalur	37
Tabel 3.2 Keanggotaan <i>LineError</i>	39
Tabel 3.3 Keanggotaan <i>AngleError</i>	41
Tabel 3.4 Keanggotaan <i>AngularVelocity</i>	43
Tabel 4.1 Perbandingan Kinerja pada Lintasan <i>Sine Wave</i> (Gelombang Sinus) ...	55
Tabel 4.2 Perbandingan Kinerja pada Lintasan Tangga (<i>Staircase</i>).....	58
Tabel 4.3 Perbandingan Kinerja pada Lintasan <i>Zig-Zag</i>	62
Tabel 4.4 Perbandingan Kinerja pada Lintasan <i>U-Turn</i>	65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem koordinat robot beroda nonholonomik tipe <i>unicycle</i>	9
Gambar 2.2 Representasi diagram blok pengontrol <i>Fuzzy Logic Controller</i>	12
Gambar 2.3 Representasi Linear naik	15
Gambar 2.4 Representasi Linear turun	16
Gambar 2.5 Representasi Kurva Segitiga	17
Gambar 2.6 kurva fungsi keanggotaan untuk himpunan fuzzy 'bilangan real yang mendekati nilai 2"'.	17
Gambar 2.7 Representasi Kurva Trapesium	18
Gambar 2.8 Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy “sedang”.	20
Gambar 2.9 Struktur dasar suatu sistem inferensi fuzzy	21
Gambar 2.10 Prinsip dasar <i>Model Predictive Control</i>	26
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	33
Gambar 3.2 Diagram blok sistem kendali robot <i>unicycle</i> menggunakan Fuzzy Logic dan <i>Model Predictive Control</i> (MPC).....	34
Gambar 3.3 (a) Diagram blok sistem Kontrol Fuzzy Logic Controller(FLC) (b)Alur kontrol FLC.....	35
Gambar 3.4 Kurva Keanggotaan <i>LineError</i>	39
Gambar 3.5 Kurva Keanggotaan <i>AngleError</i>	41
Gambar 3.6 Kurva Keanggotaan <i>AngularVelocity</i>	42
Gambar 3.7 Aplikasi fungsi implikasi untuk keempat aturan.....	45
Gambar 3.8 Diagram Blok Sistem Kontrol MPC	45
Gambar 3.9 Bentuk Model State Space di Matlab	47
Gambar 3.10 Menentukan nilai N_p dan N_C di Matlab	47
Gambar 3.11 Menentukan nilai bobot/weight di Matlab	48
Gambar 3.12 Pengaturan batasan sinyal kendali (Constraints) di MATLAB.....	49
Gambar 4.1 Perbandingan Jejak Robot (Lintasan <i>Sine Wave</i>).....	54
Gambar 4.2 Perbandingan <i>Error Lateral</i> dan <i>Error Sudut Sine Wave</i>	54
Gambar 4.3 Perbandingan <i>Control Steering Effort Sine Wave</i>	55
Gambar 4.4 Perbandingan Jejak Robot Lintasan Tangga (<i>Staircase</i>).....	57
Gambar 4.5 Perbandingan <i>Error Lateral</i> dan <i>Error Sudut Tangga (Staircase)</i> ...	57
Gambar 4.6 Perbandingan <i>Control Steering Effort (Staircase)</i>	58
Gambar 4.7 Perbandingan Jejak Robot Lintasan <i>Zig-Zag</i>	60
Gambar 4.8 Perbandingan <i>Error Lateral</i> dan <i>Error Sudut zig-zag</i>	61
Gambar 4.9 Perbandingan <i>Control Steering Effort zig-zag</i>	62
Gambar 4.10 Perbandingan Jejak Robot Lintasan <i>U-Turn</i>	63
Gambar 4.11 Perbandingan <i>Error Lateral</i> dan <i>Error Sudut U-Turn</i>	64
Gambar 4.12 Perbandingan <i>Control Steering Effort U-Turn</i>	65

DAFTAR PERSAMAAN

(2.1) Persamaan kinematika robot unicycle	9
(2.2) Persamaan error kinematika robot (e_x, e_y, e_θ).....	10
(2.3) Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy μ_A	12
(2.4) Representasi himpunan fuzzy A	12
(2.5) Contoh himpunan fuzzy mobil nyaman	13
(2.6) Notasi himpunan fuzzy diskrit.....	13
(2.7) Notasi himpunan fuzzy kontinu.....	13
(2.8) Contoh himpunan fuzzy bilangan mendekati 0	14
(2.9) Fungsi keanggotaan linear naik	16
(2.10) Fungsi keanggotaan linear turun	16
(2.11) Fungsi keanggotaan segitiga	17
(2.12) Fungsi keanggotaan trapesium	18
(2.13) Operasi fuzzy <i>AND</i> (<i>intersection</i>)	19
(2.14) Operasi fuzzy <i>OR</i> (<i>union</i>).....	19
(2.15) Fungsi implikasi Mamdani.....	22
(2.16) Metode komposisi <i>Max</i>	23
(2.17) Metode komposisi <i>Additive</i>	23
(2.18) Metode komposisi Probabilistic <i>OR</i>	23
(2.19) Defuzzifikasi metode <i>Centroid</i>	24
(2.20) Defuzzifikasi metode Bisektor	24
(2.21) Urutan sinyal kendali MPC	26
(2.22) Prediksi state MPC	27
(2.23) Hubungan prediksi state MPC.....	27
(2.24) Cost function MPC.....	28
(2.25) Batasan sinyal kendali MPC.....	29
(3.1) Fungsi keanggotaan <i>LineError</i> Negatif.....	40
(3.2) Fungsi keanggotaan <i>LineError</i> Nol.....	40
(3.3) Fungsi keanggotaan <i>LineError</i> Positif	40
(3.4) Fungsi keanggotaan <i>AngleError</i> Negatif	42
(3.5) Fungsi keanggotaan <i>AngleError</i> Nol	42
(3.6) Fungsi keanggotaan <i>AngleError</i> Positif	42
(3.7) Fungsi keanggotaan <i>AngularVelocity</i> Kiri	43
(3.8) Fungsi keanggotaan <i>AngularVelocity</i> Nol.....	44
(3.9) Fungsi keanggotaan <i>AngularVelocity</i> Kanan	44
(3.10) Model state-space diskrit.....	46
(3.11) Matriks sistem kontinu A_c dan B_c	46
(3.12) Matriks keluaran C dan D	46
(3.13) Matriks pembobot Q dan R	46
(3.14) Batasan sinyal kendali u_{min} dan u_{max}	48
(3.15) <i>Cost function</i> MPC hasil tuning	48

(3.16) Rumus MAE <i>Lateral</i>	50
(3.17) Rumus RMSE <i>Heading</i>	50
(3.18) Rumus <i>Control Effort</i>	51
(3.19) Persentase penurunan <i>error</i>	51
(3.20) Persentase kenaikan <i>control effort</i>	52



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Lampiran Lainnya
- Lampiran 2. Bukti Bimbingan Tugas Akhir
- Lampiran 3. Curriculum Vitae

