Perancangan Optimalisasi Robot Path Tracking Untuk Mengurangi Deviasi Dengan Menggunakan Linier Quadratic Regulator

TUGAS AKHIR
APLIKATIF

Pius Febrian Rahman Agung
41423120020

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA

2026

lib.mercubuana.ac.id

Perancangan Optimalisasi Robot Path Tracking Untuk Mengurangi Deviasi Dengan Menggunakan Linier Quadratic Regulator

TUGAS AKHIR
APLIKATIF

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Pius Febrian Rahman Agung
41423120020

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026

lib.mercubuana.ac.id

HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Pius Febrian Rahman Agung
NIM	: 41423120020
Fakultas/Program Studi	: Teknik/Teknik Elektro

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir Berjudul : " Perancangan Optimalisasi Robot Path Tracking Untuk Mengurangi Deviasi Dengan Menggunakan Linier Quadratic Regulator " adalah hasil karya saya sendiri, tidak mengandung unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila dikemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya siap menerima 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.

UNIVERSITAS MERCU BUANA

Jakarta, 4 Agustus 2026

Yang menyatakan



Pius Febrian Rahman Agung

lib.mercubuana.ac.id

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

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

Nama	:	**Pius Febrian Rahman Agung**
NIM	:	**41423120020**
Program Studi	:	**Teknik Elektro**
Judul Tugas Akhir / Tesis / Praktek Keinsinyuran	:	**PERANCANGAN OPTIMALISASI ROBOT PATH TRACKING UNTUK MENGURANGI DEVIASI DENGAN MENGGUNAKAN LINIER QUADRATIC REGULATOR**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Rabu, 19 Agustus 2026** dengan hasil presentase sebesar **5 %** 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
MERCU BUANA

Jakarta, 19 Agustus 2026
Administrator Turnitin,

Itmam Haidi Syarif

lib.mercubuana.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	:	Pius Febrian Rahman Agung
NIM	:	41423120020
Fakultas/Program Studi	:	Teknik/Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir	:	Perancangan Optimalisasi Robot Path Tracking Untuk Mengurangi Deviasi Dengan Menggunakan Linier Quadratic Regulator

Telah berhasil dipertahankan pada sidang pada tanggal 4 Agustus 2026 dihadapan dewan penguji 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, S.T., M.Sc.
NIDN : 2146770671130403

Jakarta,4 Agustus 2026
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik	Ketua Program Studi
Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari,M.T.	Dr. Eng. Heru Suwoyo, S.T., M.Sc.
NIDN : 0307037202	NIDN : 2146770671130403

lib.mercubuana.ac.id

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, 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 Elekto 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. Andi Ardiansyah, M.Eng., selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Dr.Eng. Heru Suwoyo, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Fakultas Teknik Mesin, sekaligus dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tugas Akhir ini
4. Kedua orang tua saya, Ibu & Bapak yang selalu mendukung dan mensupport saya.
5. Mertua saya, Mama & Bapak yang selalu mendorong saya agar tetap berjuang.
6. Istri saya, Diah Ayu Puji Lestari yang selalu mendampingi saya disetiap langkah.
7. Anak pertama saya, Muhammad Zayn Rayyan Agung, yang menjadikan saya selalu semangat tanpa henti.
8. Kakak saya, Regina Risa Dewi yang selalu membantu & memberikan support
9. Adik Saya, Angga yang selalu mensupport dan mendoakan saya.
10. Atasan saya di PT. SAYAP MAS UTAMA yang mendukung saya untuk melanjutkan pendidikan Strata-1.
11. Teman-teman di PT. SAYAP MAS UTAMA yang selalu memeberi dukungan
12. Semua pihak yang selalu mendoakan dan memberikan semangat.

lib.mercubuana.ac.id

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 4 Agustus 2026



Pius Febrian Rahman Agung

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB

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

Nama	:	Pius Febrian Rahman Agung
NIM	:	41423120020
Fakultas/Program Studi	:	Teknik/Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir	:	Perancangan Optimalisasi Robot Path Tracking Untuk Mengurangi Deviasi Dengan Menggunakan Linier Quadratic Regulator

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.

Jakarta, 04 Agustus 2026

Yang menyatakan,



(Pius Febrian Rahman Agung)

lib.mercubuana.ac.id

ABSTRAK

Sistem *path tracking* yang mampu mengikuti lintasan referensi secara akurat dengan tingkat deviasi dan kesalahan yang rendah dibutuhkan pada robot otonom. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja tiga metode pengendali, yaitu Proportional-Integral-Derivative (PID), Fuzzy Logic Controller (FLC), dan Linear Quadratic Regulator (LQR), dalam meningkatkan performa robot *path tracking*. Simulasi menggunakan perangkat lunak MATLAB dengan model kinematika robot berbasis *unicycle*. Pengujian dilakukan pada lintasan bergelombang dan spiral, dengan parameter evaluasi berupa *heading error* dan *cross-track error* Root Mean Square Error (RMSE). Hasil pengujian pada lintasan bergelombang menunjukkan bahwa metode LQR menghasilkan *heading error* sebesar 0,05517 rad dan *cross-track RMSE* sebesar 0,1254 m, lebih baik dibandingkan PID dengan *heading error* 0,05897 rad dan *cross-track RMSE* 0,1256 m, serta FLC dengan *heading error* 0,059644 rad dan *cross-track RMSE* 0,2494 m. Pada lintasan spiral, LQR juga memberikan performa terbaik dengan *heading error* sebesar 0,02330 rad dan *cross-track RMSE* sebesar 0,0950 m, sementara PID menghasilkan *heading error* 0,02649 rad dan *cross-track RMSE* 0,0952 m, kemudian FLC menghasilkan *heading error* 0,56497 rad dan *cross-track RMSE* 0,2408 m. Hasil simulasi menunjukkan bahwa LQR mampu menghasilkan respons yang lebih stabil, presisi, dan konsisten dalam mengikuti lintasan dibandingkan PID dan FLC, terutama pada lintasan dengan perubahan arah yang kontinu. Dapat disimpulkan bahwa, Linear Quadratic Regulator (LQR) merupakan pengendali yang paling efektif dalam mengurangi deviasi dan meningkatkan akurasi sistem *path tracking*. Dengan mempertimbangkan seluruh keadaan sistem melalui pendekatan *state-space* dan optimasi fungsi biaya, LQR mampu memberikan performa pelacakan lintasan yang lebih baik sehingga berpotensi diterapkan pada sistem navigasi robot otonom yang memerlukan tingkat presisi tinggi.

Kata kunci: Path Tracking, Robot Otonom, Linear Quadratic Regulator (LQR), PID, Fuzzy Logic Controller, MATLAB, Heading Error, Cross-Track Error.

UNIVERSITAS MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

ABSTRACT

An accurate path tracking system capable of following a reference trajectory with minimal deviation and tracking error is essential for autonomous robots. This study aims to analyze and compare the performance of three control methods, namely the Proportional-Integral-Derivative (PID), Fuzzy Logic Controller (FLC), and Linear Quadratic Regulator (LQR), in improving the path tracking performance of autonomous robots. Simulations were conducted using MATLAB based on a unicycle robot kinematic model. The controllers were evaluated on two reference trajectories, namely a sinusoidal (wavy) trajectory and a spiral trajectory, using heading error and cross-track Root Mean Square Error (RMSE) as the performance evaluation metrics. The experimental results on the sinusoidal trajectory show that the LQR controller achieved a heading error of 0.05517 rad and a cross-track RMSE of 0.1254 m, outperforming the PID controller, which produced a heading error of 0.05897 rad and a cross-track RMSE of 0.1256 m, and the FLC, which resulted in a heading error of 0.059644 rad and a cross-track RMSE of 0.2494 m. Similarly, on the spiral trajectory, the LQR controller demonstrated the best performance, achieving a heading error of 0.02330 rad and a cross-track RMSE of 0.0950 m. In comparison, the PID controller produced a heading error of 0.02649 rad and a cross-track RMSE of 0.0952 m, while the FLC resulted in a heading error of 0.56497 rad and a cross-track RMSE of 0.2408 m. The simulation results indicate that the LQR controller provides a more stable, precise, and consistent tracking response than the PID and FLC controllers, particularly on trajectories with continuous changes in direction. It can be concluded that the Linear Quadratic Regulator (LQR) is the most effective controller for reducing trajectory deviation and improving the accuracy of path tracking systems. By considering the overall system states through a state-space approach and optimizing the quadratic cost function, the LQR controller achieves superior trajectory tracking performance, making it a promising solution for autonomous robotic navigation systems that require high-precision path tracking.

UNIVERSITAS MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

Keywords: Path Tracking, Autonomous Robot, Linear Quadratic Regulator (LQR), Proportional-Integral-Derivative (PID), Fuzzy Logic Controller (FLC), MATLAB, Heading Error, Cross-Track Error.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL **0**
HALAMAN JUDUL ..... **i**
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI ..... **ii**
HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN ..... **iii**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **iv**
KATA PENGANTAR ..... **v**
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ..... **vii**
ABSTRAK ..... **viii**
ABSTRACT ..... **ix**
DAFTAR ISI ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**
DAFTAR TABEL ..... **xiv**
BAB I **1**
PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **4**
2.1 Studi Penelitian Terdahulu 4
2.2 Path Tracking 8
2.3 Fuzzy Logic Controller 9
2.4 Linier Quadratic Regulator (LQR) 12
2.5 *Proportional Derivstif Integral* (PID) 14
2.6 Matrix Laboratory (Matlab) 16
BAB III METODE PERANCANGAN **18**
3.1 Tahapan Penelitian 18
3.2 Perancangan Sistem 20
3.3 Penyelesaian Masalah Menggunakan PID 20
3.4 Penyelesian Masalah Menggunakan LQR 24

UNIVERSITAS MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

3.5 Penyelesaian Masalah Menggunakan Fuzzy Logic 26
3.6 Variasi & Model Referensi Lintasan 35
3.7 Matriks Evaluasi Kinerja 38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 40
4.1 Pengujian Pada Lintasan Bergelombang 40
4.2 Pengujian Pada Lintasan Spiral 43
4.3 Pengujian Pada Lintasan Berbentuk Z 45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 48
5.1 Kesimpulan 48
5.2 Saran 50
DAFTAR PUSTAKA 51
LAMPIRAN 53

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Representasi Blok Diagram Pengontrol Fuzzy Logic Controller..... 10
Gambar 2.2 Kendali LQR 13
Gambar 2.3 Blok diagram controller PID 14
Gambar 2.4 Blok kontroler proporsional 15
Gambar 2.5 Blok diagram Integral..... 15
Gambar 2.6 Blok Kontrol Diferensial 16
Gambar 2.7 Matlab..... 17
Gambar 3.1 Program Respon Grafik PID 21
Gambar 3.2 Grafik Respon PID 22
Gambar 3.3 Robot State PID pada Matlab 23
Gambar 3.4 Program PID pada Matlab 23
Gambar 3.5 Blok Diagram LQR 24
Gambar 3.6 LQR State Pada Matlab 24
Gambar 3.7 LQR Logic pada MATLAB 25
Gambar 3.8 Blok Diagram Fuzzy Logic Controller..... 26
Gambar 3.9 Fuzzy State Pada MATLAB 27
Gambar 3.10 Program Fuzzy Logic Pada MATLAB 28
Gambar 3.11 Kurva member Line error..... 28
Gambar 3.12 Membership Fungsi Angle error 31
Gambar 3.13 Gambar Kurva Output *Angular Velocity*..... 33
Gambar 3.14 Program Variasi Lintasan pada Matlab 36
Gambar 3.15 Lintasan Bergelombang..... 36
Gambar 3.16 Lintasan Spiral..... 37
Gambar 3.17 Lintasan Z..... 38
Gambar 4.1 Simulasi Dengan Lintasan Bergelombang 40
Gambar 4.2 Perbandingan Heading Error 41
Gambar 4.3 Simulasi Dengan Lintasan Spiral 43
Gambar 4.4 Perbandingan Heading Error & Cross Track Error 44
Gambar 4.5 Bentuk Lintasan “Z”..... 46
Gambar 4.6 Perbandingan Heading Error & Cross Track Error 46

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian..... 8
Tabel 3.1 Input Line Error 29
Tabel 3.2 Input Angle Error..... 31
Tabel 3.3 Parameter Output 33
Tabel 3.4 Sembilan Rules yang Digunakan 35
Tabel 4.1 Hasil Perbandingan Evaluasi Performa Pada Lintasan Bergelombang 42
Tabel 4.2 Hasil Perbandingan Evaluasi Performa Pada Lintasan Spiral 45
Tabel 4.3 Hasil Perbandingan Evaluasi Performa Pada Lintasan Berbentuk “Z” 47

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id