UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Sistem Kendali Navigasi Lateral pada Autonomous Mobile Robot di Lintasan Balap Menggunakan Self-Tuning Controller
Hafizha Adhiyant, Dr. Andi Dharmawan, S.Si., M.Cs. ; Oskar Natan, S.ST., M.Tr.T., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

SISTEM KENDALI NAVIGASI LATERAL PADA *AUTONOMOUS MOBILE ROBOT* DI LINTASAN BALAP MENGGUNAKAN *SELF-TUNING CONTROLLER*

Oleh

Hafizha Adhiyant

22/503529/PA/21644

Sistem *trajectory tracking* berbasis *Linear Quadratic Regulator* (LQR) dengan model kinematika *bicycle* pada *Autonomous Mobile Robot* (AMR) tidak memperhitungkan gaya gesek dan selip ban, sehingga terjadi kesenjangan antara *yaw rate* prediksi dan aktual yang menyebabkan fenomena *understeer* pada segmen menikung. Optimasi parameter kendali untuk satu jenis segmen saja menimbulkan dilema: parameter yang dioptimalkan untuk segmen lurus menghasilkan kecepatan tinggi namun berisiko tabrakan saat menikung, sedangkan parameter untuk segmen tikungan meningkatkan keselamatan namun mengorbankan *lap time* secara signifikan.

Penelitian ini mengembangkan sistem kendali navigasi lateral berbasis *self-tuning controller* yang mengombinasikan *fuzzy logic* dengan LQR (*fuzzy*-LQR) pada AMR skala 1:10. Sistem *fuzzy inference* mengklasifikasikan kelengkungan lintasan menjadi empat kelas (STRAIGHT, LIGHT, MODERATE, SHARP) menggunakan fungsi keanggotaan trapezoidal, kemudian menyesuaikan parameter matriks pembobot Q pada LQR secara *real-time* melalui defuzzifikasi Sugeno *weighted average*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa fuzzy-LQR berhasil menurunkan deviasi *yaw rate* sebesar 19,8% serta mengurangi jumlah tabrakan sebesar 60% dibandingkan LQR-S, dengan peningkatan *lap time* hanya 9,4%. Dibandingkan LQR-T, *fuzzy*-LQR mencapai tingkat keselamatan setara namun dengan *lap time* 13,8% lebih cepat, membuktikan kemampuan pendekatan *self-tuning* dalam menyeimbangkan kecepatan dan keselamatan navigasi pada lintasan dengan geometri beragam.

Kata Kunci: *autonomous mobile robot*, *trajectory tracking*, LQR, *fuzzy logic*, *self-tuning controller*, *understeer*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Sistem Kendali Navigasi Lateral pada Autonomous Mobile Robot di Lintasan Balap Menggunakan Self-Tuning Controller
Hafizha Adhiyant, Dr. Andi Dharmawan, S.Si., M.Cs. ; Oskar Natan, S.ST., M.Tr.T., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

LATERAL NAVIGATION CONTROL SYSTEM FOR AUTONOMOUS MOBILE ROBOT ON RACING TRACK USING SELF-TUNING CONTROLLER

by

Hafizha Adhiyant

22/503529/PA/21644

The Linear Quadratic Regulator (LQR)-based trajectory tracking system with a bicycle kinematic model on an Autonomous Mobile Robot (AMR) does not account for friction forces and tire slip, resulting in a discrepancy between predicted and actual yaw rates that causes understeer phenomena on curved track segments. Optimizing control parameters for a single segment type introduces a dilemma: parameters optimized for straight segments yield high speed but risk collisions on curves, while parameters tuned for curved segments improve safety but significantly sacrifice lap time.

This study develops a lateral navigation control system based on a self-tuning controller that combines fuzzy logic with LQR (fuzzy-LQR) on a 1:10 scale AMR. The fuzzy inference system classifies track curvature into four classes (STRAIGHT, LIGHT, MODERATE, SHARP) using trapezoidal membership functions, then adjusts the Q weighting matrix parameters of the LQR in real-time through Sugeno weighted average defuzzification.

Experimental results show that fuzzy-LQR successfully reduced yaw rate deviation by 19.8% and decreased the number of collisions by 60% compared to LQR-S, with only a 9.4% increase in lap time. Compared to LQR-T, fuzzy-LQR achieved an equivalent safety level while being 13.8% faster in lap time, demonstrating the capability of the self-tuning approach in balancing speed and safety for navigation on tracks with diverse geometries.

Keywords: *autonomous mobile robot*, *trajectory tracking*, LQR, *fuzzy logic*, *self-tuning controller*, *understeer*