

**APLIKASI KENDALI *LINEAR QUADRATIC REGULATOR*
(LQR) PADA SISTEM SUSPENSI SETENGAH
BAGIAN MOBIL**

SKRIPSI



**UIN IMAM BONJOL
PADANG**

**Oleh:
LATHIFAH ANNUR
2117010023**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN IMAM BONJOL PADANG
2025**

**APLIKASI KENDALI *LINEAR QUADRATIC REGULATOR*
(LQR) PADA SISTEM SUSPENSI SETENGAH
BAGIAN MOBIL**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana (S1)



**UIN IMAM BONJOL
PADANG**

**Oleh:
LATHIFAH ANNUR
2117010023**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN IMAM BONJOL PADANG
2025**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Padang, 06 Maret 2025
Yang Membuat Pernyataan,



LATHIFAH ANNUR

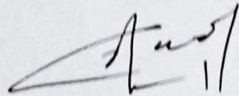
HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul Aplikasi Kendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR) pada Sistem Suspensi Setengah Bagian Mobil yang disusun oleh **Lathifah Annur** NIM 2117010023, telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dalam sidang skripsi pada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Imam Bonjol Padang.

Padang, 03 Februari 2025

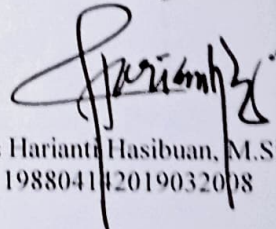
Menyetujui,

Pembimbing I



Ezhari Asfa'ani, M.Sc.
NIP 199001062019032012

Pembimbing II

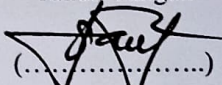
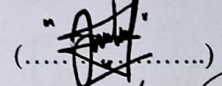
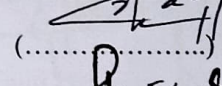
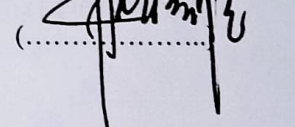


Lilis Harianti Hasibuan, M.Si.
NIP 198804142019032008

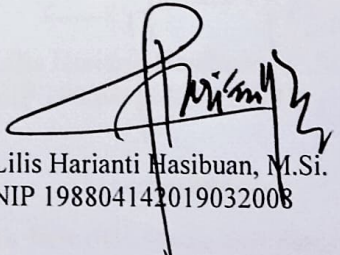
HALAMAN PENGUJIAN

Skripsi dengan judul **Aplikasi Kendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR)** pada Sistem Suspensi Setengah Bagian Mobil yang disusun oleh **Lathifah Annur** NIM 2117010023, telah diuji di depan Tim Penguji pada hari Kamis tanggal 13 Februari 2025.

Tim Penguji:

	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1.	La Ode Sabran, M.Si. NIP 198804252020121006	(Ketua)	 (.....)
2.	Ilham Dangu Rianjaya, M.Si. NIP 199207022020121009	(Sekretaris)	 (.....)
3.	Ezhari Asfa'ani, M.Sc. NIP 199001062019032012	(Anggota)	 (.....)
4.	Lilis Harianti Hasibuan, M.Si. NIP 198804142019032008	(Anggota)	 (.....)

Mengetahui,
Ketua Program Studi


Lilis Harianti Hasibuan, M.Si.
NIP 198804142019032008

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **Aplikasi Kendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR)** pada Sistem Suspensi Setengah Bagian Mobil yang disusun oleh **Lathifah Annur NIM 2117010023** Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Imam Bonjol Padang telah dipertahankan di depan Tim Penguji Sidang Skripsi pada tanggal 13 Februari 2025 dan dinyatakan memenuhi syarat.

Disahkan di : Padang
Tanggal : 06 Maret 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Ezhari Asfa'ani, M.Sc.
NIP 199001062019032012

Pembimbing II

Lilis Harianti Hasibuan, M.Si.
NIP 198804142019032008

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Lilis Harianti Hasibuan, M.Si.
NIP 198804142019032008

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi



Prof. Nurris Shalihin, M.Si., Ph.D.
NIP 196911192003121001

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala limpahan rahmat-Nya, diantaranya kesehatan dan kemudahan, sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**Aplikasi Kendali *Linear Quadratic Regulator (LQR)* pada Sistem Suspensi Setengah Bagian Mobil**”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan akademik dalam menyelesaikan Program Sarjana (S1) pada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Imam Bonjol Padang. Penulis menyadari bahwa selesainya skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, bimbingan, saran, dan doa dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini Penulis menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya, terutama kepada:

1. Dekan dan Civitas Akademika Fakultas Sains dan Teknologi.
2. Ketua dan Sekretaris Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Ezhari Asfa'ani, M.Sc, dan Lilis Harianti Hasibuan, M.Si, selaku dosen pembimbing dan penguji skripsi atas segala bimbingan, dukungan, dan saran yang diberikan sehingga skripsi ini dapat Penulis selesaikan dengan baik.
4. La Ode Sabran, M.Si, selaku dosen Pembimbing Akademik dan dosen penguji skripsi atas segala dukungan, bantuan, bimbingan, dan doa yang diberikan kepada Penulis selama menempuh perkuliahan di Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Imam Bonjol Padang.
5. Ilham Dangu Rianjaya, M.Si. selaku dosen penguji skripsi yang telah menguji Penulis pada sidang skripsi.
6. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Matematika yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang tak ternilai selama Penulis menjalankan perkuliahan di Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Imam Bonjol Padang.
7. Ibu dan Ayah tercinta, Kakak, *Nyayang*, dan *Adek* tersayang, serta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan doa, nasihat, dukungan, serta semangat kepada Penulis khususnya selama proses penulisan skripsi ini.

8. Teman-teman tersayang Penulis, Atiqah, Cici, dan Intan, yang selalu baik dan menyenangkan, yang mewarnai masa-masa akhir semester Penulis sehingga tidak begitu membosankan dan bisa menyelesaikan skripsi bersama-sama.
9. Teman-teman seangkatan dan seperjuangan dalam menyelesaikan perkuliahan Matematika, yang saling menyemangati, memotivasi, dan mendoakan selama proses penulisan skripsi.
10. Semua pihak yang telah membantu Penulis dalam proses penulisan skripsi ini.

Penyusunan skripsi ini tentu masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan yang Penulis miliki. Oleh karena itu, untuk melengkapi ketidaksempurnaan tersebut, Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Padang, 06 Maret 2025



LATHIFAH ANNUR

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA
ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lathifah Annur
NIM : 2117010023
Program Studi : Matematika
Judul Penelitian : Aplikasi Kendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR)
pada Sistem Suspensi Setengah Bagian Mobil

Dengan ini menyatakan persetujuan untuk dipublikasikannya karya ilmiah
(skripsi) saya oleh pihak UIN Imam Bonjol Padang untuk kepentingan akademis.

Padang, 06 Maret 2025

Yang Membuat Pernyataan,



LATHIFAH ANNUR

ABSTRAK

Perancangan sistem suspensi yang tepat dan optimal diperlukan agar getaran yang ditimbulkan oleh profil jalan tidak rata dan dari getaran mesin dapat diserap sepenuhnya oleh sistem suspensi mobil. Model matematika sistem suspensi perlu dilakukan untuk memudahkan dalam proses analisa respons dinamis pada suspensi mobil. Model matematika sistem suspensi setengah bagian mobil dapat diperoleh melalui penerapan Hukum II Newton pada penurunan persamaan dinamis sistem suspensi yang akan menghasilkan persamaan *state space*. Metode kendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR) diaplikasikan pada sistem suspensi setengah bagian mobil. Kendali LQR ditentukan dengan meminimalkan fungsi tujuan berbentuk kuadratik dengan kendala sistem yang berbentuk linear. Hasil perhitungan menggunakan MATLAB dengan memvariasikan matriks pembobotan menghasilkan delapan kemungkinan kendali. Kinerja sistem suspensi ditunjukkan melalui simulasi numerik. Hasil simulasi numerik menunjukkan kendali yang paling baik adalah kendali ketujuh yang stabil sejak 0,4 detik pertama. Perubahan nilai keluaran tertinggi terjadi pada detik ke-0,03, yaitu perpindahan suspensi belakang turun hingga 0,985 cm. Kendali ketujuh merupakan kendali yang mampu menghasilkan sistem dengan kenyamanan dan keamanan yang paling baik dibanding tujuh kendali lainnya.

Kata Kunci: Kendali LQR, Sistem Suspensi Setengah Bagian Mobil.

ABSTRACT

The suspension system plays an important role in the comfort and safety of driving. Proper and optimal design of the suspension system is needed so that vibrations caused by uneven road profiles and from engine vibrations can be fully absorbed by the car suspension system. Mathematical modelling of the suspension system needs to be done to facilitate the process of analysing the dynamic response of the car suspension. The mathematical model of the half car suspension system can be obtained through the application of Newton's Law II to the derivation of the dynamic equations of the suspension system which will produce state space equations. Linear Quadratic Regulator (LQR) control method is applied to the half car suspension system. LQR control is determined by minimising a quadratic objective function with linear system constraints. The calculations results using MATLAB by varied the weight matrix resulted in eight possible controls. The performance of the suspension system is shown through numerical simulation. Numerical simulation results show that the best control is the seventh control which is stable since the first 0,4 seconds. The highest change in output value occurs at the 0,03th second, where the rear suspension displacement drops to 0,985 cm. The seventh control is able to produce a system with the best comfort and safety compared to the other seven controls.

Keywords: *Half Car Suspension System, LQR control.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGUJIAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA...	viii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Kerangka Teori	5
1. Sistem Suspensi.....	5
2. Dasar-dasar Ilmu Fisika	10
3. Teori Matriks.....	15
4. Persamaan Diferensial.....	17
5. Teori Sistem Matematika	18
6. Sistem Kendali	28
7. Titik Keseimbangan dan Kestabilan Sistem	33

8. Metode Kendali Linear Quadratic Regulator (LQR)	36
B. Literatur <i>Review</i>	40
BAB III METODE PENELITIAN	43
A. Jenis Penelitian.....	43
B. Setting Penelitian	43
C. Tahapan Penelitian.....	43
BAB IV PEMBAHASAN.....	44
A. Model Sistem Suspensi Setengah Bagian Mobil	44
B. Mengubah Sistem Suspensi Setengah Bagian Mobil ke Bentuk <i>State Space</i>	48
C. Kestabilan Sistem Suspensi Setengah Bagian Mobil Tanpa Kendali Tanpa Gangguan.....	52
D. Kendali <i>Linear Quadratic Regulator</i> (LQR) pada Sistem Suspensi Setengah Bagian Mobil	53
E. Kestabilan Sistem Suspensi Setengah Bagian Mobil dengan Kendali LQR	58
F. Simulasi Numerik Sistem Suspensi Setengah Bagian Mobil.....	59
BAB V PENUTUP.....	66
A. Kesimpulan	66
B. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN.....	70