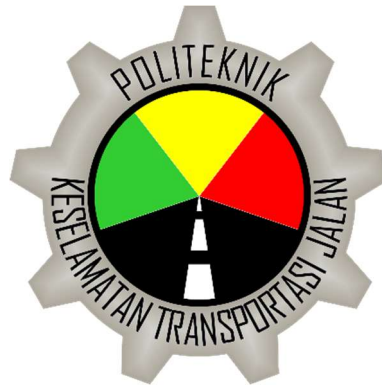


TUGAS AKHIR
ANALISIS PENGARUH TEKNIK PENGGEREMAN DAN
GEOMETRI JALAN MENURUN TERHADAP ENERGI
PENGGEREMAN DAN KECEPATAN KENDARAAN

Diajukan untuk memenuhi Tugas Akhir pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi
Rekayasa Otomotif



Disusun oleh:
AHMAD AMIRUL AULIA
21021001

PROGRAM STUDI D4 TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
TEGAL
2025

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS PENGARUH TEKNIK PENEREMAN DAN GEOMETRI JALAN MENURUN TERHADAP ENERGI PENEREMAN DAN KECEPATAN KENDARAAN

ANALYSIS OF THE EFFECT OF *BRAKING* TECHNIQUES AND DOWNWARD ROAD
GEOMETRY ON *BRAKING* ENERGY AND *VEHICLE* SPEED

Disusun oleh:

AHMAD AMIRUL AULIA

21021001

Telah disetujui oleh:

Dosen Pembimbing



Dr. Ery Muthorig S.T., M.T
NIP. 198307042009121004

Tanggal 8 Juli 2025

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH TEKNIK Pengereman dan Geometri Jalan Menurun Terhadap Energi Pengereman dan Kecepatan Kendaraan

Disusun oleh: Ahmad Amirul Aulia
21021001

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada Tanggal 16 Juli 2025

Ketua Sidang

Tanda Tangan



Ethys Pranoto S.T., M.T.
NIP. 198006022009121001

Penguji 1

Tanda Tangan



Helmi Wibowo, S.Pd., M.T.
NIP. 199006212019021001

Penguji 2

Tanda Tangan



Dr. Ery Muthoriq S.T., M.T.
NIP. 198307042009121004

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomotif



Dr. Ery Muthoriq S.T., M.T.
NIP. 198307042009121004

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Amirul Aulia

Notar : 21021001

Program Studi : D-IV Teknologi Rekayasa Otomotif

Menyatakan bahwa tugas akhir berjudul "**ANALISIS PENGARUH TEKNIK Pengereman dan Geometri Jalan Menurun Terhadap Energi Pengereman dan Kecepatan Kendaraan**" merupakan hasil karya orisinal saya. Semua referensi yang digunakan dalam penelitian ini telah saya cantumkan secara jelas dan rinci dalam daftar pustaka serta diidentifikasi dengan tepat dalam laporan tugas akhir ini.

Saya menyatakan bahwa tugas akhir ini belum pernah diajukan dalam bentuk yang sama untuk memperoleh gelar sarjana terapan teknik dalam institusi mana pun. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya pihak lain, saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku di Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan.

Saya menyatakan bahwa seluruh data, hasil penelitian, dan temuan yang disajikan dalam tugas akhir ini merupakan hasil karya serta kontribusi saya sendiri, kecuali jika secara tegas dinyatakan diindikasikan sebaliknya. Saya tidak menggunakan hasil kerja atau kontribusi pihak lain tanpa izin dan atribusi yang semestinya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa adanya tekanan atau paksaan dari pihak mana pun.

Tegal, 8 Juli 2025

Yang Menyatakan



10000
SEPULUH RIBU RUPIAH
TEL. 70
METERAI
TEMPEL
0CA3CALX279769556

Ahmad Amirul Aulia

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami haturkan kepada Allah SWT. Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan petunjuk-Nya yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan tepat waktu. Dengan penuh rasa syukur dan kerendahan hati, penulis menyampaikan penghargaan yang mendalam atas segala dukungan dan bimbingan yang diberikan selama proses penyusunan tugas akhir yang berjudul **"ANALISIS PENGARUH TEKNIK PENGGEREMAN DAN GEOMETRI JALAN MENURUN TERHADAP ENERGI PENGGEREMAN DAN KECEPATAN KENDARAAN"** ini. Pada kesempatan ini, penulis dengan tulus ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibunda tercinta dan kakak perempuan terkuat, atas dukungan psikologis yang senantiasa diberikan dengan penuh ketulusan dan konsistensi, menjadi sumber semangat yang tidak ternilai selama proses penyusunan tugas akhir ini.
2. Almarhum Bapak Helmy Susanto, S.Sos., sosok ayah terbaik sepanjang hayat, yang telah mewariskan pelajaran berharga tentang kedewasaan, tanggung jawab, dan keteguhan sikap sejak usia muda.
3. Nenek beserta seluruh keluarga besar, atas dukungan finansial, moral, dan psikologis yang terus mengalir tanpa henti, menjadi fondasi penting dalam pencapaian akademik ini.
4. Bapak Bambang Istianto, S.Si.T.MT, selaku Direktur PKTJ, atas kepemimpinan visioner dan komitmen terhadap kemajuan akademik.
5. Bapak Dr. Ery Muthoriq, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif sekaligus Dosen Pembimbing Tugas Akhir, atas ketelatenan dalam membimbing, ketajaman dalam memberikan masukan ilmiah, serta dedikasi yang tulus dalam membentuk cara berpikir kritis dan sistematis sepanjang proses penelitian ini.
6. Bapak Ethys Pranoto, S.T., M.T., selaku Ketua Penguji Seminar Proposal, atas perhatian, waktu, serta kontribusi keilmuan yang diberikan demi kelancaran proses akademik dan penelitian ini.
7. Bapak Helmi Wibowo, S.Pd., M.T., selaku Anggota Penguji Kedua, atas pandangan strategis yang memperjelas arah penelitian, motivasi

psikologis yang mendalam, serta berbagai sumbangsih yang tidak terhingga nilainya.

8. Seluruh rekan mahasiswa dan pihak-pihak terkait yang telah memberikan kontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam mendukung kelangsungan dan keberhasilan pelaksanaan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki kekurangan. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan menjadi langkah awal yang berarti dalam perjalanan penulis di bidang penelitian. Terima kasih atas segala dukungan dan kesempatan berharga yang telah diberikan kepada penulis.

Tegal, 8 Juli 2025

Yang Menyatakan

Ahmad Amirul Aulia

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
INTISARI.....	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Batasan Masalah	3
I.4 Tujuan Penelitian.....	4
I.5 Manfaat Penelitian	4
I.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
II.1 Teori Dinamika Kendaraan pada Kondisi Jalan Menurun.....	6
II.2 Prinsip Kerja Sistem Pengereman Sepeda Motor.....	11
II.3 Energi Kinetik dan Penyerapannya oleh Sistem Pengereman	16
II.4 Pengaruh Temperatur terhadap Kinerja Sistem Pengereman	18
II.5 Risiko Kecelakaan Lalu Lintas pada Jalan Menurun	20
II.6 Pemodelan Matematis Dinamika Pengereman Kendaraan.....	23
II.7 MATLAB <i>Simulink</i> sebagai Alat Pemodelan dan Simulasi.....	24
II.8 Penelitian Relevan	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
III.1 Lokasi dan Alur Penelitian	31
III.2 Metode Penelitian	32
III.3 Langkah-Langkah Penelitian	35
III.4 Teknik Pengumpulan Data.....	63

III.5 Diagram Alir.....	67
BAB IV HASIL ANALISA.....	68
IV.1 Rancangan Simulasi.....	68
IV.2 Uji Validasi Rangkaian Simulasi.....	99
IV.3 Rekomendasi Kecepatan Awal dan Kecepatan Harapan.....	104
BAB V PENUTUP	112
V.1 Kesimpulan	112
V.2 Saran	112
DAFTAR PUSTAKA	114
LAMPIRAN.....	118

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Diagram Benda Bebas (Dokumentasi:2025)	7
Gambar II.4	Sepeda Motor Balap (Dokumentasi:2025).....	10
Gambar II.5	Gaya Hambatan Pengereman (Dokumentasi:2025).....	10
Gambar II.6	Transfer Beban (Dokumentasi:2025).....	11
Gambar II.7	<i>Master Cylinder</i> (Kumar et al., 2016).....	13
Gambar II.8	Saluran Hidrolik Pengereman (Zatmika et al., 2023)	14
Gambar II.9	<i>Brake Caliper</i> (Aminur, 2021)	15
Gambar II.10	Komponen Sistem Rem Cakram (Dewanto & Andreas Wijaya, 2011)	15
Gambar II.11	Kampas Rem (Yudhanto et al., 2019).....	16
Gambar II.12	MATLAB <i>Simulink</i> (The MathWorks, 2024)	24
Gambar III.1	Rasio Gaya Pengereman Cenderung Seimbang (Analisa:2025)	57
Gambar III.2	Rasio Gaya Pengereman Mempertimbangkan <i>DLT</i> (Analisa:2025)	58
Gambar III.3	Pengambilan Data Gaya Cengkeram Tangan (Dokumentasi:2025).....	63
Gambar III.4	Pengambilan Data Gaya Injak Kaki (Dokumentasi:2025)	64
Gambar III.5	<i>Electronic Hand Dynamometer</i> (Dokumentasi:2025).....	64
Gambar III.6	Diagram Alir Penelitian.....	67
Gambar IV.1	Gaya Berat (Dokumentasi:2025).....	69
Gambar IV.2	Gaya Dorong Gravitasi (Dokumentasi:2025)	70
Gambar IV.3	Gaya Normal dan Hambatan Rolling (Dokumentasi:2025)	71
Gambar IV.4	Percepatan Longitudinal (Dokumentasi:2025)	73
Gambar IV.5	Kecepatan Aktual (Dokumentasi:2025).....	75
Gambar IV.6	Gaya Hambatan Udara (Dokumentasi:2025)	76
Gambar IV.7	Gaya Tuas (Dokumentasi:2025).....	77
Gambar IV.8	Gaya Pedal (Dokumentasi:2025).....	78
Gambar IV.9	Gaya Piston Kaliper Depan (Dokumentasi:2025).....	79
Gambar IV.10	Gaya Piston Kaliper Belakang (Dokumentasi:2025)	79
Gambar IV.11	Torsi Pengereman Depan (Dokumentasi:2025)	81
Gambar IV.12	Torsi Pengereman Belakang (Dokumentasi:2025).....	81

Gambar IV.13	Gaya Pengereman Depan (Dokumentasi:2025)	83
Gambar IV.14	Gaya Pengereman Belakang (Dokumentasi:2025)	83
Gambar IV.15	Normal Load Sumbu 1 (Dokumentasi:2025).....	85
Gambar IV.16	Normal Load Sumbu 2 (Dokumentasi:2025).....	85
Gambar IV.17	Deselerasi Aktual (Dokumentasi:2025)	87
Gambar IV.18	Transfer Beban (Dokumentasi:2025).....	89
Gambar IV.19	Kapasitas Pengereman Sumbu 1 (Dokumentasi:2025)	90
Gambar IV.20	Kapasitas Pengereman Sumbu 2 (Dokumentasi:2025)	91
Gambar IV.21	Serapan Energi Kampas Rem Depan dan Belakang (Dokumentasi:2025).....	94
Gambar IV.22	Kapasitas Serapan Maksimal Kampas (Dokumentasi:2025).....	97
Gambar IV.23	Grafik Perbandingan Hasil Kecepatan Maksimum (Analisa:2025)	100
Gambar IV.24	Grafik Perbandingan Hasil Sistem Pengereman (Analisa:2025)	102
Gambar IV.25	Grafik Perbandingan Hasil Selisih Waktu (Analisa:2025).....	104
Gambar IV.26	Perbandingan Hasil Simulasi Rekomendasi Massa 187,4 kg (Analisa:2025)	108
Gambar IV.27	Perbandingan Hasil Simulasi Rekomendasi Massa 267,4 (Analisa:2025)	111

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Penelitian Relevan	27
Tabel III.1	Jadwal Penelitian	31
Tabel III.2	Rujukan Penelitian	36
Tabel III.3	Parameter Simulasi	45
Tabel III.4	Asumsi Simulasi	50
Tabel III.5	Blok <i>Simulink</i>	51
Tabel III.6	Kelandaian Maksimum Kemiringan	54
Tabel III.7	Panjang Kelandaian Kritis	54
Tabel III.8	Gaya Pengereman Cenderung Seimbang	57
Tabel III.9	Gaya Pengereman Mempertimbangkan DLT	59
Tabel III.10	Variabel Terikat yang Diamati	60
Tabel III.11	Hasil Survei Gaya maksimum Tangan dan Kaki	65
Tabel III.12	Teknik Pengumpulan Data	65
Tabel IV.1	Blok Pemodelan Gaya Berat Kendaraan	69
Tabel IV.2	Blok Pemodelan Gaya Berat pada Bidang Miring	70
Tabel IV.3	Blok Pemodelan Gaya Normal dan Hambatan <i>Rolling</i>	72
Tabel IV.4	Blok Pemodelan Percepatan Longitudinal	73
Tabel IV.5	Blok Pemodelan Kecepatan Aktual	75
Tabel IV.6	Blok Pemodelan Hambatan Udara	76
Tabel IV.7	Blok Pemodelan Gaya Rem Awal Tuas dan Pedal	78
Tabel IV.8	Blok Pemodelan Gaya Tekan Kaliper Rem	80
Tabel IV.9	Blok Pemodelan Torsi Pengereman	81
Tabel IV.10	Blok Pemodelan Gaya Pengereman Linier	83
Tabel IV.11	Blok Pemodelan Distribusi Gaya Normal Statis Roda	85
Tabel IV.12	Blok Pemodelan Perhitungan Deselerasi Aktual	87
Tabel IV.13	Blok Pemodelan Transfer Beban Vertikal	89
Tabel IV.14	Blok Pemodelan Kapasitas Maksimum Gaya Pengereman	91
Tabel IV.15	Blok Pemodelan Integral Energi Pengereman	95
Tabel IV.16	Kapasitas Serapan Maksimal Kampas	98
Tabel IV.17	Parameter Skenario <i>Free Rolling</i>	99
Tabel IV.18	Nilai <i>Sinus</i> dan <i>Cosinus</i> Sudut Uji	100
Tabel IV.19	Parameter Validasi Pengereman	101

Tabel IV.20	Skenario Uji Validasi Serapan Energi	103
Tabel IV.21	Rekomendasi Kecepatan Awal Massa 187,4 Kg.....	105
Tabel IV.22	Jarak Tempuh Hingga <i>Fading</i> Kendaraan Bermassa 187,4 Kg ...	107
Tabel IV.23	Rekomendasi Kecepatan Awal Massa 267,4 Kg.....	108
Tabel IV.24	Jarak Tempuh Hingga <i>Fading</i> Kendaraan Bermassa 267,4 Kg ...	109

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Survei Kekuatan Maksimal Gaya Cengkeram Tangan dan Kaki	118
Lampiran 2.	Pengukuran Komponen	119
Lampiran 3.	Rangkaian Blok Simulasi MATLAB <i>Simulink</i>	119
Lampiran 4.	Area Variasi Teknik Pengereman.....	120
Lampiran 5.	Area Variasi Massa, Kecepatan Awal, dan Kemiringan Jalan....	120
Lampiran 6.	Area Hasil Uji Simulasi	120
Lampiran 7.	Rangkaian Penghitungan Gaya Handle Rem.....	121
Lampiran 8.	Rangkaian Penghitungan Gaya Piston Caliper Depan	121
Lampiran 9.	Rangkaian Penghitungan Torsi Pengereman Depan	121
Lampiran 10.	Rangkaian Penghitungan Gaya Pengereman Depan	122
Lampiran 11.	Rangkaian Gaya pengereman Depan Lengkap.....	122
Lampiran 12.	Rangkaian Penghitungan Gaya Pedal Rem	122
Lampiran 13.	Rangkaian Penghitungan Gaya Piston Caliper Belakang.....	123
Lampiran 14.	Rangkaian Penghitungan Torsi Pengereman Belakang	123
Lampiran 15.	Rangkaian Penghitungan Gaya Pengereman Belakang	123
Lampiran 16.	Rangkaian Penghitungan Gaya Pengereman Belakang Lengkap	124
Lampiran 17.	Rangkaian Penghitungan Gaya Pengereman Lengkap	124
Lampiran 18.	Rangkaian Penghitungan Gaya Normal dan Gaya Dorong Gravitasi	124
Lampiran 19.	Rangkaian Penghitungan Gaya Hambatan Angin	125
Lampiran 20.	Rangkaian Penghitungan Gaya Hambatan <i>Rolling</i>	125
Lampiran 21.	Rangkaian Penghitung Percepatan Kendaraan.....	125
Lampiran 22.	Rangkaian Penghitungan Percepatan, Gaya Dorong Gravitasi, dan Gaya Normal	126
Lampiran 23.	Rangkaian Penghitungan Gaya Pengereman Total dan Perlambatan Kendaraan	126
Lampiran 24.	Rangkaian Penghitungan Panjang Sumbu 1 dan 2, wheelbase, serta ketinggian COG.....	126
Lampiran 25.	Penghitung Berat Statis Sumbu 1 dan 2.....	127
Lampiran 26.	Penghitung Dynamic Load Transfer	127
Lampiran 27.	Penghitung Braking Capacity Sumbu 1 dan 2	127

Lampiran 28.	Rangkaian Penghitungan Berat Statis, Braking Capacity, dan Rasio Braking Capacity Lengkap	128
Lampiran 29.	Rangkaian Penghitungan Serapan Energi Pengereman Total ..	128
Lampiran 30.	Rangkaian Penghitungan Energy Braking Capacity Kampas	128
Lampiran 31.	Rangkaian Penghitungan Serapan Energi.....	129
Lampiran 32.	Rangkaian Penghitungan Jarak Tempuh, Kecepatan (km/jam), dan Kecepatan (m/s).....	129
Lampiran 33.	Rangkaian Dinamika Pengereman Kendaraan Di Jalan Menurun	129
Lampiran 34.	Survei Gaya Cengkeram Tangan dan Gaya Injak Kaki Pria.....	130
Lampiran 35.	Survei Gaya Cengkeram Tangan dan Gaya Injak Kaki Wanita .	131
Lampiran 36.	Variasi Skenario Uji.....	133
Lampiran 37.	Hasil Simulasi Waktu, Jarak, Kecepatan, dan Serapan Energi (Massa 187,4 Kg, Kemiringan 4%).....	138
Lampiran 38.	Hasil Simulasi Waktu, Jarak, Kecepatan, dan Serapan Energi (Massa 187,4 Kg, Kemiringan 6%).....	139
Lampiran 39.	Hasil Simulasi Waktu, Jarak, dan Kecepatan (Massa 187,4 Kg, Kemiringan 8%).....	140
Lampiran 40.	Hasil Simulasi Waktu, Jarak, dan Kecepatan (Massa 187,4 Kg, Kemiringan 10%)	141
Lampiran 41.	Hasil Simulasi Waktu, Jarak, dan Kecepatan (Massa 187,4 Kg, Kemiringan 12%)	142
Lampiran 42.	Hasil Simulasi Waktu, Jarak, dan Kecepatan (Massa 267,4 Kg, Kemiringan 4%).....	143
Lampiran 43.	Hasil Simulasi Waktu, Jarak, dan Kecepatan (Massa 267,4 Kg, Kemiringan 6%).....	144
Lampiran 44.	Hasil Simulasi Waktu, Jarak, dan Kecepatan (Massa 267,4 Kg, Kemiringan 8%).....	145
Lampiran 45.	Hasil Simulasi Waktu, Jarak, dan Kecepatan (Massa 267,4 Kg, Kemiringan 10%)	146
Lampiran 46.	Hasil Simulasi Waktu, Jarak, dan Kecepatan (Massa 267,4 Kg, Kemiringan 12%)	147
Lampiran 47.	Penghitungan Manual Skenario <i>Free Rolling</i>	148
Lampiran 48.	Daftar Riwayat Hidup.....	151

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pemodelan matematis dan simulasi sistem pengereman sepeda motor pada kondisi jalan menurun menggunakan MATLAB Simulink. Pemodelan dilakukan dengan mengintegrasikan persamaan dinamika kendaraan meliputi gaya berat, hambatan gulir, hambatan udara, serta distribusi gaya pengereman berdasarkan *Dynamic Load Transfer*.

Hasil simulasi digunakan untuk menganalisis proses serapan energi kinetik oleh kampas rem yang dikonversi menjadi panas hingga mencapai batas *fading*. Berdasarkan hasil simulasi, semakin besar sudut kemiringan jalan dan massa kendaraan, semakin besar pula beban pengereman yang dipindahkan ke sumbu depan akibat perpindahan beban dinamis, sehingga mempercepat laju penyerapan panas kampas rem.

Selain itu, penelitian ini merumuskan rekomendasi kecepatan awal dan kecepatan harapan yang aman untuk berbagai sudut kemiringan dan massa kendaraan, dengan membandingkan jarak tempuh hingga *fading* terhadap Panjang Kelandaian Kritis Maksimum sesuai standar geometrik jalan Bina Marga. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi rujukan teoretis dalam perancangan strategi pengereman yang aman di jalan menurun dan dapat dikembangkan lebih lanjut melalui validasi eksperimental.

Kata kunci: simulasi pengereman, *Dynamic Load Transfer*, serapan energi, *fading*, jalan menurun, MATLAB Simulink.

ABSTRACT

This research aims to develop a mathematical model and simulation of a motorcycle braking system operating on descending road conditions using MATLAB Simulink. The model integrates fundamental vehicle dynamics equations, including gravitational force, Rolling resistance, aerodynamic drag, and braking force distribution based on Dynamic Load Transfer.

The simulation analyzes the energy absorption process by the brake pad as kinetic energy is converted into heat until it reaches the fading limit. The simulation results indicate that greater road gradients and vehicle mass increase the braking load on the front wheel due to Dynamic Load Transfer, accelerating the thermal absorption process.

Furthermore, the study proposes safe initial and target speeds for various gradients and loads by comparing the distance to fading against the maximum critical slope length in accordance with the Indonesian road geometry standard issued by the Directorate General of Highways. This research provides a theoretical reference for designing safe braking strategies on downhill roads and forms the basis for further experimental validation and system development.

Keywords: *braking simulation, Dynamic Load Transfer, energy absorption, fading, downhill road, MATLAB Simulink.*