

TUGAS AKHIR
ANALISIS PENGIKATAN TERHADAP KEKUATAN
FRONT UNDERRIDE PROTECTION DEVICE (FUPD)
SESUAI STANDAR *UNECE R93*
DENGAN *FINITE ELEMENT ANALYSIS*

"Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Terapan"



Disusun oleh :

M. ALI AKBAR ALBANA

21021022

PROGRAM SARJANA TERAPAN
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
TEGAL
2025

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS PENGIKATAN TERHADAP KEKUATAN
FRONT UNDERRIDE PROTECTION DEVICE (FUPD)
SESUAI STANDAR UNECE R93 DENGAN FINITE ELEMENT ANALYSIS**
*(ANALYSIS OF FASTENING ON THE STRENGTH OF FRONT UNDERRIDE
PROTECTION DEVICE (FUPD) ACCORDING TO UNECE R93 STANDARD WITH
FINITE ELEMENT ANALYSIS)*

disusun oleh :

M. ALI AKBAR ALBANA
21021022

Telah disetujui oleh :

Dosen Pembimbing Utama



Ethys Pranoto, S.T., M.T.
NIP.19800602 200912 1 001

Tanggal 13 Juni 2025

HALAMAN PENGESAHAN
ANALISIS PENGIKATAN TERHADAP KEKUATAN
FRONT UNDERRIDE PROTECTION DEVICE (FUPD)
SESUAI STANDAR UNECE R93 DENGAN FINITE ELEMENT ANALYSIS
(ANALYSIS OF FASTENING ON THE STRENGTH OF FRONT UNDERRIDE
PROTECTION DEVICE (FUPD) ACCORDING TO UNECE R93 STANDARD WITH
FINITE ELEMENT ANALYSIS)

disusun oleh :

M. ALI AKBAR ALBANA

21021022

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada Tanggal 26 Juni 2025

Ketua Sidang

Dr. Ery Muthoriq, S.T., M.T
NIP. 198307042009121004
Penguji 1

Drs. Gunawan, M.T.
NIP. 196212181989031006
Penguji 2

Ethys Pranoto, S.T., M.T.
NIP.19800602 200912 1 001

Tanda Tangan



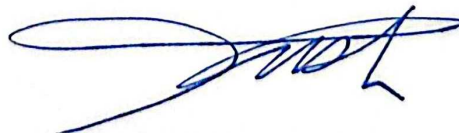
Tanda Tangan



Tanda Tangan



Mengetahui ,
Ketua Program Studi
Teknologi Rekayasa Otomotif



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

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. ALI AKBAR ALBANA

Notar : 21021022

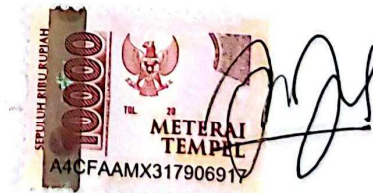
Program Studi : SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF

menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "**ANALISIS PENGIKATAN TERHADAP KEKUATAN *FRONT UNDERRIDE PROTECTION DEVICE (FUPD)* SESUAI STANDAR *UNECE R93* DENGAN *FINITE ELEMENT ANALYSIS***" ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu Lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/Lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam laporan ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa Tugas Akhir ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dan apabila Tugas Akhir ini dikemudian hari terbukti merupakan plagiasi dari hasil karya penulis lain dan/atau dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan hasil karya penulis lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan atau sanksi hukum yang berlaku.

Tegal, 13 Juni 2025

Yang menyatakan,



M. Ali Akbar Albana

KATA PENGANTAR

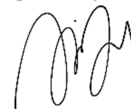
Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan segala rahmat serta petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan tepat waktu. Dalam momentum penuh kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan apresiasi yang mendalam atas dukungan dan bimbingan yang tak ternilai selama proses penyusunan tugas akhir. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Bambang Istiyanto, S.Si.T., M.T. selaku Direktur Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan
2. Bapak Dr. Ery Muthoriq, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif
3. Bapak Ethys Pranoto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dengan baik selama kegiatan penyusunan Tugas Akhir ini
4. Kedua Orang Tua saya yang telah mencurahkan seluruhnya kepada saya sampai saat ini
5. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika PKTJ Tegal atas segala ilmu yang telah diberikan
6. Seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini, kakak dan adik, serta teman-teman PKTJ Angkatan 32

Penulis menyadari bahwa proposal tugas akhir ini mungkin masih memiliki kekurangan. Akhir kata, semoga proposal ini dapat memberikan manfaat serta menjadi langkah awal yang berarti dalam perjalanan kami di dunia profesional. Terima kasih atas segala bantuan dan kesempatan berharga yang telah diberikan kepada kami.

Tegal, 16 Juni 2025

Yang menyatakan,



M. Ali Akbar Albana

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang Masalah	1
I.2. Rumusan Masalah	5
I.3. Batasan Masalah	5
I.4. Tujuan.....	5
I.5. Manfaat	6
I.6. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
II.1. <i>FUPD</i>	8
II.2. Jenis Pengikatan <i>FUPD</i>	9
II.3. <i>UNECE R93</i>	10
II.4. <i>ASTM A-36 Steel</i>	16
II.5. <i>A286 Steel</i>	17
II.6. Finite Element Analysis.....	17
II.7. Software Solidworks	19
II.8. Software Ansys.....	21
II.9. Penelitian Relevan	24
BAB III METODE PENELITIAN	27
III.1. Tempat Penelitian.....	27
III.2. Bahan dan Alat Penelitian.....	27
III.3. Prosedur Pengumpulan Data	28
III.4. Desain Pengujian <i>FUPD</i>	29
III.5. Perhitungan Kekuatan <i>FUPD</i>	31

III.6. Diagram Alir Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
IV.1. Pemodelan dan Simulasi <i>Front Underride Protection Device (FUPD)</i>	37
IV.2. Pengaruh Jenis Pengikatan Terhadap Kekuatan <i>FUPD</i>	48
BAB V PENUTUP	73
V.1. Kesimpulan	73
V.2. Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Kecelakaan truk box menabrak mobil penumpang (Bernardi, 2024)	2
Gambar I. 2 Tabrakan depan mencapai <i>Residual Space</i> Mobil (Bernardi, 2024)	2
Gambar I. 3 Kondisi mobil penumpang setelah ditabrak (Bernardi, 2024)	3
Gambar I. 4 <i>RUPD</i> terlepas dari pengikatan (KNKT, 2023)	3
Gambar II. 1 Posisi pemasangan <i>FUPD</i> pada kendaraan (www.youtube.com)	8
Gambar II. 2 Posisi pemasangan <i>FUPD</i> pada kendaraan (Rao, 2013)	9
Gambar II. 3 Acuan standar dimensi <i>FUPD</i> pada kendaraan sesuai <i>UNECE R93</i>	12
Gambar II. 4 Batang penekan / <i>impactor</i>	13
Gambar II. 5 Titik pembebanan sesuai <i>UNECE R93</i> (Rao, 2013)	14
Gambar II. 6 Dimensi yang disetujui sesuai <i>UNECE R93</i>	15
Gambar II. 7 <i>Material Properties ASTM A-36 Steel</i>	16
Gambar II. 8 Jenis material yang sebanding dengan <i>A-36 Steel</i>	16
Gambar II. 9 Properti material <i>A286 Steel</i>	17
Gambar II. 10 Diskritisasi Elemen Tower dengan 28 <i>nodes</i> dan 48 <i>beam elements</i> (Logan Darly L., 2012)	18
Gambar II. 11 Macam elemen dalam Metode Elemen Hingga (Khawaja and Moatamedi, 2018)	19
Gambar II. 12 <i>Software Solidworks 2022</i>	20
Gambar II. 13 Tampilan Utama Proyek Kerja <i>SolidWorks</i>	20
Gambar II. 14 Tampilan awal <i>software ANSYS</i>	21
Gambar II. 15 Tampilan proyek awal <i>LS DYNA</i>	23
Gambar III. 1 Kantor Pemadam Kebakaran MM2100	27
Gambar III. 2 Laptop Lenovo Ideapad 3 Slim 3	28
Gambar III. 3 Desain pengujian <i>FUPD</i>	29
Gambar III. 4 Geometri batang penekan tampak samping	30
Gambar III. 5 Titik tengah batang penekan tampak depan	30
Gambar III. 6 Objek penekan simulasi pada titik P1, P2, P3	31
Gambar III. 7 Diagram alir penelitian	33
Gambar III. 8 Proses simulasi Ansys LS-DYNA	35
Gambar IV. 1 Geometri <i>FUPD</i> . (a) <i>FUPD</i> tampak samping kendaraan; (b) Konstruksi <i>FUPD</i> dengan pengikat baut	37
Gambar IV. 2 <i>Parts geometry</i> yang digunakan pada <i>FUPD</i>	38

Gambar IV. 3 Pemodelan baut-mur yang disimplifikasi	39
Gambar IV. 4 Geometri <i>FUPD</i> dengan pengikat baut-mur	39
Gambar IV. 5 Pemodelan rivet	40
Gambar IV. 6 Geometri <i>FUPD</i> dengan pengikat rivet	40
Gambar IV. 7 Pemodelan sambungan las dengan fitur <i>weld</i>	41
Gambar IV. 8 Geometri <i>FUPD</i> dengan pengikat las	41
Gambar IV. 9 Menentukan <i>material properties</i> pada tiap komponen	42
Gambar IV. 10 Mendefinisikan <i>contact</i> dan <i>body interactions</i>	43
Gambar IV. 11 Mendefinisikan jenis <i>contact</i> antara <i>flexible body</i> dan <i>rigid body</i>	43
Gambar IV. 12 Konfigurasi <i>meshing</i> dan penentuan kualitas mesh	44
Gambar IV. 13 Mengatur durasi simulasi pada <i>Analysis Settings</i>	46
Gambar IV. 14 Penentuan <i>fixed support</i> pada <i>chassis</i>	46
Gambar IV. 15 Penerapan <i>rigid body force</i> untuk <i>test</i>	47
Gambar IV. 16 Deformasi total jenis pengikatan Rivet di titik P2	49
Gambar IV. 17 Deformasi total jenis pengikatan baut-mur titik P2	49
Gambar IV. 18 Deformasi total jenis pengikatan las di titik P2	50
Gambar IV. 19 Grafik Total Deformasi pengujian <i>FUPD</i> setiap titik.	50
Gambar IV. 20 Grafik Total Deformasi Pengujian Titik P1	51
Gambar IV. 21 Grafik Nilai Deformasi titik pengujian P2	52
Gambar IV. 22 Grafik Nilai Deformasi titik pengujian P3	52
Gambar IV. 23 Grafik <i>Von-mises stress</i> titik pengujian P1	53
Gambar IV. 24 Grafik <i>Von-mises stress</i> pada setiap jenis pengikat	53
Gambar IV. 25 Grafik <i>Von-mises stress</i> setiap jenis pengikatan	54
Gambar IV. 26 Grafik hasil pengujian setiap jenis pengikatan pada titik P3	54
Gambar IV. 27 <i>Von-mises stress</i> pada pengikat baut-mur titik P2	55
Gambar IV. 28 <i>Von-mises stress</i> pada pengikat Rivet titik P2	56
Gambar IV. 29 <i>Von-mises stress</i> pada pengikat Las titik P2	57
Gambar IV. 30 Hasil simulasi <i>Von-mises stress</i> titik P3	57
Gambar IV. 31 Data hasil <i>Von-mises stress</i> pada masing masing geometri	58

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Kategori Kendaraan Komersial di Eropa	11
Tabel II. 2 Dimensi <i>FUPD</i> yang disetujui sesuai <i>UNECE R93</i>	11
Tabel II. 3 Perbandingan ukuran <i>test load override</i> sesuai <i>UNECE</i>	14
Tabel II. 4 Penelitian Relevan	24
Tabel III. 2 Spesifikasi perangkat yang digunakan	28
Tabel IV. 1 Dimensi komponen <i>FUPD</i>	38
Tabel IV. 2 Penentuan material pada tiap komponen	42
Tabel IV. 3 Matriks kualitas elemen (Fatchurrohman, 2017)	45
Tabel IV. 4 Parameter kualitas hasil <i>meshing</i> (Fatchurrohman, 2017)	45
Tabel IV. 5 Data hasil <i>meshing</i> pada geometri	45
Tabel IV. 6 Massa Geometri Pengikat	48
Tabel IV. 7 Hasil simulasi <i>Energy Absorption (Joule)</i> pada setiap titik uji	58
Tabel IV. 8 Hasil <i>Energy Absorption (Joule)</i> pada masing-masing pengikat	59
Tabel IV. 9 Hasil pengujian sesuai standar <i>UNECE R-93</i>	60
Tabel IV. 10 Keterangan jenis data pembanding	61
Tabel IV. 11 Hasil pengujian kriteria P1	62
Tabel IV. 12 Hasil pengujian kriteria P2	62
Tabel IV. 13 Hasil pengujian kriteria P3	62
Tabel IV. 14 Pembobotan nilai pada jenis kriteria (Sukoco .dkk, 2025)	63
Tabel IV. 15 Hasil perhitungan Nilai pembagi pada tiap titik uji	64
Tabel IV. 16 Hasil perhitungan Nilai Matriks Ternormalisasi titik P1	65
Tabel IV. 17 Hasil perhitungan Nilai Matriks Ternormalisasi titik P2	65
Tabel IV. 18 Hasil perhitungan Nilai Matriks Ternormalisasi titik P3	66
Tabel IV. 19 Hasil perhitungan Matrik Ternormalisasi Terbobot titik P1	66
Tabel IV. 20 Hasil perhitungan Matrik Ternormalisasi Terbobot titik P2	67
Tabel IV. 21 Hasil perhitungan Matrik Ternormalisasi Terbobot titik P3	67
Tabel IV. 22 Hasil penentuan Solusi Ideal Positif	68
Tabel IV. 23 Hasil penentuan Solusi Ideal Negatif	68
Tabel IV. 24 Jarak ke Solusi Ideal Titik Pengujian P1	69
Tabel IV. 25 Jarak ke Solusi Ideal Titik Pengujian P2	69
Tabel IV. 26 Jarak ke Solusi Ideal Titik Pengujian P3	69

Tabel IV. 27 Hasil Perhitungan Nilai Preferensi setiap titik uji.....	70
Tabel IV. 28 Hasil <i>Ranking</i> Alternatif dari setiap kriteria pengujian	70
Tabel IV. 29 Hasil akhir total nilai preferensi dan <i>Ranking</i> Alternatif	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. SKRB Mitsubishi Fighter	78
---	----

INTISARI

Keselamatan transportasi pada kendaraan berat sangat penting, karena tabrakan antara truk dan kendaraan penumpang sering kali mengakibatkan korban jiwa yang parah. Salah satu fitur keselamatan yang sangat penting adalah *Front Underride Protection Device (FUPD)*, yang mencegah kendaraan yang lebih kecil untuk menabrak truk saat terjadi tabrakan. Namun, metode pengikatan yang digunakan untuk mengamankan *FUPD* belum cukup dioptimalkan. Studi ini mengevaluasi tiga metode pengikatan untuk *FUPD*, yaitu baut-mur, paku keling, dan pengelasan dengan menggunakan Analisis Elemen Hingga (FEA). Analisis dilakukan sesuai dengan standar UNECE R93, yang menentukan dimensi dan persyaratan kekuatan untuk *FUPD*. Studi ini berfokus pada deformasi, distribusi tegangan, dan penyerapan energi selama tumbukan. Sebuah studi kasus kecelakaan truk di Indonesia menyoroti kurangnya pengujian *FUPD* yang terstandardisasi, terutama untuk perlindungan bagian depan, yang menyebabkan kecelakaan fatal. Selain itu, Metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)* digunakan untuk menentukan peringkat sistem pengikat berdasarkan kinerjanya. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem pengencangan baut-mur memiliki kinerja terbaik, menunjukkan deformasi dan tegangan terendah, serta penyerapan energi tertinggi dibandingkan dengan metode paku keling dan pengelasan. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya pemilihan metode pengikatan yang tepat untuk memastikan integritas struktural dan keamanan *FUPD*. Studi ini memberikan wawasan yang berharga untuk meningkatkan desain *FUPD* di Indonesia dan berkontribusi pada pengembangan fitur keselamatan kendaraan yang lebih efektif, sehingga dapat meningkatkan kepatuhan terhadap standar keselamatan internasional.

Kata kunci : *FUPD*, *UNECE R93*, *FEA*, jenis pengikatan, *TOPSIS*, kekuatan struktur, keselamatan

ABSTRACT

Transport safety in heavy-duty vehicles is crucial, as collisions between trucks and passenger vehicles often lead to severe fatalities. One critical safety feature is the Front Underride Protection Device (FUPD), which prevents smaller vehicles from underrunning the truck during a crash. However, the fastening methods used to secure FUPDs have not been sufficiently optimized. This study evaluates three fastening methods for FUPDs bolt-nut, rivet, and welding using Finite Element Analysis (FEA). The analysis is conducted in accordance with UNECE R93 standards, which specify the dimensions and strength requirements for FUPDs. The study focuses on deformation, stress distribution, and energy absorption during impact. A case study of truck accidents in Indonesia highlights the lack of standardized FUPD testing, particularly for the front underride protection, leading to fatal accidents. Additionally, the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) method is used to rank the fastening systems based on their performance. The results show that the bolt-nut fastening system performs best, demonstrating the lowest deformation and stress, and the highest energy absorption compared to rivet and welding methods. These findings underline the importance of selecting an appropriate fastening method to ensure the structural integrity and safety of FUPDs. The study provides valuable insights for improving FUPD designs in Indonesia and contributes to the development of more effective vehicle safety features, enhancing compliance with international safety standards.

Keyword : FUPD, UNECE R93, FEA, fastening method, TOPSIS, structural strength, safety