

SKRIPSI
ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR DESAIN *FOOTSTEP*
***ADJUSTABLE* PADA *TRUCK REFUELLER* MENGGUNAKAN**
METODE ELEMEN HINGGA

Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan Teknik



Disusun Oleh:
IQBAL NUR HASYIM
22.02.1045

PROGRAM SARJANA TERAPAN
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
TEGAL
2026

SKRIPSI
ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR DESAIN *FOOTSTEP*
***ADJUSTABLE* PADA *TRUCK REFUELLER* MENGGUNAKAN**
METODE ELEMEN HINGGA

Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan Teknik



Disusun Oleh:
IQBAL NUR HASYIM
22.02.1045

PROGRAM SARJANA TERAPAN
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
TEGAL
2026

HALAMAN PERSETUJUAN

**(ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR DESAIN *FOOTSTEP ADJUSTABLE*
PADA *TRUCK REFUELLER* MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA)**

*(Structural Strength Analysis of an Adjustable Refueller Truck Footstep Using the
Finite Element Method)*

Disusun Oleh :

IQBAL NUR HASYIM

22021045

Telah disetujui oleh :

Pembimbing 1


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

NIP. 19830704 200912 1 004

Tanggal : 08 Mei 2026

Pembimbing 2


Ir. Dwi Wahyu Hidayat, S.T., M.T.
NIP. 19840229 201902 1 001

Tanggal : 12 Mei 2026

HALAMAN PENGESAHAN

(ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR DESAIN *FOOTSTEP ADJUSTABLE* PADA *TRUCK REFUELLER* MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA)

*(Structural Strength Analysis of an Adjustable Refueller Truck Footstep Using the
Finite Element Method)*

Disusun Oleh :

IQBAL NUR HASYIM

22021045

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada tanggal : 25 Mei 2026

Ketua Sidang

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

Penguji 1

Moch. Aziz Kurniawan, S.Pd., M.T.
NIP. 19921009 201902 1 002

Penguji 2

Dr. Ery Muthoriq, S.T., M.T.
NIP. 19830704 200912 1 004

Tanda Tangan



Tanda Tangan



Tanda Tangan



Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknologi Rekayasa Otomotif



Dr. Ery Muthoriq, S.T., M.T.
NIP.19830704 200912 1 004

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : IQBAL NUR HASYIM

NOTAR : 22.02.10.45

PROGRAM STUDI : SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir dengan judul "**ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR DESAIN *FOOTSTEP ADJUSTABLE* PADA *TRUCK REFUELLER* MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**". Selain itu tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yaitu laporan penelitian 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 laporan Tugas Akhir ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dan apabila laporan Tugas Akhir ini di kemudian 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.

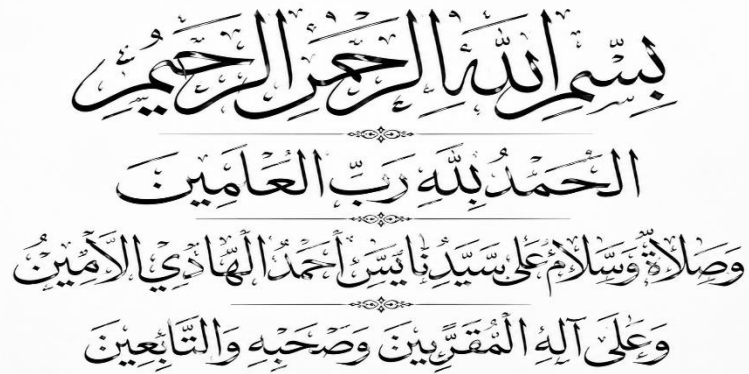
Tegal, 07 Mei 2026

Yang Menyatakan



Iqbal Nur Hasyim

HALAMAN PERSEMBAHAN



Skripsi ini juga saya persembahkan dengan penuh rasa syukur dan hormat
kepada

Bapak Subiyanto, Ibu Suprapti dan adik Rayhan Isna I.J.
yang tiada henti mencurahkan doa, kasih sayang, dan pengorbanan
demi terselesaikannya amanah ini. Semoga Allah SWT senantiasa
melimpahkan rahmat, kesehatan, dan kebahagiaan kepada keduanya.

Dr. Ery Muthoriq, M.T. dan Ir. Dwi Wahyu Hidayat, M.T.
dosen pembimbing yang dengan sabar dan ikhlas membimbing,
mengarahkan, dan memberikan ilmu yang sangat berharga.

Semoga Allah SWT membalas setiap kebaikan beliau.
Serta seluruh sahabat dan teman seperjuangan Angkatan 33
yang telah berbagi semangat, waktu, dan ketulusan
dalam setiap suka dan duka selama menempuh pendidikan ini.
Semoga karya kecil ini dapat menjadi bagian dari amal jariyah
yang bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan kehidupan.

آمِينَ يَا رَبَّ الْعَالَمِينَ

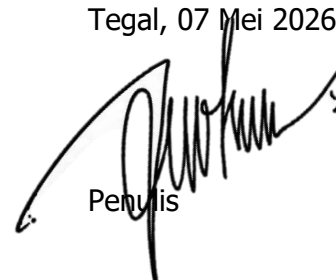
KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan petunjuk, hidayah, dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menjalankan keseharian dengan lancar. Penulis juga mengirimkan salam dan doa kepada Nabi Muhammad SAW, sebagai teladan dan penuntun bagi umat manusia. Dalam kesempatan ini, Penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Bambang Istianto, S.Si.T., M.T. selaku Direktur Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan Tegal.
2. Bapak Dr. Ery Muthoriq, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif dan selaku dosen pembimbing 1, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan selama penelitian ini.
3. Bapak Ir. Dwi Wahyu Hidayat, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan selama penelitian ini.
4. Kedua orang tua tercinta, Bapak Subiyanto dan Ibu Suprpti atas doa, dukungan, dan motivasi yang selalu penulis terima selama ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan atas ilmu yang telah diberikan dan diajarkan.
6. Rekan-rekan Taruna/i Teknologi Rekayasa Otomotif angkatan XXXIII, serta semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis sadar bahwa tugas akhir ini masih memiliki kelemahan-kelemahan tertentu. Oleh karena itu, dengan rendah hati, penulis menerima segala saran dan kritik membangun dari semua pihak. Terima kasih atas perhatian dan kesempatan yang diberikan. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang yang penulis teliti.

Tegal, 07 Mei 2026


Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Batasan Masalah.....	3
I.4 Tujuan.....	3
I.5 Manfaat Penelitian	4
I.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
II.1 Footstep Kendaraan.....	7
II.2 BS EN 14183:2003.....	8
II.3 Aluminium Alloy 6061 – T6.....	11
II.4 AISI 1020	12
II.5 ASTM A36	13
II.6 AISI 304	14
II.7 Metode Elemen Hingga	15
II.8 Solidworks	21
II.9 Optimasi dan Redesain.....	23
II.10 Multi-Criteria Decision Making (MCDM)	24
II.11 Penelitian Relevan	26
BAB III METODE PENELITIAN	29
III.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	29

III.2	Metode Penelitian	29
III.3	Diagram Alir Penelitian	30
III.4	Jenis Penelitian.....	33
III.5	Variabel Penelitian	33
III.6	Alat dan Bahan Penelitian	34
III.7	Prosedur Penelitian	36
III.8	Teknik Analisis Data.....	49
BAB IV PEMBAHASAN.....		57
IV.1	Penentuan Ukuran Mesh Setiap Bagian.....	57
IV.2	Analisis Tiga Skenario Uji.....	61
IV.3	Penentuan Material Terbaik	77
IV.4	Evaluasi Kekuatan Struktur Desain Footstep.....	87
IV.5	Hasil Perbaikan Struktur Desain Footstep.....	94
BAB V PENUTUP		101
V.1	Kesimpulan	101
V.2	Saran.....	102
DAFTAR PUSTAKA		104
LAMPIRAN.....		112

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Truck refueller	7
Gambar II. 2 <i>Footstep</i> Truk	8
Gambar II. 3 Step stools	9
Gambar II. 4 Stairtype Steps	9
Gambar II. 5 Dometype Step Stool	9
Gambar II. 6 Mesh	16
Gambar II. 7 Jenis – Jenis Tumpuan	17
Gambar II. 8 Logo Solidworks	21
Gambar II. 9 Topologi Optimization	23
Gambar III. 1 Diagram Alir Penelitian	30
Gambar III. 2 Acer Aspire 3.....	35
Gambar III. 3 Solidworks 2022 (https://www.solidworks.com).....	35
Gambar III. 4 Desain <i>Footstep Adjustable</i> 3 Bagian (Arkan & Ulkhaq, 2025) ..	37
Gambar III. 5 Desain <i>Footstep</i> Bagian Bawah (Arkan & Ulkhaq, 2025)	38
Gambar III. 6 Desain <i>Footstep</i> Bagian Tengah (Arkan & Ulkhaq, 2025)	39
Gambar III. 7 Desain <i>Footstep</i> Bagian Atas (Arkan & Ulkhaq, 2025).....	40
Gambar III. 8 Peletakan Pada <i>Footstep</i> Bawaan Truk.....	41
Gambar III. 9 Pengujian Secara <i>Assembly</i>	41
Gambar III. 10 Pembebanan dan Tumpuan <i>Footstep</i> Bagian Bawah	42
Gambar III. 11 Pembebanan dan Tumpuan <i>Footstep</i> Bagian Tengah	42
Gambar III. 12 Pembebanan dan Tumpuan <i>Footstep</i> Bagian Atas.....	43
Gambar III. 13 Gaya Reaksi perhitungan Solidwork	43
Gambar III. 14 Diagram Benda Bebas Desain Bagian Bawah	44
Gambar III. 15 Diagram Benda Bebas Desain Bagian Tengah.....	44
Gambar III. 16 Diagram Benda Bebas Desain Bagian Atas	44
Gambar III. 21 Proses <i>Running</i>	48
Gambar III. 22 Grafik Hasil Simulasi <i>FEA</i> Solidworks.....	49
Gambar IV. 1 Grafik Uji Mesh Desain Bagian Bawah	58
Gambar IV. 2 Grafik Uji Mesh Desain Bagian Bawah	59
Gambar IV. 3 Grafik Uji Mesh Desain Bagian Atas	60
Gambar IV. 4 Gaya Reaksi Tumpuan <i>Footstep</i> Bagian Bawah (Skenario 2)	62

Gambar IV. 5 Gaya Reaksi Tumpuan <i>Footstep</i> Bagian Tengah (Skenario 2)....	63
Gambar IV. 6 Gaya Reaksi Tumpuan <i>Footstep</i> Bagian Atas (Skenario 2)	64
Gambar IV. 7 FBD Desain Bagian Bawah	65
Gambar IV. 8 FBD Desain Bagian Tengah.....	68
Gambar IV. 9 FBD Desain Bagian Atas	69
Gambar IV. 10 Perbandingan Model untuk Validasi Perhitungan Manual.....	71
Gambar IV. 11 Hasil Simulasi Geometri Sederhana (Balok Pejal)	71
Gambar IV. 12 Grafik AHP Variabel Pembobotan.....	80
Gambar IV. 13 Hasil Closeness Coefficient.....	85
Gambar IV. 14 Hasil Simulasi Von Mises Desain Bagian Bawah	88
Gambar IV. 15 Hasil Simulasi Displacement Desain Bagian Bawah.....	88
Gambar IV. 16 Hasil Simulasi FoS Desain Bagian Bawah.....	88
Gambar IV. 17 Hasil Simulasi Von Mises Desain Bagian Tengah	90
Gambar IV. 18 Hasil Simulasi Displacement Desain Bagian Tengah.....	90
Gambar IV. 19 Hasil Simulasi FoS Desain Bagian Tengah.....	91
Gambar IV. 20 Hasil Simulasi Von Mises Desain Bagian Atas.....	92
Gambar IV. 21 Hasil Simulasi Displacement Desain Bagian Atas	92
Gambar IV. 22 Hasil Simulasi FoS Desain Bagian Atas	92
Gambar IV. 23 Hasil Simulasi FoS Optimasi Desain Bagian Bawah	95
Gambar IV. 24 Hasil Simulasi FoS Optimasi Desain Bagian Tengah.....	96
Gambar IV. 25 Hasil Simulasi FoS Optimasi Desain Bagian Atas	98
Gambar IV. 26 Grafik Perbandingan Sebelum dan Sesudah Optimasi.....	99

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Sifat Mekanik Nominal Paduan Aluminium 6061-T6.....	12
Tabel II. 2 Sifat Fisik Baja AISI 1020	13
Tabel II. 3 Sifat Mekanik Baja AISI 1020.....	13
Tabel II. 4 Sifat Mekanik ASTM A36.....	14
Tabel II. 5 Sifat Mekanik / Fisik AISI 304	15
Tabel II. 6 Penelitian Relevan	26
Tabel III. 1 <i>Timeline</i> Penelitian	29
Tabel III. 2 Spesifikasi Acer Aspire 3	35
Tabel III. 3 Properti Mekanik Keempat Material Uji.....	45
Tabel III. 4. Parameter Aspek Rasio.....	46
Tabel III. 5 Hasil Reaksi Tumpuan Setiap Skenario.....	50
Tabel III. 6 Hasil <i>Von Mises, Displacement, FoS</i> Setiap Skenario.....	50
Tabel III. 7 Aspek Evaluasi Pemilihan Skenario Pengujian	51
Tabel III. 8 Hasil <i>Von Mises, Displacement, FoS</i> Setiap Performa Variasi Material Uji.....	51
Tabel III. 9 Nilai Random Index.....	53
Tabel III. 10 Kriteria Kekuatan Struktur	54
Tabel III. 11 Hasil Akhir Kekuatan Struktur Desain <i>Footstep</i> Asli.	55
Tabel IV. 1 Ringkasan Ukuran Mesh Tervalidasi.....	61
Tabel IV. 2 Gaya Reaksi Tumpuan <i>Footstep</i> Bagian Bawah (Skenario 2)	62
Tabel IV. 3 Gaya Reaksi Tumpuan <i>Footstep</i> Bagian Tengah (Skenario 2).....	63
Tabel IV. 4 Gaya Reaksi Tumpuan <i>Footstep</i> Bagian Atas (Skenario 2)	64
Tabel IV. 5 Parameter Geometri dan Pembebanan Struktur	65
Tabel IV. 6 Distribusi Gaya Reaksi Akhir.....	67
Tabel IV. 7 Gaya Reaksi Tumpuan <i>Footstep</i> Bagian Tengah (Skenario 3)	68
Tabel IV. 8 Gaya Reaksi Tumpuan <i>Footstep</i> Bagian Atas (Skenario 3)	69
Tabel IV. 9 Perbandingan Gaya Reaksi Tumpuan pada Tiga Skenario Pengujian	70
Tabel IV. 10 Validasi Perhitungan Manual pada Geometri Sederhana (Balok Pejal)	71
Tabel IV. 11 Perbandingan Hasil Simulasi Ketiga Skenario.....	72

Tabel IV. 12 Persentase Selisih Skenario 2 dan Skenario 3	72
Tabel IV. 13 Persentase Selisih Skenario 1 dengan Skenario 2/3	72
Tabel IV. 14 Hasil Simulasi <i>FEA</i> Untuk Variasi Material Pada Ketiga Komponen <i>Footstep</i>	77
Tabel IV. 15 Perbandingan Berpasangan Antarvariabel	78
Tabel IV. 16 Matrik Normalisasi Variabel Pembobotan.....	79
Tabel IV. 17 Hasil AHP Variabel Pembobotan	79
Tabel IV. 18 Tabel Hasil Consistency Check	81
Tabel IV. 19 Data Input Dari Hasil Simulasi <i>FEA</i> dan Harga Material Desain Bagian Bawah.	81
Tabel IV. 20 Data Input Dari Hasil Simulasi <i>FEA</i> dan Harga Material Desain Bagian Tengah.	82
Tabel IV. 21 Data Input Dari Hasil Simulasi <i>FEA</i> dan Harga Material Desain Bagian Atas.....	82
Tabel IV. 22 Hasil <i>Normalized Matrix</i> Desain Bagian Bawah.....	82
Tabel IV. 23 Hasil <i>Normalized Matrix</i> Desain Bagian Tengah.....	82
Tabel IV. 24 Hasil <i>Normalized Matrix</i> Desain Bagian Atas.	83
Tabel IV. 25 Hasil <i>Weighted Matrix</i> Desain Bagian Bawah.	83
Tabel IV. 26 Hasil <i>Weighted Matrix</i> Desain Bagian Tengah.	83
Tabel IV. 27 Hasil <i>Weighted Matrix</i> Desain Bagian Atas.....	83
Tabel IV. 28 <i>Ideal Solutions Matrix</i> Desain Bagian Bawah.....	84
Tabel IV. 29 <i>Ideal Solutions Matrix</i> Desain Bagian Tengah.	84
Tabel IV. 30 <i>Ideal Solutions Matrix</i> Desain Bagian Atas.	84
Tabel IV. 31 <i>Separation Measure</i> Desain Bagian Bawah.	84
Tabel IV. 32 <i>Separation Measure</i> Desain Bagian Tengah.	84
Tabel IV. 33 <i>Separation Measure</i> Desain Bagian Atas.....	84
Tabel IV. 34 Closeness Coefficient.....	85
Tabel IV. 35 Hasil Evaluasi Kekuatan Struktur Desain <i>Footstep</i> dengan Material AISI 1020.....	87
Tabel IV. 36 Hasil Perbaikan Struktur Desain <i>Footstep</i>	98

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran. 1	Hasil Pengujian Mesh dan Dokumentasi	112
Lampiran. 2	Perhitungan Gaya Reaksi Skenario 3	115
Lampiran. 3	Visualisasi Distribusi Parameter Struktural Hasil Simulasi.....	122
Lampiran. 4	Visualisasi Hasil Uji Variasi Material	133
Lampiran. 5	Perhitungan Material Optimal Metode AHP-TOPSIS	146
Lampiran. 6	Geometri Komponen Baru	156
Lampiran. 7	Visualisasi Uji Komponen Hasil Perbaikan Geometri	159

INTISARI

Truk *refueller* sebagai kendaraan pengisian bahan bakar penerbangan beroperasi dengan *footstep* yang diposisikan tinggi dari permukaan tanah. Kondisi ini berpotensi menimbulkan risiko tergelincir dan jatuh bagi operator, yang berkontribusi terhadap 27% dari seluruh kecelakaan truk. Penelitian terdahulu telah merancang *footstep adjustable* secara ergonomis berdasarkan data antropometri operator dan metode *House of Quality*, namun belum disertai validasi kekuatan struktural. Penelitian ini bertujuan menganalisis kekuatan struktur desain *footstep adjustable* pada truk *refueller* melalui simulasi numerik, menentukan skenario uji dan material optimal, serta melakukan perbaikan desain apabila hasil simulasi menunjukkan ketidaksesuaian terhadap persyaratan kekuatan struktural. Analisis menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Analysis* / FEA) dengan SolidWorks 2022, pembebanan statis 2600 N pada area 100×100 mm sesuai BS EN 14183:2003. Desain *footstep* terdiri dari tiga komponen (Bawah, Tengah, Atas) yang diuji melalui tiga skenario: simulasi *assembly* utuh (Skenario 1), simulasi terpisah dengan gaya reaksi FEA (Skenario 2), dan simulasi terpisah dengan gaya reaksi perhitungan manual (Skenario 3). Empat kandidat material (Aluminium 6061-T6, AISI 1020, ASTM A36, AISI 304) dibandingkan menggunakan AHP-TOPSIS dengan kriteria tegangan Von Mises, *Displacement*, *factor of safety*, dan harga material. Skenario 2 dipilih sebagai metode paling representatif karena menghasilkan deformasi lokal per komponen yang relevan untuk evaluasi material, dengan konsistensi tinggi terhadap validasi silang Skenario 3. Material AISI 1020 terpilih melalui AHP-TOPSIS dengan *Closeness Coefficient* rata-rata 0,991, didorong kombinasi *FoS* tertinggi dan harga terendah (\$0,54/kg). Evaluasi menunjukkan komponen Bawah dan Tengah *over-design* (*FoS* 13,12 dan 4,215), sedangkan komponen Atas tidak aman (*FoS* 0,28; tegangan 1257 MPa atau 3,6× *yield strength*). Optimasi geometri menghasilkan *FoS* seragam 1,9 di seluruh komponen dengan reduksi massa 31,8% (6,03 → 4,11 kg), memenuhi persyaratan BS EN 14183:2003.

Kata Kunci: *Footstep Adjustable*; Truk *Refueller*; Metode Elemen Hingga; AHP-TOPSIS; Faktor Keamanan; Optimasi Geometri

ABSTRACT

Refueller trucks, as aviation fuel-loading vehicles, operate with footsteps positioned high above ground level. This condition poses potential risks of slipping and falling for operators, contributing to 27% of all truck accidents. Previous research designed an ergonomic adjustable footstep based on operator anthropometric data and the House of Quality method, yet structural strength validation was not conducted. This study aims to analyze the structural strength of the adjustable footstep design for refueller trucks through numerical simulation, determine the optimal testing scenario and material, and perform design improvements if simulation results indicate non-compliance with structural strength requirements. Analysis was performed using Finite Element Analysis (FEA) with SolidWorks 2022, applying a static load of 2600 N over a 100×100 mm area in accordance with BS EN 14183:2003. The footstep design consists of three components (Lower, Middle, Upper) tested through three scenarios, complete assembly simulation (Scenario 1), separated simulation with FEA-derived Reaction Forces (Scenario 2), and separated simulation with manually calculated Reaction Forces (Scenario 3). Four material candidates (Aluminum 6061-T6, AISI 1020, ASTM A36, AISI 304) were compared using AHP-TOPSIS with criteria including Von Mises stress, Displacement, factor of safety, and material cost. Scenario 2 was selected as the most representative method due to its generation of component-specific local deformations relevant for material evaluation, with high consistency against Scenario 3 cross-validation. AISI 1020 was selected through AHP-TOPSIS with an average Closeness Coefficient of 0.991, driven by the combination of highest FoS and lowest cost (\$0.54/Kg). Evaluation revealed Lower and Middle components were over-designed (FoS 13.12 and 4.215), while the Upper component was unsafe (FoS 0.28; stress 1257 MPa or 3.6× yield strength). Geometric optimization achieved uniform FoS of 1.9 across all components with 31.8% mass reduction (6.03 → 4.11 kg), satisfying BS EN 14183:2003 requirements.

Keywords: Adjustable Footstep; Refueller Truck; Finite Element Analysis; AHP-TOPSIS; Factor of Safety; Geometry Optimization