



**DESAIN DAN ANALISIS STRUKTUR *LADDER FRAME*
MEDIUM DUTY TRUCK 16 TON**

SKRIPSI

MUHAMMAD AKMAL TRENGGONO

2110311044

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2025



**DESAIN DAN ANALISIS STRUKTUR *LADDER FRAME*
MEDIUM DUTY TRUCK 16 TON**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
sarjana teknik**

MUHAMMAD AKMAL TRENGGONO

2110311044

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2025

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Akmal Trenggono
NIM : 2110311044
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : DESAIN DAN ANALISIS STRUKTUR *LADDER*
FRAME MEDIUM DUTY TRUCK 16 TON

Telah berhasil dipertahankan dihadapan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknsik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



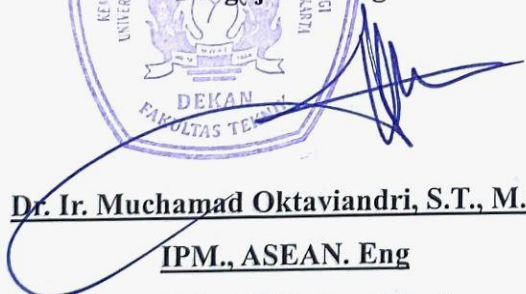
Budhi Martana, S.T., M.M.

Penguji Utama



Sigit Pradana, S.T., M.T.

Penguji Lembaga



Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T., M.T.,

IPM., ASEAN. Eng

Plt. Dekan Fakultas Teknik



Nicky Yongki Mandalan, S.T., M.T., M.M

Penguji III (Pembimbing)



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.

Kepala Program Studi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 18 Juli 2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Muhammad Akmal Trenggono
NIM : 2110311044
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : DESAIN DAN ANALISIS STRUKTUR *LADDER*
FRAME MEDIUM DUTY TRUCK 16 TON

Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui,



Nicky Yongki Mandalan, S.T., M.T., M.M
Pembimbing 1



Dr. Eng. Riki Hendra Purba, S.T., M.Eng.
Pembimbing 2

Mengetahui,
Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Muhammad Akmal Trenggono
NIM : 2110311040
prodi : Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 23 Juli 2025

Yang menyatakan,



(Muhammad Akmal Trenggono)

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Saya yang akan bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Akmal Trenggono

NIM : 2110311044

Fakultas : Teknik

Program studi : Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non Exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

"DESAN DAN ANALISIS STRUKTUR *LADDER FRAME* *MEDIUM DUTY TRUCK 16 TON*"

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi/PKL saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 23 Juli 2025

Yang menyatakan



(Muhammad Akmal Trenggono)

DESAIN DAN ANALISIS STRUKTUR *LADDER FRAME* *MEDIUM DUTY TRUCK* 16 TON

Muhammad Akmal Trenggono

Abstrak

Dalam desain rangka *ladder frame*, tantangan utama adalah memastikan struktur memiliki ketahanan terhadap beban dinamis pada pengoperasian kendaraan sehingga analisis desain menjadi krusial dalam mengevaluasi ketahanan dari rangka. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis desain *Chassis Ladder frame Medium duty truck* 16 Ton pada dengan analisis dinamis yang melibatkan studi terhadap respons frekuensi rangka truk apabila dihadapkan dengan berbagai kondisi operasional. Variasi penelitian menggunakan 3 desain rangka dengan jumlah *crossmember* yang berbeda (4, 5 dan 6 buah) yang akan diberikan pembebanan kosong dan maksimum 16 ton serta akan melewati jalan rata dan bergelombang dengan kecepatan 20 Km/J, 50 Km/J dan 80 Km/J. Desain rangka menggunakan bantuan aplikasi lunak *Solidwork* 2020 dengan analisa dinamis berbasis frekuensi melalui perangkat lunak *Ansys* 2021 R1. Material utama yang digunakan adalah *AISI A514 Grade A Alloy Steel*. Analisis dilakukan dalam dua tahapan: *Modal Analysis* dan *Harmonic Response Analysis*. Hasil Penelitian mendapatkan bahwa beberapa mode frekuensi pada ketiga desain rangka mengalami titik kritis resonansi pada saat kecepatan 50 Km/J dan 80 Km/J. Grafik perbandingan amplitudo maksimum saat pembebanan kosong dan maksimum juga menemukan bahwa beban berpengaruh terhadap pergeseran frekuensi dan besar amplitudo maksimum dimana saat pembebanan kosong *range* frekuensi 57 Hz – 58 Hz merupakan frekuensi dengan amplitudo tertinggi dengan deformasi maksimum pada titik tertinggi berada dibawah deformasi yang diperbolehkan, sedangkan saat pembebanan maksimum frekuensi bergeser kedalam *range* frekuensi 33,4 Hz – 35,017 Hz dengan deformasi maksimum saat berada jauh diatas deformasi yang diperbolehkan sehingga diperlukan optimasi desain ataupun penggunaan pegas damper untuk mengurangi deformasi maksimum yang dihasilkan serta mengubah frekuensi dengan amplitudo tertinggi.

Kata Kunci: Rangka *Ladder frame*, Analisis dinamis berbasis frekuensi, resonansi, Deformasi, *Ansys* 2021

DESIGN AND STRUCTURAL ANALYSIS OF 16 TON MEDIUM DUTY TRUCK LADDER FRAME

Muhammad Akmal Trenggono

Abstract

In designing ladder frame chassis, the main challenge is to ensure the structure has resistance to dynamic loads in vehicle operation therefore structural analysis is crucial in evaluating the durability of the frame. This work aims to analyze the design of the 16 Ton medium duty truck ladder frame chassis involving the study of frequency based analysis of the truck frame when faced with various operational conditions. This research variation involves 3 frame designs with different number of crossmembers (4, 5 and 6 pieces) which will be given an unloaded and maximum loading of 16 tons and will pass through flat and bumpy roads with speeds of 20 Km/J, 50 Km/J and 80 Km/J. The design of the truck frame was carried out using the aid of Solidwork 2020 software with frequency based dynamic analysis through Ansys 2021 R1 software. The primary material used is AISI A514 Grade A Alloy Steel. The analysis was conducted in two stages: Modal Analysis and Harmonic Response. The results showed that some frequency modes in the three frame designs experienced critical resonance points at speeds of 50 Km/J and 80 Km/J. The maximum amplitude comparative graph during unloaded and maximum loading also found that the load affects the frequency shift and the maximum amplitude, where during unloaded loading the frequency range of 57 Hz - 58 Hz is the frequency with the highest amplitude has the maximum deformation at the highest point still below the allowable deformation, while during maximum loading the frequency shifts into the frequency range of 33,4 Hz – 35,017 Hz the maximum deformation is far above the permissible deformation so that design optimization or the use of spring dampers is needed to reduce the maximum deformation produced and change the frequency with the highest amplitude.

Keywords: *Ladder frame chassis, Frequency-based dynamic analysis, resonance, Deformation, Ansys 2021*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Desain dan Analisis Struktur *Ladder frame Medium duty truck* 16 Ton” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak wawasan dan pengalaman baru yang sangat berharga. Pengalaman ini tentu akan memberikan kontribusi besar dalam pengembangan pengetahuan dan keterampilan penulis di bidang teknik mesin. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis telah banyak menerima bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Orang tua dan keluarga, yang selalu memberikan dukungan moral dan material kepada penulis.
2. Bapak Nicky Yongkimandalan S.T., M.M., M.T. selaku dosen pembimbing I yang sudah mengarahkan penulis dalam mengerjakan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Eng. Riki Hendra Purba S.T., M. Eng selaku dosen pembimbing II yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan skripsi ini.
4. Bapak Fahrudin, S.T., M.T. selaku Kepala Prodi Teknik Mesin yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan skripsi ini.
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan.
6. Kepada seluruh teman-teman bimbingan yang selalu membantu penulis selama pembuatan skripsi.
7. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 2021 yang telah menemani, memberikan dukungan serta doa guna kelancaran penyelesaian proposal skripsi ini.

8. Kepada teman-teman SMA penulis yang selalu menemani penulis dalam fase pembuatan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak guna penyempurnaan penelitian ini. Akhir kata, semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi yang berguna bagi semua pihak.

Jakarta, Juli 2025

(Penulis)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Rangka	6
2.3 <i>Ladder Frame Chassis</i>	7
2.3.1 <i>Crossmembers</i>	8
2.4 AISI A514 <i>Grade A Alloy Steel</i>	10
2.5 <i>Natural Frequency</i>	11
2.6 Perhitungan Frekuensi <i>Sin Waves Road</i>	12
2.7 Resonansi	14
2.9 Defleksi	16
2.10 Metode Elemen Hingga.....	16
2.10.1 Tipe Elemen	16
2.10.2 <i>Meshing</i>	17

2.10.3 Konvergensi	18
BAB 3 METODE PENELITIAN	19
3.1 Diagram Alir.....	19
3.2 Variasi Penelitian.....	20
3.4 Pemilihan Material	20
3.5 Pembuatan Geometri	20
3.6 Data Pemberian Gaya pada Struktur Rangka.....	22
3.7 Perhitungan Frekuensi <i>Sin Waves Road</i>	24
3.7 Simulasi Menggunakan <i>Software</i>	24
3.7.1 <i>Preprocessing Phase</i> :	25
3.7.2 <i>Solution Phase</i>	33
3.7.3 <i>Postprocessing Phase</i>	33
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Validasi Hasil Penelitian	34
4.2 Frekuensi pada <i>Ladder frame chassis</i> dan Respon pada Frekuensi Jalan... 36	
4.2.1 Frekuensi Desain 1 (4 <i>Crossmembers</i>).....	37
4.2.2 Frekuensi Desain 2 (5 <i>Crossmembers</i>).....	38
4.2.3 Frekuensi Desain 3 (6 <i>Crossmembers</i>).....	39
4.3 Respon Harmonik pada Desain <i>Ladder Frame Chassis</i>	40
4.3.1 Respon Harmonik pada Desain 1 (4 <i>Crossmembers</i>).....	40
4.3.2 Respon Harmonik pada Desain 2 (5 <i>Crossmembers</i>).....	48
4.3.3 Respon Harmonik pada Desain 3 (6 <i>Crossmembers</i>).....	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	
RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Metode penyambungan antar rangka.....	7
Gambar 2.2 <i>Ladder frame chassis</i>	8
Gambar 2.3 Macam-macam bentuk <i>crossmember</i>	9
Gambar 2.4 <i>C beam moment of inertia</i>	9
Gambar 2.5 Metode untuk penguatan sambungan rangka.	10
Gambar 2.6 AISI A514 <i>grade A alloy steel</i>	11
Gambar 2.7 Model jalan lintasan paralel.....	12
Gambar 2.8 Grafik <i>magnification ratio</i> pada sistem tanpa peredam.....	14
Gambar 2.9 Macam macam bentuk dasar elemen hingga	17
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	19
Gambar 3.2 <i>Sketching side member</i> dan <i>crossmember</i> dengan profil C	21
Gambar 3.3 Model <i>ladder frame</i> dengan 4 <i>crossmember</i>	22
Gambar 3.4 Model <i>ladder frame</i> dengan 5 <i>crossmember</i>	22
Gambar 3.5 Model <i>ladder frame</i> dengan 6 <i>crossmember</i>	22
Gambar 3.6 <i>Free body diagram</i> statis pembebanan kosong pada rangka <i>ladder frame</i>	23
Gambar 3.7 <i>Free body diagram</i> statis pembebanan maksimum pada rangka <i>ladder frame</i>	23
Gambar 3.8 <i>Free body diagram</i> dinamis pada rangka <i>ladder frame</i>	24
Gambar 3.9 Diagram alir simulasi software	25
Gambar 3.10 Metode <i>mode superposition ansys workbench</i>	26
Gambar 3.11 <i>Input material properties</i> AISI A514 <i>grade A alloy steel</i> pada <i>Ansys 2021R1</i>	26
Gambar 3.12 <i>Mesh</i> pada <i>sidemember</i>	27
Gambar 3.13 <i>Mesh</i> pada <i>crossmember</i>	27
Gambar 3.14 <i>Mesh</i> pada <i>ladder frame</i>	27
Gambar 3.15 Grafik hubungan ukuran elemen dengan frekuensi natural desain 1	28
Gambar 3.16 <i>Skewness metric</i> desain 1	28
Gambar 3.17 Grafik hubungan ukuran elemen dengan frekuensi natural desain 2	29
Gambar 3.18 <i>Skewness metric</i> desain 2	30
Gambar 3.19 Grafik hubungan ukuran elemen dengan frekuensi natural desain 3	30
Gambar 3.20 <i>Skewness metric</i> desain 3	31
Gambar 3.21 (a) <i>Fix support</i> bagian belakang, (b) <i>Fix support</i> bagian depan	31
Gambar 3.22 (a) Pembebanan <i>zero loading</i> , (b) Pembebanan <i>max loading</i>	32
Gambar 4.1 Dimensi Profil C	34
Gambar 4.2 Respon frekuensi desain 1 terhadap deformasi pada <i>y axis</i> saat pembebanan kosong	41
Gambar 4.3 Deformasi <i>y axis</i> amplitudo tertinggi pada desain 1 saat pembebanan kosong	41

Gambar 4.4 Deformasi <i>y axis</i> pada frekuensi 35 Hz pada rangka desain 1 saat pembebanan kosong	42
Gambar 4.5 Deformasi <i>y axis</i> pada mode 7 desain 1 saat pembebanan kosong..	42
Gambar 4.6 Deformasi <i>y axis</i> pada mode 13 desain 1 saat pembebanan kosong	43
Gambar 4.7 Respon frekuensi desain 1 terhadap deformasi pada <i>y axis</i> saat pembebanan maksimum (16 ton)	43
Gambar 4.8 Deformasi <i>y axis</i> amplitudo tertinggi pada desain 1 saat pembebanan maksimum (16 ton)	44
Gambar 4.9 Deformasi <i>y axis</i> desain 1 pada frekuensi rangka 57,65 Hz saat pembebanan maksimum (16 ton)	45
Gambar 4.10 Deformasi <i>y axis</i> desain 1 pada frekuensi rangka 51,183 Hz saat pembebanan maksimum (16 ton)	45
Gambar 4.11 Deformasi <i>y axis</i> pada mode 7 desain 1 saat pembebanan maksimum (16 ton)	46
Gambar 4.12 Deformasi <i>y axis</i> pada mode 13 desain 1 saat pembebanan maksimum (16 ton)	46
Gambar 4.13 Grafik perbandingan amplitudo pada desain 1 saat pembebanan kosong dengan pembebanan maksimum (16 ton)	47
Gambar 4.14 Respon frekuensi desain 2 terhadap deformasi pada <i>y axis</i> saat pembebanan kosong	48
Gambar 4.15 Deformasi <i>y axis</i> amplitudo tertinggi pada desain 2 saat pembebanan kosong	49
Gambar 4.16 Deformasi <i>y axis</i> pada desain 2 saat frekuensi 35,017 Hz saat pembebanan kosong	49
Gambar 4.17 Deformasi <i>y axis</i> pada mode 12 desain 2 saat pembebanan kosong	50
Gambar 4.18 Deformasi <i>y axis</i> pada mode 13 desain 2 saat pembebanan kosong	50
Gambar 4.19 Respon frekuensi desain 2 terhadap deformasi pada <i>y axis</i> saat pembebanan maksimum (16 ton)	51
Gambar 4.20 Deformasi <i>y axis</i> amplitudo tertinggi pada desain 2 saat pembebanan maksimum (16 ton)	52
Gambar 4.21 Deformasi <i>y axis</i> pada desain 2 saat frekuensi 57,65 Hz saat pembebanan maksimum (16 ton)	52
Gambar 4.22 Deformasi <i>y axis</i> pada desain 2 saat frekuensi 49,576 Hz saat pembebanan maksimum (16 ton)	53
Gambar 4.23 Deformasi <i>y axis</i> pada mode 12 desain 2 saat pembebanan maksimum (16 ton)	53
Gambar 4.24 Deformasi <i>y axis</i> pada mode 13 desain 2 saat pembebanan maksimum (16 ton)	54
Gambar 4.25 Grafik perbandingan amplitudo pada desain 2 saat pembebanan kosong dengan pembebanan maksimum	54
Gambar 4.26 Respon frekuensi desain 3 terhadap deformasi pada <i>y axis</i> saat pembebanan kosong	56

Gambar 4.27 Deformasi <i>y axis</i> amplitudo tertinggi pada desain 3 saat pembebanan kosong	56
Gambar 4.28 Deformasi <i>y axis</i> pada desain 3 saat frekuensi rangka 33,4 Hz saat pembebanan kosong	57
Gambar 4.29 Deformasi <i>y axis</i> pada mode 6 desain 3 saat pembebanan kosong	57
Gambar 4.30 Deformasi <i>y axis</i> pada mode 7 desain 3 saat pembebanan kosong	58
Gambar 4.31 Respon frekuensi desain 3 terhadap deformasi pada <i>y axis</i> saat pembebanan maksimum (16 ton)	58
Gambar 4.32 Deformasi <i>y axis</i> amplitudo tertinggi pada desain 3 saat pembebanan maksimum (16 ton)	59
Gambar 4.33 Deformasi <i>y axis</i> pada desain 3 saat frekuensi rangka 58 Hz saat pembebanan maksimum (16 ton)	60
Gambar 4.34 Deformasi <i>y axis</i> pada mode 6 desain 3 saat pembebanan maksimum (16 ton)	60
Gambar 4.35 Deformasi <i>y axis</i> pada mode 7 desain 3 saat pembebanan maksimum (16 ton)	61
Gambar 4.36 Grafik perbandingan amplitudo pada desain 3 saat pembebanan kosong dengan pembebanan maksimum (16 ton)	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Material properties</i> AISI A514 grade A alloy steel	11
Tabel 2.2 <i>Skewness mesh quality spectrum</i>	17
Tabel 3.1 <i>Material properties</i> pada AISI A514 grade A alloy steel.....	20
Tabel 3.2 Dimensi rangka <i>medium duty truck</i>	21
Tabel 3.3 Data beban yang diberikan pada rangka truk	22
Tabel 3.4 Verifikasi <i>mesh</i> desain 1	28
Tabel 3.5 Verifikasi <i>mesh</i> desain 2	29
Tabel 3.6 Verifikasi <i>mesh</i> desain 3	30
Tabel 4.1 Hasil Validasi Menggunakan <i>Error</i> Frekuensi	36
Tabel 4.2 Frekuensi Desain 1 (4 <i>Crossmembers</i>)	37
Tabel 4.3 Frekuensi Desain 2 (5 <i>Crossmembers</i>)	38
Tabel 4.4 Frekuensi desain 3 (6 <i>Crossmembers</i>)	39

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1.** *Sketching custom sidemember, Crossmember dan Gusset*
- Lampiran 2.** *Extrude 2D Sketch sidemember, crossmember, dan gusset*
- Lampiran 3.** *Menggunakan fitur shell dengan ketebalan 7 mm pada Sidemember dan crossmember*
- Lampiran 4.** *Extrude cut untuk lubang rivet sambungan sidemember-gusset-crossmember*
- Lampiran 5.** *Assembly Crossmember-Gusset*
- Lampiran 6.** *Assembly Crossmember-gusset-Sidemember*
- Lampiran 7.** *Gambar Teknik Ladder frame Desain 1 (4 Crossmembers)*
- Lampiran 8.** *Gambar Teknik Ladder frame Desain 2 (5 Crossmembers)*
- Lampiran 9.** *Gambar Teknik Ladder frame Desain 3 (6 Crossmembers)*
- Lampiran 10.** *Gambar Kerja Gusset dan Crossmember*
- Lampiran 11.** *Gambar Teknik Sidemember*
- Lampiran 12.** *Lembar Konsultasi Pembimbing 1*
- Lampiran 13.** *Lembar Konsultasi Pembimbing 2*