

**ANALISIS STRUKTUR RANGKA DASAR KERETA
BARANG *FLAT WAGON CONTAINER* 2 × 20 FEET
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Jenjang Strata Satu (S1)
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Ponorogo



DWIYAN BOY SANDI PRATOMO
19511345

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONOROGO
(2026)**

HALAMAN PENGESAHAN

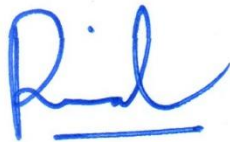
Nama : Dwiyan Boy Sandi Pratomo
NIM : 19511345
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Proposal Skripsi : Analisis Struktur Rangka Dasar Kereta Barang
Flat Wagon Container 2 × 20 Feet Menggunakan
Metode Elemen Hingga

Isi dan formatnya telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat
Untuk melengkapi persyaratan guna memperoleh Gelar Sarjana
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah
Ponorogo

Ponorogo, 26 Januari 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Rizal Arifin, S.Si., M.Si., M.Sc., Ph.D
NIK. 19870920 201204 12

Dosen Pembimbing II



Yoyok Winardi, S.T., M.T
NIK. 19860803 201909 13

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Eddy Kurniawan, S.T., M.T.
NIK. 19771026 200810 12

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Yoyok Winardi, S.T., M.T
NIK. 19860803 201909 13

PERNYATAAN ORISINILITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dwiyan Boy Sandi Pratomo
NIM : 19511345
Program Studi : Teknik Mesin

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul: “Analisis Struktur Rangka Dasar Kereta Barang *Flat Wagon Container 2 × 20 Feet* Menggunakan Metode Elemen Hingga” bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah yang saya rancang/teliti dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan Daftar Pustaka.

Apabila ternyata di dalam Naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiatisme, saya bersedia Ijazah saya dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Ponorogo, 26 Januari 2026

Mahasiswa



Dwiyan Boy Sandi Pratomo

NIM 19511345

HALAMAN BERITA ACARA UJIAN

Nama : Dwiyan Boy Sandi Pratomo
NIM : 19511345
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Proposal Skripsi : Analisis Struktur Rangka Dasar Kereta Barang
Flat Wagon Container 2 × 20 Feet Menggunakan
Metode Elemen Hingga

Telah diuji dan dipertahankan dihadapan

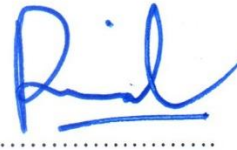
Dosen penguji tugas akhir jenjang Strata Satu (S1) pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 29 Januari 2026

Dosen Penguji

Ketua Penguji :

Rizal Arifin, S.Si., M.Si., M.Sc., Ph.D



Anggota Penguji I :

Yoyok Winardi, S.T., M.T



Anggota Penguji II :

Ir. Fadelan, M.T.



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Edy Kurniawan, S.T., M.T.

NIK. 19771026 200810 12



Yoyok Winardi, S.T., M.T

NIK. 19860803 201909 13

BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

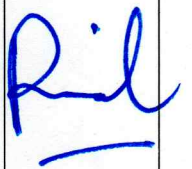
Nama : Dwiyan Boy Sandi Pratomo

NIM : 19511345

Judul Skripsi : Analisis Struktur Rangka Dasar Kereta Barang
Flak Wagon Container 2x2 Feet Menggunakan Metode Elemen Hingga

Dosen Pembimbing Utama : Rizal Arifin, S.Si., M.Si., Ph.D.

PROSES PEMBIMBINGAN

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
1	09/2025 /09	Pengajuan Judul Skripsi		
2	16/2025 /09	Bab I	Perbaikan latar belakang, rumusan masalah dan tujuan serta menambahkan pendahuluan terdahulu dengan minimal referensi 5 jurnal, lanjut Bab II	
3	24/2025 /09	Bab II	Pemambahan materi metode Elemen hingga yang lebih lengkap	
4	07/2025 /10	Bab II	Perbaikan nomor tabel dan nomor gambar serta penambahan nomor persamaan Lanjut Bab III	

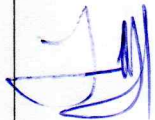
No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
5	20 / 10 / 2025	Bab <u>II</u>	memperjelas contoh gambar pembebanan	<u>Ril</u>
6	19 / 11 / 2025	Bab <u>III</u>	Penambahan materi uji; konvergensi dan kualitas mesh	<u>Ril</u>
7	25 / 11 / 2025	Bab <u>III</u>	Perubahan format tabel	<u>Ril</u>
8	2 / 12 / 2025	Ace Sampura		<u>Ril</u>
9	9 / 12 / 2025	Bab <u>IV</u>	Penambahan literasi untuk penjelasan hasil pengujian	<u>Ril</u>
10	11 / 12 / 2025	Bab <u>IV</u>	Penambahan beban vertikal lateral pada pengujian	<u>Ril</u>

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
11	15/12/2025	Bab IV	Pendalaman beban untuk pengujian longitudinal	<u>Rid</u>
12	29/12/2025	Bab IV	Tambah pembebanan kombinasi secara beban	<u>Rid</u>
13	5/01/2026	Bab IV	Beri Tabel perbandingan Batasan parameter dan Hasil uji lanjut Bab V	<u>Rid</u>
14	12/01/2026	Bab V	Kesimpulan harus sesuai dengan Rumusan masalah	<u>Rid</u>
15	20/01/2026	Bab V	Tambah lebih banyak untuk sewan	<u>Rid</u>
16	26/1/2026		Acc Sidang Skripsi	<u>Rid</u>

BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Dwiyon Boy Sandi Pratomo
 NIM : 19511345
 Judul Skripsi : Analisis Struktur Rangka Dasar Ketiba Barang
Flat Wagon Container 2x20 Feet Menggunakan Metode
Elemen Hingga
 Dosen Pembimbing Pendamping : Yoyok Winardi, S.T., M.T.

PROSES PEMBIMBINGAN

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
1	09/2025 /09	Pengajuan Judul Skripsi		
2	16/2025 /09	Bab I	Perbaikan sitasi - Menggunakan format IEEE	
3	24/2025 /09	Bab II	Pennambahan literasi	
4	07/2025 /10	Bab II	Perbaikan nomor tabel dan nomor gambar, dan harus disebut dalam paragraf	

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
5	20/2025 /10	Bab III	Perbaiki format paragraf	
6	19/2025 /11	Bab III	Perbaiki format Tabel	
7	25/2025 /11	Bab III	Perbaiki format Numbering	
8	02/2025 /12	ACC Sampel		
9	9/2025 /12	Bab IV	Penambahan literasi	
10	11/2025 /12	Bab IV	Penambahan gambar keontur	

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
11	15/2025 /12	Bab IV	Tambah Penyebutan gambar pada paragraf	
12	29/2025 /12	Bab IV	Tambah literasi pada pembahasan	
13	5/2025 /01	Bab IV	Simbol $\pm$, $\leq$. dibuat kalimat di paragraf	
14	12/2025 /01	Bab V	Kesimpulan harus sesuai rumusan masalah	
15	20/2026 /01	Bab V	Perbaiki Daftar pustaka Tambah dan perbaiki Daftar isi tabel, dan gambar	
16	26/2026 /01	Acta Sidering Skripsi		

Motto

“Tidak ada keberhasilan yang datang secara instan, karena setiap pencapaian besar selalu dimulai dari proses yang panjang, penuh kesabaran, dan ketekunan. Setiap langkah kecil yang dilakukan dengan sungguh-sungguh akan membentuk pengalaman, menguatkan mental, serta mengajarkan arti perjuangan. Pada akhirnya, hasil terbaik bukan hanya tentang seberapa cepat kita sampai, tetapi tentang seberapa kuat kita bertahan, belajar dari setiap kesalahan, dan terus melangkah hingga tujuan tercapai.”



ANALISIS STRUKTUR RANGKA DASAR KERETA BARANG *FLAT WAGON CONTAINER 2 × 20 FEET* MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Dwiyani Boy Sandi Pratomo, Yoyok Winardi, Rizal Arifin, Hedi Purnomo
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo
e-mail : dbspratomo@gmail.com

Abstrak

Melihat fungsi kereta api yang sangat vital, karena berkaitan dengan keselamatan manusia maupun barang, maka kereta api dituntut memiliki kemampuan yang cukup memadai sehingga tidak mengalami kerusakan yang disebabkan oleh beban operasinya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan struktur rangka dasar kereta barang jenis *flat wagon* dengan kapasitas dua kontainer ukuran 20 *feet* menggunakan metode elemen hingga. Analisis dilakukan untuk mengetahui nilai dan distribusi tegangan, deformasi, serta faktor keamanan struktur rangka dasar terhadap pembebanan statis. Pemodelan geometri rangka dasar dibuat menggunakan Autodesk Inventor 2020, sedangkan proses simulasi dilakukan dengan ANSYS R1 2022. Material yang digunakan adalah baja S355J2 dengan kekuatan luluh 355 MPa. Pembebanan yang diterapkan meliputi beban vertikal, lateral, longitudinal, dan kombinasi sesuai standar EN 12663-2. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai tegangan maksimum yang terjadi masih di bawah tegangan luluh material, deformasi total memenuhi batas izin maksimal yaitu 0,5 mm dalam rentang 100 mm, dan faktor keamanan yang didapat dari desain tersebut masih berada pada rentang 1,5–2,0. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa desain rangka dasar flat wagon 2×20 *feet* dinyatakan aman secara struktural terhadap pembebanan statis.

Kata Kunci: Gerbong datar, metode elemen hingga, S355J2, ANSYS, tegangan, faktor keamanan, pembebanan statis

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT berkat Rahmat, Hidayah dan Karunia-Nya kepada kita semua sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul *ANALISIS STRUKTUR RANGKA DASAR KERETA BARANG FLAT WAGON CONTAINER 2 × 20 FEET MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA*. Penulisan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik jenjang strata satu (S1) pada program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Rido Kurnianto, M.Ag. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
2. Edy Kurniawan, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
3. Yoyok Winardi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
4. Rizal Arifin, S.Si., M.Si., M.Sc., Ph.D. dan Yoyok Winardi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing penulis yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.
5. Rizal Arifin, S.Si., M.Si., M.Sc., Ph.D., Yoyok Winardi, S.T., M.T., dan Ir. Fadelan, M.T., selaku ketua dosen penguji, anggota penguji I dan anggota penguji II yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk membantu dalam menyempurnakan skripsi hingga selesai.
6. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
7. Keluarga khususnya kepada Orang Tua yang selalu menyemangati dan mendoakan serta memberikan dukungan material dan moril.

8. Devi Yulinarningtyas Fatikasari dan Muhammad Abbiyya Radeva Avicenna selaku Istri dan Anak Tercinta yang selalu mendoakan serta memotivasi dalam menyelesaikan skripsi.
9. Hedi Purnomo selaku rekan kerja yang telah membantu dan mengajari dalam proses simulasi menggunakan ANSYS dan selalu memberikan motivasi dalam menyelesaikan skripsi.
10. Teman-teman satu angkatan terima kasih atas doa dan motivasinya.

Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dengan segala kekurangannya. Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan serta perbaikan skripsi ini. Sehingga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan, penerapan di lapangan industri dan mahasiswa serta dapat dikembangkan lagi lebih lanjut.

Ponorogo, 26 Januari 2026



Dwiyan Boy Sandi Pratomo

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL DEPAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN ORISINILITAS SKRIPSI.....	iii
HALAMAN BERITA ACARA UJIAN	iv
BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI	v
BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI	viii
Motto.....	xi
Abstrak	xii
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat penelitian.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Landasan Teori	7
2.2.1 Gerbong Datar	7
2.2.2 Kontainer 20 <i>feet</i>	8
2.2.3 Material Rangka Dasar S355J2	8
2.2.4 Metode Elemen Hingga.....	10
2.2.5 Sifat Mekanik Material	19
2.2.6 Perpindahan (<i>Displacement</i>)	25
2.2.7 Faktor Keamanan (<i>Safety Factor</i>).....	26
2.2.8 Teori <i>Von Mises Stress</i>	27
2.2.9 Standar pengujian.....	28
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	30

3.1	Tempat dan Waktu	30
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	30
3.3	Prosedur Pengumpulan Data	32
3.4	Variabel Penelitian	32
3.5	Prosedur Penelitian	33
3.6	Permodelan Geometri	34
3.7	Permodelan Pembebanan dan Tumpuan	34
3.8	Uji Konvergensi dan Kualitas <i>Mesh</i>	37
3.9	Simulasi Pembebanan Statis	40
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		46
4.1	Hasil Pengujian Beban Vertikal	46
4.2	Hasil Pengujian Beban Lateral	47
4.3	Hasil Pengujian Beban Longitudinal	49
4.4	Hasil Pengujian Kombinasi Beban	51
4.5	Evaluasi Faktor Keamanan	53
4.6	Pembahasan	54
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		56
5.1	Kesimpulan	56
5.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA		58
LAMPIRANbareng		60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi material S355J2	9
Tabel 2.2 Sifat mekanis material S355J2	9
Tabel 2.3 Jenis Pengujian yang diverifikasi MEH.....	29
Tabel 3.1 Spesifikasi komputer PT. INKA	30
Tabel 3.2 Nilai Parameter yang di izinkan.....	32
Tabel 3.3 Data hasil uji konvergensi <i>mesh</i>	39
Tabel 4.1 Perbandingan parameter hasil pengujian sesuai jenis pembebanan.....	54
Tabel 4.2 Perbandingan variabel batasan dan variabel hasil pengujian.....	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gerbong datar kontainer	7
Gambar 2.2 Kontainer 20 <i>feet</i>	8
Gambar 2.3 Model struktur kontinu didiskretasikan menjadi model elemen hingga yang diskrit.....	10
Gambar 2.4 Solusi pemecahan metode elemen hingga.....	12
Gambar 2.5 Elemen satu batang	14
Gambar 2.6 Gaya nodal pada simpul elemen satu batang	15
Gambar 2.7 Simulasi tabrakan kendaraan.....	17
Gambar 2.8 Simulasi numerik kerangka kendaraan dengan ADINA	17
Gambar 2.9 Simulasi numerik mobil balap F1 dengan ANSYS.....	18
Gambar 2.10 Simulasi numerik struktur rangka jembatan dengan ABAQUS.	18
Gambar 2.11 Ilustrasi tegangan tarik dan tegangan tekan	19
Gambar 2.12 Ilustrasi tegangan geser	20
Gambar 2.13 Ilustrasi tegangan lentur	21
Gambar 2.14 Ilustrasi tegangan puntir	22
Gambar 3.1 Model geometri rangka dasar (<i>underframe</i>).....	31
Gambar 3.2 Diagram alir.....	33
Gambar 3.2 Desain 2D struktur geometri rangka dasar gerbong datar.....	34
Gambar 3.3 Pembebanan Vertikal	35
Gambar 3.4 Pembebanan Lateral	36
Gambar 3.5 Pembebanan Longitudinal.....	36
Gambar 3.6 Kombinasi beban.....	37
Gambar 3.7 Menentukan ukuran <i>mesh</i>	38
Gambar 3.8 Contoh nilai <i>skewness</i> pada <i>mesh</i>	38
Gambar 3.9 Grafik uji konvergensi <i>mesh</i>	39
Gambar 3.10 Langkah simulasi pembebanan statis pada aplikasi ANSYS	40
Gambar 3.11 <i>Input engineering data</i>	41
Gambar 3.12 Geometri rangka dasar yang sudah di simplifikasi	42
Gambar 3.13 Geometri rangka dasar yang sudah di <i>meshing</i>	42

Gambar 3.14 Tumpuan rangka dasar	43
Gambar 3.15 Titik Pembebanan.....	44
Gambar 3.16 Beberapa parameter hasil dari proses <i>solver</i>	44
Gambar 3.17 Kontur tegangan <i>von mises</i>	45
Gambar 3.18 Nilai variabel berdasarkan kontur warna	45
Gambar 4.1 Kontur tegangan pembebanan vertikal.....	46
Gambar 4.2 Kontur deformasi total pembebanan vertical	47
Gambar 4.3 Kontur tegangan pembebanan lateral.....	48
Gambar 4.4 Kontur deformasi total pembebanan lateral	48
Gambar 4.5 Kontur tegangan pembebanan tekan longitudinal.....	49
Gambar 4.6 Kontur tegangan pembebanan tarik longitudinal	50
Gambar 4.7 Kontur deformasi total pembebanan tekan longitudinal	50
Gambar 4.8 Kontur deformasi total pembebanan tarik longitudinal.....	51
Gambar 4.9 Kontur tegangan pengujian kombinasi beban	52
Gambar 4.10 Kontur deformasi total pengujian kombinasi beban	52
Gambar 4.11 Kontur faktor keamanan pengujian kombinasi beban.....	53

