



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**DESAIN DAN ANALISA GERBONG KERETA API PENGANGKUT  
BATU *BALLAST* DENGAN METODE ELEMEN HINGGA**

**TUGAS AKHIR**

**ENRICKO LUTHFAN PRADITHA**

**L2E 007 031**

**FAKULTAS TEKNIK**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG**

**SEPTEMBER 2012**

## TUGAS SARJANA

Diberikan kepada:

Nama : Enricko Luthfan Praditha  
NIM : L2E 007 031  
Pembimbing : Ir. Djoeli Satrijo, MT  
Jangka Waktu : 7 (tujuh) bulan  
Judul : Desain dan Analisa Gerbong Kereta Api Pengangkut Batu  
*Ballast* dengan Metode Elemen Hingga

Isi Tugas :

1. Mendesain struktur gerbong barang pengangkut batu *ballast* berkapasitas 35 ton.
2. Menganalisa tegangan, defleksi, dan *fatigue* struktur gerbong barang dengan metode elemen hingga.

Dosen Pembimbing,




Ir. Djoeli Satrijo, MT

NIP. 196107121988031003

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

NAMA : Enricko Luthfan Praditha  
NIM : L2E 007 031  
Tanda Tangan :   
Tanggal : September 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Enricko Luthfan Praditha

NIM : L2E 007 031

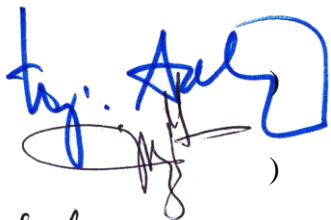
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin / S-1

Judul Skripsi : Desain dan Analisa Gerbong Kereta Api Pengangkut Batu  
*Ballast* dengan Metode Elemen Hingga

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.**

### TIM PENGUJI

Pembimbing : Ir. Djoeli Satrijo, MT

(  )

Penguji : Dr. Achmad Widodo, ST, MT

(  )

Penguji : Ir. Sugianto, DEA

(  )

Penguji : Dr. Ir. Nazaruddin. S, MS.

(  )

Semarang, September 2012

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Enricko Luthfan Praditha  
NIM : L2E 007 031  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“Desain dan Analisa Gerbong Kereta Api Pengangkut Batu Ballast dengan  
Metode Elemen Hingga”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang  
Pada Tanggal : September 2012

Yang menyatakan



**(Enricko Luthfan Praditha)**

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas Sarjana ini sebagai rasa syukur Penulis dan dipersembahkan untuk:

- ✚ Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya.
- ✚ Mama dan Papa tercinta yang selalu memberikan do'a dan dukungan baik moril maupun material, semoga Kalian bahagia dan bangga.
- ✚ Seluruh keluargaku tersayang dan teman-teman, terimakasih atas dukungannya.

## **ABSTRAK**

*Dalam dunia pengangkutan massal, kereta api merupakan moda transportasi yang memiliki peranan sangat besar. Gerbong barang adalah alat pengangkut yang ditarik oleh lokomotif sehingga menjadi sebuah rangkaian kereta api. Gerbong barang terdiri dari bermacam rupa dengan fungsi angkut dan kapasitas yang berbeda-beda. Salah satu contoh pengangkutan barang yang cukup penting adalah pengangkutan batu ballast, yang biasanya digunakan dalam pemeliharaan jalan rel. Gerbong pengangkut batu ballast dituntut untuk semakin efisien dan tangguh. Guna mendukung fungsinya, maka diperlukan suatu perancangan sebuah gerbong barang pengangkut batu ballast serta analisa terhadap gerbong barang tersebut. Gerbong barang dirancang mengacu pada standar JIS (Japan Industrial Standart) dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor : KM 43 Tahun 2010 Tentang Standar Spesifikasi Teknis Gerbong. Gerbong barang dianalisa kekuatannya menggunakan metode elemen hingga (MEH). Beban yang bekerja pada struktur, disimulasikan mendekati pembebanan yang sebenarnya. Beban utama yang dikenakan adalah beban muatan seberat 35 ton. Hasil analisa menggunakan perangkat lunak MEH, menunjukkan bahwa struktur kereta masih aman dalam segi tegangan, defleksi, maupun kegagalan lelah.*

**Kata kunci:** metode elemen hingga, gerbong barang, tegangan, kegagalan lelah

## ABSTRACT

*In the world of mass transport, railway is the mode of transportation that has a very big role. Freight car is a goods transporter which is pulled by a locomotive so that it becomes a series of trains. Freight car has many variety of form which is has a different function and capacities. One example of Freight car that is quite important is the transport of ballast stones, which are typically used in railway maintenance. The Freight car of ballast stones required for the more efficient and resilient. To support this function, we need a design of a ballast stone freight cars and analysis its structure. Designed freight cars comply with the standards JIS (Japan Industrial Standard) and Peraturan Menteri Perhubungan Nomor : KM 43 Tahun 2010 Tentang Standar Spesifikasi Teknis Gerbong. The strength of freight car analyzed using finite element method (FEM). Load acting on the structure is simulated approach the actual loading. The main burden is imposed payload weighing 35 tons. The results of the analysis using FEM software, showing that the structure of the train are safe in terms of stress, deflection and fatigue.*

*Keywords: finite element method, freight cars, stress, fatigue*



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan segala rahmat dan hidayah-Nya, karena hanya dengan izin-Nya lah maka penulis dapat melewati masa studi dan menyelesaikan Tugas Akhir yang merupakan tahap akhir dari proses untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Diponegoro.

Kedua sholawat dan salam semoga selalu dilimpahkan kepada Nabi Besar, Nabi akhir jaman, yang diutus untuk seluruh umat manusia, NABI MUHAMMAD SAW, karena dengan cinta, kasih dan tauladanmu setiap umat manusia yang mengikutimu dapat menuju ke kebahagiaan abadi.

Pada dasarnya karya ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini perkenankanlah Penulis untuk mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, diantaranya:

1. Keluarga yang telah memberikan dorongan, do'a dan semangat.
2. Ir. Djoeli Satrijo, MT selaku dosen pembimbing Tugas Sarjana.
3. Semua pihak yang telah membantu sampai terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa dalam menyusun laporan ini terdapat kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan dan kemajuan penulis dimasa yang akan datang sangat diharapkan. Akhir kata penulis berharap semoga hasil laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Semarang, Agustus 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
NOMENKLATUR .....	xix
BAB I	
PENDAHULUAN .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
1.1 Latar Belakang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2 Perumusan Masalah .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3 Tujuan Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4 Batasan Masalah.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.5 Metode Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.6 Sistematika Penulisan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB II	
DASAR TEORI .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>

2.1	Perancangan Produk.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2	Definisi Gerbong Barang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3	Konsep Tegangan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4	Konsep Defleksi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5	Faktor Keamanan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6	Analisa Kegagalan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7	Perancangan Gerbong Barang.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.8	Komponen Utama Gerbong .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.10	Metode Elemen Hingga.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

### BAB III

METODOLOGI.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
-----------------	-------------------------------------

3.1	Bagan Pemodelan Perancangan Gerbong .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2	Penentuan Geometri Gerbong .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3	Proses Pemodelan Konstruksi Gerbong.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

### BAB IV

DATA DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
---------------------------------------	-------------------------------------

4.1	Bagan Pemodelan Dan Analisa.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2	Proses Analisa Tegangan dan Defleksi Gerbong .	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3	Analisa <i>Fatigue</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

### BAB V

PENUTUP.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
5.1 Kesimpulan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2 Saran.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR PUSTAKA .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
LAMPIRAN.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2. 1 Diagram Alir Proses Perancangan..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 2 Metode Irisan Sebuah Benda..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 3 Tegangan Normal pada Beban Axial ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 4 Tegangan pada Pembebanan Elemen ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 5 Tegangan yang Bekerja pada Sebuah Bidang Elemen.... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 6 (a) Pegas Linear, (b) Pegas yang Mengeras Secara Non Linear, (c) Pegas yang Melunak Secara Non Linear ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 7 Teori Tegangan Normal Maksimum dan Garis Beban ... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 8 Perbandingan Teori Tegangan Geser Maksimum dengan Distorsi Energy ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 9 Jenis Siklus Regangan ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 10 Penampang Rangka Dasar ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 11 Klasifikasi Material ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 12 (a) Pemberian Beban pada Suatu Plat, (b) Model Elemen Hingga .. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 1 Diagram Alir Perancangan dan Analisa Gerbong ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 2 Ruang Batas Material di Indonesia ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 3 Sketsa Awal Bentuk Wadah Gerbong Tampak Depan ... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 4 Mekanisme Unloading Muatan Gerbong ... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 5 Sketsa Bentuk Wadah Gerbong Tampak Depan Setelah Diberi Profil ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 6 Sketsa Awal Bentuk Gerbong Tampak Samping ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 7 Sketsa Awal Panjang Gerbong Setelah Diberi Profil **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 8 Sketsa Bentuk Plat Wadah ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 9 Diagram Benda Bebas Penguat Samping.. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 10 Sketsa Bentuk Penampang Melintang ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 11 Diagram Banda Bebas Penguat Tengah ... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 12 Sketsa Rangka Dasar ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 13 Gambar Rangkaian Gerbong ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 14 *ANSYS Produk Launcher.* ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 15 Jendela Utama *Ansys Mechanical APDL* **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 16 Membuat *Keypoint* Menggunakan Sistem Koordinat ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 17 Membuat Garis Awal Pemodelan ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 18 Membuat Area Melalui Garis..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 19 Perintah *Reflect* Pada Pemodelan ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 20 Penentuan Jenis Material pada Model..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 21 Macam-Macam Element pada ANSYS.... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 22 Pemberian Jenis Tebal Pada Elemen *Shell* dan *Beam*... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 23 *Section Beam* pada Tumpuan *Bolster*..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 24 Pemberian Atribut pada Plat ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 25 Plot *Numbering Control* ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 26 Penentuan Besar Elemen Melalui Garis, (A) Menu *Mesh Tool*, (B) Menu *Set Element Size* ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 27 Besaran Elemen pada *Lines*..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 28 Hasil Pemodelan Setelah Di-*Mesh* Sebesar 50 mm **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 1 Bagan Pemodelan dan Analisa Struktur Gerbong.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 2 Pembebanan pada Pengujian Kekuatan Wadah ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 3 Memilih Data Tabel Analisa yang Diperlukan ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 4 Plot Tegangan *Von Misses* pada Pengujian Wadah .. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 5 Plot Defleksi pada Pengujian Wadah ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 6 Pembebanan pada Pengujian Beban Struktur..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 7 Plot Tegangan *Von Misses* pada Pengujian Beban Struktur..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 8 Plot Defleksi Sumbu Y pada Pengujian Beban Struktur.. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 9 Pembebanan pada Analisa Beban Muatan pada Kondisi Beban Maksimum ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 10 Plot Tegangan *Von Misses* pada Pembebanan Vertikal pada Kondisi Beban Maksimum ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 11 *Reinforcement* Pada *Bolster*, (a) Sebelum *Di-reinforcement*, (b) Setelah *Di-reinforcement* ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 12 Plot Tegangan *Von Misses* pada Pembebanan Vertikal pada Kondisi Beban Maksimum Setelah *Di-reinforcement* ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 13 Plot Defleksi Sumbu Y pada Pembebanan Vertikal pada Kondisi Beban Maksimum Setelah *Di-reinforcement*. ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 14 Pembebanan pada Analisa Beban Tekan . **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 15 Plot Tegangan *Von Misses* pada Pembebanan Tekan Maksimum .... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 16 *Reinforcement* pada *Bolster*, (a) Sebelum *Di-reinforcement*, (b) Setelah *Di-reinforcement* ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 17 Plot Tegangan *Von Misses* pada Pembebanan Horizontal Maksimum Setelah *Di-reinforcement* ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 18 *Reinforcement* pada *Center Sill*..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 19 Plot Tegangan Von Misses pada Pembebanan Horizontal Maksimum Setelah Di-*reinforcement* Kembali ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 20 Plot Defleksi Sumbu Y pada Pembebanan Horizontal Maksimum Setelah Di-*reinforcement* Kembali ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 21 Pembebanan pada Analisa Beban Horizontal pada Kondisi Beban Maksimum ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 22 Plot Tegangan *Von Misses* pada Pembebanan Kombinasi.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 23 Plot Defleksi Sumbu Y pada Pembebanan Kombinasi . **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 24 Pembebanan pada Pengujian Lintas Datar**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 25 Plot Tegangan *Von Misses* pada Pengujian Lintas Datar dengan Percepatan Gravitasi Sebanyak 5 Kali ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 26 Plot Defleksi Sumbu Y pada Pengujian Lintas Datar dengan Percepatan Gravitasi Sebanyak 5 Kali..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 27 Offset Work Plane ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 28 Pembebanan pada Pengujian Lintas Tanjakan .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 29 Plot Tegangan *Von Misses* pada Pengujian Lintas Tanjakan dengan Percepatan Gravitasi Sebanyak 5 Kali..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 30 Plot Defleksi Sumbu Y pada Pengujian Lintas Tanjakan dengan Percepatan Gravitasi Sebanyak 5 Kali ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 31 Pembebanan pada Pengujian Lintas Tikungan.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 32 Plot Tegangan *Von Misses* pada Pengujian Lintas Tikungan dengan Percepatan Gravitasi Sebanyak 5 Kali ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 33 Plot Defleksi Sumbu Y pada Pengujian Lintas Tikungan dengan Percepatan Gravitasi Sebanyak 5 Kali ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 34 Pembebanan pada Pengujian Lintas Datar dengan Percepatan.....**Error! Bookmark not defined.**



Gambar 4. 35 Plot Tegangan *Von Mises* pada Pengujian Percepatan dengan Percepatan Gravitasi Sebanyak 5 Kali..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 36 Plot Defleksi Sumbu Y pada Pengujian Percepatan dengan Percepatan Gravitasi Sebanyak 5 Kali..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 37 Pembebanan pada Pengujian Lintas Kombinasi .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 38 Plot Tegangan *Von Mises* pada Pengujian Lintas Kombinasi dengan Percepatan Gravitasi Sebanyak 5 Kali ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 39 Plot Defleksi Sumbu Y pada Pengujian Lintas Kombinasi dengan Percepatan Gravitasi Sebanyak 5 Kali ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 40 Letak Titik Tegangan Maksimum (Lingkaran Merah) . **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 41 Siklus Pembebanan pada Analisa *Fatigue***Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 42 Plot Diagram *Fatigue* ..... **Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Faktor Keamanan Menurut Tipe Pembebanan dan Material .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 2. 2 <i>Mechanical Properties</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 2. 3 <i>Physical Properties</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 2. 4 <i>Cost Material</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 2. 5 Tipe Elemen Dalam Metode Elemen Hingga	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 2. 5 Tipe Elemen Dalam Metode Elemen Hingga (lanjutan).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3. 1 Bagian Rangka Dasar .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3. 2 Tabel Pembebanan Analisa <i>Off The Road</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3. 3 Angka Praktis dan Konstanta pada Jenis-Jenis Lokomotif Di Indonesia	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3. 4 Tabel Pembebanan Analisa <i>On The Road</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 1 Plot List Analisa Wadah .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 2 <i>Plot List</i> Analisa Beban Struktur. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 3 <i>Plot List</i> Hasil Analisa Beban Muatan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 4 <i>Plot List</i> Analisa Beban Muatan Setelah Di- <i>reinforcement</i>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 5 <i>Plot List</i> Analisa Beban Tekan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 6 <i>Plot List</i> Analisa Beban Tekan Setelah Di- <i>reinforcement</i> ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 7 <i>Plot List</i> Analisa Beban Tekan Setelah Di- <i>reinforcement</i> Ulang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 8 Plot List Analisa Beban Kombinasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 9 <i>Plot List</i> Analisa Lintas Datar .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 10 <i>Plot List</i> Analisa Lintas Tanjakan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 11 <i>Plot List</i> Analisa Lintas Tikungan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 12 <i>Plot List</i> Analisa Lintas Datar Dengan Percepatan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 13 <i>Plot List</i> Analisa Lintas Kombinasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

- Tabel 4. 14 *Surface Factor*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 15 *Size Factor* ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 16 *Load Factor*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 17 Titik Tegangan Terbesar Pada Analisa Fatigue .....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 18 Tegangan Amplitudo dan Tegangan Rata-Rata.....**Error! Bookmark not defined.**

## NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
$A$	Luas	$[m^2]$
$\sigma$	Tegangan normal	[MPa]
$\sigma_y$	Tegangan luluh/ yield	[MPa]
$\sigma_u$	Tegangan ultimate	[MPa]
$\tau$	Tegangan geser	$[N/m^2]$
$l$	Defleksi	[mm]
$E$	Modulus Elastisitas	[Pa]
$P$	Panjang	[m]
$S_{ut}$	Kekuatan Ultimate	[Mpa]
$F$	Gaya	[N]
$P$	Tekanan	[Pa]
$y$	Defleksi vertikal	[mm]
$\omega$	Beban muatan/Tekanan	[Pa]
$S$	Tegangan pada permukaan plat	[Pa]
$g$	Percepatan gravitasi	$[m/s^2]$
$I$	Momen inersia	$[kg/m^2]$
$S_e$	<i>Endurance Limit</i>	[Mpa]
$S'_e$	<i>Speciment Enduramce Limit</i>	[MPa]
$\rho$	Densitas	$[kg/m^3]$

