



**ANALISIS PEMBEBANAN STATIS PADA *BOLSTER*  
UNTUK *LIFT BOGIE TEMPORARY***

**SKRIPSI**

**Ahmad Miftahul Royan**

**NIM. 161910101012**

**PROGRAM STUDI STRATA I TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2021**



**ANALISIS PEMBEBANAN STATIS PADA *BOLSTER*  
UNTUK *LIFT BOGIE TEMPORARY***

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir skripsi dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Ahmad Miftahul Royan**

**NIM. 161910101012**

**PROGRAM STUDI STRATA I TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2021**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT, atas semua limpahan rahmat dan ridho-Nya yang diberikan kepada seluruh hamba-Nya.
2. Nabi Muhammad SAW, yang telah memberi kita segala petunjuk hidup dalam kitab suci umat islam.
3. Keluarga saya, Alm. Ayahanda (Miftahul Jinan), Ibunda (Sri Sismidah Hidayati), Kakak (Iswana Zahra Hidayati), dan Adik (Ahmad Miftahul Firdaus Ubaidillah) yang selalu memberikan motivasi, pengorbanan, dan do'a yang tiada henti sepenuh hati.
4. Semua Bapak/Ibu Dosen sebagai orang tua pengganti pada perkuliahan saya di Universitas Jember yang senantiasa memberikan ilmu bahkan pengalamannya, semoga ilmu dan pengalaman yang diberikan bermanfaat dan barokah dikemudian hari. Bapak **Dr. Ir. Gaguk Jatisukanto, S.T., M.T., IPM.** selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak **Ir. Ahmad Syuhri M.T.** selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian pada skripsi ini
5. Ibu Ir. Intan Hardiatama, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan masukan dan saran bersifat konstruktif untuk penyusunan skripsi ini.
6. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan Sekolah Menengah Atas yang tidak kenal lelah memberikan ilmunya, membimbing dan mendidik menuju arah yang lebih baik sehingga sampai ke jenjang perguruan tinggi.
7. Teman Skripsian yaitu Desain Pipel 16 dan Don Hilmi yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini dalam kondisi apapun, serta teman-temanku Teknik Mesin 2016 dan Agung, Fahrul, herninda, Guntur, Qonang, Velly, Ega, Syahrul, Memet, Abim, Ibad, Rohman, yang tidak kenal lelah memberikan dukungan, bantuan, dan do'a
8. Teman-teman kontrakan loss brantas Novi (Nopek), Rosid (Bolot), Atlanta (Gendos), Faiz (Kirun), Dimas (Samid), Aldi, Aldo, Ayub, Vigar, Rio, Bagas Nabila, Topeng, Tomy dan Crew Tepak Penak yang telah membantu dalam bentuk motivasi dan do'a yang tulus.
9. Almamater yang saya banggakan, Universitas Jember.

## MOTTO

Barang siapa beriman kepada Allah SWT dan hari akhir, maka hendaklah ia berkata baik atau  
diam.

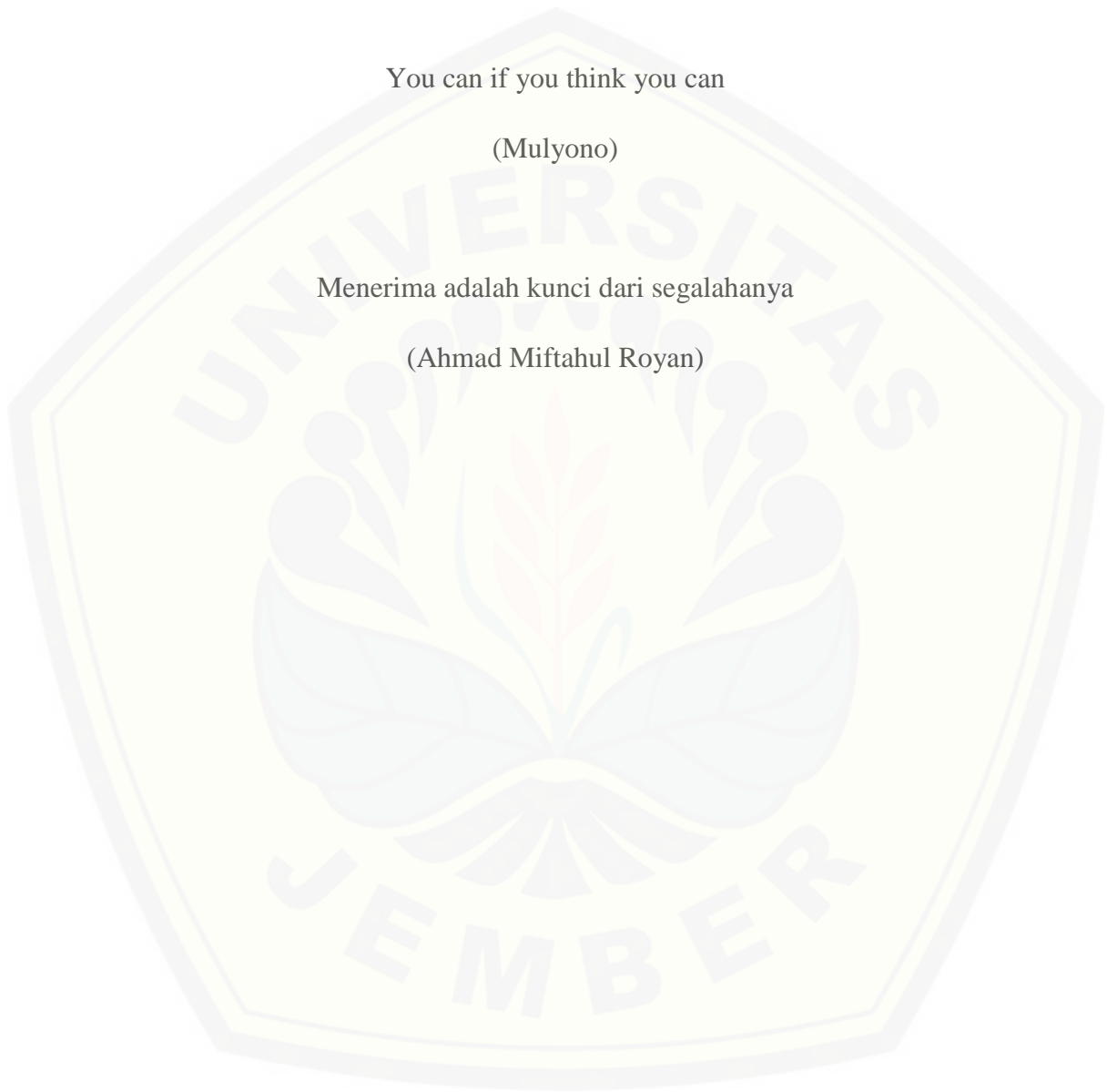
(Nabi Muhammad SAW )

You can if you think you can

(Mulyono)

Menerima adalah kunci dari segalanya

(Ahmad Miftahul Royan)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Miftahul Royan

Nim : 161910101012

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa proyek akhir yang berjudul “Analisis Pembebanan Statis Pada *Bolster* Untuk *Lift Bogie Temporary*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 4 Januari 2021

Yang Menyatakan

Ahmad Miftahul Royan

Nim.161910101012

**SKRIPSI**

**ANALISIS PEMBEBANAN STATIS PADA *BOLSTER*  
UNTUK *LIFT BOGIE TEMPORARY***



Oleh

Ahmad Miftahul Royan

NIM. 161910101012

**Pembimbing**

Dosen Pembimbing Utama

: Dr. Ir. Gaguk Jatisukanto, S.T., M.T., IPM.

Dosen Pembimbing Anggota

: Ir. Ahmad Syuhri M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Analisis Pembebanan Statis Pada *Bolster* Untuk *Lift Bogie Temporary*” karya Ahmad Miftahul Royan telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Jumat, 28 Januari 2021

Tempat : Online

**Tim Penguji:**

Ketua (DPU),

Sekretaris (DPA),

Dr. Ir. Gaguk Jatisukamto, S.T., M.T., IPM.

Ir. Ahmad Syuhri M.T.

NIP. 196902091998021001

NIP. 196701231997021001

Penguji I,

Penguji II,

Ir. Santoso Mulyadi, S.T., M.T.

Ir. Intan Hardiatama, S.T., M.T.

NIP. 197002281997021001

NIP. 198904282019032021

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

NIP. 197008261997021001

## RINGKASAN

**Analisis Pembebanan Statis Pada *Bolster* Untuk *Lift Bogie Temporary*;**  
Ahmad Miftahul Royan; 161910101012; 2021; 44 halaman; Jurusan Teknik  
Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

*Bogie* adalah suatu konstruksi yang terdiri dari dua perangkat roda atau lebih yang digabungkan oleh rangka yang dilengkapi dengan sistem pegas, pengereman, dengan atau tanpa peralatan penggerak dan anti selip, serta keseluruhan berfungsi sebagai pendukung rangka dasar dari badan kereta. *Temporary* adalah suatu alat sarana kereta api yang terdiri dari dua perangkat roda atau lebih yang digabungkan oleh rangka yang bersifat konvensional. *Temporary Bogie* sendiri adalah alat untuk mindahkan sebuah *part*, *car body*, dll yang berhubungan dengan kereta api dari *base* satu ke *base* selanjutnya.

Penelitian ini dilakukan di LAB Fakultas Teknik Universitas Jember pada bulan April sampai dengan bulan November 2020. Penelitian ini menggunakan motor Software Ansys *student*. Pengambilan data dilakukan pada *bolster* dengan kondisi statis. *Bolster* memiliki ukuran dengan panjang  $p = 1812$  mm, tinggi  $t = 80$  mm dan lebar  $l = 180$  mm. *Bolster* menggunakan material *JIS G 3192*. Unjuk kerja yang dilakukan meliputi, tegangan, regangan dan total deformasi.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan nilai perbandingan dari *bogie temporary* dengan *lift bogie temporary* bahwasannya nilainya lebih baik *lift bogie temporary* dibanding dengan *bogie temporary*.



## SUMMARY

*Analysis of Static Load On Bolster For Temporary Bogie Lift; Ahmad Miftahul Royan; 161910101012; 2021; 44 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.*

*A bogie is a construction consisting of two or more wheels joined by a frame equipped with a spring, braking system, with or without propulsion and anti-skid equipment, and as a whole functions as a support for the basic frame of the train body. Temporary is a railway means consisting of two or more wheels combined by a conventional frame. Temporary Bogie itself is a tool to move a part, car body, etc. related to the train from base one to the next base.*

*This research was conducted at LAB, Faculty of Engineering, University of Jember from April to November 2020. This research used Ansys 19.1 software motor. Data were collected on a bolster with static conditions. The bolster has a length of  $p = 1812$  mm, height  $h = 80$  mm and width  $w = 180$  mm. Bolster using JIS G 3192 material. The performance that is done includes, stress, strain and total deformation.*

*From the research results it can be concluded that the comparison value of the temporary bogie with the temporary bogie lift is that the value is better than the temporary bogie lift.*

## PRAKATA

Alhamdulillahirabbil'aalamin, segala puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Maha Penyayang. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Pembebanan Statis Pada *Bolster* Untuk *Lift Bogie Temporary*". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Gaguk Jatisukanto, S.T., M.T., IPM. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Ir. Ahmad Syuhri M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian pada skripsi ini;
2. Bapak Ir. Santoso Mulyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I, dan Ibu Ir. Intan Hardiatama, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan saran bersifat konstruktif untuk penyusunan skripsi ini;
3. Ibu Ir. Intan Hardiatama, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan masukan dan saran bersifat konstruktif untuk penyusunan skripsi ini;
4. Seluruh dosen dan staf yang ada didalam Fakultas Teknik.
5. Keluarga saya, Alm. Ayahanda (Miftahul Jinan), Ibunda (Sri Sismidah Hidayati), Kakak (Iswana Zahra Hidayati), dan Adik (Ahmad Miftahul Firdaus Ubaidillah) yang selalu memberikan motivasi, pengorbanan, dan do'a yang tiada henti sepenuh hati.
6. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan SMA yang tidak kenal lelah memberikan ilmunya, membimbing dan mendidik menuju arah yang lebih baik sehingga sampai ke jenjang perguruan tinggi.

7. Teman Skripsian yaitu Desain Pipel 16 dan Don Hilmi yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini dalam kondisi apapun, serta teman-temanku Teknik Mesin 2016 dan Agung, Fahrul, herninda, Guntur, Qonang, Velly, Ega, Syahrul, Memet, Abim, Ibad, Rohman, yang tidak kenal lelah memberikan dukungan, bantuan, dan do'a.
8. Teman-teman kontrakan loss brantas Novi (Nopek), Rosid (Bolot), Atlanta (Gendos), Faiz (Kirun), Dimas (Samid), Aldi, Aldo, Ayub, Vigar, Rio, Bagas Nabila, Topeng, Tomy dan Crew Tepak Penak yang telah membantu dalam bentuk motivasi dan do'a yang tulus.
9. Teman-teman BEM Teknik Elok, Gilang, Indro, Nadya, Faiz, Fahir, Ari, Rozik, Venom (Firman), Sartika, Artika, Thoni yang telah membantu dalam bentuk motivasi dan do'a yang tulus.

Jember, ..... 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	v
<b>PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	vix
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Tujuan</b> .....	3
<b>1.4 Manfaat</b> .....	3
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Bogie</b> .....	5
<b>2.2 Beban-Beban Pada Kendaraan</b> .....	7
<b>2.3 Teori Tegangan dan Regangan</b> .....	9
2.3.1 Tegangan.....	9
2.3.2 Regangan.....	10
2.3.3. Korelasi Tegangan dan Regangan.....	11
<b>2.4 Momen Inersia Luasan</b> .....	14
<b>2.5 Tegangan Lentur (<math>\sigma_b</math>)</b> .....	15
<b>2.6 Zona Plastik Von Mises</b> .....	16
<b>2.7 Perhitungan Kesetimbangan Struktur</b> .....	16
<b>2.7 Metode Elemen Hingga</b> .....	18
<b>2.8 Simulasi Ansys</b> .....	19
<b>2.9 Hipotesis</b> .....	19
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	20
<b>3.1 Tempat Penelitian</b> .....	20
<b>3.2 Alat dan Bahan Penelitian</b> .....	20
<b>3.3 Metode Penelitian</b> .....	20
<b>3.4 Prosedur Penelitian</b> .....	21
<b>3.5 Variabel Pengujian</b> .....	28
3.5.1 Variabel Penelitian.....	28

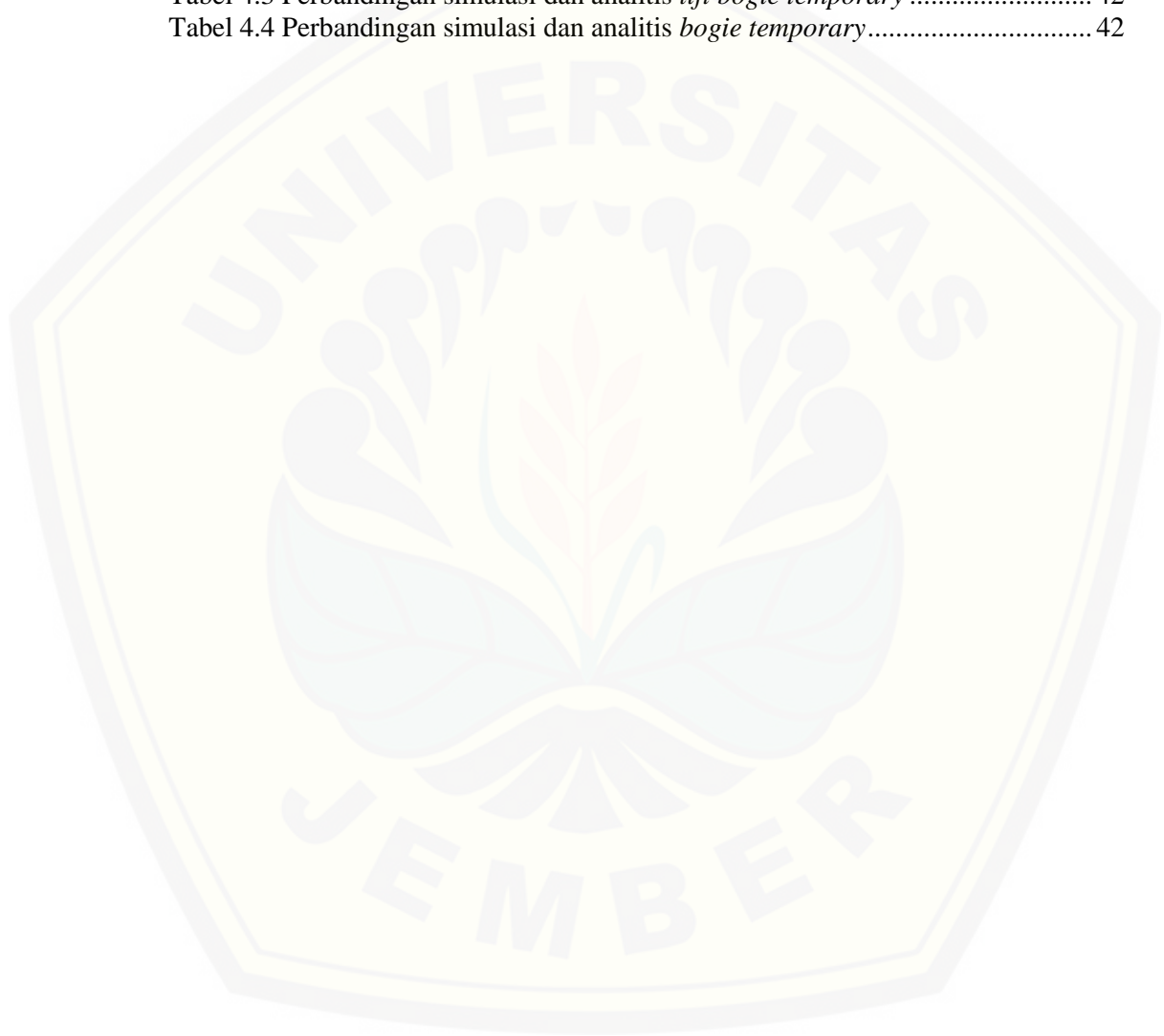
3.5.2. Pengambilan Data .....	29
3.5.3. Pengolahan Data .....	29
<b>3.6 Diagram Aliran Penelitian .....</b>	<b>30</b>
<b>3.6 Diagram Aliran Penelitian.....</b>	<b>30</b>
<b>BAB. 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 Hasil Penelitian.....</b>	<b>31</b>
4.1.1 Hasil analisis simulasi <i>bolster bogie temporary</i> .....	31
<b>4.2 Pembahasan Penelitian.....</b>	<b>38</b>
4.2.1 Pembahasan analisis simulasi <i>bolster lift bogie temporary</i> .....	38
4.2.2 Pembahasan analisis simulasi <i>bolster bogie temporary</i> .....	40
<b>4.3 Perbandingan Simulasi dan Perhitungan Analitis.....</b>	<b>42</b>
<b>BAB. 5 PENUTUP.....</b>	<b>43</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>43</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>43</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>44</b>

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bogie temporary kereta api (PT. INKA) .....	5
Gambar 2.2. <i>Bogie temporary</i> (PT. INKA).....	6
Gambar 2.3. Koordinat Arah Beban pada Kendaraan.....	7
Gambar 2.4 Gaya-Gaya yang Bekerja Pada Kendaraan.....	8
Gambar 2.5 Tegangan tarik atau tekan .....	10
Gambar 2.6 Tegangan axial .....	10
Gambar 2.7 Tegangan geser.....	10
Gambar 2.8 Diagram tegangan regangan .....	12
Gambar 2.9 Material yang mengalami gejala mulur .....	13
Gambar 2.10 Material yang tidak mengalami gejala mulur .....	13
Gambar 2.11 Penampang melintang <i>boom arm</i> pipa .....	14
Gambar 2.12 Penampang melintang balok terhadap beban .....	15
Gambar 2.13 Zona plastik <i>Von Mises</i> .....	16
Gambar 2.14 Diagram Benda Bebas .....	17
Gambar 2.15 Diagram Peralihan .....	17
Gambar 3.1 <i>Bogie temporary</i> .....	21
Gambar 3.2 <i>Lift bogie temporary</i> .....	22
Gambar 3.3 Format “igs” .....	22
Gambar 3.4 Masukkan format <i>IGES</i> ke <i>software ansys</i> .....	23
Gambar 3.5 Memilih <i>static structural</i> .....	23
Gambar 3.6 Menyeret <i>static structural</i> .....	23
Gambar 3.7 Penginputan pada <i>engineering data</i> .....	24
Gambar 3.8 Memilih model .....	24
Gambar 3.9 <i>Mesh</i> pada model struktur .....	25
Gambar 3.10 Mengisian parameter .....	25
Gambar 3.11 Memilihan jenis <i>solution</i> .....	26
Gambar 3.12 <i>Mezzing bogie temporary</i> .....	27
Gambar 3.13 Hasil <i>Ansys strain</i> .....	27
Gambar 3.14 Hasil <i>Ansys stress</i> .....	27
Gambar 3.15 <i>Ansys</i> penampang <i>bolster</i> pada satu titik.....	27
Gambar 3.16 Diagram alir.....	30
Gambar 4.1 Analisi simulasi deformasi, tegangan, regangan <i>bolster Lift Bogie temporary</i> .....	33
Gambar 4.2 Analisi simulasi deformasi, tegangan, regangan <i>bolster Bogie temporary</i> .....	37

**DAFTAR TABEL**

Tabel 1.1 Data korban kecelakaan kereta api 2010-2017 .....	2
Tabel 1.2 Data korban kecelakaan kereta api 2010-2017 .....	2
Tabel 2.1 Harga modulus elastisitas (E) berbagai material .....	12
Tabel 3.1 Tabel jadwal kegiatan penelitian .....	31
Tabel 4.1 Nilai deformasi, tegangan, dan regangan maksimal.....	33
Tabel 4.2 Nilai deformasi, tegangan, dan regangan maksimal.....	37
Tabel 4.3 Perbandingan simulasi dan analitis <i>lift bogie temporary</i> .....	42
Tabel 4.4 Perbandingan simulasi dan analitis <i>bogie temporary</i> .....	42



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

PT. INKA (Persero) merupakan Badan Usaha Milik Negara Industri Strategis yang bergerak di bidang manufaktur kereta api diantaranya Kereta Penumpang, Gerbong Barang, KRL, KRD/KRDE, Lokomotif dan produk lainnya yang berkaitan dengan perkeretaapian. Produk-produk ini banyak diekspor ke negara-negara lain di dunias seperti : Bangladesh, Filipina, Malaysia, Thailand, Singapura, dan masih banyak negara lainnya (PT. INKA, 2015).

Kereta api merupakan alat transportasi massal yang umumnya terdiri dari lokomotif (kendaraan dengan tenaga gerak yang berjalan) dan rangkaian kereta atau gerbong (dirangkaikan dengan kendaraan lainnya). Rangkaian kereta atau gerbong tersebut berukuran relatif luas sehingga mampu memuat penumpang maupun barang dalam skala besar. Angkutan massal efektif di beberapa negara berusaha memanfaatkan secara maksimal sebagai alat transportasi utama angkutan darat baik dalam kota, antarkota, maupun antar negara. Kereta api bisa dijadikan sebagai moda angkutan umum massal yang cepat, aman, nyaman dan terjangkau diseluruh dunia. Negara berkembang telah mengalahkan penggunaan kereta api sebagai moda pilihan masyarakat dalam melakukan perjalanan (Dewa, 2015).

Angkutan kereta api mempunyai karakteristik khusus, dibandingkan dengan angkutan darat lainnya, yaitu bergerak diatas jalan rel dan dalam satu petak jalan bebas hanya diperbolehkan dilewati oleh satu kereta api. Sinyal dalam satu petak jalan bebas hanya satu kereta, maka diperlukan sinyal suatu sistem persinyalan (Arief, 2017).

Kereta api merupakan jenis kendaraan umum yang banyak digunakan masyarakat Indonesia. Rangkaian kereta api umumnya terdiri dari delapan gerbong, dengan perincian satu gerbong penggerak, satu gerbong kelistrikan, dan enam gerbong penumpang. Kereta api memiliki kemampuan untuk menghasilkan energ sebesar 5 kW – 6 kW dalam melaju kecepatan (Rifqi, 2016).



Tabel 1.1 Data korban kecelakaan kereta api 2010-2017

Data Kejadian	Tahun							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Meninggal	79	39	4	0	3	1	1	49
Luka Berat	93	45	8	0	7	3	0	35
Luka Ringan	104	28	37	0	6	39	0	10
Total	279	112	49	0	16	43	1	94

Sumber : Direktorat Jendral Perkeretaapian, 2018

Tabel 1.2 Data korban kecelakaan kereta api 2010-2017

Jenis Kejadian	Tahun							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Tabrakan Kereta Api-Kereta Api	3	1	2	0	1	5	0	1
Tabrakan Kereta Api – Kendaraan umum	26	22	0	0	0	0	0	0
Anjlog	25	23	21	25	33	68	15	17
Terguling	4	2	2	1	0	0	0	0
Banjir/Longsor	6	1	4	7	2	0	0	2
Lain-Lain	4	6	2	6	3	0	0	1
Total	68	55	31	39	39	73	15	21

Sumber : Direktorat Jendral Perkeretaapian, 2018

*Bogie* adalah suatu konstruksi yang terdiri dari dua perangkat roda atau lebih yang digabungkan oleh rangka yang dilengkapi dengan sistem pegas, pengereman, dengan atau tanpa peralatan penggerak dan anti selip, serta keseluruhan berfungsi sebagai pendukung rangka dasar dari badan kereta. *Temporary* adalah suatu alat sarana kereta api yang terdiri dari dua perangkat roda atau lebih yang digabungkan oleh rangka yang bersifat konvensional. *Temporary Bogie* sendiri adalah alat untuk mindahkan sebuah *part, car body*, dll yang berhubungan dengan kereta api dari *base* satu ke *base* selanjutnya. Pada gambar adalah *temporary bogie* yang ada di PT. INKA (Persero). *Bolster* merupakan

bagian dari komponen dari *bogie temporary* yang berfungsi untuk menahan beban dari *underframe* dan *carbody* dari gerbong kereta api (PT. INKA, 2015).

*Bolster* yang akan di analisis merupakan desain dari sendiri yang dapat menompang beban maksimal 10 ton. Kekuatan struktur pada *bolster* yang akan dicari pada penelitian ini. *Bolster* memiliki ukuran dengan panjang  $p = 1812$  mm, tinggi  $t = 80$  mm dan lebar  $l = 180$  mm. *Bolster* yang saya analisis materialnya menggunakan *JIS G 3192* (PT. INKA, 2019).

Analisis struktur merupakan ilmu untuk menentukan efek dari beban pada struktur fisik dan komponennya yang akan dilakukan analisis dan hasil yang di analisis akan diketahui (Wicaksono, Muhammad Riqzi, 2015).

Metode analisis yang digunakan yaitu menggunakan kekuatan struktur karena pada saat *redesign* belum ada yang memakai dan saya ingin mengetahui kekuatan struktur dari *bolster* itu sendiri. Kekuatan struktur yang saya analisis yaitu uji pembebanan terhadap *underframe* dan *carbody* yang bagaimana kuatnya dari *bolster*

## 1.2 Rumusan Masalah

Berikut merupakan perumusan masalah “Bagaimana kekuatan struktur pada pembebanan statis dengan kapasitas 10 ton dengan simulasi *Ansys* pada *bolster lift bogie temporary*”

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari analisis ini adalah :

- a. Untuk mengetahui kekuatan struktur pada *bolster* dengan material *JIS G 3192*.
- b. Untuk membandingkan hasil kekuatan struktur penampang *bolster bogie temporary* dan *lift bogie temporary*.
- c. *Redesign bogie temporary* menjadi *lift bogie temporary*.

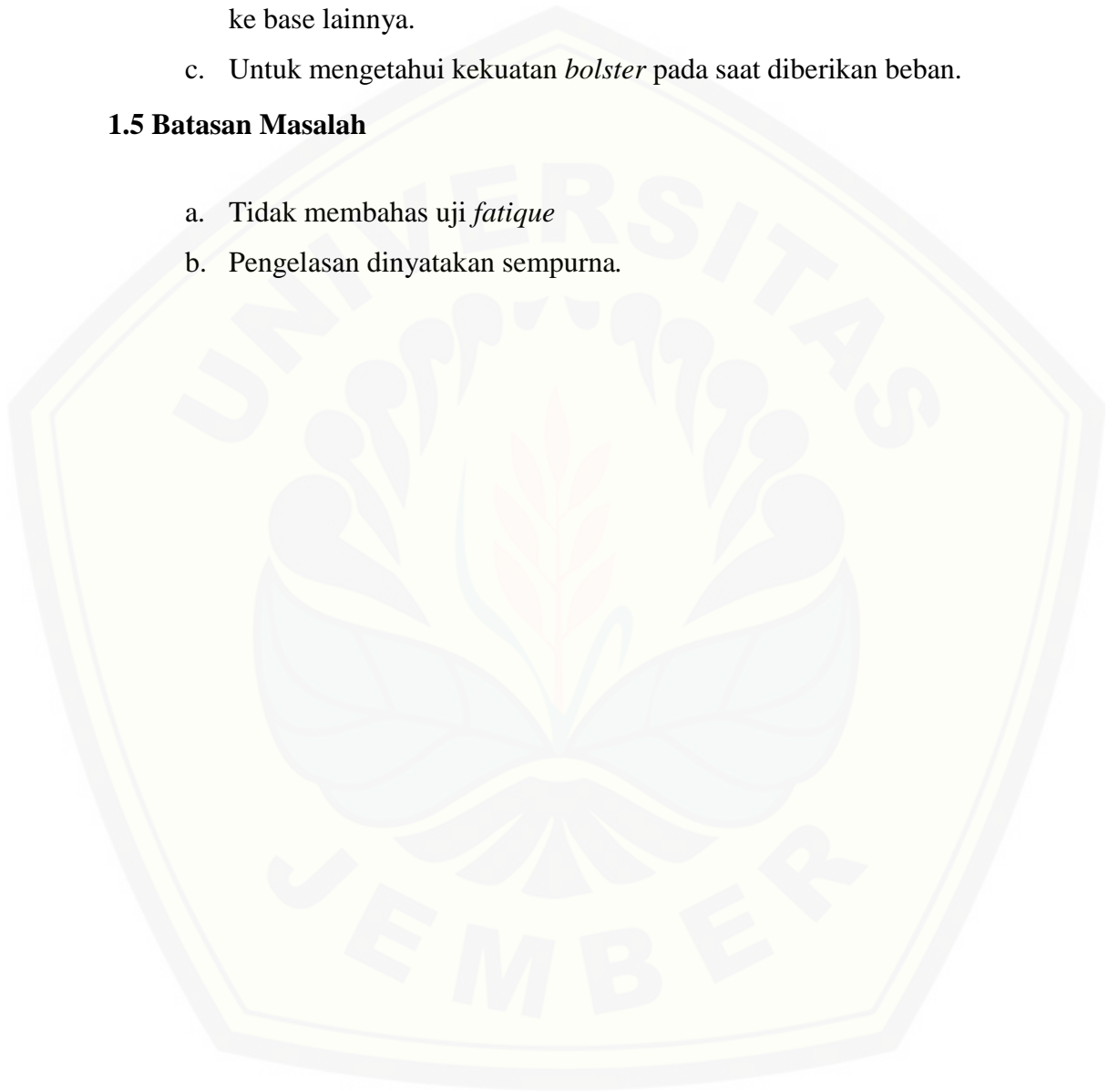
## 1.4 Manfaat

Manfaat dari analisis ini adalah:

- a. Untuk mengetahui proses pengujian analisis dari *bolster* dengan menggunakan metode ANSYS dan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan struktur *bolster*;
- b. Memberikan kemudahan pada saat memindahkan barang dari base satu ke base lainnya.
- c. Untuk mengetahui kekuatan *bolster* pada saat diberikan beban.

### 1.5 Batasan Masalah

- a. Tidak membahas uji *fatigue*
- b. Pengelasan dinyatakan sempurna.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Bogie

*Bogie* secara umum adalah suatu konstruksi yang terdiri dari dua perangkat roda atau lebih yang digabungkan oleh rangka. Rangka pada *bogie* dilengkapi dengan sistem pemegasan, pengereman, dengan atau tanpa peralatan penggerak dan anti selip, serta keseluruhan berfungsi sebagai pendukung rangka dasar dari badan kereta.

*Temporary* adalah suatu alat sarana per-kereta apian yang terdiri dari dua perangkat roda atau lebih yang digabungkan oleh rangka yang bersifat konvensional. *Temporary Bogie* sendiri adalah alat untuk mindahkan sebuah *part*, *car body* ,dll yang berhubungan dengan kereta api dari base satu ke base selanjutnya. *Temporary bogie* gambar yang ada di PT. INKA (Persero) (PT. INKA).

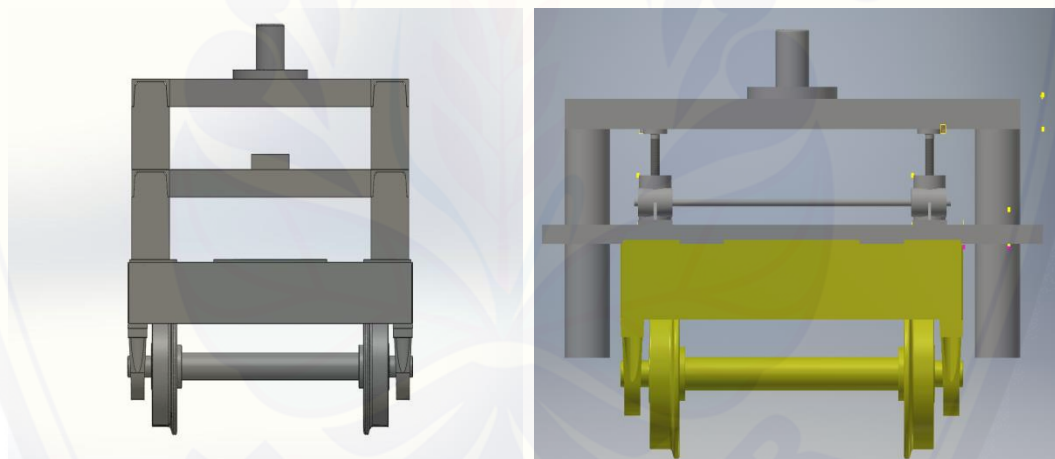
Gambar 2.1 adalah *bogie temporary* kereta api sebagai penompang *underframe*.



Gambar 2.1 *Bogie temporary* kereta api (PT. INKA)

PT. INKA (Persero) memiliki suatu permasalahan yaitu penggunaan *bogie* yang belum efektif untuk alat pemindahan dari base satu ke base selanjutnya, dikarenakan kurangnya keseimbangan alat yang diakibatkan oleh tidak adanya alat yang tepat untuk memaksimalkan alat *bogie temporary* dengan kepresisian antara letak alat atau barang yang berada di atas *bogie temporary* satu ke *bogie temporary* dua (PT. INKA).

PT. INKA (Persero) memiliki permasalahan dari penulis di tugaskan untuk mencari solusi dari permasalahan ini oleh pembimbing industri di PT. INKA (Persero). Pembimbing industri mengarahkan kepenulis agar diberi tugas untuk membuat alat bantu untuk pemakaian *bogie* supaya bisa seimbang. Yaitu dengan membuat desain *lift bogie temporary*. Tinggi *bolster* yang bisa disesuaikan agar *bogie* satu ke *bogie* dua bisa seimbang. Gambar 2.2 adalah desain *Bogie temporary* dari PT. INKA.



(a). *Bogie temporary* (PT. INKA)

(b). *Lift bogie temporary* (Redesign PT. INKA)

Gambar 2.2 *Bogie temporary* (PT. INKA)

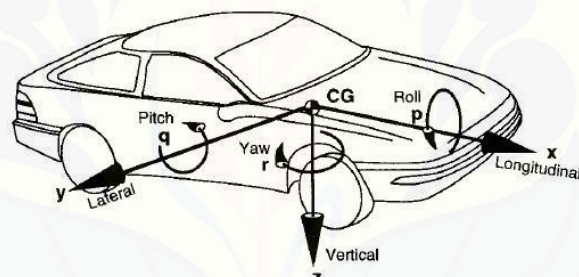
*Lift temporary bogie* ini dibuat dan didesain menurut survey lapangan di PT. INKA (Persero) dan dengan pembimbing dari pembimbing industri di PT. INKA (Persero). Proses pengerjaan desain *lift bogie temporary* ini butuh waktu satu bulan lebih di hari kerja. Pada proses pengerjaan *lift bogie temporary* ini di kerjakan per *part* dan telah mengalami banyak perbaikan desain seiring dengan waktu pengerjaannya dan membutuhkan suatu safety untuk pengangkatan dari caar

body yang memiliki berat max 12 ton per gerbong. Berikut ini adalah percobaan desain *lift temporary bogie* (PT. INKA).

## 2.2 Beban-Beban Pada Kendaraan

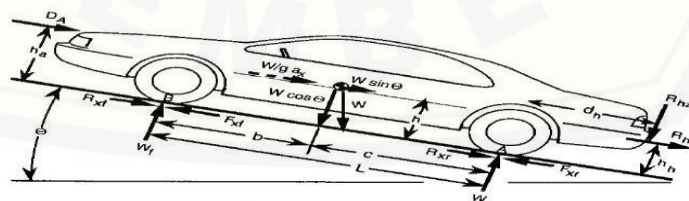
Dinamika kendaraan mempelajari tentang pergerakan kendaraan seperti mobil, truk, bus, maupun kendaraan berkebutuhan khusus (*special purpose vehicle*) pada permukaan jalan. Fenomena ini dipengaruhi oleh gaya-gaya yang bekerja seperti aerodinamika, percepatan atau perlambatan, manuver, maupun muatan kendaraan.

Arah beban yang bekerja pada kendaraan yang terkonsentrasi pada CG sesuai dengan konvensi yang telah ditentukan oleh *Society of Automotive Engineers* (SAE) yaitu arah longitudinal, lateral, dan vertikal. Kendaraan juga mengalami gerakan *roll* (berputar dalam arah longitudinal), *pitch* (berputar dalam arah lateral), dan *yaw* (berputar dalam arah vertikal). Gambar 2.3 menunjukkan arah beban pada saat bekerja.



Gambar 2.3 Koordinat Arah Beban pada Kendaraan

Beban-beban yang terjadi pada kendaraan akhirnya diteruskan ke *axle* pada tiap-tiap roda yang menjadi tumpuan bagi kendaraan. Gambar 2.4 menunjukkan gaya-gaya yang bekerja pada kendaraan.



Gambar 2.4 Gaya-Gaya yang Bekerja Pada Kendaraan

Berikut penjabaran notasi gaya-gaya di bawah ini

1.  $W$  merupakan gaya berat kendaraan yang berpusat di CG.

2.  $\frac{w}{g}a_x$  merupakan gaya inersia yang diakibatkan oleh kendaraan yang sedang mengalami percepatan atau perlambatan. Hal ini sesuai dengan prinsip d'Alembert yang menyatakan bahwa analisis dinamik dapat ditinjau menggunakan analisis statik sehingga percepatan maupun perlambatan dapat digantikan dengan gaya inersia sebesar  $ma$  yang diikutsertakan di dalam tinjauan Diagram Benda Bebas (DBB) sehingga persamaan kesetimbangan gayanya menjadi

$$\sum F - m \cdot a = 0 \quad (2.1)$$

3.  $W_f$  merupakan gaya reaksi vertikal ban depan, dan merupakan gaya reaksi vertikal ban belakang.
4.  $R_{xf}$  &  $R_{xr}$  merupakan gaya hambat gelinding (*rolling resistance force*), dan  $R_{xf}$  &  $R_{xr}$  merupakan gaya traksi. Keduanya bekerja pada kontak antara ban dengan jalan. Untuk gaya hambat gelinding, persamaannya berupa.

$$F_r = \mu_r R \quad (2.2)$$

dengan :

$F_r$  = gaya hambat gelinding (N)

$\mu_r$  = koefisien hambat gelinding. Nilainya antara 0,01 sampai 0,025 untuk mobil, dan 0,005 sampai 0,012 untuk truk (Cd)

$R$  = reaksi ban arah vertikal (m)

Gaya traksi didapat dengan mempertimbangkan persamaan kesetimbangan gaya dan tambahan dari gaya hambat gelinding pada ban tersebut.

5.  $D_A$  merupakan gaya hambat angin (*drag*). Gaya ini bekerja berlawanan dengan arah gerak kendaraan. Besarnya gaya hambat angin dinyatakan dengan persamaan

$$D_A = \frac{1}{2} C_d \rho U^2 A \quad (2.3)$$

dengan :

$D_A$  = koefisien gaya hambat angin (Cd)

$\rho$  = massa jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )

$U$  = kecepatan relatif kendaraan terhadap udara (m/s)

$A$  = luas daerah terjadinya hambatan angin ( $m^2$ )

6.  $R_{hx}$  &  $R_{hz}$  merupakan gaya vertikal dan longitudinal yang terjadi ketika kendaraan sedang membawa muatan (*trailer*). (Muhammad Rizki Wicaksono, 2015)

## 2.3 Teori Tegangan dan Regangan

### 2.3.1 Tegangan

Tegangan atau *stress* ( $\sigma$ ) adalah besarnya gaya yang bekerja per satuan luas penampang. Tegangan material diperoleh melalui pengujian tarik. Kekuatan material dipengaruhi oleh jenis material dan beban. Rumus tegangan dinyatakan dengan Persamaan 2.4 (Zainuri, 2008:71):

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.4)$$

dengan :

$\sigma$  = Tegangan ( $N/m^2$ )

$F$  = Gaya yang diberikan (N)

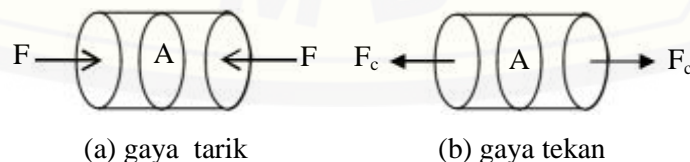
$A$  = Luas penampang ( $m^2$ )

Tegangan yang terjadi pada suatu spesimen dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu (Popov, 1984):

1. Tegangan tarik atau tekan

Tegangan tarik atau tekan merupakan tegangan yang terjadi akibat dari beban

tarik atau beban tekan dengan arah yang sejajar terhadap sumbu. Gambar 2.5 menunjukkan arah tegangan tarik dan tekan

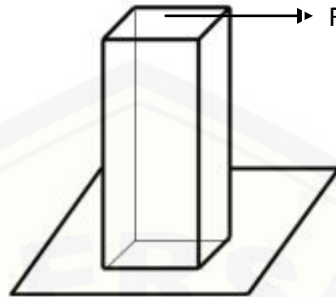


Gambar 2.5 Gaya tarik atau tekan (Sumber: Jatisukamto, 2007)

2. Tegangan axial



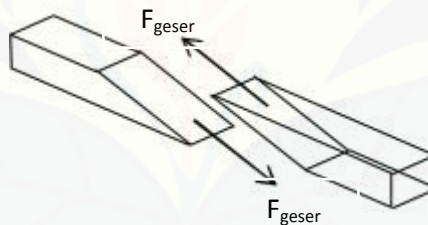
Tegangan axial merupakan tegangan yang terjadi akibat dari adanya momen gaya dengan arah yang sejajar terhadap sumbu. Gambar 2.6 menunjukkan titik tegangan axial



Gambar 2.6 Tegangan axial (Sumber: Popov, 1984)

### 3. Tegangan geser

Tegangan geser merupakan tegangan yang terjadi akibat adanya gaya geser atau torsi (puntiran) dengan arah yang tegak lurus terhadap sumbu. Gambar 2.7 menunjukkan arah tegangan geser.



Gambar 2.7 Tegangan geser (Sumber: Jatisukamto, 2007)

#### 2.3.2 Regangan

Regangan atau *strain* ( $\epsilon$ ) adalah perubahan panjang per satuan panjang awal karena gaya eksternal. Rumus regangan dinyatakan dengan Persamaan 2.5.

(Martini dan Oktova, 2009):

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.5)$$

$$\Delta L = \epsilon \cdot L \quad (2.6)$$

dengan :

$\epsilon$  = Regangan (m)

$\Delta L$  = Perubahan panjang (m)

$$= L_1 - L$$

$L$  = Panjang awal batang (m)

$L_1$  = Panjang akhir batang (m)

### 2.3.3. Korelasi Tegangan dan Regangan

Tegangan dan regangan berbanding lurus hingga batas proporsional seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.8. Korelasi tegangan regangan menjadi tidak berbanding lurus setelah mencapai nilai batas. Korelasi yang proporsional atau sebanding antara tegangan dan regangan dinyatakan pada hukum *Hooke* (Zainuri, 2008:85). Korelasi antara tegangan dan regangan dinyatakan berdasarkan Hukum *Hooke*. Modulus Elastisitas menyatakan kemampuan material menahan beban dengan rumus matematis yang dinyatakan oleh Robert Hooke (Yunus, 2010:9).

$$E = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}} = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \text{konstan} \quad (2.7)$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (2.8)$$

dengan :

$\sigma$  = Tegangan ( $\text{N/m}^2$ )

$\varepsilon$  = Regangan (m)

$E$  = Modulus Elastisitas atau Modulus Young ( $\text{N/m}^2$ )

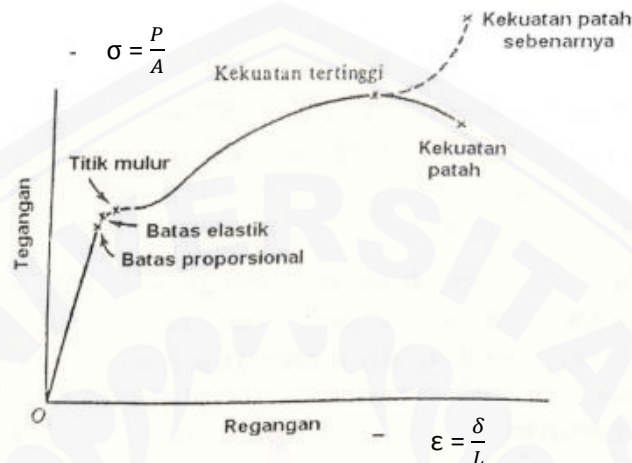
Modulus elastisitas ( $E$ ) untuk berbagai jenis material dicantumkan pada Tabel 2.1 (Arif, 2014:5):

Tabel 2.1 Harga modulus elastisitas ( $E$ ) berbagai material (Sumber: Arif, 2014)

No.	Material	Modulus Elastisitas, $E$ (GPa)
1.	Baja	200 – 220
2.	Besi tempa	190 – 200
3.	Besi cor	100 – 160
4.	Tembaga	90 – 110
5.	Perunggu	80 – 90
6.	Aluminium	60 – 80
7.	Timbal	10

Sebuah benda jika ditarik akan mengalami deformasi, sehingga terdapat hubungan antara regangan dengan gaya yang diberikan (Gere, 2014:15). Korelasi antara tegangan dan regangan ditampilkan dalam Gambar 2.8 (Zainuri, 2008:102).

Gambar 2.8 menunjukkan grafik dari tegangan dan regangan.



Gambar 2.8 Diagram tegangan regangan (Sumber: Zainuri, 2008)

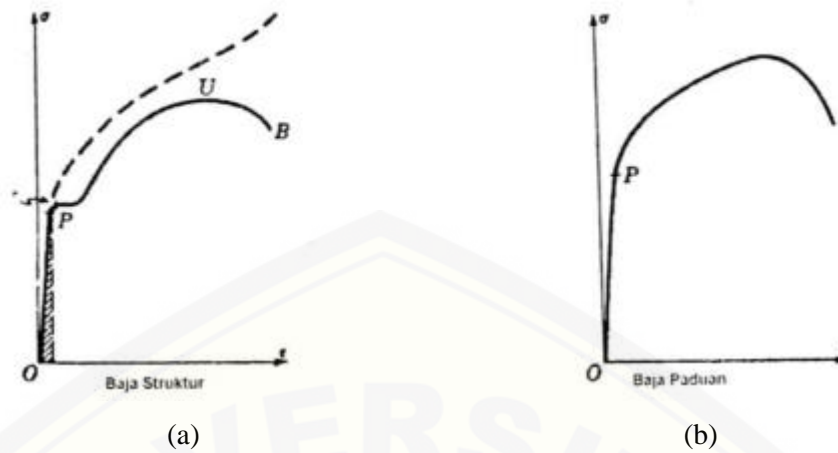
### 1. Batas Proporsional (*Proportional Limit*)

Batas proporsional merupakan garis lurus dari titik O ke titik A, yaitu daerah dimana berlaku hukum *Hooke*. Tegangan berbanding lurus dengan regangan, dimana baja karbon rendah, berkisar antara 210 - 350 MPa (Gere, 2014).

### 2. Tegangan Luluh (*Yield Stress*)

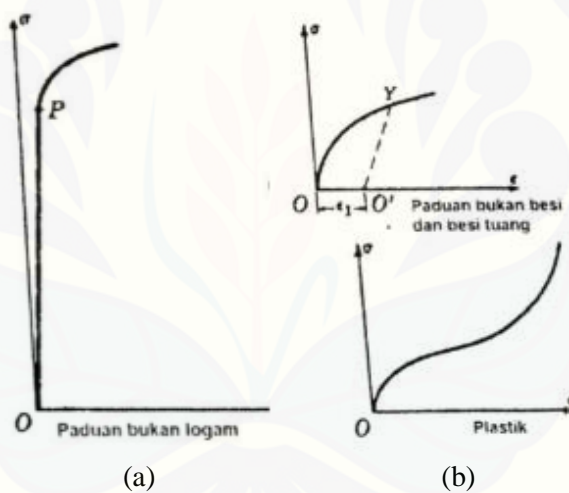
Tegangan luluh adalah tegangan dimana material mulai mengalami deformasi plastis yang ditunjukkan Gambar 2.9. Tegangan luluh biasanya akan menghasilkan pertambahan panjang sebesar 0,2% dari panjang awal (Hastomo, 2009). Material non logam dan plastik tidak mengalami gejala mulur (luluh).

Gambar 2.9 berikut menunjukkan grafik baja struktur dan baja paduan yang mengalami gejala mulur seperti pada gambar 2.10.



(a) Baja struktur; (b) Baja paduan

Gambar 2.9 Material yang mengalami gejala mulur (Sumber: Zainuri, 2008)



(a) Paduan bukan logam; (b) Plastik

Gambar 2.10 Material yang tidak mengalami gejala mulur (Sumber: Zainuri, 2008)

### 1. Kekuatan Maksimum (*Ultimate Strength*)

Titik ini merupakan titik yang menunjukkan besarnya tegangan maksimum yang mampu ditahan oleh suatu material sebelum kegagalan (*failure*) terjadi (Erinofiardi dkk, 2014).

### 2. *Fracture Point*

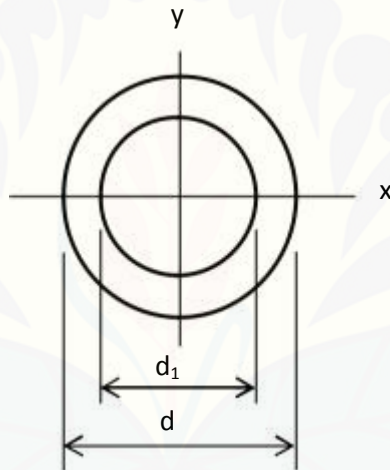
*Fracture point* merupakan titik dimana material mengalami kegagalan berupa patah atau *fracture* menjadi dua atau lebih bagian sebagai bentuk respon tegangan yang terjadi (Callister, 2007:231).

## 2.4 Momen Inersia Luasan

Momen inersia total adalah jumlah semua luasan-luasan kecil. Momen inersia selalu berharga positif. Momen inersia menunjukkan kemampuan suatu penampang luasan terhadap tahanan tekuk (*buckling*) atau lentur (*bending*). Penampang melintang *boom arm provision crane* yang akan dianalisis terdiri dari pipa berongga dan *H-beam* seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.11 dan 2.12.

1. Momen inersia penampang terhadap *centroid* ditunjukkan oleh Persamaan 2.9 (Zainuri, 2008:48).

Gambar berikut menunjukkan momen inersia pada penampang *boom arm* pipa



Gambar 2.11 Penampang melintang *boom arm* pipa (Sumber: Zainuri, 2008)

$$I_{xO} = \frac{\pi (d^2 - d_1^2)}{64} \quad (2.9)$$

Dengan :

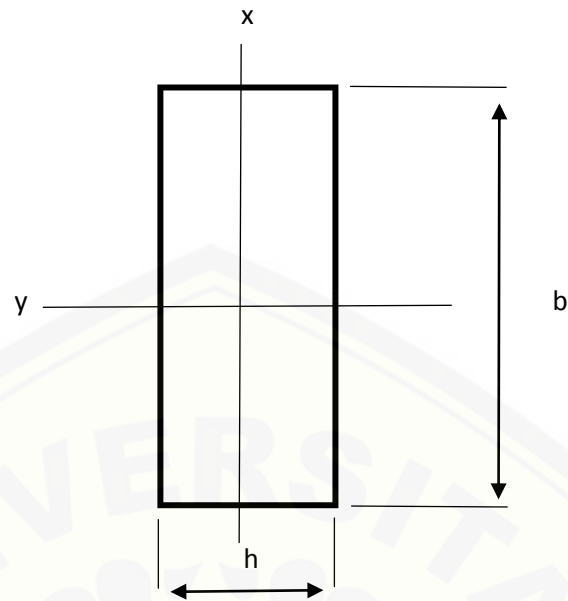
$I_{xO}$  = Momen inersia luas ( $m^4$ )

$d$  = Diameter luar pipa (m)

$d_1$  = Diameter dalam pipa (m)

2. Momen inersia penampang *balok* terhadap beban ditunjukkan oleh persamaan 2.10 (J.M. Gere & S.P. Timoshenko, 2000)

Gambar berikut menunjukkan momen inersia pada penampang persegi.



Gambar 2.12 Penampang melintang balok terhadap beban (J.M. Gere & S.P. Timoshenko, 2000)

$$I_1 = \frac{1}{12} b_1 h_1^3 + A_1 y_1^2 \quad (2.10)$$

$$I_2 = \frac{1}{12} b_2 h_2^3 \quad (2.11)$$

$$I_3 = I_1 = b_1 h_1^3 + A_1 y_1^2 \quad (2.12)$$

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3 \quad (2.13)$$

dengan :

$I_{1,2}$  = momen inersia ( $m^4$ )

$b_{1,2}$  = Panjang (m)

$h_{1,2}$  = Lebar (m)

$A_1$  = Luas penampang ( $m^2$ )

$y_1$  = Jarak bagian terluar dengan beban (m)

## 2.5 Tegangan Lentur ( $\sigma_b$ )

Tegangan lentur dipengaruhi oleh momen lentur ( $M_{maks}$ ), momen inersia ( $I$ ), dan jarak dari sumbu netral sampai titik terluar ( $y$ ) ditunjukkan oleh persamaan 2.14 (Gere dan Timoshenko, 2000:349):

$$\sigma_b = - \frac{My}{I} \quad (2.14)$$

dengan:

$\sigma_b$  = Tegangan lentur ( $\text{N/m}^2$ )

$M$  = Momen penampang ( $\text{N.m}$ )

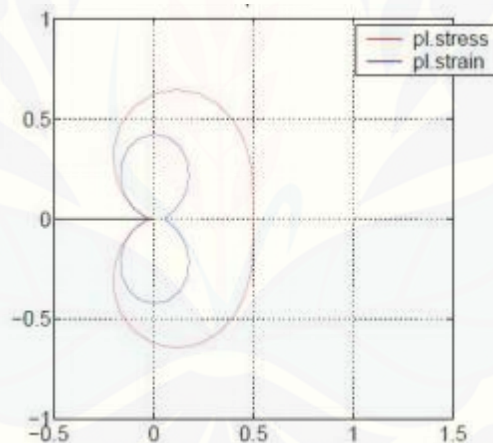
$y$  = Jarak ke titik netral ( $\text{m}$ )

$I$  = Momen inersia ( $\text{m}^4$ )

## 2.6 Zona Plastik *Von Mises*

Kriteria *Von Mises* berdasarkan selisih antara seluruh tegangan utama sesuai dengan dua kali nilai tegangan luluh kuadratis. Zona plastik terjadi pada dua jenis penampang, yaitu penampang tipis (*plane stress*) dan penampang tebal (*plane strain*) seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.13. Kriteria material tipis yaitu apabila daerah *plane stress* lebih besar dari tebal plat (Schreurs, 2012: 85).

Gambar 2.13 berikut menunjukkan zona plastik pada penampang.



Gambar 2.13 Zona plastik *Von Mises* (Sumber: Schreurs, 2012)

## 2.7 Perhitungan Kestimbangan Struktur

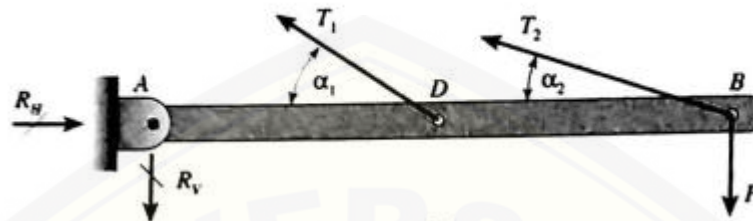
Perhitungan kestimbangan dengan gaya batang penyangga dihitung menggunakan perhitungan statis tak tentu dengan langkah sebagai berikut (Gere dan Timoshenko, 2000:74):

### 1. Persamaan keseimbangan

Persamaan keseimbangan merupakan persamaan yang diperoleh dari perhitungan tiap tumpuan struktur seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.14.

Rumus persamaan keseimbangan ditunjukkan dengan Persamaan 2.15 (Gere dan Timoshenko, 2000: 81).

Gambar 2.14 menunjukkan arah tumpuan dari benda bebas.



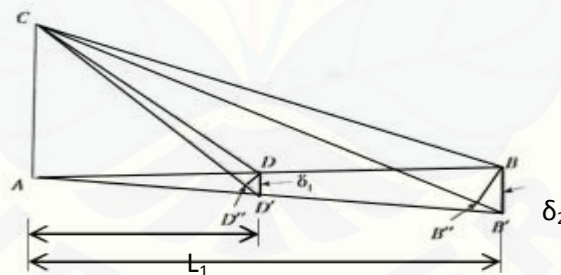
Gambar 2.14 Diagram Benda Bebas (Sumber: Gere dan Timoshenko, 2000)

$$\sum M_A = 0 \tag{2.15}$$

2. Persamaan keserasian (kompatibilitas)

Persamaan keserasian menunjukkan bahwa perubahan panjang batang harus serasi dengan kondisi tumpuan. Gambar 2.15 menunjukkan diagram peralihan untuk batang dengan rumus persamaan ditunjukkan oleh rumus 2.16 (Gere dan Timoshenko, 2000: 82).

Gambar 2.15 berikut menunjukkan arah peralihan.



Gambar 2.15 Diagram Peralihan (Sumber: Gere dan Timoshenko, 2000)

$$\delta_1 = \frac{L_1}{L_2} \delta_2 \tag{2.16}$$

dengan:

$\delta_{1,2}$  = Perubahan panjang (mm)

$L_{1,2}$  = Jarak node ke tumpuan (mm)

1. Hubungan gaya dengan peralihan batang (batang ADB  $\rightarrow$  AD'B')



Hubungan gaya-peralihan merupakan hubungan antara gaya-gaya yang bekerja pada batang dan perubahan panjang. Rumus hubungan gaya-peralihan ditunjukkan oleh Persamaan 2.17 (Gere dan Timoshenko, 2000: 82).

$$\delta_1 = \frac{PL_{1,2}}{LEA} \quad (2.17)$$

dengan:

P= Nilai reaksi gaya (N)

E= Modulus elastisitas (N/m<sup>2</sup>)

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

## 2. Solusi Persamaan

Solusi persamaan merupakan langkah terakhir untuk menganalisis batang statis tak tentu berdasarkan Persamaan 2.15 dan Persamaan 2.17.

### 2.7 Metode Elemen Hingga

Klaus (1996) FEM adalah singkatan dari *Finite Element Method*, dalam Bahasa Indonesia disebut Metode Elemen Hingga. Konsep paling dasar metode elemen hingga adalah menyelesaikan suatu problem dengan cara membagi objek analisa menjadi bagian-bagian kecil yang terhingga. Bagian-bagian kecil ini kemudian dianalisa dan hasilnya digabungkan kembali untuk mendapatkan penyelesaian untuk keseluruhan daerah.

Metode elemen hingga digunakan untuk memecahkan masalah fisik dalam analisis rekayasa dan desain. Fisik biasanya melibatkan struktur aktual atau komponen struktural yang dikenakan beban tertentu. Idealisasi masalah fisik untuk Model matematis memerlukan asumsi tertentu yang bersama-sama mengarah pada persamaan diferensial yang mengatur model matematis. Metode elemen hingga adalah prosedur numerik, perlu untuk menilai akurasi hasil. Jika kriteria akurasi tidak terpenuhi, solusi numerik (yaitu, elemen hingga) harus diulang dengan parameter solusi yang disempurnakan (seperti *meshing* yang lebih halus) hingga akurasi yang memadai tercapai.

## 2.8 Simulasi Ansys

Ansys merupakan program numerik berdasarkan metode elemen hingga (*finite element method*) beserta simulasi visualnya (Ramadhany, 2017). *Toolbox analysis systems* memiliki menu pilihan simulasi dengan cara menyeret *template* yang diinginkan pada *project schematic*. Tipe *template* terdiri dari *Engineering Data*, *Geometry*, *Model* atau *Mesh*, *Setup*, *Solution*, dan *Results* (Ansys, 2009).

Mode “*Engineering Data*” digunakan untuk mengakses jenis material yang akan digunakan dalam analisis. Mode “*Geometry*” digunakan untuk mengimport, membuat, mengedit ataupun memperbaharui model geometri untuk analisis. Mode “*Model* atau *Mesh*” digunakan untuk membuat *mesh* dengan berbagai tipe maupun ukuran yang diinginkan dalam analisis. Mode “*Setup*” digunakan untuk meluncurkan aplikasi yang sesuai dengan sistem. Mode “*Solution*” digunakan untuk mengakses jenis solusi yang diinginkan sebagai *output* dari analisis yang dilakukan. Mode “*Results*” digunakan untuk melihat hasil yang dicapai dari jenis *solution* yang dipilih (Ansys, 2009).

## 2.9 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini yaitu kekuatan struktur dipengaruhi oleh perubahan bentuk *bolster lift bogie temporary* geometri persegi panjang yang memiliki nilai kekuatan lebih baik dibandingkan dengan *bolster bogie temporary* geometri berbentuk canal U.

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat Penelitian

Penelitian tentang Diagram Alir Analisis Pembebanan Statis *Bolster* Pada *Lift Bogie Temporary* dilaksanakan di LAB Fakultas Teknik Universitas Jember.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan alat pendukung dengan sebagai berikut:

Laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Prosesor : Intel Core i5-2410.up to 2,3 GHz
- RAM : 4 GB
- OS : Windows 8.1
- Tipe sistem : 64-bit operating system
- HDD : 500 GB

### 3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian untuk analisis struktur *lift bogie temporary* kereta api menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Analysis*). Tahapan analisis struktur meliputi:

1. Pemodelan dengan *software Inventor 2019*.
2. Membuat meshing.
3. Analisis struktur dengan simulasi *ansys 19.1* untuk mode static struktural.



### 3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yang dapat diuraikan sebagai berikut

1. Studi Literatur

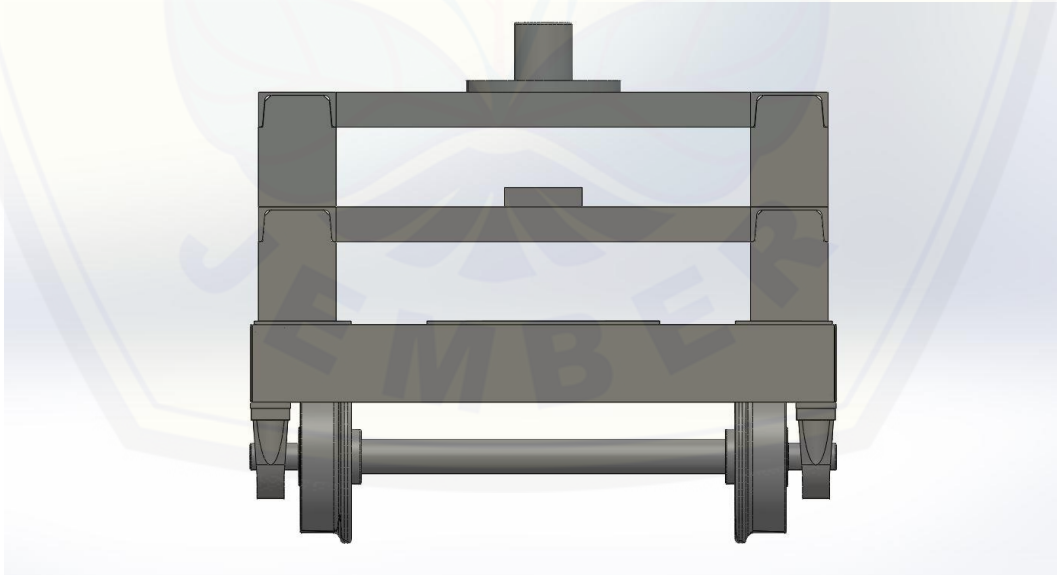
Studi literatur dilakukan dari berbagai buku, jurnal ilmiah dan hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan analisis, skripsi yang berkaitan tentang kekuatan struktur, mekanika kekuatan material, penggunaan *Software Inventor* dan *Ansys*, serta metode simulasi yang digunakan.

2. Pemodelan *Inventor* 2019

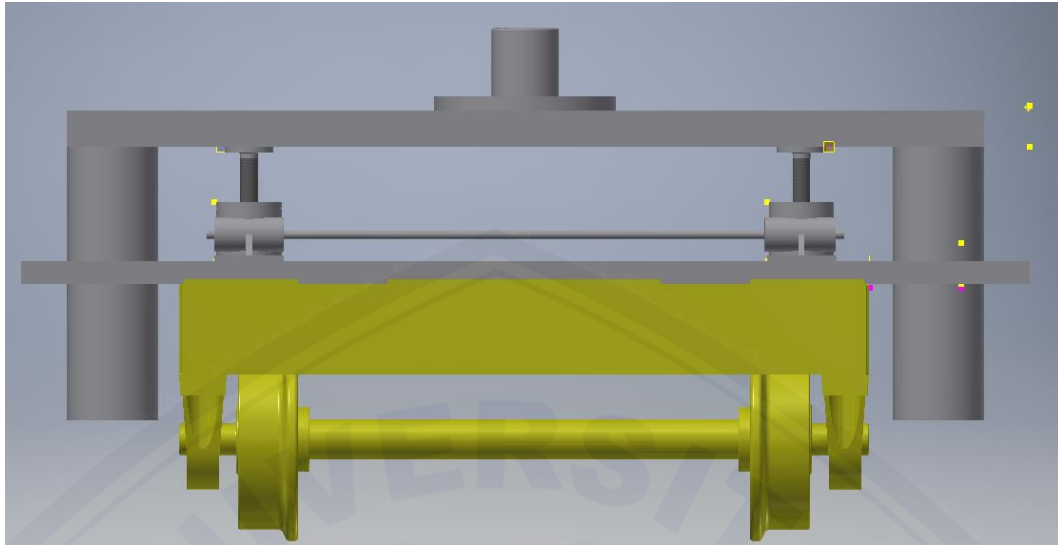
Pemodelan *Inventor* 2019 dengan tahapan:

- a. Menentukan dimensi *Bolster*.
  - b. Pemilihan *plane*.
  - c. Menggambar masing-masing *part*.
  - d. *Assembly part* menjadi satu bagian yaitu membentuk *Lift Bogie Temporary*
- Melakukan simulasi di Fakultas Teknik

Gambar 3.1 menunjukkan bentuk 3D *bogie temporary*



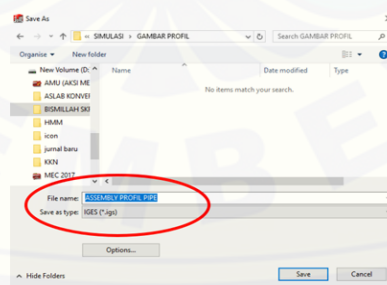
Gambar 3.1 *Bogie temporary*



Gambar 3.2 *Lift bogie temporary*

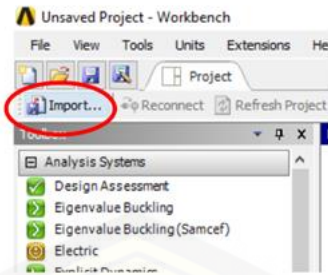
3. Simulasi dengan *software Ansys*
  - a. Simulasi dengan *software Ansys* dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:
  - b. Membuat desain 2D *Lift Bogie temporary (Bolster)*
  - c. Membuat model 3D *Lift Bogie temporary (Bolster)*
  - d. Memasukkan hasil desain dari *Inventor 2019* ke *Ansys* dengan format “igs”

Gambar 3.3 menunjukkan format *IGES* “igs”



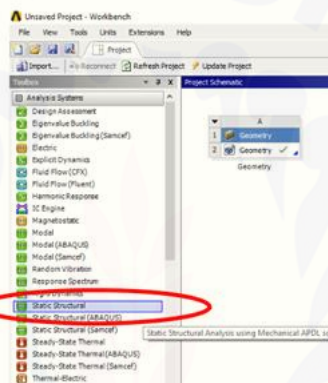
Gambar 3.3 Format “igs”

- e. *Import* gambar model tersebut pada *software Ansys*  
Gambar 3.4 menunjukkan pilih *tool import* pada halaman awal *Ansys 19.1*



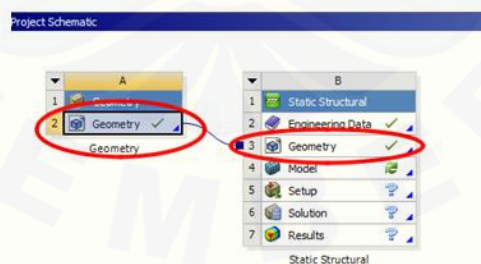
Gambar 3.4 Masukkan format IGES ke software ansys

- f. Gambar 3.5 menunjukkan memilih menu “static structural” pada toolbox “analysis system” pilih static structural pada jendela toolbox analysis system



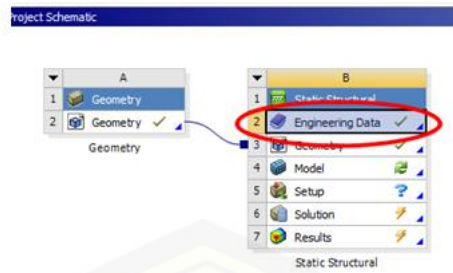
Gambar 3.5 memilih static structural

- g. Gambar 3.6 Menyeret mode “Geometry” model pada ruang “Project Schematic” pilih geometry model lalu seret menuju geometry menu “static structural”.

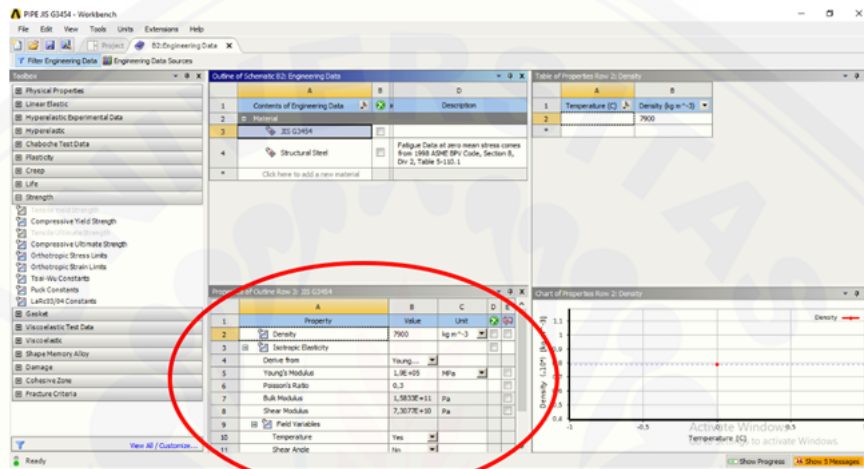


Gambar 3.6 Menyeret static structural

- h. Gambar 3.7 menunjukkan Input mode “engineering data” pada menu “static structural analysis” Pilih engineering data pada menu static structural yang ditunjukkan oleh (a), dilanjutkan gambar dengan input spesifikasi material yang ditunjukkan oleh (b).



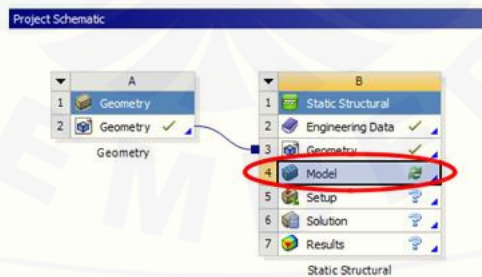
(a)



(b)

(a)Pemilihan *engineering data*; (b) Pengisian parameter material baru  
 Gambar 3.7 Penginputan pada *engineering data*

i. Gambar 3.8 menunjukkan memilih mode “*Model*” pada menu “*static structural analysis*” pilih mode “*model*” pada menu “*static structural*”

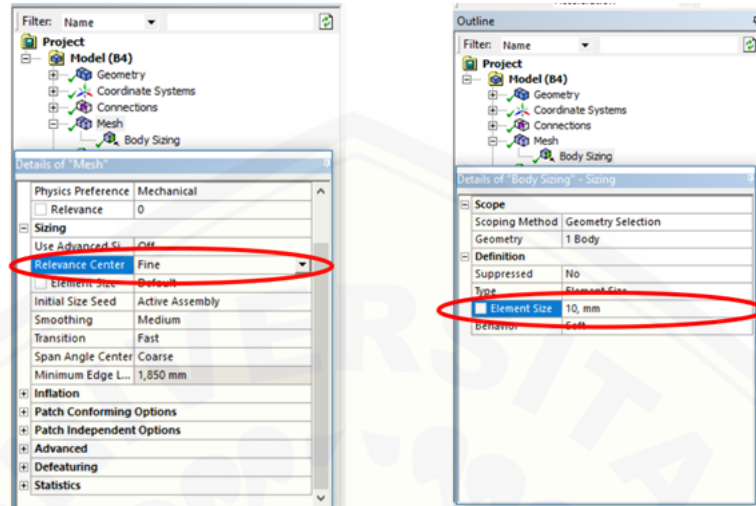


Gambar 3.8 Memilih model

j. Melakukan *mesh* pada model struktur

Gambar 3.9 menunjukkan pilih *mesh* pada menu model, dilanjutkan dengan pemilihan *sizing mesh fine* untuk seluruh struktur yang

ditunjukkan oleh (a), serta *sizing* 10 mm untuk *boom arm* yang ditunjukkan oleh (b).



(a)

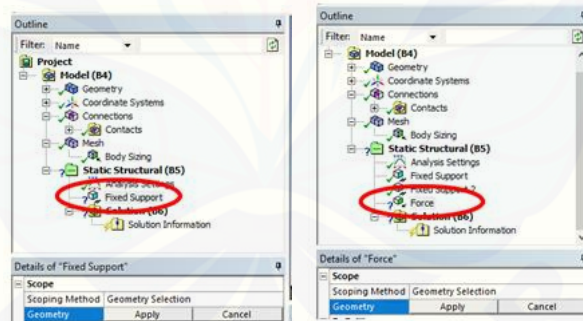
(b)

(a) *Mesh fine* pada *all body*; (b) *Mesh 10mm* pada *boom arm*

Gambar 3.9 *Mesh* pada model struktur

k. Mengisi parameter pada *analysis settings*

Gambar 3.10 Pilih *fixed support* serta *force* pada *analysis settings*.



(a)

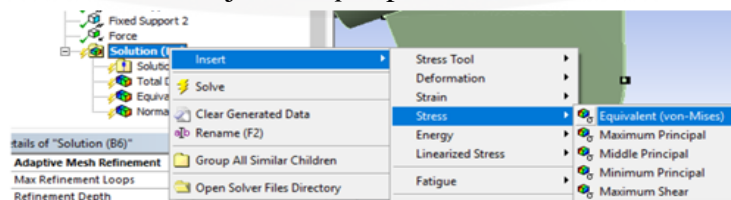
(b)

(a) Pemilihan *fixed support* 1; (b) Pemilihan *force*

Gambar 3.10 Pengisian parameter

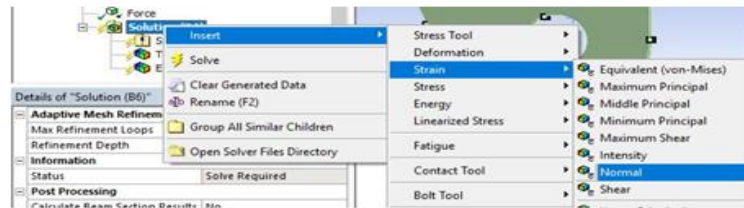
l. Memilih jenis *solution*

Gambar 3.11 Pilih jenis *output* pada menu *solution*.

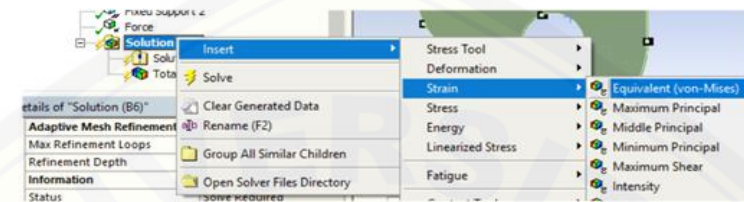


(a)

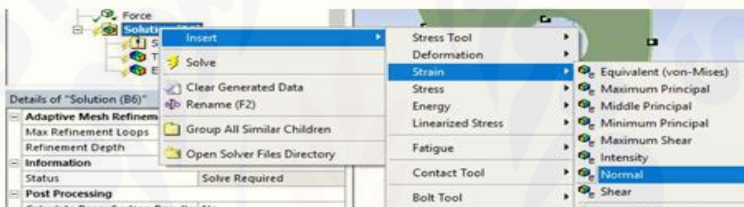




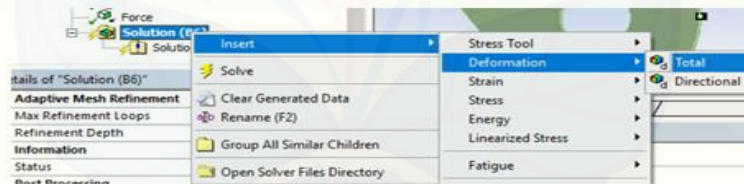
(b)



(c)



(d)



(e)

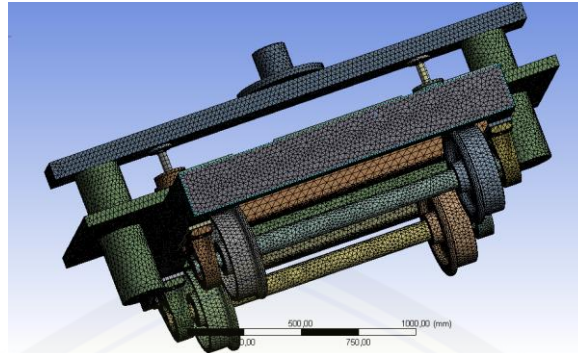
(a) equivalent stress (b) normal strain (c) equivalent strain

(d) normal strain (e) total deformation

Gambar 3.11 Pemilihan jenis *solution*

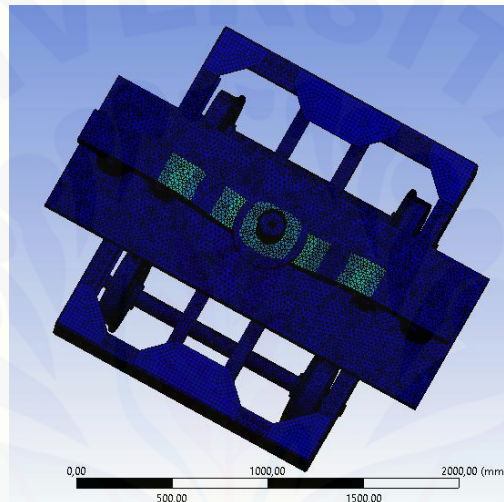
Data yang dihasilkan dari simulasi adalah.

a. Gambar 3.12 menunjukkan bentuk *mezzing pada lift bogie temporary*.



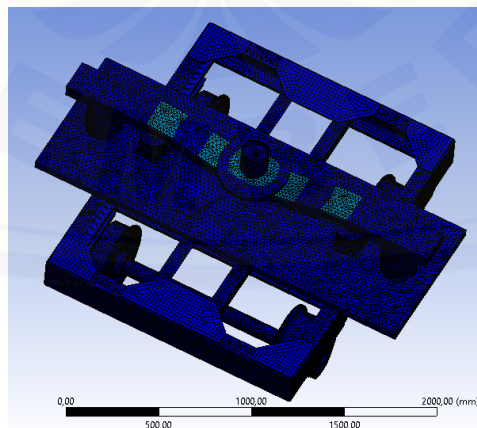
Gambar 3.12 *Mezzing bogie temporary*

b. Gambar 3.13 menunjukkan hasil dari simulasi *strain*.



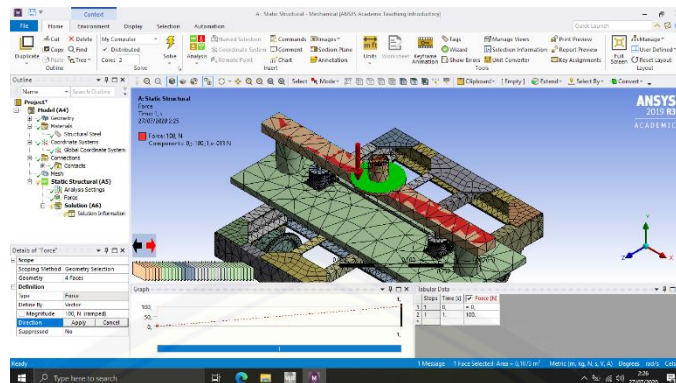
Gambar 3.13 Hasil *Ansys strain*

c. Gambar 3.14 menunjukkan hasil dari simulasi *stress*.



Gambar 3.14 Hasil *Ansys stress*

d. Gambar 3.15 menunjukkan bahwa melakukan pengujian pada satu titik. Karena pengujian dilakukan hanya dipenampang *bolster*.



Gambar 3.15 Ansys penampang *bolster* pada satu titik

#### 4. Analisis Hasil Penelitian

Hasil data berupa matrik koordinat kemudian dibandingkan dengan menggunakan Metode Elemen Hingga.

#### 5. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat berdasarkan kajian pustaka, kajian teori, hasil simulasi.

### 3.5 Variabel Pengujian

#### 3.5.1 Variabel Penelitian

##### a) Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau menjadi penyebab terjadinya variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perbandingan penampang *Bolster Bogie Temporary* dengan *bolster Lift Bogie Temporary* antara yang asli sama yang *redesign* dengan bentuk penampang kanal U dan berbentuk penampang persegi.

##### b) Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat yang berhubungan dengan penelitian ini adalah nilai kekuatan dari penampang *bolster*

##### c) Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang dibuat konstan, sehingga hubungan variabel terikat dan variabel bebas tidak terpengaruh. Variabel

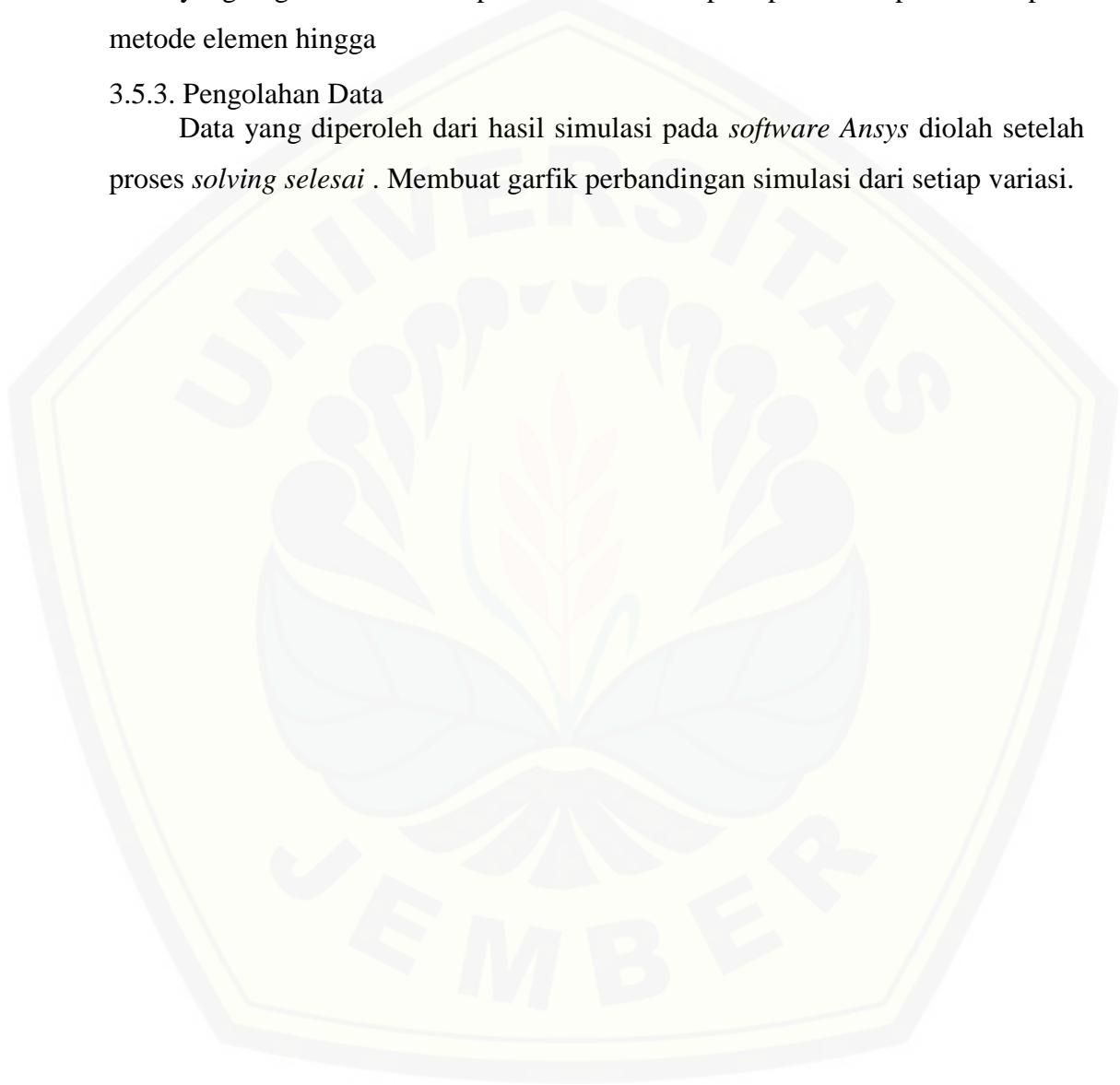
kontrol pada penelitian ini adalah beban yang telah di tentukan sebesar 10 ton.

#### 3.5.2. Pengambilan Data

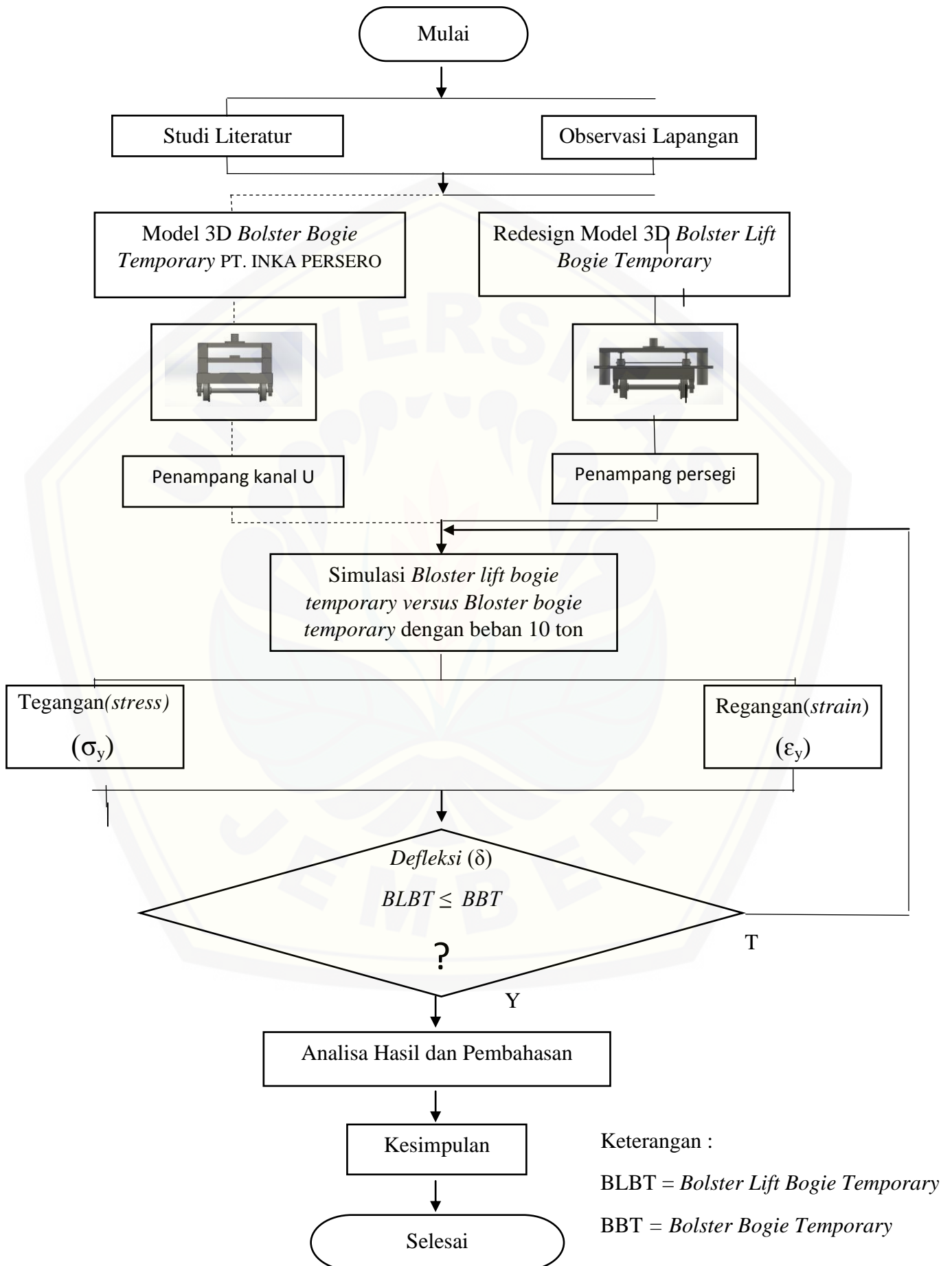
Pengambilan data dilaksanakan di Lab Fakultas Teknik Universitas Jember. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi parameter-parameter pada metode elemen hingga

#### 3.5.3. Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari hasil simulasi pada *software Ansys* diolah setelah proses *solving selesai* . Membuat garfik perbandingan simulasi dari setiap variasi.



Gambar 3.18 menunjukkan Diagram Alir Analisis Pembebanan Statis Pada *Bolster* Untuk *Lift Bogie Temporary*



Gambar 3.18 Diagram alir

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari analisis kekuatan penampang pada *bolster* untuk *bogie temporary* dengan material *JIS G 3192* yang menggunakan simulasi *static structural* metode FEA dan perhitungan analitis adalah sebagai berikut:

- a. Penampang *bolster lift bogie temporary* berbentuk persegi dan penampang *bolster bogie temporary* berbentuk *canal U*. Penampang *bolster* berbentuk persegi mengalami total deformasi  $\square_{\text{maks}} = 0,0001407$  mm. Penampang *bolster* berbentuk *canal U* mengalami total deformasi  $\square_{\text{maks}} = 0,0008038$  mm.
- b. Penampang *bolster lift bogie temporary* berbentuk persegi nilai perbandingan sebesar  $0,019 = 1,9$  %, dan penampang *bolster bogie temporary* berbentuk *canal U* memiliki nilai perbandingan sebesar  $0,04 = 4$  %.
- c. *Bolster bogie temporary* dengan material *JIS G 3192* penampang *bolster* berbentuk persegi lebih baik jika dibandingkan *bolster* penampang berbentuk *canal U*.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan pada penelitian berikutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu diteliti lebih lanjut kekuatan semua sambungan pada struktur.
2. Perlu diteliti lebih lanjut tentang analisis kegagalan material serta umur *fatigue*.
3. Perlu analisis struktur berdasarkan perhitungan metode elemen hingga (*finite element method*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Rasyid, H, dan Karmani, T. 2012. Analisis defleksi dan frekuensi natural maksimum pada lengan (*boom*) *reachstacker* dengan variabel sudut lengan berubah, panjang lengan dan beban maksimum. *Jurnal e-Dinamis*. 3(3): 157-163.
- Ansys. 2009. *Ansys Workbench User's Guide*. America: Ansys, Inc.
- Arif, Z. 2014. *Mekanika Kekuatan Material*. Jilid Pertama. Langsa: Universitas Samudra.
- Harsokoesoemo, H. Darmawan. *Pengantar Perancangan Teknik*. Bandung :ITB. 2004. *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.2, No. 1 Tahun 2011 : 65-81
- PT. INKA. 2015. Kereta Api  
<https://www.inka.co.id/berita/58>. [Diakses pada 5 Sempember 2019]
- PT. INKA. 2015. Tentang perusahaan  
<http://bumn.go.id/inka/halaman/41/tentang-perusahaan.html>. [diakses pada september 2019]
- Kementerian Perhubungan Direktorat Jendral Perkeretaapian. [diakses pada 8 Oktober 2019]
- Martini, D, dan Oktova, R. 2009. Penentuan modulus young kawat besi dengan percobaan regangan. *Berkala Fisika Indonesia*. 2(1).
- Marquez, A.A., Venturino, P, dan Otegui, J.L. 2014. *Common root causes inrecent failures of cranes*. *Engineering Failure Analysis*. 55-64.
- Setyo Margo Utomo, Jean Mario Valentin, Beny Halfina, Hendrato. 2017. Analisis Pembebanan Statik pada Rangka *Bogie* Automatic People MoveSystem (APMS) Menggunakan Standar UIC-615 dengan *Finite Element*. *Indonesian journal of strenght structure*. Vl. 11. No. 2 (131-138)

- Purwantara Bambang. 2015. Kekutan Bahan. (<http://bambangpurwantana.staff.ugm.ac.id/KekuatanBahan>). [diakses pada 1 Desember 2019]
- Ismawanto, A., Syarief, A, dan Isworo, H. 2014. Simulasi kekuatan material pada carabiner dengan variasi geometri. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam*. 03(1): 52-57.
- Wicaksono, Muhammad Riski. 2015. Analisis Kekuatan Struktur *Bogie* pada Kereta Ringan Menggunakan Metode Elemen Hingga. Teknik Mesin Institut Teknologi Bandung
- Widyaningrum, Febriolita. 2019. Analisis Kekuatan Stuktur *Boom Arm Provision Crane Pada Kapal Hector k. 17091 Di PT. DOK Dan Perkapalan Surabaya (persero)*. Teknik Mesin Universitas Jember
- Zainuri, A.M. 2008. *Kekuatan Bahan*. Edisi Pertama. Malang: C.V ANDI OFFSET.
- Zhichai Zhang, Yiji Lu, dan Haoliang Ren. 2017. *Experimental And Numerical Investigation On The Macroscopic Characteristics Of Hydrotreatedvegetables Oil (HVO) Spray*. School of Energy and Power Engineering, Beihang University, Beijing, 100191, China. *Energy procedia* 142 (474 - 480)