



TUGAS AKHIR - TM141585

# **ANALISA DISTRIBUSI TEGANGAN PADA HOUSING MOTOR HOIST OVERHEAD CRANE GRINDING MILL PLTU PAITON DENGAN SOFTWARE BERBASIS METODE ELEMEN HINGGA**

Bagus Yudha Setiawan  
NRP. 2113106024

Dosen Pembimbing,  
Atief Wikarta, ST, MSc.Eng, PhD.

PROGRAM SARJANA  
LABORATORIUM MEKANIKA BENDA PADAT  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember



**TUGAS AKHIR - TM141585**

**ANALISA DISTRIBUSI TEGANGAN PADA HOUSING  
MOTOR HOIST OVERHEAD CRANE GRINDING MILL  
PLTU PAITON BERBASIS METODE ELEMEN  
HINGGA**

Bagus Yudha Setiawan  
NRP. 2113106024

Dosen Pembimbing,  
Alief Wikarta, ST, MSc.Eng, PhD.

JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**FINAL PROJECT - TM141585**

**STRESS DISTRIBUTION ANALYSIS ON HOUSING  
MOTOR HOIST OVERHEAD CRANE GRINDING MILL  
PLTU PAITON BASED FINITE ELEMENT ANALYSIS  
(FEA)**

Bagus Yudha Setiawan  
NRP. 2113106024

Academic Supervisor,  
Alief Wikarta, ST, MSc.Eng, PhD.

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017

**ANALISA DISTRIBUSI TEGANGAN PADA *HOUSING*  
*MOTOR HOIST OVERHEAD CRANE GRINDING MILL*  
PLTU PAITON DENGAN SOFTWARE BERBASIS  
METODE ELEMEN HINGGA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**BAGUS YUDHA SETIAWAN**

NRP. 2113 106 024

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Alief Wikarta, ST, MSc.Eng, PhD. (Pembimbing)  
NIP. 198202102006041002
2. Ir. Julendra Ariatedja, MT. (Penguji I)  
NIP. 196807061999081004
3. Moch. Solichin, ST, MT. (Penguji II)  
NIP. 197502100201405003

**SURABAYA**

**JANUARI, 2017**

**ANALISA DISTRIBUSI TEGANGAN PADA  
HOUSING MOTOR HOIST OVERHEAD CRANE  
GRINDING MILL  
PLTU PAITON DENGAN SOFTWARE BERBASIS  
METODE ELEMEN HINGGA**

**Nama Mahasiswa** : Bagus Yudha Setiawan  
**NRP** : 2113106024  
**Jurusan** : Teknik Mesin, FTI  
**Dosen Pembimbing** : Alief Wikarta, ST., M.Sc.,  
P.hD

**ABSTRAK**

*Grinding mill* adalah alat untuk menghaluskan batubara di PLTU Paiton. *Grinding mill* memiliki operasi jam kerja selama 24 jam, sehingga untuk menjaga *performance grinding mill* harus diperbaiki setiap tahun. *Grinding mill* memiliki berat 5 ton, sehingga proses pengangkatan *grinding mill* memerlukan alat bantu yaitu *overhead crane*. Karena lokasi *grinding mill* berada di dalam tangki, maka diperlukan alat yang bernama *special tool* untuk membantu proses pengeluarannya. Saat proses *maintenance* dilakukan, terjadi kesalahan dan kegagalan. Kesalahan dan kegagalan tersebut terjadi akibat karena penggunaan *special tool* yang tidak tepat. Seharusnya *special tool* menggunakan 3 pulley namun hanya menggunakan 1 pulley, sehingga terjadi patahan di *housing motor* dan *hoist* menjadi miring. Pada tugas akhir ini kegagalan yang terjadi di PLTU Paiton dianalisa berdasarkan distribusi tegangan.

Analisa distribusi tegangan dilakukan pada *housing motor hoist overhead crane grinding mill* PLTU Paiton dengan cara simulasi berbasis metode elemen hingga. Analisa dilakukan dengan cara simulasi pada *special tool* akibat pengangkatan beban *grinding mill* dengan variasi beban 5 ton, 10 ton, 15 ton dan 20 ton. Selanjutnya analisa dilakukan pada *housing motor hoist overhead crane* dengan variasi beban 10 ton, 20 ton, 30 ton dan 40 ton dan

variasi dari material *housing motor*, yaitu tipe *gray cast iron: 174HB, 201HB dan 235HB*. Analisa dilakukan untuk mendapatkan tegangan maksimum, defleksi dan angka keamanan.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu struktur *special tool* kondisi *existing* tidak aman berdasarkan pengujian beban 20 ton, dimana tegangan maksimum terjadi sebesar 374,2 MPa dan angka keamanan sebesar 0,6021. Berdasarkan hasil simulasi *roller motor hoist* diperoleh tegangan terbesar terjadi pada pembebanan 40 ton tipe *housing gray cast iron 174HB* sebesar 213,9 MPa dan defleksi sejauh 0,763mm. Hasil simulasi *housing motor* menunjukkan tegangan terbesar terjadi pada beban 40 ton tipe *gray cast iron 235HB* sebesar 82,74 MPa dan defleksi sejauh 0,3939 mm.

**Kata Kunci: Metode Elemen Hingga (*Finite Elemen Analysis*), Overhead Crane, Teori Kegagalan Material *Brittle*, *SolidWork*, Simulasi.**

# **STRESS DISTRIBUTION ANALYSIS ON HOUSING MOTOR HOIST OVERHEAD CRANE GRINDING MILL PLTU PAITON BASED ON FINITE ELEMENT METHOD**

**Name** : Bagus Yudha Setiawan  
**NRP** : 2113106024  
**Department** : Mechanical Engineering – ITS  
**Academic Supervisor** : Alief Wikarta, ST, MSc.Eng,  
PhD.

## **ABSTRACT**

Grinding mill is tool to refine coals in PLTU Paiton. Grinding mill has to be repaired annually because coals refinement process is happened everyday. Grinding mill has 5 ton in weight, so grinding mill lifting process used tool which is overhead crane. Because grinding mill is located inside tank so it is needed to use tool which is special tool, were to help release process. When maintenance process was done, mistakes and failure was experienced by PLTU Paiton maintenance staff. Mistake and failure were caused by special tool application which it is should be used with 3 pulley, actually it is only used with 1 pulley. So fracture was found at housing motor and hoist became bent.

Stress distribution analysis is done at housing motor hoist overhead crane grinding mill PLTU Paiton by simulation based on finite element method. Stress distribution analysis is done by simulation at special tool about grinding mill weight lifting with variation of 5 ton, 10 ton, 15 ton and 20 ton in weight. Next simulation is done at housing motor hoist with variation of 10 ton, 20 ton, 30 ton and 40 ton in weight, and variation of housing motor material which is gray cast iron 174HB, 201HB and 235HB. Analysis is done by analysis maximum stress, deflection and safety of factor.

The result of this study are special tool structure existing condition is not safe based on 20 ton testing, where maximum stress that happened is 374,2 MPa and safety of factor is 0,6021. Based on roller motor hoist simulation result, it is found maximum stress that happened on 40 ton and housing gray cast iron type 174HB is 213 MPa and deflection is 0,763 mm. housing motor result shown maximum stress that happened on 40 ton and housing gray cast iron type 235HB is 82,74 MPa and deflection is 0,3939 mm.

***Key Word : Finite Element Analysis (FEA), Overhead Crane, Failure Brittle Material, SolidWork 2016, Simulation.***



## KATA PENGANTAR

Segala Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala berkat karunia yang telah dilimpahkan, sehingga penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini, antara lain:

1. Ayah di Surga, Ibu, Kakek dan Nenek yang selalu mendukung dengan setia melalui doa dan materi sehingga penulis bisa menjalani semua ini dengan baik dan lancar.
2. Bapak Alief Wikarta, ST, MSc.Eng, PhD. selaku dosen pembimbing yang telah senantiasa membantu dan membimbing di dalam proses pembuatan dan penyusunan tugas akhir ini.
3. Para dosen penguji yang telah bersedia untuk menguji dan menelaah tugas akhir ini, Ir. Julendra Ariatedja, MT. dan Moch. Solichin, ST, MT.
4. Teman seperjuangan, Filipi Adi yang telah banyak membantu dan menjadi tentor dalam menyelesaikan simulasi tugas akhir.
5. Segenap teman-teman GH yang tak henti-hentinya memberikan dukungan, menyebarkan keceriaan dan segenap bantuan kepada penulis selama penyusunan tugas akhir ini, Giyan dan Menyok.
6. Teman seperjuangan di bawah bimbingan Bapak Alief Wikarta, Alfian Ajis
7. Teman spesial, Rafika yang telah memberikan semangat tersendiri dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Semua teman-teman MBP dan pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, *Matur Suwun*.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini, oleh karena itu saran dan masukan dari

semua pihak sangat penulis harapkan. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan sumbangsih bagi perkembangan ilmu pengetahuan terutama di bidang Mekanika Benda Padat.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	ii
DAFTAR TABEL	iii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 DASAR TEORI	5
2.1 Sejarah dan Definisi Crane	5
2.2 Overhead Travelling Crane	7
2.3 Kerusakan yang Sering Terjadi Pada Overhead Crane	9
2.3.1 Wire Rope	9
2.3.2 Motor Listrik	10
2.3.3 Cakra ( <i>Pulley</i> )	10
2.4 Permasalahan dan Kerusakan Hoist Crane PLTU Payon	12
2.4.1 Hoist Girder Crane Terkendala Ruang Gerak	12
2.4.2 Alat Bantu ‘Special Tool’ Hoist Girder	13
2.4.3 Rusak Pengarah Gulungan Wire Rope	14
2.4.4 Kerusakan Housing Motor Hoist Crane	15
2.5 Teori Kegagalan	16
2.5.1 Metode Teori Tegangan Normal Maksimum	16
2.5.2 Teori Kriteria Kegagalan Mohr	17
2.6 Besi Tuang Kelabu ( <i>Gray Cast Iron</i> )	18
2.8 Elemen Hingga	19
2.9 Studi Pustaka	21
2.9.1 Analysis of Crane Track Degredation Due of Operation	21
2.9.2 Failure Analysis of A Bridge Crane Shaft	22
BAB 3 METODOLOGI	25
3.1 Diagram Aliran Penelitian	25

3.1.1	Prosedur Perhitungan .....	26
3.1.2	Studi Literatur dan Data Penelitian .....	27
3.1.3	Gambar Teknik <i>Special Tool</i> .....	
	Housing Motor Hoist Overhead Crane .....	27
3.1.4	Validasi Housing Motor Hoist Overhead Crane .....	28
3.1.5	Data Material .....	31
3.1.5	Data Spesifikasi Motor Listrik .....	32
3.1.6	Data Profil I Lintasan Crane .....	32
3.1.7	Data Roda Gigi .....	33
3.2	Simulasi.....	33
3.2.1	Simulasi Pengujian <i>Spesial Tool</i> dengan Variasi Pulley <i>Overhead Crane</i> .....	34
3.2.2	Simulasi Pengujian <i>Housing Motor Hoist</i> .....	39
BAB 4	HASIL DATA DAN ANALISA .....	43
4.1	Hasil Analisa <i>Spesial Tool</i> .....	44
4.2	Hasil Analisa <i>Housing Motor Hoist Overhead Crane</i> .....	50
4.2.1	Hasil Variasi Pertama .....	50
4.2.2	Hasil Variasi Kedua .....	56
4.2.3	Hasil Variasi Ketiga.....	61
4.3	Pembahasan Hasil Nilai .....	67
4.3.1	Analisa Perbandingan Pengujian <i>Housing</i> ..... <i>Motor Hoist</i> Variasi 1, Variasi 2 dan Variasi 3 .....	70
4.3.2	Analisa Perbandingan Pengujian <i>Housing</i> .....	
	<i>Motor</i> Variasi 1 Variasi 2 dan Variasi 3 .....	73
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN .....	73
5.1	Kesimpulan .....	73
5.2	Saran .....	74
	DAFTAR PUESTAKA .....	75
	LAMPIRAN .....	76

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hoist Overhead Crane .....	6
Gambar 2.2	Sistem Pengangkatan Pada Overhead Crane ...	7
Gambar 2.3	Sistem Trolley dan Berjalan Hoist Crane .....	7
Gambar 2.4	Proses Pemasangan/Pelepasan .....	
	Grinding Mill .....	11
Gambar 2.5	Panel Hoist Crane Menebrak Valve .....	11
Gambar 2.6	Space Hoist Crane Dengan Beban .....	12
Gambar 2.7	Spesial Tool Overhead Crane .....	12
Gambar 2.8	Proses Pelepasan Grinding Mill dengan Bantuan Spesial Tool .....	13
Gambar 2.9	Kerusakan Penggulung <i>Wire Rope</i> .....	13
Gambar 2.10	Posisi Motor Listrik di Overhead Crane .....	14
Gambar 2.11	Motor Penggerak Hoist Girder Rusak .....	14
Gambar 2.12	Tegangan Normal pada Bidang 3D .....	15
Gambar 2.13	Tegangan Normal saat Membentuk Sudut ..	15
Gambar 2.14	Tegangan Distorsi Energi pada 3D .....	17
Gambar 2.15	Uji Torsian Material <i>Brittle</i> (Getas) .....	18
Gambar 2.16	Metode Teori Tegangan Normal .....	
	Maksimum .....	19
Gambar 2.17	Teori Kriteria Kegagalan Moh'r .....	19
Gambar 2.18	Grafik Kriteria Kegagalan Moh'r .....	20
Gambar 2.19	Lokasi Sensor Strain-Gauge .....	
	di Lintasan Crane .....	23
Gambar 2.20	Hasil Simulasi Stress Terbesar .....	24
Gambar 2.21	Crack dan Repair Lintasan Crane .....	24
Gambar 2.22	Bridge Crane dan Shaft .....	25
Gambar 2.23	(a) <i>Shaft Bridge Crane</i> .....	25
	(b) Permukaan <i>Fatigue Keyway Shaft</i> .....	25
Gambar 2.24	<i>Boundary Condition Shaft</i> .....	26
Gambar 2.25	(a) <i>Stress</i> Pada <i>Shaft</i> Standart .....	26
	(b) <i>Stress</i> Pada <i>Shaft</i> Sesuai Lapangan .....	26
Gambar 3.1	Diagram Alir Tugas Akhir .....	28
Gambar 3.2	Model Housing Motor Hoist .....	

	Overhead Crane .....	30
Gambar 3.3	Resultan Gaya Beban <i>Grinding Mill</i> .....	28
Gambar 3.4	FBD untuk Resultan Beban <i>Grinding Mill</i> ..	29
Gambar 3.5	FBD untuk <i>Housing Motor Hoist</i> .....	30
Gambar 3.6	FBD Reaksi Gaya <i>Housing Motor Hoist</i> .....	30
Gambar 3.7	Spesifikasi <i>Housing Motor Hoist</i> .....	31
Gambar 3.8	Profil I Lintasan Crane .....	32
Gambar 3.9	(a) <i>Curvature Mesh</i> .....	34
	(b) <i>Blended-Curvature Mesh</i> .....	34
Gambar 3.10	Penerapan <i>Fixed Constrain</i> pada Model <i>Housing</i> .....	35
Gambar 3.11	Pemberian Beban pada Model <i>Housing Motor</i> .....	35
Gambar 3.12	Diagram Alir Pengujian <i>Spesial Tool</i> .....	36
Gambar 3.13	Diagram Alir Pengujian <i>Housing Motor Hoist Overhead Crane</i> .....	37
Gambar 3.14	Jendela <i>Pengature Surface</i> sebagai .....	
	<i>Gray Cast Iron</i> .....	38
Gambar 3.15	Sketsa Geometri <i>Spesial Tool</i> .....	39
Gambar 3.16	Model <i>Spesial Tool</i> Selesai .....	39
Gambar 3.17	<i>Free Body Diagram Spesial Tool</i> .....	40
Gambar 3.18	Pemberian Beban pada <i>Spesial Tool</i> 1 Pulley.....	41
Gambar 3.19	Rancangan Kondisi <i>Spesial Tool Maintenance Gringding Mill</i> Dengan 3 Pulley .....	42
Gambar 3.20	Pemberian Beban pada Model <i>Spesial Tool</i> 3 Pulley .....	42
Gambar 4.1	Skema Tiap Analisa dan Modifikasi .....	43
Gambar 4.2	<i>Stress</i> Terbesar Beban 5 Ton Untuk Kondisi .. <i>Existing</i> 1 Pulley.....	44
Gambar 4.3	Angka Keamanan Beban Variasi 5 Ton Kondisi <i>Existing</i> 1 Pulley .....	44
Gambar 4.4	Defleksi Beban Varian 5 Ton Untuk Kondisi . <i>Existing</i> 1 Pulley .....	45

Gambar 4.5	<i>Stress</i> Terbesar Beban 20 Ton Untuk Kondisi <i>Existing</i> 1 Pulley ..... 45
Gambar 4.6	Angka Keamanan Beban Variasi 20 Ton ..... Kondisi <i>Existing</i> 1 Pulley ..... 46
Gambar 4.7	Defleksi Beban Variasi 20 Ton Untuk ..... Kondisi <i>Existing</i> 1 Pulley ..... 46
Gambar 4.8	<i>Stress</i> Terbesar Beban 5 Ton Untuk Kondisi .. Design 3 Pulley..... 47
Gambar 4.9	Angka Keamanan Beban Variasi 5 Ton Kondisi Design 3 Pulley..... 47
Gambar 4.10	Defleksi Beban Variasi 5 Ton Untuk ..... Kondisi 3 Pulley ..... 48
Gambar 4.11	<i>Stress</i> Terbesar Beban 20 Ton Untuk Kondisi Design 3 Pulley..... 48
Gambar 4.12	Angka Keamanan Beban Variasi 20 Ton ..... Kondisi Design 3 Pulley ..... 49
Gambar 4.13	Defleksi Beban Variasi 20 Ton Untuk ..... Kondisi 3 Pulley ..... 49
Gambar 4.14	Grafik Perbandingan <i>Stress Spesial Tool</i> ..... 50
Gambar 4.15	Grafik Perbandingan Angka Keamanan <i>Spesial Tool</i> ..... 50
Gambar 4.16	Grafik Defleksi <i>Spesial Tool</i> ..... 51
Gambar 4.17	<i>Stress Housing Motor Hoist</i> Beban 40 Ton ..... Variasi Pertama ..... 52
Gambar 4.18	Defleksi <i>Housing Motor Hoist</i> Beban 40 Ton . Variasi Pertama ..... 53
Gambar 4.19	Angka Keamanan Terendah <i>Housing Motor Hoist</i> Beban 40 Ton Variasi Pertama ..... 53
Gambar 4.20	<i>Stress</i> Terbesar Pada <i>Housing Motor</i> Beban 40 Ton Variasi Pertama ..... 54
Gambar 4.21	Defleksi Pada <i>Housing Motor</i> Beban 40 Ton .. Variasi Pertama ..... 54
Gambar 4.22	Angka Keamanan Terendah Pada .....

	<i>Housing Motor</i> Variasi Pertama ..... 55
Gambar 4.23	Grafik Perbandingan <i>Stress</i> Variasi Pertama 56
Gambar 4.24	Grafik Perbandingan Defleksi Variasi Pertama ..... 56
Gambar 4.25	Grafik Perbandingan Angka Keamanan ..... Variasi Pertama ..... 57
Gambar 4.26	<i>Stress Housing Motor Hoist</i> Beban 40 Ton ..... Variasi Kedua ..... 58
Gambar 4.27	Defleksi <i>Housing Motor Hoist</i> Beban 40 Ton . Variasi Kedua ..... 58
Gambar 4.28	Angka Keamanan Terendah <i>Housing Motor Hoist</i> Beban 40 Ton Variasi Kedua ..... 59
Gambar 4.29	<i>Stress</i> Terbesar Pada <i>Housing Motor</i> Beban ... 40 Ton Variasi Kedua..... 59
Gambar 4.30	Defleksi Pada <i>Housing Motor</i> Beban 40 Ton .. Variasi Kedua ..... 60
Gambar 4.31	Angka Keamanan Terendah Pada ..... <i>Housing Motor</i> Variasi Kedua..... 61
Gambar 4.32	Grafik Perbandingan <i>Stress</i> Variasi Kedua ..... 62
Gambar 4.33	Grafik Perbandingan Defleksi Variasi Kedua..... 62
Gambar 4.34	Grafik Perbandingan Angka Keamanan Variasi Kedua..... 62
Gambar 4.35	<i>Stress Housing Motor Hoist</i> Beban 40 Ton ..... Variasi Ketiga ..... 64
Gambar 4.36	Defleksi <i>Housing Motor Hoist</i> Beban 40 Ton . Variasi Ketiga ..... 64
Gambar 4.37	Angka Keamanan Terendah <i>Housing Motor Hoist</i> Beban 40 Ton Variasi Ketiga... 65
Gambar 4.38	<i>Stress</i> Terbesar Pada <i>Housing Motor</i> Beban ... 40 Ton Variasi Ketiga ..... 65
Gambar 4.39	Defleksi Pada <i>Housing Motor</i> Beban 40 Ton... Variasi Ketiga ..... 66
Gambar 4.40	Angka Keamanan Terendah Pada



	<i>Housing Motor</i> Variasi Ketiga .....	66
Gambar 4.41	Grafik Perbandingan <i>Stress</i> Variasi Ketiga ..	67
Gambar 4.42	Grafik Perbandingan Defleksi Variasi Ketiga.....	68
Gambar 4.43	Grafik Perbandingan Angka Keamanan Variasi Ketiga.....	68
Gambar 4.44	Grafik Perbandingan <i>Stress</i> Tiap Varian .....	
	Perbandingan Defleksi Tiap Varian.....	71
Gambar 4.46	Grafik Perbandingan Angka Keamanan Tiap Varian .....	71
Gambar 4.47	Grafik Perbandingan <i>Stress Housing Motor</i> ....	
	Tiap Variasi .....	73
Gambar 4.48	Grafik Perbandingan Defleksi <i>Housing Motor</i> Tiap Variasi .....	73
Gambar 4.49	Grafik Perbandingan Angka Keamanan Tiap Variasi.....	74

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis dan Macam Crane.....	4
Tabel 2.2	Perubahan Bentuk <i>Wire Rope</i> .....	8
Tabel 2.3	Macam-Macam Kerusakan Pulley .....	9
Tabel 2.4	Jenis-Jenis <i>Gray Cast Iron</i> Berdasarkan .....	
	<i>Brinell Hardness</i> .....	20
Table 2.5	<i>Mechanical Properties Gray Cast Iron</i> .....	
	Berdasar <i>Test Bars, As Cast</i> .....	21
Tabel 2.6	Hasil Analisa Calculative Demage Crane ...	23
Tabel 2.7	Komposisi Kimia <i>Shaft</i> .....	26
Tabel 3.1	Validasi Gaya Resultan Pembebanan .....	29
Tabel 3.2	Validasi Gaya Resultan pada <i>Housing Motor Hoist</i> .....	30
Tabel 3.3	<i>Mechanical properties gray cast iron</i> .....	
	dan ASTM A36 steel .....	31
Tabel 3.4	Variasi Material <i>Gray Cast Iron</i> Menurut .....	
	Komposisi Kimia.....	31
Tabel 3.5	Variasi Material <i>Gray Cast Iron</i> Hasil Kekerasan .....	31
Tabel 3.6	Spesifikasi Motor Listrik <i>Overhead Crane</i> ..	32
Tabel 3.7	Dimensi Profil I lintasan Hoist Motor .....	32
Tabel 3.8	Data Roda Gigi Motor Hoist .....	32
Tabel 3.9	Perbandingan Jumlah Nodal dan Jumlah Elemen.....	34
Tabel 3.10	Variasi Pembebanan <i>Housing Motor Hoist</i> .....	
	Setelah Mengkaji Penggunaan <i>Spesial Tool</i> .	40
Tabel 4.1	Hasil Simulasi <i>Spesial Tool</i> .....	50
Tabel 4.2	Hasil Simulasi <i>Housing Motor Hoist</i> Variasi Pertama .....	55
Tabel 4.3	Hasil Simulasi <i>Housing Motor Gray Cast iron 174HB</i> .....	55
Tabel 4.4	Hasil Simulasi <i>Housing Motor Hoist</i> Variasi Kedua.....	61

Tabel 4.5	Hasil Simulasi <i>Housing Motor Gray Cast Iron 201HB</i> .....	61
Tabel 4.6	Hasil Simulasi <i>Housing Motor Hoist</i> Variasi Ketiga.....	67
Tabel 4.7	Hasil Simulasi <i>Housing Motor Gray Cast Iron 235HB</i> .....	67
Tabel 4.8	Perbandingan Hasil Variasi 1, Variasi 2 dan Variasi 3.....	70
Tabel 4.9	Perbandingan Hasil Simulasi <i>Housing Motor</i> . Variasi 1, Variasi 2 dan Variasi 3.....	72

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis dan Macam Crane.....	4
Tabel 2.2	Perubahan Bentuk <i>Wire Rope</i> .....	8
Tabel 2.3	Macam-Macam Kerusakan Pulley .....	9
Tabel 2.4	Jenis-Jenis <i>Gray Cast Iron</i> Berdasarkan .....	
	<i>Brinell Hardness</i> .....	20
Table 2.5	<i>Mechanical Properties Gray Cast Iron</i> .....	
	Berdasar <i>Test Bars, As Cast</i> .....	21
Tabel 2.6	Hasil Analisa Calculative Demage Crane ....	23
Tabel 2.7	Komposisi Kimia <i>Shaft</i> .....	26
Tabel 3.1	Validasi Gaya Resultan Pembebanan .....	29
Tabel 3.2	Validasi Gaya Resultan pada <i>Housing Motor Hoist</i> .....	30
Tabel 3.3	<i>Mechanical properties gray cast iron</i> .....	
	dan ASTM A36 steel .....	31
Tabel 3.4	Variasi Material <i>Gray Cast Iron</i> Menurut .....	
	Komposisi Kimia.....	31
Tabel 3.5	Variasi Material <i>Gray Cast Iron</i> Hasil Kekerasan .....	31
Tabel 3.6	Spesifikasi Motor Listrik <i>Overhead Crane</i> ..	32
Tabel 3.7	Dimensi Profil I lintasan Hoist Motor .....	32
Tabel 3.8	Data Roda Gigi Motor Hoist .....	32
Tabel 3.9	Perbandingan Jumlah Nodal dan Jumlah Elemen.....	34
Tabel 3.10	Variasi Pembebanan <i>Housing Motor Hoist</i> .....	
	Setelah Mengkaji Penggunaan <i>Spesial Tool</i> .	40
Tabel 4.1	Hasil Simulasi <i>Spesial Tool</i> .....	50
Tabel 4.2	Hasil Simulasi <i>Housing Motor Hoist</i> Variasi Pertama .....	55
Tabel 4.3	Hasil Simulasi <i>Housing Motor Gray Cast iron 174HB</i> .....	55
Tabel 4.4	Hasil Simulasi <i>Housing Motor Hoist</i> Variasi Kedua.....	61

Tabel 4.5	Hasil Simulasi <i>Housing Motor Gray Cast Iron 201HB</i> .....	61
Tabel 4.6	Hasil Simulasi <i>Housing Motor Hoist</i> Variasi Ketiga.....	67
Tabel 4.7	Hasil Simulasi <i>Housing Motor Gray Cast Iron 235HB</i> .....	67
Tabel 4.8	Perbandingan Hasil Variasi 1, Variasi 2 dan Variasi 3.....	70
Tabel 4.9	Perbandingan Hasil Simulasi <i>Housing Motor</i> . Variasi 1, Variasi 2 dan Variasi 3.....	72

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

PLTU Paiton adalah perusahaan yang bertugas untuk menyediakan dan mendistribusikan jasa energy listrik untuk masyarakat. PLTU Paiton berlokasi di Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur menggunakan batu bara sebagai bahan bakar. Batu bara mengalami proses pembakaran dilakukan proses penghalusan. Proses penghalusan batu bara di PLTU Paiton ini menggunakan alat yang disebut *Grinding Mill*. Terdapat 6 buah *Grinding Mill* di PLTU Paiton yang masing-masing dinamakan:

- Grinding Mill A,
- Grinding Mill B,
- Grinding Mill C,
- Grinding Mill D,
- Grinding Mill E,
- Grinding Mill F.

Proses penghalusan batu bara dengan *Grinding Mill* A-F harus dilakukan dimaintenance setiap tahunnya. Proses *maintenance* yang dilakukan di PLTU Paiton tidak mudah karena alat *Grinding Mill* memiliki berat  $\pm 5$  ton. Sehingga menggunakan alat bantu berjenis *overhead crane* untuk membantu proses mengangkat *grinding mill*.



Gambar 1.1 Proses Pelepasan *Grinding Mill* dengan *Special Tool*

Karena lokasi *grinding mill* berada di dalam tangki maka digunakan alat bernama *spesial tool*. *Spesial tool* berfungsi untuk membantu pengangkat *grinding mill* dari tempatnya agar bisa dikeluarkan. Design awal dari *spesial tool* menggunakan 3 buah pulley, namun pihak *maintenance* PLTU paiton hanya menggunakan 1 buah pulley. Setelah beberapa kali meninjau di lapangan PLTU Paiton, dapat dianalisa sementara penggunaan *spesial tool* dengan 1 pulley menyebabkan *overhead crane* menerima beban *grinding mill* dua kali. *Overhead crane* yang seharusnya menerima berat beban *grinding mill* sebesar 5 ton menjadi 10 ton. Selain itu *overhead crane* mengalami terkendala ruang gerak. Kotak panel *hoist overhead crane* bertabrakan dengan *manual valve*, seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1.2 Kondisi Panel *Hoist* Menyentuh *Manual Valve*

Kondisi tersebut menyebabkan tali *overhead crane* tidak sejajar dengan beban *grinding mill* (jarak  $\pm 50\text{cm}$  dari kail crane ke beban). Kondisi semakin parah saat pembongkaran *Grinding Mill* dilakukan di PLTU Paiton sekitar bulan Juni kemarin karena terjadi patahan *fatigue*. *Overhead crane* mengalami patahan pada *housing motor crane* yang bertugas untuk menggerakkan *grider* kearah vertikal. Patahan *housing motor hoist* ditunjukkan pada gambar 1.3



Gambar 1.3 Patahan *Housing Motor Hoist*



Letak motor *hoist* setelah terjadi patahan

Gambar 1.4 Letak Motor *Hoist* Saat di *Overhead crane*

Beberapa penelitian tentang kegagalan crane pernah dilakukan, seperti *Analysis of Crane Track Degradation Due to Operation* oleh Jozef Kulka dan Martin Mantic [1] dari Technical University of Kosice, penelitian tersebut memperbaiki crack yang terjadi pada lintasan crane pada sambungan las. Penelitian tentang *Failure Analysis of A Bridge Crane Shaft* yang dilakukan oleh O.A Zambrano dan J.J Coronado dari Universidad del Valle [2].



Penelitian ini bertujuan menganalisa patahan (*fatigue*) *shaft* yang terjadi pada crane menggunakan *Finite Elemen Analysis (FEA)*. *Shaft* yang patah sebelumnya dianalisa komposisi kimia dan struktur mikro, kemudian mensimulasikan visual hasil dengan menggunakan FEA.

Maka dari latar belakang yang telah dipeberikan diatas, terjadi kerusakan patah *fatigue* pada *housing motor hoist*, untuk itu dilakukan analisa simulasi berbasis *finite elemen analysis* kedalam sebuah tugas akhir yang diaplikasikan ke PLTU Paiton dengan judul “ANALISA DISTRIBUSI TEGANGAN PADA HOUSING MOTOR HOIST OVERHEAD CRANE GRINDING MILL PLTU PAITON BERBASIS METODE ELEMEN HINGGA”. Dalam menganalisa kegagalan patah *fatigue* pada *housing motor* ini pengujian dilakukan dalam pembebanan statis. Langkah pertama yang dilakukan adalah mensimulasikan *special tool* dengan *static banding test* variasi pembebanan 5 ton, 10 ton, 15 ton dan 20 ton meninjau berat *grinding mill* yang asli kondisi *existing* 1 pulley dan *design* 3 pulley. Kemudian mensimulasikan *housing motor hoist overhead crane* dengan *static bending test* variasi pembebanan 10 ton, 20 ton, 30 ton dan 40 ton. Setelah itu menganalisa hasil simulasi dengan dicocokkan dengan kegagalan yang terjadi di PLTU Paiton.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis memutuskan permasalahan sebagai berikut:

- 1) Bagaimana tegangan dan defleksi yang terjadi pada *special tool* saat proses *maintenance grinding mill* dengan kondisi *existing* 1 pulley dan sesuai *design* 3 pulley di PLTU Paiton?
- 2) Bagaimana pengaruh variasi material *housing gray cast iron 175HB, 201HB* dan *235HB* terhadap tegangan maksimum dan defleksi yang terjadi di *roller motor hoist*?
- 3) Bagaimana tegangan dan defleksi yang terjadi di *housing motor* saat simulasi SolidWorks 2016 sehingga terjadi kemungkinan kegagalan patah?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui tegangan dan defleksi yang terjadi pada pada *special tool* saat proses *maintenance grinding mill* dengan kondisi *existing* 1 pulley dan sesuai design 3 pulley di PLTU Paiton ?
- 2) Mengetahui pengaruh variasi material *housing gray cast iron 175HB, 201HB* dan *235HB* terhadap tegangan maksimum dan defleksi yang terjadi di *rollerrooler ho motor hoist*.
- 3) Mengetahui tegangan dan defleksi yang terjadi di *housing motor* saat simulasi SolidWorks 2016 sehingga terjadi kemungkinan kegagalan patah.

### 1.4 Batasan Masalah

Agar masalah yang muncul dapat diselesaikan dengan baik dan penelitian ini dapat mencapai tujuan yang diinginkan, maka diperlukan batasan-batasan masalah antara lain:

- 1) Housing motor crane terbuat dari material *gray cast iron* yang homogen komposisi kimia dan sifat mekanik.
- 2) Mewakili jenis material lainya yang dipakai dalam simulasi *Solidwork* ini ASTM A36 steel.
- 3) Proses perakitan dan perawatan dari overhead crane berjalan sesuai dengan standar oprasional yang telah ditentukan.
- 4) Pembebanan yang dilakukan dalam simulasi mengacu pada kondisi lapangan, saat crane mengangkat beban dianggap kondisi statis, dan parameter-parameter yang tidak diamati dianggap konstan
- 5) Analisa yang dilakukan dengan cara simulasi menggunakan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga
- 6) Hasil simulasi yang hendak dianalisa adalah defleksi, angka factor keamanan, dan *interlaminar shear stress* yang terjadi pada struktur housing motor crane.
- 7) Modifikasi housing motor crane dikaukan dengan merubah jenis material, yaitu dengan cara merubah jenis material

yang memiliki tensile yang lebih tinggi dari material sebelumnya.

- 8) Perhitungan metode kegagalan *brittle* untuk material gray cast iron untuk membantu mengetahui kegagalan yang terjadi pada housing motor crane.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Membantu mahasiswa dalam mengetahui dan memahami dan pengembangan konsep metode elemen hingga dalam dunia kerja.
- 2) Membantu pihak *maintenance* PLTU Paiton agar lebih mengurangi kegagalan yang terjadi pada part *overhead crane*.
- 3) Sebagai sarana dari penelitian dan pengembangan ilmu simulasi metode elemen hingga khususnya SolidWork 2016.
- 4) Data hasil pengujian dapat digunakan dan dijadikan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan terdiri dari 5 bab diaman msing-masing bab berisi sebagai berikut:

#### **Bab 1 Pendahuluan**

Bab ini berisi tentang latar belakang perancangan, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan laporan.

#### **Bab 2 Dasar Teori dan Kajian Pustaka**

Bab ini berisi tentang dasar-dasar ilmu yang mendukung pengerjaan tugas akhir ini.

#### **Bab 3 Metodologi**

Bab ini berisi tentang langkah-langkah yang dilakukan untuk memperoleh hasil yang diinginkan dalam penelitian ini, baik langkah kerja pembebanan dan langkah simulasi.

**Bab 4 Hasil dan Analisa**

Berisi tentang analisa data hasil simulasi yang telah dilakukan untuk dianalisa dan didapatkan kesimpulan.

**Bab 5 Kesimpulan dan Saran**

Pada bagian ini berisi kesimpulan hasil dan sara untuk penelitian lebih lanjut.

## **BAB 2**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Definisi Crane**

Crane merupakan salah satu alat berat (*heavy equipment*) yang berfungsi untuk mengangkat dan memindahkan suatu benda dari satu tempat ke tempat baik secara horizontal maupun vertikal. Dengan fungsinya yang sangat penting, crane memiliki bagian-bagian berfungsi yang berbeda-beda dan saling berkaitan. Berikut dibawah ini adalah bagian-bagian dari crane dan fungsinya. Bagian utama crane terdiri dari 2 komponen yaitu:




1. Body crane,
  - Blok (*cross beam*) yang menyilang ukuran variasi tergantung kebutuhan pada perusahaan yang berkaitan.
  - Sadle: tempat untuk menompang blok (*cross beam*). Sadle terdapat 2 bagian dan biasanya terdapat crane type gantry.
  - Roda: untuk membantu pergerakan pada sadle yang dipadukan dengan motor sebagai penggerak utama. Roda yang terdiri dari empat buah yang berada pada profit jembatan, dua buah roda berada pada sisi kanan dan dua roda disisi kiri. Keempat roda berjalan diatas crane bridge girder dengan bantuan transmisi.
  - Seling: sebagai tali untuk memabntu pengangkatan *Pulley* berfungsi sebagai dudukan tali. *Pulley* atau Sheave merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk mengangkat beban.
  - Rem digunakan untuk menahan beban dan juga untuk mengatur kecepatan penurun beban dan menahan agar diam.
  - *Wire rope* (tali baja)
2. System kelistrikan.
  - Motor Listrik
  - Pendant (*handle*)
  - Kabel
  - *Limit Switch*

➤ *Thermal Overload*

Crane pertama kali sudah digunakan sejak jaman yunani kuno pada akhir abad ke-6 sebelum masehi, menggunakan tenaga manusia untuk mengangkat dan menurunkan barang. Seiring perkembangan teknologi dan jaman, crane mengalami banyak kemajuan dan perkembangan. Jenis-jenis dari crane ada berbagai macam, antara lain;

**Tabel 2.1** Jenis dan Macam Crane

No.	Jenis Crane	Model	Fungsi
1.	Crane Crawler		Merupakan pesawat pengangkat material yang biasa digunakan pada lokasi proyek pembangunan dengan jangkaun yang tidak terlalu panjang. Tipe ini mempunyai bagian atas yang dapat bergerak 360°.
2.	Mobile Crane (Truck Crane)		Merupakan crane yang terdapat langsung pada mobile (Truck) sehingga dapat dengan mudah dibawa langsung pada lokasi kerja tanpa harus menggunakan kendaraan (trailer). Crane ini memiliki kaki (pondasi/tiang) yang dapat dipasangkan ketika beroperasi untuk menjaga crane tetap seimbang.
3.	Tower Crane		Merupakan alat yang digunakan untuk mengangkat material secara vertical dan horizontal kesuatu tempat yang tinggi pada ruang gerak

			yang terbatas. Tipe crane ini dibagi berdasarkan cara crane berdiri yaitu crane yang dapat berdiri bebas (free standing crane), crane diatas rel (rail mounted crane), crane yang ditambatkan pada bangunan (tied-in tower crane) dan crane panjat (climbing crane).
4.	Hidraulik Crane		Merupakan crane yang biasa digunakan pada perbengkelan dan pergudangan dll, yang memiliki pneumatic hidrolik. Crane ini biasanya diletakkan pada suatu titik dan tidak untuk dipindah-pindah dan dengan jangkauan tidak terlalu panjang serta putaran yang hanya 180°
5.	Jip Crane		Jip crane merupakan pesawat pengangkat yang terdiri dari berbagai ukuran, jip crane yang kecil biasanya digunakan pada perbengkelan dan pergudangan untuk memindahkan barang-barang yang relatif berat. Jip crane memiliki sistem kerja dan mesin yang mirip seperti 'Hoist Crane' dan struktur yang mirip 'Hidraulik Crane'.
6.	Overhead Traveling		Hoist Crane ( <i>Overhead Travelling</i> ) merupakan salah satu jenis crane, yang berupa jembatan melintang diatas

			<p>kepala yang umumnya terbuat konstruksi rangka batang yang ditutup atau dilapis plat baja. Mekanisme ini sering disebut troli yang juga dilengkapi dengan alat-alat hingga sedemikian rupa untuk menghasilkan beberapa gerakan antara lain pengangkatan benda (hoisting sistem) dan jalan melintang pada jembatan.</p>
--	--	--	--

## 2.2 Overhead Travelling Crane

Overhead Travelling sebagaimana yang telah dijelaskan dalam table 2.1 Jenis Crane, ditempatkan dan diletakan pada langit-langit dan berjalan diatas rel khusus yang yang dipasang pada langit-langit tersebut. Rel-rel tadi juga dapat bergerak secara maju-mundur pada satu arah. Konstruksi overhead travelling crane yang sering digunakan di dalam perusahaan ada dua jenis yaitu:

1. Overhead travelling crane berpalang tunggal (girder tunggal)
2. Overhead travelling crane berpalang ganda (girder ganda), untuk jenis ini biasanya memiliki dua jenis rancangan yang berbeda yaitu overhead travelling crane dengan troli berpalang diatas dan dibawah.



Gambar 2.1 Hoist Overhead Crane



Dalam pengoperasian Hoist Crane memiliki tiga bagian utama yaitu;

1. Sistem Pengangkat

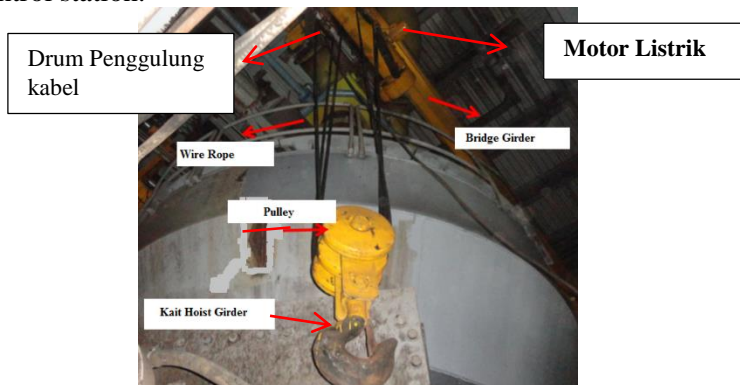
Sistem pengangkat beban *hoist crane* menggunakan peralatan yang terjadi dari kait, tali baja, pulley, drum penggulung kabel, dan motor penggerak

2. Sistem Trolley

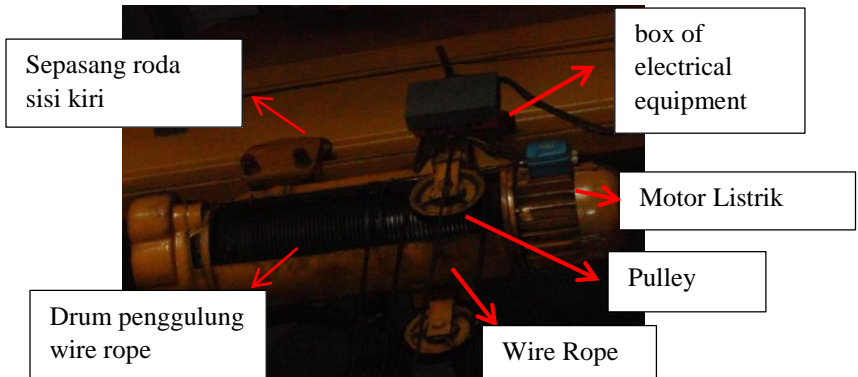
Sistem gerakan Hoist crane tersebut meliputi roda jalan (terdiri 4buah roda digunakan berjalan diatas crane bridge girder), transmisi (roda gigi pinion digerakan langsung oleh motor listrik melalui poros melewati kopling), crane bridge girder.

3. Sistem Berjalan

System ini digunakan untuk menggerakkan perlengkapan pengangkatan dan perlengkapan gerakan menyamping. Sebagai tenaga penggerak digunakan dua buah motor listrik yang masing-masing terletak pada sisi kiri dan kanan end carriages. End carriages memiliki empat buah, sepasang disisi kanan dan sepasang disisi kiri. Setiap pasang digerakan oleh motor listrik. Ketiga macam gerakan dikontrol pada sebuah box of electrical equipment. Untuk pengoperasian ketiga macam gerakan digunakan unit control station.



Gambar 2.2 Sistem Pengangkatan Pada Overhead Crane



Gambar 2.3 Sistem Trolley dan Berjalan Hoist Crane

## 2.3 Kerusakan yang Sering Terjadi Pada Overhead Crane

Dalam kegiatan industri tidak terkecuali industri pembangkit listrik, banyak memanfaatkan peralatan angkat dan angkut yang salah satunya adalah crane. Komponen-komponen utama dari peralatan tersebut tentu saja mengalami penurunan kualitas meskipun sudah sesuai dalam perancangan dan pemeliharaan. Secara umum penurunan kualitas pada crane disebabkan oleh beberapa factor external dan internal. Kerusakan-kerusakan yang biasa terjadi antara lain abrasi, korosi, dan perubahan struktur akibat lama waktu penggunaan dan kerusakan akibat panas. Maka untuk mendeteksi adanya kerusakan-kerusakan pada sejumlah alat crane dilakukan suatu pemeriksaan yang berkala dan mengenal beberapa kerusakan yang terjadi pada crane.

### 2.3.1 Wire Rope

*Wire rope* adalah elemen paling penting dalam menahan gaya Tarik dalam mengangkat beban. *Wire rope* dibuat dari kawat baja dengan tegangan Tarik maksimum 130 s.d. 200 kg/mm<sup>2</sup>. Seperti halnya mesin, *wire rope* memiliki masa pakai yang terbatas dan kemampuannya berkurang seiring penggunaan. Kemampuan *wire rope* berkurang akibat keausan, korosi, dan putusya *wire* penyusun. Sedangkan beberapa lokasi yang memerlukan perhatian



husus karena *wire rope* mengalami kerusakan dapat terjadi lebih cepat, yaitu;


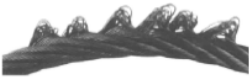


- a) Zona *wire rope* yang paling sering beroperasi
- b) Titik pengangkatan (*pick up point*)
- c) Ujung fitting
- d) Zona keausan yang tinggi di drum
- e) Bagian *wire rope* yang beroperasi dilingkungan ekstrem

Ada banyak jenis kerusakan pada *wire rope*. Sedang kerusakan tersebut harus dianalisa apakah kerusakan itu harus diganti atau tidak. Kriteria penggantian *wire rope* dipersyaratkan ASME B30.2, ASME B30.3, ASME B30.4 dan ASME B30.5. Sedangkan jenis-jenis kerusakannya adalah sebagai berikut:

- a) Broken Wire  
Penyebab *brokenwire* dapat antara lain beban melebihi kapasitas, beban kejut, dan getaran berlebihan.
- b) Pengurangan diameter  
Pengurangan diameter dapat disebabkan oleh abrasi, korosi, atau putusanya *core* pada *wire rope*.
- c) Korosi  
Korosi dapat terjadi akibat tidak cukupnya pelumasan, teknik penyimpanan yang tidak tepat, dan akibat terpapar oleh asam dan alkali.
- d) Perubahan bentuk *wire rope*.

**Tabel 2.2** Perubahan Bentuk *Wire Rope*

No.	Gambar	Keterangan
1.		Flat Area
2.		Kinks

3.		Birdcage
4.		Loop Formation
5.		Nodes
6.		Thinning of the Rope

### 2.3.2 Motor Listrik

Dalam kasus yang sering terjadi, kerusakan motor pada sebuah crane disebabkan oleh 5 faktor:

- 1) Panas (*Over-heating*), penyebab terbesar kerusakan motor tidak dapat mencapai umur pakai yang seharusnya adalah *over-heating*. Setiap mengalami kenaikan temperatur 10 derajat dari temperature normal, berakibat memotong umur motor 30%. Kenaikan termperatur banyak disebabkan oleh beberapa factor.
- 2) Kotor/ debu, yang terakumulasi akan merusak komponen listrik dan mekanikal. Pada umumnya debu terakumulasi pada permukaan badan motor, saluran pendingin, dan fan pendinginan.
- 3) Lembab atau embun juga merusak komponen listrik dan mekanik. Sehingga mengakibatkan korosi pada poros, bearing, rotor, dan stator.
- 4) Vibrasi merupakan indikasi bahwa motor sedang mengalami masalah. Sumber vibrasi dapat ditimbulkan dari motor sendiri atau dari mesin yang digerakan (*load*) yang terlalu besar.

- 5) Kualitas supply listrik sangat menentukan umur motor listrik. Hal-hal yang harus dihindari antara lain:
  3. Voltage sering naik-turun (*Under/over voltage*)
  4. Voltage spiket akibat power switch
  5. Voltage 3 phase tidak balance melebihi harga toleransi.

### 2.3.3 Cakra (*Pulley*)

Cakra (*pulley*) disebut juga dengan discus atau disc (piringan) yang merupakan komponen dari crane yang terletak pada lengan pada crane. Cakra adalah merupakan lempengan bundar yang pada umumnya dibuat dari bahan logam (besi tuang) yang berfungsi untuk mentransmisikan daya yang berupa putaran memlaui. Karena *pulley* memiliki *wire rope*. Karena *pulley* memiliki peran yang sangat penting pada sebuah crane, maka keberadaanya harus optimal disetiap waktu dan mendapat maintenance secara teratur. Ada beberapa kasus kerusakan *pulley* yang sering terjadi misalnya;

**Tabel 2.3** Macam-Macam Kerusakan Pulley

No.	Gambar	Problem	Solusi
1.		Disebabkan karena umur lama pemakaian, tanpa ada masalah pada <i>wire rope</i> maupun motor listrik. Ciri dari kerusakan adalah bentuk gerigi menyerupai “U” dari sebelumnya “V”	Penggantian
2.		<i>Misalignment.</i> Disebabkan keausan <i>pulley, bearing</i> , tidak ratanya putaran <i>pulley</i> atau <i>pulley</i> dipaksa	Melakukan koreksi semua kemungkinan tidak meratanya putaran,

		mengangkat beban yang berlebih	sebelum penggantian
3.		<i>Abrasion</i> Disebabkan tingkat gaya yang terlalu besar pada <i>wire rope</i> atau masuknya partikel asing kedalam “V” <i>pulley</i>	Memeriksa total besar beban dan <i>wire rope</i> Penggantian <i>pulley</i>
4.		<i>Cracking</i> Disebabkan suhu yang tinggi akibat gesekan dengan <i>wire rope</i>	Penggantian
5.		<i>Chunk Out</i> Disebabkan keretakan <i>pulley</i> yang dibiarkan secara terus menerus dan diperparah dengan timbulnya panas gesekan dengan <i>wire rope</i> .	Penggantian <i>pulley</i> , pengecekan <i>alignment</i>

## 2.4 Permasalahan dan Kerusakan Hoist Crane PLTU Paiton

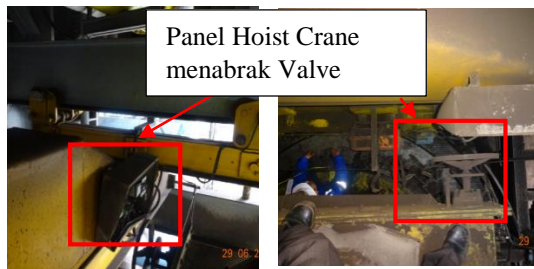
Dalam kasus yang telah terjadi di PLTU Paiton, hoist crane yang semulanya didesign sebagai alat bantu untuk mengangkat beban berat yang terdapat pada PLTU Paiton tidak sesuai dengan rencana. Keterbatasan tempat ruang gerak di tempat serta ukuran dimensi hoist crane yang cukup besar. Berikut permasalahan yang muncul pada hoist crane PLTU Paiton;



Gambar 2.4 Proses Pemasangan/Pelepasan Grinding Mill

### 2.4.1 Hoist Girder Crane Mill Terkendala Ruang Gerak

Permasalahan Hoist Girder Crane Mill terkendala ruang gerak disebabkan oleh kondisi bridge girder yang sudah pada posisi ujung (tidak bisa bergerak lagi sudah menyentuh valve manual coal pipe).



Gambar 2.5 Panel Hoist Crane Menabrak Valve

Dikarenakan ruang gerak yang terbatas menyebabkan posisi kali crane tidak tegak lurus dengan posisi Grinding Mill yang akan dimaintenance (memiliki selisih jarak  $\pm 50\text{cm}$ )



Gambar 2.6 Space Hoist Crane Dengan Beban

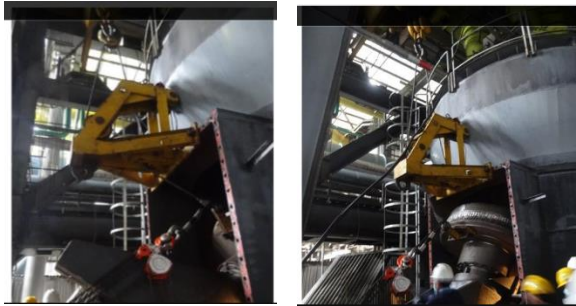
#### 2.4.2 Alat Bantu ‘Special Tool’ Hoist Girder

Dalam proses *maintenance grinding mill* dilakukan pelepasan/pemasangan *grinding mill*. Proses pelepasan *grinding mill* sangat sulit karena posisi yang masuk kedalam. Sehingga dibuat alat bantu special tool *hoist girder* ini agar dapat memudahkan proses *maintenance*.



Gambar 2.7 Spesial Tool Overhead Crane

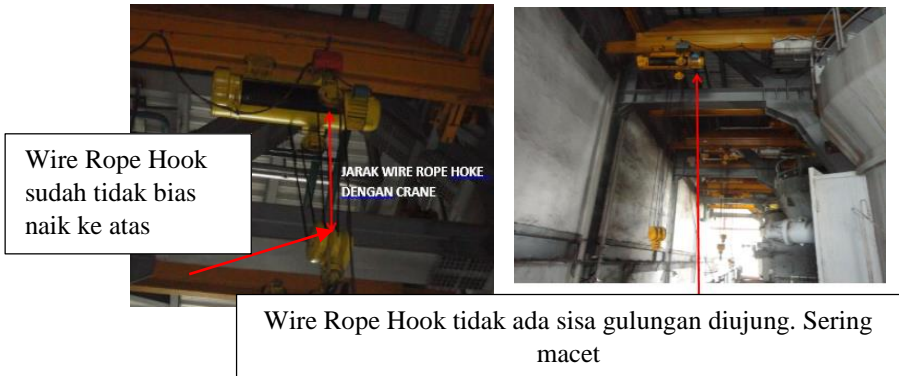




Gambar 2.8 Proses Pelepasan Grinding Mill dengan Bantuan Spesial Tool

### 2.4.3 Rusak Pengarah Gulungan Wire Rope

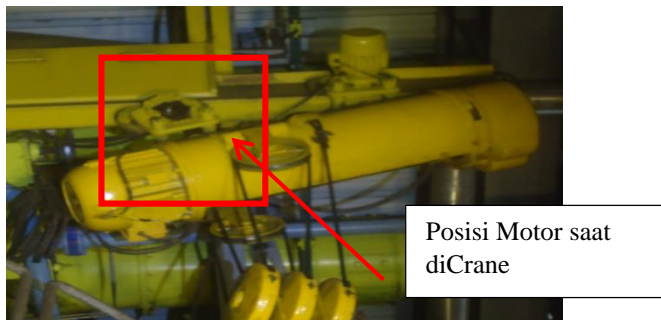
Ketidak lurusan antara wire rope dengan beban berdampak banyak rusaknya komponen pendukung, salah satunya yaitu pengarah gulungan wire rope crane. Informasi dari salah satu user PLTU Paiton ketika dilakukan pembongkaran/pemasangan beban dari spare part Grinding Mill posisi miring atau tidak tegak lurus terhadap beban. Kerusakan diperkirakan saat pengangkatan beban crane *wire rope* kurang panjang, sehingga saat pengangkatan *wire rope* tidak memiliki kekuatan dalam menumpu (sisa gulungan *wire rope* sebagai pegangan tumpuan crane). Pada saat proses pemasangan Grinding Mill ketika sudah direpair kemudian akan dipasang kembali, posisi *wire rope hook* turun kebawah sampai tidak ada sisa didrum penggulung. Dan ketika dilakukan pengangkatan crane sering mengalami kemacetan.



Gambar 2.9 Kerusakan Penggulung *Wire Rope*

#### 2.4.4 Kerusakan Housing Motor Hoist Crane

Dalam kasus yang telah terjadi di PLTU Paiton, crane mengalami sebuah kerusakan yang cukup rumit. Crane yang berfungsi sebagai proses bantu memindahkan suatu barang pada saat itu digunakan untuk melepas Grinding Mill dari tempat. Saat proses sedang berlangsung, terjadi kerusakan (pecah) pada housing motor penggerak drum wire rope hook (crane untuk arah kanan-kiri). Terjadi sebuah retakan dan pecahan di housing motor tersebut, sehingga drum penggulung *wire rope* hampir jatuh.



Gambar 2.10 Posisi Motor Listrik di Overhead Crane



Gambar 2.11 Motor Penggerak Hoist Girder Rusak

## 2.5 Teori Kegagalan

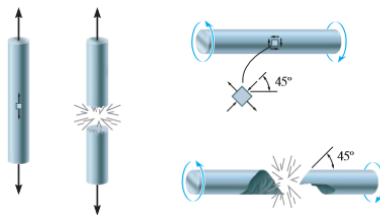
Banyak teori yang tersedia untuk memprediksi tegangan pada material isotropic. Teori-teori ini memprediksikan kegagalan pada material dengan memberikan beban dinamis maupun beban kejut. Selanjutnya, teori ini memprediksi tegangan yang terjadi setelah proses pembebanan. Saat tegangan yang telah dihitung melebihi tegangan yang diizinkan material akan diasumsikan kegagalan material (*material failure*) terjadi.

Saat dihadapkan dengan sebuah permasalahan atau pengujian material yang telah mengalami pecah (*failure/fracture*) langkah pertama sebelum melakukan simulasi percobaan adalah mengetahui jenis material tersebut. Jika kemudian dihadapkan dengan sebuah material getas (*brittle*) dan memungkinkan harus diuji, maka terdapat dua metode pengujian material *brittle*. Pengujian tentang material *brittle* (getas) tersebut antara lain yaitu 1) Metode Teori Tegangan Normal Maksimum dan, 2) Teori Kriteria Kegagalan Mohr's [3]. Antara kedua teori tersebut semuanya dapat digunakan untuk memprediksi kegagalan pada material getas (*brittle*). Didalam kehidupan sehari-hari nilai kegagalan pada material getas muncul sangat mendadak, sehingga

selain menggunakan prinsip teori tersebut juga harus menggunakan mikroskopis untuk melihat *void* dan retakan kecil.

### 2.5.1 Metode Teori Tegangan Normal Maksimum

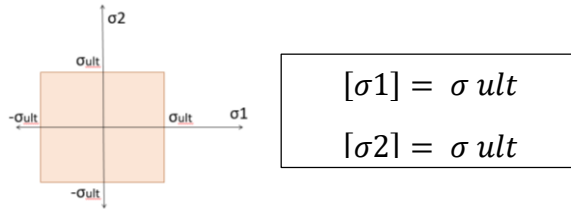
Dalam pokok pembahasan 2.51 tentang teori tegangan normal maksimum menjelaskan bahwa kriteria untuk tegangan normal maksimum cocok untuk material jenis *brittle*. Material *brittle* yang dimaksud ini adalah material jenis *gray cast iron*. Material *gray cast iron* ini lebih cenderung mengalami kegagalan secara tiba-tiba tanpa menyentuh titik *yield* yang jelas. Dalam pengujian *tension*, material akan mengalami patah ketika diberikan tegangan normal saat mencapai titik *ultimate stress*  $\sigma_{ult}$ , dalam gambar 2.15 memperlihatkan material *brittle* mengalami patahan secara pengujian torsi, material yang patah membentuk sudut  $45^\circ$  ke arah samping miring. Dalam eksperimen tersebut patahan ditunjukkan saat material diberikan torsi pada kedua ujung sisi, kekuatan material sedikit tidak terpengaruh oleh adanya tekanan principal saat sisi sebelah kanan saat membentuk sudut  $45^\circ$ . Oleh karena itu, pengujian uji tarik membutuhkan sebuah patahan dari specimen saat pengujian torsi. Karena penggunaan rumus tegangan normal maksimum pada sebuah material *brittle* akan gagal ketika tegangan Tarik maksimum ( $\sigma_1$ ) di material tersebut mencapai nilai yang sama dengan nilai tegangan normal maksimum.



Gambar 2.15 Uji torsion material *brittle* (getas)

Ilustrasi tegangan yang terjadi di material *brittle* bisa dijadikan dalam bentuk 2Dimensi ditunjukkan pada gambar 2.16. Karena itu, jika koordinat tegangan ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ) berada pada titik luar

material (berada di batas ataupun diluar sisi gelap area), material dikatakan gagal. Teori ini dikemukakan oleh W. Rankin, yang telah menemukan tingkah laku dari material getas (*brittel*) saat memiliki tekanan pada satu titik itu sama dengan mendapatkan sebuah tegangan.



Gambar 2.16 Tegangan Normal Maksimum Teori

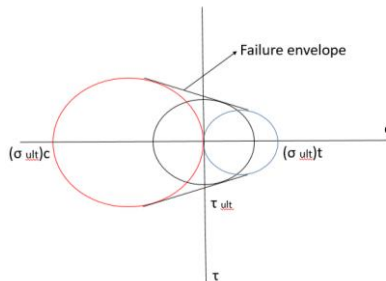
### 2.5.2 Teori Kriteria Kegagalan Mohr's

Dalam teori kriteria kegagalan Mohr's menjelaskan bahwa tegangan pada material getas (*brittle*) berbeda dengan tegangan property. Saat terjadi suatu kriteria berdasarkan Diagram Mohr's saat itu juga menggunakan prediksi tentang kegagalan. Untuk menerapkan teori ini pertama yang dilakukan adalah melakukan tiga test terhadap material. Ketiga test itu adalah;

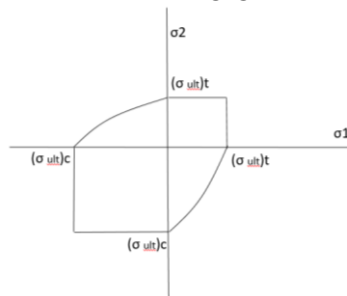
- *A uniaxial tensile test*
- *A uniaxial compressive test*, menggunakan penjumlahan tegangan Tarik maksimum
- *Compressive stress* ( $\sigma_{ult}$ ), dan *respectively* ( $\sigma_{ult}$ ).

Dan juga torsion test dilakukan untuk mencari tegangan geser maksimum ( $\tau_{ult}$ ) yang kemudian digunakan untuk membantu menggambar diagram Mohr's yang ditunjukkan dalam ilustrasi gambar 2.17. Didalam ketiga lingkaran diagram Mohr's ini terdapat garis kegagalan (*failure envelope*) diindikasikan dari ekstrapolasi tangensial dari ketiga lingkaran tersebut. Jika kondisi tegangan pada diagram Mohr's mewakili garis kegagalan (*failure envelope*), atau sampai kesisi luar batas lingkaran tersebut bias dikatakan kegagalan terjadi.

Dijelaskan kembali pada gambar 2.18 mengilustrasikan tegangan prisipal  $\sigma_1$  dan  $\sigma_2$ , menjelaskan terjadi kegagalan jika sepenuhnya nilai dari satu tegangan prisipal mencapai nilai yang sama atau lebih besar dari  $(\sigma_{ult})_t$  atau  $(\sigma_{ult})_c$ . atau jika dilihat pada gambar 2.18 tersebut posisi titik berada digaris atau diluar batas area bias dikatakan gagal.



Gambar 2.17 Teori Kriteria Kegagalan Mohr's



Gambar 2.18 Grafik Kriteria Kegagalan Mohr's

## 2.7 Besi Tuang Kelabu (*Gray Cast Iron*)

Besi tuang kelabu merupakan jenis paduan besi-karbon yang tergolong pada jenis *Hypoeutectoid* karena kandungan C diatas 2,5 sampai dengan 4% [4]. Struktur besi tuang kelabu terdiri dari *grafit* dan paduan dari *ferit sementit* dan *perlit*. Perlit pada dasarnya memiliki sifat yang ulet dan baik sekali untuk ketahanan aus. Namun karena besi tuang kelabu ini memiliki kandungan silicon yang relative tinggi yaitu antara satu sampai 3%, maka besi cor ini sangat mudah membentuk grafit. Grafit serpih besi tuang kelabu

ini terbentuk rata-rata saat proses pembekuan. Besi tuang kelabu memiliki komposisi kimia Silicon antara 1-3,5%, Sulfur antara 0,06 – 0,12%, Manganese antara 0,2 – 1%, dan Phosphurus antara 0,1 – 0,9%.

Salah satu karakteristik dari besi cor ini adalah bidang patahannya. Saat terjadi patahan sebagian besar permukaan patahan melintasi serpih grafit, maka permukaan berwarna kelabu. Serpihan grafit yang dimiliki oleh besi cor ini menyebabkan keuletan bahan menjadi sangat rendah, namun demikian grafit serpih ini mampu meredam getaran dengan cukup baik. Dengan sifat-sifat yang dimiliki besi tuang ini sangat cocok digunakan untuk landasan mesin, poros penghubung, dan alat berat.

**Tabel 2.4** Jenis-Jenis *Gray Cast Iron* Berdasarkan *Brinell Hardness*

TYPE	BHN
Ferritic (annealed) gray iron	110-140
Austenitic irons	140-180
Soft gray iron	140-180
Pearlitic irons	160-220
Pearlitic alloy iron of low alloy	200-250
Tempered martensitic	260-350
Martensitic irons	350-450
White iron, unalloyed	280-500
Alloy white iron	450-550
Martensitic white iron	550-700
Nitrided iron (surface only)	900-1000

## 2.8 Metode Elemen Hingga (*Finite Elemen Analysis FEA*)

Metode elemen hingga adalah metode numeric untuk mempekirakan solusi dari permasalahan matematis sehingga memperoleh hasil yang mendekati dengan kondisi real. Secara garis besar, metode elemen hingga dilakukan dengan cara membagi-bagi suatu struktur menjadi beberapa elemen, dan elemen tersebut terhubung melalui nodal-nodal. Jenis-jenis elemen yang digunakan dalam metode elemen hingga adalah elemen satu dimensi (*truss* elemen, *bar* elemen, dsb) elemen dua dimensi (*plane*, *plate* elemen dsb) dan elemen 3 dimensi (*solid* elemen) [5].

Pada metode elemen hingga setiap elemen yang harus digunakan harus memiliki matriks kekakuan tertentu, yaitu  $[K]$ . matriks kekakuan tersebut digunakan dalam persamaan berikut :  $[K] \times [X] = [F]$ . dimana  $[K]$  adalah matriks kekakuan,  $[X]$  adalah deformasi, dan  $[F]$  adalah gaya. Langkah-langkah dalam metode elemen hingga dalam menganalisa suatu struksur adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan tipe analisa (static, dinamik, modal, *bucking*, *contact*, atau thermal)
- 2) Menentukan tipe elemen 2D atau 3D
- 3) Menentukan properties material ( $E$ ,  $\nu$ ,  $\rho$ ,  $a$ , dsb.)
- 4) Menentukan nodal-nodal struktur
- 5) Membentuk elemen-elemen dengan menyambungkan ke nodal-nodal.
- 6) Menentukan *boundary condition* dan pemberian beban
- 7) Melakukan percobaan eksekusi agar mendapatkan hasil
- 8) Menganalisa hasil yang diperoleh (*Displacement*, *Stress*, *Strain*, *Natural Frequency*, *Temperatur*, dan *Time History*)

Penyelesaian metode elemen hingga menggunakan metode matriks. Sarana computer diperlukan untuk menghitung persamaan metode ini, hal ini dikarenakan perhitungan dalam metode ini sangat kompleks. Perhitungan dari seluruh system merupakan penyelesaian persamaan serentak yang dinyatakan dalam bentuk matriks.

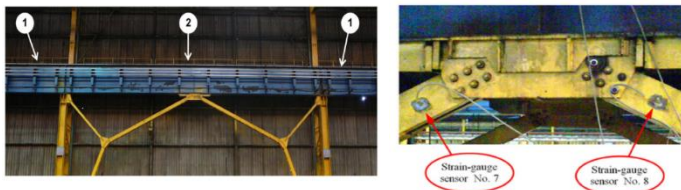


## 2.9 Studi Pustaka

### 2.9.1 Analysis of Crane Track Degradation Due to Operation

Pada September 2015, **Jozef Kulka** dan **Martin Mantic** dari *Technical University of Kosice, Slovak Republic* melakukan penelitian tentang gaya yang terjadi pada sebuah crane yang berjudul “*Analysis of Crane Track Degradation Due to Operation*”. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa adanya kerusakan yang terjadi pada sebuah lintasan crane, menganalisa lintasan crane saat uji beban terbesar dan melakukan optimasi terhadap lintasan crane tersebut.

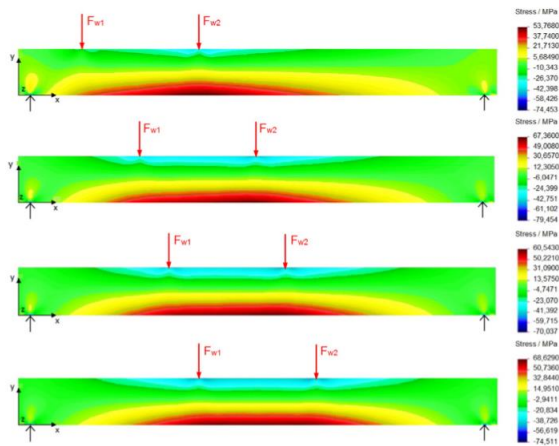
Setelah mengambil data (pengukuran dimensi, pengukuran eksperimental dengan strain-gauge dsb.) kemudian dilakukan simulasi. Hasil simulasi menunjukkan adanya load terbesar saat crane mengangkat beban. Hasil analisa secara FEA ditunjukkan pada table 2.6 tampak visual dari hasil simulasi ditunjukkan pada gambar 2.21



Gambar 2.19 Lokasi Sensor Strain-Gauge di Lintasan Crane (Rujukan)

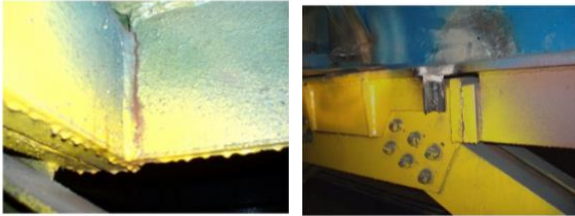
**Tabel 2.6** Hasil Analisa Calculative Damage Crane

measured beam no.	detail category (DC)	stress increment		Number of loading		Calculative damage
		from loaded crane	from unloaded crane	from loaded crane	from unloaded crane	
1	56	84	71,4	146,848	146,848	0,4
2	56	76,6	65,8	146,848	146,848	0,3
3	56	61,6	54	3181,705	3181,705	2,65
4	56	72,5	60,5	1566,378	1566,378	2,69
5	125	40,6	30,3	1566,378	1566,378	0,42
6	125	50,8	35,8	3181,705	3181,705	0,14
7	125	90,6	67,8	3181,705	3181,705	0,86
8	125	108	85,2	1566,378	1566,378	0,75

**Gambar 2.20** Hasil Simulasi Stress Terbesar (Rujukan)

Optimasi dilakukan pada daerah yang memiliki titik point stress tertinggi pada lintasan crane, dalam kasus tersebut terjadi patahan *fatigue*. Tabel 2.4 berfungsi sebagai analisa untuk kemungkinan

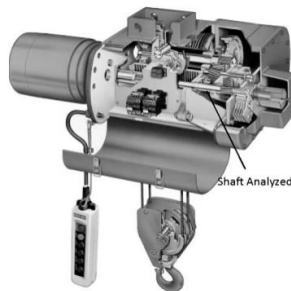
tertinggi terjadinya titik crack/patahan tersebut. Ditunjukkan pada gambar 2.14 foto patahan/crack pada lintasan.



Gambar 2.21 Crack dan Repair Lintasan Crane (Rujukan)

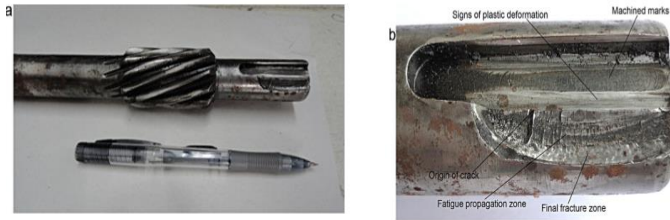
### 2.9.2 Failure Analysis of A Bridge Crane Shaft

Penelitian yang berjudul "Failure Analysis of A Bridge Crane Shaft" oleh **O.A. Zambrano** dan **J.J. Coronado** dari *Universidad del Valle, Colombia* dilakukan pada bulan Juni 2013. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa patahan (*Fatigue*) yang terjadi pada sebuah Bridge Crane dengan menggunakan *Finite Elemen Analysis (FEA)*. Sebuah Bridge Crane mengalami kerusakan (*fatigue*) pada *shaft* motor listrik. Peneliti mengumpulkan data (mikro-struktur *shaft*, *hardness measurements*, torsi motor dan kemudian melakukan simulasi FEA. Setelah simulasi ini diharapkan mendapat rekomendasi standart tentang komposisi kimia dan mikro-struktur material *shaft*. Pada gambar 2.15 memperlihatkan posisi shaft pada motor listrik bridge crane



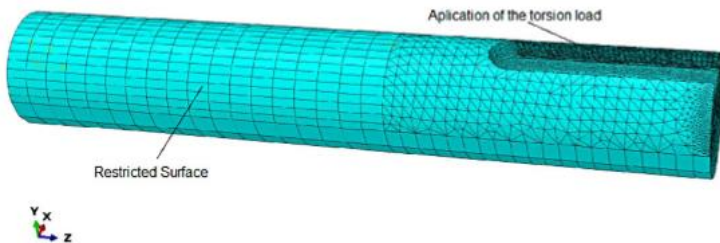
Gambar 2.22 Bridge Crane dan Shaft

Dari data didapatkan untuk dimensi *shaft* berdiameter 25,4mm, torsi 2,52, standart maksimum *stress* 2,6. Maka rekomendasi pengunci (*keyway*) adalah lebar harus 6,3mm tetapi *shaft* memiliki *keyway* selebar 9,1mm. Dan tinggi *keyway* harus 3,2mm, tetapi *shaft* bridge crane memiliki tinggi *keyway* 3,3mm. Pada gambar 2.16 memperlihatkan *fatigue* yang terjadi pada *shaft*.

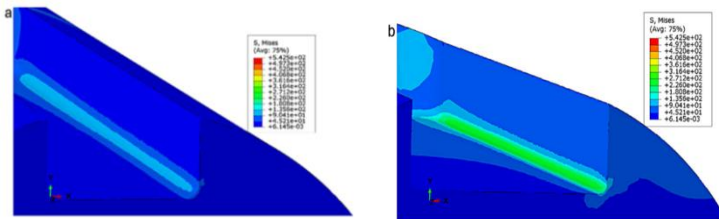


Gambar 2.23 (a) *Shaft Bridge Crane* (b) Permukaan *Fatigue Keyway Shaft*

Peneliti mendapatkan data material berjenis steel AISI 4140 dan akan diganti dengan material AISI 4340 dan untuk meneliti kelelahan yang terjadi menggunakan analisa elemen hingga (FEA). Dalam menggunakan analisa elemen hingga peneliti melakukan simulasi dengan 2 benda yaitu (1) *shaft* dengan standart yang telah ditentukan (2) *shaft* dengan dimensi sesuai dengan lapangan. Tampak visual hasil simulasi dengan menggunakan FEA ditunjukkan pada gambar 2.16



Gambar 2.24 *Boundary Conditions Shaft*



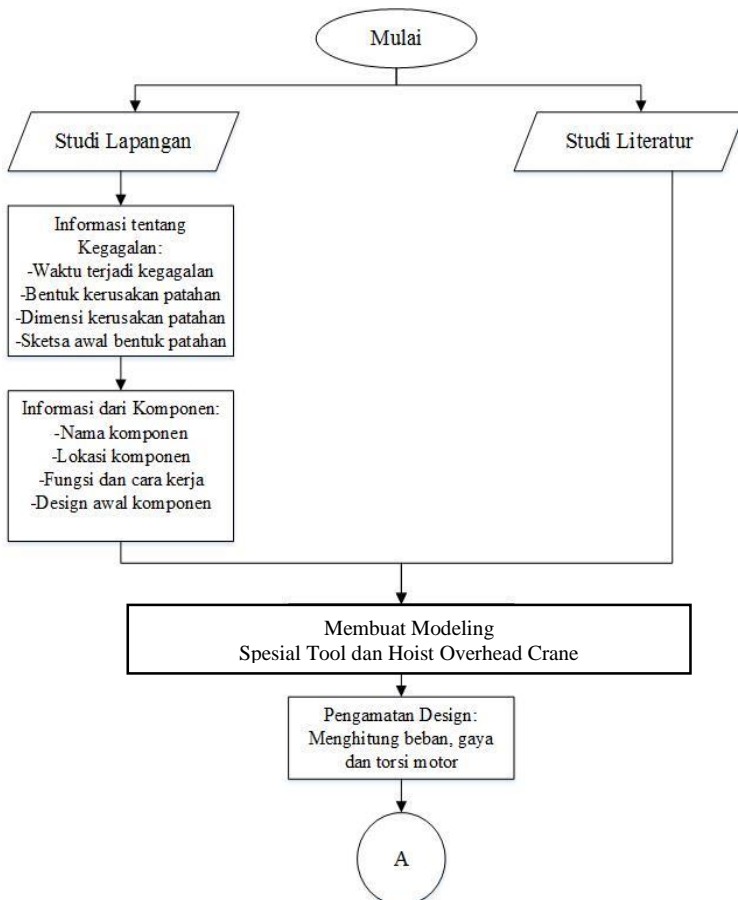
Gambar 2.25 (a) *Stress* Pada *Shaft* Standart (b) *Stress* Pada *Shaft* Sesuai Lapangan

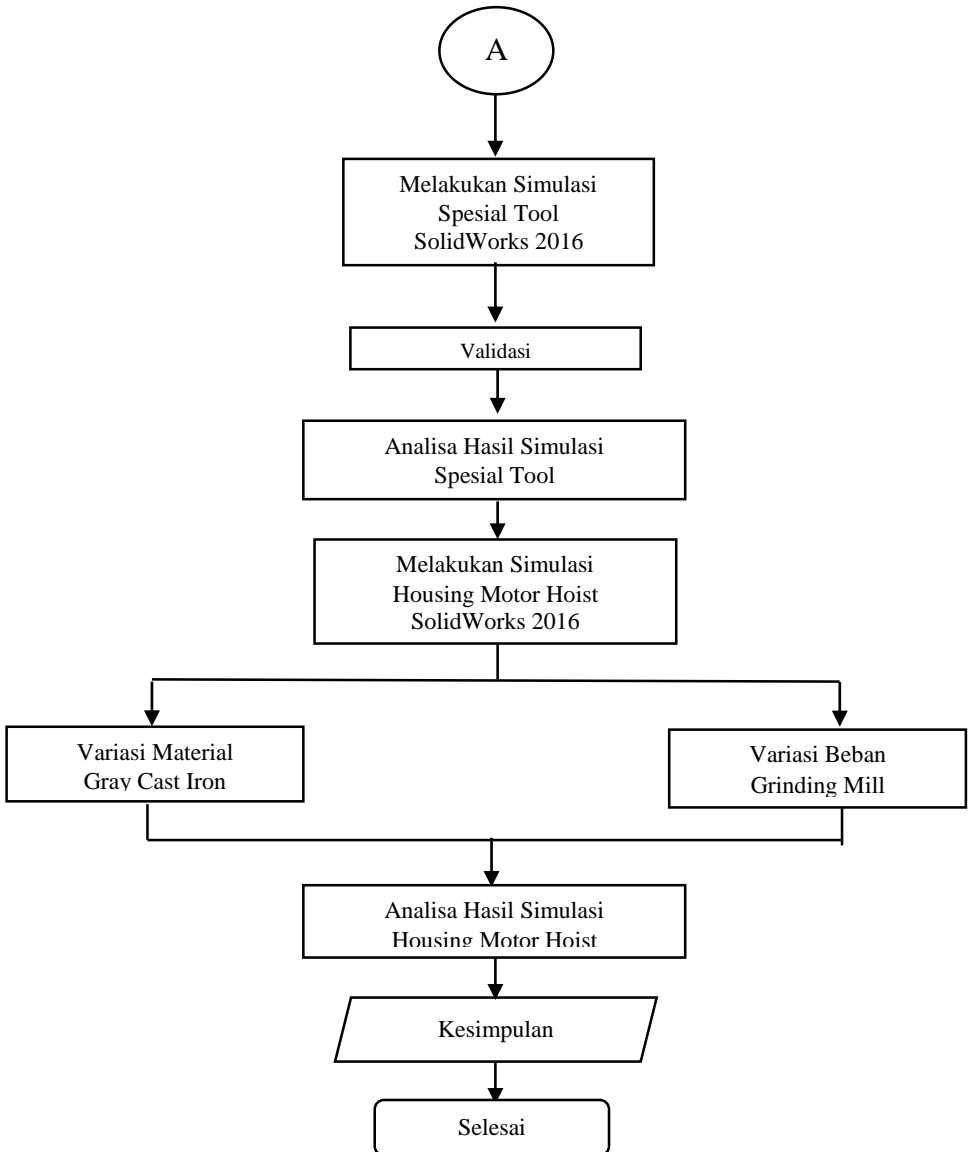
Hasil pengujian simulasi dengan metode elemen hingga (FEA) menunjukkan hasil yang signifikan karena dapat mengetahui *stress* secara persis titik terbesar. Dari gambar 2.17 memperlihatkan *shaft* yang dibuat tanpa memperhitungkan standart memiliki tegangan yang lebih besar dari pada pembuatan *shaft* yang sesuai dengan standart. Perbandingan tekanan yang terjadi pada *shaft* tanpa memperhitungkan standart lebih besar 116,4% dari pada *shaft* sesuai standart.

## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1 Diagram Aliran Penelitian

Sejumlah tahapan-tahapan disusun agar di dalam penyelesaian tugas akhir ini diperoleh tujuan yang diharapkan. Tahapan-tahapan tersebut ditunjukkan dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) seperti gambar 3.1





Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir

Metodologi penyusunan tugas akhir ini dimulai dengan studi literature mengenai crane, membuat modeling housing motor crane PLTU Paiton, melakukan simulasi pengujian pada perangkat lunak *SolidWork 2016*, melakukan variasi terhadap material, melakukan pengujian dengan metode kegagalan *brittle*. Tahap terakhir yaitu analisa hasil simulasi dan membuat kesimpulan.

### 3.1.1 Prosedur Perhitungan

Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam perhitungan kegagalan housing motor hoist overhead crane dengan metode perhitungan adalah sebagai berikut;

- 1) Langkah awal dari penelitian ini adalah mencari data-data komponen (tegangan, torsi, beban) dan informasi tentang kegagalan saat komponen beroperasi.
- 2) Membuat modeling housing motor hoist menggunakan aplikasi berbasis *Finite Elemen Analysis* yaitu *SolidWork 2016*.
- 3) Menghitung gaya dan momen yang berkerja pada housing motor hoist dengan menggunakan data-data saat crane menganagkat beban maksimal (20ton), data torsi dari spesifikasi motor listrik, dan beban berat dari motor.
- 4) Menghitung nilai sifat mekanik (*gray cast iron*) yang sebelumnya telah diuji dengan metalurgi.
- 5) Memodelkan tegangan, torsi, dan beban dengan bantuan software *SolidWork* untuk mendapatkan tegangan maksimum.
- 6) Menganalisa kegagalan pada Housing motor crane menggunakan metode Tegangan Geser Maksimum dan metode Distorsi Energi
- 7) Memvariasikan jenis material *gray cast iron* dengan nilai sifat mekanik yang lebih besar dari nilai yang sebelumnya (sebelumnya material *gray cast iron* memiliki nilai kekerasan 203 *Hardness Brinell* kemudian diganti dengan 180, 200, dan 220 *Hardness Brinell*)
- 8) Melakukan pengujian dan analisa metode kegagalan khusus material *brittle*. (Selesai)



### 3.1.2 Studi Literatur dan Data Penelitian

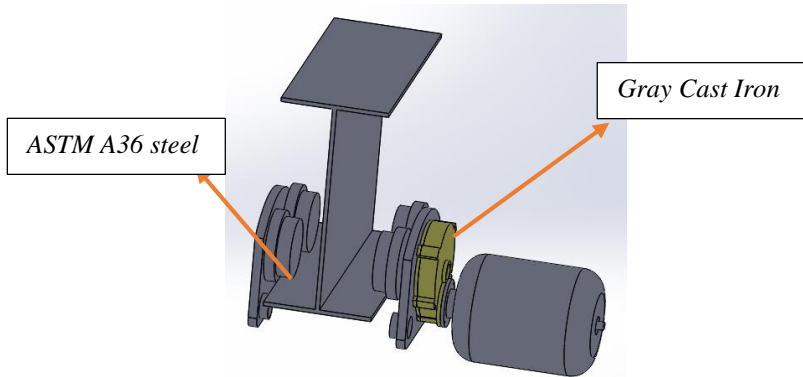
Tahapan pertama yang dilakukan adalah memahami studi literature. Studi literature dilakukan untuk memahami dan mengetahui landasan teori yang berhubungan dengan tugas akhir ini. Tahapan selanjutnya adalah mengumpulkan data-data yang bertujuan untuk menunjang tugas akhir ini. Pengumpulan data dilakukan dengan mencari data-data dimensi, bentuk, torsi dan gaya yang berkerja pada housing motor crane. Topic-topik yang dibutuhkan dalam tugas akhir ini yaitu meliputi variasi material dan system metode pengujian untuk material *brittle*. Oleh karena itu, refrensi-refrensi dalam bentuk jurnal ilmiah juga sangat diperlukan. Setelah dilakukan simulasi dengan bantuan SolidWork 2016 penulis melakukan dua analisa pada hasil housing motor crane, yaitu yang pertama adalah memvariasikan material *gray cast iron* dengan ukuran besar *tensile* dan *stress* yang berbeda dengan material asli. Dengan memvariasikan material ini penulis bertujuan agar dapat mengetahui material yang kuat, tidak banyak merubah design awal, memiliki *cost* yang rendah dan memiliki *life time* yang lama. Kedua adalah melakukan pengujian dengan metode kegagalan *brittle*, dengan melakukan pengujian ini diharapkan penulis dapat mengetahui kriteria beban maksimal yang dapat ditumpu pada housing motor crane agar membantu memperpanjang *life time* dari housing motor crane ini.

Data yang diperoleh dari penelitian ini adalah *gray cast iron*. Dari data material tersebut kemudian disimulasikan pada *SolidWork 2016* agar memperoleh titik *stress* terbesar pada bagian housing motor yang belum diketahui secara visual. Data material *gray cast iron* tersebut kembali diuji dengan metode kegagalan material *brittle* agar dapat dianalisa untuk lebih lanjut.

### 3.1.3 Gambar Teknik *Special Tool* dan *Housing Motor Hoist Overhead Crane*

Gambar teknik masing-masing *part*\_maupun gambar keseluruhan komponen akan disertakan pada lembar lampiran dibagian akhir laporan ini. Langkah selanjutnya adalah membuat model *special tool* dan *housing motor hoist* untuk proses simulasi.

Setelah selesai selanjutnya mengisi data-data seperti mengetahui jenis material dan sifat mekaniknya. Dalam simulasi material yang digunakan adalah ASTM A36 cukup untuk mewakili.

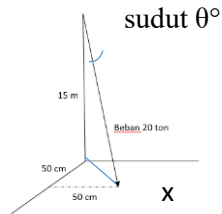


Gambar 3.2 Model Housing Motor Hoist Overhead Crane

Maka langkah selanjutnya adalah meng-input gambar Housing motor hoist overhead crane menggunakan software *finite elemen*. Kemudian setelah modeling housing telah selesai dan ukuran dimensi telah sesuai dengan ukuran asli, langkah selanjutnya adalah mengisi sifat mekanik (properties) dari setiap bagian motor hoist overhead crane.

### 3.1.4 Validasi Housing Motor Hoist Overhead Crane

Sebelum melakukan simulasi dilakukan perhitungan *handbook* untuk menghitung tegangan yang berkerja pada pada *housing* motor *hoist*. Hasil akhir perhitungan diharapkan menjadi validasi untuk tegangan maksimum yang berkerja pada *housing* motor *hoist* sehingga terjadi kegagalan patahan.



Gambar 3.3 Resultan Gaya Beban *Grinding Mill*

Langkah pertama setelah menggambarkan sketsa resultan gaya beban *grinding mill* adalah mencari sudut yang terbentuk karena ketidak sejajaran beban dan mencari resultannya.

$$x = \sqrt{(500 \text{ mm})^2 + (500 \text{ mm})^2}$$

$$x = 707,12$$

$$\tan \theta = \frac{707,12}{15000} ; 0,0471413$$

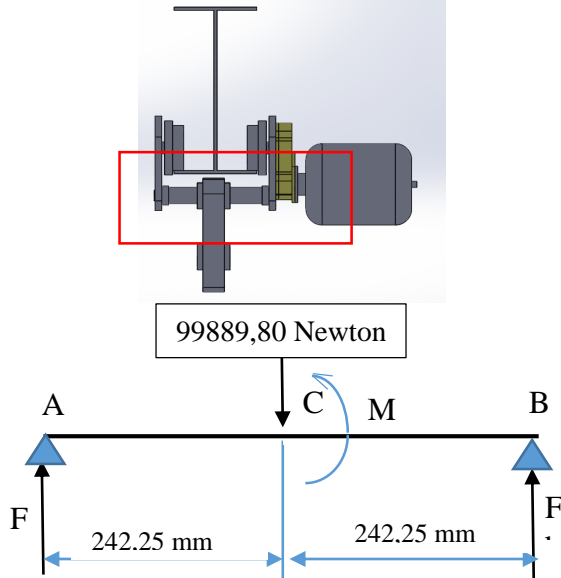
$$\text{Sudut } \theta^\circ = 2,69^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{Resultan beban} &= 100000 \text{ N} \cdot \cos 2,69^\circ \\ &= 99889,80 \text{ Newton} \end{aligned}$$

**Tabel 3.1** Validasi Gaya Resultan Pembebanan

Varian	Variasi Pembebanan	Resultan Beban
1	10 ton	99889,80
2	20 ton	199779,61
3	30 ton	299669,43
4	40 ton	399559,23

Mencari *free body diagram (FBD)* untuk setiap gaya yang berkerja,



Gambar 3.4 FBD untuk Resultan Beban *Grinding Mill*

Mencari gaya reaksi dititik A dan B, dimana  $\Sigma F_y = 0$  (keatas nilai positif)

$$\Sigma F_y = 0; \quad \longrightarrow \quad F_{Ay} + F_{By} - 99889,80 \text{ N} = 0$$

$$F_{Ay} + F_{By} = 99889,80 \text{ N}$$

$$F_{By} = -F_{Ay} + 99889,80 \text{ N} \dots\dots\dots(1)$$

Mencari gaya momen dititik A dan B, dimana  $\Sigma M = 0$

$$\Sigma M_c = 0; \quad \longrightarrow \quad -F_a \cdot (1/2L) + F_b \cdot (1/2L) = 0$$

$$-F_a \cdot (242,25) + F_b \cdot (242,25) = 0 \dots\dots\dots(2)$$

$$-F_a \cdot (242,25) + (-F_a + 99889,80)(242,25)$$

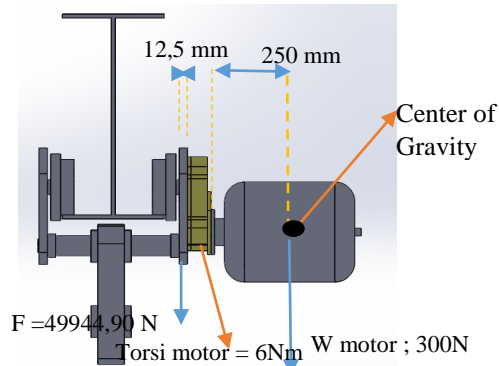
$$-F_a \cdot (242,25) - F_a \cdot (242,25) + 24198304,05$$

$$2F_a = \frac{24198304,05}{242,25}$$

$$2F_a = 99889,8$$

$$\text{Jadi } F_a = 49944,9 \text{ N dan } F_b = 49944,9 \text{ N}$$

Setelah mengetahui gaya reaksi dimasing-masing poros tumpuan, langkah selanjutnya memindah gaya poros tumpuan ke *housing* motor *hoist* yang mengalami patah. Karena gaya memiliki sifat transmissibility maka FBD menjadi:



Gambar 3.5 FBD untuk *Housing Motor Hoist*

Langkah selanjutnya adalah memindah gaya ke permukaan plat *housing* motor *hoist* kemudian mencari gaya reaksi dan momen yang berkerja.

$$\begin{aligned} \text{Gaya reaksi dititik A} &= 49944,9025 \text{ N} \times 12,5 \text{ mm} \\ &= 624311,28 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

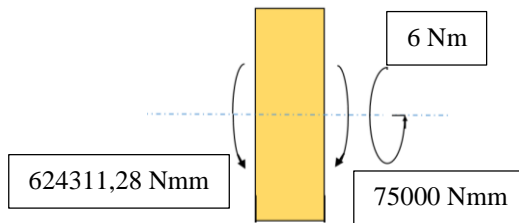
**Tabel 3.2** Validasi Gaya Resultan pada *Housing Motor Hoist*

Varian	Variasi Pembebanan	Resultan Beban di <i>Housing Motor Hoist</i>
1	10 ton	624311,28 Nmm
2	20 ton	1248622,563 Nmm
3	30 ton	1872933,938 Nmm

4	40 ton	2497245,188 Nmm
---	--------	--------------------

$$\begin{aligned} \text{Gaya reaksi dititik B} &= 300 \text{ N} \times 250 \text{ mm} \\ &= 75000 \text{ Nmm}, \end{aligned}$$

Sehingga gaya reaksi dihousing motor *hoist* dapat diilustrasikan menjadi berikut;



Gambar 3.6 FBD Reaksi Gaya *Housing Motor Hoist*

Langkah selanjutnya untuk validasi *housing motor* adalah menentukan moment inersia. Dalam menentukan moment inersia suatu benda adalah menentukan titik pusat gravitasi. *Housing motor* memiliki bentuk dimensi dan geometri yang tidak beraturan, sehingga dalam menentukan validasi *housing motor* terlalu banyak asumsi. Sehingga untuk menentukan moment inersia hasil validasi terlalu banyak pembulatan dan asumsi menyebabkan hasil jauh dengan kondisi riil-nya.

### 3.1.5 Data Material

Material yang dipakai pada *housing motor hoist* PLTU Paiton ini adalah material jenis *gray cast iron* sedangkan untuk material lainnya dapat diasumsikan dengan simulasi *SolidWork* menggunakan ASTM A36 steel. Data *mechanical properties* dari kedua material adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.3** *Mechanical properties gray cast iron dan ASTM A36 steel*

Sifat Mekanik Material	Gray Cast Iron	ASTM A36 steel
Modulus Elastis	101,17 Gpa	200,5 Gpa
Density	7200 kg/m <sup>3</sup>	7850 kg/m <sup>3</sup>
Yield Strength	-	250 Mpa
Poison Ratio	0,27	0,26
Tensile Strength	201,7 Mpa	400 Mpa
Shear Modulus	-	79,3 Gpa
Kekerasan	200 HB	-

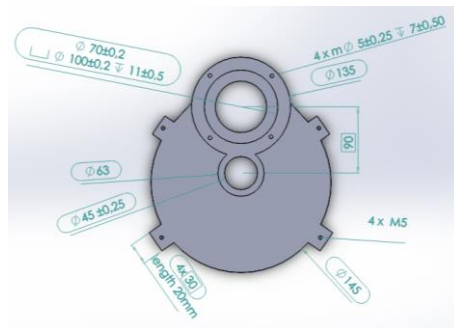
Langkah selanjutnya setelah mengetahui sifat mekanik dari housing motor hoist adalah memvariasikan menurut jenis kekerasan (*Hardenss Brinell*). Variasi kekerasan ini juga sangat dipengaruhi oleh komposisi kimia material.

**Tabel 3.4** Variasi Material *Gray Cast Iron* Menurut Komposisi Kimia

Komposisi Kimia	Material 1	Material 2	Material 3
3,20 – 3,60 Carbon	3,43	3,43	3,41
1,60-2,40 Silicon	2,04	2,04	2,32
0,3-0,6 Manganese	0,54	0,54	0,57
0,15 (max) Phosphorus	0,044	0,044	0,049
0,1 (max) Sulfur	0,035	0,035	0,027
N/A Stannum	0,08465	0,12117	0,16587

**Tabel 3.5** Variasi Material *Gray Cast Iron* Hasil Kekerasan (*Hardness Brinell*)

Variasi Material	Materail 1	Material 2	Material 3
Modulus Elastisitas (MilionPSI)	11,5	13	16
Kekuatan Tarik (PSI)	26.000	31.000	42.500
Compressive Strenght (PSI)	97.000	109.000	140.000
Torsion Shear (PSI)	32.000	40.000	57.000
Kekerasan (HB)	174	201	235



Gambar 3.7 Spesifikasi Housing Motor Hoist

### 3.1.6 Data Spesifikasi Motor Listrik

Motor listrik yang digunakan saat pengoperasian *overhead crane* ini adalah jenis motor 3-phase. Motor listrik ini kemudian digunakan untuk membantu dalam simulasi *finite elemen* memberikan besar torsi dan beban berat dari motor, sehingga diharapkan simulasi dapat berjalan sesuai kegagalan yang telah terjadi.

**Tabel 3.6** Spesifikasi Motor Listrik *Overhead Crane*

CONE ROTOR 3-PHASE INDUCTION		JB/T 9008.3-99	
Speed	1380 rot/min	Voltage	380 V
Power	0,8 kW	Frequenc	50 Hz
Current	2,4 A	Weight	35 Kg



### 3.1.7 Data Profil I Lintasan Crane

Profil I yang digunakan sebagai lintasan motor Hoist crane memiliki tipe HE 320c, spesifikasi dimensi yang diperoleh dari standart profil I dicantumkan dalam lampiran 3.

### 3.1.8 Data Roda Gigi

Untuk menunjang detail dalam simulasi *Finite Elemen* ini penulis melakukan simulasi dengan material yang seperti ada pada lapangan, salah satunya pemodelan roda gigi yang berfungsi untuk menjalankan Housing motor crane. Pemodelan roda gigi memiliki data sebagai berikut:

**Tabel 3.8** Data Roda Gigi Motor Hoist

Data Roda Gigi		Data Pinion	
Diameter	200 mm	Diameter	50 mm
Jumlah Gigi	49	Jumlah Gigi	10
Tebal	80 mm	Tebal	50 mm
Tebal Gear	40 mm	Tebal Gear	35 mm

## 3.2 Simulasi

Pada penelitian ini terdapat 3 jenis simulasi pengujian yang hendak dilakukan, yaitu :

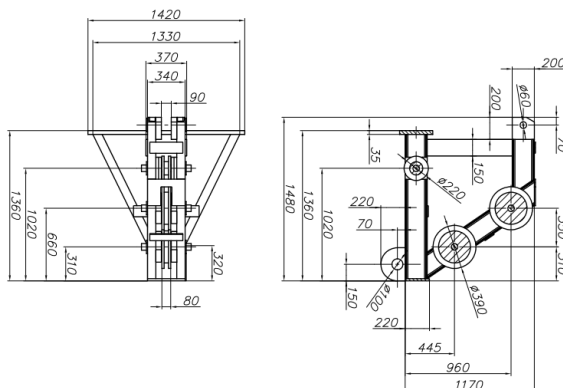
1. Simulasi pengujian *housing* motor *hoist overhead crane*,
2. Simulasi *housing motor* yang mengalami kegagalan atau pecah dan
3. Analisa gaya berat beban *grinding mill* oleh *special tool* dengan menggunakan 3 *pulley* dan 1 *pulley*.

Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan simulasi pada *special tool*. Dengan meninjau berat asli *grinding mill* 5 ton, maka variasi pembebanan yang dilakukan adalah 5 ton, 10 ton, 15 ton dan 20 ton. Setelah mendapatkan hasil simulasi pada *special toll*, langkah selanjutnya adalah mensimulasikan *housing motor hoist*. Simulasi *housing motor hoist* dilakukan variasi beban 10 ton, 20 ton, 30 ton dan 40 ton. Dari simulasi akan diperoleh nilai tegangan maksimum, nilai defleksi dan angka keaman yang terjadi. Simulasi

terakhir adalah menganalisa tegangan yang terjadi pada *housing motor*, kemudian menganalisa dan mencari sebab terjadinya kegagalan yang terjadi. Pada tahapan ini untuk menyelesaikan persoalan dengan metode elemen hingga dibagi kedalam beberapa langkah penyelesaian sebagai berikut.

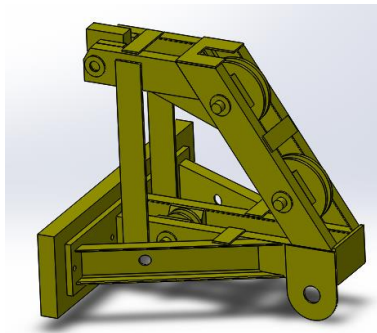
### 3.2.1 Simulasi Pengujian Spesial Tool Dengan Varian Pulley

Pengujian *spesial tool* perlu dilakukan untuk mencari tegangan tali baja saat proses *maintenance* sedang berlangsung. Hal-hal yang perlu menjadi pertimbangan di dalam melakukan simulasi agar kondisi simulasi yang dilakukan menyerupai dan bisa mewakili keadaan yang berlangsung di PLTU Paiton. Kemudian hasil simulasi dikaji agar dapat dipilih tegangan seberapa besar pengaruh penggunaan *spesial tool* terhadap kemiringan tali *overhead crane*. Sketsa geometri utama untuk *spesial tool* ditunjukkan oleh gambar 3.9. Setelah membuat sketsa geometri utama, langkah selanjutnya ialah membuat bagian perbagian dari sketsa geometri menggabungkan menjadi satu kesatuan. Gambar 3.14 menunjukkan model *spesial tool* yang telah selesai.



Gambar 3.9 Sketsa Geometri *Spesial Tool* Tampak Atas (a) dan Tampak Samping (b)

Pengujian *spesial tool* dalam tahap ini diharapkan sesuai dengan kondisi lapangan di PLTU Paiton. Dari berbagai hasil *survey* yang telah dilakukan dilapangan, pihak *maintenance* hanya menggunakan satu buah pulley bagian luar dengan dibantu dengan *chain block*. Dalam kategori design pertama harusnya menggunakan 3 buah pulley. Penggunaan 3 buah pulley tersebut diharapkan meminimalisir ketidak lurusan tali *overhead crane* dengan beban. Dari hasil simulasi ini akan menambah pengetahuan dan alasan nilai defleksi maksimum, angka factor keamanan maksimum, dan *interlaminer shear stress* terbesar. Dengan menggunakan prinsip dasar tegangan tali pada sebuah pulley dapat dijelaskan bahwa saat kondisi di PLTU Paiton beban *grinding mill* yang harus diangkat oleh *overhead crane* adalah dua kalinya beban asli dari *grinding mill* tersebut. Maka untuk kajian yang lebih dalam simulasi akan dilakukan pembebanan *grinding mill* berat asli atau dua kalinya dan pembebanan beban maksimum *overhead crane* berat asli atau dua kalinya.



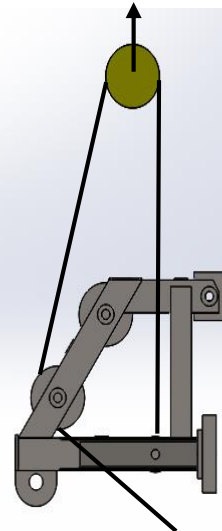
Gambar 3.10 Model *Spesial Tool* Selesai

**Tabel 3.9** Variasi Pembebanan *Housing Motor Hoist* Setelah Mengkaji Penggunaan *Spesial Tool*

Variasi Pembebanan <i>Spesial Tool</i>	Beban yang Diterima <i>Overhead crane</i>	Keterangan
5 ton	10 ton	Simulasi berat beban asli <i>Grinding Mill</i>
10 ton	20 ton	Variasi pembebanan 2
15 ton	30 ton	Variasi pembebanan 3
20 ton	40 ton	Kondisi berat beban <i>maksimum</i> saat <i>Spesial Tool</i> menggunakan 1 <i>pulley</i>

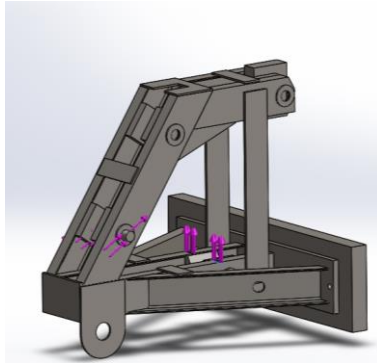


(a)



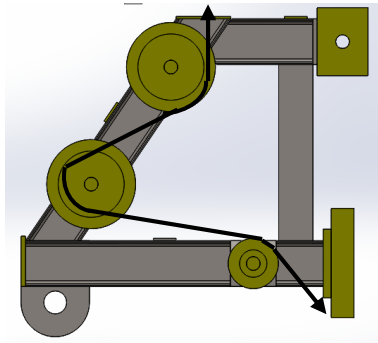
(b)

Gambar 3.11 Kondisi *Existing Maintenance Grinding Mill* (a)  
*Free Body Diagram Spesial Tool* Menerima Beban (b)

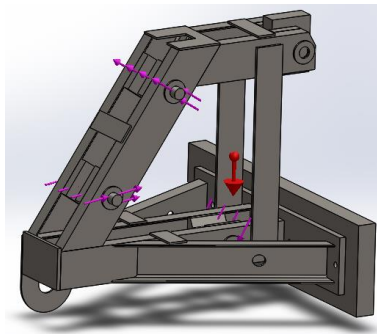


Gambar 3.12 Pemberian Beban pada *Spesial Tool* 1 Pulley

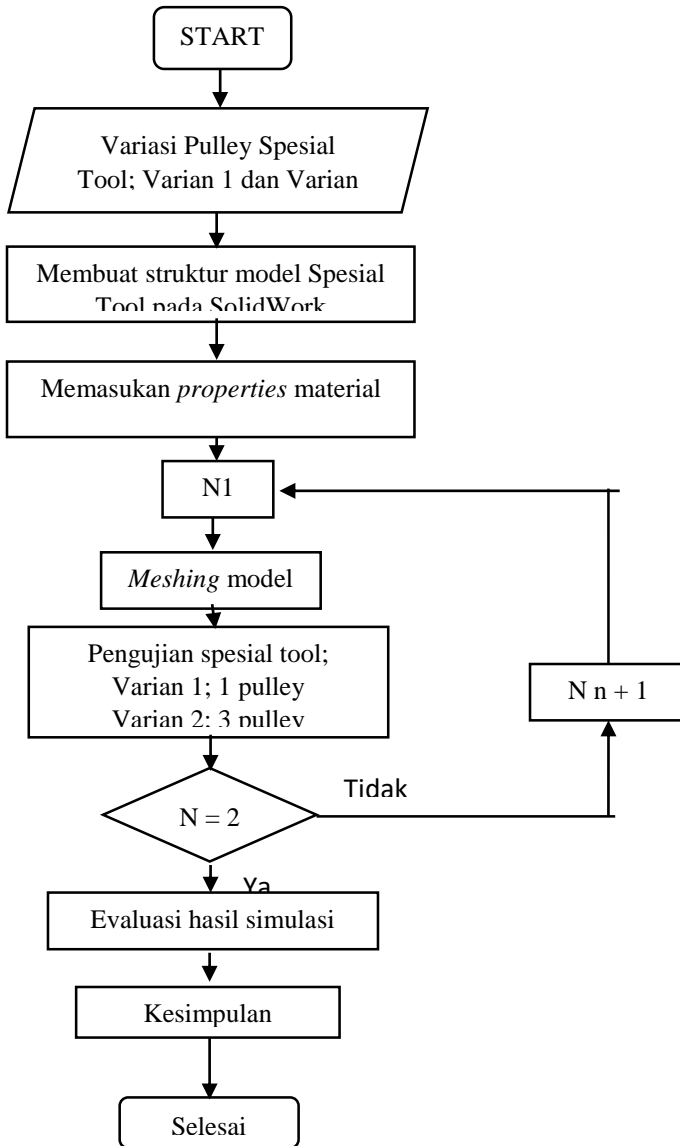
Gambar 3.12 memperlihatkan kondisi dimana proses pembongkaran *grinding mill* milik PLTU Paiton yang hanya melibatkan satu *pulley* di bagian tengah. Kondisi ini menyebabkan *overhead crane* harus mengalami pengangkatan beban 2 kalinya berat *grinding mill*. Gambar 3.13 memperlihatkan design awal dari *spesial tool* yang melibatkan 3 buah *pulley*. Hasil-hasil dari simulasi yang telah dilakukan kemudian dianalisa. Simulasi yang hendak dianalisa adalah berupa defleksi maksimal yang terjadi, faktor keamanan dan *interlaminar shear stress*. Hasil simulasi diharapkan menjadi tolak ukur proses *maintenance grinding mill* selanjutnya agar tidak mengalami patahan atau gagal.



Gambar 3.13 Rancangan Kondisi *Spesial Tool Maintenance Grinding Mill* Dengan 3 Pulley



Gambar 3.14 Pemberian Beban pada Model *Spesial Tool* 3 Pulley



Gambar 3.15 Diagram Alir Pengujian Spesial Tool

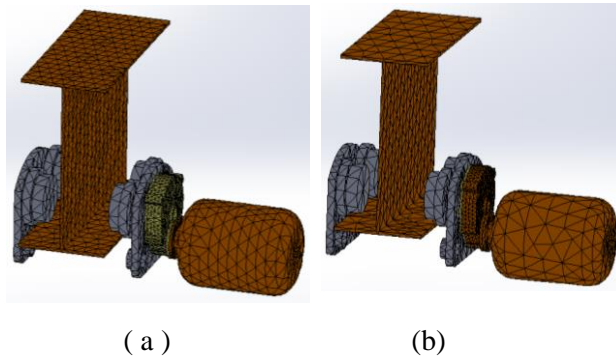
### 3.2.2 Simulasi Pengujian *Housing Motor Hoist Overhead Crane*

Sebelum melakukan pengujian permodelan *housing* ada beberapa 3 langkah yang harus dicermati, yaitu (1) *preprocessing; defining the problem*, (2) *solution; assigning loads, constraints, and solving* dan (3) *Postprocessing; further processing and viewing of the results*.

#### 1. *Preprocessing; defining the problem*

Sebelum mendefinisikan persoalan, mula-mula struktur *housing motor hoist overhead crane* perlu disimulasikan ke dalam permodelan pada perangkat lunak *Solidworks*. Untuk melakukan permodelan struktur dengan material *gray cast iron*, pertama-tama struktur dimodelkan ke dalam bentuk *solid*. Setelah itu, bentuk tersebut diubah kedalam bentuk *surface*. Gambar selanjutnya menunjukkan permodelan dalam bentuk *solid* dan *surface*. Langkah selanjutnya adalah mendefinisikan *surface* sebagai material *gray cast iron* dan mendefinisikan tipe elemen dan property material/geometri. Gambar 3.16 menunjukkan pengaturan *surface* sebagai *gray cast iron*. Langkah berikutnya adalah menentukan *meshing lines/areas/volumes* pada model. Ada 3 cara *meshing* yang bisa dilakukan pada *Solidworks 2016*, yaitu *Standart Mesh*, *Curvature Mesh*, dan *Blended Curvature Mesh*. Perbedaan ketiga *meshing* terletak pada orientasi penerapan *mesh*, *standart mesh* lebih berorientasi pada *face* dari model, *curvature mesh* berorientasi pada volume dari model, dan *blended-Curvature mesh* memadukan cara *meshing* berdasarkan *standart* dan *curvature mesh*. Untuk menentukan cara mana yang sebaiknya digunakan, maka perlu dikaji kembali untuk masing-masing part.





Gambar 3.16 *Curvature Mesh* (a) dan *Blended-Curvature Mesh* (b) dengan ukuran elemen 50 mm

**Tabel 3.10** Perbandingan Jumlah Nodal dan Jumlah Elemen

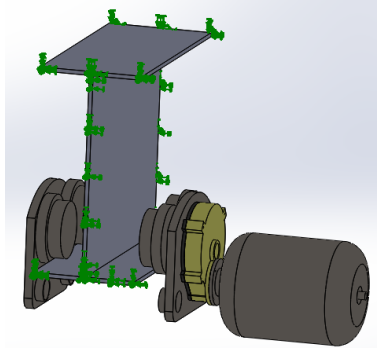
Ukuran Elemen	Curvatur Mesh		Blended-Curvatur Mesh	
	Jumlah Nodal	Jumlah Elemen	Jumlah Nodal	Jumlah Elemen
50 mm	27568	14125	23741	11698
25 mm	63111	34022	57945	30997
15 mm	154315	88585	151980	87023

Semakin banyak part yang akan dilakukan proses *meshing* maka semakin lama hasil prosesnya, namun akan lebih akurat jika setelah dilakukan simulasi. Setelah dilakukan simulasi, barulah dapat diketahui daerah terjadinya tegangan (*stress*) yang paling besar nilainya. Akan tetapi, ketika ukuran elemen *meshing* diperkecil, maka lokasi terjadinya tegangan maksimum berpindah tempat.

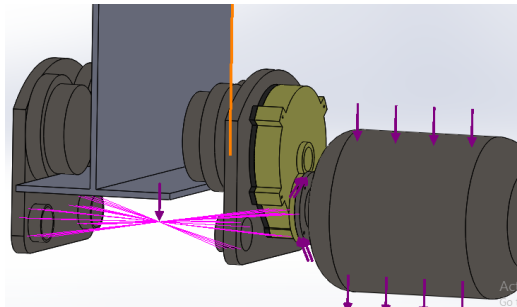
1. *Solution; assigning loads, constraints, and solving*

Pada langkah ini, model diberikan pembebanan sesuai dengan mendekati kondisi lapangan yang terjadi pada proses *maintenance grinding mill* di PLTU Paiton. Selain itu, beberapa *boundary condition* juga diterapkan, yaitu *constraint* pada bagian-bagian tertentu pada model. Gambar 3.17

menunjukkan penerapan *fixed constrain* pada model pengujian *housing motor hoist overhead crane*, dan gambar 3.11 menunjukkan pemberian beban pada model pengujian.



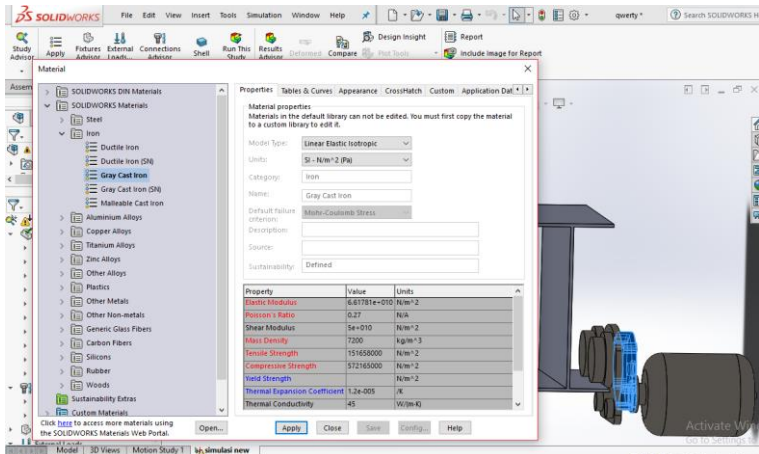
Gambar 3.17 Penerapan *Fixed Constrain* pada Model *Roller Motor Hoist*



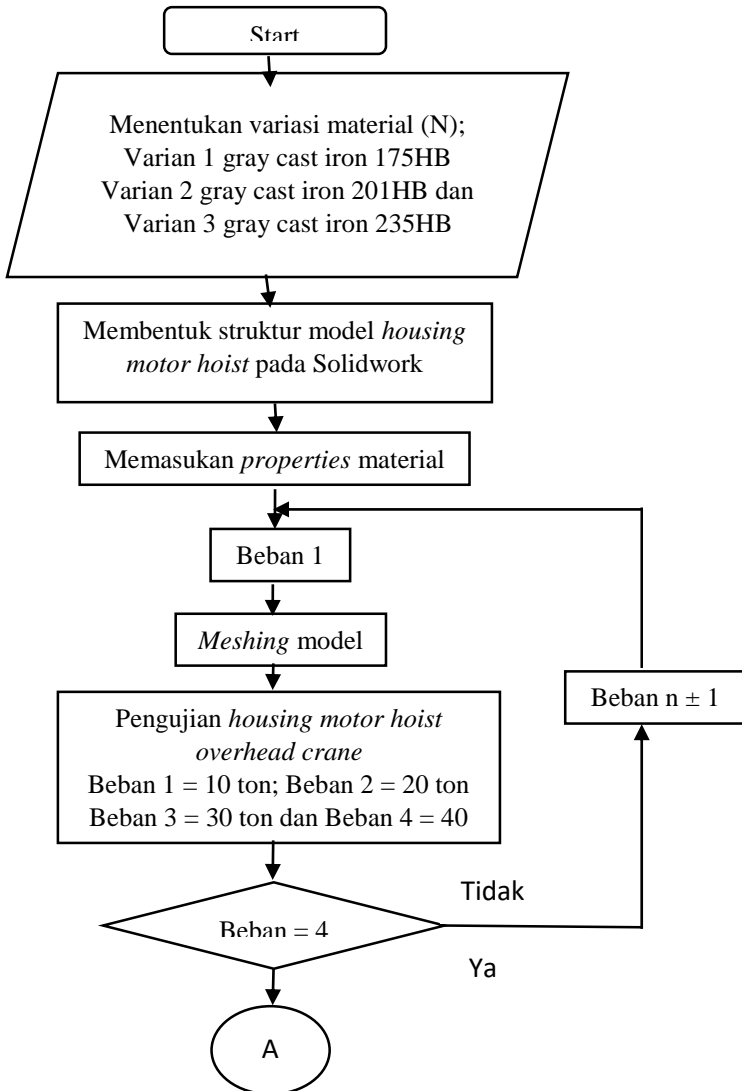
Gambar 3.18 Pemberian Beban pada Model *Roller Motor Hoist*

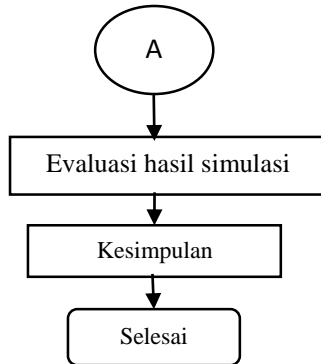
2. *Postprocessing; further processing and viewing of the results*

Tahap ini terdiri dari meninjau ulang dan melakukan evaluasi terhadap hasil simulasi. Hasil-hasil tersebut ditinjau hingga diperoleh kesimpulan dari simulasi.



Gambar 3.19 Jendela Pengaturan *Surface* sebagai *Gray Cast Iron*





Gambar 3.20 Diagram Alir Pengujian *Housing Motor Hoist Overhead Crane*

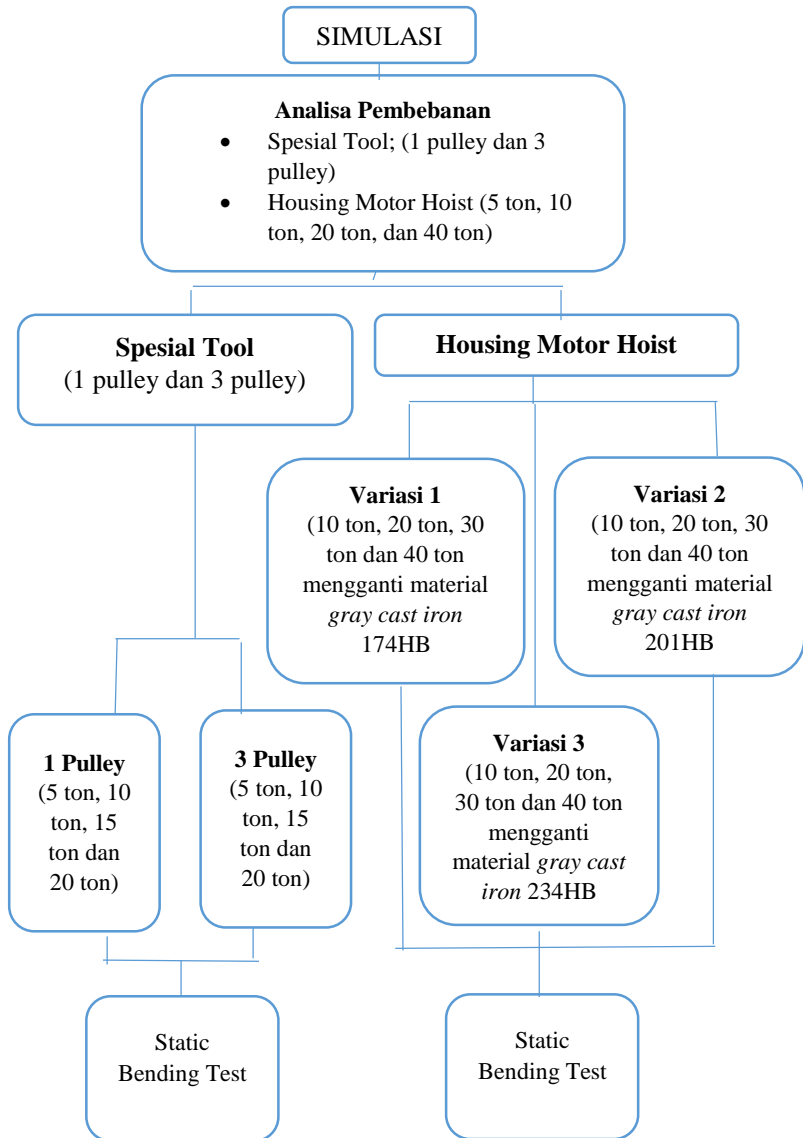
## **BAB 4**

### **HASIL DAN ANALISA**

Setelah dilakukan simulasi terhadap *housing motor hoist overhead crane* dan *spesial tool* dengan keadaan *static bending test*, maka diperoleh hasil berupa distribusi maupun nilai maksimum dan minimum dari *interlaminar shear stress*, *factor safety*, dan defleksi yang terjadi pada *housing motor hoist overhead crane*. Gambar 4.1 menunjukkan skema mengenai simulasi yang dilakukan terhadap tiap analisa *housing motor hoist* dan *spesial tool*.

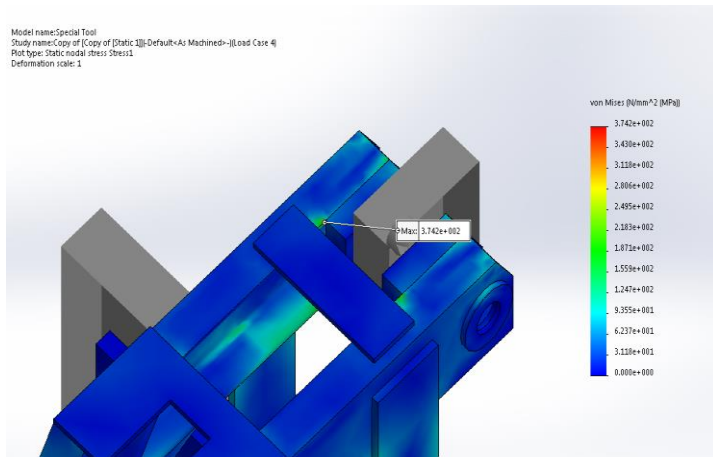
#### **4.1 Hasil Analisa Spesial Tool**

Perlakuan yang diberikan pada simulasi pengujian *static bending test* adalah dengan memberikan gaya tegak lurus ke bawah terhadap sumbu *housing hoist* dengan gaya sebesar 10 ton, mengacu pada kondisi saat kegagalan di PLTU Paiton. Sedangkan perlakuan yang diberikan kepada *spesial tool* dengan memberikan gaya 5 ton ke atas dan memvariasikan penggunaan 1 pulley dengan 5 ton keatas memvariasikan penggunaan 3 pulley. *Spesial tool* dalam simulasi ini memakai material ASTM A36, kemudian progress simulasi ini mendefinisikan koneksi baut pada lubang-lubang depan dan gantungan atas. Hasil dari simulasi *spesial tool* dengan variasi satu pelley pada pembebanan 20 ton didapatkan nilai tegangan masimum terjadi didaerah dekat pin untuk menempelkan *spesial tool* dengan *body grinding mill*. Nilai tegangan tertinggi didapatkan 374,2 Mpa, defleksi 4,165 mm dan angka keamanan 0,609. Berbeda dengan hasil simulasi *spesial tool* dengan menggunakan 3 pulley, nilai tegangan tertinggi didekat poros pulley tengah sebesar 376,2 MPa dan defleksi sebesar 3,438 mm. Nilai angka keaman lebih aman disbanding dengan menggunakan 1 pulley yaitu 0,6646. Hasil simulasi *stress* beban 20 ton tipe variasi pertama ditunjukkan pada gambar 4.2 tegangan maksimum terjadi didekat pin pengunci *spesial tool* bagian atas.

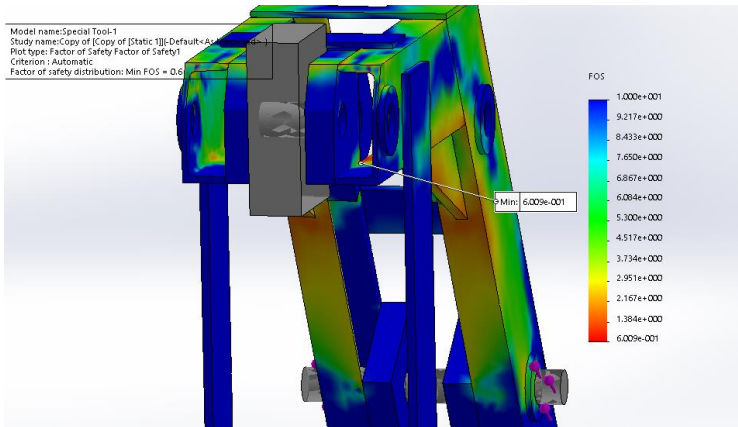


Gambar 4.1 Skema Tiap Analisa dan Modifikasi

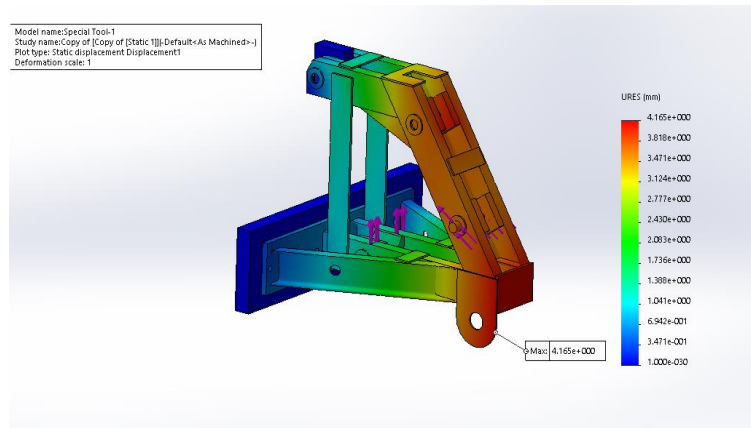
Tegangan maksimum terjadi didekat pin tersebut karena *spesial tool* hanya menggunakan 1 pulley sehingga tegangan tali berada pada sisi terjauh *spesial tool*. Jarak tegangan tali yang jauh menyebabkan *spesial tool* memiliki tegangan maksimum diujung pin pengunci. Hasil simulasi dengan menggunakan 3 pulley ditunjukkan pada gambar 4.5 *stress* maksimum berada hampir diseluruh permukaan *spesial tool*. Dalam kasus ini tegangan maksimum terjadi pada bagian dekat poros pulley bagian tengah.



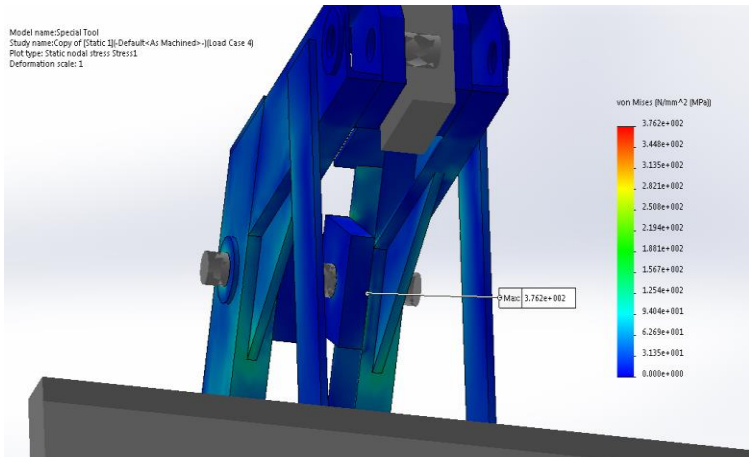




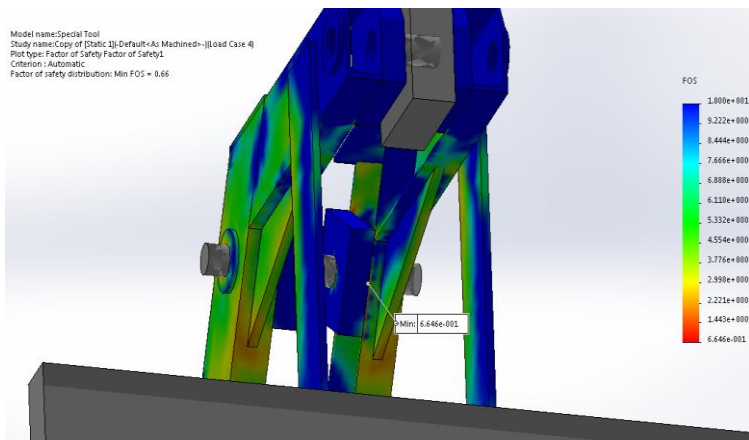
Gambar 4.3 Angka Keamanan (FOS) Beban Variasi 20 Ton Kondisi *Existing* 1 Pulley



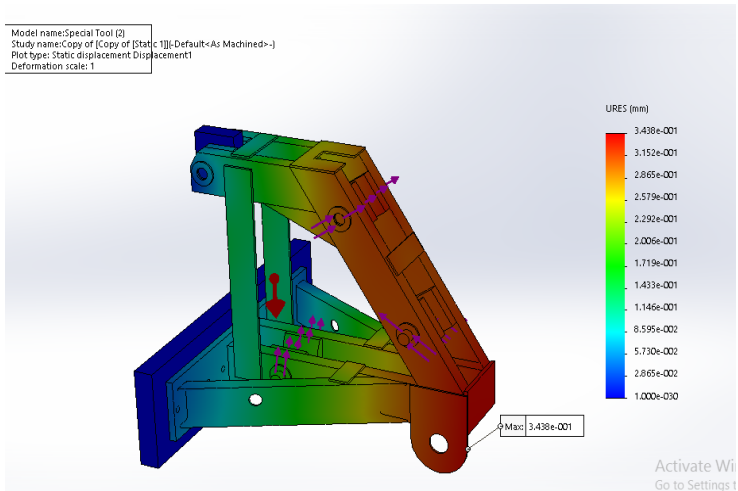
Gambar 4.4 Defleksi Beban Variasi 20 Ton Untuk Kondisi *Existing* 1 Pulley



Gambar 4.5 *Stress* Terbesar Beban 20 Ton Untuk Kondisi Design 3 Pulley



Gambar 4.6 Angka Keamanan (FOS) Beban Variasi 20 Ton Kondisi Design 3 Pulley



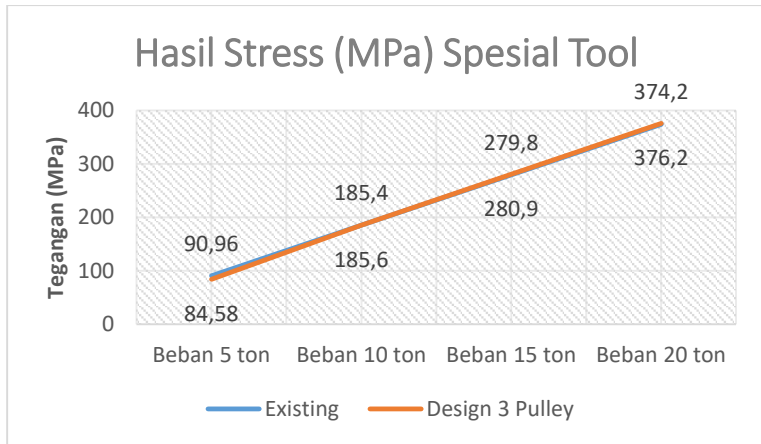
Gambar 4.7 Defleksi Beban Varian 20 Ton Untuk Kondisi Design 3 Pulley

Rekapitulasi hasil simulasi *spesial tool* dengan menggunakan 1 pulley dan design 3 pulley.

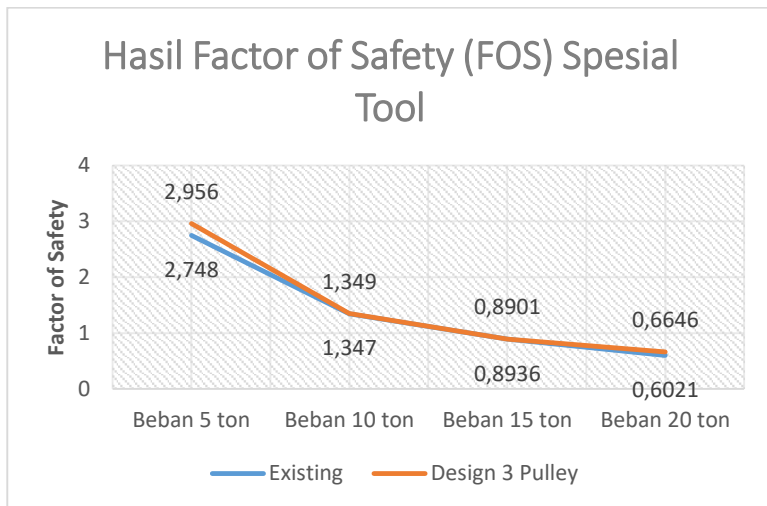
**Tabel 4.1** Hasil Simulasi *Spesial Tool*

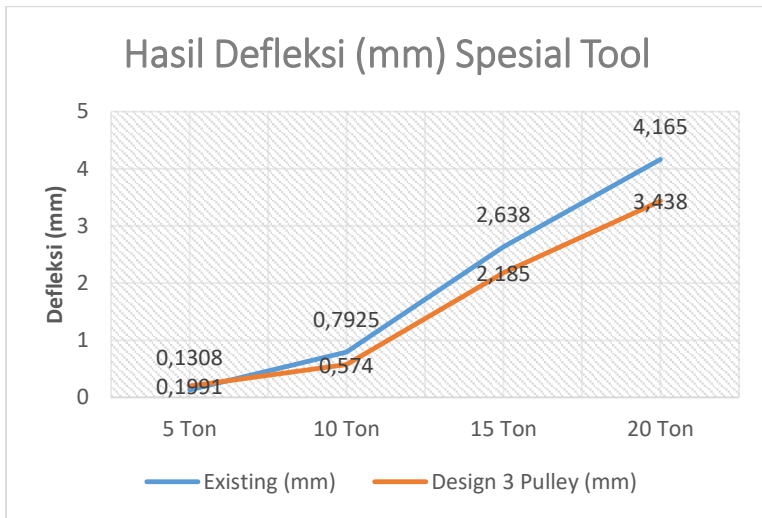
Variasi Pembebanan	Kondisi Existing (1 pulley)			Kondisi Design (3 pulley)		
	Stress (MPa)	FOS	Defleksi (mm)	Stress (MPa)	FOS	Defleksi (mm)
5 ton	90,96	2,748	0,1308	84,58	2,956	0,1991
10 ton	185,4	1,347	0,7925	185,6	1,349	0,574
15 ton	279,8	0,8936	2,638	280,9	0,8901	2,185

20 ton	374,2	0,6021	4,165	376,2	0,6646	3,438
--------	-------	--------	-------	-------	--------	-------



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan *Stress Spesial Tool*



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Angka Keamanan *Spesial Tool*Gambar 4.10 Grafik Defleksi *Spesial Tool*

Setelah diperoleh hasil dari pembebanan *spesial tool*, berikutnya adalah menganalisa hasil yang paling baik diantara variasi kedua tipe tersebut. Berdasarkan pengujian *bending static*, diperoleh hasil *stress* pada *spesial tool* sebesar 90,96 MPa untuk penggunaan satu pulley (kondisi *existing* pada PLTU Paiton) dan *stress* pada kondisi design 3 pulley sebesar 84,58 MPa untuk variasi pembebanan 5 ton. Dan diperoleh tingkat defleksi pada *spesial tool* sebesar 0,1308 mm dibagian dekat poros pulley untuk kondisi *existing*, sedangkan untuk kondisi sesuai design 3 pulley terjadi defleksi sebesar 0,1991 mm dibagian dekat poros pulley atas. Dengan hasil simulasi tersebut menunjukkan nilai angka keamanan yang lebih tinggi untuk varian design 3 pulley sebesar 2,956 dibandingkan dengan kondisi *existing* untuk 1 pulley yang menunjukkan sebesar 2,748. Saat pemberian beban maksimum yaitu 20 ton hasil simulasi menunjukkan *stress* yang dialami oleh kondisi design 3 pulley lebih besar senilai 765,5 MPa dibandingkan dengan

kondisi *existing* yang memiliki nilai 753,2 MPa. Namun hasil defleksi ditunjukkan berbeda yaitu kondisi *existing* menunjukkan hasil sebesar 4,165 mm lebih besar dari pada hasil defleksi yang tunjukan hasil simulasi dengan menggunakan 3 pulley sebesar 3,438 mm. Sehingga dari hasil ini, saat proses pengangkatan beban maksimum nilai kritis angka keaman terkecil adalah dengan menggunakan satu pulley sebesar 0,4681 didaerah sumbu profil C dekat pengunci bagian atas dari pada kondisi dengan menggunakan 3 pulley memiliki nilai angka keamanan sebesar 0,6646.

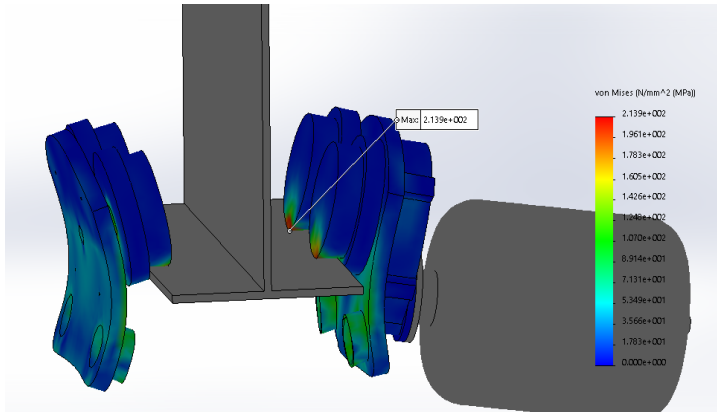
## **4.2 Hasil Analisa *Housing Motor Hoist Overhead Crane***

Setelah melakukan analisa terhadap simulasi terhadap *spesial tool*, langkah selanjutnya adalah memberikan variasi pembebanan terhadap *housing motor hoist*. Variasi pembebanan ini mengacu pada kondisi *existing* di PLTU Paiton dimana pembebanan *grinding mill* yang semula berat rata-rata hanya 5 ton menjadi 10 ton saat beban diterima oleh *overhead crane*. Dengan demikian variasi pembebanan pada *housing motor hoist* adalah 10 ton, 20 ton, 30 ton dan 40 ton. Selain memvariasikan pembebanan juga dilakukan variasi terhadap jenis material penyusun *housing motor hoist* yaitu *gray cast iron* 174HB, 201HB dan 235HB. Sebagai contoh variasi pertama adalah *housing motor hoist* dengan material jenis *gray cast iron* 174HB pembebanan 10 ton, 20 ton, 30 ton dan 40 ton. Sehingga setiap 1 varian tersebut terdapat 4 kali pengujian pembebanan. Dalam simulasi ini material selain *housing motor hoist* memakai jenis material ASTM A36. Variasi material kedua adalah material yang mendekati sifat mekanik dari *housing motor hoist* di PLTU Paiton.

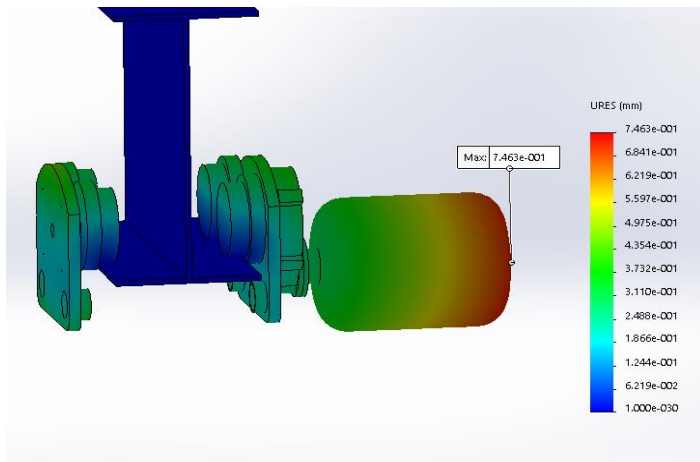
### **4.2.1 Hasil Variasi Pertama**

Simulasi variasi pertama ini dilakukan pada *housing motor hoist* dengan material jenis *gray cast iron* 174HB tipe ASTM kelas 25. Simulasi dilakukan pada empat pembebanan yaitu 10 ton, 20 ton, 30 ton dan 40 ton. Hasil dari setiap variasi ditampilkan dalam bentuk simulasi pada gambar 4.11 hingga gambar 4.16 dan nilai hasil ditunjukkan pada grafik gambar 4.17 sampai gambar 4.20. Dari

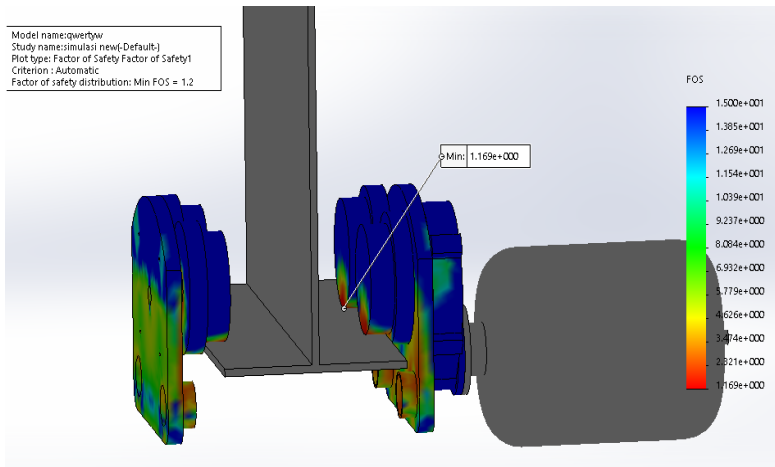
hasil simulasi varian pertama didapatkan saat simulasi diberikan beban maksimum 40 ton, nilai tegangan muncul sebesar 213,9 MPa, defleksi sejauh 0,763 mm dan angka keamanan sebesar 1,169



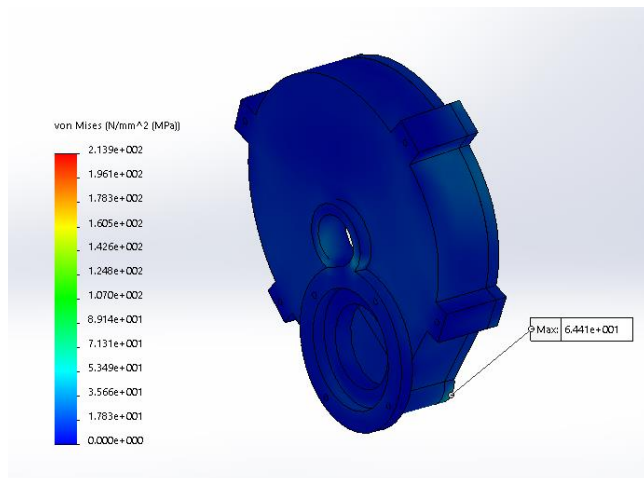
Gambar 4.11 *Stress Roller Motor Hoist* Beban 40 Ton Variasi Pertama



Gambar 4.12 *Defleksi Roller Motor Hoist* Beban 40 Ton Variasi Pertama

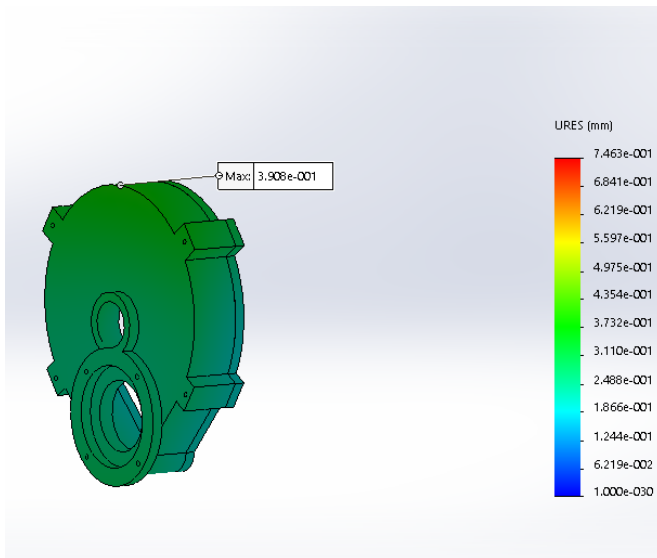


Gambar 4.13 Angka Keamanan (FOS) Terendah *Roller Motor Hoist* Beban 40 Ton Variasi Pertama

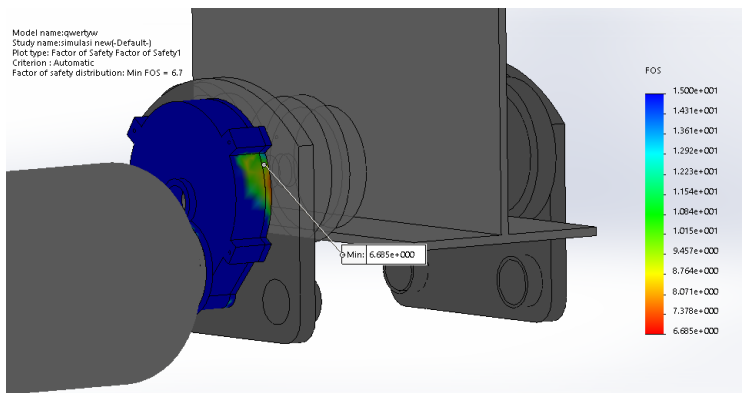


Gambar 4.14 *Stress* Terbesar Pada *Housing Motor* Beban 40 Ton Variasi Pertama





Gambar 4.15 Defleksi Pada *Housing Motor* Beban 40 Ton Variasi Pertama



Gambar 4.16 Angka Keamanan (FOS) Terendah Pada *Housing Motor* Variasi Pertama

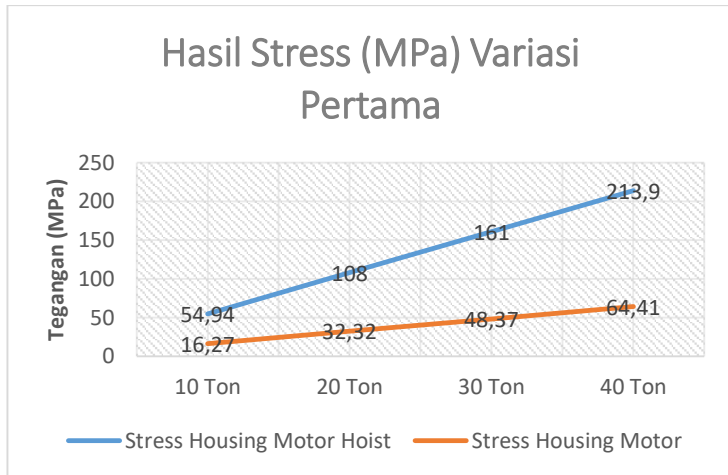
Rekapitulasi hasil simulasi *housing motor hoist* variasi pertama menggunakan tipe material *gray cast iron 174HB* ditunjukkan oleh tabel 4.2 dan tabel 4.3:

**Tabel 4.2** Hasil Simulasi *Roller Motor Hoist* Variasi Pertama

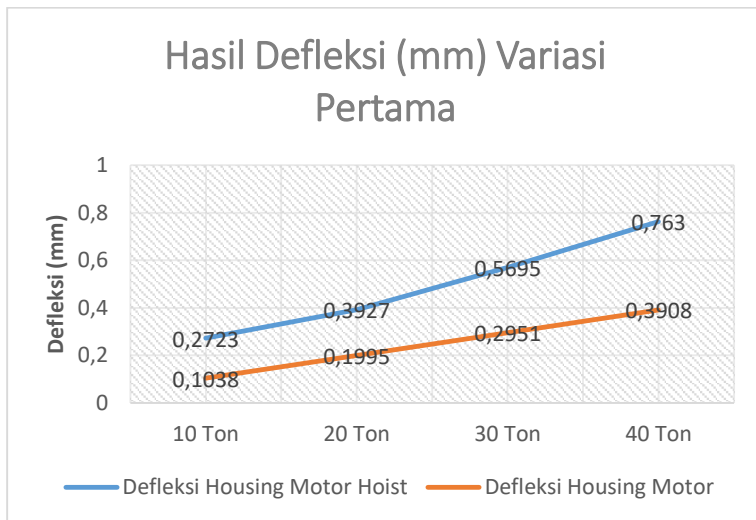
<i>Roller Motor Hoist Variasi Pertama</i>			
Beban	<i>Stress</i> (MPa)	Defleksi (mm)	FOS (terkecil)
10 ton	54,94	0,2723	4,55
20 ton	108,0	0,3927	2,315
30 ton	161,0	0,5695	1,553
40 ton	213,9	0,763	1,169

**Tabel 4.3** Hasil Simulasi *Housing Motor Gray Cast iron 174HB*

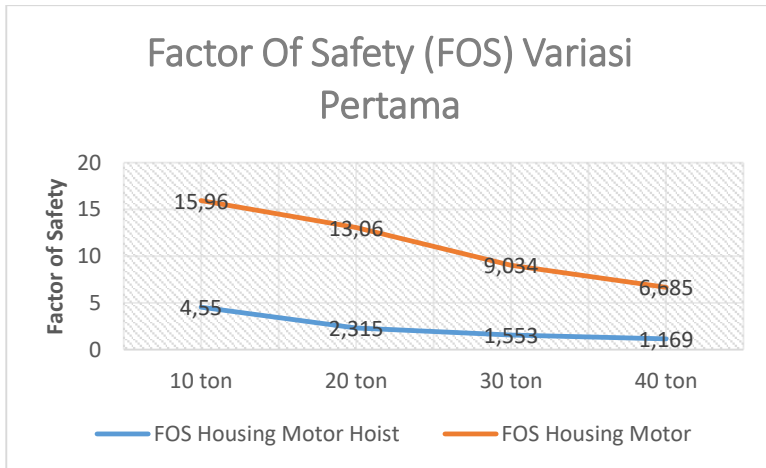
<i>Housing Motor Gray Cast Iron 174 HB</i>			
Beban	<i>Stress</i> (Mpa)	Defleksi (mm)	FOS (terkecil)
10 ton	16,27	0,1038	15,970
20 ton	32,32	0,1995	13,064
30 ton	48,37	0,2951	9,034
40 ton	64,41	0,3908	6,685



Gambar 4.17 Grafik Perbandingan *Stress* Variasi Pertama



Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Defleksi Variasi Pertama



Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Angka Keamanan Variasi Pertama

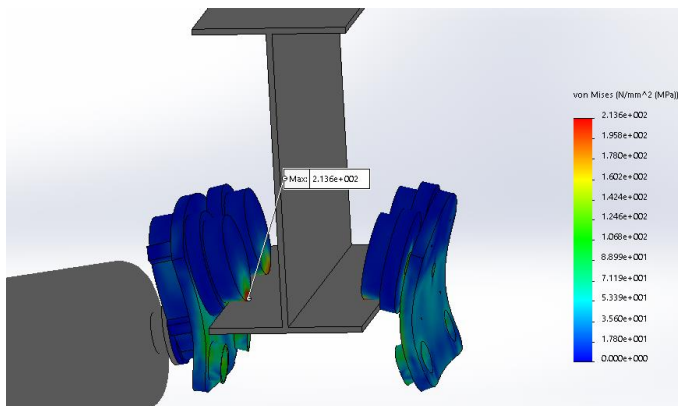
Setelah dilakukan pengujian simulasi pada *roller motor hoist* secara *static bending*, maka diperoleh hasil berupa tegangan (*stress*), defleksi dan angka keamanan. Berdasarkan nilai yang tercatat, variasi pembebanan sangat mempengaruhi hasil nilai *stress* sampai dengan angka keamanan. Ditunjukkan pada table 4.2 pengujian *roller motor hoist* memiliki nilai tegangan terendah yaitu 54,94 MPa saat pengujian beban sebesar 10 ton. Dari pengujian beban 10 ton tersebut secara keseluruhan part dapat dikatakan aman, karena nilai angka keamanan yang paling kritis yaitu 4,55 berada pada roda gear yang digunakan untuk berjalannya *overhead crane* pada profil I. Saat pengujian beban maksimum yaitu 40 ton, nilai *stress* yang muncul sangat tinggi yaitu 213,9 MPa dengan nilai keamanan dari setiap part pada *roller motor hoist* ini bisa dikatakan sedang, yaitu sebesar 1,169.

Untuk hasil pengujian *housing motor* dengan pembebanan 10 ton ini memiliki tegangan maksimum diujung *housing* sebesar 16,27 MPa dan angka keamanan yang sangat besar yaitu 15. Dalam arti pembebanan 10 ton ini bisa dikatakan material *gray cast iron*

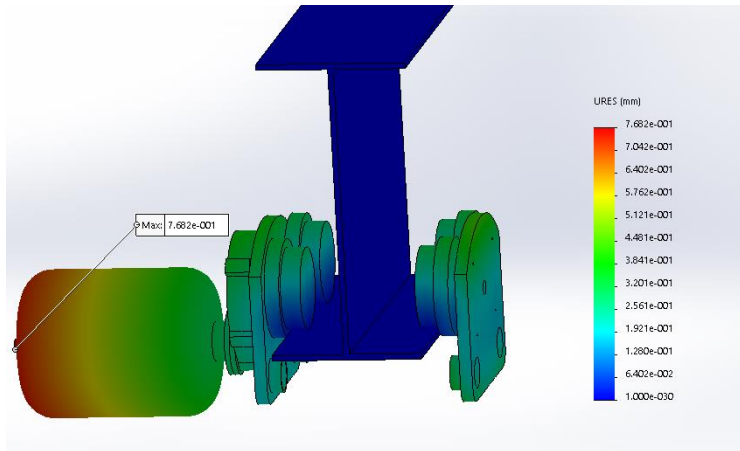
sangat mampu menahan tegangan yang terjadi. Saat pengujian beban maksimum yaitu 40 ton, hasil tegangan maksimum terjadi sebesar 64,41 MPa dan nilai keamanan menunjukkan angka sebesar 6,685. Dalam hasil ini material masih bisa dikatakan mampu menerima tegangan dan beban yang terjadi.

#### 4.2.2 Hasil Variasi Kedua

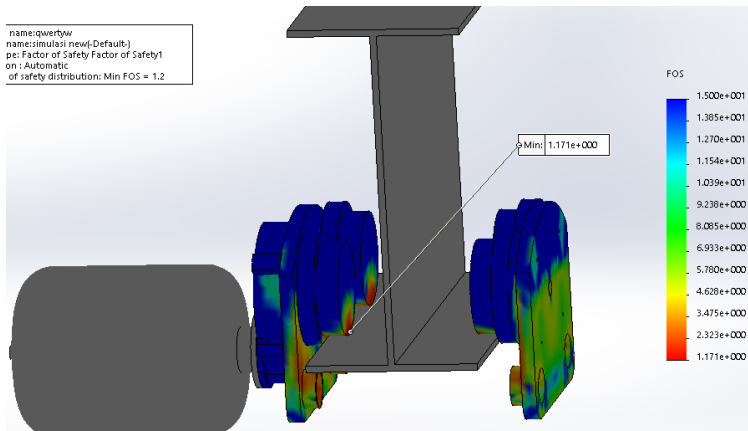
Setelah melakukan simulasi variasi pertama, maka berikutnya adalah melakukan variasi kedua. Variasi kedua yang dilakukan adalah dengan mengganti material pada *housing motor* menjadi *gray cast iron 201HB* kelas ASTM 30. Variasi kedua ini dilakukan untuk mensimulasikan ulang kejadian yang terjadi di Paiton, dimana material *housing motor* hampir mendekati dengan jenis dan sifat mekanik yang ada pada *housing motor* disana. Untuk material part lainya tetap menggunakan ASTM A36. Simulasi dilakukan dengan 4 variasi pembebanan yang sama dengan tipe variasi pertama. Hasil dari simulasi akan ditampilkan dalam gambar 4.20 hingga gambar 4.25 dan grafik pada gambar 4.26 hingga gambar 4.30.



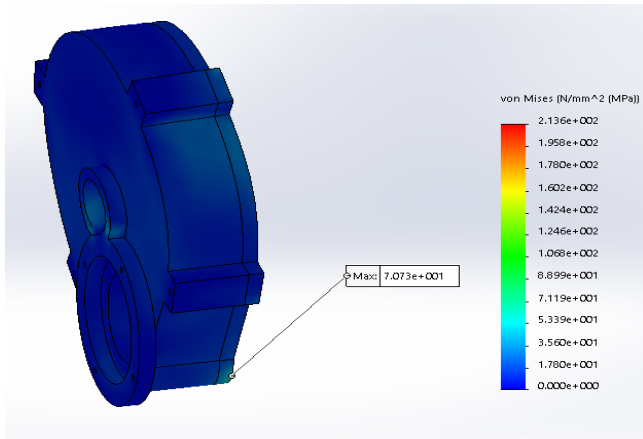
Gambar 4.20 *Stress Roller Motor Hoist* Beban 40 Ton Variasi Kedua



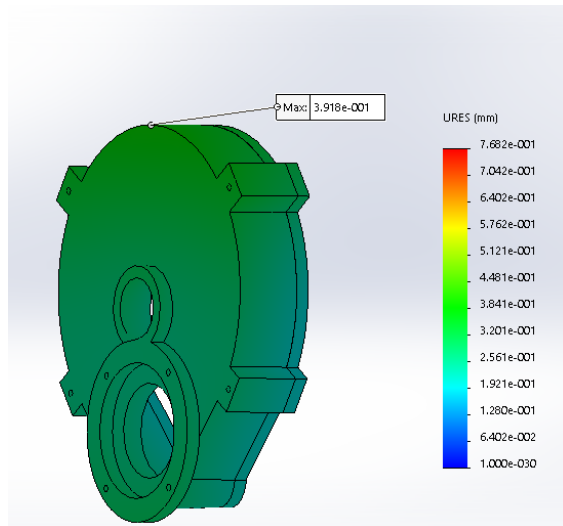
Gambar 4.21 Defleksi *Roller Motor Hoist* Beban 40 Ton Variasi Kedua



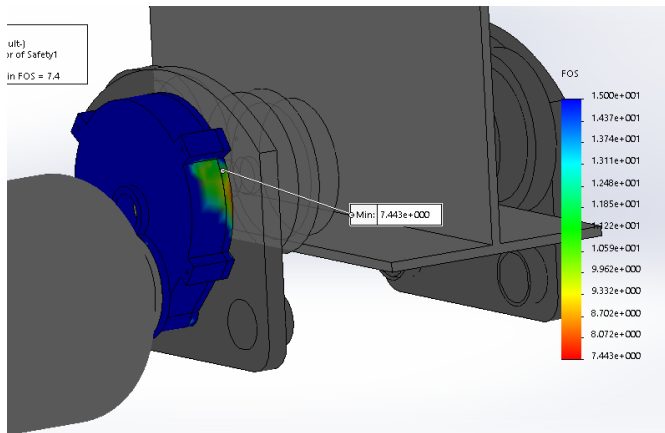
Gambar 4.22 Angka Keamanan Terendah *Roller Motor Hoist* Beban 40 Ton Variasi Kedua



Gambar 4.23 *Stress* Terbesar Pada *Housing Motor* Beban 40 Ton Variasi Kedua



Gambar 4.34 *Defleksi* Pada *Housing Motor* Beban 40 Ton Variasi Kedua



Gambar 4.25 Angka Keamanan Terendah Pada *Housing Motor Variasi Kedua*

Rekapitulasi hasil simulasi variasi kedua *housing motor hoist* tipe *housing motor gray cast iron 201HB* dengan pembebanan 10 ton, 20 ton, 30 ton dan 40 ton.

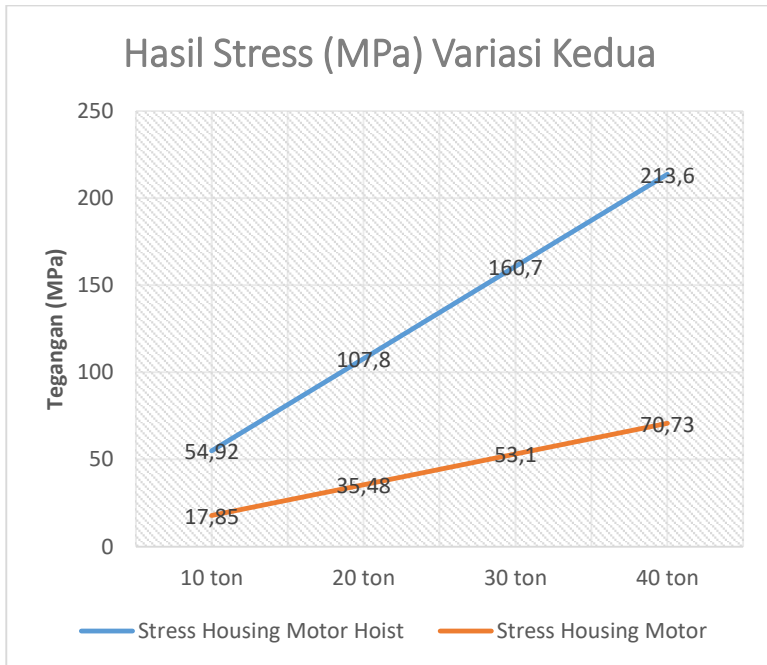
**Tabel 4.4** Hasil Simulasi *Roller Motor Hoist Variasi Kedua*

<i>Housing Motor Hoist Variasi Kedua</i>			
Beban	Stress (MPa)	Defleksi (mm)	FOS (terkecil)
10 ton	54,92	0,2207	4,552
20 ton	107,8	0,4032	2,319
30 ton	160,7	0,5857	1,556
40 ton	213,6	0,7682	1,171

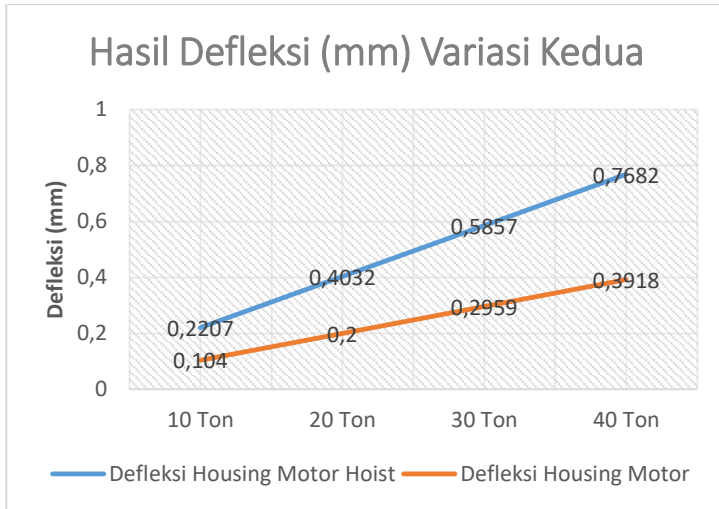


**Tabel 4.5** Hasil Simulasi *Housing Motor Gray Cast Iron 201HB*

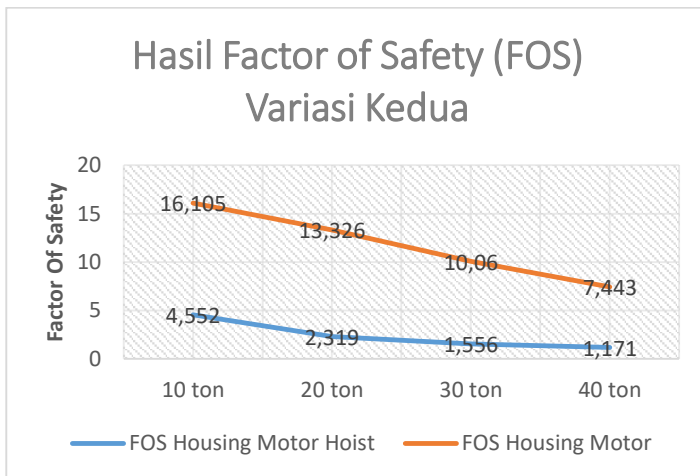
<i>Housing Motor Gray Cast Iron 201 HB</i>			
Beban	Stress (MPa)	Defleksi (mm)	FOS (terkecil)
10 ton	17,85	0,104	16,105
20 ton	35,48	0,2	13,326
30 ton	53,10	0,2959	10,06
40 ton	70,73	0,3918	7,443



Gambar 4.26 Grafik Perbandingan *Stress* Variasi Kedua



Gambar 4.27 Grafik Perbandingan Defleksi Variasi Kedua



Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Angka Keamanan Variasi Kedua

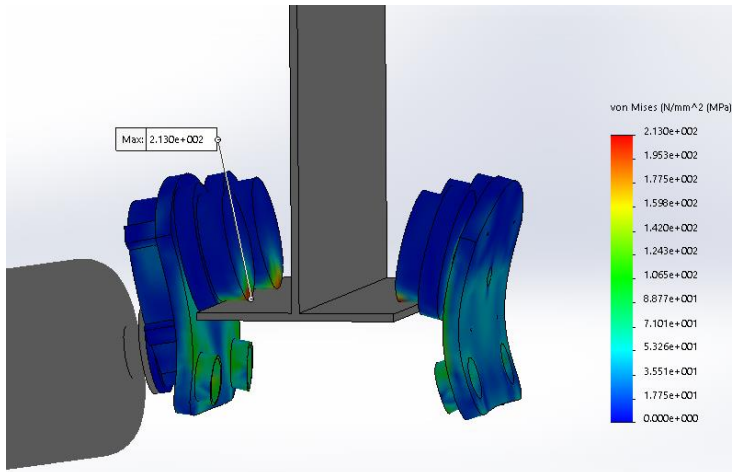
Setelah dilakukan pengujian simulasi *roller motor hoist* variasi kedua dengan *static bending*, maka diperoleh hasil yang berupa *stress* maksimum, defleksi dan angka keamanan. Berdasarkan nilai yang tercatat ditabel, pembebanan minimum yaitu 10 ton menghasilkan *stress* sebesar 54,92 MPa, dan defleksi sebesar 0,2207mm berada pada *housing motor* bagian atas. Sehingga dalam kasus pembebanan ini semua part bisa dikatakan aman karena memiliki angka keamanan yang tinggi yaitu 4,552. Saat proses pembebanan maksimum yaitu 40 ton, *housing* mengalami tegangan tertinggi yaitu 213,6 MPa dan defleksi sebesar 0,7582mm. Angka keamanan yang muncul saat pembebanan ini adalah 1,171 jadi masih dapat dikategorikan sedang mendekati kritis.

Untuk hasil pengujian *housing motor* didapatkan hasil saat pembebanan sebesar 10 ton tegangan tertinggi sebesar 17,85 MPa dan defleksi sejauh 0,104 mm. angka keamanan yang didapatkan pada simulasi pembebanan ini adalah 15 yang artinya sangat aman pada daerah *housing*. Hasil simulasi saat pembebanan maksimal yaitu 40 ton memiliki tegangan maksimum 70,73 MPa dan defleksi sebesar 0,3918 mm berada pada *housing* bagian atas. Angka keamanan menunjukkan pada daerah *housing* ini masih bisa dikatakan aman yaitu sebesar 7,443 dan memiliki daerah kritis berada pada sisi kanan dan kiri *housing*.

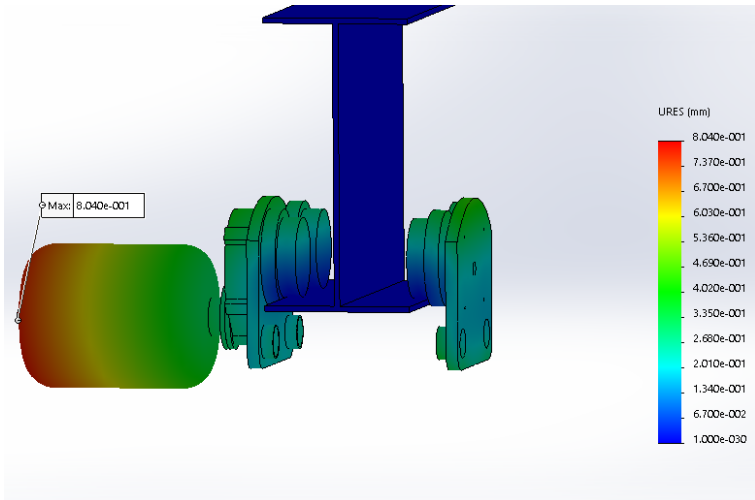
#### **4.2.3 Hasil Variasi Ketiga**

Variasi ketiga ini dilakukan dengan jenis material yang memiliki nilai kekerasan diatas jenis material yang dipakai di PLTU Paiton. Material ini adalah jenis kelas ASTM 40 *gray cast iron 235HB*. Jenis material yang memiliki nilai tensile dan compressive yang berada diatas jenis material *gray cast iron 201HB*. Dengan mengganti jenis material dan memvariasikan pembebanan 10 ton, 20 ton, 30 ton dan 40 ton dilakukan simulasi untuk mengetahui nilai-nilai tegangan yang terjadi, defleksi dan angka keamanan. Jenis material yang tak diketahui memakai material tipe ASTM A36. Hasil simulasi yang akan diamati adalah simulasi dari keseluruhan *roller motor hoist overhead crane* dan

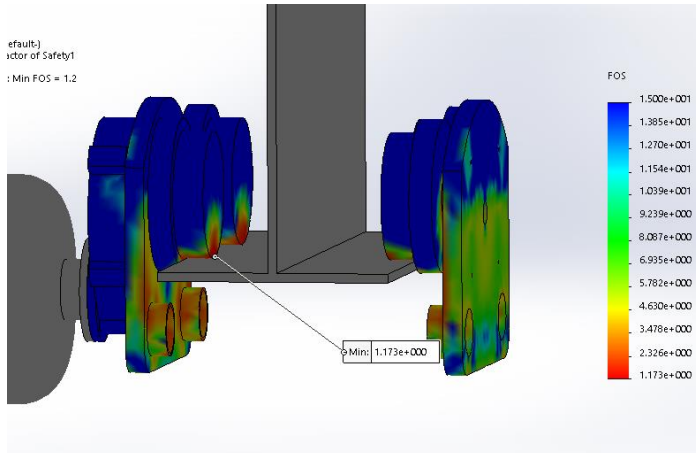
*housing motor* yang pada kondisi riil mengalami kegagalan (pecah). Simulasi dilakukan dengan 4 varian pembebanan ditampilkan dalam bentuk foto hasil simulasi pada gambar 4.29 hingga gambar 4.34 dan perbandingan seluruh hasil simulasi varian ketiga ini pada grafik gambar 4.35 hingga gambar 4.38.



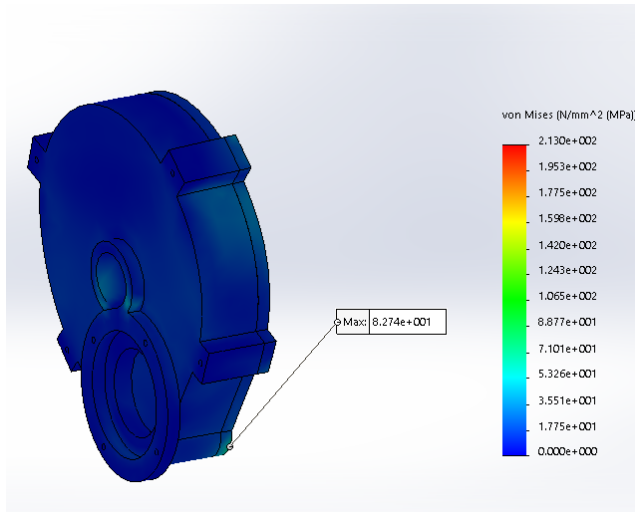
Gambar 4.29 *Stress Roller Motor Hoist* Beban 40 Ton Variasi Ketiga



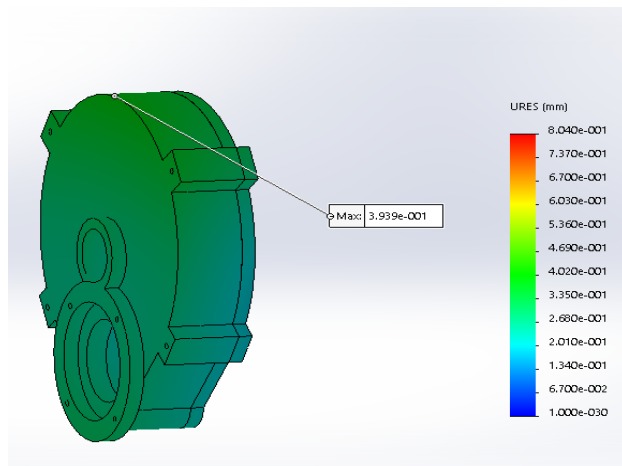
Gambar 4.30 Defleksi *Roller Motor Hoist* Beban 40 Ton Variasi Ketiga



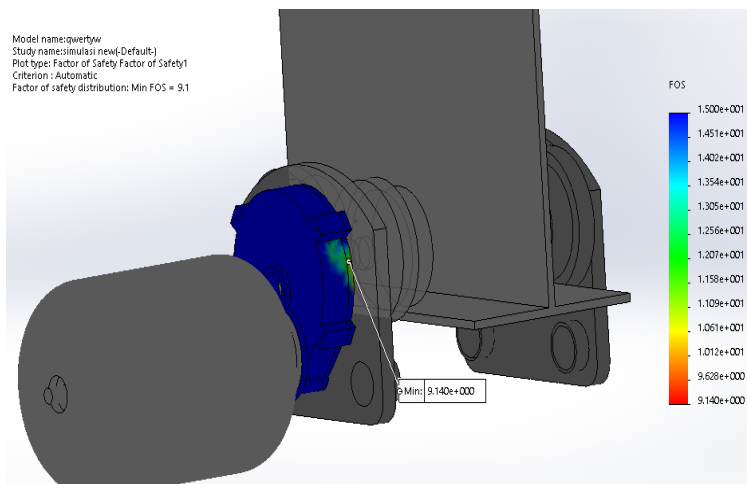
Gambar 4.31 Angka Keamanan Terendah *Roller Motor Hoist* Beban 40 Ton Variasi Ketiga



Gambar 4.32 *Stress* Terbesar Pada *Housing Motor* Beban 40 Ton Variasi Ketiga



Gambar 4.33 Defleksi Pada *Housing Motor* Beban 40 Ton Variasi Ketiga



Gambar 4.34 Angka Keamanan Terendah Pada *Housing Motor Variasi Ketiga*

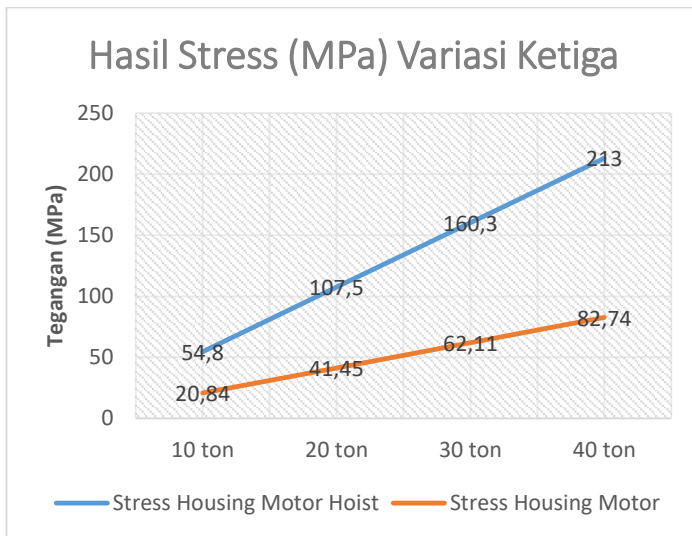
Rekapitulasi hasil simulasi *roller motor hoist* variasi ketiga dengan material *gray cast iron 235HB* untuk pembebanan 10 ton, 20 ton, 30 ton dan 40 ton.

**Tabel 4.6** Hasil Simulasi *Roller Motor Hoist* Variasi Ketiga

<i>Roller Motor Hoist Variasi Ketiga</i>			
<b>Beban</b>	<i>Stress</i> (MPa)	Defleksi (mm)	FOS (terkecil)
<b>10 ton</b>	54,80	0,2286	4,562
<b>20 ton</b>	107,5	0,4204	2,325
<b>30 ton</b>	160,3	0,6122	1,56
<b>40 ton</b>	213	0,804	1,173

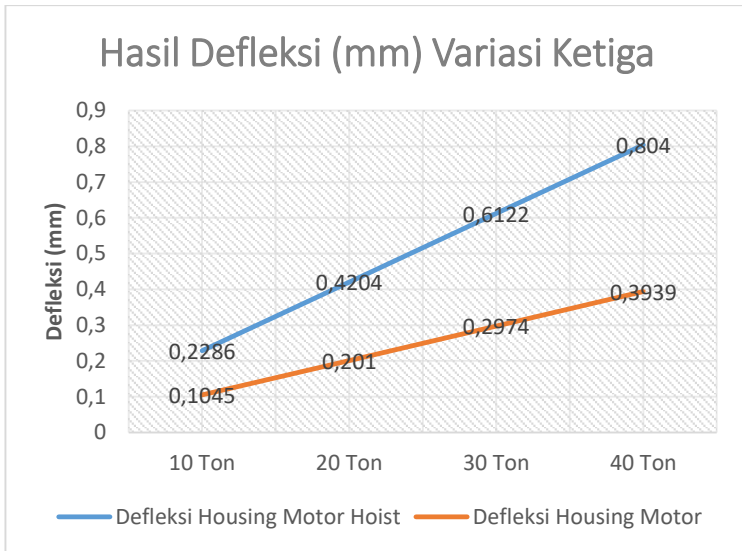
**Tabel 4.7** Hasil Simulasi *Housing Motor Gray Cast Iron 235HB*

<i>Housing Motor Gray Cast Iron 235 HB</i>			
<b>Beban</b>	<i>Stress</i> (MPa)	Defleksi (mm)	FOS (terkecil)
<b>10 ton</b>	20,84	0,1045	16,503
<b>20 ton</b>	41,45	0,201	13,645
<b>30 ton</b>	62,11	0,2974	12,33
<b>40 ton</b>	82,74	0,3939	9,14

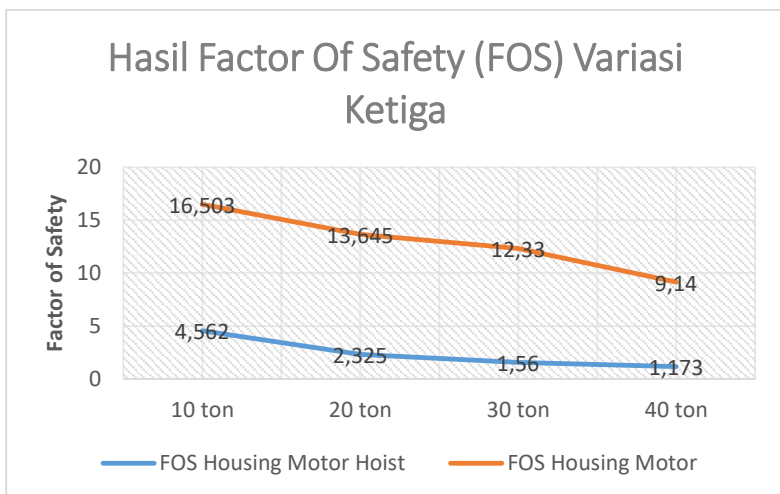


Gambar 4.35 Grafik Perbandingan *Stress* Variasi Ketiga





Gambar 4.36 Grafik Perbandingan Defleksi Variasi Ketiga



Gambar 4.37 Grafik Perbandingan Angka Keamanan Variasi Ketiga

Setelah dilakukan pengujian *roller motor hoist* variasi ketiga dengan kondisi *static bending*, maka diperoleh hasil simulasi yang berupa tegangan tertinggi, defleksi dan angka keamanan. Berdasarkan nilai yang tercatat pada table, pembebanan dengan beban 10 ton memiliki tegangan tertinggi didaerah roda gigi sebesar 54,80 Mpa dan defleksi sejauh 0,2286 mm. dalam simulasi itu semua bagian part masih dikatakan aman karena memiliki nilai angka keamanan sebesar 4,562. Saat pengujian beban maksimal sebesar 40 ton, terjadi tegangan tertinggi sebesar 213 MPa dan defleksi sejauh 0,804 mm. Namun jika pembebanan ini terjadi dalam riil maka bisa dipastikan akan mengalami patah atau gagal karena nilai keamanan menunjukkan 1,173.

Untuk hasil pengujian *housing motor* didapatkan hasil saat pembebanan sebesar 10 ton tegangan tertinggi sebesar 20,84 MPa dan defleksi sejauh 0,1045 mm. angka keamanan yang didapatkan pada simulasi pembebanan ini adalah 15 yang artinya sangat aman pada daerah *housing*. Hasil simulasi saat pembebanan maksimal yaitu 40 ton memiliki tegangan maksimum 82,74 MPa dan defleksi sebesar 0,3939 mm berada pada *housing* bagian atas. Angka keamanan menunjukkan pada daerah *housing* ini masih bisa dikatakan aman yaitu sebesar 9,14 dan memiliki daerah kritis berada pada sisi kanan dan kiri *housing*.

### **4.3 Pembahasan Hasil Simulasi**

#### **4.3.1 Analisa Perbandingan Pengujian Roller Motor Hoist Variasi 1, Variasi 2 dan Variasi 3**

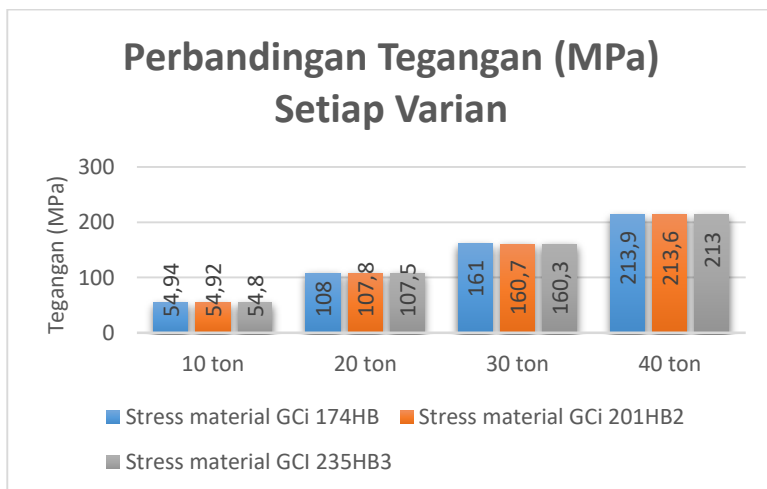
Berdasarkan analisa yang dilakukan terhadap *roller motor hoist* dengan menggunakan variasi pembebanan pada kondisi *static bending test* di SolidWorks 2016 didapatkan hasil perbandingan tegangan maksimum (*stress*), defleksi dan angka keamanan antara variasi 1, variasi 2 dan variasi 3. Berdasarkan hasil-hasil tersebut, langkah kemudian adalah membandingkan dan menganalisa tegangan maksimum dan defleksi yang muncul. Hasil-hasil tersebut ditunjukkan pada table 4.8 dan digambarkan grafik pada gambar 4.44.

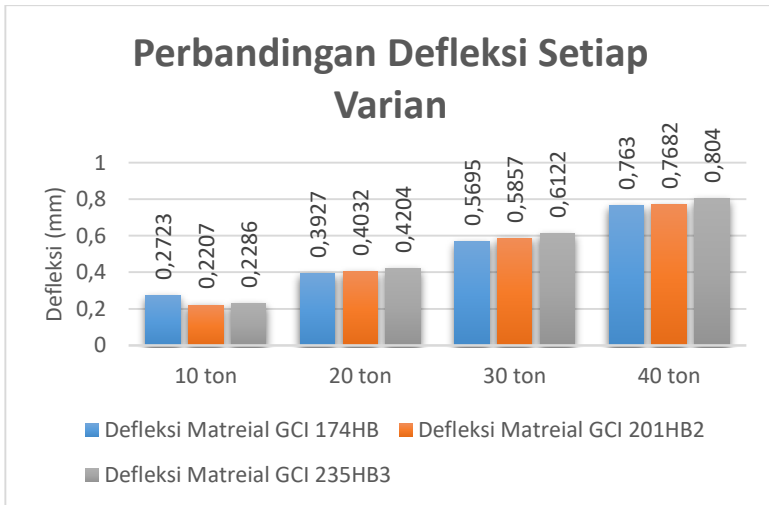
Tabel dan grafik akan menunjukkan perbandingan hasil dari setiap analisa dari variasi pembebanan dan variasi material. Dari simulasi yang telah dilakukan di tiap variasi, maka diketahui tegangan masimum terjadi pada pembebanan 40 ton dengan *roller motor hoist* tipe *gray cast iron 174HB* sebesar 213,9 MPa. saat pembebanan 40 ton juga untuk variasi ketiga memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 213 MPa. Hasil ini lebih kecil nilainya dibandingkan dengan hasil simulasi variasi pertama dan kedua yang masing-masing menunjukkan hasil 213,9 MPa dan 213,6 Mpa. Jika dilihat grafik pada gambar 4.44 memang nilai tegangan maksimum terendah rata-rata pada hasil simulasi variasi ketiga dengan menggunakan materian *gray cast iron 235HB*. Namun berbeda hasil dengan nilai defleksi dan angka keamanan.

Hasil simulasi defleksi menunjukkan terjadi penurunan yang cukup signifikan pada hasil simulasi ketiga sejauh 0,804 mm, variasi pertama hanya mengalami penurunan sejauh 0,763mm dan variasi kedua sejauh 0,7682 mm. hasil simulasi penurunan defleksi ini semuanya terjadi pada ujung motor *hoist*. Pernyataan tersebut diperkuat dengan gambar 4.45 yang meningkatnya defleksi sesuai perbandingan pembebanan yang diberikan. Perubahan tingkat defleksi rata-rata dari setian variasi pertama sampai dengan ketiga mengalami kenaikan yang teratur. Nilai angka keamanan jika dibandingkan dengan keseluruhan variasi pembebanan memang lebih bagus pada pengujian variasi ketiga, dengan masing-masing nilai keamanan terbesar 4,562 untuk pembebanan 10 ton dan terkecil 1,173 untuk pembebanan 40 ton. Berdasarkan pertimbangan akan nilai tegangan maksimum, nilai defleksi dan angka keamanan yang telah disimulasikan dengan pengujian *static bending test* seluruhnya, maka diperoleh nilai terbaik dengan mengganti material *housing motor* dengan *gray cast iron 235HB*.

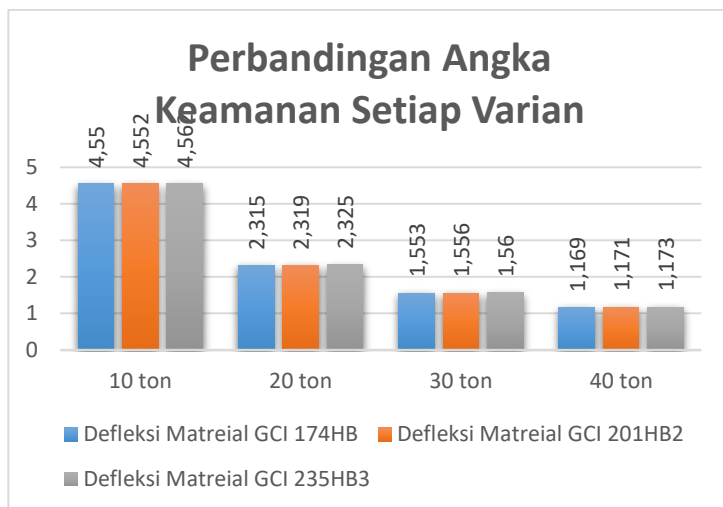
**Tabel 4.8** Perbandingan Hasil Variasi 1, Variasi 2 dan Variasi 3

Type Variasi		10 ton	20 ton	30 ton	40 ton
<i>Stress (MPa)</i>	Pertama	54,94	108	161	213,9
	Kedua	54,92	107,8	160,7	213,6
	Ketiga	54,80	107,5	160,3	213
Defleksi (mm)	Pertama	0,2723	0,3927	0,5695	0,763
	Kedua	0,2207	0,4032	0,5857	0,7682
	Ketiga	0,2286	0,4204	0,6122	0,804
Angka Keamanan	Pertama	4,55	2,315	1,553	1,169
	Kedua	4,552	2,319	1,556	1,171
	Ketiga	4,562	2,325	1,56	1,173

**Gambar 4.38** Grafik Perbandingan *Stress* Tiap Varian



Gambar 4.39 Grafik Perbandingan Defleksi Tiap Varian



Gambar 4.40 Grafik Perbandingan Angka Keamanan Tiap Varian

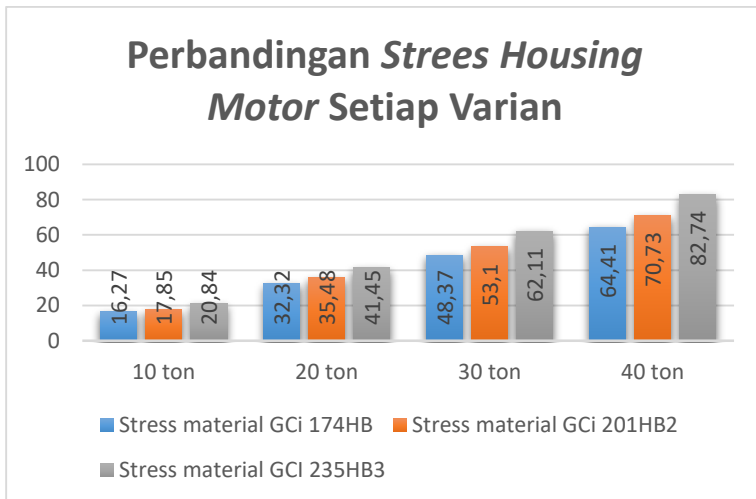
Pada pengujian *static bending* ini, struktur plat tempat menempelnya *housing motor* terkena 2 beban *bending* dan yang mengakibatkan plat melengkung kesamping. Beban yang pertama adalah beban *bending* yang dihasilkan oleh pengangkatan beban *overhead crane* dan yang kedua adalah beban berat *housing motor*. Hasil simulasi ini serupa dan dapat mewakili kejadian yang terjadi di PLTU Paiton dengan kesamaan kegagalan yang tengah terjadi. Adapun terdapat perbedaan besaran nilai dari tegangan maksimum dan angka keamanan, hal ini dikarenakan struktur model banyak yang tidak sesuai dengan material yang dipakai disana.

#### **4.3.2 Analisa Perbandingan Pengujian *Housing Motor* Variasi 1, Variasi 2 dan Variasi 3**

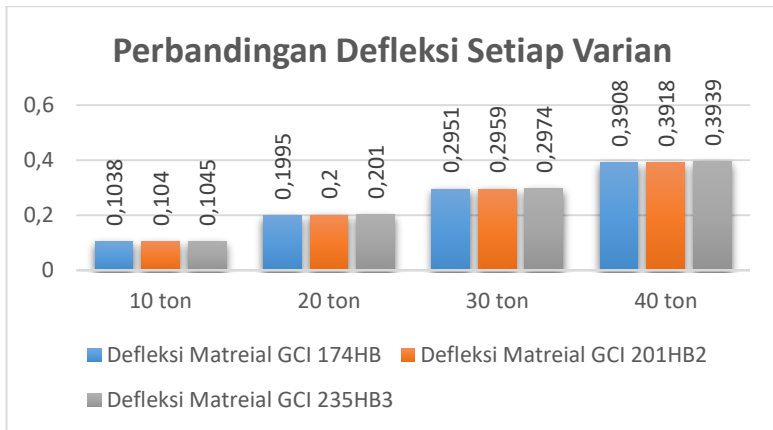
Pada hasil pengujian *housing motor*, struktur *housing* terkena 2 beban *bending* oleh berat motor dan juga berat beban *grinding mill* serta beban torsi yang diakibatkan oleh putaran motor saat *overhead crane* berpindah tempat. Pengujian simulasi dilakukan pada *SolidWorks* 2016 sehingga didapatkan hasil perbandingan tegangan maksimum, angka defleksi dan angka keamanan. Dari hasil-hasil simulasi dengan memvariasikan jenis material *housing* tersebut, diperoleh varian terbaik yang dapat mewakili kerja *housing motor hoist*. Hasil-hasil tersebut ditunjukkan pada table 4.9 dan digambarkan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.47 hingga gambar 4.50.

**Tabel 4.9** Perbandingan Hasil Simulasi *Housing Motor* Variasi 1, Variasi 2 dan Variasi 3

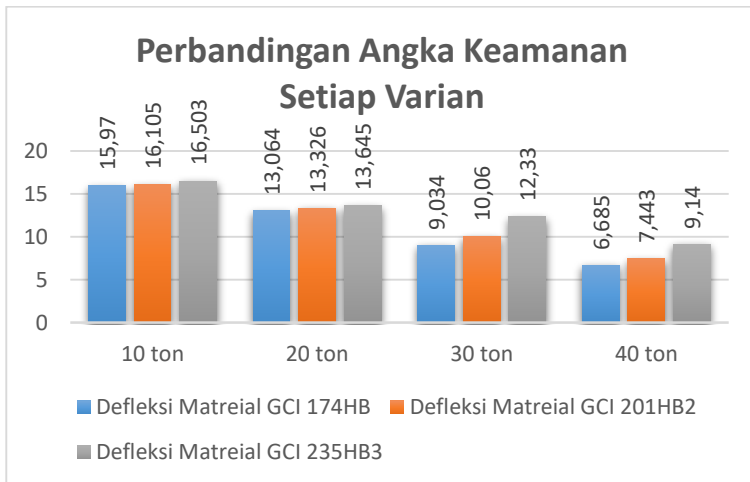
Tipe Variasi		10 ton	20 ton	30 ton	40 ton
<i>Stress (MPa)</i>	Pertama	16,27	32,32	48,37	64,41
	Kedua	17,85	35,48	53,10	70,73
	Ketiga	20,84	41,45	62,11	82,47
<i>Defleksi (mm)</i>	Pertama	0,1038	0,1995	0,2951	0,3908
	Kedua	0,104	0,2	0,2959	0,3918
	Ketiga	0,1045	0,210	0,2974	0,3939
<i>Angka Keamanan</i>	Pertama	15,970	13,064	9,034	6,685
	Kedua	16,105	13,326	10,06	7,443
	Ketiga	16,503	13,645	12,33	9,14



**Gambar 4.41** Grafik Perbandingan *Stress Housing Motor* Tiap Variasi



Gambar 4.42 Grafik Perbandingan Defleksi *Housing Motor* Tiap Variasi



Gambar 4.43 Grafik Perbandingan Angka Keamanan Tiap Variasi



Jika dilihat pada grafik hasil tegangan maksimum pada gambar 4.47, Nampak bahwa tegangan mengalami kenaikan secara bertahap seiring dengan penambahan beban pada simulasi. Hasil grafik terendah adalah saat pembebanan 10 ton dengan variasi pertama material *gray cast iron 174HB* sebesar 16,27 MPa. Dan hasil tegangan yang paling tinggi ditunjukkan pada simulasi pembebanan 40 ton dengan variasi material *gray cast iron 235HB* sebesar 82,74 MPa. Dengan hasil ini memang sangat mempengaruhi defleksi yang akan terjadi. Seiringnya besar tegangan terjadi maka defleksi yang timbul juga akan tinggi. Dalam percobaan simulasi *housing motor hoist* ini nilai defleksi tertinggi ditunjukkan oleh variasi ketiga dengan pembebanan 40 ton yaitu sejauh 0,3939 mm. nilai defleksi terendah yang muncul adalah saat pembebanan 10 ton dengan variasi pertama material jenis *gray cast iron 174HB*. Saat dirata-rata antara percobaan simulasi variasi pertama, variasi kedua dan variasi ketiga, memang hasil simulasi percobaan variasi ketiga lebih besar hasilnya pada saat pembebanan 10 ton, 20 ton, 30 ton dan 40 ton.

Hasil pengujian simulasi *housing motor* secara *static banding* ini, akan bisa disimpulkan karenan material *gray cast iron* yang secara komposisi kimia memiliki campuran bahan silicon. Ssehingga dalam dunia industry material *gray cast iron* difungsikan sebagai besi paduan untuk peredam getaran. Saat pengujian variasi pertama material *gray cast iron 174HB* dengan beban 40 ton tegangan yang muncul adalah 64,41 Mpa namun pada part material lain menunjukkan tegangan yang sangat tinggi yaitu 213,9 MPa. Berbeda dengan hasil simulasi variasi ketiga menggunakan material jenis *gray cast iron 235HB* tegangan yang muncul pada *housing motor* sangat tinggi yaitu 82,74 MPa namun pada part lain tegangan teringgi hanya menunjukkan 213 MPa.

Dalam keadaan ini *housing motor* memang mengalami tegangan paling tinggi, namun masih dapat dikatakan aman karena nilai tegangan yang muncul masih berada dibawah nilai deformasi plastis. Hal ini diperkuat dengan hasil angka keamanan yang juga tinggi yaitu 9,14 pada variasi ketiga.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

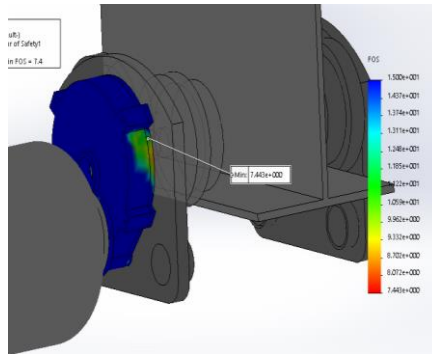
#### **5.1 Kesimpulan**

Dari analisa yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengujian *spesial tool* yang telah dilakukan dengan *static bending test* dan memvariasikan beban asli *grinding mill* sebesar 5 ton, 10 ton, 15 ton dan 20 ton:
  - a) Berdasarkan hasil simulasi *spesial tool* terhadap semua variasi pembebanan pada kondisi *existing*, tegangan terbesar yang terjadi yaitu pada pembebanan 20 ton sebesar 374,2 MPa dan defleksi sejauh 4,165 mm. Hasil simulasi kondisi design 3 pulley menunjukkan tegangan terbesar yaitu terjadi pada beban 20 ton sebesar 376,2 MPa dan defleksi sejauh 3,438 mm.
  - b) Nilai angka keamanan (*Safety of Factor/SOF*) hasil simulasi dari *spesial tool* terhadap semua variasi pembebanan pada kondisi *existing* terendah saat beban 20 ton menunjukkan 0,6021. Angka keamanan kondisi design 3 pulley menunjukkan hasil beban 20 ton sebesar 0,6646.
  - c) Lokasi angka keamanan terendah (kritis) kondisi *existing* berada didaerah hampir seluruh permukaan profil C dekat pin pengait *spesial tool*. Hasil simulasi kondisi design 3 pulley juga didaerah hampir seluruh permukaan profil C didekat poros pulley bagian tengah. Hasil simulasi ini menunjukkan struktur *spesial tool* pada kondisi tidak aman.
2. Berdasarkan pengujian *roller motor hoist* memvariasikan *housing type gray cast iron* 174HB, 201HB dan 235HB

secara *static banding test* dengan pembebanan 10 ton, 20 ton, 30 ton dan 40 ton:

- a) Hasil simulasi *roller motor hoist* terhadap semua variasi tipe material *housing* dan pembebanan, tegangan terbesar yang terjadi yaitu pada beban 40 ton tipe *housing gray cast iron 174HB* sebesar 213,9 MPa dan defleksi sejauh 0,763mm. Hasil simulasi pada *housing motor* menunjukkan tegangan terbesar terjadi pada beban 40 ton tipe *gray cast iron 235HB* sebesar 82,74 MPa dan defleksi sejauh 0,3939mm.
- b) Nilai angka keamanan (*Safety of Factor/SOF*) hasil simulasi dari *roller motor hoist* terhadap semua variasi tipe material *housing* dan pembebanan, angka keamanan terkecil terjadi pada beban 40 ton tipe *housing gray cast iron 174HB* sebesar 1,169. Dan hasil simulasi *housing motor* menunjukkan angka keamanan terkecil pada pembebanan 40 ton tipe *housing gray cast iron 174HB* sebesar 6,685. Angka keamanan hasil simulasi menunjukkan struktur *housing motor hoist* berada pada kondisi aman.
- c) Lokasi angka keamanan terendah (kritis) hasil simulasi *roller motor hoist* berada di roda gigi *hoist* bertumpu dengan profil I lintasan *hoist overhead crane*. Sedangkan lokasi angka keamanan terendah (kritis) dari hasil simulasi *housing motor hoist* berada disisi samping *housing*. Dari hasil simulasi *housing motor hoist* ini letak daerah kritis berada sesuai dengan letak pecahnya (*crack*) *housing motor* di PLTU Paiton.



( a )



( b )

Gambar 5.1 Lokasi Angka Keamanan Terendah Hasil Simulasi (a)  
Lokasi Pecah (*Crack*) *Housing Motor Hoist Overhead Crane*  
PLTU Paiton (b)

## 5.2 Saran

Hasil simulasi ini merupakan sarana pendukung saat terjadi kegagalan yang terjadi di PLTU Paiton Unit 9. Sehingga saat proses *maintenance* kembali dilakukan dapat menjadi sarana agar pihak *maintenance* melakukan proses pembongkaran dan pemasangan sesuai prosedur. Proses pengujian secara riil perlu dilakukan untuk mengetahui hasil secara sesungguhnya dari hasil simulasi ini. Agar mencapai hasil yang optimal dari segi keamanan, maka hal yang perlu dipertimbangkan adalah penggunaan design 3 pulley agar beban yang diterima oleh *overhead crane* tidak menjadi

dua kalinya dan mengurai kemiringan tali baja dengan beban. Hal lain yang bisa digunakan sebagai pertimbangan adalah dengan mengganti material jenis *gray cast iron 201HB* yang semula kelas ASTM 30 menjadi tipe *gray cast iron 235HB* kelas ASTM 40 agar umur suatu komponen menjadi lebih lama.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jozef Kulka dan Martin Mantic., September 2015. **Analysis of Crane Track Degredation Due to Operation.** Slovak Republic: Technical Uneversity of Kosice.
- [2] O.A. Zambrano dan J.J. Coronado., Juni 2013. **Failure Analysis of A Bridge Crane Shaft.** Colombia: Universidad del Valve.
- [3] Russell C. Hibbeler., (9<sup>th</sup> Edition). **Mechanics of Materials.** USA.
- [4] Sidney H. Avner., Second Edition. **Intrduction to Physical Metallurgy.** Ney York City: College City University of New York
- [5] SolidWork Corporation. **Solidworks 2016.** USA: SolidWork Corporation;2016

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jozef Kulka dan Martin Mantic., September 2015. **Analysis of Crane Track Degredation Due to Operation.** Slovak Republic: Technical Uneverisity of Kosice.
- [2] O.A. Zambrano dan J.J. Coronado., Juni 2013. **Failure Analysis of A Bridge Crane Shaft.** Colombia: Universidad del Valve.
- [3] Russell C. Hibbeler., (9<sup>th</sup> Edition). **Mechanics of Materials.** USA.
- [4] Sidney H. Avner., Second Edition. **Intrduction to Physical Metallurgy.** Ney York City: College City University of New York
- [5] SolidWork Corporation. **Solidworks 2016.** USA: SolidWork Corporation;2016



*Halaman ini sengaja dikosongkan”*

### Lampiran 1.

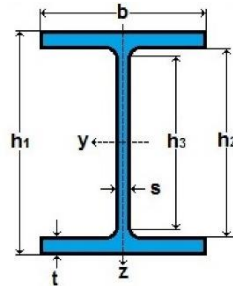
#### Komposisi Kimia Shaft

Material	%C	%Mn	%Si	%S	%P	%Ni	%Cr	%Mo	%V	%Cu
4140 (obtained)	38	79	29	2,6	1,2	8	83	17	0,4	16
4340 (expected)	38-43	60-80	15-30	4	3,5	1,65-2	70-90	20-30	-	-

### Lampiran 2

#### Dimensi Profil I lintasan Hoist Moto

Profil Name	Weight	h1	b	s	t	h2	h3
HE 320 c	186 kg/m	340 mm	305mm	16 mm	30,5 mm	225 mm	279 mm



### Lampiran 3

*Mechanical Properties Gray Cast Iron Berdasar Test Bars, As Cast*

ASTM CLASS	TENSILE STRENGTH (PSI)	COMPRESSIVE STRENGTH (PSI)	TORSION SHEAR (PSI)	MODULUS ELASTICITY (MilionPSI)		REVERSED BENDING FATIGUE (PSI)	TRANSVERSE STRENGTH	BHN
				Tension	Torsion			
20	22.000	83.000	26.000	9.6-14.0	3.9-5.8	10.000	1.850	156
25	26.000	97.000	32.000	11.5-14.8	4.6-6.0	11.500	2.175	174
30	31.000	109.000	40.000	13.0-16.4	5.2-6.6	14.000	2.525	201
35	36.000	124.000	48.500	14.5-17.2	5.8-6.9	16.000	2.850	212
40	42.500	140.000	57.000	16.0-20.0	6.4-7.8	18.500	3.175	235
50	52.500	164.000	73.000	18.8-22.8	7.2-8.0	21.500	3.600	262
60	62.500	187.500	88.500	20.4-23.5	7.8-8.5	24.500	3.700	302



## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Tulungagung, 23 Januari 1992, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Dharma Wanita Nglampir pada tahun 1997, SD N 2 Nglampir pada tahun 2004, SMP N 1 Bandung pada tahun 2007, dan SMA Negeri 1 Gondang pada tahun 2010. Pada tahun 2010, penulis diterima di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya Jurusan D3 Teknik Mesin Perkapalan dan lulus pada tahun 2013. Selama 10 bulan setelah lulus dari perkuliahan, penulis bekerja di sebuah pabrik di Surabaya yang bergerak di bidang *Workshop* sebagai *Drafter*. Pada tahun bulan Agustus 2013, penulis tergerak untuk melanjutkan studi S1 Teknik Mesin di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama menuntut ilmu D3 maupun S1, penulis aktif mengikuti kegiatan perkuliahan. Selama di bangku kuliah penulis juga ikut aktif dalam berbagai perlombaan. Karena ketertarikan terhadap mekanika dan fenomena yang terjadi pada benda padat, khususnya pada tentang simulasi *SolidWorks*, penulis mendedikasikan tugas akhir pada bidang tersebut dengan topik penelitian yang diambil berupa analisa distribusi tegangan pada *housing motor hoist overhead crane* di PLTU Paiton.