TUGAS AKHIR (DC43340)

ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR *LIFT BEAM* PADA KAPAL BANTU RUMAH SAKIT (BRS) AKIBAT PERGANTIAN *HOIST CRANE* DENGAN KAPASITAS 2 TON

PRAMUNDITA ADJIE MASDUKI
NRP. 0122040100

DOSEN PEMBIMBING:
SITI RAHAYUNINGSIH, S.T., M.T.
BUDIANTO,S.T., M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK PERANCANGAN DAN KONSTRUKSI KAPAL
JURUSAN TEKNIK BANGUNAN KAPAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
SURABAYA
2026

TUGAS AKHIR (DC43340)

ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR *LIFT BEAM* PADA KAPAL BANTU RUMAH SAKIT (BRS) AKIBAT PERGANTIAN *HOIST CRANE* DENGAN KAPASITAS 2 TON

PRAMUNDITA ADJIE MASDUKI
NRP. 0122040100

DOSEN PEMBIMBING:
SITI RAHAYUNINGSIH, S.T., M.T.
BUDIANTO,S.T., M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK PERANCANGAN DAN KONSTRUKSI KAPAL
JURUSAN TEKNIK BANGUNAN KAPAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
SURABAYA
2026

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR *LIFT BEAM* PADA KAPAL BANTU RUMAH SAKIT (BRS) AKIBAT PERGANTIAN *HOIST CRANE* DENGAN KAPASITAS 2 TON

Disusun Oleh:
Pramundita Adjie Masduki
0122040100

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan
Program Studi D4 – Tenik Perancangan dan Konstruksi Kapal
Jurusan Teknik Bangunan Kapal
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

Disetujui oleh Tim penguji Tugas Akhir Tanggal Ujian : 15 Juli 2026
Periode Wisuda : Oktober 2026

Menyetujui,

Dosen Penguji		NIDN/NUPTK		Tanda Tangan
1. Ir.Priyambodo Nur Ardi N, S.T., M.T., Ph.D.	(	0024038107	)	(.....)
2. Siti Rahayuningsih, S.T., M.T.	(	9990591087	)	(.....)
3. Budianto, S.T., M.T.	(	0002098203	)	(.....)
4. Fais Hamzah, S.T., M.T.	(	0017056009	)	(.....)

Dosen Pembimbing		NIDN/NUPTK		Tanda Tangan
1. Siti Rahayuningsih, S.T., M.T.	(	9990591087	)	(.....)
2. Budianto, S.T., M.T.	(	0002098203	)	(.....)

Menyetujui Ketua Jurusan,	Mengetahui Koordinator Program Studi,
Ir.Priyambodo Nur Ardi Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.	Ir.Agung Prasetyo Utomo, S.Pd., M.T.
NIP. 198103242014041001	NIP. 198810142019031006

Dipindai dengan CamScanner

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Dipindai dengan CamScanner

PPNS	**PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT**	No. : F.WD I. 021 Date : 3 Nopember 2015 Rev. : 01 Page : 1 dari 1

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Pramundita Adjie Masduki

NRP : 0122040100

Jurusan/Prodi : Teknik Bangunan Kapal/ D4 Teknik Perancangan dan Kontruksi Kapal

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

Tugas Akhir yang akan saya kerjakan dengan judul :

Analisis Kekuatan Struktur *Lift Beam* Pada Kapal Bantu Rumah Sakit (BRS) Akibat Pergantian *Hoist Crane* Dengan Kapasitas 2 Ton.

Adalah **benar karya saya sendiri** dan **bukan plagiat dari karya orang lain.**

Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ilmiah tersebut, maka saya bersedia menerima **sanksi** sesuai ketentuan peraturan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh tanggung jawab.

Surabaya, 04 Juli 2026
Yang membuat pernyataan,

(Pramundita Adjie Masduki)
NRP. 0122040100

Dipindai dengan CamScanner

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Dipindai dengan CamScanner

ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR *LIFT BEAM* PADA KAPAL BANTU RUMAH SAKIT (BRS) AKIBAT PERGANTIAN *HOIST CRANE* DENGAN KAPASITAS ANGKAT 2 TON

Pramundita Adjie Masduki

ABSTRAK

Lift beam merupakan salah satu alat bantu angkat yang berperan penting dalam mendukung kegiatan pemindahan material pada proses pembangunan dan pemeliharaan kapal. Keandalan strukturnya harus dipastikan agar mampu menahan beban kerja secara aman sesuai dengan standar yang berlaku. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan struktur *lift beam* yang menerima pembebanan *hoist crane* menggunakan Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*/FEM) serta mengevaluasi kelayakan strukturnya berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Penelitian dilakukan melalui pengumpulan data dimensi struktur, sifat mekanik baja SS400, dan kondisi pembebanan, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan manual serta simulasi struktur statis pada variasi beban 1 ton, 1,5 ton, dan 2 ton. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan normal, tegangan geser, tegangan ekuivalen *von mises*, deformasi total, dan faktor keamanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan *von mises* maksimum yang diperoleh berturut-turut sebesar 6,721 MPa, 10,083 MPa, dan 13,444 MPa, dengan deformasi maksimum sebesar 0,029 mm, 0,043 mm, dan 0,058 mm pada masing-masing variasi pembebanan. Seluruh nilai tegangan berada di bawah tegangan izin yang ditetapkan dalam peraturan BKI, sehingga struktur tetap berada pada daerah elastis tanpa mengalami kegagalan. Oleh karena itu, struktur *lift beam* dinyatakan aman dan layak digunakan untuk operasi pengangkatan dengan kapasitas maksimum 2 ton.

Kata Kunci: *Finite Element Method*, *Hoist Crane*, *Lift Beam*, *Static Structural*, *Von Mises*.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

STRUCTURAL STRENGTH ANALYSIS OF A LIFT BEAM ON A HOSPITAL AUXILIARY VESSEL (BRS) FOLLOWING THE REPLACEMENT OF A HOIST CRANE WITH A 2-TON LIFTING CAPACITY

Pramundita Adjie Masduki

ABSTRACT

A lift beam is an important lifting device used to support material handling operations in ship construction and maintenance. Its structural reliability must be ensured to withstand working loads in accordance with applicable standards safely. This study aims to analyze the structural strength of a lift beam subjected to hoist crane loading using the Finite Element Method (FEM) and evaluate its feasibility based on the Indonesian Classification Society (BKI) rules. The research involved collecting structural dimensions, SS400 steel properties, and loading conditions, followed by manual calculations and static structural simulations under loads of 1 ton, 1.5 ton, and 2 ton. The analysis evaluated normal stress, shear stress, equivalent von mises stress, total deformation, and safety factor. The maximum von mises stress were 6.721 MPa, 10.083 MPa, and 13.444 MPa, with corresponding maximum deformations of 0.029 mm, 0.043 mm, and 0.058 mm for the three loading conditions. All stress values were below the allowable stress specified by the BKI rules, indicating that the structure remained within the elastic region without structural failure. Therefore, the lift beam is considered structurally safe and suitable for lifting operations with a maximum capacity of 2 tons.

Keywords: Finite Element Method, Hoist Crane, Lift Beam, Static Structural, Von Mises.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat, dan hidayah serta petunjuknya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Prodi D4-Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang berjudul **"Analisis Kekuatan Struktur *Lift Beam* Pada Kapal Bantu Rumah Sakit (BRS) Akibat Pergantian *Hoist Crane* Dengan Kapasitas 2 Ton"**. Dalam menyusun Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa terdapat banyak hambatan dan kesulitan yang dialami, akan tetapi penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat serta ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan segala dukungan, do'a, dan motivasi yang menjadi kunci semangat bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Rachmad Tri Soelistijono, S.T., M.T., selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
3. Bapak Priyambodo Nur Ardi Nugroho, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Bangunan Kapal.
4. Bapak Agung Prasetyo Utomo, S.Pd., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal.
5. Bapak Izzul Fikry, S.T., M.T., selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal.
6. Ibu Siti Rahayuningsih, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing dan memberi arahan serta motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu.
7. Bapak Budianto, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing dan memberi

arahan serta motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu.

8. Terima kasih kepada seseorang dengan NRP 1122040082 yang selalu menjadi "*safe place*" di tengah padatnya *deadline*, revisi, dan *overthinking* yang datang silih berganti. Terima kasih karena telah menjadi *support system* terbaik, selalu percaya pada proses, dan terus mengingatkan bahwa semua perjuangan ini akan menemukan garis akhirnya.
9. Terima kasih kepada Rebellion Rose melalui lagu menang, yang menjadi teman perjalanan selama proses penyusunan tugas akhir ini. Sepenggal lirik, "terang datang, gelapnya berlalu basuh takut kepal kekuatan menyatu di dalam syahdu nada-nada indah menangkan jiwa ini tenang" memberikan makna bahwa setiap kesulitan pada akhirnya akan berganti dengan harapan. Rasa takut, ragu, dan lelah yang menyertai setiap proses perlahan berubah menjadi keberanian, keteguhan, dan keyakinan untuk terus melangkah. Pada akhirnya, setiap perjuangan yang dijalani dengan penuh kesabaran akan bermuara pada ketenangan hati, rasa syukur, dan kebahagiaan karena berhasil mencapai tujuan yang telah diperjuangkan dan dimenangkan.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan guna perbaikan dan pengembangan lebih lanjut. Penulis berharap semoga berhasil penelitian pada Tugas Akhir ini dapat menjadi referensi penelitian selanjutnya.

Surabaya, 30 Juni 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **iii**
PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT ..... **v**
ABSTRAK ..... **vii**
ABSTRACT ..... **ix**
KATA PENGANTAR ..... **xi**
DAFTAR ISI ..... **xiii**
DAFTAR TABEL ..... **xvii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xix**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Masalah 5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA **7**
2.1 Kapal Bantu Rumah Sakit 7
2.2 Lift Beam 8
2.3 Analisis Kekuatan Struktur 8
2.4 Badan Klasifikasi Indonesia (BKI) 9
2.5 Material Baja SS 400 9
2.6 Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method-FEM*) 10
2.7 Uji Konvergensi 12
2.8 *Static Structural* 13
2.9 Tegangan 13
2.9.1 Tegangan *Von Mises* 13
2.9.2 Tegangan Normal (*Normal Stress*) 14
2.9.3 Tegangan Geser (*Sheer Stress*) 14
2.10 Deformasi 15
2.11 *Safety Factor* 15

2.12 *Software* 16
2.12.1 *AutoCAD* 16
2.12.2 *Ansys* 17
2.13 Penelitian Terdahulu 17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 19
3.1 Alur Penelitian 19
3.2 Identifikasi Masalah 20
3.3 Pengumpulan Data 20
3.3.1 Studi Literatur 20
3.3.2 Studi Lapangan 20
3.4 Pemodelan 3D 21
3.5 Perhitungan Manual 21
3.6 Analisis Metode Elemen Hingga (FEM) 21
3.7 Evaluasi Tegangan dan *Safety Factor* Berdasarkan Aturan BKI 21
3.8 Pembahasan Hasil 22
3.9 Kesimpulan dan Saran 23
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 25
4.1 Data Ukuran Kapal 25
4.2 Data *Lift Beam* 25
4.3 Desain Struktur *Lift Beam* 26
4.4 Perhitungan Manual 27
4.4.1 *Free Body Diagram* 27
4.4.2 Perhitungan Beban *Hoist* 28
4.4.3 Perhitungan Berat *Lift Beam* 28
4.4.4 Total Beban 28
4.4.5 Momen Lentur Maksimum 28
4.4.6 Luas Penampang Profil 29
4.4.7 Titik Berat Penampang 29
4.4.8 Momen Inersia Penampang 29
4.4.9 Modulus Penampang 30
4.4.10 Tegangan Maksimum 30

4.5 Pemodelan Struktur *Lift Beam* 30
4.5.1 Tipe Analisis 31
4.5.2 Penentuan Material (*Engineering* Data) 31
4.5.3 *Meshing* 33
4.5.4 Kondisi Batas dan Pembebanan 34
4.6 Hasil Simulasi 35
4.6.1 Simulasi Beban 1 Ton 35
4.6.2 Simulasi Beban 1,5 Ton 39
4.6.3 Simulasi Beban 2 Ton 42
4.6.4 Hasil tegangan dan deformasi 46
4.7 Perbandingan Manual dan FEM 46
4.8 Evaluasi Tegangan berdasarkan BKI 47
4.9 Evaluasi *Safety Factor* 48
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 51
5.1 Kesimpulan 51
5.2 Saran 51
DAFTAR PUSTAKA 53
LAMPIRAN 1 55
LAMPIRAN 2 59
LAMPIRAN 3 63
LAMPIRAN 4 67
BIODATA PENULIS 75

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Mekanik Baja SS 400 10
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu..... 17
Tabel 4.1 Data Perencanaan 27
Tabel 4.2 Konvergensi..... 33
Tabel 4.3 Hasil Simulasi..... 46
Tabel 4.4 Perbandingan Tegangan Izin 47
Tabel 4.5 Evaluasi *Safety Factor*..... 48

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal Bantu Rumah Sakit (BRS) 7
Gambar 2.2 *Lift Beam* 8
Gambar 2.3 Material Baja SS-400 10
Gambar 2.4 Elemen Hingga 12
Gambar 2.5 Penguraian Intensitas Gaya 13
Gambar 3.1 Alur Penelitian 19
Gambar 4.1 Struktur *Lift beam* 25
Gambar 4.2 Pondasi *Lift beam* 26
Gambar 4.3 Desain Struktur *Lift beam* 26
Gambar 4.4 *Free Body* Diagram *Lift Beam* 28
Gambar 4.5 Model Struktur 31
Gambar 4.6 Tipe Analisis 31
Gambar 4.7 Material *Engineering* Data 32
Gambar 4.8 Material pada model 32
Gambar 4.9 Grafik Konvergensi 34
Gambar 4.10 Kondisi Batas dan Pembebanan *Lift Beam* 35
Gambar 4.11 Distribusi Tegangan Normal (*Normal Stress*) 36
Gambar 4.12 Distribusi Tegangan Geser (*Sheer Stres*) 37
Gambar 4.13 Distribusi Tegangan *Von Mises* Maksimum 38
Gambar 4.14 Distribusi Deformasi 39
Gambar 4.15 Distribusi Tegangan Normal (*Normal Stress*) 40
Gambar 4.16 Distribusi Tegangan Geser (*Sheer Stress*) 41
Gambar 4.17 Distribusi Tegangan *Von Mises* Maksimum 41
Gambar 4.18 Distribusi Deformasi 42
Gambar 4.19 Distribusi Tegangan Normal (*Normal Stress*) 43
Gambar 4.20 Distribusi Tegangan Geser (*Sheer Stress*) 44
Gambar 4.21 Distribusi Tegangan *Von Mises* Maksimum 44
Gambar 4.22 Distribusi Deformasi 45

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal Bantu Rumah Sakit (BRS) merupakan salah satu unsur penting TNI Angkatan Laut yang berfungsi sebagai sarana dukungan logistik sekaligus fasilitas layanan kesehatan terapung setara rumah sakit tipe C, sehingga berperan penting dalam operasi militer maupun misi kemanusiaan dan penanggulangan bencana di wilayah maritim Indonesia. Kapal jenis ini umumnya memiliki ukuran yang besar dan daya jelajah panjang. Dalam menunjang fungsi kemanusiaan maupun logistik tersebut, kapal BRS dilengkapi berbagai peralatan angkat seperti *crane* dan *hoist* yang digunakan untuk proses bongkar muat. Keandalan sistem pengangkatan ini sangat bergantung pada kekuatan struktur pendukung, salah satunya *lift beam* (*girder* penyangga *hoist*) yang bekerja menahan beban vertikal, gaya dinamis, dan momen akibat operasi pengangkatan (PT. PAL., 2021).

Pada kapal bantu rumah sakit (BRS), selain *crane* di geladak, sering dipasang juga sistem *hoist* dan *lifting beam* di ruang kamar mesin yang berfungsi untuk mengangkat dan memindahkan peralatan utama bantu mesin seperti mesin utama, mesin bantu, pompa, dan berat komponen lainnya baik pada saat proses instalasi awal maupun selama kegiatan perawatan dan perbaikan. Keberadaan sistem pengangkatan di dalam ruang kamar mesin menjadi sangat penting mengingat keterbatasan ruang, berat peralatan yang diangkat, serta tuntutan keselamatan operasional selama proses pemeliharaan kapal. Struktur *lift beam* atau girder penyangga *hoist* di ruang kamar mesin kapal BRS memegang peranan krusial dalam menjamin keselamatan proses pengangkatan peralatan berat. Peningkatan kapasitas *hoist crane* dari 1 ton menjadi 2 ton direncanakan seiring dengan proses peremajaan ruang kamar mesin kapal bantu rumah sakit, yang meliputi penggantian dan pemasangan ulang peralatan bantu mesin dengan dimensi dan massa yang lebih besar dibandingkan kondisi sebelumnya. Peralatan bantu mesin modern umumnya

memiliki konstruksi yang kompak namun lebih berat akibat peningkatan kapasitas dan standar kinerja, sehingga memerlukan sistem pengangkatan dengan kapasitas yang lebih tinggi untuk menjamin keselamatan selama proses instalasi dan perawatan.

Peningkatan kapasitas *hoist* juga dimaksudkan untuk memberikan *margin* keselamatan operasional dan fleksibilitas kerja selama kegiatan pemeliharaan, sehingga proses pengangkatan tidak dilakukan mendekati batas maksimum kapasitas sistem, kondisi tersebut menjadi evaluasi ulang terhadap kekuatan struktur *lift beam* menjadi penting sebelum peningkatan kapasitas *hoist crane* diimplementasikan. Kondisi peningkatan beban tersebut mengharuskan dilakukan analisis teknis yang akurat untuk memastikan struktur *lift beam* tetap aman dan andal, salah satu pendekatan yang efektif adalah melalui metode elemen hingga (*Finite Element Method/FEM*) yang banyak digunakan dalam penelitian dan rekayasa struktur untuk memperkirakan distribusi tegangan, regangan, dan deformasi akibat beban yang bekerja pada struktur yang kompleks. Metode elemen hingga memungkinkan pemodelan geometri yang rumit, properti material yang realistis, kondisi batas, dan beban operasional untuk memperoleh prediksi respons struktur secara numerik sesuai dengan kaidah teknik modern (Wunda dkk, 2019).

Selanjutnya, dalam konteks simulasi numerik dengan perangkat lunak rekayasa berbasis komputer seperti *ANSYS Workbench*, analisa ini dibuat menjadi lebih spesifik menggunakan *static structural analysis*. ANSYS, (2024) menjelaskan *static structural analysis* adalah jenis analisis FEM yang menghitung respon struktur terhadap beban statis yang tidak mengandung inersia atau efek waktu, sehingga cocok untuk menilai kinerja struktur *lift beam* terhadap beban angkat *hoist crane* baru secara *steady state*. Analisis jenis ini dapat menentukan perpindahan (*displacement*), tegangan (*stress*), regangan (*strain*), dan gaya internal yang timbul akibat beban operasional yang bekerja secara tetap, yang semuanya penting untuk mengevaluasi kelayakan desain *lift beam* setelah peningkatan kapasitas *hoist crane*.

Berdasarkan pendekatan *static structural analysis* dalam simulasi numerik semakin relevan fokus terhadap analisis beban angkat yang bekerja secara konstan setelah peningkatan kapasitas *hoist crane*. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian oleh Wibawa (2020) yang membahas "Desain Dan Analisis Tegangan Struktur *Crane* Kapasitas 10 Ton Menggunakan Metode Elemen Hingga" hasil penelitian tersebut analisis statik berbasis elemen hingga mampu menggambarkan secara akurat distribusi tegangan *von mises*, deformasi, dan *safety factor* pada struktur crane dibawah beban kerja tetap selama tegangan yang terjadi masih berada dibawah batas luluh material. *Static structural* tidak hanya berfungsi sebagai alat verifikasi kekuatan struktur, tetapi juga sebagai dasar evaluasi kelayakan desain sebelum sistem dioperasikan secara nyata.

Berdasarkan latar belakang dan penelitian sebelumnya berfokus pada analisis struktur *crane* secara umum, namun belum spesifik membahas evaluasi struktur *lift beam* di ruang kamar mesin kapal bantu rumah sakit yang mengalami peningkatan *hoist crane*. Maka peneliti tertarik meneliti adanya kebutuhan untuk memastikan bahwa *lift beam* tetap aman dan layak digunakan setelah peningkatan *hoist crane*, tanpa harus langsung melakukan pengujian fisik yang berisiko. Melalui simulasi numerik menggunakan *ANSYS Workbench* dengan pendekatan *static structural* peneliti dapat mengidentifikasi titik kritis, peningkatan tegangan, serta deformasi maksimum yang mungkin timbul akibat beban operasional. Hasil analisis ini diharapkan menjadi dasar teknis dalam pengambilan keputusan rekayasa, baik untuk menyatakan desain *lift beam* masih memenuhi kriteria keselamatan maupun untuk merekomendasikan modifikasi struktur.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kemampuan struktur *lift beam* dalam menahan pembebanan statis akibat peningkatan kapasitas *hoist crane*?
2. Apakah tegangan *von mises* maksimum yang terjadi pada struktur *lift beam* akibat beban angkat *hoist crane* kapasitas 2 ton masih berada di

bawah tegangan ijin yang ditetapkan oleh aturan Badan Klasifikasi Indonesia (BKI)?

3. Bagaimana nilai *safety factor* struktur *lift beam* dan tingkat keamanannya terhadap pengoperasian *hoist crane* kapasitas 2 ton?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kemampuan struktur *lift beam* dalam menahan pembebanan statis akibat peningkatan kapasitas *hoist crane* menjadi 2 ton.
2. Menentukan nilai tegangan *von mises* maksimum yang terjadi pada struktur *lift beam* akibat pembebanan *hoist crane* kapasitas 2 ton serta mengevaluasi kesesuainnya terhadap tegangan izin berdasarkan aturan Badan Klasifikasi Indonesia.
3. Menentukan nilai *safety factor* serta mengevaluasi tingkat keamanan struktur *lift beam* terhadap pengoperasian hoist crane kapasitas 2 ton.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Bagi Penulis

   Penelitian ini memberikan pemahaman kepada penulis mengenai kekuatan struktur *lift beam* di ruang kamar mesin kapal Bantu Rumah Sakit (BRS) akibat pengoperasian *hoist crane* kapasitas 2 ton serta meningkatkan kemampuan dalam menerapkan metode elemen hingga untuk menganalisis struktur lokal pada kapal.

2. Bagi Perusahaan Galangan

   Penelitian ini dapat dijadikan acuan teknik bagi galangan kapal dan perancang dalam perencanaan maupun modifikasi struktur *lift beam*, khususnya dalam penentuan dimensi, material, dan konfigurasi penampang agar memenuhi persyaratan kekuatan sesuai aturan klasifikasi dan pedoman peralatan angkat di kapal, sehingga mendukung keselamatan operasi pengangkatan di ruang kamar mesin.

3. Bagi Akademik

   Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah berupa referensi penerapan metode elemen hingga dalam analisis kekuatan

struktur *lift beam*, serta rujukan bagi penelitian selanjutnya yang mengkaji struktur pendukung peralatan angkat atau struktur lokal lainnya di lingkungan maritim.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terarah dan tidak melebar, maka ditetapkan beberapa Batasan masalah sebagai berikut :

1. Analisis hanya dilakukan pada struktur *lift beam*, tidak termasuk analisis pada struktur ruang mesin secara keseluruhan.
2. Material yang digunakan mengikuti data material baja SS 400 sesuai aturan klasifikasi tanpa melakukan pengujian material secara langsung.
3. Beban yang diperhitungkan adalah beban statis ekuivalen dari *hoist crane* tanpa mempertimbangkan faktor dinamis. Pendekatan ini digunakan karena penelitian difokuskan pada evaluasi kekuatan awal (*preliminary structural assesment*) terhadap kondisi pembebanan maksimum, sehingga analisis dilakukan pada kondisi pembebanan maksimum, sehingga analisis dilakukan pada kondisi beban yang dianggap bekerja secara tetap.
4. Evaluasi hasil analisis dibatasi parameter tegangan *von mises*, deformasi, dan *safety factor*.
5. Penelitian ini hanya berfokus terhadap kekuatan objek struktur *lift beam* saja, tidak pada struktur yang lain misalnya struktur *deck* sebagai penopang *lift beam*.
6. Tidak membahas tentang sistem pengoperasian dan *part body dari hoist crane* itu sendiri.
7. Dalam penelitian ini penulis hanya menggunakan aturan sesuai *rules* dari Badan Klasifikasi Indonesia (BKI).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Bantu Rumah Sakit

Kapal BRS Adalah kapal yang berfungsi sebagai sarana pendukung dalam pelaksanaan operasi militer, pada dasarnya kapal ini dipersiapkan untuk mendukung Operasi Militer Perang (OPM). Namun, ketika tidak berada dalam kondisi perang, kapal BRS juga dimanfaatkan untuk tugas-tugas Operasi Militer Selain Perang (OMSP). Berdasarkan UU TNI No. 34 Tahun 2004 dalam misi OMSP kapal BRS dapat digunakan untuk membantu penanggulangan bencana alam, proses evakuasi, memberikan bantuan kemanusiaan, serta mendukung kegiatan pencarian dan pertolongan ketika terjadi kecelakaan (*search and rescue*). Selain itu, kapal BRS juga memiliki kemampuan untuk melaksanakan misi diplomasi di Tingkat internasional.

Peran kapal BRS sangat cocok dengan karakter dan kondisi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan yang berada di kawasan cincin api, gempa bumi, hingga tsunami. Dalam kondisi seperti ini kapal BRS sangat menguntungkan karena bersifat *mobile* dan mampu bergerak dengan cepat menuju daerah terdampak untuk melaksanakan operasi tanggap darurat. Kapal ini memiliki fasilitas medis lengkap hingga mampu melakukan tindakan medis layaknya rumah sakit, hingga kapal BRS dijuluki sebagai “rumah sakit terapung” karena kelengkapan fasilitas kesehatannya.

Gambar 2.1 Kapal Bantu Rumah Sakit (BRS)
(Departemen Humas Galangan Surabaya,2020)

2.2 Lift Beam

Lift Beam merupakan balok logam yang terbuat dari material solid maupun hasil fabrikasi yang digantungkan pada *hoist*. Memiliki fungsi untuk menyediakan beberapa titik angkat sehingga beban menjadi lebih stabil dan lebih mudah dikontrol selama proses pengangkatan. *Lift beam* dirancang untuk menahan beban dalam kondisi lentur karena gaya angkat bekerja pada beberapa titik sekaligus (Gopagoni. dkk., 2017).

Gambar 2.2 *Lift Beam*
(Modulift By Pewag)

2.3 Analisis Kekuatan Struktur

Dalam kajian kekuatan struktur kapal, perhitungan dilakukan dengan menentukan nilai momen maksimum yang terjadi pada kondisi hogging maupun sagging. Perhitungan ini harus mempertimbangkan nilai modulus penampang aktual kapal wisata yang terbuat dari bahan FRP dengan tujuan menghindari risiko kegagalan struktur atau patahnya kapal akibat ketidakmampuan menahan momen timbul dari berbagai beban yang bekerja pada struktur kapal. Metode yang digunakan dalam analisis tersebut Adalah Metode Elemen Hingga (MEH) dengan bantuan perangkat lunak analisis struktur, metode ini merupakan salah satu pendekatan yang sangat banyak digunakan saat ini dan penerapannya cukup luas dalam bidang rekayasa. Metode elemen hingga bersifat berbasis komputer sehingga efektivitas dan kemampuannya terus meningkat seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi komputasi. Selain itu, metode ini juga berperan sebagai sarana

umpan balik untuk meningkatkan akurasi dan penyempurnaan simulasi analisis elemen hingga (Budianto, 2015).

2.4 Badan Klasifikasi Indonesia (BKI)

Badan Klasifikasi Indonesia (BKI) merupakan lembaga klasifikasi nasional yang menetapkan peraturan teknis terkait kekuatan struktur, keselamatan, dan kelayakan operasional kapal. Dalam penelitian ini, evaluasi kekuatan struktur *lift beam* mengacu pada *Rules for Hull Volume* II yang diterbitkan oleh BKI tahun 2017, khususnya pada *Section* 5 mengenai *Longitudinal Strength* dan *Section* 2 *mengenai Hull Structural Steel for Plates and Sections*.

Pada aturan tersebut dijelaskan bahwa evaluasi kekuatan struktur dilakukan menggunakan metode tegangan izin (*allowable stress*), dimana tegangan ekuivalen (*equivalent stress*) yang terjadi pada struktur tidak boleh melebihi tegangan izin material. Tegangan izin ditentukan berdasarkan faktor material k yang dipengaruhi oleh nilai tegangan luluh (*yield strength*) material yang digunakan.

Menurut Biro Klasifikasi Indonesia (2017) untuk material baja kekuatan tinggi (*higher strength hull structural steel*), faktor material dihitung menggunakan Persamaan:

$$k\frac{295}{R_{eH}+60} \tag{2.1}$$

Dengan:

k = faktor material

R_{eH} = *yield strength* material (MPa)

Sedangkan tegangan izin struktur dihitung berdasarkan Persamaan:

$$\sigma_v \leq \frac{190}{\kappa} \tag{2.2}$$

Dengan ketentuan tersebut, struktur dinyatakan aman apabila tegangan ekuivalen (*von mises stress*) hasil analisis masih berada di bawah tegangan izin yang ditentukan berdasarkan aturan BKI.

2.5 Material Baja SS 400

Baja SS 400 adalah baja karbon struktural yang termasuk dalam standar JIS G 3101 (*Japanese Industrial Standards*) dan digunakan secara luas

sebagai struktur material pada konstruksi umum, mesin, serta rangka baja. Kode SS merupakan singkatan dari *Structural Steel*, sedangkan angka 400 menunjukkan kekuatan tarik minimum sebesar 400 Mpa (World Material, 2025).

Pemilihan material baja SS 400 pada struktur *lift beam* didasarkan pada kondisi aktual struktur yang telah terpasang di kapal serta ketersediaan data material di lapangan. Baja SS 400 memiliki sifat mekanika yang cukup baik, mudah difabrikasi dan dilas serta banyak digunakan pada struktur pendukung peralatan angkat dengan tingkat pembebanan menengah. Evaluasi kekuatan struktur dilakukan dengan membandingkan tegangan hasil analisis terhadap tegangan ijin berdasarkan aturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), sehingga penggunaan baja SS 400 tetap dapat dinyatakan aman selama tegangan kerja berada di bawah batas luluh material dan memenuhi *safety factor*.

Gambar 2.3 Material Baja SS-400
(World Material, 2025)

Tabel 2.1 Sifat Mekanik Baja SS 400

Grade	Yield Strength min (Mpa)		Tensile	Elongation min %			Impact Resistance min
	Thickness < 16 mm	Thickness ≥ 16 mm	Strength MPa	Thickness < 5 mm	Thickness 5-16 mm	Thickness ≥ 16mm	
SS400	245	235	400-510	21	17	21	-

Sumber : Bebon, 2010

2.6 Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method-FEM*)

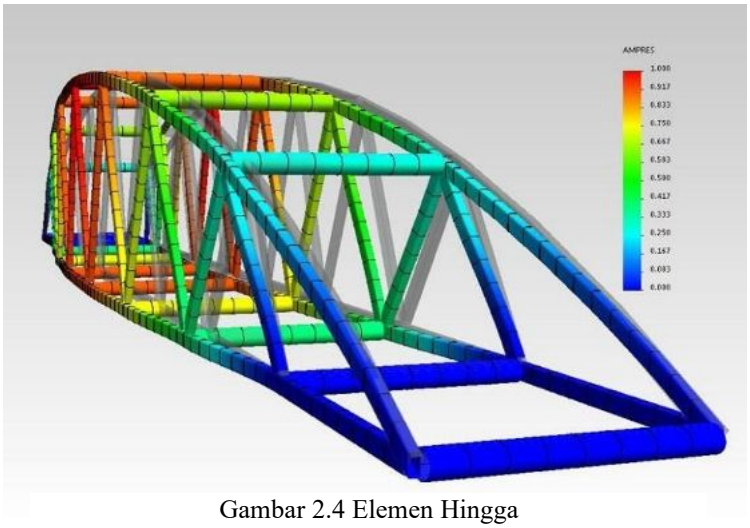
Metode elemen hingga merupakan suatu pendekatan numerik yang sangat luas penggunaanya dalam dunia teknik dan rekayasa modern. MEH berfungsi sebagai alat bantu untuk menyelesaikan berbagai permasalahan fisika dan mekanika yang tidak dapat ditangani secara analitis karena kompleksitas bentuk geometri, variasi pembebanan, serta karakteristik

material yang tidak selalu bersifat homogen maupun linear. Metode ini ditetapkan secara luas dalam struktur, penilaian tegangan dan regangan, perpindahan panas, analisa mekanika fluida, dinamika massa, hingga simulasi medan elektromagnetik. Melalui pendekatan ini dapat dipahami bagaimana suatu komponen dan *system* bereaksi terhadap gaya luar, perubahan suhu, kecepatan aliran fluida, serta interaksi fisik lainnya. Pada dasarnya MEH bekerja dengan memecah suatu struktur atau domain fisik menjadi elemen-elemen kecil yang saling terhubung melalui titik-titik yang disebut nodal. Dengan membagi *system* menjadi bagian-bagian sederhana, perilaku keseluruhan struktur dapat didekati melalui model-model matematis yang lebih mudah dirumuskan. Pendekatan ini memungkinkan analisis terhadap penurunan, distribusi tegangan, maupun perilaku dinamis dengan tingkat ketelitian yang tinggi terutama ketika metode analisis tradisional tidak dapat diterapkan.

Secara umum, pelaksanaan analisis dengan metode elemen hingga melibatkan lima tahapan utama sebagai berikut :

1. Menentukan daerah yang meliputi penempatan titik nodal, penomoran titik-titik nodal dan penentuan koordinatnya.
2. Menentukan derajat atau orde persamaan pendekatan linear atau kuadratik, persamaan harus dinyatakan sebagai fungsi nodal.
3. Menyusun sistem persamaan-persamaan.
4. Menyelesaikan sistem persamaan-persamaan.
5. Menghitung kuantitas yang dicari, kuantitas dapat merupakan komponen tegangan dan lain-lain.

Melalui kelima tahapan tersebut, MEH menjadi metode yang sangat efektif dan fleksibel untuk menangani beragam permasalahan rekayasa. Kemampuannya dalam merepresentasikan kondisi nyata secara mendekati membuat metode ini menjadi standar dalam penelitian, perancangan, dan analisis teknik *modern* (Wunda dkk, 2019).



Gambar 2.4 Elemen Hingga
(didinlubis.wordpress.com)

2.7 Uji Konvergensi

Uji konvergensi merupakan proses evaluasi dalam metode elemen hingga (*Finite Element Method*) untuk memastikan bahwa hasil simulasi telah mencapai nilai yang stabil dan tidak berubah secara signifikan akibat perubahan ukuran elemen *mesh*. Pada analisis elemen hingga, struktur dibagi menjadi elemen-elemen kecil sehingga tingkat ketelitian hasil sangat dipengaruhi oleh jumlah dan ukuran *mesh* yang digunakan.

Menurut Bathe, (1996) semakin kecil ukuran elemen *mesh* maka solusi numerik yang diperoleh akan semakin mendekati solusi aktual. Akan tetapi, penggunaan mesh yang terlalu halus menyebabkan jumlah elemen dan node meningkat sehingga waktu komputasi menjadi lebih lama dan kebutuhan memori perangkat lunak semakin besar. Oleh karena itu diperlukan proses konvergensi untuk menentukan ukuran *mesh* yang optimal.

Uji konvergensi dilakukan dengan cara membandingkan hasil simulasi dari beberapa variasi ukuran *mesh*. Parameter yang umumnya diamati adalah tegangan maksimum (*von mises*), deformasi maksimum, serta jumlah elemen dan node. Hasil analisis dikatakan konvergen apabila perubahan nilai hasil simulasi antar variasi *mesh* sudah relatif kecil atau mendekati konstan.

2.8 *Static Structural*

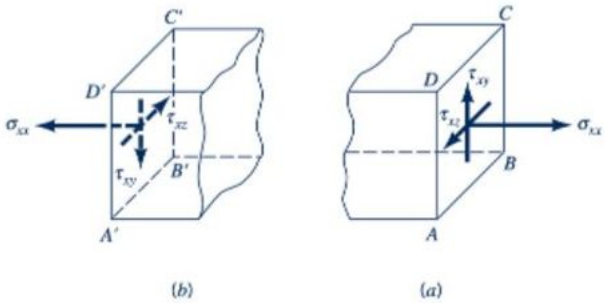
Static Structural merupakan analisis yang menentukan perpindahan, tegangan, regangan, dan gaya pada struktur atau komponen yang disebabkan oleh beban yang tidak menimbulkan efek inersia dan redaman yang signifikan. Kondisi pembebanan dan respon yang stabil diasumsikan yaitu beban dan respon struktur diasumsikan bervariasi secara perlahan terhadap waktu (ANSYS, 2024).

2.9 Tegangan

Benda yang dikenai gaya dan momen akan mengalami pembengkokan atau defleksi yang arahnya tegak lurus terhadap sumbu memanjang benda. Dalam kondisi tersebut, pada setiap penampang melintang yang juga tegak lurus terhadap sumbu memanjang akan timbul tegangan normal dan tegangan geser Avianto Johan (2013) Tegangan menggambarkan kemampuan suatu benda atau struktur dalam menahan gaya yang bekerja. Secara umum, tegangan dapat diartikan sebagai besar gaya yang bekerja pada suatu luas bidang tertentu. Secara matematis, besaran ini dinyatakan melalui Persamaan berikut.

$$\text{Tegangan } (\sigma) = \frac{Gaya\ (F)}{Luas\ Area\ (A)} \tag{2.3}$$

Sedangkan arah dari gaya pada tegangan digambarkan tegak lurus dan sejajar dengan irisan yang dianalisis seperti yang terlihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Penguraian Intensitas Gaya
(infistream.id)

2.9.1 Tegangan *Von Mises*

Menurut Widyastuti dkk, (2025) tegangan *von mises* merupakan tegangan *ekuivalen* yang digunakan untuk mengevaluasi kondisi leleh material akibat kombinasi tegangan normal dan geser yang bekerja secara

bersamaan pada suatu elemen struktur. Beban *statis* yang bekerja diujung atau sepanjang bentang struktur akan menimbulkan dua jenis tegangan utama, yaitu tegangan lentur akibat momen lentur dan tegangan geser akibat gaya geser. Kedua tegangan tersebut digabungkan untuk memperoleh tegangan *ekuivalen von mises* yang digunakan sebagai acuan keamanan struktur. Besar nilai tegangan von mises dihitung dengan Persamaan di bawah ini:

$$\sigma_v = \sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2 \quad (2.4)$$

Dengan:

σ_v = Tegangan *von mises* (tegangan ekuivalen)
σ_x = Tegangan Lentur
τ_{xy} = Tegangan Geser

2.9.2 Tegangan Normal (*Normal Stress*)

Tegangan normal menurut Sutikno, (2011) adalah tegangan yang bekerja tegak lurus terhadap bidang penampang suatu material akibat adanya gaya tarik maupun gaya tekan. Besarnya tegangan normal dipengaruhi oleh besar gaya yang bekerja dan luas penampangnya yang menerima gaya tersebut. Semakin besar gaya yang diterima atau semakin kecil luas penampang, maka tegangan normal yang terjadi akan semakin besar. Tegangan normal merupakan parameter penting dalam analisis struktur karena berkaitan langsung dengan kemungkinan terjadinya deformasi permanen maupun kegagalan material apabila telah melampaui kekuatan luluh (*yield strength*) material. Secara matematis, tegangan normal dinyatakan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.5)$$

Dengan:

σ = tegangan normal (MPa atau N/mm^2)
F = gaya normal yang bekerja (N)
A = luas penampang (mm^2)

2.9.3 Tegangan Geser (*Sheer Stress*)

Tegangan geser menurut Sutikno, (2011) merupakan tegangan yang bekerja sejajar terhadap bidang penampang akibat adanya gaya geser. Berbeda dengan tegangan normal yang cenderung menyebabkan

perubahan panjang material, tegangan geser menyebabkan kecenderungan terjadinya pergeseran antar lapisan material. Besarnya tegangan geser dipengaruhi oleh gaya geser yang bekerja dan luas bidang yang menerima gaya tersebut. Apabila tegangan geser yang terjadi melebihi kemampuan material, maka struktur berpotensi mengalami retak, kegagalan sambungan, ataupun deformasi lokal. Persamaan tegangan geser dinyatakan sebagai berikut:

$$\tau = \frac{V}{A} \tag{2.6}$$

Dengan:

τ = tegangan geser (MPa atau N/mm^2)
V = gaya geser (N)
A = luas penampang yang menerima gaya (mm^2)

2.10 Deformasi

Deformasi menurut Setiawan dkk, (2023) merupakan perubahan bentuk atau dimensi suatu material akibat gaya atau beban yang bekerja padanya. Ketika material menerima pembebanan, material akan menyerap energi sehingga terjadi perubahan geometri, baik berupa perubahan panjang, bentuk, maupun ukuran. Besar kecilnya gaya yang diberikan tetap akan menghasilkan deformasi, meskipun perubahan tersebut terkadang sangat kecil dan tidak terlihatsecara kasat mata. Secara umum, deformasi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu deformasi elastis dan deformasi plastis. Deformasi elastis adalah perubahan bentuk yang bersifat sementara, di mana material dapat kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah beban dihilangkan. Sebaliknya, deformasi plastis merupakan perubahan bentuk yang bersifat permanen sehingga material tidak dapat kembali ke kondisi awal meskipun pembebanan telah dilepaskan.

2.11 *Safety Factor*

Safety factor adalah faktor yang mengidentifikasi tingkat kemampuan suatu bahan teknik untuk menahan beban luar, seperti beban tekan atau tarik. Gaya yang diperlukan agar bahan tersebut mencapai tingkat optimal dalam menahan beban luar sampai akhirnya pecah disebut sebagai beban *ultimate*

(Faizal dkk.,2025). Evaluasi keamanan struktur dilakukan menggunakan metode tegangan izin (*allowable stress method*) menurut Biro Klasifikasi Indonesia, (2017) pada *Rules for Hull Volume* II struktur dinyatakan aman apabila tegangan ekuivalen (*von mises*) hasil simulasi tidak melebihi tegangan izin material yang ditentukan oleh aturan BKI.

Selain itu, evaluasi juga dilakukan menggunakan nilai *safety factor* yang diperoleh dari perbandingan antara *yield strength* material dengan tegangan maksimum yang terjadi pada struktur.

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_{maks}} \tag{2.7}$$

Dengan:

SF = *safety factor*
σ_y = *yield strength* material
σ_{maks} = tegangan maksimum

Struktur dinyatakan aman apabila nilai *safety factor* lebih dari 1.

2.12 *Software*

Perangkat lunak *software* merupakan program-program *computer* yang berguna untuk menjalankan suatu pekerjaan sesuai dengan dikehendaki. Perangkat lunak terdiri atas perangkat lunak *system software*, perangkat lunak *application software*, *web application* suatu perangkat yang diakses menggunakan *web* melalui suatu jaringan internet dan perangkat lunak tertanam yang ditulis untuk mengontrol mesin atau perangkat elektronik. Perbedaan di antara perangkat lunak tersebut sebagai perangkat lunak sistem untuk melaksanakan tugas-tugas dasar tertentu yang diperlukan semua pengguna komputer (Saputra, 2016).

2.12.1 *AutoCAD*

Program *computer aided design* (CAD) yang lebih dikenal dengan sebutan *AutoCAD* merupakan program perangkat lunak komputer yang digunakan untuk mendesain serta menggambar dalam bentuk 2D maupun 3D. *Software AutoCAD* dikeluarkan oleh perusahaan Amerika Serikat Bernama *Autodesk*, yang telah berhasil menghasilkan program *CAD* dan telah dipasarkan di seluruh dunia.

Dalam bidang teknik sipil dan arsitektur *software drawing AutoCAD* merupakan salah satu *software* yang sering digunakan dalam mempermudah pekerjaan sehari-hari. Kemudahan yang ditawarkan oleh *AutoCAD* mampu membantu dalam kehidupan, terutama dalam bidang konstruksi bangunan dan perencanaan bangunan. Tujuan penggunaan *AutoCAD* yaitu menghasilkan gambar perencanaan dengan akurasi sangat baik yang selanjutnya dapat diterapkan pada pekerjaan di lapangan (Dimas Pratama dkk., 2021).

2.12.2 *Ansys*

ANSYS merupakan suatu perangkat lunak yang mampu untuk menyelesaikan persoalan elemen hingga dari permodelan hingga analisis, serta untuk menyimulasikan semua ilmu fisika baik statis maupun dinamis, analisis struktural keduanya linier dan non linear, perpindahan panas maupun dinamika fluida dan elektromagnetik. *ANSYS* dapat mengimpor data *CAD* maupun untuk membangun geometri dengan kemampuan "*preprocessing"*. Hasil yang diperoleh dari *ANSYS* berupa pendekatan dengan menggunakan analisa numerik, ketelitiannya bergantung pada cara kita memecah model dan menggabungkannya (Harahap, 2020).

2.13 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai bahan referensi pennelitian ini, dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti	Judul	Hasil Pembahasan	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
1.	(Magnolia, 2025)	Analisis Statik Linear Struktur *Crane* Menggunakan Metode Elemen Hingga	Tegangan maksimum tetap di bawah *yield strength* baja, penambahan *stiffener* efektif menurunkan tegangan dan deformasi.	Menggunakan analisis *static structural,* membahas tegangan dan deformasi, serta rekomendasi penguat struktur.	Penelitian terdahulu bersifat umum pada rangka *crane*, sedangkan penelitian saya spesifik pada *lift beam* kapal BRS dan evaluasi BKI.

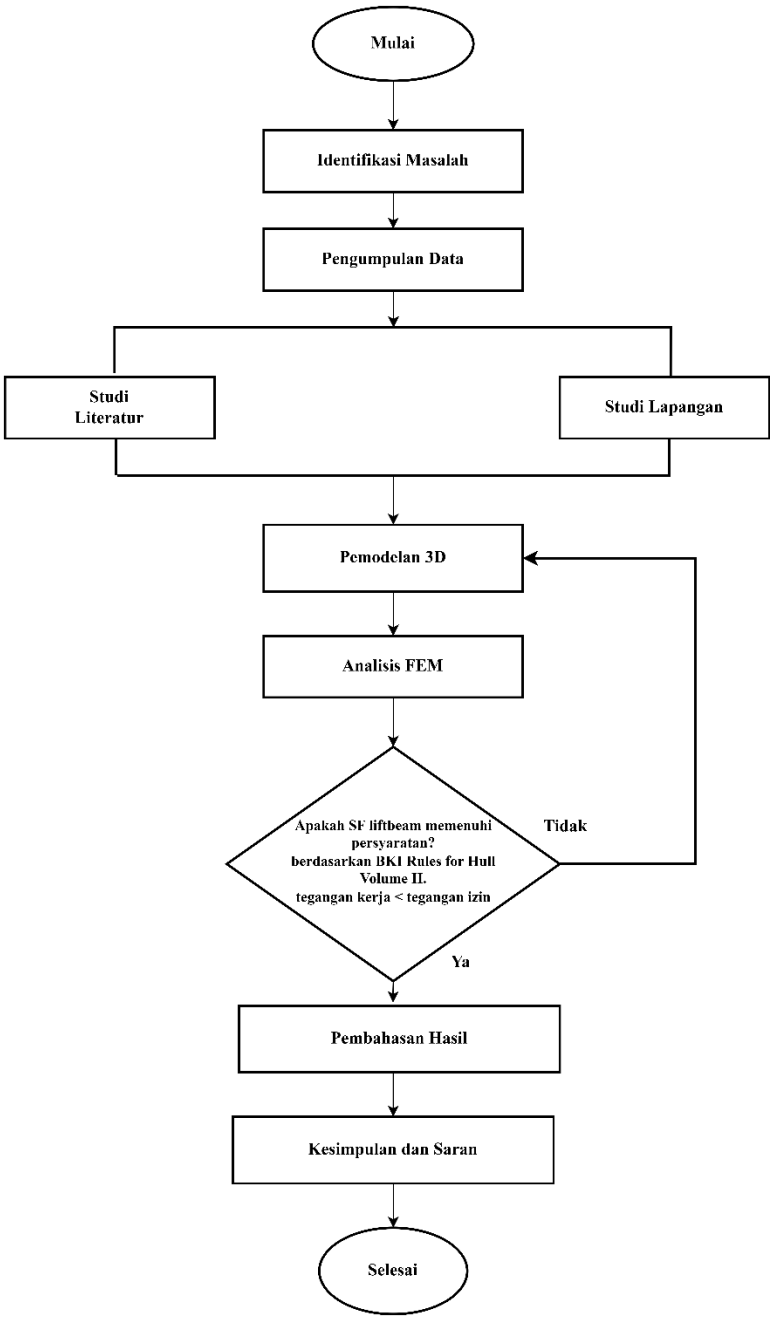
No.	Nama Peneliti	Judul	Hasil Pembahasan	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
2.	(Putra dkk., 2024)	Desain dan Analisis Tegangan *Crane Hook* Kapasitas 3 Ton Menggunakan Simulasi Numerik	Tegangan *von mises* maksimum 61,924 Mpa dan *safety factor* >5; material AISI 4140 paling aman untuk *hook crane* 3 ton.	Menggunakan simulasi numerik/FEM dan menilai tegangan serta *safety factor*.	Objek penelitian terdahulu adalah *hook crane*, bukan struktur balok (*lift beam*) dan tidak terkait aturan klasifikasi kapal.
3.	(Trihantoro dkk., 2022)	Analisa Kekuatan Struktur *Deck Crane* Kapal Tanker 6500 *DWT* Menggunakan Metode Elemen Hingga	Tegangan maksimum 147,08 MPa pada sudut putar 90˚ dan elevasi 0˚. Struktur *deck crane* dinyatakan aman karena masih dibawah tegangan izin BKI 190 MPa	Menganalisis struktur pendukung *crane* di kapal, menggunakan *FEM* serta mengevaluasi tegangan dan *safety factor* berdasarkan BKI.	Objek penelitian terdahulu adalah *deck crane*, sedangkan penelitian saya fokus pada *lift beam* di ruang mesin dan perubahan kapasitas *hoist*.
4.	(Daffa Hesa dkk., 2022)	Perancangan Jib *Crane* Dengan Kapasitas Angkat 2 Ton	Tegangan hasil simulasi berada di bawah *yield strength* material ss 55 sehingga desain jib *crane* kapasitas 2 ton dinyatakan aman.	Membahas struktur peralatan angkat kapasitas 2 ton menggunakan analisis struktur dan simulasi numerik.	Penelitian terdahulu fokus pada jib *crane* di darat, sedangkan penelitian saya pada objek *lift beam* kapal BRS dan mengacu aturan BKI.
5.	(Wibawa, 2020)	Desain dan Analisis Tegangan Struktur *Crane* Kapasitas 10 Ton Menggunakan Metode Elemen Hingga	Tegangan *von mises* maksimum 63,73 MPa, deformasi 2,721 mm, dan *safety factor* 3,25; struktur *crane* aman untuk beban 10 ton.	Menggunakan analisis *static structural* mengevaluasi tegangan, deformasi, dan faktor keamanan.	Penelitian terdahulu menganalisis struktur *crane* utuh di darat, bukan struktur *lift beam* kapal, serta tidak meninjau perubahan kapasitas *hoist.*

Sumber: Penulis, 2026

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini digambarkan pada diagram alur seperti Gambar 3.1



Gambar 3.1 Alur Penelitian
(Penulis, 2026)

3.2 Identifikasi Masalah

Tahap dilakukannya identifikasi masalah merupakan tahapan pertama yang dilakukan dalam menentukan perumusan masalah yang diangkat dalam penelitian. Dalam penelitian ini, permasalahan yang diangkat adalah adanya perubahan kapasitas *hoist crane* yang berpotensi meningkatkan beban kerja pada struktur *lift beam*, sehingga permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah kondisi yang menimbulkan pertanyaan mengenai kemampuan struktur yang ada dalam menahan beban baru serta kesesuaiannya terhadap persyaratan keselamatan yang ditetapkan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).

3.3 Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data dilakukan dalam proses penelitian untuk memecahkan permasalahan yang dirumuskan. Pada penelitian ini didapatkan melalui observasi lapangan pada saat *One The Job Trainning* serta data yang diperoleh tidak langsung oleh penulis tetapi melalui media perantara yang digunakan pada penelitian ini adalah data detail *drawing* yang berisi informasi detail ukuran, serta jurnal dan buku yang relevan.

3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teori yang mendukung pelaksanaan penelitian. Kajian literatur meliputi standar klasifikasi kapal khususnya ketentuan Badan Klasifikasi Indonesia (BKI) yang berkaitan dengan struktur perangkat dan faktor keamanan.

3.3.2 Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan untuk memperoleh data aktual mengenai kondisi struktur *lift beam* pada kapal bantu rumah sakit. Tahapan ini meliputi pengamatan langsung terhadap konfigurasi struktur, pengukuran dimensi *lift beam*, identifikasi jenis material yang digunakan, serta kondisi pemasangan *hoist crane*. Data hasil studi lapangan yang digunakan untuk memastikan bahwa pemodelan dan analisis kapal yang dilakukan mencerminkan kondisi nyata struktur di lapangan.

3.4 Pemodelan 3D

Berdasarkan data hasil studi literatur dan studi lapangan dilakukan pemodelan struktur *lift beam* dalam bentuk model tiga dimensi. Pemodelan ini bertujuan untuk memperlihatkan geometri dan karakteristik struktur secara mendekati kondisi sebenarnya. Model tiga dimensi meliputi bentuk struktur, dimensi penampang, posisi titik pembebanan, serta kondisi batas yang akan digunakan dalam perhitungan manual dan metode analisis elemen hingga.

3.5 Perhitungan Manual

Perhitungan manual dilakukan sebagai tahap awal untuk memperoleh gambaran umum mengenai respon struktur terhadap beban angkat sebesar 2 ton, perhitungan ini melalui penentuan gaya, momen, dan tegangan yang bekerja pada *lift beam* serta perhitungan nilai *safety factor* secara teoritis. Hasil perhitungan manual digunakan sebagai pembanding dan validasi awal terhadap hasil analisis numerik menggunakan metode elemen hingga.

3.6 Analisis Metode Elemen Hingga (FEM)

Analisis kekuatan struktur *lift beam* dilakukannya menggunakan metode elemen hingga. Pada tahap ini, model tiga dimensi yang telah dibuat diberikan properti material sesuai dengan spesifikasi material struktur *lift beam*. Selanjutnya ditentukan jenis elemen, kondisi batas, serta pembebanan sesuai dengan kapasitas *hoist crane* sebesar 2 ton. Analisis FEM menghasilkan data berupa distribusi tegangan, deformasi struktur, dan nilai faktor keamanan yang digunakan untuk memberikan tingkat keamanan struktur.

3.7 Evaluasi Tegangan dan *Safety Factor* Berdasarkan Aturan BKI

Hasil simulasi numerik menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method*) dievaluasi berdasarkan ketentuan yang tercantum dalam *Rules for Hull Volume II* Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Parameter utama yang digunakan dalam evaluasi meliputi tegangan *von mises* maksimum dan nilai *safety factor* yang diperoleh dari hasil analisis *static structural* menggunakan perangkat lunak *ANSYS Workbench*.

Dalam aturan tersebut, tegangan ekuivalen struktur tidak boleh melebihi tegangan izin yang dihitung menggunakan faktor material κ. Faktor

material ditentukan berdasarkan *yield strength* material menggunakan Persamaan:

$$\kappa = \frac{295}{R_{eH} + 60}$$

Sedangkan tegangan izin dihitung menggunakan Persamaan:

$$\sigma_{izin} = \frac{190}{k}$$

Selain itu, dilakukan evaluasi terhadap nilai *safety factor* untuk mengetahui tingkat keamanan struktur terhadap pembebanan *hoist crane* kapasitas 2 ton. Nilai *safety factor* diperoleh dari perbandingan antara tegangan luluh (*yield strength*) material dengan tegangan maksimum yang terjadi pada struktur. Struktur dinyatakan aman apabila nilai *safety factor* lebih besar dari satu, sehingga material masih memiliki cadangan kekuatan terhadap beban kerja yang diberikan.

3.8 Pembahasan Hasil

Pembahasan dilakukan terhadap seluruh hasil simulasi yang diperoleh dari analisis metode elemen hingga menggunakan *ANSYS Workbench*. Parameter yang dibahas meliputi distribusi tegangan *von mises* dan nilai *safety factor* pada struktur *lift beam* akibat pembebanan *hoist crane* kapasitas 2 ton.

Analisis tegangan *von mises* dilakukan untuk mengidentifikasi lokasi kritis yang mengalami konsentrasi tegangan tertinggi pada struktur. Nilai tegangan maksimum yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan tegangan izin berdasarkan aturan BKI untuk menentukan apakah struktur masih memenuhi persyaratan kekuatan.

Analisis *safety factor* dilakukan untuk mengetahui tingkat keamanan struktur terhadap pembebanan yang diberikan. Nilai *safety factor* yang diperoleh digunakan untuk menilai kemampuan struktur dalam menahan beban kerja dengan mempertimbangkan cadangan kekuatan material yang masih tersedia.

Berdasarkan hasil evaluasi tegangan dan *safety factor* dilakukan penilaian terhadap tingkat keamanan dan kelayakan struktur *lift beam* dalam mendukung pengoperasian *hoist crane* kapasitas 2 ton. Hasil pembahasan ini

menjadi dasar dalam penarikan kesimpulan mengenai kondisi struktur serta pemenuhan persyaratan keselamatan sesuai aturan yang berlaku.

3.9 Kesimpulan dan Saran

Tahap akhir penelitian dilakukan dengan menyusun kesimpulan berdasarkan seluruh hasil analisis yang telah diperoleh. Kesimpulan disusun dengan mengacu pada tujuan penelitian dan hasil evaluasi terhadap kemampuan struktur *lift beam* dalam menahan pembebanan *hoist crane* kapasitas 2 ton, nilai tegangan *von mises* maksimum yang terjadi, serta nilai *safety factor* berdasarkan aturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).

Selanjutnya, saran diberikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya maupun pengembangan analisis struktur *lift beam*. Saran dapat berupa pengembangan metode analisis, penggunaan variasi pembebanan yang lebih kompleks, maupun kajian terhadap kondisi operasional yang belum dibahas dalam penelitian ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Ukuran Kapal

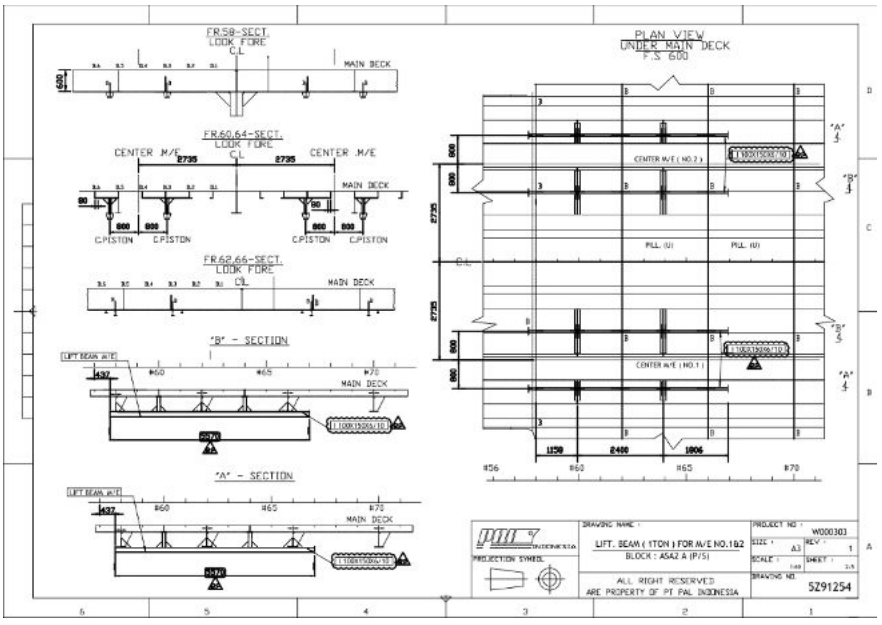
Berdasarkan Data yang diperoleh dari Perusahaan Galangan Kapal Surabaya dan Kapal Bantu Rumah Sakit, ukuran utama dari kapal tersebut adalah sebagai berikut.

LOA (*Length of All)*	:	124 m
LBP (*Length Between Perpendicular*)	:	107,450 m
B (*Breadth*)	:	21,8 m
D (*Depth*) (*B.L to Main Deck*)	:	6,7 m
T (*Draf*)	:	5 m
Speed	:	18 knots

4.2 Data *Lift Beam*

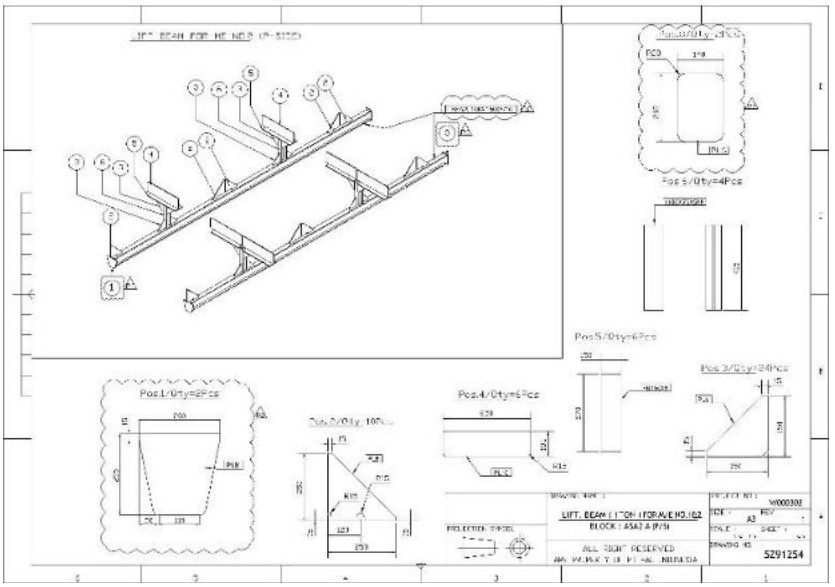
Berikut adalah data gambar dan ukuran struktur dan pondasi *lift beam* yang diperoleh dari tempat *On the Job Training* (OJT).

a) Struktur *Lift beam*



Gambar 4.1 Struktur *Lift beam*

b) Pondasi *Lift beam*

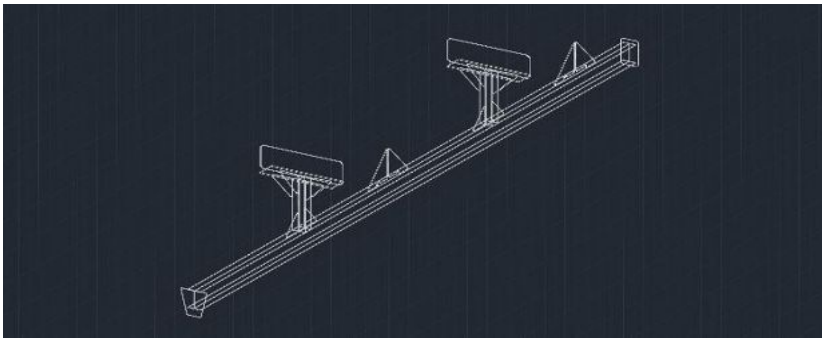


Gambar 4.2 Pondasi *Lift beam*

4.3 Desain Struktur *Lift Beam*

Pada desain struktur *Lift beam* yang digunakan sebagai objek analisis dalam penelitian ini. Desain tersebut diperoleh berdasarkan data gambar kerja dari pihak galangan kapal yang digunakan sebagai acuan utama dalam proses pemodelan dan analisis struktur.

Desain struktur ini selanjutnya akan digunakan sebagai dasar dalam proses pemodelan dan analisis menggunakan metode elemen hingga (*finite element method*) pada *software ANSYS Workbench*. Dengan demikian, hasil analisis yang diperoleh diharapkan dapat merepresentasikan kondisi nyata dari struktur *lift beam* terhadap pembebanan *hoist crane* dengan kapasitas 2 ton.



Gambar 4.3 Desain Struktur *Lift beam*

4.4 Perhitungan Manual

Perhitungan manual dilakukan untuk memperoleh gambaran teoritis mengenai respons struktur *lift beam* terhadap pembebanan yang diberikan sebelum dilakukan analisis menggunakan metode elemen hingga (*finite element method*). Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan besarnya gaya yang bekerja pada struktur, momen lentur maksimum, serta tegangan yang terjadi akibat variasi pembebanan yang dianalisis.

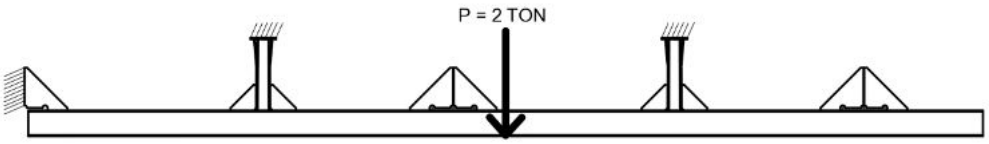
Struktur *lift beam* menerima beban vertikal yang berasal dari *hoist crane* dengan pembebanan sebesar 2 ton. Untuk keperluan perhitungan, beban tersebut terlebih dahulu dikonversikan ke dalam satuan newton menggunakan percepatan gravitasi sebesar 9,81 m/s^2. Selain beban angkat, struktur juga menerima pengaruh berat sendiri (*self weight*) yang secara otomatis diperhitungkan dalam simulasi numerik.

Tabel 4.1 Data Perencanaan

Parameter	Nilai
Panjang *Lift Beam*	5,57 m
Profil	I (100 x 150 x 6 x 10)
Material	SS400
Yield Strength	245 MPa
Beban *Hoist*	2 ton
Berat Sendiri *Lift Beam*	0,153195 ton
Percepatan Gravitasi	9,81m/s^2

4.4.1 *Free Body Diagram*

Pada penelitian ini, struktur *lift beam* diasumsikan menerima beban statis berupa beban terpusat sebesar 2 ton yang bekerja pada bagian tengah bentang. Beban tersebut merepresentasikan beban maksimum yang diangkat oleh *hoist crane* setelah dilakukan peningkatan kapasitas angkat dari 1 ton menjadi 2 ton. Selain beban angkat, struktur juga memperoleh reaksi dari titik – titik tumpuan yang terhubung dengan pondasi *lift beam* melalui sambungan las. Karena sambungan tersebut bersifat permanen, maka pada permodelan numerik maupun perhitungan manual diasumsikan sebagai tumpuan jepit (*fixed support*) yang mampu menahan perpindahan dan rotasi struktur.



Gambar 4.4 *Free Body* Diagram *Lift Beam*

4.4.2 Perhitungan Beban *Hoist*

Persamaan:

P_h = m_h x g

Keterangan:

P_h = beban *hoist* (N)
m_h = massa *hoist* (kg)
g = percepatan gravitasi (9,81 m/s^2)

Substitusi:

P_h = 2000 x 9,81
P_h = 19.620 N
P_h = 19,62 kN

4.4.3 Perhitungan Berat *Lift Beam*

Persamaan:

P_s = m_s x g

Keterangan:

P_s = berat sendiri struktur (N)
m_s = massa struktur (kg)

Substitusi:

P_s =153,195 x 9,81
P_s =1.503,84 N
P_s = 1,504 kN

4.4.4 Total Beban

Persamaan:

$P_t = P_h + P_s$

Substitusi:

$P_t = 19{,}62 + 1{,}504$
$P_t = 21{,}124$ kN

4.4.5 Momen Lentur Maksimum

Pendekatan menggunakan panjang bentang yang terkena beban:

L = 1,289 m

Keterangan:

M_{max} = momen lentur maksimum (kN.m)
P = total beban (kN)

L = panjang bentang (m)

$M_{max} = \frac{21{,}124\ x\ 1{,}289}{4}$

M_{max} = 6,807 kN.m

Konversi:

M_{max} = 6,807,000 N.mm

4.4.6 Luas Penampang Profil

Profil I beam:

Tinggi : 150 mm

Lebar flange : 100 mm

Tebal flange : 10 mm

Tebal web : 6 mm

Luas flange

Persamaan:

$A_f = b_f t_f$

A_f = 100 x 10

$A_f = 1000\ mm^2$

Karena terdapat dua flange:

$A_{f\ total}$ = 2 x 1000

$A_{f\ total} = 2000\ mm^2$

Luas web

Persamaan:

$A_w = t_w$(h - $2t_f$)

Substitusi:

$A_w = 6(150 - 20)$

$A_w = 780\ mm^2$

Luas total

A = $A_f + A_w$

A = $2000 + 780$

A = $2780\ mm^2$

4.4.7 Titik Berat Penampang

Karena profil simetris:

y = $\frac{h}{2}$

y = $\frac{150}{2}$

y = 75 mm

4.4.8 Momen Inersia Penampang

Flange atas

Persamaan:

$I_{f1} = \frac{b_f t_f^3}{h} + A_f d^2$

d = 75 – 5

d = 70 mm

Substitusi:

$$I_{f1} = \frac{100(10)^3}{12} + 1000(70)^2$$
$$I_{f1} = 4{,}908{,}333\ mm^4$$

Flange bawah

$$I_{f2} = 4{,}908{,}333\ mm^4$$

Web

$$I_w = \frac{t_w(h-2t_f)^3}{12}$$
$$I_w = \frac{6(130)^3}{12}$$
$$I_w = 1{,}098{,}500\ mm^4$$

Momen inersia total

$$I_x = I_{f1} + I_{f2} + I_w$$
$$I_x = 10{,}915{,}166\ mm^4$$

4.4.9 Modulus Penampang

Persamaan:

$$Z = \frac{I_x}{c}$$

Keterangan:

Z = modulus penampang
c = jarak serat terluar ke sumbu netral

Keterangan:

c = 75 mm

Substitusi:

$$Z = \frac{10{,}915{,}166}{75}$$
$$Z = 145{,}536\ mm^3$$

4.4.10 Tegangan Maksimum

Persamaan:

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

Keterangan:

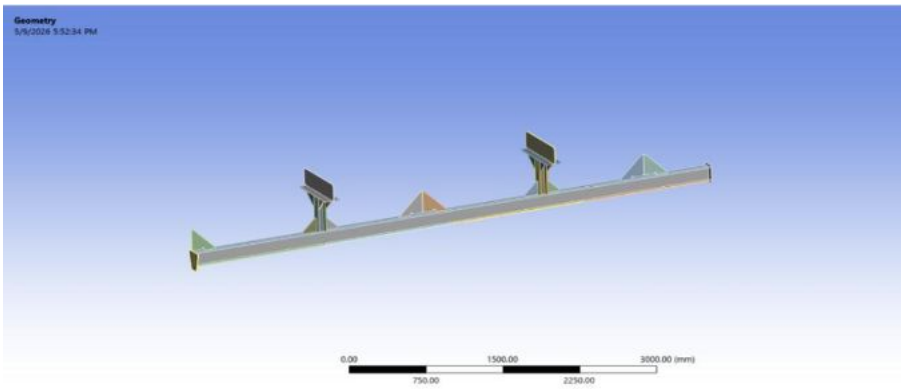
σ = tegangan maksimum (MPa)
M = momen lentur (N.mm)
Z = modulus penampang (mm^3)

Substitusi:

$$\sigma = \frac{6{,}807{,}000}{145{,}536}$$
$$\sigma = 14{,}771\ \text{MPa}$$

4.5 Pemodelan Struktur *Lift Beam*

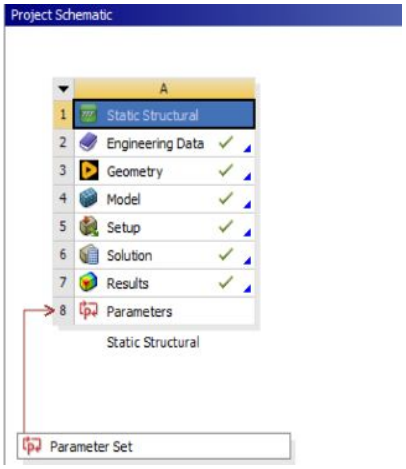
Pada analisis struktur *lift beam* ini, penulis melakukan pemodelan liftbeam untuk mengetahui apakah model dari pihak galangan mampu untuk menahan beban diluar beban yang sudah ditentukan tanpa adanya modifikasi terhadap struktur *lift beam*.



Gambar 4.5 Model Struktur *Lift Beam*

4.5.1 Tipe Analisis

Pada penelitian ini, tipe analisis yang digunakan adalah *static structural analysis* dengan menggunakan perangkat lunak *ANSYS Workbench*. *Static structural* merupakan metode analisis dalam pendekatan elemen hingga yang digunakan untuk mengetahui respon struktur terhadap pembebanan yang bersifat konstan dan tidak dipengaruhi oleh efek waktu. Melalui analisis ini, dapat diperoleh parameter berupa distribusi tegangan (*stress*), regangan (*strain*), deformasi (*deformation*), dan faktor keamanan (*safety factor*) pada struktur.



Gambar 4.6 Tipe Analisis

4.5.2 Penentuan Material (*Engineering* Data)

Pada tahap ini dilakukan penentuan material yang digunakan dalam analisis struktur *lift beam* melalui fitur *engineering* data pada *ANSYS Workbench*. Material yang ditetapkan pada model adalah baja struktural SS-400, yang disesuaikan dengan kondisi aktual struktur di lapangan serta data material yang diperoleh dari pihak galangan kapal.

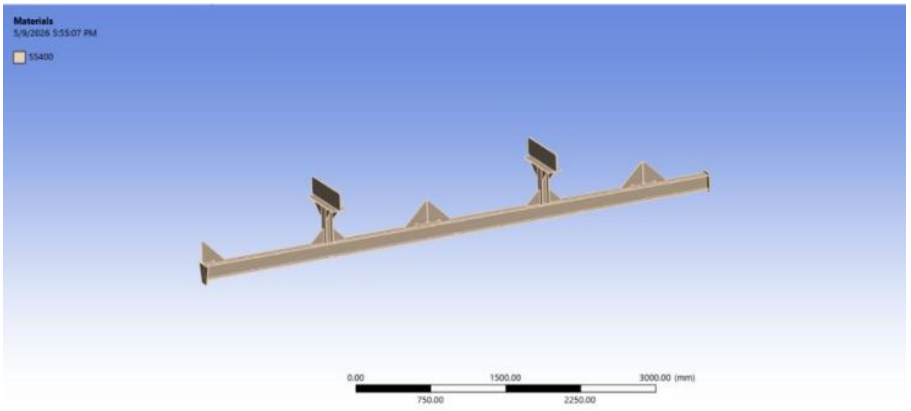
Baja SS-400 dipilih karena merupakan yang umum digunakan pada konstruksi struktur kapal dan peralatan angkat, serta memiliki sifat mekanik yang memadai untuk menahan beban menengah. Selain itu, material ini memiliki keunggulan dalam hal kemudahan fabrikasi dan pengelasan, sehingga banyak diaplikasikan pada struktur pendukung seperti *lift beam*.

Pada proses pemodelan di *ANSYS Workbench*, beberapa sifat mekanik material seperti modulus elastisitas (*young's modulus*), rasio poisson (*poisson's ratio*), massa jenis (*density*), serta tegangan luluh (*yield strength*) dimasukkan ke dalam menu *engineering data*. Parameter tersebut digunakan sebagai dasar dalam menghitung respons struktur terhadap pembebanan sehingga hasil simulasi dapat merepresentasikan perilaku material secara realistis.

Properties of Outline Row 3: SS400

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7850	kg m^-3		
4	Isotropic Elasticity				
5	Derive from	Young's Modulus and P...			
6	Young's Modulus	2E+05	MPa		
7	Poisson's Ratio	0.3			
8	Bulk Modulus	1.6667E+11	Pa		
9	Shear Modulus	7.6923E+10	Pa		
10	Tensile Yield Strength	245	MPa		
11	Compressive Yield Strength	245	MPa		
12	Tensile Ultimate Strength	400	MPa		
13	Compressive Ultimate Strength	0	MPa		

Gambar 4.7 Material *Engineering* Data



Gambar 4.8 Material pada model

4.5.3 *Meshing*

Meshing merupakan proses pembagian model struktur menjadi elemen- elemen kecil (diskritisasi) yang saling terhubung melalui titik nodal. Tahap ini sangat berpengaruh terhadap tingkat akurasi hasil analisis metode elemen hingga, karena ukuran elemen akan menentukan ketelitian perhitungan tegangan dan deformasi pada struktur *lift beam*.

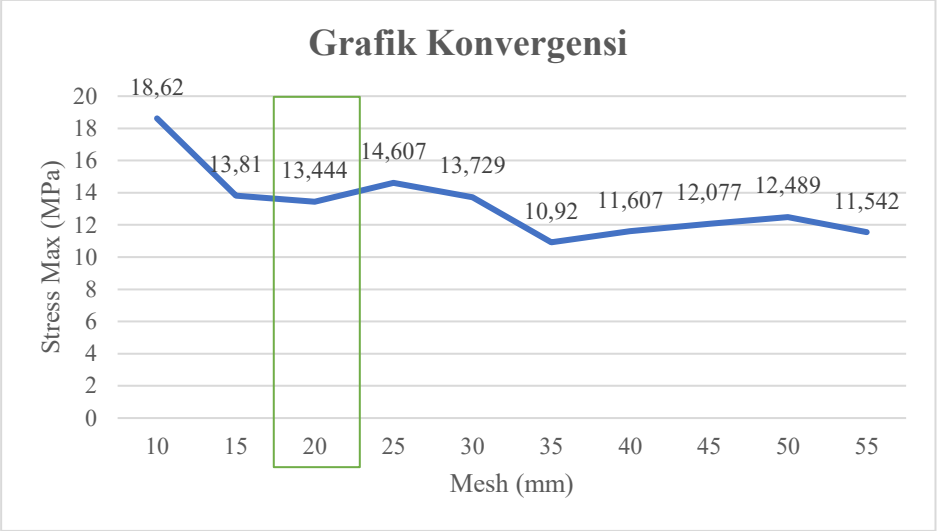
Pada penelitian ini, *meshing* dan simulasi dilakukan hingga beberapa kali dengan ukuran elemen (*mesh*) yang berbeda sampai nilai tegangan tidak menunjukan perbedaan yang signifikan sampai dinyatakan konvergen. Setelah itu, dilakukan uji konvergensi dengan perbandingan beberapa elemen size (*mesh*) seperti yang terdapat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Konvergensi

No.	Ukuran *Mesh* (mm)	*Nodes*	*Elements*	Stress Max (MPa)	Deformasi Max (mm)	Selisih (%)
1.	10	64496	30943	18,62	0,058987	-
2.	15	50827	25806	13,81	0,058577	25,83%
3.	20	28488	14100	13,444	0,058288	2,65%
4.	25	18570	8710	14,607	0,05788	8,65%
5.	30	14448	6745	13,729	0,057573	6,01%
6.	35	11054	5396	10,92	0,058367	20,46%
7.	40	9806	4775	11,607	0,057963	6,29%
8.	45	8772	4237	12,077	0.058097	4,05%
9.	50	7089	3247	12,489	0,057364	3,41%
10.	55	6497	2962	11,542	0,057649	7,58%

Sumber: Penulis, 2026

Selanjutnya, dari Tabel uji konvergensi dapat dibuat sebuah grafik uji konvergensi. Dimana dari grafik dapat ditentukan bagian yang paling stabil sehingga dapat diambil nilai *element size* (*mesh*) untuk proses *meshing* pada analisis penelitian ini. Grafik konvergensi dapat dilihat pada Gambar 4.9 dibawah ini.



Gambar 4.9 Grafik Konvergensi

Berdasarkan hasil uji konvergensi pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.9 terlihat bahwa nilai tegangan maksimum masih berubah signifikan pada ukuran *mesh* besar (10-15 mm), sehingga belum konvergen. Nilai tegangan mulai stabil pada ukuran *mesh* 15 mm dan 20 mm dengan nilai masing-masing 13,81 MPa dan 13,444 MPa selisih nilainya hanya 2,7%, sehingga dapat dinyatakan telah mencapai kondisi konvergen. Oleh karena itu, *mesh final* yang digunakan dalam analisis ini adalah 20 mm, karena sudah memenuhi kriteria konvergensi dan lebih efisien secara komputasi.

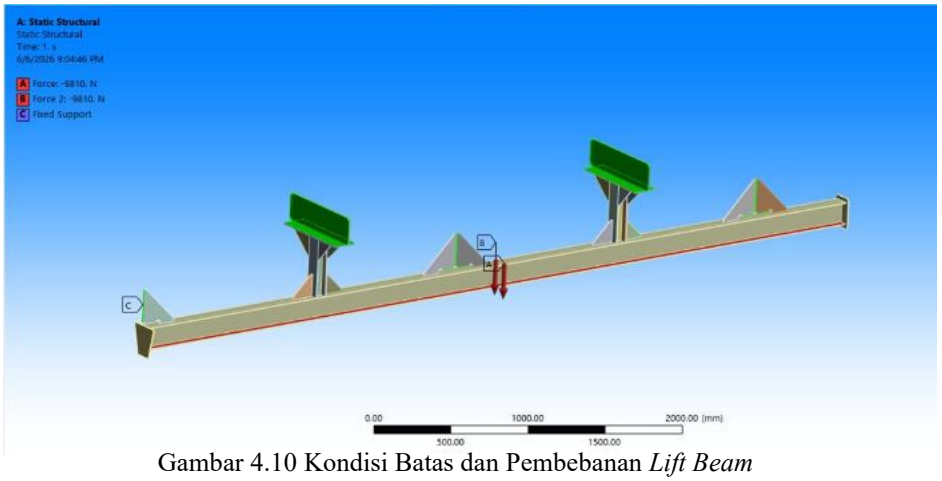
4.5.4 Kondisi Batas dan Pembebanan

Kondisi batas (*boundary condition*) pada penelitian ini diberikan pada bagian pondasi *lift beam* yang terhubung dengan struktur *deck* kapal serta pada bagian braket penyangga yang saling berhadapan. Area tersebut diberikan kondisi *fixed support* karena pada kondisi aktual seluruh bagian tersebut terhubung secara permanen melalui sambungan las terhadap struktur kapal, sehingga diasumsikan tidak mengalami perpindahan maupun rotasi saat proses pengangkatan berlangsung.

Pada penelitian ini, pembebanan yang diberikan berasal dari *hoist crane* dengan kapasitas angkat sebesar 2 ton yang ditempatkan pada posisi tengah bentang, namun selain beban 2 ton peneliti juga

menambahkan beban 1 ton dan 1,5 ton. Beban kemudian dimodelkan sebagai dua buah gaya terpusat (*point load*) yang bekerja pada titik kontak roda *trolley* terhadap *lift beam*. Pembebanan diberikan secara vertikal ke bawah sesuai arah kerja gaya gravitasi pada kondisi aktual pengangkatan.

Melalui variasi pembebanan tersebut, dapat diketahui kondisi paling kritis yang menghasilkan tegangan maksimum dan deformasi terbesar pada struktur *lift beam*. Hasil analisis selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi kelayakan struktur berdasarkan tegangan izin sesuai aturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).



Gambar 4.10 Kondisi Batas dan Pembebanan *Lift Beam*

4.6 Hasil Simulasi

Hasil simulasi diperoleh dari analisis model struktur menggunakan ukuran elemen *mesh* yang telah ditentukan yaitu 20 mm. Pada tahap ini, parameter yang digunakan oleh penulis dalam analisis meliputi tegangan maksimum (*von mises*) serta deformasi yang terjadi pada struktur. Tegangan *von mises* digunakan karena mampu merepresentasikan gabungan dari seluruh komponen tegangan, sehingga memberikan gambaran kondisi tegangan yang lebih menyeluruh dan tidak terbatas pada satu arah tertentu.

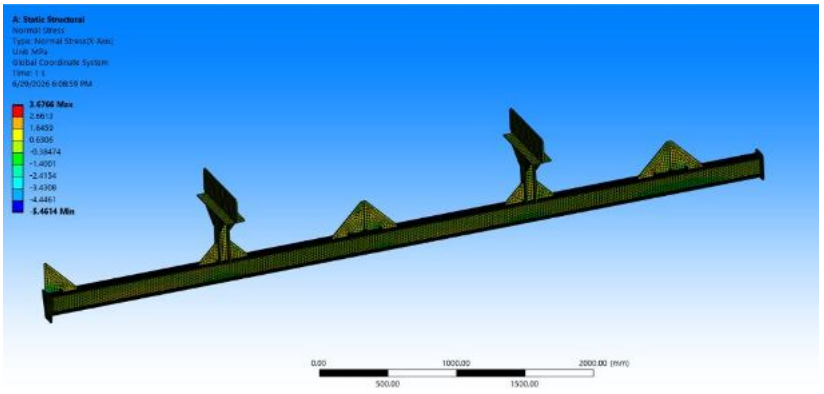
4.6.1 Simulasi Beban 1 Ton

Simulasi pembebanan 1 ton dilakukan sebagai tahap awal untuk mengetahui respons struktur *lift beam* terhadap pembebanan statis. Pembebanan diberikan melalui dua titik kontak roda *trolley hoist crane*

sesuai kondisi operasi yang telah dimodelkan pada perangkat lunak *ANSYS Workbench*. Hasil simulasi digunakan untuk mengevaluasi distribusi tegangan normal, tegangan geser, tegangan *ekuivalen von mises*, serta deformasi yang terjadi pada struktur. Analisis pada pembebanan ini menjadi acuan awal dalam menilai perilaku struktur sebelum dilakukan peningkatan beban menjadi 1,5 ton dan 2 ton.

4.6.1.1 Hasil Simulasi Distribusi Tegangan Normal (*Normal Stress*)

Hasil simulasi distribusi tegangan normal pada pembebanan sebesar 1 ton ditunjukkan pada Gambar 4.11. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *ANSYS Workbench*, diperoleh nilai tegangan normal maksimum sebesar 3,6766 MPa, sedangkan tegangan normal minimum sebesar -5,4614 MPa. Nilai positif menunjukkan daerah yang mengalami tegangan tarik, sedangkan nilai negatif menunjukkan daerah yang mengalami tegangan tekan akibat momen lentur yang bekerja pada struktur *lift beam*.



Gambar 4.11 Distribusi Tegangan Normal (*Normal Stress*)

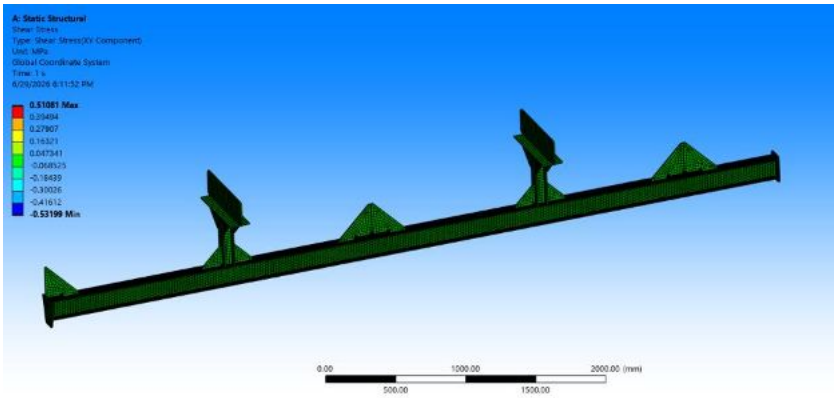
Distribusi tegangan normal terlihat relatif merata pada badan (*web*) dan sayap (f*lange*) profil I, namun terjadi peningkatan tegangan pada daerah sambungan antara *lift beam* dengan *bracket* penyangga. Kondisi tersebut disebabkan oleh perubahan geometri serta adanya perpindahan beban dari *hoist*

crane menuju struktur pendukung sehingga menimbulkan konsentrasi tegangan pada area sambungan.

Besarnya nilai tegangan normal yang diperoleh masih tergolong rendah dibandingkan kekuatan luluh material SS400, sehingga menunjukkan bahwa struktur masih bekerja pada daerah elastis dan belum mengalami kondisi yang dapat menyebabkan deformasi permanen maupun kegagalan material.

4.6.1.2 Hasil Simulasi Distribusi Tegangan Geser (*Sheer Stress*)

Hasil simulasi distribusi tegangan geser pada pembebanan 1 ton ditunjukkan pada Gambar 4.12. Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai tegangan geser maksimum sebesar 0,51081 MPa, sedangkan nilai minimum sebesar -0,53199 MPa.



Gambar 4.12 Distribusi Tegangan Geser (*Sheer Stres*)

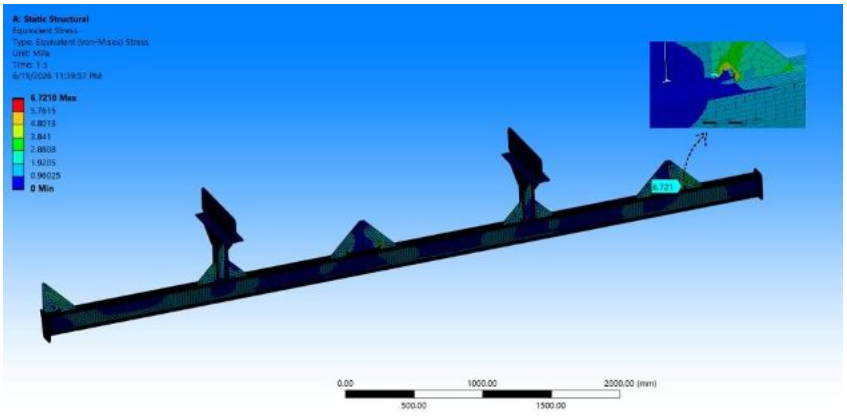
Distribusi tegangan geser umumnya berada pada kisaran warna hijau hingga biru yang menunjukkan bahwa sebagian besar struktur hanya menerima tegangan geser yang relatif kecil. Nilai tegangan geser yang lebih tinggi terlihat pada daerah sekitar sambungan *bracket* dan badan profil I, yaitu lokasi terjadinya perpindahan gaya dari *trolley hoist crane* menuju struktur *lift beam*.

Nilai tegangan geser yang relatif kecil dibandingkan tegangan normal menunjukkan bahwa respon struktur pada pembebanan 1 ton lebih didominasi oleh tegangan akibat momen

lentur daripada akibat gaya geser. Dengan demikian, pengaruh tegangan geser terhadap kondisi keselurahan struktur masih sangat kecil dan belum memberikan indikasi terjadinya kegagalan pada sambungan maupun elemen struktur.

4.6.1.3 Hasil Simulasi Tegangan *Von Mises* Maksimum

Hasil simulasi tegangan *ekuivalen von mises* pada pembebanan 1 ton ditunjukkan pada Gambar 4.13. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai tegangan *von mises* maksimum sebesar 6,721 MPa.

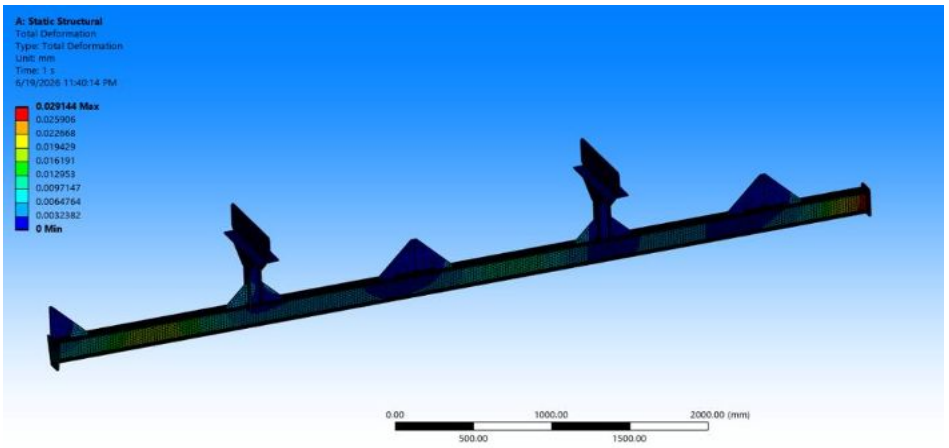


Gambar 4.13 Distribusi Tegangan *Von Mises* Maksimum

Distribusi tegangan menunjukkan bahwa konsentrasi tegangan tertinggi berada pada daerah sambungan antara *bracket* dengan badan *lift beam*. Area tersebut merupakan lokasi kritis karena menerima akumulasi tegangan normal dan tegangan geser akibat perpindahan beban dari *hoist crane* menuju struktur utama. Perubahan bentuk geometri pada sambungan menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan (*stress concentration*), sehingga nilai tegangan maksimum muncul pada lokasi tersebut.

4.6.1.4 Hasil Simulasi Nilai Deformasi

Hasil simulasi deformasi total pada pembebanan 1 ton ditunjukkan pada Gambar 4.14. Berdasarkan hasil analisis diperoleh deformasi maksimum sebesar 0,029144 mm.



Gambar 4.14 Distribusi Deformasi

Distribusi deformasi menunjukkan bahwa perpindahan terbesar terjadi pada bagian bentang *lift beam* yang menerima pengaruh langsung dari pembebanan, sedangkan daerah tumpuan mengalami deformasi yang sangat kecil karena kondisi *fixed support* membatasi perpindahan struktur. Pola deformasi yang terbentuk menggambarkan perilaku lentur balok akibat pembebanan vertikal, di mana perpindahan meningkat pada daerah yang berada jauh dari tumpuan.

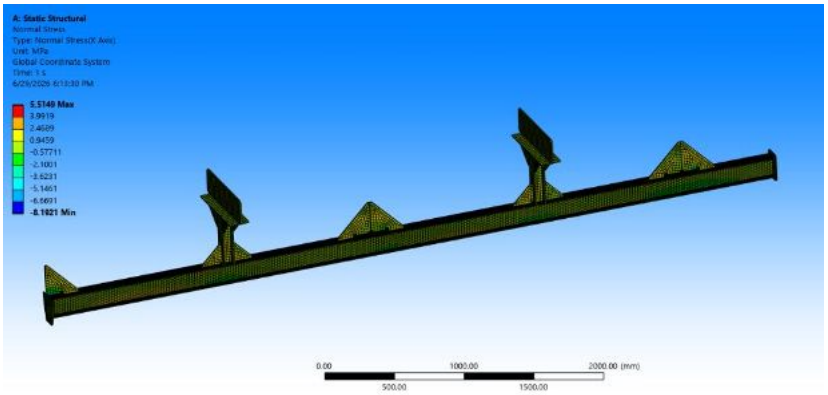
Nilai deformasi maksimum yang sangat kecil menunjukkan bahwa struktur memiliki tingkat kekakuan (*stiffness*) yang tinggi sehingga perubahan bentuk akibat pembebanan masih berada dalam batas elastis.

4.6.2 Simulasi Beban 1,5 Ton

Simulasi pembebanan 1,5 ton dilakukan untuk mengevaluasi perubahan respons struktur akibat peningkatan beban sebesar 50% dibandingkan pembebanan awal. Pada tahap ini dianalisis pengaruh kenaikan beban terhadap distribusi tegangan dan deformasi yang terjadi pada *lift beam*. Perbandingan hasil simulasi antara pembebanan 1 ton dan 1,5 ton memberikan gambaran mengenai karakteristik perilaku struktur terhadap peningkatan beban kerja serta menunjukkan apakah struktur masih bekerja dalam kondisi elastis tanpa mengalami indikasi kegagalan material.

4.6.2.1 Hasil Simulasi Distribusi Tegangan Normal (*Normal Stress*)

Hasil simulasi distribusi tegangan normal pada pembebanan sebesar 1,5 ton ditunjukkan pada Gambar 4.15. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *ANSYS Workbench* diperoleh nilai tegangan normal maksimum sebesar 5,5149 MPa, sedangkan nilai tegangan normal minimum sebesar -8,1921 MPa. Dibandingkan dengan pembebanan 1 ton, nilai tegangan normal mengalami peningkatan seiring bertambahnya besar beban yang diterima oleh struktur.

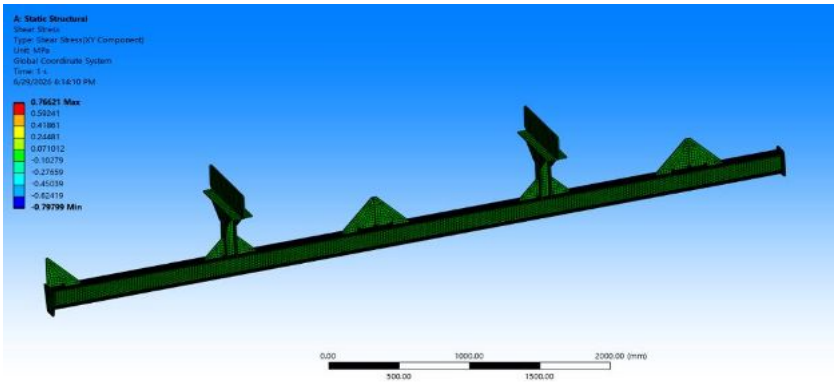


Gambar 4.15 Distribusi Tegangan Normal (*Normal Stress*)

Distribusi tegangan normal menunjukkan pola yang relatif sama dengan pembebanan sebelumnya, yaitu tegangan terkonsentrasi pada daerah sambungan antara *bracket* penyangga dengan badan (*web*) profil I. Daerah tersebut merupakan lokasi terjadinya perpindahan gaya dari *trolley hoist crane* menuju struktur utama sehingga menghasilkan konsentrasi tegangan yang lebih tinggi dibandingkan bagian lainnya. Sementara itu, pada bagian bentang balok distribusi tegangan masih terlihat relatif merata akibat pengaruh momen lentur.

4.6.2.2 Hasil Simulasi Distribusi Tegangan Geser (*Sheer Stress*)

Hasil simulasi distribusi tegangan geser pada pembebanan 1,5 ton ditunjukkan pada Gambar 4.16. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai tegangan geser maksimum sebesar 0,76621 MPa, sedangkan nilai minimum sebesar -0,79799 MPa.

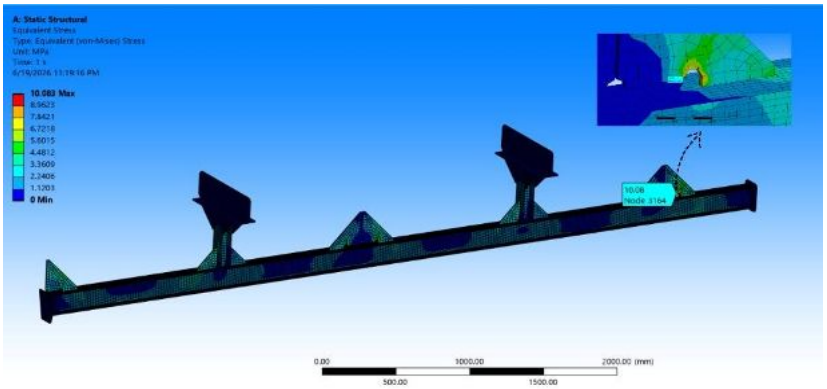


Gambar 4.16 Distribusi Tegangan Geser (*Sheer Stress*)

Distribusi tegangan geser memperlihatkan bahwa sebagian besar struktur masih didominasi oleh warna hijau hingga biru, yang menunjukkan besarnya tegangan geser relatif kecil. Nilai tegangan geser maksimum terjadi pada daerah sambungan *bracket* dengan badan profil I, yaitu lokasi yang menerima gaya geser terbesar akibat transfer beban dari sistem pengangkatan menuju struktur *lift beam*.

4.6.2.3 Hasil Simulasi Distribusi Tegangan *Von Mises* Maksimum

Hasil simulasi tegangan *ekuivalen von mises* pada pembebanan 1,5 ton ditunjukkan pada Gambar 4.17. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai tegangan *von mises* maksimum sebesar 10,083 MPa.



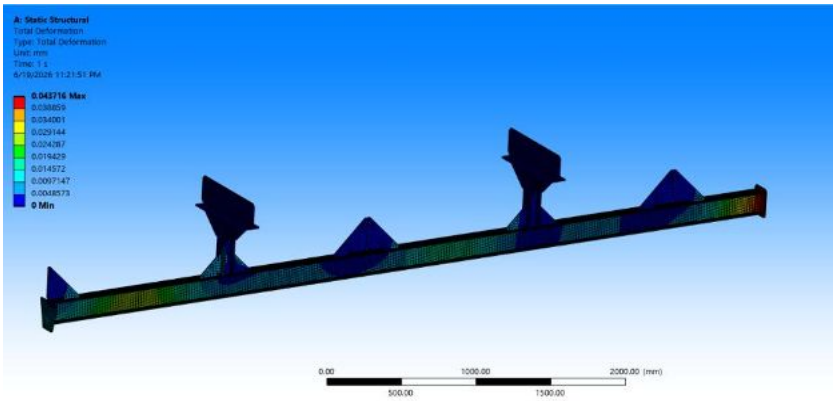
Gambar 4.17 Distribusi Tegangan *Von Mises* Maksimum

Distribusi tegangan von mises menunjukkan bahwa nilai maksimum masih terkonsentrasi pada daerah sambungan antara *bracket* dan badan *lift beam*. Lokasi tersebut merupakan titik kritis karena menerima kombinasi tegangan normal dan tegangan geser

secara bersamaan. Selain itu, perubahan geometri pada area sambungan menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan (*stress concentration*), sehingga nilai tegangan maksimum selalu muncul pada lokasi tersebut.

4.6.2.4 Hasil Simulasi Nilai Deformasi

Hasil simulasi deformasi total pada pembebanan sebesar 1,5 ton ditunjukkan pada Gambar 4.18. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh deformasi maksimum sebesar 0,043716 mm.



Gambar 4.18 Distribusi Deformasi

Pola distribusi deformasi menunjukkan bahwa perpindahan terbesar terjadi pada bagian bentang *lift beam* yang menerima pengaruh langsung dari pembebanan, sedangkan daerah tumpuan tetap mengalami deformasi yang sangat kecil karena diberikan *fixed support*. Bentuk deformasi yang dihasilkan masih menyerupai perilaku lentur balok akibat pembebanan vertikal, di mana perpindahan meningkat pada daerah yang memiliki kekakuan relatif lebih rendah dibandingkan area tumpuan.

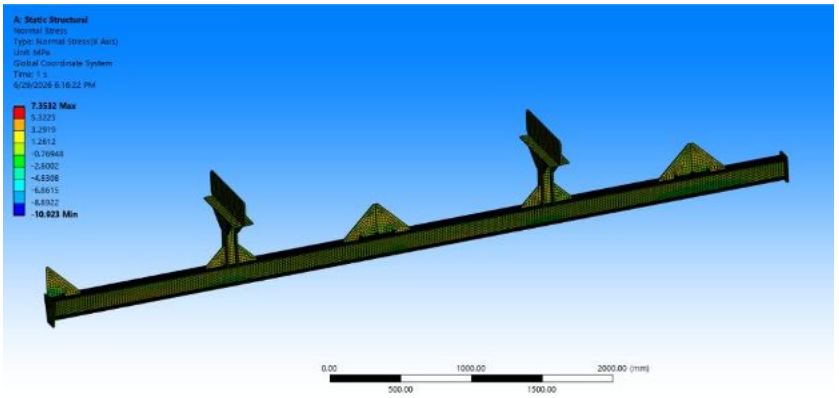
4.6.3 Simulasi Beban 2 Ton

Simulasi pembebanan 2 ton merupakan kondisi pembebanan maksimum yang dianalisis dalam penelitian ini sesuai dengan kapasitas *hoist crane* yang direncanakan. Pembebanan ini digunakan untuk mengetahui kondisi paling kritis yang dapat dialami oleh struktur *lift beam* selama operasi pengangkatan. Hasil simulasi pada kondisi ini meliputi distribusi tegangan normal, tegangan geser, tegangan *von mises*

maksimum, dan deformasi maksimum yang selanjutnya digunakan sebagai dasar evaluasi terhadap tegangan izin berdasarkan aturan Badan Klasifikasi Indonesia (BKI) serta penentuan tingkat keamanan struktur melalui nilai *safety factor*.

4.6.3.1 Hasil Simulasi Distribusi Tegangan Normal (*Normal Stress*)

Hasil simulasi distribusi tegangan normal pada pembebanan sebesar 2 ton ditunjukkan pada Gambar 4.19. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *ANSYS Workbench* diperoleh nilai tegangan normal maksimum sebesar 7,3532 MPa, sedangkan nilai tegangan normal minimum sebesar -10,923 MPa. Peningkatan nilai tegangan normal dibandingkan pembebanan 1 ton dan 1,5 ton menunjukkan bahwa besarnya tegangan yang terjadi berbanding lurus dengan peningkatan beban yang diterima struktur.

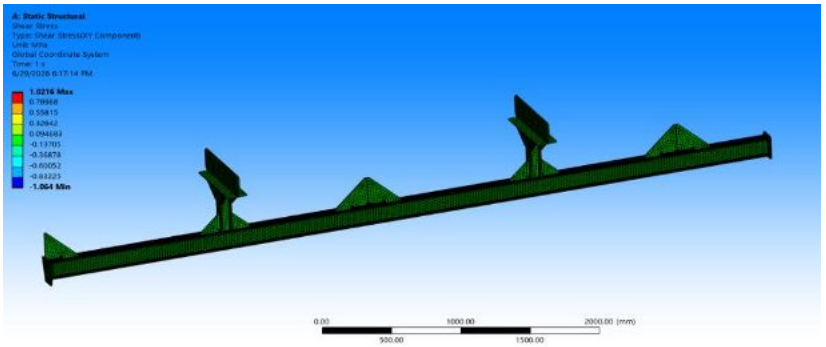


Gambar 4.19 Distribusi Tegangan Normal (*Normal Stress*)

Distribusi tegangan normal masih menunjukkan pola yang sama seperti pada pembebanan sebelumnya. Konsentrasi tegangan terbesar terjadi pada daerah sambungan antara *bracket* penyangga dengan badan (*web*) profil I, yaitu lokasi yang menerima perpindahan gaya secara langsung dari sistem pengangkatan menuju struktur *lift beam*. Perubahan geometri pada area sambungan menyebabkan distribusi tegangan menjadi tidak merata sehingga muncul konsentrasi tegangan pada titik tersebut.

4.6.3.2 Hasil Simulasi Distribusi Tegangan Geser (*Sheer Stress*)

Hasil simulasi distribusi tegangan geser pada pembebanan sebesar 2 ton ditunjukkan pada Gambar 4.20. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai tegangan geser maksimum sebesar 1,0216 MPa, sedangkan nilai minimum sebesar -1,064 MPa.

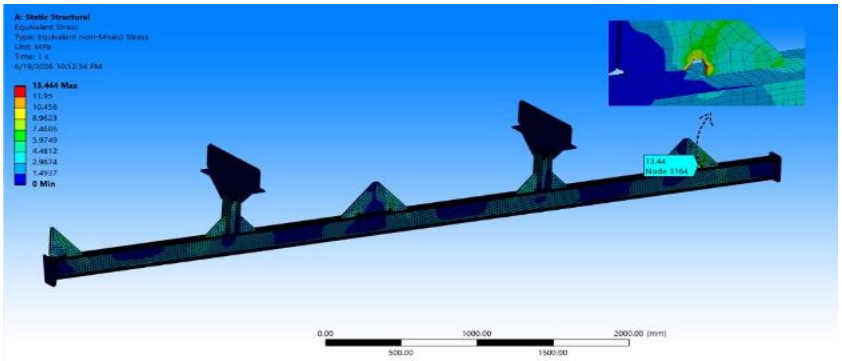


Gambar 4.20 Distribusi Tegangan Geser (*Sheer Stress*)

Distribusi tegangan geser memperlihatkan bahwa sebagian besar struktur masih berada pada tingkat tegangan yang rendah dengan dominasi warna hijau dan biru. Tegangan geser maksimum tetap berada pada daerah sambungan *bracket* dengan badan profil I, yang merupakan jalur utama perpindahan gaya dari *trolley hoist crane* menuju *lift beam*.

4.6.3.3 Hasil Simulasi Distribusi Tegangan *Von Mises* Maksimum

Hasil simulasi tegangan ekuivalen von mises pada pembebanan 2 ton ditunjukkan pada Gambar 4.21. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai tegangan *von mises* maksimum sebesar 13,444 MPa.

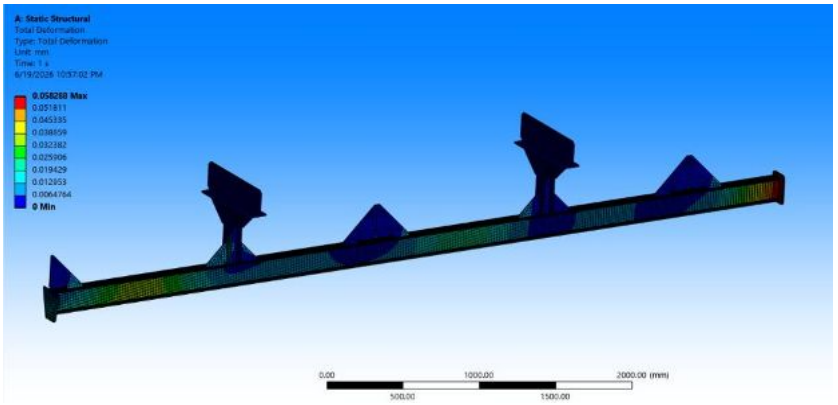


Gambar 4.21 Distribusi Tegangan *Von Mises* Maksimum

Distribusi tegangan menunjukkan bahwa nilai maksimum tetap berada pada daerah sambungan antara *bracket* dengan badan *lift beam*. Lokasi tersebut menjadi titik kritis karena menerima kombinasi tegangan normal dan tegangan geser secara bersamaan, sehingga menghasilkan konsentrasi tegangan yang lebih tinggi dibandingkan bagian struktur lainnya. Selanjutnya, nilai tegangan *von mises* maksimum dibandingkan dengan tegangan izin material berdasarkan aturan Badan Klasifikasi Indonesia (BKI).

4.6.3.4 Hasil Simulasi Nilai Deformasi

Hasil simulasi deformasi total pada pembebanan 2 ton ditunjukkan pada Gambar 4.22. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh deformasi maksimum sebesar 0,058288 mm.



Gambar 4.22 Distribusi Deformasi

Distribusi deformasi menunjukkan bahwa perpindahan terbesar terjadi pada bagian bentang *lift beam* yang menerima pengaruh langsung dari pembebanan, sedangkan daerah tumpuan tetap mengalami deformasi yang sangat kecil akibat kondisi *fixed support* yang membatasi perpindahan struktur. Bentuk deformasi yang terjadi masih mengikuti pola lentur balok, di mana perpindahan meningkat pada daerah yang memiliki momen lentur lebih besar.

4.6.4 Hasil tegangan dan deformasi

Peningkatan nilai tegangan dan deformasi tersebut menunjukkan bahwa respon struktur berbanding lurus terhadap besarnya pembebanan yang diberikan. Meskipun demikian, seluruh nilai tegangan yang diperoleh masih berada jauh di bawah batas kekuatan material SS400, sedangkan nilai deformasi yang terjadi relatif kecil. Hasil nilai tegangan dan deformasi selanjutnya disajikan pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil Simulasi

Beban	**Deformasi (mm)**	***Stress* (MPa)**
1 Ton	0,029144	6,721
1,5 Ton	0,043716	10,083
2 Ton	0,058288	13,444

Sumber: Penulis, 2026

Hasil simulasi disajikan dalam bentuk kontur distribusi tegangan dan deformasi untuk masing-masing variasi pembebanan. Selanjutnya dilakukan perbandingan terhadap nilai tegangan izin material dan evaluasi tingkat keamanan struktur berdasarkan nilai *safety factor* yang diperoleh.

4.7 Perbandingan Manual dan FEM

Berdasarkan hasil analisis, nilai tegangan maksimum yang diperoleh melalui perhitungan manual lebih besar 14,771 dibandingkan hasil simulasi menggunakan *ANSYS Workbench* yaitu memiliki nilai 13,444 MPa. Perbedaan tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan pendekatan analisis yang digunakan dan selisih nilai dari perhitungan manual dengan FEM adalah 9%. Perhitungan manual mengidealisasikan struktur *lift beam* sebagai balok satu dimensi dengan pembebanan statis dan menggunakan teori lentur klasik, sehingga distribusi tegangan dihitung berdasarkan momen lentur maksimum pada penampang kritis. Sebaliknya, analisis menggunakan metode elemen hingga (*finite element method*) memodelkan struktur sesuai geometri aktual tiga dimensi, termasuk pengaruh *bracket*, kondisi *fixed support*, distribusi kekakuan struktur, serta penyebaran beban pada seluruh elemen. Akibatnya, distribusi tegangan pada model numerik menjadi lebih merata sehingga nilai

tegangan maksimum yang diperoleh lebih rendah dibandingkan hasil perhitungan manual.

Menurut Hibbeler, 2018 analisis struktur selalu diawali dengan proses idealisasi (*idealization*) agar sistem nyata dapat disederhanakan menjadi model yang dapat dianalisis secara teoritis. Penyederhanaan tersebut mengharuskan adanya asumsi terhadap bentuk struktur, kondisi tumpuan, maupun jenis pembebanan sehingga hasil analisis manual merupakan pendekatan teoritis yang bersifat konservatif. Sementara itu, analisis numerik menggunakan metode elemen hingga mampu mempresentasikan kondisi struktur yang lebih mendekati keadaan sebenarnya karena mempertimbangkan geometri, kondisi batas, serta interaksi antar elemen struktur secara lebih rinci.

4.8 Evaluasi Tegangan berdasarkan BKI

Evaluasi Tegangan *von mises* struktur *lift beam* dilakukan berdasarkan BKI *Rules for Hull Volume* II tahun 2017 menggunakan metode tegangan izin (*allowable stress*). Tegangan izin ditentukan berdasarkan faktor material yang dipengaruhi oleh *yield strength* material SS400 sebesar 245 MPa. Perhitungan faktor material dilakukan menggunakan Persamaan:

$$k = \frac{295}{245 + 60} = 0.97$$

Sehingga diperoleh tegangan izin struktur sebesar:

$$\sigma_{izin} = \frac{190}{0.97} = 195.88\ MPa$$

Selanjutnya, hasil tegangan maksimum (*von mises*) dari simulasi dibandingkan terhadap nilai tegangan izin tersebut untuk menentukan apakah struktur memenuhi kriteria keamanan berdasarkan aturan BKI. Perbandingan tegangan kerja dengan tegangan izin sesuai Badan Klasifikasi Indonesia dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Perbandingan Tegangan Izin

Beban	Deformasi (mm)	*Stress* Max (MPa)	Tegangan Izin (MPa)	Validasi
1 Ton	0,029144	6,721	195,88	Memenuhi
1.5 Ton	0,043716	10,083	195,88	Memenuhi
2 Ton	0,058288	13,444	195,88	Memenuhi

Sumber: Penulis, 2026

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa seluruh variasi pembebanan masih menghasilkan tegangan *von mises* yang berada di bawah tegangan izin material sesuai aturan BKI.

4.9 Evaluasi *Safety Factor*

Evaluasi *safety factor* dilakukan untuk mengetahui tingkat keamanan struktur lift beam terhadap pembebanan yang bekerja. *Safety factor* dihitung berdasarkan perbandingan antara *yield strength* material dengan tegangan maksimum hasil simulasi. Material yang digunakan pada struktur *lift beam* adalah baja SS400 yang memiliki *yield strength* sebesar 245 MPa. Nilai *safety factor* dihitung menggunakan Persamaan berikut:

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_{maks}}$$

Dengan:

σ_y : *Yield strength* material

σ_{maks} : Tegangan maksimum

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai *safety factor* untuk masing-masing variasi pembebanan seperti ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Evaluasi *Safety Factor*

Beban	*Stress Max* (MPa)	*Safety Factor*	Validasi
1 Ton	6,721	36,45	Memenuhi
1,5 Ton	10,083	24,30	Memenuhi
2 Ton	13,444	18,22	Memenuhi

Sumber: Penulis, 2026

Berdasarkan Tabel 4.5 diketahui bahwa nilai *safety factor* mengalami penurunan seiring bertambahnya pembebanan yang diberikan pada struktur. Pada pembebanan 1 ton diperoleh nilai *safety factor* sebesar 36,45 kemudian menurun menjadi 24,30 pada pembebanan 1,5 ton dan sebesar 18,22 pada pembebanan 2 ton. Penurunan tersebut terjadi karena semakin besar beban yang bekerja maka tegangan yang timbul pada struktur juga semakin meningkat.

Meskipun demikian, seluruh nilai *safety factor* yang diperoleh masih berada jauh di atas nilai minimum yang disyaratkan untuk struktur dinyatakan aman. Nilai *safety factor* tertinggi diperoleh pada pembebanan 1 ton, sedangkan nilai terendah terjadi pada pembebanan yang akan direncanakan 2 ton sebesar 18,22. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi pada struktur masih jauh di bawah batas luluh material SS400.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan manual, simulasi numerik menggunakan *ANSYS Workbench*, serta evaluasi berdasarkan aturan Badan Klasifikasi Indonesia (BKI), maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Struktur *lift beam* pada kapal bantu rumah sakit (BRS) mampu menahan pembebanan statis akibat peningkatan kapasitas *hoist crane* dari 1 ton menjadi 2 ton. Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan beban menyebabkan kenaikan nilai tegangan dan deformasi, namun struktur masih mampu bekerja dengan baik tanpa mengalami kegagalan.
2. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan *von mises* maksimum yang terjadi pada struktur *lift beam* akibat pembebanan 2 ton sebesar 13,444 MPa dengan deformasi maksimum sebesar 0,058288 mm. Nilai tegangan izin berdasarkan aturan BKI sebesar 195,88 MPa, sehingga struktur dinyatakan memenuhi kriteria keberterimaan dan aman untuk dioperasikan.
3. Nilai *safety factor* struktur *lift beam* pada pembebanan maksimum 2 ton sebesar 18,22. Nilai tersebut jauh lebih besar dari batas minimum keamanan, sehingga menunjukkan bahwa struktur masih memiliki cadangan kekuatan yang tinggi dan mampu mendukung pengoperasian *hoist crane* kapasitas 2 ton secara aman.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur *lift beam* pada kapal bantu rumah sakit (BRS) masih layak digunakan setelah peningkatan kapasitas *hoist crane* menjadi 2 ton tanpa memerlukan modifikasi struktur berdasarkan parameter tegangan *von mises*, deformasi, dan *safety factor* yang dianalisis.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka ada beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan pengaruh beban dinamis akibat proses pengangkatan, percepatan, perlambatan, dan ayunan beban sehingga kondisi operasi dapat direpresentasikan lebih mendekati kondisi aktual.
2. Analisis dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan pengaruh getaran, kelelahan material (*fatigue*), serta pembebanan siklik yang terjadi selama umur operasional *hoist crane*.
3. Penelitian berikutnya dapat melakukan validasi eksperimental atau pengujian lapangan untuk membandingkan hasil simulasi numerik dengan kondisi aktual struktur *lift beam*.
4. Analisis dapat diperluas pada struktur pendukung lainnya seperti pondasi *lift beam*, *deck*, maupun konstruksi ruang kamar mesin yang menerima pengaruh beban dari sistem pengangkatan.
5. Penelitian selanjutnya dapat mengevaluasi kapasitas angkat yang lebih besar atau melakukan optimasi desain struktur untuk memperoleh konstruksi yang lebih efisien tanpa mengurangi tingkat keamanan.

DAFTAR PUSTAKA

ANSYS. (2024). *Analisis Struktur Statis*. URL:ansyshelp.ansys.com/public/account/secured?returnurl=//////Views/Secured/corp/v242/en/wb_sim/ds_static_mechanical_analysis_type.html

Avianto Johan. (2013). *Analisa Tegangan Yang Terjadi Pada Geladak Kapal Tanker Akibat Pengaruh Perubahan Letak Pembujur Geladak Dengan Metode Elemen Hingga*. **Jurnal Teknik POMITS**, 2(1), 2301–9271.

Bathe, K.-J. (1996). **Finite Element Procedures**.

Bebon. (2010). SS400 *steel data sheet*. URL:bebonchina.com/v3/bebon-show/news/ss400-steel-data-sheet_881.html

Biro Klasifikasi Indonesia. (2017)**. Rules For The Classification and Construction Part 1 Seagoing Ships Volume II Rules For Hull 2017 Edition** Biro Klasifikasi Indonesia. www.bki.co.id

Budianto. (2015). *Analisis Kekuatan Struktur Pada Kapal Wisata Sungai Kalimas. Teknik Desain Dan Manufaktur*, **Jurnal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya**, 12(1), 9–18. https://doi.org/10.1470/kpl.v12i1.8176

Daffa Hesa, A., Mulyana, F., & Eko, N. (2022). Perancangan Jib Crane dengan Kapasitas Angkat 2 Ton. **Laporan Penelitian**, (2), 1298–1304. http://prosiding.pnj.ac.id

Dimas Pratama, M., & Wiyono, A. (2021). *Studi Literature Pengembangan Modul Media Pembelajaran Autocad Pada Mata Pelajaran Aplikasi Perangkat Lunak dan Perancangan Interior Gedung Kelas XI DPIB SMK Negeri 2 Surabaya*. **Jurnal Kajian Pendidikan Teknik Bangunan** (JKPTB), 7(1).

Faizal, Susilo, R., Ismail, R., & Setiyana, B. (2025). *Analisis Tegangan Von Mises, Deformasi, Dan Safety Factor Pada Rangka Sepeda Motor Matic 110 CC Menggunakan Metode Elemen Hingga*. **Jurnal Teknik Mesin**, 13(4), 13–20.

Gopagoni, S., & Kumar, N. (2017). *A Review On Lifting Beams*. **International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science**, 5(7).

Harahap, A. (2020). *Simulasi Pembebanan Pada Shackle Menggunakan Perangkat Lunak Ansys APDL 15.0*. **Journal Of Mechanical Engineering Manufactures Materials And Energy**, 4(1), 74–84. https://doi.org/10.31289/jmemme.v4i1.3811

Hibbeler, R. C. . (2018). **Structural Analysis**. Pearson Education, Inc.

PT. PAL. (2021). *Kapal Bantu Rumah Sakit (BRS)*, Tercanggih PT PAL Indonesia (Persero).URL:pal.co.id/kapal-bantu-rumah-sakit-brs-state-of-the-art-pt-pal-indonesia-persero-3/

Saputra, D. (2016). *Perbandingan Teknologi System Software, Application Softwere, Embedded Softwere dan Web Applications*. **Jurnal Bangkit Indonesia**, 5(1), 74. https://doi.org/10.52771/bangkitindonesia.v5i1.67

Setiawan, B., Hidayat, G., & Djunaedi, T. (2023). A*nalisa Konstruksi Mesin Bubut Duplikat Untuk Profil Kayu Dengan Ukuran Kayu Diameter 15 Cm Dan Panjang 50 Cm*. **Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi**, 6(1), 128–136. https://doi.org/10.30596/rmme.v6i1.13440

Sutikno, E. (2011). *Analisis Tegangan Akibat Pembebanan Statis Pada Carbody TeC Railbus Dengan Metode Elemen Hingga.* **Jurnal Rekayasa Mesin**, 2(1), 65–81.

Trihantoro, A., Mulyatno, P., Amiruddin, W., Struktur, L., & Kapal, D. K. (2022). *Analisa Kekuatan Struktur Deck Crane Kapal Tanker 6500 DWT Menggunakan Metode Elemen Hingga.* **Jurnal Teknik Perkapalan**, 10(2), 52–59.

Widyastuti, I. I., Kurniawan, M. H. P., Maulidhia, A. N. A., & Mudjiono, U. (2025). *Analisis Kekuatan Dudukan Kamar Mesin Kapal dengan Metode Elemen Hingga*. Blend Sains **Jurnal Teknik**, 4(2), 417–422. https://doi.org/10.56211/blendsains.v4i2.1289

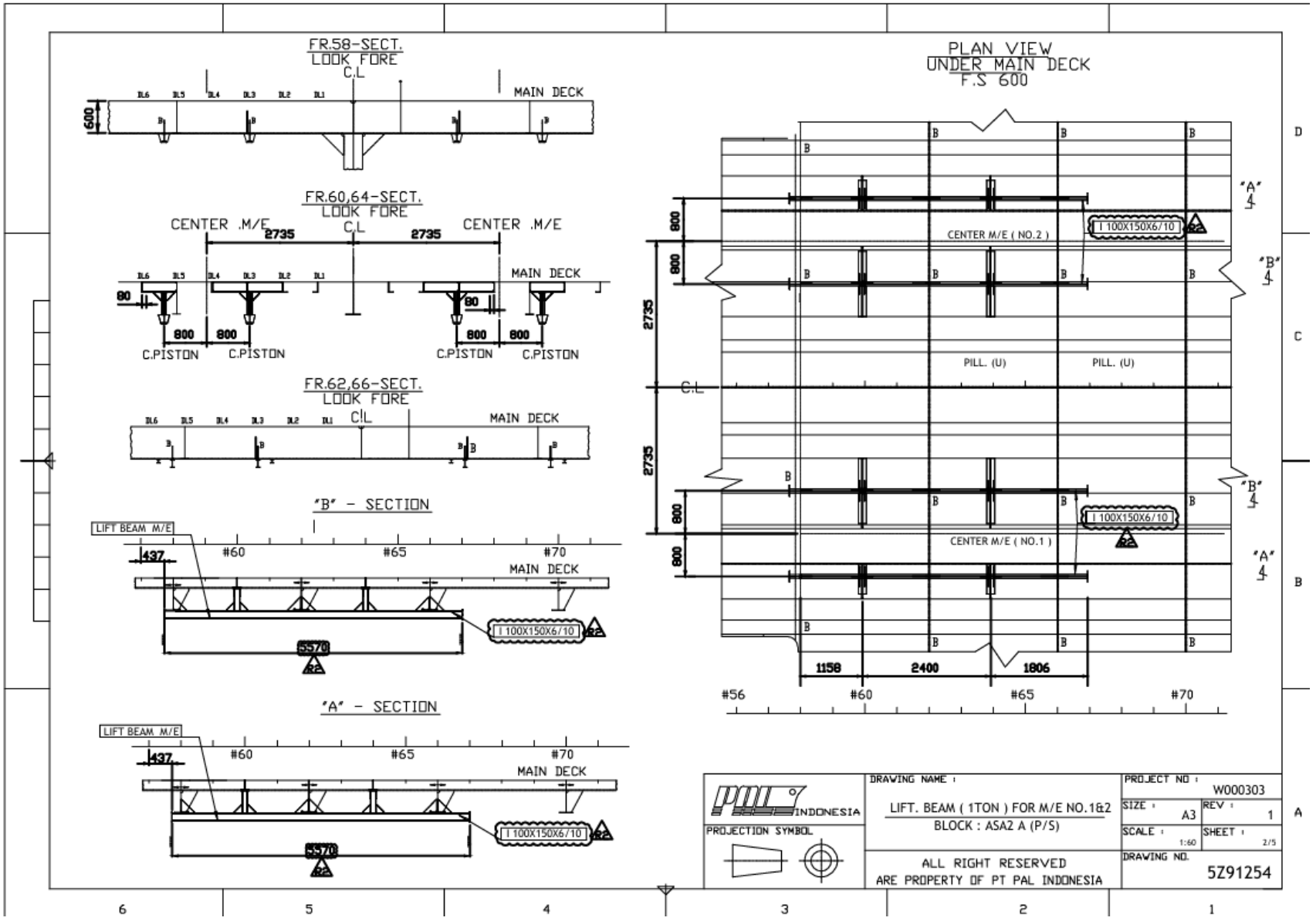
World Material. (2025). *Spesifikasi Sifat Material Setara Baja JIS G3101 ss400: Komposisi, Kepadatan, Kekuatan.*URL:theworldmaterial.com/jis-g3101-ss400-steel-equivalent-material/

Wunda dkk. (2019). *Analisis Tegangan, Regangan dan Deformasi Dari Material Baja AISI 1045 dan Baja ST 37 Menggunakan Software Elmer*. **Jurnal Fisika Sains Dan Aplikasinya**, 4(2), 52–139. https://doi.org/https://doi.org/10.35508/fisa.v4i2.1882

LAMPIRAN 1

WORKING DRAWING STRUKTUR *LIFT BEAM*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

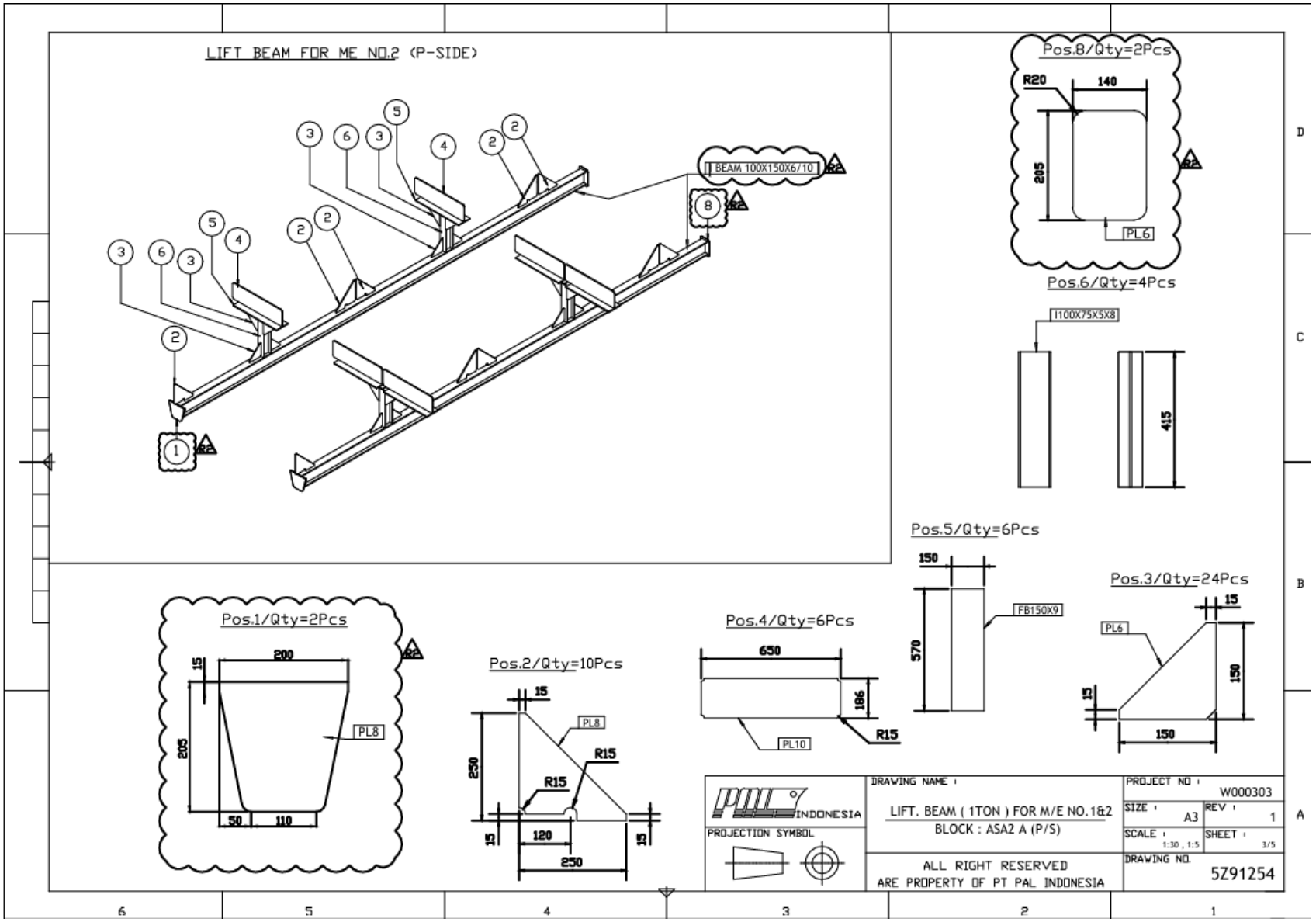

FR.58-SECT.
LOOK FORE
C.L
MAIN DECK
600
FR.60,64-SECT.
LOOK FORE
CENTER .M/E
C.L
CENTER .M/E
2735
2735
MAIN DECK
90
90
800
800
800
800
C.PISTON
C.PISTON
C.PISTON
C.PISTON
FR.62,66-SECT.
LOOK FORE
C.L
MAIN DECK
"B" - SECTION
LIFT BEAM M/E
437
#60
#65
#70
MAIN DECK
I 100X150X6/10
5570
"A" - SECTION
LIFT BEAM M/E
437
#60
#65
#70
MAIN DECK
I 100X150X6/10
5570
PLAN VIEW
UNDER MAIN DECK
F.S 600
CENTER M/E (NO.2)
I 100X150X6/10
CENTER M/E (NO.1)
I 100X150X6/10
PILL. (U)
PILL. (U)
800
800
2735
C.L
2735
800
800
1158
2400
1806
#56
#60
#65
#70
"A"
"B"
"B"
"A"
INDONESIA
PROJECTION SYMBOL
DRAWING NAME :
LIFT. BEAM (1TON) FOR M/E NO.1&2
BLOCK : ASA2 A (P/S)
ALL RIGHT RESERVED
ARE PROPERTY OF PT PAL INDONESIA
PROJECT NO : W000303
SIZE : A3
REV : 1
SCALE : 1:60
SHEET : 2/5
DRAWING NO. 5Z91254
D
C
B
A
6
5
4
3
2
1

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 2

WORKING DRAWING PONDASI *LIFT BEAM*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

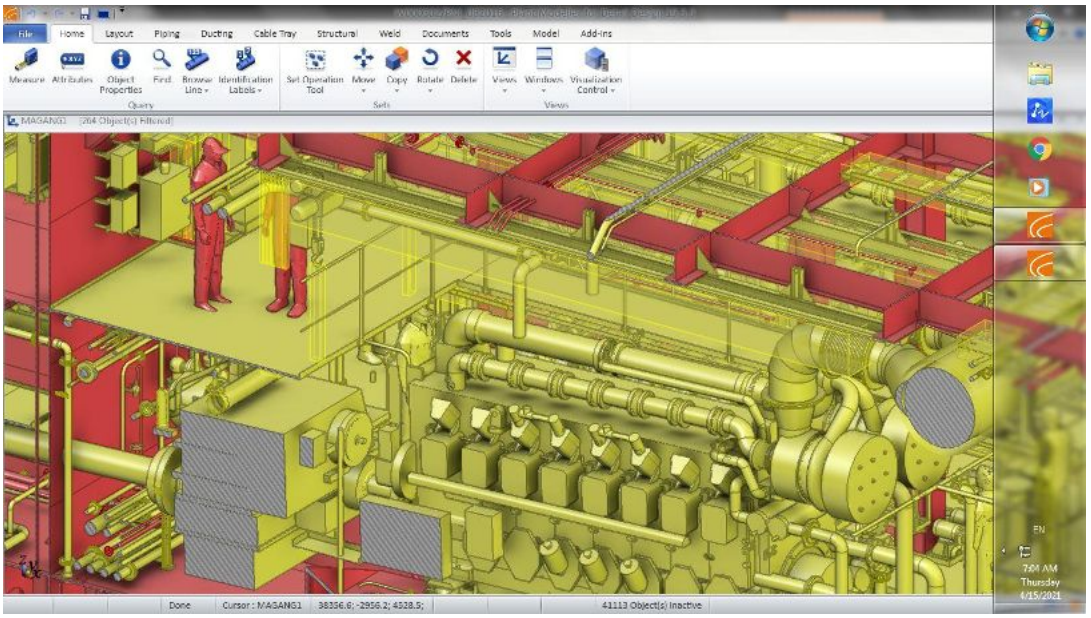

LIFT BEAM FOR ME NO.2 (P-SIDE)
BEAM 100X150X6/10
Pos.8/Qty=2Pcs
R20
140
205
PL6
Pos.6/Qty=4Pcs
100X75X5X8
415
Pos.5/Qty=6Pcs
150
570
FB150X9
Pos.3/Qty=24Pcs
PL6
15
150
150
Pos.1/Qty=2Pcs
200
15
205
PL8
50
110
Pos.2/Qty=10Pcs
15
PL8
R15
R15
250
15
120
15
250
Pos.4/Qty=6Pcs
650
186
R15
PL10
PROJECTION SYMBOL
DRAWING NAME :
LIFT. BEAM (1TON) FOR M/E NO.1&2
BLOCK : ASA2 A (P/S)
PROJECT NO : W000303
SIZE : A3
REV : 1
SCALE : 1:30 , 1:5
SHEET : 3/5
DRAWING NO. 5Z91254
ALL RIGHT RESERVED
ARE PROPERTY OF PT PAL INDONESIA
D
C
B
A
6
5
4
3
2
1

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 3

POSISI PELETAKAN *LIFT BEAM*

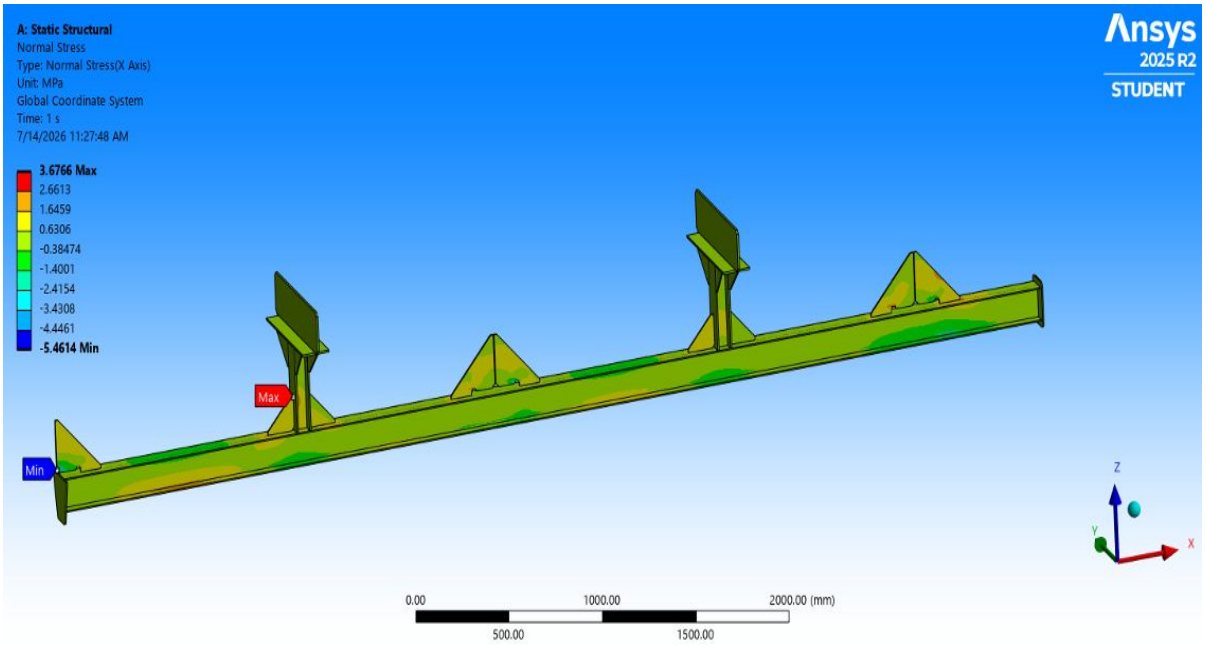
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

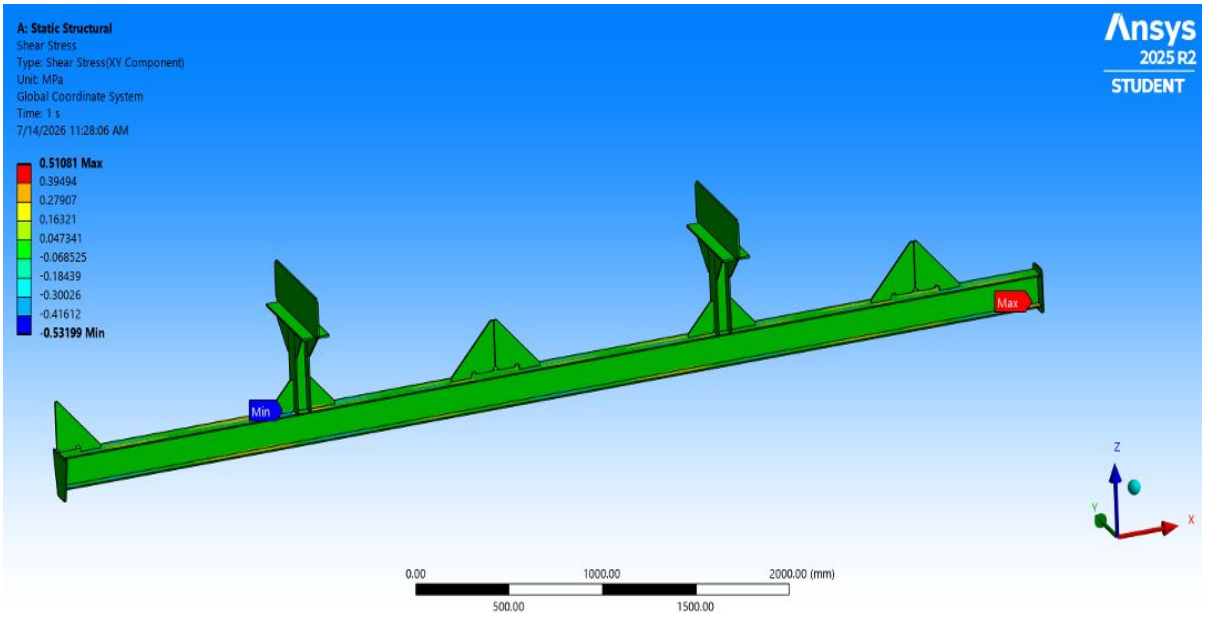

File
Home
Layout
Piping
Ducting
Cable Tray
Structural
Weld
Documents
Tools
Model
Add-ins
Measure
Attributes
Object Properties
Find
Browse Lins
Identification Labels
Query
Set Operation Tool
Move
Copy
Rotate
Delete
Sets
Views
Windows
Visualization Control
Views
MAGAN01 264 Object(s) Filtered!
Done
Cursor : MAGAN01 38356.6; -2956.2; 4538.5;
41113 Object(s) Inactive
EN
7:04 AM
Thursday
4/15/2021

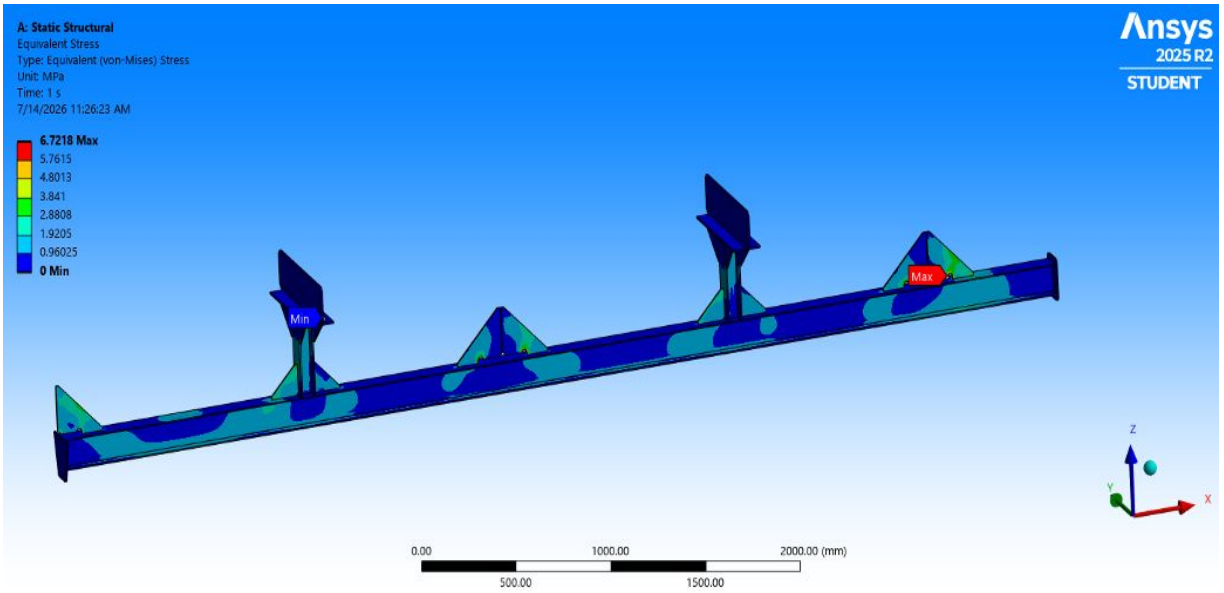
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

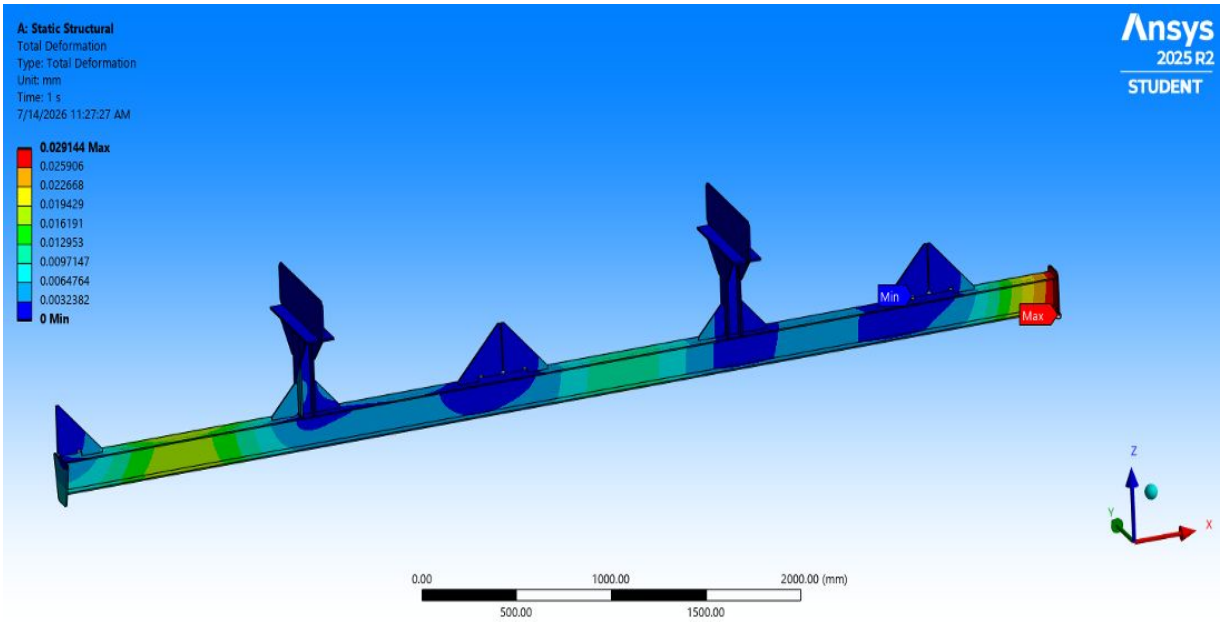
LAMPIRAN 4
HASIL SIMULASI

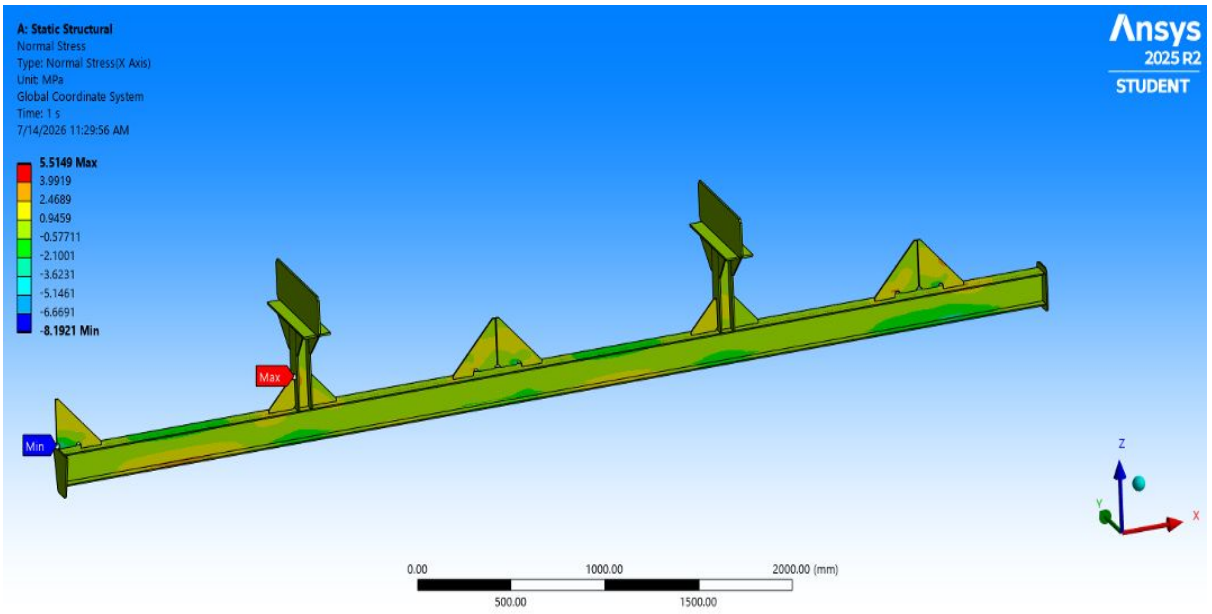
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

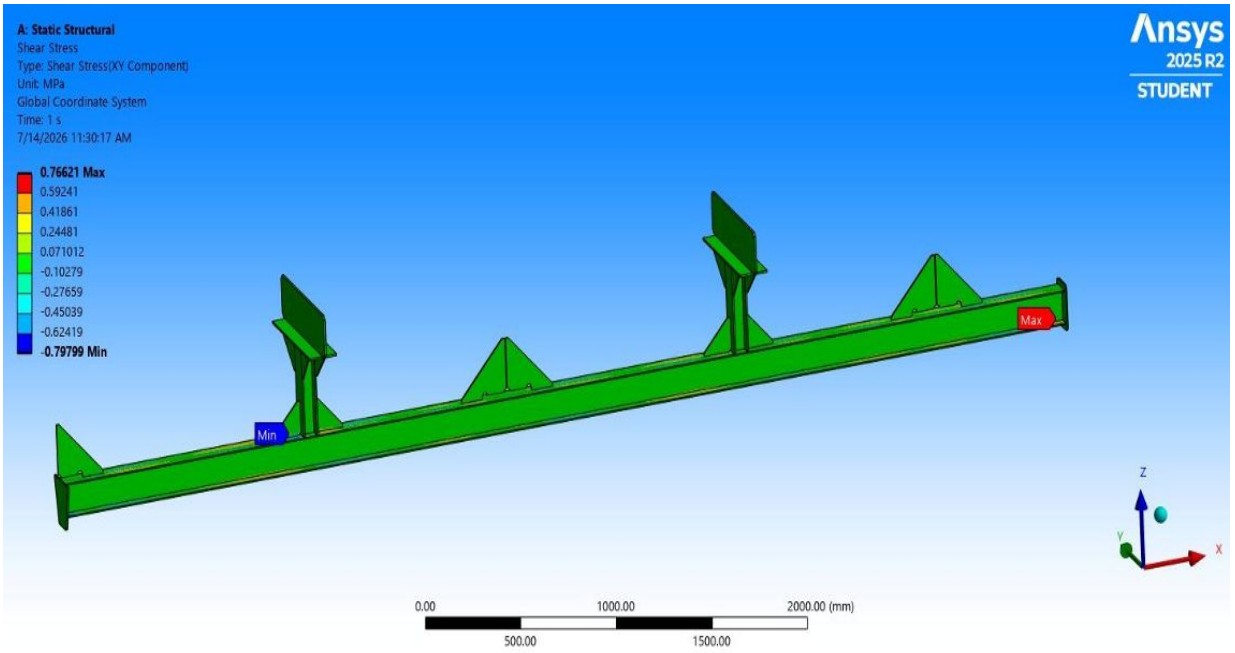

A: Static Structural
Normal Stress
Type: Normal Stress(X Axis)
Unit: MPa
Global Coordinate System
Time: 1 s
7/14/2026 11:27:48 AM
3.6766 Max
2.6613
1.6459
0.6306
-0.38474
-1.4001
-2.4154
-3.4308
-4.4461
-5.4614 Min
Max
Min
Ansys
2025 R2
STUDENT
Z
Y
X
0.00
1000.00
2000.00 (mm)
500.00
1500.00

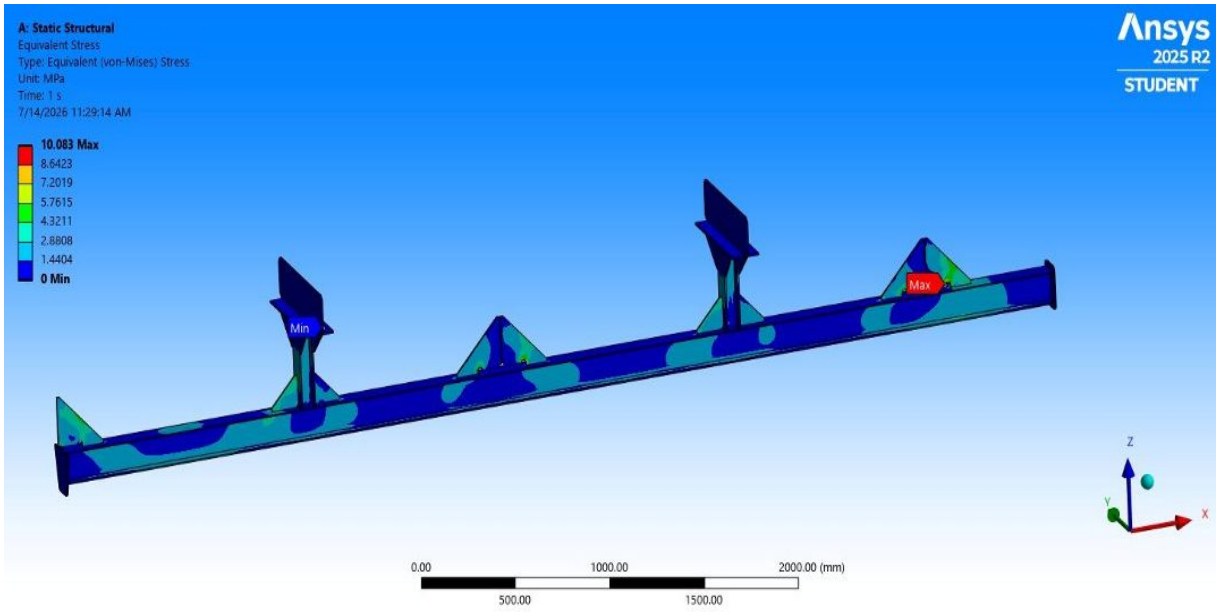

A: Static Structural
Shear Stress
Type: Shear Stress(XY Component)
Unit: MPa
Global Coordinate System
Time: 1 s
7/14/2026 11:28:06 AM
0.51081 Max
0.39494
0.27907
0.16321
0.047341
-0.068525
-0.18439
-0.30026
-0.41612
-0.53199 Min
Max
Min
Ansys
2025 R2
STUDENT
Z
Y
X
0.00
1000.00
2000.00 (mm)
500.00
1500.00

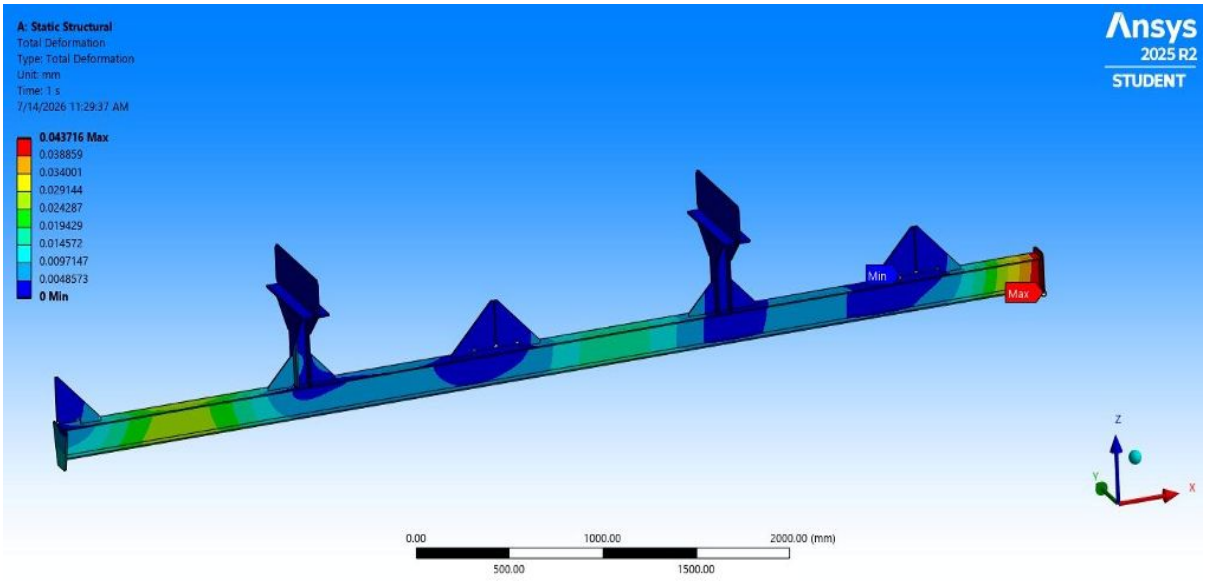

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1 s
7/14/2026 11:26:23 AM
6.7218 Max
5.7615
4.8013
3.841
2.8808
1.9205
0.96025
0 Min
Min
Max
Ansys
2025 R2
STUDENT
Z
Y
X
0.00
1000.00
2000.00 (mm)
500.00
1500.00

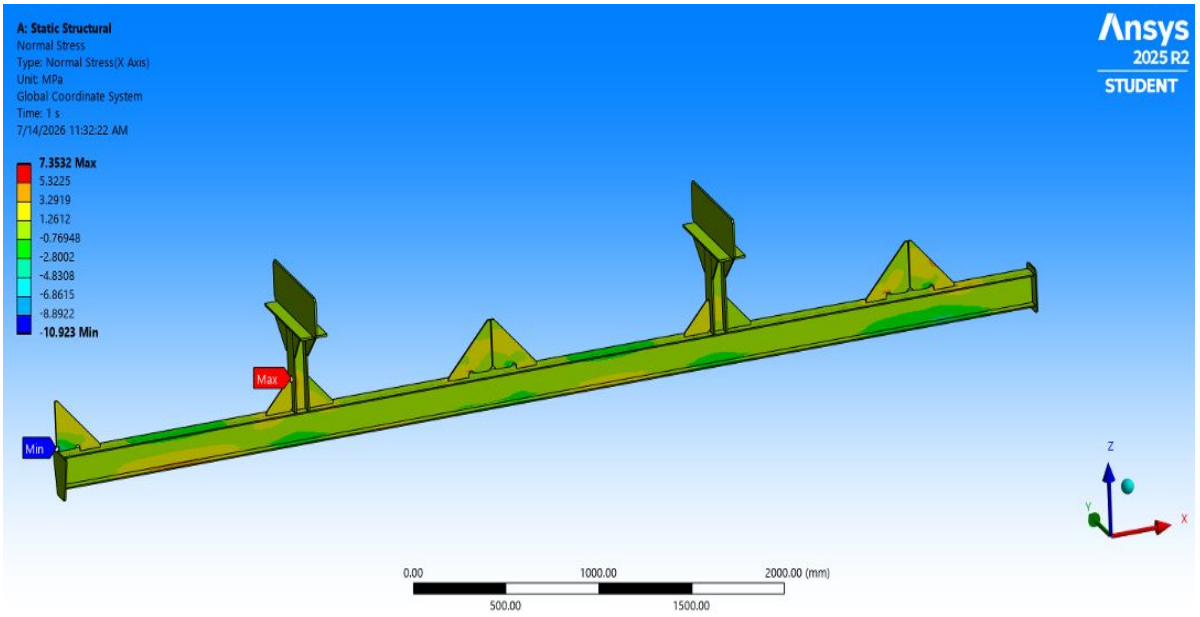

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1 s
7/14/2026 11:27:27 AM
0.029144 Max
0.025906
0.022668
0.019429
0.016191
0.012953
0.0097147
0.0064764
0.0032382
0 Min
Min
Max
Ansys
2025 R2
STUDENT
Z
Y
X
0.00
1000.00
2000.00 (mm)
500.00
1500.00

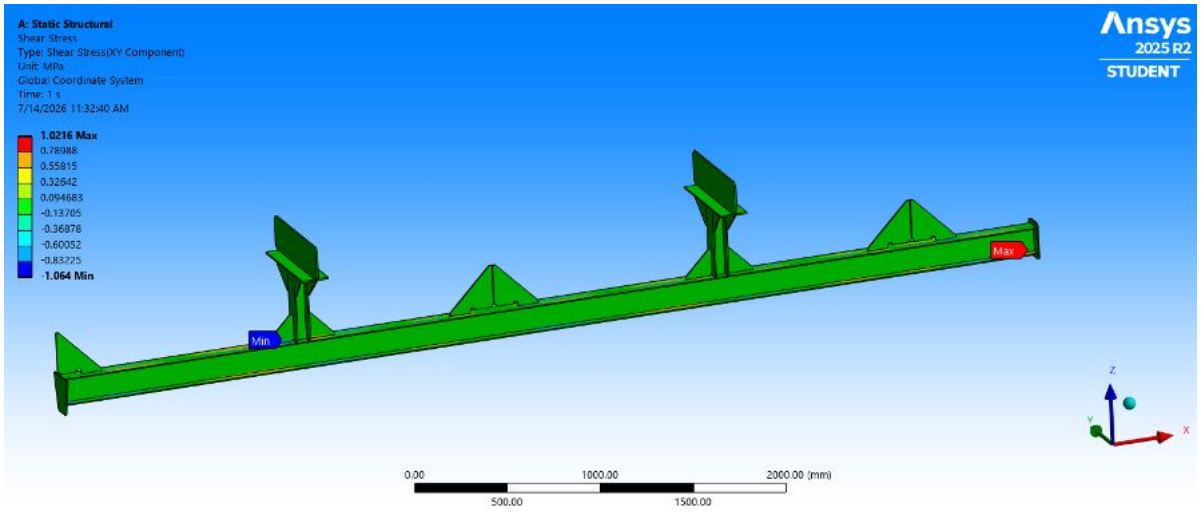

A: Static Structural
Normal Stress
Type: Normal Stress(X Axis)
Unit: MPa
Global Coordinate System
Time: 1 s
7/14/2026 11:29:56 AM
5.5149 Max
3.9919
2.4689
0.9459
-0.57711
-2.1001
-3.6231
-5.1461
-6.6691
-8.1921 Min
Max
Min
Ansys
2025 R2
STUDENT
Z
Y
X
0.00
1000.00
2000.00 (mm)
500.00
1500.00

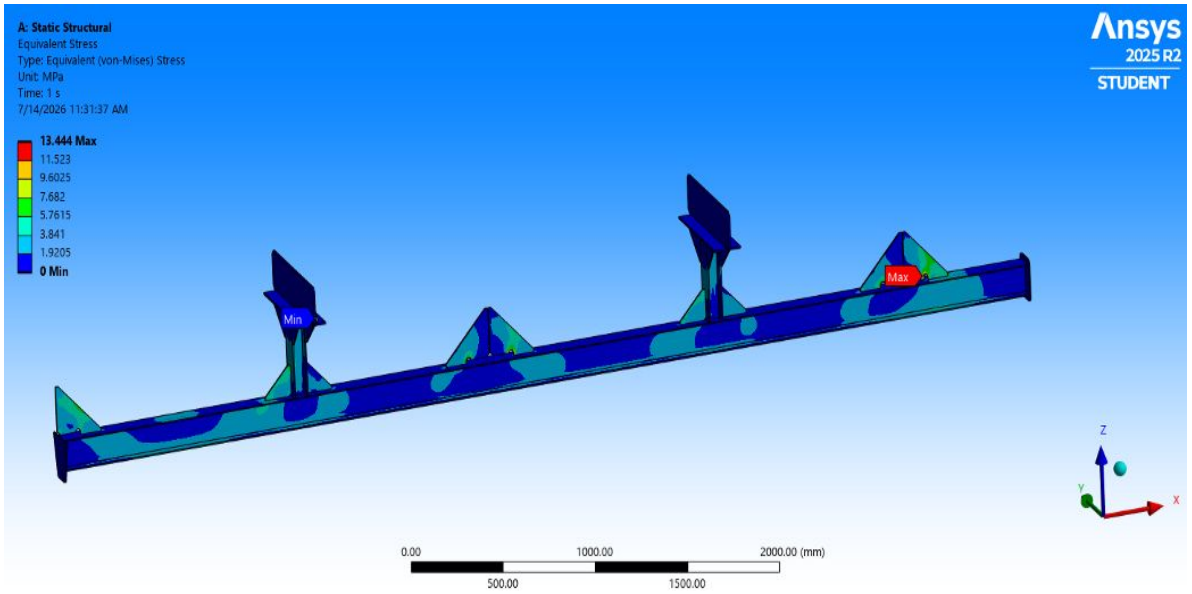

A: Static Structural
Shear Stress
Type: Shear Stress(XY Component)
Unit: MPa
Global Coordinate System
Time: 1 s
7/14/2026 11:30:17 AM
0.76621 Max
0.59241
0.41861
0.24481
0.071012
-0.10279
-0.27659
-0.45039
-0.62419
-0.79799 Min
Max
Min
Ansys
2025 R2
STUDENT
Z
Y
X
0.00
1000.00
2000.00 (mm)
500.00
1500.00

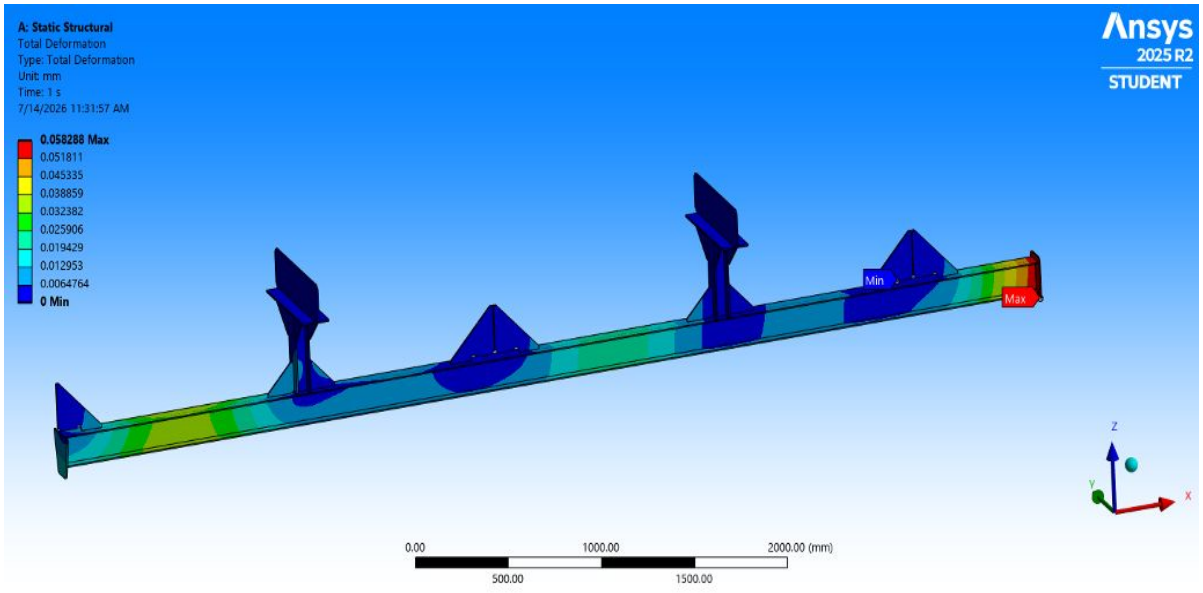

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1 s
7/14/2026 11:29:14 AM
10.083 Max
8.6423
7.2019
5.7615
4.3211
2.8808
1.4404
0 Min
Min
Max
Ansys
2025 R2
STUDENT
Z
Y
X
0.00
1000.00
2000.00 (mm)
500.00
1500.00


A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1 s
7/14/2026 11:29:37 AM
0.043716 Max
0.038859
0.034001
0.029144
0.024287
0.019429
0.014572
0.0097147
0.0048573
0 Min
Min
Max
Ansys
2025 R2
STUDENT
Z
Y
X
0.00
1000.00
2000.00 (mm)
500.00
1500.00


A: Static Structural
Normal Stress
Type: Normal Stress(X Axis)
Unit: MPa
Global Coordinate System
Time: 1 s
7/14/2026 11:32:22 AM
7.3532 Max
5.3225
3.2919
1.2612
-0.76948
-2.8002
-4.8308
-6.8615
-8.8922
-10.923 Min
Max
Min
Ansys
2025 R2
STUDENT
0.00
1000.00
2000.00 (mm)
500.00
1500.00


A: Static Structural
Shear Stress
Type: Shear Stress(XY Component)
Unit: MPa
Global Coordinate System
Time: 1 s
7/14/2026 11:32:40 AM
1.0216 Max
0.78988
0.55815
0.32642
0.094683
-0.13705
-0.36878
-0.60052
-0.83225
-1.064 Min
Max
Min
Ansys
2025 R2
STUDENT
0.00
1000.00
2000.00 (mm)
500.00
1500.00


A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1 s
7/14/2026 11:31:37 AM
13.444 Max
11.523
9.6025
7.682
5.7615
3.841
1.9205
0 Min
Min
Max
Ansys
2025 R2
STUDENT
Z
Y
X
0.00
1000.00
2000.00 (mm)
500.00
1500.00


A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1 s
7/14/2026 11:31:57 AM
0.058288 Max
0.051811
0.045335
0.038859
0.032382
0.025906
0.019429
0.012953
0.0064764
0 Min
Min
Max
Ansys
2025 R2
STUDENT
Z
Y
X
0.00
1000.00
2000.00 (mm)
500.00
1500.00

BIODATA PENULIS

Nama	:	Pramundita Adjie Masduki
NRP	:	0122040100
Jurusan/Program Studi	:	Teknik Bangunan Kapal/D4-Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal
Tempat, tanggal lahir	:	Mojokerto, 01 Oktober 2003
Alamat Asal	:	JL. Gunung Anyar Jaya Masjid No.72, Gunung Anyar, Surabaya
E-mail	:	pramundita072@gmail.com
Nomor HP	:	088901811901

RIWAYAT PENDIDIKAN FORMAL

2022-2026	:	Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
2019-2022	:	SMK Sunan Drajat Lamongan
2016-2019	:	SMP Al-Islah Surabaya
2010-2016	:	SDI Al-Mubarok Surabaya

“Halaman ini sengaja dikosongkan”