



TUGAS AKHIR - ME 141501

**STUDI KEKUATAN DAN FAKTOR KEAMANAN KONTRUKSI
CRANE PADA SAAT PELETAKAN SINKER BETON MELALUI
MOONPOL**

GUSTER IRVAN GINTING

NRP: 0421154600019

Dosen Pembimbing :

Irfan Syarif Arief, ST., MT

Achmad Baidowi, ST., MT

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018



TUGAS AKHIR - ME 141501

**STUDY OF STRENGTH AND CONSTRUCTION CRANE SAFETY
FACTORS AT THE TIME OF LAYING THE CONCRETE SINKER
BY MOONPOL**

GUSTER IRVAN GINTING

NRP: 04211546000019

Supervisor :

Irfan Syarif Arief, ST., MT

Achmad Baidowi, ST., MT

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING

Faculty of Ocean Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI KEKUATAN DAN FAKTOR KEAMANAN KONTRUKSI CRANE PADA SAAT PELETAKAN SINKER BETON MELALUI MOONPOL

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Manufacturing and Design
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

GUSTER IRVAN GINTING
NRP 0421154600019

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Irfan Syarif Arief, ST., MT
NIP. 1969 1225 1997 02 1001

Achmad Baidowi, ST., MT
NIP.



Surabaya,
Januari 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI KEKUATAN DAN FAKTOR KEAMANAN KONTRUKSI CRANE PADA SAAT PELETAKAN SINKER BETON MELALUI MOONPOL

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Manufacturing and Design
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

GUSTER IRVAN GINTING
NRP 0421154600019

Disetujui Oleh

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.

NIP. 1997 0802 2008 01 1007

Surabaya,
Januari 2018

“Halaman ini sengaja dikosongka”

ABSTRAK

STUDI KEKUATAN DAN FAKTOR KEAMANAN KONTRUKSI CRANE PADA SAAT PELETAKAN SINKER BETON MELALUI MOONPOL

Nama : Guster Irvan Ginting
NRP : 04211546000019
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Irfan Syarif Arief, ST., MT
Achmad Baiodowi, ST., MT

Abstrak

Analisis kekuatan pada struktur konstruksi *crane* yang dibangun diatas kapal ponton dimana kapal ponton ini akan beroperasi untuk mengangkut beton *sinker* untuk pembangunan *platform* PLTAL di tengah laut. Beton *sinker* ini akan diletakkan didasar laut untuk menahan tegangan dari *bouy* yang terhubung ke *platform* PLTAL sehingga akan menahan keseimbangan *platform* ditengah laut akibat gelombang. *Crane* yang akan dibangun diatas ponton memiliki peran penting dalam mengangkat beton *sinker* dan meletakkanya ke dasar laut. Maka dalam perencanaan *crane* perlu dilakukan perhitungan untuk pemilihan material dan profil yang digunakan sehingga kekuatan konstruksi *crane* aman untuk dioperasikan. Kapasitas *crane* yang direncanakan 40 ton. Dari perhitungan yang telah dilakukan maka dipilih profil W 21 x 147 untuk girder *crane* dengan material AISI 1020 memiliki *yield strength* materialnya 351.571 N/mm^2 . Hasil simulasi *solidwork* dari profil *girder* tegangan *stress maximum* terjadi pada saat posisi motor berada di A2 sebesar 112.472 N/mm^2 , tegangan *stress* yang diijinkan oleh BKI sebesar 164.42 N/mm^2 maka profil yang dipilih memenuhi kriteria BKI dan untuk konstruksi *crane* memakai profil W 10 x 100 selanjutnya disimulasikan menggunakan SAP2000 dari hasil simulasi *capacity ratio* terbesar yang terjadi pada konstruksi *crane* sebesar 0.503 pada frame satu, sedangkan *ratio* ijin yang diberikan oleh SAP2000 maksimal 0.95 maka nilai *ratio* memenuhi kriteria dari SAP 2000 maka profil yang digunakan aman.

Kata Kunci : *Ponton, crane, sinker beton, capacity ratio, stress maximum, solidwork, SAP2000.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRACT

STUDY OF STRENGTH AND CONSTRUCTION CRANE SAFETY FACTORS AT THE TIME OF LAYING THE CONCRETE SINKER BY MOONPOL

Name Of Student : Guster Irvan Ginting
Reg Number : 04211546000019
Department : Department Of Marine Engineering
Supervisors : Irfan Syarif Arief, ST., MT

Abstract- *Strength analysis on crane construction structures built on pontoon vessels, where the pontoon will operate to transport concrete sinkers for the construction of PLTAL platforms in the middle of the sea. The concrete of this sinker will be laid on the ground to withstand the tension of the bouy connected to the PLTAL platform. So it will hold the balance of the platform in the middle of the sea due to waves. Crane to be built on the pontoon has an important role in lifting the concrete sinker and put it to the bottom of the sea. So in crane planning needs to be calculated for the selection of materials and profiles used, so that the strength of crane construction is safe to operate. The planned crane capacity is 40 tons. From the calculation that has been done then selected profile W 21 x 147 for girder crane with material AISI 1020 has yield strength material 351.571 N / mm². The solidwork simulation results from the profile have the maximum stress occurred when the motor position is at A2 of 112.472 N / mm², the stress allowed by BKI of 164.42 N / mm², then the selected profile meets the BKI criteria. And for crane construction using W profile 10 x 100, then simulated using SAP2000 from the largest capacity ratio simulation that happened at crane construction 0.503 on frame one, while the ratio of permission given by SAP2000 maximum of 0.95 then the ratio value fulfill criteria from SAP 2000, then the profile used is safe.*

Keywords: *Pontoons, cranes, concrete sinkers, capacity ratio, maximum stress, solidwork, SAP2000.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur saya ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam tidak lupa saya ucapkan ke junjungan Nabi besar Muhammad Rasulullah SAW.

Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- Kepada Tuhan yang Maha Esa yang selalu memberikan kemudahan untuk saya.
- Kedua Orang Tua saya yang selalu mendukung dan berdoa untuk saya.
- Bpk. DR. Eng. M. Badrus Zaman, ST.,MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
- Bpk. Juniarko, ST., MT. Selaku Dosen wali.
- Bpk. Irfan Syarif Arief, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I.
- Bpk. Achmad Baidowi, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II.
- Teman seperjuangan Lintas jalur Teknik Sistem Perkapalan angkatan 2015 semester genap.
- Teman – teman Energi laut Arief Rachman S, Zaqqa Usail, Lintang Candra.
- Serta seluruh orang yang mendukung terselesaikannya tugas akhir ini.

Semoga dengan selesainya Tugas Akhir ini dapat menambah wawasan serta ilmu yang bermanfaat bagi para pembaca sekalian.

Akhir kata terima kasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, Januari 2018
Penyusun.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ASTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1. Latar Belakang.....	1
2. Perumusan Masalah.....	2
3. Tujuan Skripsi.....	2
4. Batasan Masalah.....	2
5. Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
1.1 Kapal Tongkang/Barge.....	5
2.2. Dasar Teori.....	8
2.3. Mesin Pengangkat.....	8
2.4. Dasar -Dasar Pemilihan Pesawat Angkat.....	8
2.5. Crane.....	9
2.6. Cara Kerja Overhead Crane.....	9
2.7. Mekanika Rekayasa.....	11
2.7.1. Gaya.....	12
2.7.2. Momen.....	14
2.7.3. Tumpuan.....	15
2.7.4. Muatan.....	16
2.8. Balok Di Atas Dua Tumpuan.....	16
2.8.1. Reaksi Tumpuan.....	17
2.9. Bidang Momen.....	22
2.10. Bidang Gaya Lintang.....	23
2.11. Defleksi.....	24
2.12. Tegangan.....	25
2.12.1. Macam-macam Tegangan.....	26
2.13. Sifat-sifat Material.....	28
2.14. Konsep Pembebanan.....	29
1. Beban Mati (<i>Dead Load</i>).....	29
2. Beban Hidup (<i>live Load</i>).....	30
3. Beban Akibat Kecelakaan (<i>Accidental Load</i>).....	30
4. Beban Lingkungan (<i>Environmental Load</i>).....	30

2.15. Jangkar	30
2.16. Beton	31
2.17. Solidworks	31
2.18. SAP 2000	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	33
3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah	34
Studi Literatur.....	34
Pengumpulan Data	34
3.1.1. Data Beton Sinker	34
3.1.2. Perencanaan Motor Crane	36
3.1.3. Perencanaan Profil Double Girder Crane	37
3.1.4. Perencanaan Konstruksi Pondasi Crane	37
3.1.5. Perencanaan Kapal Ponton	38
3.2. Pemodelan.....	39
3.3. Analisa Kekuatan Konstruksi <i>Crane</i>	39
3.4. Analisa <i>Safety Factor</i> memenuhi (BKI)	39
3.5. Kesimpulan	39
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	41
4.1. Penentuan Kapasitas Motor Crane.....	41
4.2. Menghitung Momen dan Reaksi Yang Terjadi Akibat Beban	41
4.3. Menghitung Momen dan Gaya Pada Double Girder Crane.....	42
4.3.1. Menghitung Momen dan Gaya Pada Double Girder Crane Saat Motor di Posisi A1	43
4.3.2. Menghitung Momen dan Gaya Pada Double Girder Crane Saat Motor di Posisi A2	44
4.3.3. Menghitung Momen dan Gaya Pada Double Girder Crane Saat Motor di Posisi A3	45
4.4. Pemilihan Material dan Profil.....	48
4.5. Perhitungan Tegangan Maksimum (Max. Bending Stress) , Faktor Keamanan (Safety Factor).....	49
4.6. Perhitungan Tegangan Geser Maksimum (Max. Shear Stress) , Faktor Keamanan (Safety Factor).	49
4.7. Pemodelan Dan Simulasi Pada Software Solidwork	50
4.7.1 Simulasi Posisi Motor A1.....	50
4.7.2 Simulasi Posisi Motor A2.....	52
4.7.3 Simulasi Posisi Motor A3.....	54
4.8. Analisa Hasil Simulasi Pada Solidwork	56
4.9. Analisa Faktor Keamanan Menurut Rules BKI.....	57
4.10. Analisa Kekuatan Konstruksi Crane Menggunakan Software SAP 2000	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
DAFTAR PUSTAKA	61

DAFTAR TABEL

Tabel 3 1 Kondisi Heading 90^0	35
Tabel 3 2. Dimensi sinker beton.....	36
Tabel 3 3. Dimensimotor crane	36
Tabel 3 4. Dimensi Profil Girder Crane	37
Tabel 3 5. Jenis Material AISI 1020 (American Iron and Steel Institute).....	37
Tabel 3 6. Dimensi Pofil W6x20 dan W10x100	38
Tabel 3 7. Jenis Material ASTM A36 (American society for testing and material.....	38
Tabel 3 8. Ukuran Utama Kapal.....	39
Tabel 4 1.Dimensi motor crane	41
Tabel 4 2Nilai Momen	47
Tabel 4 3. Nilai Reaksi gaya	48
Tabel 4 4. Material Properties Profile Konstruksi Crane	48
Tabel 4 5. Hasil Tegangan Maksimal dan Faktor Keamanan pada Momen Titik A	49
Tabel 4 6. Hasil Tegangan Maksimal dan Faktor Keamanan pada Momen Titik B.....	49
Tabel 4 7. Hasil Tegangan Geser Maksimum dan Faktor Safety Pada Titik Cv	50
Tabel 4 8. Hasil Tegangan Geser Maksimum dan Faktor Safety Pada Titik Cv	50
Tabel 4 9. Hasil Simulasi Solidwork.....	57
Tabel 4 10. Faktor Keamanan Rekomendasi BKI.....	57
Tabel 4 11. Hasil Simulasi SAP2000	58

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Platform PLTAL.....	2
Gambar 2. 1 Kapal tongkang/barge.....	5
Gambar 2. 2 Working Barge	6
Gambar 2. 3 Flat top barge	7
Gambar 2. 4 Oil Barge	7
Gambar 2. 5 Construction Barge.....	8
Gambar 2. 6 Self Propelled Barge.....	8
Gambar 2. 7 Overhead travelling crane.....	9
Gambar 2. 8 Gerakan hoist.....	10
Gambar 2. 9 Gerakan transversal	10
Gambar 2. 10 Gerak Longitudinal.....	11
Gambar 2. 11 Gaya aksi dan gaya reaksi	12
Gambar 2. 12 Resultan gaya.....	12
Gambar 2. 13 Arah Gaya.....	13
Gambar 2. 14 Resultan gaya membentuk sudut	13
Gambar 2. 15 Gaya dan momen	14
Gambar 2. 16 Tumpuan sendi	15
Gambar 2. 17 Tumpuan Rol	15
Gambar 2. 18 Tumpuan jepit.....	16
Gambar 2. 19 Muatan terpusat dan Muatan Terbagi rata.....	16
Gambar 2. 20 Balok diatas dua tumpuan	17
Gambar 2. 21 Reaksi tumpuan pada balok sederhana dengan beban terpusat.....	17
Gambar 2. 22 Reaksi tumpuan beban terpusat dan salah satu miring	18
Gambar 2. 23 Reaksi tumpuan beban terbagi rata penuh.....	19
Gambar 2. 24 Pusat berat beban terbagi rata.....	20
Gambar 2. 25 Reaksi pada tumpuan beban terbagi rata sebagian	21
Gambar 2. 26 Penentuan Momen Positif dan Momen Negatif	22
Gambar 2. 27 Bidang momen dengan 1 beban terpusat.....	23
Gambar 2. 28 beban momen dengan jumlah beban terpusat lebih dari satu buah.	23
Gambar 2. 29 Bidang gaya lintang dengan 1 beban terpusat	24
Gambar 2. 30 (a).Sebelum deformasi (b).Terjadi deformasi	25
Gambar 2. 31 Tegangan yang timbul pada penampang A-A	26
Gambar 2. 32 lustrasi tegangan normal akibat gaya aksial	26
Gambar 2. 33 Tegangan tarik	27
Gambar 2. 34 Tegangan Tekan	27
Gambar 2. 35 Tegangan geser	27
Gambar 2. 36 Tegangan lengkung	28
Gambar 2. 37 Grafik tensil strenght	29

Gambar 2. 38 Tipe jangkar bobot mati.....	30
Gambar 3. 1 Spread Mooring Line 90 ⁰ kondisi Collinier	35
Gambar 3. 2 (a).sinker 30 ton. (b).sinker 15 ton	36
Gambar 3. 3 Dimensi motor crane	36
Gambar 3. 4 Profil W-Beam 12 x 147.....	37
Gambar 3. 5 Profil W6x20 dan W10x10.....	38
Gambar 3. 6 Konstruksi Crane	38
Gambar 3. 7 Pemodelan Kapal Ponton dan sinker beton	39
Gambar 4. 1 Dimensi Motor Crane	41
Gambar 4. 2 Model Girder Crane.....	50
Gambar 4. 3 Simulasi Beban	51
Gambar 4. 4 Hasil Simulasi Stress A1	51
Gambar 4. 5 Hasil Simulasi Displacement A1	52
Gambar 4. 6 Hasil Simulasi Strain A1	52
Gambar 4. 7 Hasil Factor Safety A1	52
Gambar 4. 8 Model A2.....	53
Gambar 4. 9 Simulasi Beban	53
Gambar 4. 10 Hasil Simulasi Stress A2	53
Gambar 4. 11 Hasil Simulasi Displacement A2.....	54
Gambar 4. 12 Hasil Simulasi Strain A2	54
Gambar 4. 13 Hasil Simulasi Safety Factor A2	54
Gambar 4. 14 Model A3.....	55
Gambar 4. 15 Simulasi Beban A3.....	55
Gambar 4. 16 Hasil Simulasi Stress A3	55
Gambar 4. 17 Hasil Simulasi Displacement A3.....	56
Gambar 4. 18 Hasil Simulasi Strain A3	56
Gambar 4. 19 Hasil Simulasi Safety Factor A3	56
Gambar 4. 20 Hasil simulasi SAP2000.....	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Report Hasil Simulasi

Lampiran B : Report Hasil Simulasi SAP 2000

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

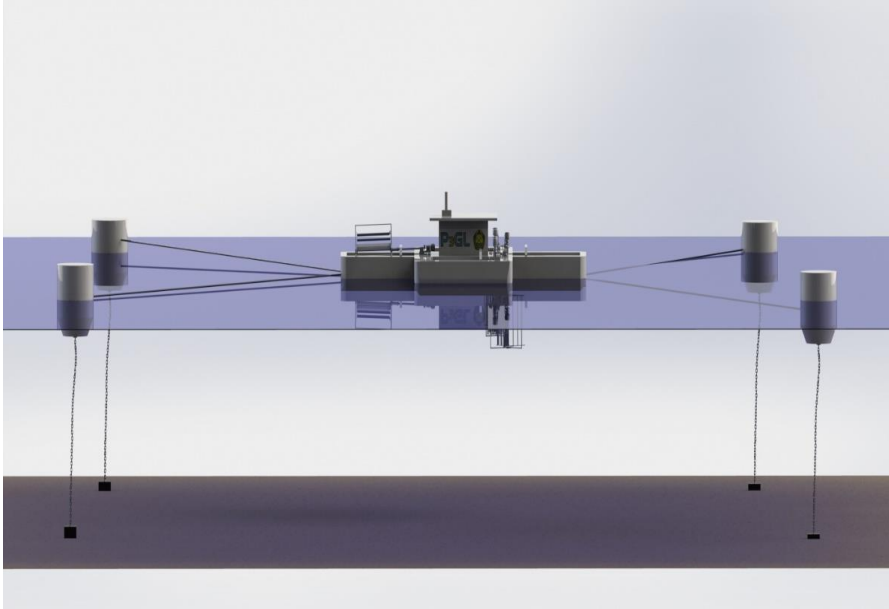
1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan di Asia Tenggara yang memiliki 17.504 pulau besar dan kecil. Indonesia juga dikenal sebagai Negara maritim yang sangat besar. Sebagian besar wilayah Indonesia merupakan lautan, sehingga selain kekayaan sumber daya alam di darat, kekayaan sumber daya alam di laut juga tidak kalah besarnya. Namun di Indonesia masih ada pulau – pulau yang tidak teraliri listrik, padahal banyak potensi alam yang dapat digunakan sebagai sumber energi listrik khususnya lautan Indonesia yang begitu luas maka arus laut inilah yang digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga arus laut untuk menunjang kebutuhan listrik di Indonesia. Pembangkit Listrik Arus Laut (PLTAL) merupakan pembangkit listrik yang menggunakan arus laut sebagai bahan bakarnya.

Dalam pembangunan platform PLT Arus Laut membutuhkan jangkar untuk menahan struktur PLTAL tetap stabil pada posisinya, maka akan didesain sebuah *sinker* beton yang akan ditanamkan di dasar laut sebagai pemberat untuk mampu menahan tegangan (gaya tarik) maksimum yang terjadi pada rantai agar buoy dan struktur PLTA tetap stabil pada posisinya.

Dalam tugas akhir ini akan merencanakan desain sebuah kapal *Work Barge / Pontoon* yang akan digunakan untuk membantu mengangkut *sinker* beton (*sinker box* yang telah berisi *concrete*) dalam perencanaan pembangunan platform PLT Arus Laut. Kapal *pontoon* akan di tarik oleh *Tug Boat* ke lokasi penanaman *sinker*. *Work Barge* akan didesain dengan *moonpool* dibagian tengah sebagai jalur untuk meletakkan *sinker* ke dasar laut dan konstruksi crane nya. dalam proses penurunan *sinker* beton menggunakan rantai secara perlahan (*anchor handling*) yang akan di kaitkan ke konstruksi *crane*.

Akibat aktivitas *crane* pada saat menurunkan beban (*sinker* beton) akan memberikan pengaruh terhadap kekuatan konstruksi *crane*. Maka perlu dilakukan analisa pengaruh kekuatan konstruksi *crane* pada saat peletakan *sinker* beton dan mengetahui tegangan maksimum pada konstruksi *crane*, mengetahui *maximum stress*, *safety factor* dan letak paling kritis akibat pembebanan yang terjadi. Obyek penelitian yang ditinjau dalam analisa ini adalah kekuatan konstruksi *crane*. Permodelan dan Perhitungan kekuatan konstruksi *crane* kapal menggunakan alat bantu *software solidwork*.



Gambar 1. 1 Platform PLTAL

2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah dijelaskan diatas, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Pada proses peletakan sinker beton kedasar laut sebagai pemberat untuk menahan konstruksi platform PLTAL dibantu oleh crane yang ada diatas Work barge, maka perlu diketahui kekuatan konstruksi crane menahan beban sinker beton.
2. Pada saat crane menahan beban dari sinker beton maka akan terjadi stress pada bagian konstruksi crane, maka dari itu perlu di ketahui maximum stress yang terjadi dan nilai safety factornya.

3. Tujuan Skripsi

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui seberapa besar kekuatan konstruksi *crane* pada saat menahan beban dari sinker beton.
2. Untuk mengetahui lokasi *maximum stress* yang terjadi pada konstruksi *crane* dan safety factor yang diijinkan.

4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Analisa dilakukan berdasarkan hasil simulasi pada software.
2. Hanya menganalisa bagian konstruksi crane.

3. Analisa yang dilakukan untuk *strenght*, *maximum stress* dan *safety factor* yang terjadi pada konstruksi *crane*.
4. Diasumsikan work barge pada kondisi normal.
5. Untuk beban dari arus, gelombang dibatasi yang akan dibahas beban statis.

5. Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari tugas akhir ini adalah:

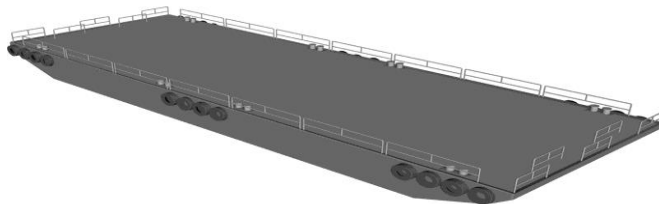
1. Sebagai bahan pembelajaran untuk mengetahui kekuatan konstruksi *crane* terhadap pembebanan sinker beton.
2. Sebagai bahan kajian untuk mengetahui lokasi *maximum stress* yang terjadi pada konstruksi *crane*.
3. Sebagai bahan pembelajaran untuk mengetahui factor keamanan dalam aktivitas *crane*.
4. Diharapkan dapat digunakan untuk referensi kajian yang akan datang.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Jurnal	Judul	Pembahasan
<p>Farobi Tetuko Pujikuncoro. 2016</p>	<p>Studi Analisa Kontruksi Deck Kapal Accommodation Work Barge Pada FR 0-12 Akibat Penambahan Crane Berbasis FEM</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pedestal Crane</i> • Analisa Kekuatan • Pembebanan • Software Nastran Patran •
<p>Maria La Pasaribu Gorat, 2017</p>	<p>Analisis Stabilitas <i>Crane Barge</i> saat Operasi <i>Heavy Lifting</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ukuran Optimal Barge • Operasi <i>heavy lifting</i>, displacem ent, dan stabilitas IMO • Software: Maxsurf dan Ms.Excel
<p>Siswanto Faisal,2016</p>	<p>Analisa Kekuatan Struktur Container Crane PT.BJTI dan Konstruksi Seafastening Untuk Proses Transportasi Menggunakan Barge Puma 7. Teknik Kelautan ITS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Barge/pontoon • Kekuatan struktur Container Crane • Konstruksi <i>Seafastening</i>
<p>Teguh Rachman Hakim, Handyanu, dan Mas Murtedjo, 2012</p>	<p>Analisa Kekuatan Konstruksi Crane Pedestal Pada Mooring Storage Tanker Niria. Teknik Kelautan ITS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kekuatan konstruksi • Crane pedestal

1.1 Kapal Tongkang/Barge.



Gambar 2. 1 Kapal tongkang/barge

Work Barge / pontoon, adalah jenis kapal yang pada umumnya tidak memiliki sistem pendorong dan bentuk lambung yang datar, kapal ini pada umumnya digunakan untuk mengangkut muatan dalam jumlah besar seperti kayu, batubara, sebagai tempat atau pangkalan untuk melakukan kegiatan pekerjaan laut dan lain-lain. Karena kapal ini tidak memiliki sistem pendorong (*System Propulsion*) maka untuk menggerakkan kapal ini membutuhkan bantuan dari kapal lain seperti *Tug Boat* untuk menarik pontoon ke lokasi yang dituju.

Pontoon digunakan juga untuk mengangkut mobil menyeberangi sungai, di daerah yang belum memiliki jembatan. Sangat banyak digunakan pada tahun 1960an hingga 1980an di jalur lintas Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Papua. Sekarang sebagian besar sudah digantikan dengan jembatan. Untuk keperluan wisata, pontoon juga masih digunakan. Untuk meningkatkan kestabilan kapal biasanya digunakan dua pontoon yang digabungkan secara paralel.

Tongkang sendiri tidak memiliki sistem pendorong (propulsi) seperti kapal pada umumnya. Pembuatan kapal tongkang juga berbeda karena hanya konstruksi saja, tanpa sistem seperti kapal pada umumnya. Tongkang sendiri umum digunakan untuk mengangkut muatan dalam jumlah besar seperti kayu, batubara, pasir dan lain-lain. Di Indonesia tongkang banyak diproduksi di daerah Batam (Kepulauan Riau) yang merupakan salah satu basis produksi perkapalan di Indonesia. [10]

Ada beberapa macam jenis kapal tongkang menurut kegunaannya yaitu: (1) *Working Barge*; (2) *Flat Top Barge*; (3) *Oil Barge*; (4) *Construction Barge*; (5) *Self Propelled Barge*.

a. *Working Barge*

Work Barge adalah jenis kapal tongkang yang dipergunakan sebagai tempat atau pangkalan untuk melakukan kegiatan pekerjaan laut. *Flat Top Barge* bisa digunakan sebagai pangkalan atau tempat tinggal bagi para pekerja sehingga jenis tongkang ini ada yang memiliki dek akomodasi.



Gambar 2. 2 *Working Barge*

b. *Flat Top Barge*

Flat Top Barge adalah barge yang berbentuk paling sederhana (berbentuk kotak seperti korek api) dan bagian atas / geladak berbentuk datar. Jenis

barge ini kebanyakan tidak mempunyai mesin induk sendiri, jadi untuk operasionalnya ditarikk atau didorong oleh kapal tunda.



Gambar 2. 3 *Flat top barge*

c. *Oil Barge*

Oil Barge adalah jenis *barge* yang digunakan khusus untuk memuat minyak. *Barge* jenis ini ada juga yang bersifat ganda, yaitu dibagian bawahnya digunakan untuk membawa minyak sedangkan bagian atas digunakan untuk memuat jenis kargo lainnya.



Gambar 2. 4 *Oil Barge*

d. *Construction Barge*

Adalah jenis Flat Top Barge yang menunjang proses pekerjaan *erection* dilepas pantai. Biasanya diatas dek dilengkapi dengan ruang akomodasi untuk para pekerja.



Gambar 2. 5 *Construction Barge*

e. Self Propelled Barge

Adalah salah satu jenis kapal *barge* yang memiliki system penggerak sendiri (*Self Propelled*) dan memiliki palkah untuk memuat cairan atau minyak dibagian bawah geladak. Kapal tongkang jenis ini biasanya digunakan untuk pelayaran pendek atau untuk pelayaran yang melewati sungai besar.



Gambar 2. 6 *Self Propelled Barge*

2.2. Dasar Teori

2.3. Mesin Pengangkat

Yang dimaksud dengan mesin pengangkat adalah suatu system peralatan yang hanya dapat digunakan untuk mengangkat suatu barang atau memindahkan suatu muatan dari suatu tempat ketempat lain, dimana besar kecilnya muatan dan jarak pemindahannya yang terbatas sesuai dengan kapasitas mesin pengangkat. Mesin pengangkat ini merupakan kelompok mesin yang bekerja secara periodik yang didesain sebagai alat angkat dan pemindah barang/muatan.[11]

Menurut dasar rancangannya, mesin pengangkat dapat digolongkan dalam tiga jenis yaitu:

- a. Mesin pengangkat (Hoisting Machine), adalah mesin yang bekerja untuk mengangkat dan memindahkan barang/muatan.
- b. Crane adalah kombinasi antara mesin pengangkat dan rangka crane itu sendiri yang bekerja secara bersamaan untuk mengangkat dan memindahkan barang/muatan.
- c. Elevator adalah mesin pengangkat yang bekerja secara periodik untuk mengangkat beban pada jalur padu tertentu.

2.4. Dasar -Dasar Pemilihan Pesawat Angkat

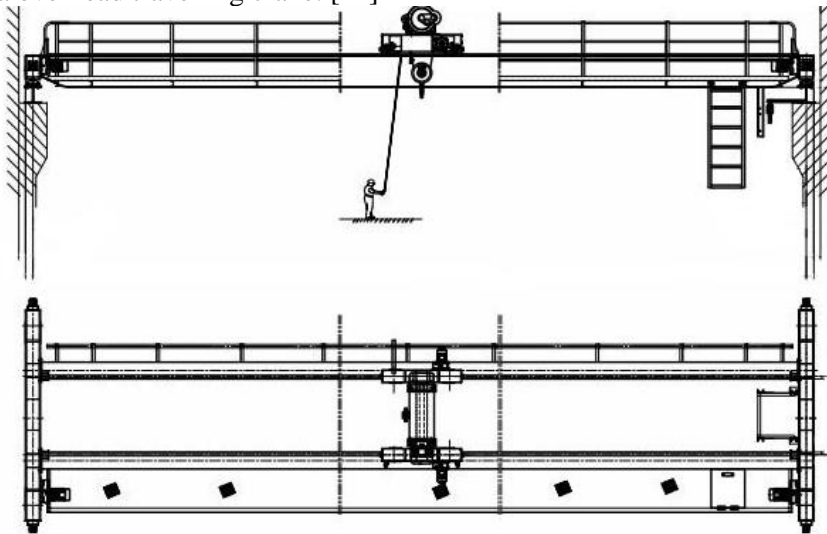
- a. Jenis dan sifat muatan yang diangkat seperti muatan satuan (package), maka perlu diperhatikan berat, sifat-sifat fisik beban, tempat penggantungan yang baik dan sebagainya.

- b. Kapasitas per jam, pada crane atau truk bila mempunyai kapasitas angkat dan kecepatan pindah yang cukup tinggi dalam kondisi kerja yang berat akan lebih efektif dalam beroperasi.
- c. Arah dan panjang lintasan, dalam pemilihan pesawat angkat sangat penting untuk mengetahui jarak lintasan atau lokasi pengambilan beban dan arah angkat beban vertikal atau horizontal.
- d. Metode penumpukan beban, beberapa jenis peralatan dapat memuat dan membongkar muatan secara mekanis sedangkan lainnya membutuhkan alat tambahan khusus atau bantuan operator.

2.5. Crane

Crane merupakan alat yang berfungsi untuk mengangkat atau memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lainnya yang diinginkan, khususnya barang yang memiliki beban yang besar untuk membantu dan mempermudah pekerjaan. Secara umum crane dilengkapi dengan *wire drum*, *wire rope* atau rantai yang dapat digunakan untuk menaikturunkan material/muatan.

Salah satu jenis crane yaitu overhead travelling crane yang dapat digunakan untuk mengangkat atau memindahkan barang atau muatan secara vertical atau horizontal dalam jarak tertentu. overhead travelling crane salah satu alat yang di konstruksi atau dibuat secara khusus untuk mengangkat dan menurunkan muatan yang ingin dipindahkan. Gambar 1.2 menunjukkan beberapa komponen penting yang ada pada overhead travelling crane. [12]



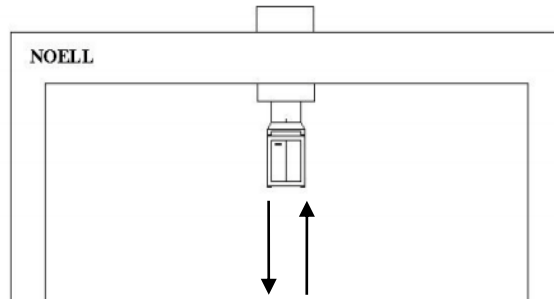
Gambar 2. 7 Overhead travelling crane

2.6. Cara Kerja Overhead Crane

Sistem cara kerja mesin pengangkat overhead crane terdiri dari tiga jenis gerakan yaitu:

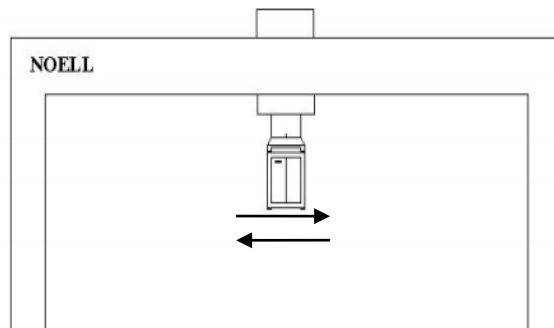
- a. Gerakan Hoist (turun naik) adalah gerakan untuk menaikkan dan menurunkan beban/muatan. Beban yang diangkat digantung pada kait yang diikat dengan

kabel baja yang digulung oleh drum. Drum akan diputar oleh motor listrik dengan menggunakan transmisi roda gigi. Jika jarak penurunan dan pengangkatan sesuai dengan yang dikehendaki maka arus listrik pada motor diputus. Begitu juga pada saat proses pengereman akan bekerja secara bersamaan maka beban tidak akan turun atau naik. Proses naik turun beban sesuai dengan putaran motor. Namun untuk mengubah putaran motor dengan cara mengubah fasa arus listrik pada motor.



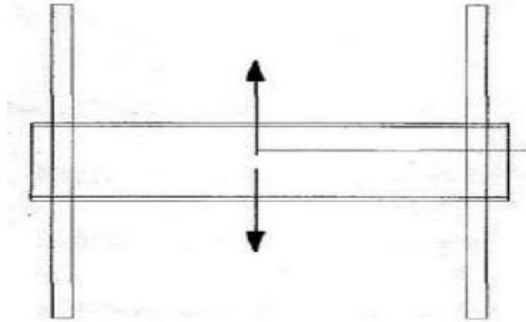
Gambar 2. 8 Gerakan *hoist*

- b. Gerak Transversal (melintang) adalah gerakan trolley untuk memindahkan beban yang akan diangkat secara melintang. Roda jalan trolley digerakkan oleh motor listrik melalui transmisi roda gigi. Roda bergerak atau jalan diatas rel dengan merubah putaran motor akan memperoleh gerakan secara melintang. Pada saat posisi beban yang diangkat telah sesuai dengan yang diinginkan atau sudah tercapai maka penggerak trolley dimatikan dan secara otomatis rem akan bekerja maka gerakan trolley akan berhenti.



Gambar 2. 9 Gerakan *transversal*

- c. Gerakan Longitudinal (memanjang) adalah gerakan girder memindahkan beban secara memanjang. Roda pada girder digerakkan oleh motor listrik melalui transmisi roda gigi. Roda jalan ini bergerak diatas rel yang terpasang diatas tiang topang. Untuk memperoleh gerakan memanjang yang berlawanan arah maka perlu mengubah putaran motor.



Gambar 2. 10 Gerak *Longitudinal*

Dalam pengujian crane dengan pemberian beban sangatlah penting karena dengan pengujian maka akan diketahui bagaimana unjuk kerja pengangkatan pada saat semua kondisi operasi dengan kapasitas beban yang mendekati, sama atau melebihi nilai maksimumnya. Pada overhead crane SWL 30 ton akan dilakukan pengujian beban tidak lebih dari kapasitas maksimumnya. Pengujian overload juga akan dilakukan dengan beban tidak lebih dari 25% + kapasitas maksimum. Menurut C.alkin (2005) perhitungan desain konvensional yang diusulkan dan standar DIN dilakukan untuk memverifikasi tingkat stress dan defleksi, sebagai hasil untuk desain overhead crane dapat diusulkan.

2.7. Mekanika Rekayasa

Mekanika rakayasa adalah salah satu ilmu yang mempelajari tentang gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi dimana prinsip dasarnya adalah keseimbangan gaya yang terjadi pada konstruksi. Dalam mekanika rekayasa ada dua metode penyelesaian yaitu metode statis tertentu dan metode statis tak tentu. Pada metode statis tertentu berlaku prinsip keseimbangan gaya-gaya dalam arah vertical dan horizontal dan keseimbangan momen pada tumpuan dan dapat dinyatakan sebagai berikut: [13]

$$\sum K_v = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$\sum K_h = 0 \dots\dots\dots(2)$$

$$\sum M = 0 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

K_v = Gaya-gaya vertical

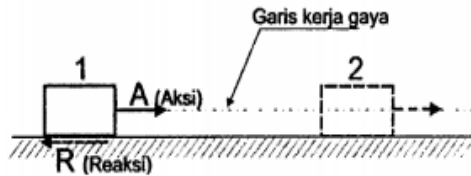
K_h = Gaya-gaya horizontal

M = Momen

Dari persamaan diatas dapat dinyatakan bahwa jumlah gaya-gaya yang terjadi pada arah vertical haruslah sama dengan nol (persamaan 2.7.1) jumlah gaya-gaya yang terjadi pada arah horizontal haruslah sama dengan nol (persamaan 2.7.2) dan jumlah momen pada titik tumpuan haruslah sama dengan nol. Maka ada 3 variabel yang diselesaikan menggunakan 3 buah persamaan. Secara matematis hal ini dapat diselesaikan dengan persamaan linear.

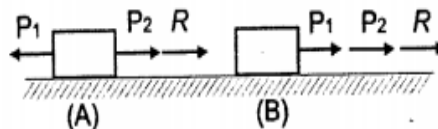
2.7.1. Gaya

Gaya merupakan kekuatan yang terjadi didalam suatu benda sehingga membuat benda tersebut bergerak dari keadaan diam. Gaya pada umumnya disimbolkan sebagai besaran yang mempunyai arah dan digambarkan seperti vector. Gaya akan terjadi atau bekerja sepanjang bidang yang dilalui yang disebut dengan garis kerja gaya. Apabila pada sebuah benda terjadi gaya baik itu ditarik, diangkat ataupun didorong maka akan terjadi gaya perlawanan yang disebut dengan reaksi. Besarnya gaya reaksi sama dengan besarnya gaya yang dikerjakan (aksi).



Gambar 2. 11 Gaya aksi dan gaya reaksi

Dari gambar diatas menunjukkan pada benda posisi 1 diberi gaya aksi yang akan mengakibatkan benda bergerak pindah ke posisi 2 ini bisa terjadi karena gaya aksi yang terjadi lebih besar dari gaya reaksi yang terjadi. Bila gaya aksi dan reaksi memiliki besar gaya yang sama maka benda akan dalam keadaan diam tanpa terjadi perpindahan. Gaya reaksi timbul akibat dari gesekan yang terjadi antara benda dan lantai atau alas dari tempat benda tersebut. Apabila gaya yang terjadi pada suatu benda lebih dari 2 buah maka dapat dilakukan penggabungan gaya-gaya yang disebut dengan resultan gaya (R). Jika gaya bekerja dengan arah yang sama maka resultannya adalah penjumlahan dari gaya-gaya tersebut dan jika arah gaya yang terjadi berlawanan maka resultannya adalah pengurangan dari gaya-gaya tersebut. Dapat dijelaskan seperti gambar berikut:



Gambar 2. 12 Resultan gaya

$$R = -P_1 + P_2 \dots\dots\dots(4)$$

$$R = P_1 + P_2 \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

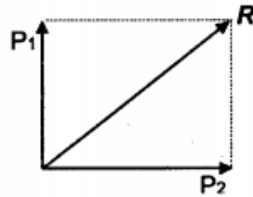
R = Resultan

P₁ = Gaya arah kekiri (-)

P₂ = Gaya arah kekanan (+)

Apabila P₁ lebih besar dari P₂ maka arah gaya yang terjadi kekiri maka dilambangkan negative (-) jika P₂ lebih besar maka arah gaya ke kanan maka bernilai positif (+).

Pada 2 buah gaya yang bekerja saling tegak lurus maka penggabungan gaya-gaya tersebut (Resultan Gaya R) dapat diselesaikan dengan membentuk empat persegi dari kedua gaya dan besarnya resultan sebesar diagonal dari empat persegi tersebut atau jumlah kuadrat dari akar gaya-gaya tersebut.



Gambar 2. 13 Arah Gaya

Dari keterangan gambar diatas menunjukkan gaya P₁ tegak lurus dengan gaya P₂ maka diperoleh resultan dari penggabungan kedua gaya sebesar :

$$R = \sqrt{P_1^2 + P_2^2} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

R = Resultant Gaya

P₁ = Gaya vertical

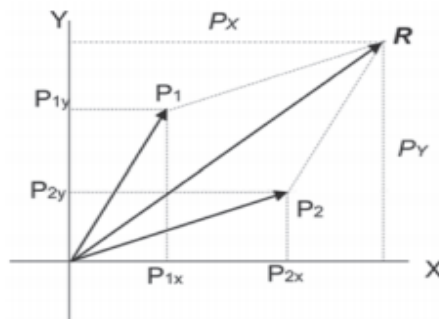
P₂ = Gaya horizontal

Untuk 2 buah gaya yang bekerja dan membentuk sudut tertentu terhadap bidang datar akan dilakukan penggabungan dari kedua gaya dengan menggambar jajaran genjang dan resultan gaya tersebut adalah garis diagonal dari jajaran genjang seperti gambar 2.13.

Gaya P₁ diproyeksikan ke sumbu x dan sumbu y menjadi P_{1x} dan P_{1y} dan gaya P₂ diproyeksikan ke sumbu x dan sumbu y menjadi P_{2x} dan P_{2y} sehingga :

$$P_{1x} = P_1 \cos \bar{\alpha} \text{ dan } P_{1y} = P_1 \sin \bar{\alpha}$$

$$P_{2x} = P_2 \cos \bar{\alpha} \text{ dan } P_{2y} = P_2 \sin \bar{\alpha}$$



Gambar 2. 14 Resultan gaya membentuk sudut

Maka :

$$P_x = P_{1x} + P_{2x} \text{ dan } P_y = P_{1y} + P_{2y}$$

Resultan gaya tersebut menjadi :

$$R = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

R = Resultant Gaya

P_x = Jumlah gaya arah sumbu x

P_y = Jumlah gaya arah sumbu y

Besar sudut resultan gaya terhadap bidang datar x menjadi :

$$\text{tg}\bar{\alpha} = \frac{P_y}{P_x} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

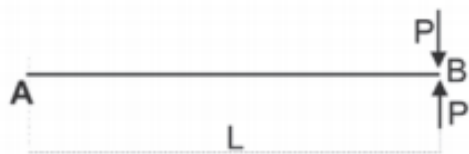
$\text{tg}\bar{\alpha}$ = Tangen sudut $\bar{\alpha}$

P_x = Jumlah gaya arah sumbu x

P_y = Jumlah gaya arah sumbu y

2.7.2. Momen

Momen akan terjadi apabila gaya yang bekerja pada suatu benda memiliki jarak tertentu dari titik yang akan menahan momen dan besarnya momen yaitu besarnya gaya yang terjadi dikalikan dengan jarak yang telah ditentukan. Satuan untuk momen adalah satuan berat jarak (ton.m, kg.m, N.m, dan sebagainya).



Gambar 2. 15 Gaya dan momen

Dari gambar dapat dijelaskan bahwa apabila gaya sebesar P bekerja dititik B maka akan timbul momen ti titik A sebesar :

$$M_A = P.L (+) \dots\dots\dots(9)$$

$$M_B = 0 \dots\dots\dots(10)$$

Momen yang terjadi pada titik A bertanda positif dikarenakan arah putaran gaya sebesar P terhadap titik A searah dengan arah jarum jam. Sedangkan momen di titik B nol karena tidak ada jarak antara gaya P dengan titik B.

Sebaliknya apabila gaya P' bekerja pada titik B maka momen yang akan terjadi di titik A sebesar :

$$M_A = P.L (-) \dots\dots\dots(11)$$

$$M_B = 0 \dots\dots\dots(12)$$

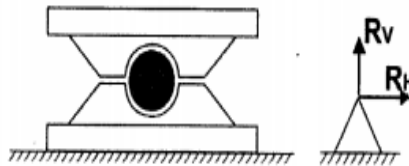
Momen yang terjadi pada titik A bertanda negatif dikarenakan arah putaran gaya sebesar P' terhadap titik A berlawanan dengan arah jarum jam. Jarak gaya terhadap titik momen yang ditinjau sangat besar pengaruhnya terhadap besarnya momen yang timbul.

2.7.3. Tumpuan

Tumpuan adalah tempatnya sebuah konstruksi diletakkan atau dukungan di dalam konstruksi untuk meneruskan gaya-gaya yang bekerja ke pondasi. Didalam ilmu mekanika rekayasa terdapat tiga jenis tumpuan yaitu tumpuan sendi, tumpuan rol dan tumpuan jepit.

a. Tumpuan Sendi

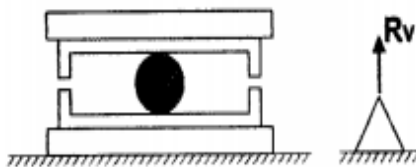
Pada umumnya tumpuan sendi sering juga disebut engsel karena cara kerja tumpuan sendi mirip dengan cara kerja engsel. Pada tumpuan sendi terdapat 2 variabel yang akan diselesaikan (R_v dan R_h) karena tumpuan sendi ini memiliki kemampuan untuk memberikan reaksi arah vertical dan reaksi arah horizontal artinya tumpuan sendi mampu menahan gaya dari arah vertical dan horizontal. Tumpuan sendi ini tidak dapat menahan momen.



Gambar 2. 16 Tumpuan sendi

b. Tumpuan Rol

Tumpuan rol merupakan tumpuan yang bisa bergerak ke arah horizontal sehingga tumpuan ini tidak bisa menahan gaya horizontal. Karena pada tumpuan rol terdapat roda yang dapat bergerak secara horizontal untuk mengakomodir pemuaian pada konstruksi sehingga konstruksi tidak rusak. Tumpuan rol ini hanya memiliki kemampuan untuk memberikan reaksi arah vertical artinya tumpuan rol ini hanya mampu menahan gaya vertical sehingga hanya terdapat satu variabel yang akan diselesaikan (R_v).

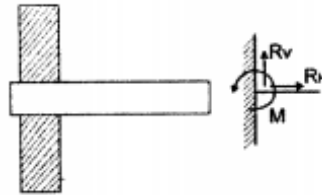


Gambar 2. 17 Tumpuan Rol

c. Tumpuan Jepit

Tumpuan jepit seperti balok yang terjepit pada tiang. Pada jenis tumpuan ini memiliki kemampuan untuk memberikan reaksi terhadap gaya vertical, gaya horizontal bahkan mampu memberikan reaksi untuk putaran momen. Maka

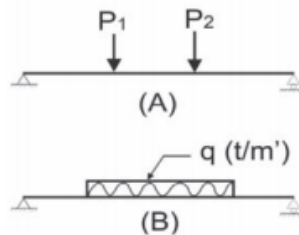
terdapat 3 variabel pada tumpuan jepit yang akan diselesaikan (R_v , R_h dan momen).



Gambar 2. 18 Tumpuan jepit

2.7.4. Muatan

Muatan merupakan beban luar yang terjadi atau bekerja pada konstruksi. Secara umum beban yang terjadi pada konstruksi terdiri dari 2 jenis beban yaitu beban terpusat dan beban terbagi rata. Muatan terpusat merupakan beban yang bekerja secara terpusat pada satu titik saja sedangkan beban merata merupakan beban yang bekerja secara merata disepanjang balok tergantung dari Panjang muatan terbagi rata tersebut. Seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 2. 19 Muatan terpusat dan Muatan Terbagi rata

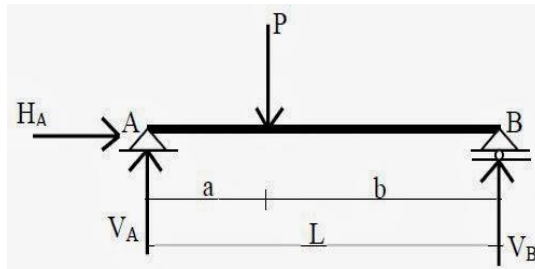
Pada gambar A menunjukkan muatan (P_1 dan P_2) bekerja secara terpusat sedangkan pada gambar B menunjukkan muatan yang bekerja terbagi rata tergantung dari Panjang muatan tersebut yang besarnya q (t/m').

Muatan juga bisa dibedakan sebagai muatan tetap dan muatan bergerak (muatan sementara). Muatan tetap merupakan muatan yang tetap pada posisi awalnya atau kedudukan awalnya tidak mengalami perubahan atau perpindahan tempat atau pun besar muatan itu sendiri, contohnya seperti muatan/berat sendiri. Muatan yang bergerak atau muatan sementara merupakan muatan yang akan selalu mengalami perubahan baik itu letak dari muatan atau besar dari muatan, contohnya adalah muatan pada sebuah kendaraan yang akan melewati sebuah jembatan atau muatan peralatan rumah tangga atau peralatan pada gedung. Untuk muatan sementara pada gedung dapat dilihat pada Peraturan Muatan Indonesia (PMI) 1970, NI-18.

2.8. Balok Di Atas Dua Tumpuan

Prinsip balok diatas dua tumpuan artinya pada sebuah balok yang mana mungkin memiliki beban terpusat atau beban terbagi rata yang akan diletakkan pada

dua tumpuan, seperti materi sebelumnya telah diketahui jenis jenis tumpuan yang ada yaitu tumpuan sendi, rol, dan jepit dari sini kita dapat menyelesaikan atau mencari momen yang bekerja akibat gaya luar dan besarnya gaya lintang serta gaya normal pada konstruksi balok diatas 2 buah tumpuan. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada gambar berikut:



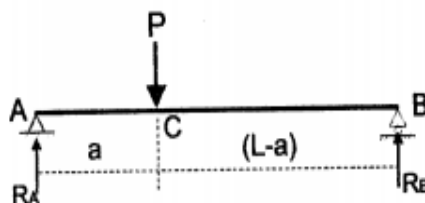
Gambar 2. 20 Balok diatas dua tumpuan

2.8.1. Reaksi Tumpuan

Akibat adanya aksi yang terjadi akan menimbulkan reaksi pada tumpuan. Pada balok yang sederhana reaksi tumpuan dapat dihitung dengan prinsip keseimbangan gaya adalah jumlah gaya-gaya yang memiliki arah vertical sama dengan nol (persamaan 1) dan jumlah gaya-gaya yang arahnya secara horizontal sama dengan nol (persamaan 2) dan jumlah momen pada titik tumpuan sama dengan nol (persamaan 3).

a. Reaksi Tumpuan Beban Terpusat

Pada sebuah balok sederhana yang memiliki Panjang sepanjang L seperti pada gambar yang diberi beban secara terpusat sebesar P dengan jarak a dari titik A. Maka reaksi tumpuan dapat dihitung dengan cara :



Gambar 2. 21 Reaksi tumpuan pada balok sederhana dengan beban terpusat

$\sum M_B = 0$ maka semua gaya dimomenkan ke titik B

$$R_A \cdot L - P \cdot (L-a) = 0$$

$$R_A = \frac{P \cdot (L-a)}{L}$$

$$R_A = \frac{P \cdot L}{L} - \frac{P \cdot a}{L} \dots \dots \dots (13)$$

$$R_A = P - \frac{(P \cdot a)}{L}$$

Dimana :

R_A = Reaksi tumpuan pada titik A

P = Beban terpusat yang bekerja pada balok AB

a = Jarak beban P dari sisi kiri balok AB

L = Panjang bentang balok AB

$\sum M_A = 0$ maka semua gaya dimomenkan ke titik A

$$-R_B \cdot L + P \cdot a = 0$$

$$R_B = \frac{P \cdot a}{L} \dots \dots \dots (14)$$

Dimana :

R_B = Reaksi tumpuan pada titik B

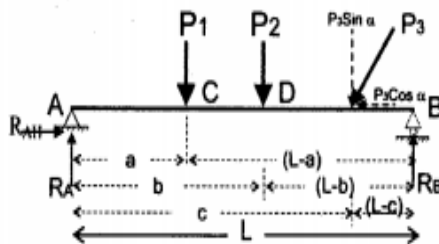
P = Beban terpusat yang bekerja pada balok AB

a = Jarak beban P dari sisi kiri balok AB

L = Panjang bentang balok AB

b. Reaksi Tumpuan lebih dari satu beban terpusat

Untuk balok yang dibebani lebih dari 1 muatan terpusat dan terdapat beban miring dengan sudut tertentu maka reaksi tumpuan dapat diselesaikan dengan cara sebagai berikut :



Gambar 2. 22 Reaksi tumpuan beban terpusat dan salah satu miring

Dari gambar diatas langkah dalam penyelesaiannya adalah dengan menuraikan terlebih dahulu beban P_3 ke arah vertical dan horizontal masing-masing menjadi $P_3 \sin \alpha$ untuk arah vertical dan $P_3 \cos \alpha$ untuk arah horizontal. Sehingga penyelesaian dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

$\sum M_B = 0$ maka semua gaya dimomenkan ke titik B

$$R_{AV} \cdot L - P_1 \cdot (L-a) - P_2 \cdot (L-b) - P_3 \cdot \sin \alpha \cdot (L-c) = 0$$

$$R_{AV} = \frac{P_1 \cdot (L-a) + P_2 \cdot (L-b) + P_3 \cdot \sin \alpha \cdot (L-c)}{L} \dots \dots \dots (15)$$

Dimana :

R_{AV} = Reaksi tumpuan arah vertical pada titik A

$P_1 P_2$ = Beban terpusat vertical pada balok AB

- P_3 = Beban terpusat miring pada balok AB
- A, b, c = Jarak beban P dari sisi kiri balok AB
- L = Panjang bentang balok AB

$$\sum K_H = 0 \text{ maka } R_{AH} - P_3 \sin \bar{\alpha} = 0$$

$$R_{AH} = P_3 \sin \bar{\alpha} \dots\dots\dots(16)$$

Dimana :

- R_{AH} = Reaksi tumpuan arah horizontal pada titik A
- $P_3 \sin \bar{\alpha}$ = Beban terpusat yang diuraikan ke arah vertical yang bekerja pada balok AB

$$\sum M_A = 0 \text{ maka semua gaya dimomenkan ke titik A}$$

$$-R_B \cdot L + P_3 \cdot \sin \bar{\alpha} \cdot (c) + P_2 \cdot b + P_1 \cdot a = 0$$

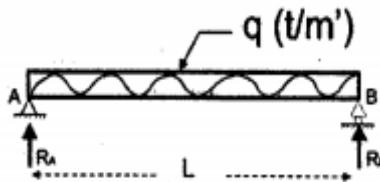
$$R_B = \frac{P_3 \cdot \sin \bar{\alpha} \cdot (c) + P_2 \cdot b + P_1 \cdot a}{L} \dots\dots\dots(17)$$

Dimana :

- R_B = Reaksi tumpuan pada titik B
- $P_1 P_2$ = Beban terpusat vertical pada balok AB
- P_3 = Beban terpusat miring pada balok AB
- A, b, c = Jarak beban P dari sisi kiri balok AB
- L = Panjang bentang balok AB

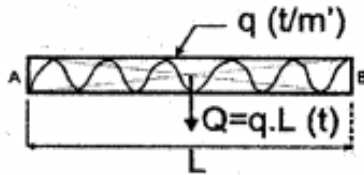
c. Reaksi Tumpuan Beban Terbagi Rata

Reaksi tumpuan beban terbagi rata adalah beban yang bekerja secara merata disepanjang balok tergantung dari Panjang muatan terbagi rata tersebut. Seperti ilustrasi pada gambar dibawah sebuah balok sederhana dengan panjang sepanjang L yang mana dibebani dengan beban terbagi rata sebesar q (t/m') disepanjang balok.



Gambar 2. 23 Reaksi tumpuan beban terbagi rata penuh

Reaksi tumpuan akan dapat ditentukan nilainya dengan cara menentukan berat beban terbagi rata seluruhnya dan pusat beratnya sebagai berikut.



Gambar 2. 24 Pusat berat beban terbagi rata

Berdasarkan diagonalnya maka beban terbagi rata bekerja ditengah-tengah bentang L. Sehingga pusat beban terbagi rata dapat ditentukan besarnya dengan persamaan berikut:

$$Q = q \cdot L \dots\dots\dots(18)$$

Dimana :

Q = Berat beban terbagi rata pada pusat beratnya

q = Beban terbagi rata persatuan Panjang

L = Panjang beban terbagi rata

$\sum M_B = 0$ maka semua gaya dimomenkan ketitik B

$$R_A \cdot L - Q \cdot \frac{1}{2} L = 0$$

$$R_A = \frac{\frac{1}{2} \cdot Q \cdot L}{L}$$

$$R_A = \frac{1}{2} \cdot Q \dots\dots\dots(19)$$

Dimana :

R_A = Reaksi tumpuan pada titik A

Q = Berat beban terbagi rata pada pusat beratnya

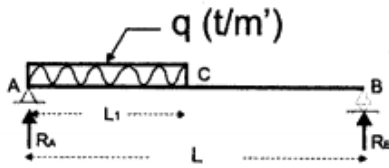
$$R_B \cdot L + Q \cdot \frac{1}{2} L = 0$$

$$R_B = \frac{\frac{1}{2} \cdot Q \cdot L}{L}$$

$$R_B = \frac{1}{2} \cdot Q \dots\dots\dots(20)$$

d. Reaksi Tumpuan Beban Terbagi Rata Pada Sebagian Panjang Balok

Pada sebuah balok sederhana yang memiliki panjang sepanjang L dan dibebani oleh beban terbagi rata sebesar q (t/m') disebagian Panjang balok. Seperti yang terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2. 25 Reaksi pada tumpuan beban terbagi rata sebagian

Reaksi tumpuan dapat ditentukan dengan cara menentukan berat beban terbagi rata seluruhnya dan pusat beratnya sebagai berikut:

$$Q = q \cdot L_1 \dots\dots\dots(21)$$

Dimana :

Q = berat beban terbagi rata pada pusat beratnya

q = beban terbagi rata per satuan Panjang

L₁ = Panjang beban terbagi rata

$\sum M_B = 0$ maka semua gaya dimomenkan ketitik B

$$R_A \cdot L - Q \cdot (L - \frac{1}{2} L_1) = 0$$

$$R_A = \frac{Q \cdot (L - \frac{1}{2} L_1)}{L}$$

$$R_A = \frac{Q \cdot L - Q \cdot \frac{1}{2} L_1}{L}$$

$$R_A = Q - Q \frac{L_1}{2L}$$

$$R_A = Q - (1 - \frac{L_1}{2L}) \dots\dots\dots(22)$$

Dimana :

R_A = reaksi tumpuan pada titik A

Q = berat beban terbagi rata pada pusat beratnya

L₁ = Panjang beban terbagi rata

L = Panjang bentang balok AB

$\sum M_A = 0$ maka semua gaya dimomenkan ketitik A

$$-R_B \cdot L + Q \cdot \frac{1}{2} L_1 = 0$$

$$R_B = \frac{\frac{1}{2} \cdot Q \cdot L_1}{L}$$

$$R_B = Q \cdot \frac{L_1}{2L} \dots\dots\dots(23)$$

Dimana :

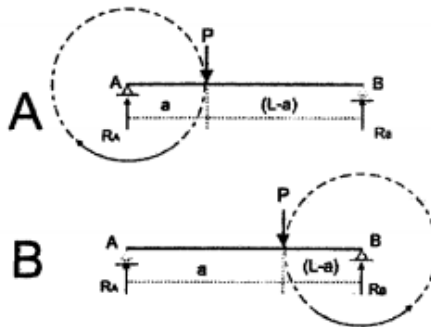
R_B = reaksi tumpuan pada titik B

Q = berat beban terbagi rata pada pusat beratnya

L_1 = Panjang beban terbagi rata
 L = Panjang bentang balok AB

2.9. Bidang Momen

Bidang momen merupakan besarnya momen yang bekerja pada segmen balok atau titik yang ditinjau dan selanjutnya hasil yang didapat nantinya akan digambarkan dalam bentuk gambar bidang momen sehingga mudah untuk dibaca dan dipahami. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa momen bisa terjadi pada suatu benda apabila gaya yang bekerja memiliki jarak tertentu dari titik yang akan menahan momen tersebut dan besarnya momen tersebut merupakan besarnya gaya dikalikan dengan jaraknya. Dimana momen memiliki satuan berat jarak (ton.m, kg.cm dan sebagainya). Pada penggambaran bidang momen ada 2 jenis nilai momen yaitu momen yang bernilai positif yang bekerja pada serat bawah balok dan momen bernilai negative yang bekerja pada serat atas balok.



Gambar 2. 26 Penentuan Momen Positif dan Momen Negatif

Dari gambar diatas menunjukkan pada kondisi A momen akibat beban P terhadap titik A adalah searah jarum jam sehingga momen yang timbul adalah momen positif sedangkan pada kondisi B momen yang terjadi akibat beban P berlawanan arah jarum jam maka momen yang timbul adalah momen negative.

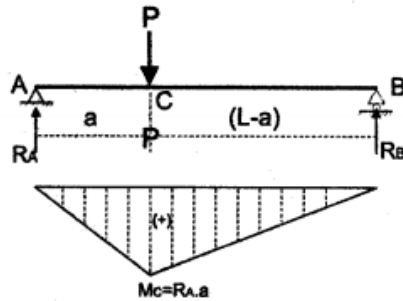
a. Bidang Momen Beban Terpusat

Untuk penyelesaian selanjutnya dari reaksi tumpuan maka dapat dilanjutkan pada penyelesaian bidang momen. Pada sebuah balok sederhana dengan Panjang sepanjang L dan dibebani dengan beban terpusat sebesar P dengan jarak a dari titik A, maka momen yang bekerja dapat dicari dengan cara :

Momen pada ujung batang sama dengan Nol
 $M_A = M_B = 0$ (24)

Momen pada titik C diselesaikan dengan persamaan
 $M_C = R_A \cdot a = 0$ (25)

Dari hasil perhitungan momen yang akan diperoleh digambarkan dalam bentuk gambar bidang momen seperti gambar berikut:



Gambar 2. 27 Bidang momen dengan 1 beban terpusat

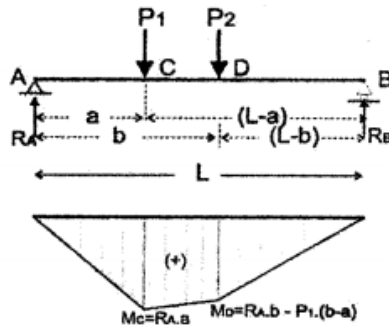
Untuk balok yang dibebani dengan lebih dari 1 beban terpusat maka untuk perhitungan momenya dapat diselesaikan dengan cara sebagai berikut:

Momen pada titik C diselesaikan dengan persamaan

$$M_C = R_A \cdot a$$

$$M_D = R_A \cdot b - P_1 \cdot (b - a) \dots\dots\dots(26)$$

Dari hasil perhitungan yang akan diperoleh akan digambarkan dalam bentuk gambar bidang momen seperti gambar berikut:



Gambar 2. 28 beban momen dengan jumlah beban terpusat lebih dari satu buah.

2.10. Bidang Gaya Lintang

Gaya lintang merupakan gaya-gaya yang terjadi tegak lurus terhadap balok. Untuk beban yang terpusat maka bidang gaya lintang digambarkan pada muatan terpusat yang ditinjau pada titik-titik yang mempunyai gaya vertical terhadap balok. Untuk beban yang terbagi rata maka beban merata sesuai dengan Panjang bentang gaya yang dimaksud sehingga dalam penggambaran gaya lintang digambarkan sepanjang beban terbagi rata tersebut.

a. Bidang Gaya Lintang Beban Terpusat

Pada materi sebelumnya telah diketahui cara untuk mencari reaksi tumpuan dan bidang momen maka penyelesaian bidang gaya lintang dapat diteruskan. Pada balok sederhana sepanjang L dan dibebani beban terpusat sebesar P dengan jarak a dari titik A, maka penyelesaian bidang gaya lintang diselesaikan dengan cara:

Pada titik A gaya yang tegak lurus pada balok adalah gaya reaksi R_A arah ke atas maka gaya lintang pada titik A

$$D_A = R_A \dots\dots\dots(27)$$

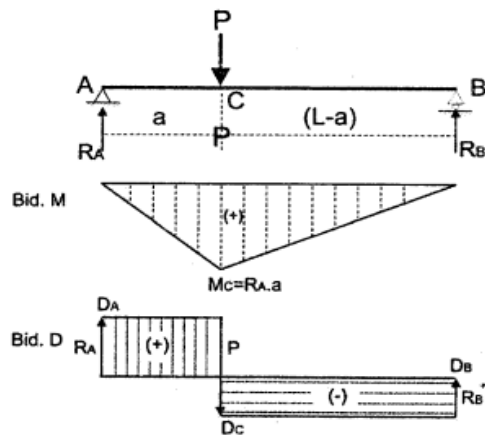
Titik selanjutnya yang dipengaruhi oleh gaya tegak lurus balok adalah titik C dengan gaya sebesar P dengan arah kerja gaya kebawah maka gaya lintang pada titik C sebesar:

$$D_C = R_A - P \dots\dots\dots(28)$$

Titik selanjutnya yang dipengaruhi oleh gaya tegak lurus adalah titik B dengan gaya sebesar R_B dengan arah kerja keatas maka gaya lintang di titik B sebesar:

$$D_B = D_C + P = (R_A - P) + P = 0 \dots\dots\dots(29)$$

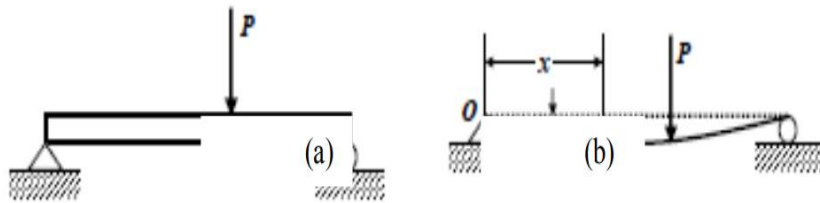
Pengertian 0 (nol) pada D_B menunjukkan bahwa penggambaran bidang gaya lintang menutup di titik B



Gambar 2. 29 Bidang gaya lintang dengan 1 beban terpusat

2.11. Defleksi

Merupakan perubahan bentuk yang terjadi pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertikal yang diberikan pada balok. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok. Berikut adalah gambar yang menunjukkan sebelum terjadinya deformasi dan terjadinya deformasi akibat beban yang diasumsikan.



Gambar 2. 30 (a).Sebelum deformasi (b).Terjadi deformasi

Pada kasus girder overhead crane sebagai contoh yang ditumpu kedua ujungnya (posisi horizontal), jika diberikan beban pada girder maka girder tersebut akan mengalami defleksi. Besar defleksi yang terjadi dapat ditentukan dengan menggunakan metode yang ada. Teorema Castigliano dapat digunakan untuk mencari defleksi:

$$\Delta_1 = dW/dP$$

Metode ini sering disebut sebagai metode penurunan parsial (Partial Derivative). Usaha-usaha luar W yang bekerja pada balok adalah sama dengan usaha dalam yang tersimpan dalam balok $1/2 \sum Sdl$ atau :

$$\text{Persamaan defleksi: } \Delta_1 = \int M \frac{dM}{EI} x dx \dots\dots\dots(30)$$

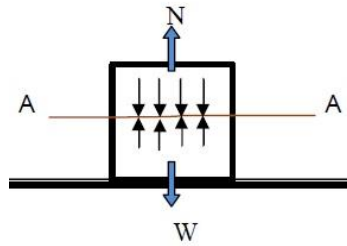
Dimana :

- M adalah Momen (Nm)
- E adalah Modulus Elastis (N/mm²)
- I adalah momen Inersia (mm⁴)

2.12. Tegangan

Hukum newton pertama tentang aksi dan reaksi, apabila sebuah balok berada diatas lantai, maka balok tersebut akan memberikan aksi pada lantai, sebaliknya juga seperti itu lantai akan memberikan reaksi yang sama, sehingga benda akan dalam keadaan seimbang. Gaya aksi sepusat (F) dan gaya reaksi (F'') dari bawah akan bekerja pada setiap penampang balok tersebut. Jika kita mengambil penampang A-A dari balok, gaya sepusat (F) yang arahnya kebawah penampang bekerja gaya reaksi (F'') yang arahnya keatas.Pada bidang penampang tersebut, molekul-molekul diatas dan dibawah bidang penampang A-A saling tekan menekan, maka setiap satuan luas penampang menerima beban sebesar :

$$W = F/A \dots\dots\dots(31)$$



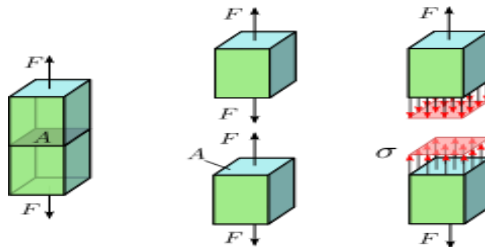
Gambar 2. 31 Tegangan yang timbul pada penampang A-A

2.12.1. Macam-macam Tegangan

a. Tegangan Normal

Tegangan normal terjadi akibat adanya reaksi yang diberikan pada benda. dan dilambangkan dengan σ (sigma). Apabila gaya eksternal bekerja pada blok sejajar dengan sumbu utama dan penampang blok adalah konstan, tegangan internal yang dihasilkan dan sejajar dengan sumbu disebut gaya aksial.

$$\sigma = F/A \dots\dots\dots(32)$$



Gambar 2. 32 lustrasi tegangan normal akibat gaya aksial

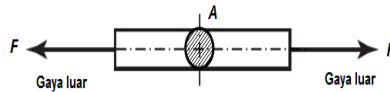
Sumber : [https://en.wikipedia.org/wiki/Stress_\(mechanics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Stress_(mechanics))

Dimana ; σ = Tegangan (N/m²)
 F = Gaya (Newton)
 A = Luas permukaan (m²)

b. Tegangan Tarik

Apabila sepasang gaya tarik aksial menarik suatu balok maka akibat dari tarikan ini balok akan cenderung mengalami renggang dan bertambah panjang. Maka gaya tarik aksial tersebut menghasilkan tegangan tarik pada balok di suatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal terhadap sumbunya.

$$\sigma_t = F/A \dots\dots\dots(33)$$

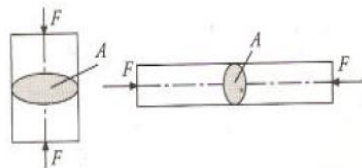


Gambar 2. 33 Tegangan tarik

c. Tegangan Tekan

Tekanan tekan hanya akan terjadi apabila di suatu balok diberi dua arah gaya yang berlawanan dalam satu garis gaya. Tegangan tekan dapat dirumuskan sebagai berikut:

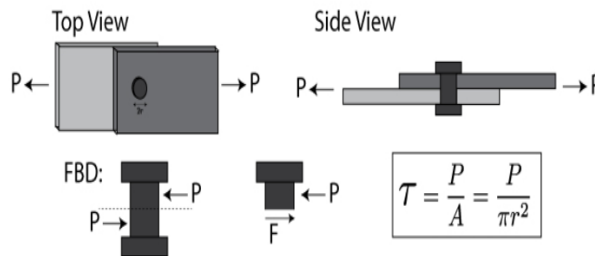
$$\sigma = F_o/A = F/A \dots\dots\dots(34)$$



Gambar 2. 34 Tegangan Tekan

d. Tegangan Geser

Tegangan geser adalah intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dengan dua gaya berlawanan arah, dilambangkan dengan τ (Tau). terjadi ketika sebuah benda bekerja, tegak lurus terhadap sumbu blok, gaya tidak berada dalam satu garis tetapi tidak ada momen pada area bagiannya.



Gambar 2. 35 Tegangan geser

Sumber : <http://www.bu.edu/moss/mechanics-of-materials-stress/>

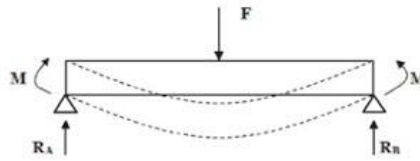
$$\tau = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(35)$$

Dimana ; τ = Tegangan (N/m²)
 F = Gaya (Newton)
 A = Luas permukaan (m²)

e. Tegangan lengkung

Tegangan lengkung sering terjadi pada poros-poros mesin dan poros roda yang dalam keadaan ditumpu. Jadi merupakan tegangan tangensial.

$$F=R_A + R_B \text{ dan } \tau_b = M_b / W_b \dots\dots\dots(36)$$



Gambar 2. 36 Tegangan lengkung

Dimana:

M_b = Momen Lengkung

W_b = Momen tahanan lengkung

f. Tegangan Batas, Tegangan Ijin, Safety Factor

Tegangan batas (Ultimate stress) adalah tegangan satuan terbesar suatu bahan yang dapat ditahan tanpa menimbulkan kerusakan. Tegangan ijin (Allowable stress) adalah tegangan yang tidak boleh di lampau di bagian manapun dalam struktur.

$$\text{Tegangan ijin } ijin \sigma = \text{tegangan leleh } \sigma_y / \text{faktor keamanan } (n)$$

Faktor keamanan (Factor of safety) adalah perbandingan dari kekuatan sebenarnya terhadap kekuatan yang dibutuhkan.

$$\text{Safety Factor } (n) = \text{Maximum stress} / \text{Working or Design Stress}$$

Berdasarkan rules BKI vol.2 tegangan *bending stress* dan *shear stress* yang diijinkan dengan persamaan berikut:

$$k = \frac{235}{Reh} \dots\dots\dots(37)$$

Bending Stress

$$\sigma = \frac{120}{k} \text{ [N/mm}^2 \text{] } \dots\dots\dots(38)$$

Shear Stress

$$\tau = \frac{80}{k} \text{ [N/mm}^2 \text{] } \dots\dots\dots(39)$$

Dimana:

σ = Tegangan *Bending Stress*

τ = Tegangan Geser

k = Faktor bahan

Reh = Nilai leleh minimal dari bahan (*yield strength*) [N/mm²]

2.13. Sifat-sifat Material

Setiap jenis material memiliki sifat-sifat yang berbeda baik dari sifat mekanik fisik dan teknologi. Material yang kaku tentunya memiliki fleksibilitas meskipun material tersebut terbuat dari baja. [7]

a. Kekuatan (strength)

Ketangguhan adalah kemampuan atau kapasitas bahan untuk menyerap energy sampai patah atau penahanan suatu material terhadap pecah menjadi dua. Pada grafik menunjukkan batas kekuatan suatu material sebelum mengalami kepatahan.



Gambar 2. 37 Grafik tensil strenght

b. Pemanjangan (elongation)

Pemanjangan sampai kegagalan (*failure*) adalah suatu ukuran keliatan suatu material, dengan kata lain adalah jumlah regangan yang dapat dialami oleh bahan sebelum terjadi kegagalan dalam pengujian tarik.

c. Kepadatan (density)

Kepadatan (*Density*) adalah suatu ukuran berapa berat suatu benda untuk ukuran yang ditentukan, yaitu massa material setiap satuan volume.

d. Kelentingan (resilience)

Kelentingan adalah kemampuan material menyerap energi saat material mengalami deformasi elastic.

e. Keliatan (ductility)

Keliatan adalah ukuran derajat deformasi plastis yang telah dialami saat patah. Material yang mengalami deformasi plastis yang tinggi disebut material yang liat (*ductile*).

2.14. Konsep Pembebanan

Dalam melakukan analisis desain struktur, perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur tersebut.

1. Beban Mati (*Dead Load*)

Semua beban yang berasal dari semua komponen kering serta peralatan, perlengkapan dan permesinan yang tidak berubah dari mode operasi pada suatu struktur termasuk berat struktur itu sendiri.

2. Beban Hidup (*live Load*)

Beban yang terjadi pada struktur ketika struktur tersebut berfungsi dan tidak berubah dari mode operasi satu ke mode operasi yang lain. Contoh beban yang termasuk ke dalam beban hidup ini adalah beban yang diakibatkan oleh pengoperasian mesin atau peralatan lainya pada suatu struktur yang berhubungan dengan operasi struktur tersebut.

3. Beban Akibat Kecelakaan (*Accidental Load*)

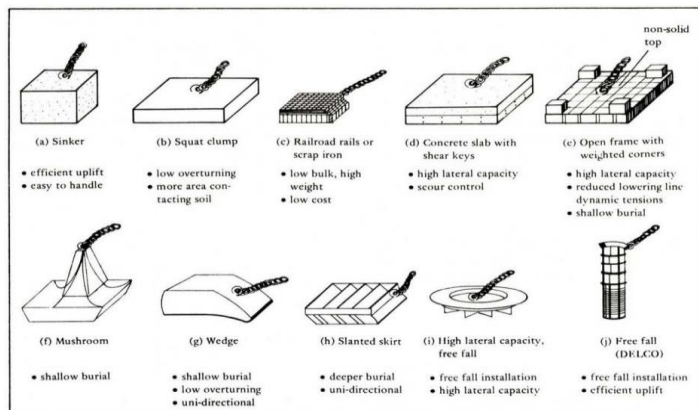
Beban yang tidak dapat diduga sebelumnya yang terjadi pada struktur, seperti tabrakan pada struktur, kebakaran.

4. Beban Lingkungan (*Environmental Load*)

Beban yang terjadi akibat pengaruh oleh lingkungan dimana suatu struktur tersebut dioperasikan. Seperti beban angin, arus dan gelombang.

2.15. Jangkar

Pada Umumnya, jangkar bobot mati dibangun sesuai kebutuhan masing-masing, sesuai dengan kriteria desain yang ditetapkan, dan biasanya tidak dipasarkan secara komersial. Gambar 2.37 menunjukkan berbagai jenis jangkar bobot mati, dari yang paling sederhana sampai yang lebih kompleks. Jenis yang lebih sederhana biasanya digunakan untuk persyaratan tingkat rendah, di mana ukuran dan beratnya dapat ditangani dengan mudah oleh peralatan pemasangan yang tersedia dan biaya pemasangannya. Fabrikasi tidak berlebihan Di sisi lain, di mana muatannya tinggi dan biayanya cukup besar atau aset instalasi terbatas, jenis yang lebih kompleks menawarkan peningkatan efisiensi (rasio kapasitas memegang terhadap ukuran dan berat yang lebih tinggi), yang dapat membantu mengendalikan biaya fabrikasi dan pemasangan.



Gambar 2. 38 Tipe jangkar bobot mati
 Sumber : Advanced Anchoring and Mooring Study,2009

2.16. Beton

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai salah satu bahan bangunan. Pada umumnya beton terdiri dari kurang lebih 15% semen, 8% air, 3% udara, selebihnya pasir dan kerikil.[12] Beton polos didapat dengan mencampurkan semen, agregat (*aggaregate*) halus, agregat kasar, air dan kadang-kadang campuran lain[2]. Kekuatan beton tergantung dari banyak factor : proporsi dari campuran dan kondisi temperatur dan kelembaban dari tempat di mana campuran diletakkan dan mengeras.

Dalam jenis satuan pengukuran mutu beton ada beberapa seperti K, FC, dan lain-lain, tetapi di Indonesia yang sering di gunakan pada umumnya adalah K dan FC. Mutu beton K adalah kuat tekan karakteristik beton kg/cm^2 dengan benda uji kubus sisi 15 cm. Mutu beton fc adalah kuat tekan beton dalam Mpa yang disyaratkan dengan benda uji silinder 15 cm dengan tinggi 30 cm. **Contoh** : K – 300, memiliki pengertian adalah kekuatan tekan beton setiap cm persegi memiliki kekuatan menahan beban sebesar 300 kg/cm^2 dengan benda uji kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm. Sedangkan satuan $F_c = 40 \text{ MPa}$ memiliki pengertian kekuatan tekan beton sama dengan 40 Mpa, dengan benda uji silinder diameter 15 cm tinggi 30 cm.

2.17. Solidworks

Soliwork adalah sebuah program computer Aided Design (CAD) 3D yang menggunakan system operasi windows. Solidworks merupakan program penting yang mulai banyak digunakan pada industri. Selain digunakan untuk menggambar komponen 3D, Solidwork juga bisa digunakan untuk mendapatkan gambar 2D dari komponen tersebut dan bisa dikonversi ke format *.dwg yang dapat dijalankan pada program AutoCAD.

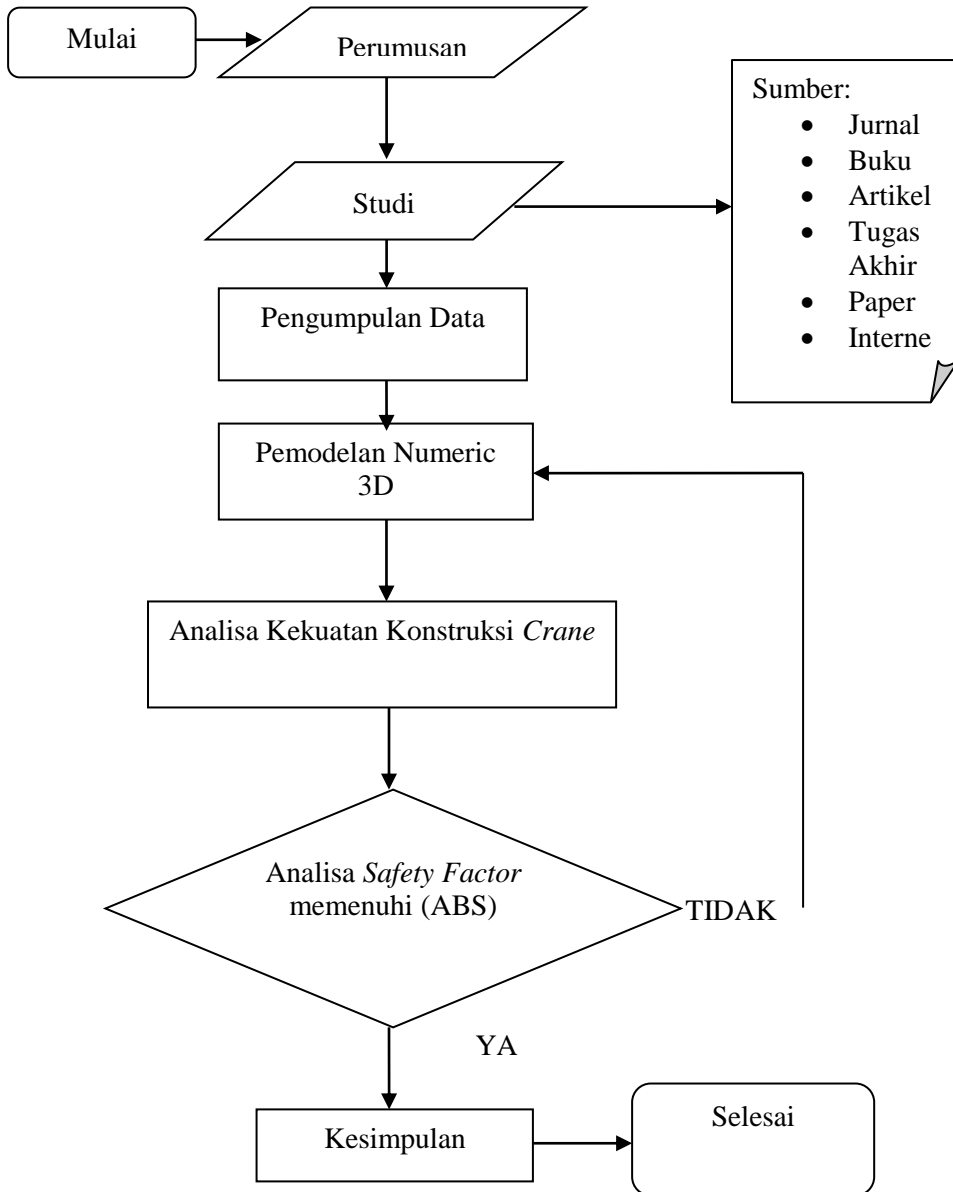
Solidwork pertama dikenalkan pada tahun 1995 oleh Solidworks Cooperation. Pada tahun 1997, Solidworks dibeli dan sampai sekarang dibawah Dassault Systems. Seperti diketahui Dassault System adalah company yang mengeluarkan the most powerfull CAD software, CATIA. Meski dibawah company yang sama, Solidwork dan CATIA tetaplah software yang berbeda. Kebanyakan pengguna software ini adalah designer dan mechanical engineer. Dari tahun 1995, sudah banyak versi yang dikeluarkan oleh Solidworks Corp. Dari feature-feature yang ada sebenarnya kebanyakan yang hamper sama dengan feature-feature yang ada di Pro/Engineer. Persamaan tersebut meliputi :

- a. Solidworks menggunakan pendekatan parametric untuk feature-featurenya
- b. Feature-feature untuk membuat suatu part diumpamakan seperti membangun sebuah blok. Seperti extrude, revolve, blend dan lain-lain
- c. 2D sketch diperlukan untuk membuat 3D feature, kecuali untuk fillet, blend, chamfer dan shell.
- d. Solidworks menyimpan history setiap langkah/feature yang digunakan, termasuk setiap perubahan yang dilakukan.
- e. Pembuatan 2D drawing di Solidwork berdasarkan dari part yang telah dibuat.

2.18. SAP 2000

SAP (Structural Analysis Program), disebut SAP adalah program yang digunakan untuk menganalisis dan mendesain suatu struktur yang berorientasi obyek (Object Oriented Programming). Program SAP 2000 ini memiliki kelebihan, terutama pada perancangan struktur baja dan beton, dalam perancangan struktur baja SAP 2000 dapat merancang elemen-elemen struktur dengan menggunakan profil baja yang optimal dan ekonomis mungkin, sehingga dalam penggunaannya tidak perlu menentukan elemen awal dengan profil pilihan, tetapi cukup memberikan data profil dari database yang ada pada SAP 2000, ini hanya berlaku untuk perancangan struktur baja, dan sedangkan untuk perancangan struktur beton kita harus tetap menentukan elemen-elemen awal sebagai asumsional awal perancangan yang nantinya akan diperoleh luas tulangan totalnya

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Awal tahap dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah dengan mengidentifikasi permasalahan yang ada. Perlu juga perumusan masalah yang nantinya akan diselesaikan selama pengerjaan tugas akhir ini. Selain, itu juga terdapat batasan masalah. Hal ini dimaksudkan agar topik bahasan lebih mendetail dan tidak terlalu meluas. Juga akan memudahkan penulis dalam melakukan analisa masalah.

Studi Literatur

Studi literature diambil dari berbagai refrensi sumber untuk menunjang penulisan skripsi dan memiliki keterkaitan topik serupa untuk mencari dasar teori yang digunakan mengenai perhitungan kekuatan suatu material dan perbedaanya dapat dicari melalui berbagai media antara lain:

- Buku
- Jurnal
- Artikel
- Paper
- Internet
- Tugas akhir terdahulu

Untuk pencarian berbagai refrensi dan literature dilakukan di beberapa tempat antara lain:

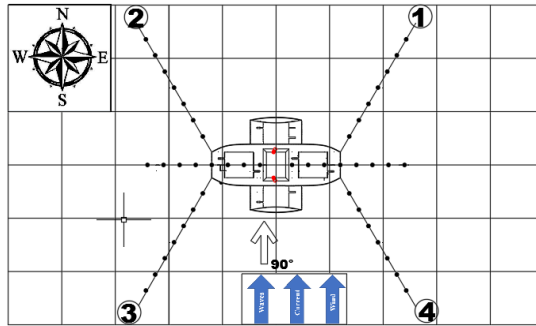
- Perpustakaan Pusat ITS
- Ruang Baca FTK
- Laboratorium Marine Manufacture and Design Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Pengumpulan Data

Pengumpulan data sangat lah penting dalam penyelesaian tugas akhir ini dan untuk mendukung studi literature yang sudah dilakukan. Dalam tugas akhir ini data yang dibutuhkan seperti: Data utama kapal *Work Barge*, overhead travelling crane dan data beton *sinker* yang akan digunakan sebagai pembebanan.

3.1.1. Data Beton Sinker

Dalam menentukan dimensi dan berat dari sinker beton yang akan diangkut oleh kapal barge dan di bawa ke tengah laut ke tempat di mana platform PLTAL dibangun, tergantung dari besar tegangan maksimum yang terjadi pada *mooring system* maka data-data dari sinker beton didapat dari laporan LPPM-ITS 2016 Sistem Platform Pltal Arus Laut.



Gambar 3. 1 Spread Mooring Line 90^0 kondisi Collinier

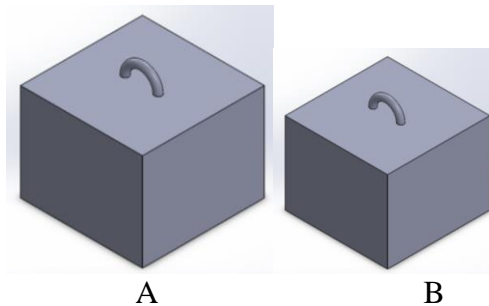
Tabel 3 1 Kondisi Heading 90^0

Condition	Lines		Tension	Times	MBL	Safety	S.F	Status
			kN	s	kN	Factor	ABS	
Heading 90^0	NL 1	End A	320.25	8592.4	549	1.71	1.67	accepted
		End B	320.28	8592.4	549	1.71	1.67	accepted
	NL 2	End A	300.72	3803.1	549	1.83	1.67	accepted
		End B	300.74	3803.1	549	1.83	1.67	accepted
	NL 3	End A	198.83	935.9	549	2.76	1.67	accepted
		End B	198.67	935.9	549	2.76	1.67	accepted
	NL 4	End A	144.98	8592.6	549	3.79	1.67	accepted
		End B	144.88	8592.6	549	3.79	1.67	accepted
	CL 1	End A	415.12	8593.1	853	2.05	1.67	accepted
		End B	417.13	8593.1	853	2.04	1.67	accepted
	CL 2	End A	437.61	8595	853	1.95	1.67	accepted
		End B	437.62	8595	853	1.95	1.67	accepted
	CL 3	End A	228.4	936.5	853	3.73	1.67	accepted
		End B	227.87	936.5	853	3.74	1.67	accepted
	CL 4	End A	176.08	8593.3	853	4.84	1.67	accepted
		End B	176.49	8593.3	853	4.83	1.67	accepted

Tegangan maksimum dari rantai yang digunakan pada *mooring system* maksimal adalah sebesar 437.62 KN atau sekitar 45 ton pada saat *spread mooring line 90^0 kondisi Collinier*. Maka sinker digunakan dan di desain agar mampu menahan tegangan (gaya tarik) maksimum yang terjadi pada rantai agar buoy dan struktur PLTA tetap stabil pada posisinya. Maka pada setiap mooring system membutuhkan sinker beton dengan berat 44 ton agar mampu menahan beban Tarik dari rantai ini. Kebutuhan berat sinker diatas kapal $4 * 45 \text{ ton} = 180 \text{ ton}$

Tabel 3 2. Dimensi sinker beton

Dimensi	Sinker 1	Sinker 2
Panjang (m)	2.5	2
Lebar (m)	2.5	2
Tinggi (m)	2	1.6
Berat sinker (ton)	30	15
Massa jenis sinker ton/m ³	2.4	2.4



Gambar 3. 2 (a).sinker 30 ton. (b).sinker 15 ton

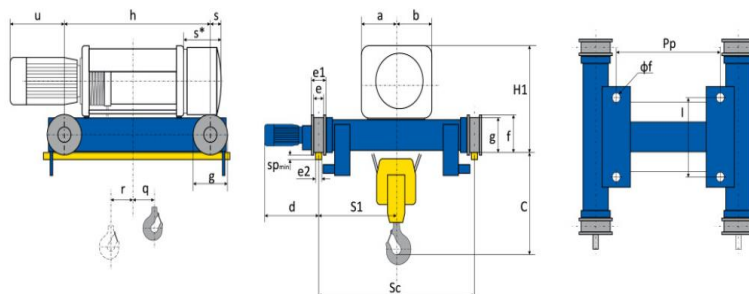
Direncanakan ada dua jenis sinker dengan masing-masing berat 30 dan 15 ton maka setiap mooring system akan memiliki dua sinker beton untuk bisa menahan gaya tarik maksimum yang terjadi.

3.1.2. Perencanaan Motor Crane

Dari data sinker beton diperoleh berat sinker terbesar 30 ton maka untuk safety factornya dicari spesifikasi motor angkat crane yang berkapasitas 40 ton adalah sebagai berikut :

Tabel 3 3. Dimensimotor crane

Type Hoist	Kapasitas (ton)	Dimension						Berat (Kg)	kW	CT speed(m/mi)
		h	h1	Sc	g	e	e1			
M110 03	40	1.862	1.1	2	0.32	90	120	4.74	0.75/2.2	5 - 16.



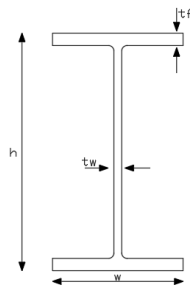
Gambar 3. 3 Dimensi motor crane

3.1.3. Perencanaan Profil Double Girder Crane

Untuk profil girder crane direncanakan menggunakan profil American wide flange beams – W beam tipe W 12 x 147 dengan Panjang bentangan 14 meter untuk dimensi profil dapat dilihat pada table 3.4 sebagai berikut:

Tabel 3 4. Dimensi Profil Girder Crane

Imperial (in x lb/ft)	Depth (in)	Width (in)	Web Thickness (in)	Flange Thickness (in)	Sectional Area (in ²)	Weight (lb/ft)	Moment of Inertia		Elastic Section Modulus	
							I _x (in ⁴)	I _y (in ⁴)	W _x (in ³)	W _y (in ³)
W 21 x 147	22.1	12.51	0.72	1.15	43.2	147	3630	376	329	60.1
W 21 x 147(mm)	561.34	317.754	18.288	29.21	1097.28	3733.8	92202	9550.4	8356.6	1526.54



Gambar 3. 4 Profil W-Beam 12 x 147

Tabel 3 5. Jenis Material AISI 1020 (American Iron and Steel Institute)

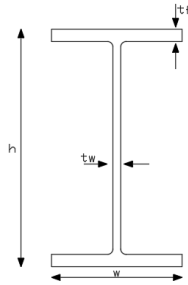
Properti	Nilai	Satuan
Elastic Modulus	200000	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.29	N/A
Shear Modulus	77000	N/mm ²
Mass Density	7900	kg/m ³
Tensile Strength	420.507	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	351.571	N/mm ²
Thermal Expansion Coef	1.50E-05	/K
Thermal Conductivity	47	W/(m·K)
Specific Heat	420	J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

3.1.4. Perencanaan Konstruksi Pondasi Crane

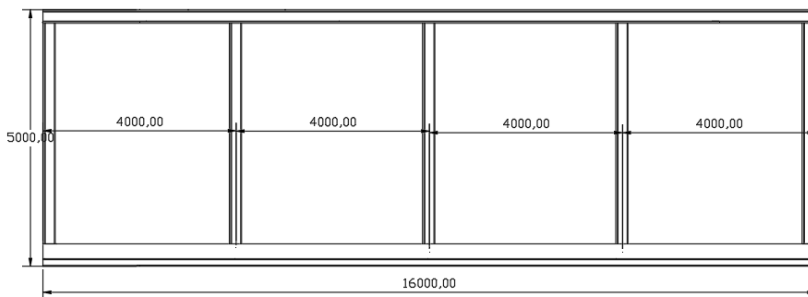
Untuk konstruksi crane di rencanakan seperti gambar dibawah dimana profil yang digunakan adalah profil American wide flange beams – W beam tipe W 6 x 20 dan W 10 x 100 dengan dimensi sebagai berikut:

Tabel 3.6. Dimensi Profil W6x20 dan W10x100

Imperial (in x lb/ft)	Depth h (in)	Width w (in)	Web Thickne t _w (in)	Flange Thickne t _f (in)	Section al Area (in ²)	Weight (lb/ft)	Moment of Inertia I _x (in ⁴) I _y (in ⁴)		Elastic Section Modulus W _x (in ³) W _y (in ³)	
W 6 x 20	6.2	6.02	0.26	0.365	5.9	20	41.4	13.3	13.4	4.4
mm	157.48	152.908	6.604	9.271	149.86	508	1051.56	337.82	340.36	111.76
W 10 x 100	11.1	10.34	0.68	1.112	29.4	100	623	207	112	40
mm	281.94	262.636	17.272	28.2448	746.76	2540	15824.2	5257.8	2844.8	1016



Gambar 3.5 Profil W6x20 dan W10x10



Gambar 3.6 Konstruksi Crane

Tabel 3.7. Jenis Material ASTM A36 (American society for testing and material)

Properti	Nilai	Satuan
Elastic Modulus	200000	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.26	N/A
Shear Modulus	79300	N/mm ²
Mass Density	7850	kg/m ³
Tensile Strength	400	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	250	N/mm ²

3.1.5. Perencanaan Kapal Ponton

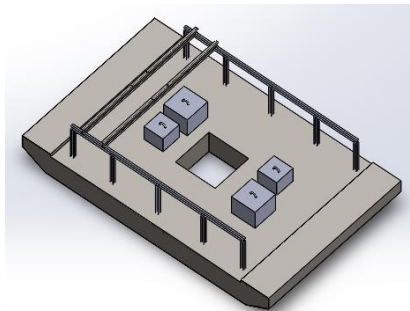
Dalam perencanaan dimensi kapal ponton harus sesuai dengan kebutuhan yang akan ada di atas kapal seperti data sebelumnya yang telah diperhitungkan

untuk berat dan dimensi sinker beton dan konstruksi crane yang akan dibangun diatas kapal ponton dari data yang di dapat maka di rencanakan kapal ponton dengan dimensi sebagai berikut :

Tabel 3 8. Ukuran Utama Kapal

Panjang kapal (Lwl)	26	meter,
Lebar kapal (B)	16,2	meter,
Tinggi kapal (H)	2,4	meter,
Sarat kapal (T)	1,35	meter.
Volume kapal : L*B*H	1010,8	m ³
Displacement : L*B*T*massa jenis air laut =	582.8	ton

3.2 Pemodelan



Gambar 3. 7 Pemodelan Kapal Ponton dan sinker beton

3.3 Analisa Kekuatan Konstruksi Crane

Setelah memperoleh data-data yang diperlukan maka tahap selanjutnya akan dianalisa sesuai dengan software yang digunakan .sehingga dapat diketahui suatu material struktur crane aman digunakan atau tidak.

3.4 Analisa Safety Factor memenuhi (BKI)

Melakukan Analisa factor keamanan yang terjadi pada konstruksi crane dari nilai *tegangan* dan *maximum stress* yang dapat diijinkan oleh BKI (*Biro Klasifikasi Indonesia*).

3.5 Kesimpulan

Hasil akhir yang diperoleh dari permasalahan yang diambil dan tujuan yang telah ditetapkan.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

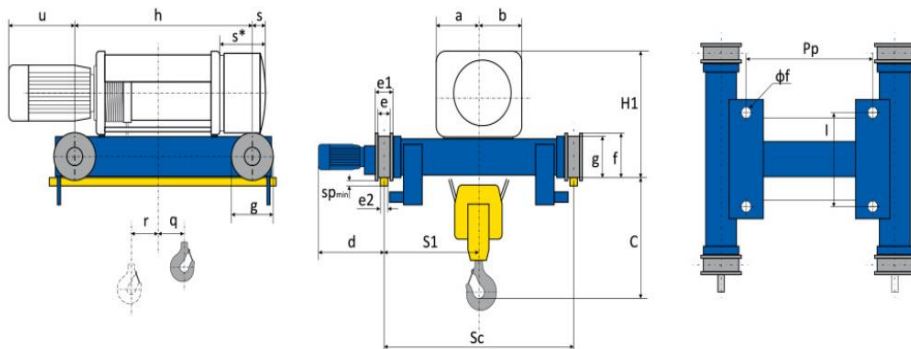
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Kapasitas Motor Crane

Pada bab sebelumnya telah melakukan pemilihan kapasitas motor crane yang akan digunakan yaitu SWL 40 dimana berat motor itu sendiri 4.74 ton maka girder crane akan didesain untuk bisa menahan beban sebesar 40 ton ditambah berat motor itu sendiri. Maka total bebanya adalah 44.74 ton

Tabel 4 1. Dimensi motor crane

Type Hoist	Kapasitas (ton)	Dimension (meter)						Berat (Kg)	kW	CT speed(m/mi)
		h	h1	Sc	g	e	e1			
M11003	40	1.862	1.1	2	0.3	90	120	4.74	0.75/2.2	5 - 16.



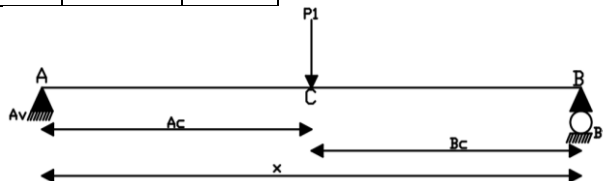
Gambar 4. 1 Dimensi Motor Crane

4.2 Menghitung Momen dan Reaksi Yang Terjadi Akibat Beban

Menghitung momen dan gaya yang terjadi di titik A dan B pada konstruksi motor

Diketahui :

P1(ton)	Ac (m)	Bc (m)	x (m)
44.74	1	1	2



Reaksi gaya yang terjadi di titik A dan B akibat beban di titik C

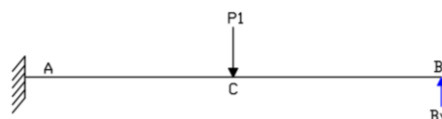
$$\sum MA = 0 \text{ (arah gaya } B_v \text{ ke atas)}$$

$$(P1 * Ac) - (B_v * x) = 0$$

$$(44.73\text{ton} * 1\text{m}) - (B_v * 2\text{m}) = 0$$

$$44.74\text{ton.m} - 2B_v = 0$$

$$B_v = 44.74\text{ton.m} / 2\text{m}$$



$$B_v = 22.37 \text{ ton}$$

$$\sum M_B = 0 \text{ (arah gaya } A_v \text{ ke atas)}$$

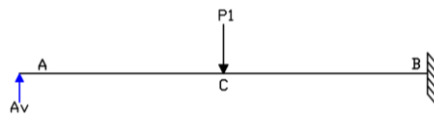
$$(A_v * x) - (P_1 * B_c) = 0$$

$$(A_v * 2\text{m}) - (44.74\text{ton} * 1\text{m}) = 0$$

$$2A_v - 44.74\text{ton.m} = 0$$

$$A_v = 44.74\text{ton.m} / 2\text{m}$$

$$A_v = 22.37\text{ton}$$



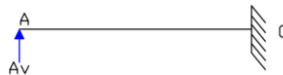
Momen yang terjadi pada titik C terhadap titik A dan B

Momen yang terjadi pada titik C terhadap titik A

$$\sum M_1 = A_v * A_x$$

$$\sum M_1 = 22.37\text{ton} * 1\text{m}$$

$$\sum M_1 = 22.37\text{ton.m}$$



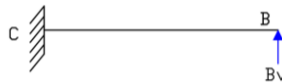
Momen yang terjadi pada titik C terhadap titik B

$$\sum M_2 = (A_v * x) - (B_v * B_c)$$

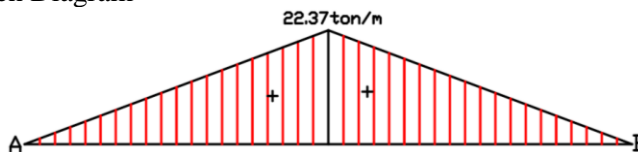
$$\sum M_2 = (22.37 * 2) - (22.37 * 1)$$

$$\sum M_2 = 44.74\text{ton.m} - (22.37\text{ton.m})$$

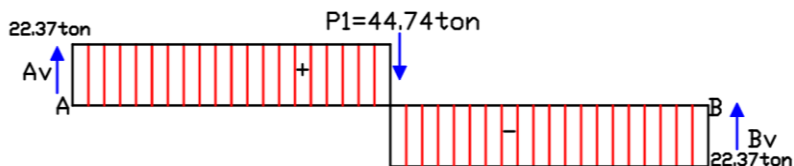
$$\sum M_2 = 22.37\text{ton.m}$$



Bending Momen Diagram



Shear Force Diagram



4.3 Menghitung Momen dan Gaya Pada Double Girder Crane

Dari perhitungan sebelumnya telah diperoleh nilai reaksi yang terjadi pada titik A dan B masing-masing sebesar 22.37 ton. Karena tipe crane adalah double girder maka setiap girder harus mampu menahan beban sebesar 22.37 ton. Untuk perhitungan momen dan gaya yang akan terjadi pada girder maka diambil salah satu girder aja untuk di hitung dimana titik bebanya ada dua maka beban sebesar 22.37 ton harus lah dibagi dua.

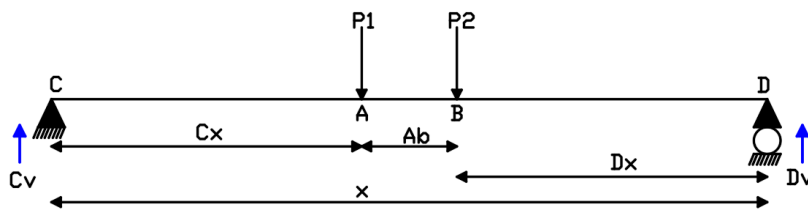
Dalam perhitungan ini direncanakan motor crane akan bergerak dalam tiga posisi yang berbeda yaitu:

Posisi Motor	Jarak
A1	Tengah
A2	2.6 m dari tengah
A3	5.3 m dari tengah

4.3.1. Menghitung Momen dan Gaya Pada Double Girder Crane Saat Motor di Posisi A1

Diketahui:

P1 (ton)	P2 (ton)	Cx (m)	Dx (m)	Ab (m)	X (m)
11.185	11.185	6.069	6.069	1.862	14



Reaksi gaya yang terjadi pada titik C dan D akibat beban P1 dan P2 di titik A dan B

$$\begin{aligned} \sum M_d &= 0 \text{ (arah gaya } C_v \text{ ke atas)} \\ (C_v * x) - ((P_1 * (A_b + D_x)) - (P_2 * D_x)) &= 0 \\ (C_v * 14) - (11.185 \text{ ton} * 7.931 \text{ m}) - (11.185 \text{ ton} * 6.069 \text{ m}) &= 0 \\ 14C_v - 88.708 \text{ ton.m} - 67.881 \text{ ton.m} &= 0 \\ C_v &= 156.589 \text{ ton.m} / 14 \text{ m} \\ C_v &= 11.185 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_c &= 0 \text{ (arah gaya } D_v \text{ ke atas)} \\ (P_1 * C_x) + ((P_2 * (A_b + C_x)) - (D_v * x)) &= 0 \\ (11.185 \text{ ton} * 6.069 \text{ m}) + (11.185 \text{ ton} * 7.931) - (D_v * 14) &= 0 \\ (-14D_v) + (67.881 \text{ ton.m} + 88.708 \text{ ton.m}) &= 0 \\ D_v &= 156.589 \text{ ton.m} / 14 \text{ m} \\ D_v &= 11.185 \text{ ton} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada titik A

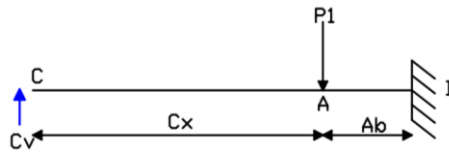
$$\begin{aligned} \sum M_A &= C_v * C_x \\ \sum M_A &= 11.185 \text{ ton} * 6.069 \text{ m} \\ \sum M_A &= 67.882 \text{ ton.m} \end{aligned}$$



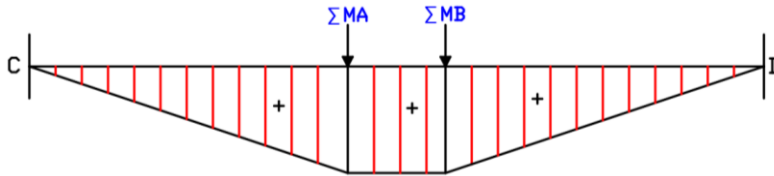
Momen yang terjadi pada titik B

$$\begin{aligned} \sum M_B &= (C_v * (C_x + A_b)) - (P_1 * A_b) \\ \sum M_B &= (11.185 \text{ ton} * 7.931 \text{ m}) - (11.185 \text{ ton} * 1.862) \\ \sum M_B &= 88.708 \text{ ton.m} - 20.826 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

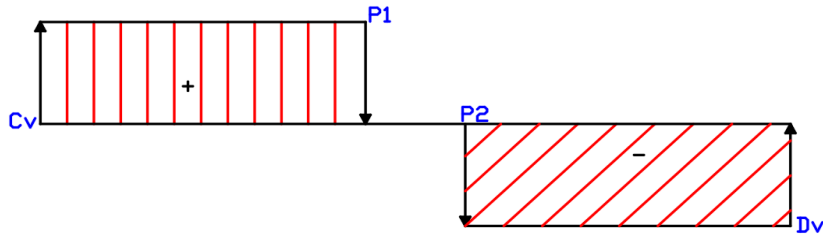
$$\sum MB = 67.882 \text{ ton.m}$$



Bending Momen Diagram



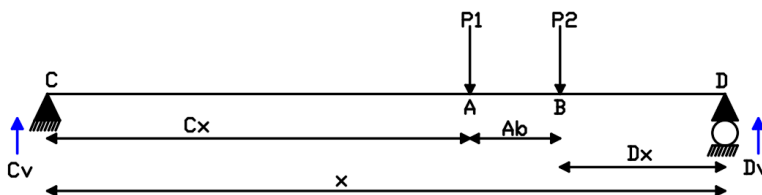
Shear Force Diagram



4.3.2. Menghitung Momen dan Gaya Pada Double Girder Crane Saat Motor di Posisi A2

Diketahui :

P1 ton	P2 ton	Cx m	Dx m	Ab m	X m
11.185	11.185	8.713	3.4253	1.862	14



Reaksi gaya yang terjadi pada titik C dan D akibat beban P1 dan P2 di titik A dan B

$$\sum Md = 0 \text{ (arah gaya Cv ke atas)}$$

$$(Cv * x) - ((P1 * (Ab + Dx)) - (P2 * Dx)) = 0$$

$$(Cv * 14) - (11.185\text{ton} * 5.2873\text{m}) - (11.185\text{ton} * 3.4253\text{m}) = 0$$

$$14Cv - 59.138\text{ton.m} - 38.31\text{ton.m} = 0$$

$$C_v = 97.449 \text{ ton.m} / 14 \text{ m}$$

$$C_v = 6.96 \text{ ton}$$

$$\sum M_c = 0 \text{ (arah gaya } D_v \text{ ke atas)}$$

$$(P_1 * C_x) + (P_2 * (A_b + C_x)) - (D_v * x) = 0$$

$$(11.185 \text{ ton} * 8.713 \text{ m}) + (11.185 \text{ ton} * 10.575 \text{ m}) - (D_v * 14) = 0$$

$$(-14 D_v) + (97.454 \text{ ton.m} + 118.281 \text{ ton.m}) = 0$$

$$D_v = 215.735 \text{ ton.m} / 14 \text{ m}$$

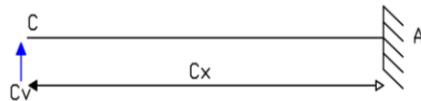
$$D_v = 15.41 \text{ ton}$$

Momen yang terjadi pada titik A

$$\sum M_A = C_v * C_x$$

$$\sum M_A = 6.96 \text{ ton} * 8.713 \text{ m}$$

$$\sum M_A = 60.65 \text{ ton.m}$$

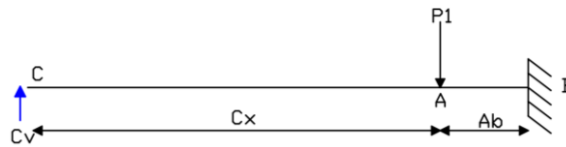


Momen yang terjadi pada titik B

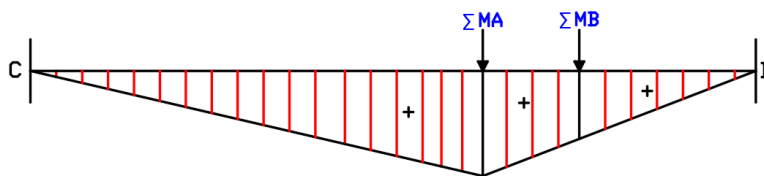
$$\sum M_B = ((C_v * (C_x + A_b)) - (P_1 * A_b))$$

$$\sum M_B = (6.96 * 10.575) - (11.185 * 1.862)$$

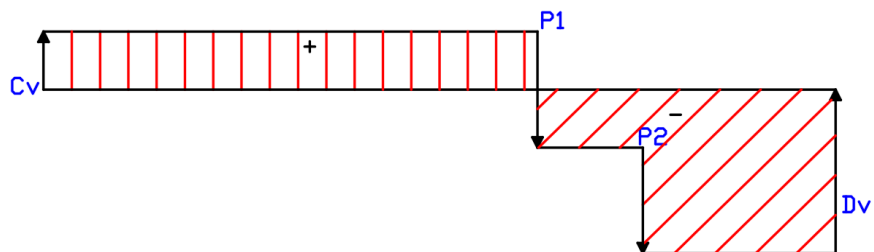
$$\sum M_B = 52.8 \text{ ton}$$



Bending Momen Diagram



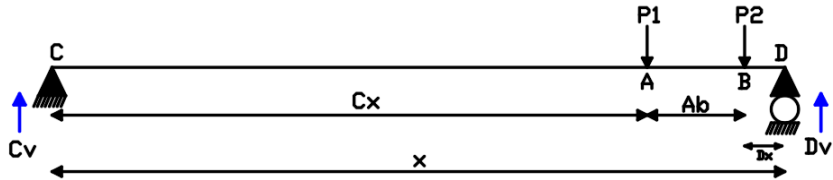
Shear Force Diagram



4.3.3. Menghitung Momen dan Gaya Pada Double Girder Crane Saat Motor di Posisi A3

Diketahui:

P1 ton	P2 ton	Cx m	Dx m	Ab m	X m
11.185	11.185	11.4	0.782	1.862	14



Reaksi gaya yang terjadi pada titik C dan D akibat beban P1 dan P2 di titik A dan B

$\sum M_d = 0$ (arah gaya Cv ke atas)

$$(Cv * x) - ((P1 * (Ab + Dx)) - (P2 * Dx)) = 0$$

$$(Cv * 14m) - (11.185ton * 2.644m) - (11.185ton * 0.782m) = 0$$

$$14Cv - 29.573ton.m - 8.746ton.m = 0$$

$$Cv = 38.319ton.m / 14m$$

$$Cv = 2.74ton$$

$\sum M_a = 0$ (arah gaya Dv ke atas)

$$(P1 * Cx) + ((P2 * (Ab + Cx)) - (Dv * x)) = 0$$

$$(11.185ton * 11.4m) + (11.185ton * 13.262m) - (Dv * 14m) = 0$$

$$(-14Dv) + (127.509ton.m + 148.335ton.m) = 0$$

$$Dv = 275.844ton.m / 14m$$

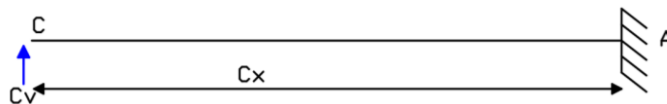
$$Dv = 19.6ton$$

Momen yang terjadi pada titik A

$$\sum M_A = Cv * Cx$$

$$\sum M_A = 2.47 * 11.4m$$

$$\sum M_A = 31.075ton.m$$

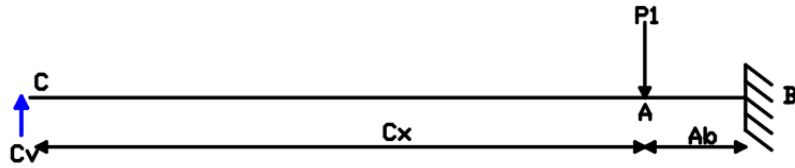


Momen yang terjadi pada titik B

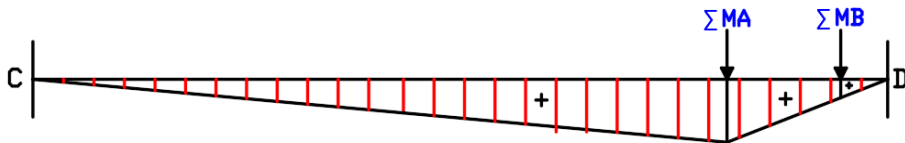
$$\sum M_B = ((Cv * (Cx + Ab)) - (P1 * Ab))$$

$$\sum M_B = (2.47ton * 13.626m) - (11.185ton * 1.862m)$$

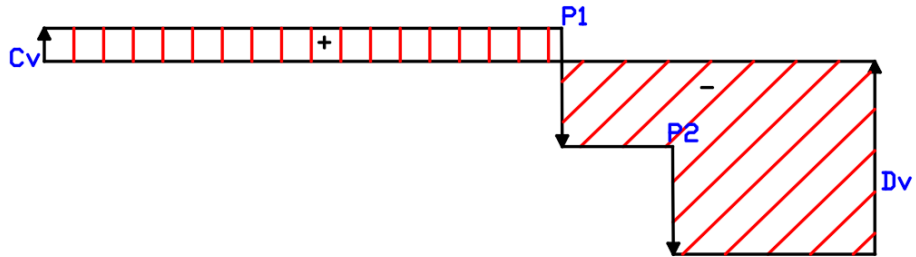
$$\sum M_B = 15.344 ton.m$$



Bending Momen Diagram



ShearForce Diagram



Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan nilai momen dan reaksi gaya yang terjadi pada masing-masing posisi motor adalah sebagai berikut:

Tabel 4 2Nilai Momen

Posisi Motor	Momen yang terjadi (ton.m)	
	MA	MB
A1	67.882	67.882
A2	60.647	52.781
A3	31.075	15.344

Dari table diatas dapat disimpulkan bahwa nilai momen terbesar yang terjadi pada titik A dan B saat posisi motor di A1 yaitu sebesar 67.882 ton.m dan nilai momen terkecil terjadi pada titik B pada saat motor berada di posisi A3.

Tabel 4 3. Nilai Reaksi gaya

Posisi Motor	Reaksi gaya (ton)	
	Cv	Dv
A1	11.185	11.185
A2	6.961	15.409
A3	2.736	19.634

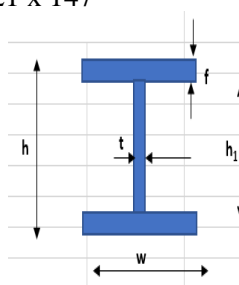
4.4 Pemilihan Material dan Profil

Untuk pemilihan material dan profil yang dipakai untuk girder crane adalah sebagai berikut:

Tabel 4 4. Material Properties Profile Konstruksi Crane

No.	List	Specification Data
1	Brand	AISI
2	Standart	AISI 1020
3	Material	Steel
4	fy = Yield Strength minimum (N/mm ²)	351.571
5	fu = Tensile Strength Minimum / Maximum (N/mm ²)	420.507

Profil Yang Digunakan W 21 x 147



Berat profil = 218.76 kg/m

h = 561.34 mm

h_1 = 502.92 mm

w = 317.754 mm

t = 18.288 mm

f = 29.21 mm

I_x = 1510080000 mm⁴

W_x = 136864000 mm⁴

C = 251.46 mm

4.5 Perhitungan Tegangan Maksimum (Max. Bending Stress) , Faktor Keamanan (Safety Factor).

- a. Persamaan Untuk Menghitung Tegangan Maksimum (Max. Bending Stress)

$$\sigma_{\text{maks}} = \frac{M_{\text{maks}} \times c}{I} \quad [\text{N/mm}^2]$$

- b. Persamaan Untuk Menghitung Tegangan Izin (Allowable Stress)

$$\sigma_{\text{izin}} = \frac{\sigma_{\text{maks}}}{n} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Tabel 4 5. Hasil Tegangan Maksimal dan Faktor Keamanan pada Momen Titik A

Posisi Motor	MA	Persamaan Sesuai Yang Diuraikan pad sub bab 4.5				
	M_{maks} (N.mm)	I (mm^4)	σ_{maks} (N/mm^2)	$\sigma_{\text{req-BKI}}$ (N/mm^2)	n	Keterangan
A1	665920114.7	1510080000	110.8896694	167.42	0.66	Profil Memenuhi
A2	594945928	1510080000	99.07097839	167.42	0.59	Profil Memenuhi
A3	304847081.2	1510080000	50.76343442	167.42	0.30	Profil Memenuhi

Tabel 4 6. Hasil Tegangan Maksimal dan Faktor Keamanan pada Momen Titik B

Posisi Motor	MB	Persamaan Sesuai Yang Diuraikan pad sub bab 4.5				
	M_{maks} (N.mm)	I (mm^4)	σ_{maks} (N/mm^2)	$\sigma_{\text{req-BKI}}$ (N/mm^2)	n	Keterangan
A1	665692710.7	1510080000	110.8518019	167.42	0.66	Profil Memenuhi
A2	517607940.7	1510080000	86.19258103	167.42	0.51	Profil Memenuhi
A3	150470421.4	1510080000	25.05648188	167.42	0.15	Profil Memenuhi

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa pemilihan profil telah memenuhi kriteria menurut Rules BKI Vol.II dimana tegangan *bending stress* maksimal yang terjadi lebih kecil dari tegangan *bending stress* yang diijinkan oleh BKI yaitu 167.42 N/mm^2 .

4.6 Perhitungan Tegangan Geser Maksimum (Max. Shear Stress) , Faktor Keamanan (Safety Factor).

- a. Persamaan Untuk Menghitung Tegangan Geser Maksimum (Max. Shear Stress)

$$\tau_{\text{maks}} = \frac{V_{\text{maks}}}{8 \times I \times t} \quad (w.h2 - w.h12 + t.h12) \quad [\text{N/mm}^2]$$

- b. Persamaan Untuk Menghitung Faktor Keamanan (Safety Factor)

$$n = \frac{\tau_{\text{maks}}}{\tau_{\text{Requirement}}}$$

- c. Persamaan Untuk Menghitung Tegangan Izin (Allowable Stress)

$$\tau_{\text{izin}} = \frac{\tau_{\text{maks}}}{n} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Tabel 4 7. Hasil Tegangan Geser Maksimum dan Faktor Safety Pada Titik Cv

Posisi Motor	Cv	Persamaan Sesuai Reaksi Gaya Geser				
	V _{maks} (N)	I (mm ⁴)	τ _{maks} (N/mm ²)	τ _{req-BKI} (N/mm ²)	n	Keterangan
A1	109,724.85	1510080000	12.109	111.61	0.108	Profil Memenuhi
A2	68,284.91	1510080000	7.536	111.61	0.07	Profil Memenuhi
A3	26,843.40	1510080000	0.311	111.61	0.00	Profil Memenuhi

Tabel 4 8. Hasil Tegangan Geser Maksimum dan Faktor Safety Pada Titik Cv

Posisi Motor	Dv	Persamaan Sesuai Reaksi Gaya Geser				
	V _{maks} (N)	I (mm ⁴)	τ _{maks} (N/mm ²)	τ _{req-BKI} (N/mm ²)	n	Keterangan
A1	109,724.85	1510080000	12.109	111.61	0.108	Profil Memenuhi
A2	151,164.79	1510080000	16.682	111.61	0.15	Profil Memenuhi
A3	192,606.30	1510080000	21.256	111.61	0.19	Profil Memenuhi

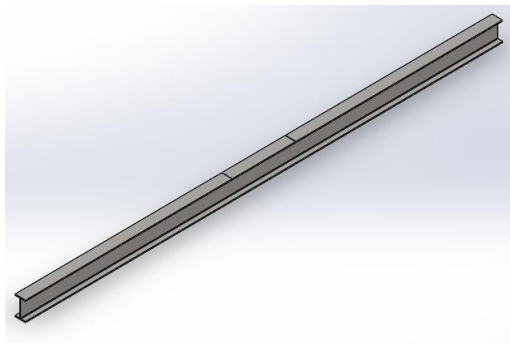
Dari tabel diatas menunjukkan bahwa pemilihan profil telah memenuhi kriteria menurut Rules BKI Vol.II dimana tegangan geser maksimal yang terjadi lebih kecil dari tegangan geser yang diijinkan oleh BKI yaitu 111.61 N/mm².

4.7 Pemodelan Dan Simulasi Pada Software Solidwork

Dari hasil perhitungan bahwa profil W21x147 memenuhi kriteria sehingga aman untuk digunakan maka profil tersebut kembali di uji dengan mensimulasikannya pada *software solidwork*. Maka dilakukan Pemodelan girder crane sesuai dengan profil dan dimensi yang telah dipilih yaitu profil W 21 x 147 dalam pemodelan ini akan ada tiga model yang berbeda, yang membedakan ketiga model adalah letak titik pusat beban yang diberikan sehingga hasil dari setiap model akan berbeda.

4.7.1 Simulasi Posisi Motor A1

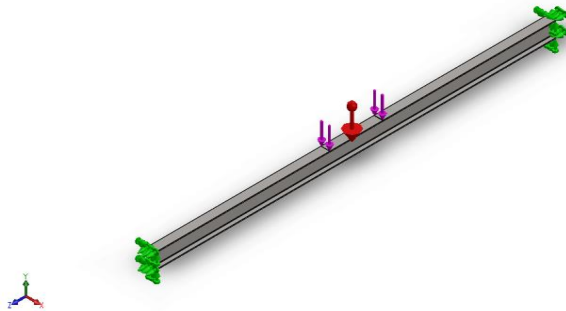
- a. Pemodelan profil crane untuk posisi motor berada di A2



Gambar 4. 2 Model Girder Crane

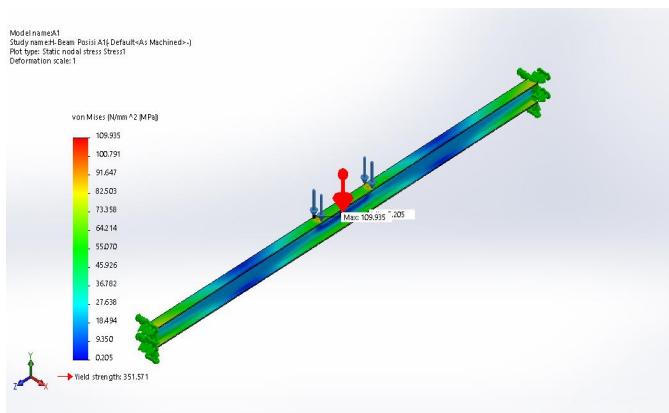
- b. Setelah pemodelan girder maka langkah selanjutnya bisa melakukan simulasi dengan cara terlebih dahulu menentukan jenis material yang digunakan disini material yang digunakan yaitu material AISI 1020. Selanjutnya pemilihan bagian dari profil yang *fixed geometry* dan pemberian beban yang diinginkan seperti pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa yang

berwarna hijau adalah bagian yang fix dari profil, tanda panah yang berwarna ping adalah titik pusat bebanya terdapat dua titik pusat yang akan diberi beban dan yang berwarna merah adalah arah gaya gravitasi.

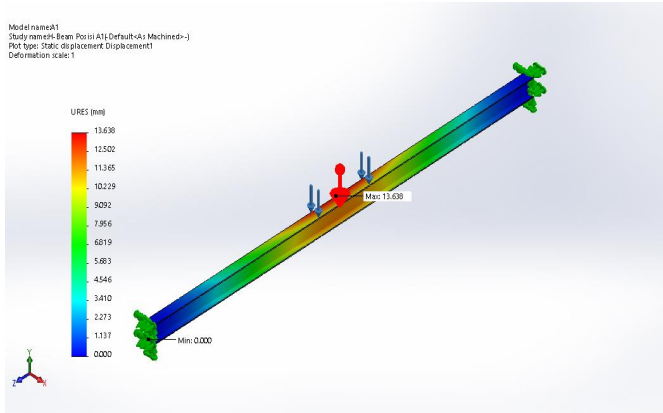


Gambar 4. 3 Simulasi Beban

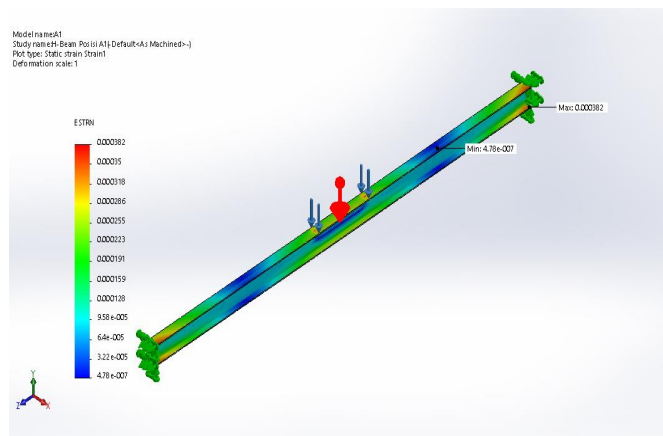
- c. Selanjutnya dilakukan simulasi dari hasil simulasi ini akan muncul nilai stress, displacement, strain dan factor safety seperti pada gambar berikut :



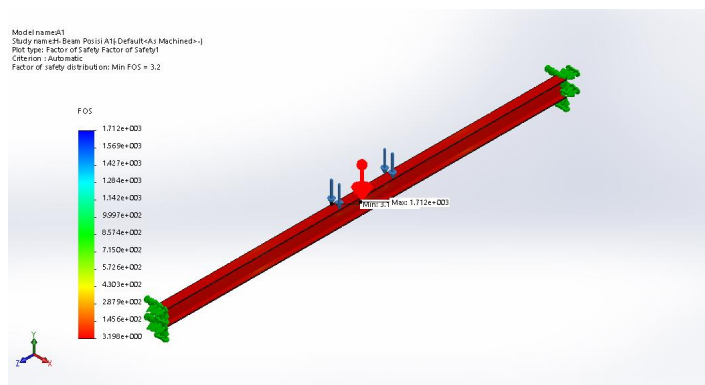
Gambar 4. 4 Hasil Simulasi Stress A1



Gambar 4. 5 Hasil Simulasi Displacement A1



Gambar 4. 6 Hasil Simulasi Strain A1



Gambar 4. 7 Hasil Factor Safety A1

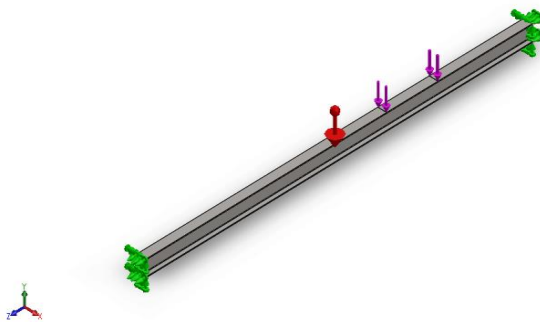
4.7.2 Simulasi Posisi Motor A2

- a. Pemodelan profil crane untuk posisi motor berada di A2



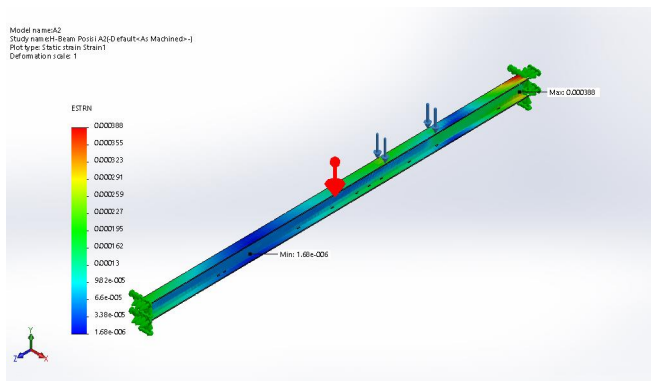
Gambar 4. 8 Model A2

- b. Penentuan titik pusat beban dan bagian profil yang mengalami fix

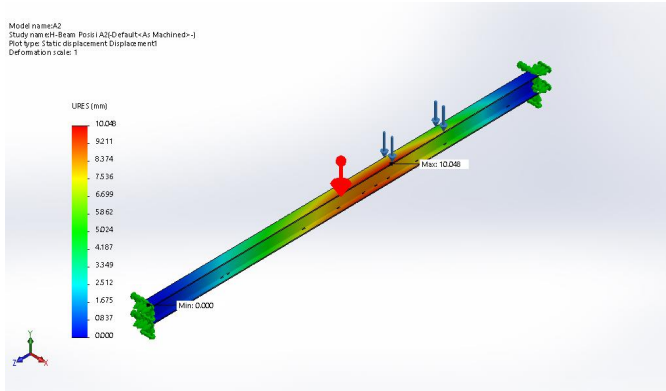


Gambar 4. 9 Simulasi Beban

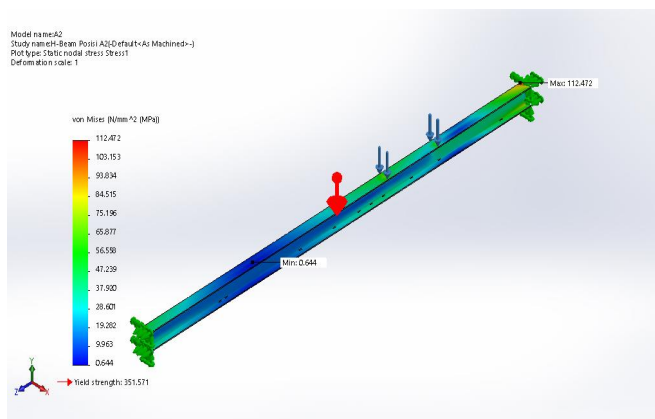
- c. Selanjutnya tahap simulasi untuk profil crane pada posisi A2



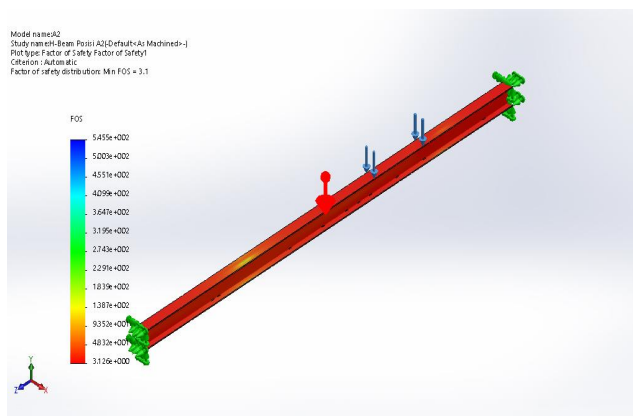
Gambar 4. 10 Hasil Simulasi Stress A2



Gambar 4. 11 Hasil Simulasi Displacement A2



Gambar 4. 12 Hasil Simulasi Strain A2



Gambar 4. 13 Hasil Simulasi Safety Factor A2

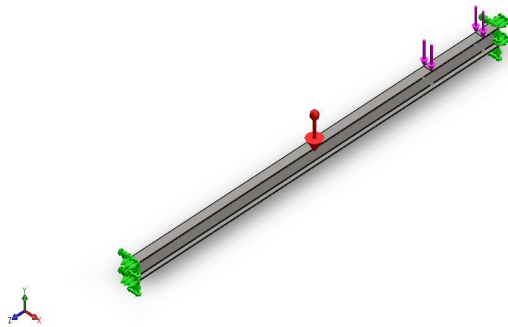
4.7.3 Simulasi Posisi Motor A3

- a. Pemodelan profil crane untuk posisi motor berada di A3



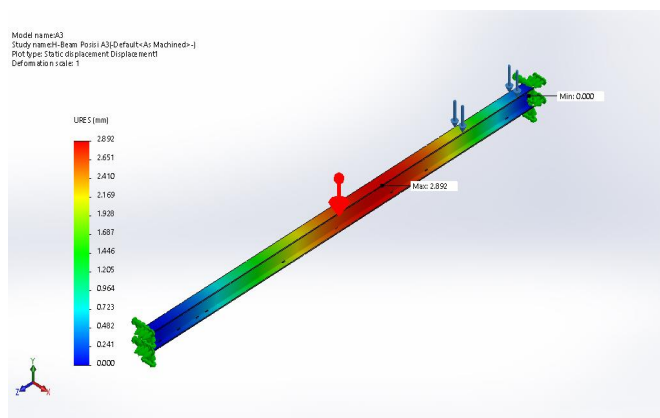
Gambar 4. 14 Model A3

b. Penentuan titik pusat beban dan bagian profil yang mengalami fix

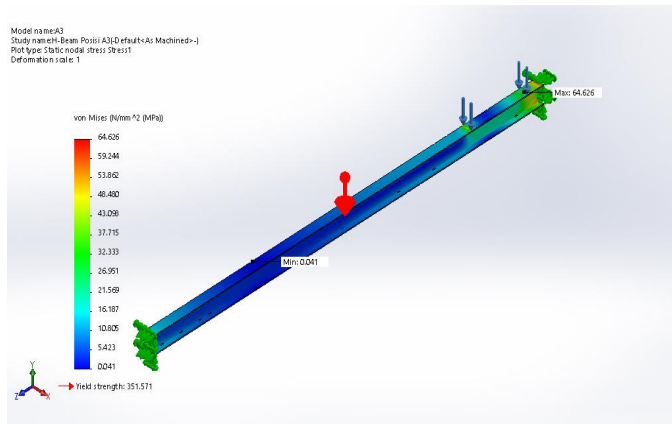


Gambar 4. 15 Simulasi Beban A3

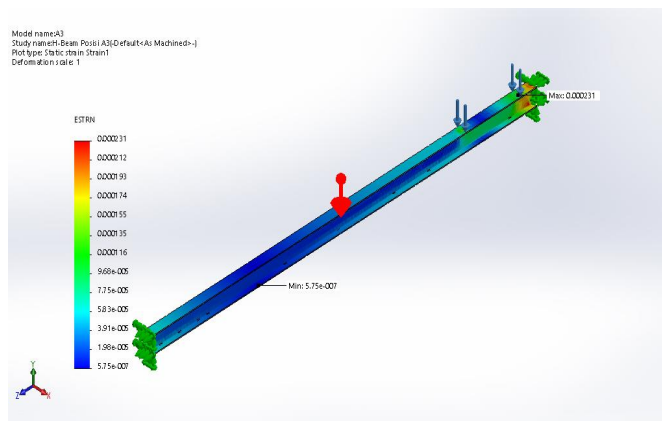
c. Selanjutnya tahap simulasi untuk profil crane pada posisi A3



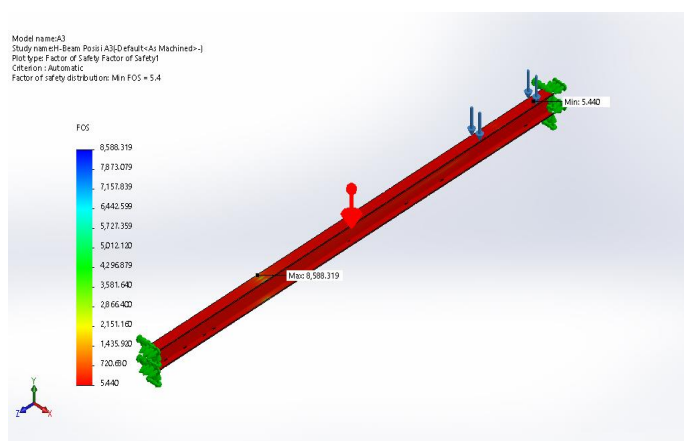
Gambar 4. 16 Hasil Simulasi Stress A3



Gambar 4. 17 Hasil Simulasi Displacement A3



Gambar 4. 18 Hasil Simulasi Strain A3



Gambar 4. 19 Hasil Simulasi Safety Factor A3

4.8 Analisa Hasil Simulasi Pada Solidwork

Dari hasil simulasi maka akan diperoleh nilai *Bending Stress*, *Displacement*, *Strain* dan *Factor of Safety* dari ketiga posisi motor crane A1,A2 dan A3. Berikut adalah hasil dari simulasi pada *Solidwork*.

Tabel 4 9. Hasil Simulasi Solidwork

Posisi Motor	Max.Bending Stress σ_{maks} (N/mm ²)	Max. Displacement (mm)	Max. Strain	Min. Factor of Safety
A1	109.935	13.638	0.000382	3.2
A2	112.472	10.048	0.000388	3.1
A3	64.626	2.892	0.000231	5.4

Dari hasil simulasi yield strength material yaitu 351.571 lebih besar dari *max. stress* yang terjadi perbandingan ini disebut factor keamanan (Factor of Safety) dan nilainya harus lebih besar dari satu. Dari hasil pada tabel diatas memiliki nilai FOS lebih besar dari satu maka profil ini aman untuk digunakan.

4.9 Analisa Faktor Keamanan Menurut Rules BKI

Tegangan *bending* rekomendasi dari BKI (σ Requirement) sebesar 167.42 N/mm².

Tabel 4 10. Faktor Keamanan Rekomendasi BKI

Posisi Motor	Max.Bending Stress σ_{maks} (N/mm ²)	$\sigma_{req-BKI}$ (N/mm ²)	Min. Factor of Safety
A1	109.935	167.42	0.657
A2	112.472	167.42	0.672
A3	64.626	167.42	0.386

Perbandingan antara tegangan maksimal yang terjadi terhadap Tegangan *bending* rekomendasi dari BKI adalah nilai factor keamanan suatu material dan nilainya harus lebih kecil dari satu.

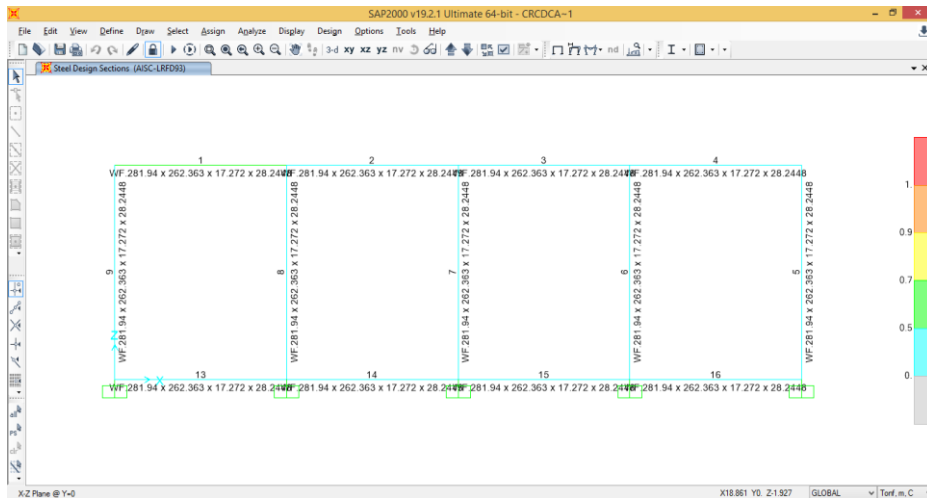
$$FOS = \frac{\sigma_{maks}}{\Sigma \text{ Requirement}}$$

Dari tabel diatas menunjukkan nilai factor keamanan lebih kecil dari satu maka hasil simulasi ini memenuhi kriteria sesuai dengan rekomendasi dari BKI.

4.10 Analisa Kekuatan Konstruksi Crane Menggunakan Software SAP 2000

Pada bab sebelumnya telah merencanakan dimensi dan bentuk konstruksi crane dan pemilihan material dan jenis profil yang akan digunakan maka tahap selanjutnya adalah mensimulasikanya pada software SAP200 dimana hasil dari simulasi ini akan

menunjukkan kekuatan dari konstruksi tersebut aman tidaknya untuk digunakan seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. 20 Hasil simulasi SAP2000

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa kontruksi crane berwarna biru muda dan hijau artinya kontruksi aman untuk digunakan namun apabila berwarna merah maka *stress* yang terjadi melebihi dari yang diijinkan pada SAP2000 jadi harus di lakukan pemilihan material dan profil kembali yang memiliki *yield strength* yang lebih besar berikut adalah hasil *output* dari SAP2000.

Tabel 4 11. Hasil Simulasi SAP2000

Frame	Total Ratio	Ratio Limit	Status Check
1	0.503	0.95	Profil Memenuhi
2	0.203	0.95	Profil Memenuhi
3	0.033	0.95	Profil Memenuhi
4	0.013	0.95	Profil Memenuhi
5	0.018	0.95	Profil Memenuhi
6	0.022	0.95	Profil Memenuhi
7	0.017	0.95	Profil Memenuhi
8	0.272	0.95	Profil Memenuhi
9	0.049	0.95	Profil Memenuhi
13	0.006	0.95	Profil Memenuhi
14	0.006	0.95	Profil Memenuhi
15	0.006	0.95	Profil Memenuhi
16	0.006	0.95	Profil Memenuhi

Total ratio terbesar yang terjadi pada frame 1 hal ini karena pusat pembebanan berada di frame 1 namun nilai ratio maksimal yang diijinkan pada SAP2000 sebesar 0.95 maka semua frame konstruksi crane memenuhi kriteria sehingga aman untuk digunakan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Profil girder crane W 21x147 material AISI1 020
2. Profil kontruksi crane WF 282x262x17x28 matrial ASTM A36
3. Posisi Motor Pada A1
 - Beban statis (44.47 ton)
 - Bending stress maximal 109.938 N/mm²
 - Displacement maksimal 13.638 mm
 - Strain maksimal 0.000382
 - Factor of safety 3,2
4. Posisi Motor Pada A1
 - Beban statis (44.47 ton)
 - Bending stress maximal 112.472 N/mm²
 - Displacement maksimal 10.048 mm
 - Strain maksimal 0.000388
 - Factor of safety 3,1
5. Posisi Motor Pada A1
 - Beban statis (44.47 ton)
 - Bending stress maximal 64.626 N/mm²
 - Displacement maksimal 2.892 mm
 - Strain maksimal 0.000231
 - Factor of safety 5,4
6. Total ratio terbesar pada frame 1 sebesar 0.503 dan yang terkecil pada frame 13,14,15,16 sebesar 0.006.

Saran

1. Untuk penelitian lebih lanjut menganalisa pengaruh beban dinamis pada saat *crane* beroperasi di atas ponton.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] API RP 2A-WSD (2000). *Recommended Practice for Planning, Designing and Construction Fixed Offshore Platforms - Working Stress Design. 21st edition. American Petroleum Institute, Washington DC.*
- [2] Chu Kia Wang dan Charles G. Salmon, 1986, *Desain Beton Bertulang.*
- [3] DOKMAR, Maritime Publisher BV 2011, “Ship Knowledge 7th”
- [4] D.J Eyres. 2001. “Ship Construction Fifth Edition“.
- [5] Imam Zainul,2014, *Analisa Struktur Overhead Crane Kapasitas 35 ton.Teknik Sistem Perkapalan ITS*
- [6] Nasution Kurniawan Ahmad Fadly, 2009, *Analisis Perhitungan Dan Simulasi Tegangan Yang Terjadi Pada Twist Lock Rubber Tired Gantry Crane (RTGC) Kapasitas Angkat 40 Ton Dengan Menggunakan Software Msc. Visualnastran Desktop 2004.*
- [7] Pujikuncoro Tetuko Farobi, 2016, *Studi Analisa Kontruksi Deck Kapal Accommodation Work Barge Pada FR 0-12 Akibat Penambahan Crane Berbasis FEM.*
- [8] Siswanto Faisal,2016. *Analisa Kekuatan Struktur Container Crane PT.BJTI dan Konstruksi Seafastening Untuk Proses Transportasi Menggunakan Barge Puma 7. Teknik Kelautan ITS.*
- [9] Wesli,2010, *Mekanika Rekayasa, Graha Ilmu, Yogyakarta*
- [10] Website agust 4, 2017, Retrived from <http://bangunbeton.com/panduan/>
- [11] Website agust 4, 2017, Retrived From <https://id.wikipedia.org/Tongkang>.
- [12] Wuryati Samekto & Candra Rahmadiyanto,2001, *Teknologi Beton, Kanisius, Yogyakarta.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A



Simulation of A1

Date: Sunday, January 7, 2018
Designer: Solidworks
Study name: H-Beam Posisi A1
Analysis type: Static

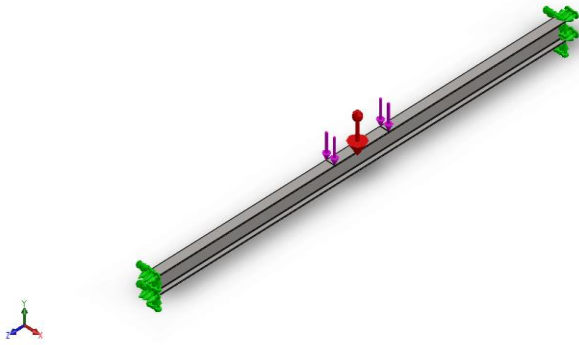
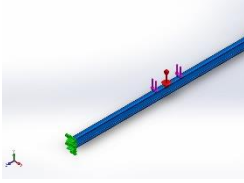
Table of Contents

Description	Error! Bookmark not defined.
Model Information	2
Study Properties	2
Units	3
Material Properties	3
Loads and Fixtures	4
Mesh information	4
Resultant Forces	6
Study Results	6

Description

No Data

Model Information

 <p>Model name: A1 Current Configuration: Default<As Machined></p>			
Solid Bodies			
Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Split Line1 	Solid Body	Mass:3019.08 kg Volume:0.382162 m ³ Density:7900 kg/m ³ Weight:29587 N	D:\copy data\Lintas Jalur SISKAL IV\Tugas Akhir\Girder Crane\Tengah\A1.S LDPRT Jan 07 23:03:03 2018

Study Properties

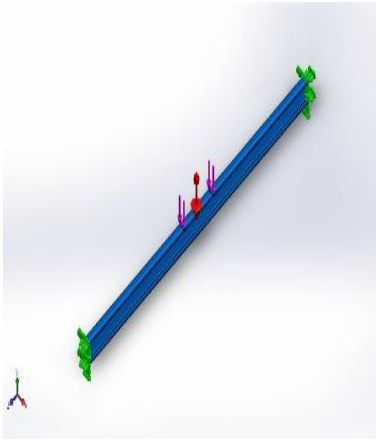
Study name	H-Beam Posisi A1
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off

Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (D:\copy data\Lintas Jalur SISKAL IV\Tugas Akhir\Girder Crane\Tengah)

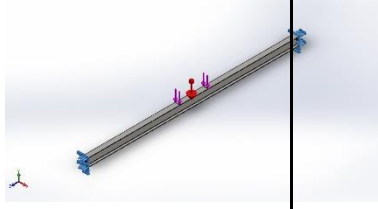
Units

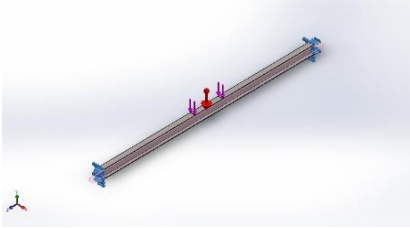
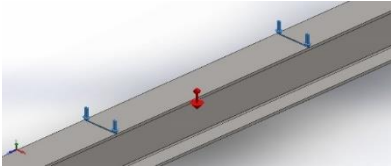
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	Name: AISI 1020 Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Unknown Yield strength: 3.51571e+008 N/m² Tensile strength: 4.20507e+008 N/m² Elastic modulus: 2e+011 N/m² Poisson's ratio: 0.29 Mass density: 7900 kg/m³ Shear modulus: 7.7e+010 N/m² Thermal expansion coefficient: 1.5e-005 /Kelvin	SolidBody 1(Split Line1)(A1)
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 2 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	275.792	249031	298.451	249031
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		Reference: Top Plane Values: 0 0 -9.81 Units: m/s ²
Force-1		Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: 109687 N

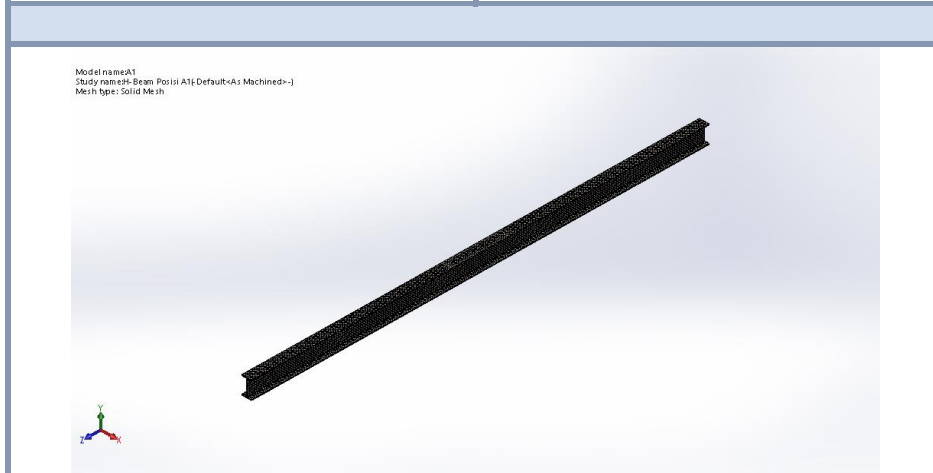
Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Standard mesh
Automatic Transition:	Off
Include Mesh Auto Loops:	Off
Jacobian points	4 Points

Element Size	113.417 mm
Tolerance	5.67086 mm
Mesh Quality Plot	High

Mesh information - Details

Total Nodes	45039
Total Elements	22063
Maximum Aspect Ratio	13.136
% of elements with Aspect Ratio < 3	33.8
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.118
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:15
Computer name:	TOSHIBA-PC



Mesh Control Information:

Mesh Control Name	Mesh Control Image	Mesh Control Details
Control-1		Entities: 1 Solid Body (s) Units: mm Size: 70.8857 Ratio: 1.5

Resultant Forces

Reaction forces

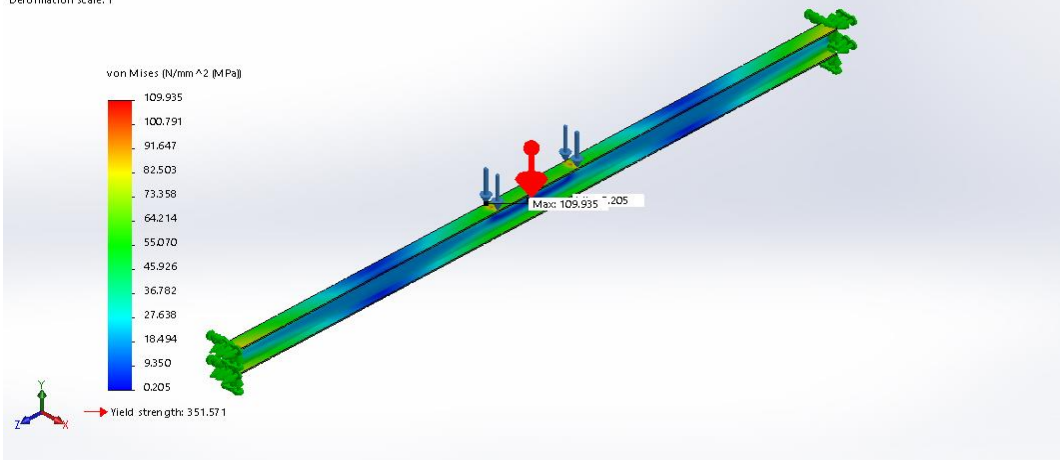
Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	275.792	249031	298.451	249031

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

Study Results

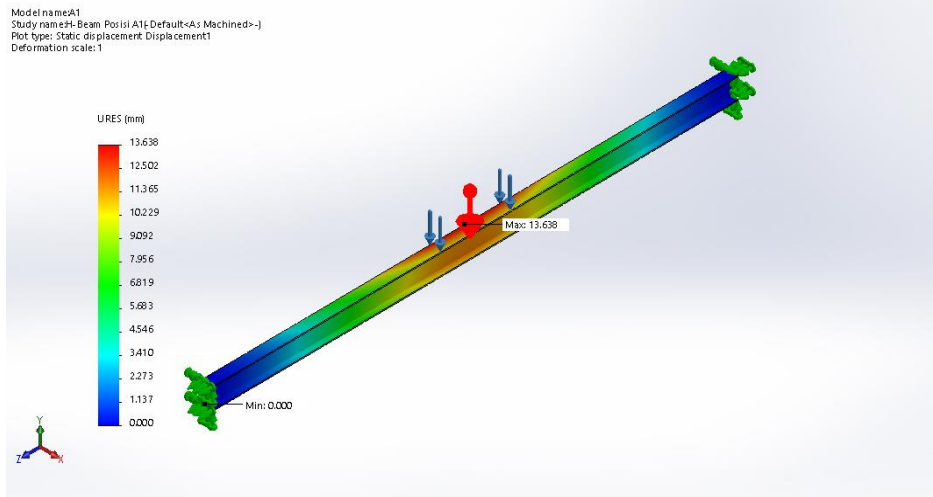
Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	0.205 N/mm ² (MPa) Node: 22976	109.935 N/mm ² (MPa) Node: 495

Model name: A1
 Study name: H-Beam Posisi A1 (Default <As Machined> -)
 Plot type: Static nodal stress Stress1
 Deformation scale: 1



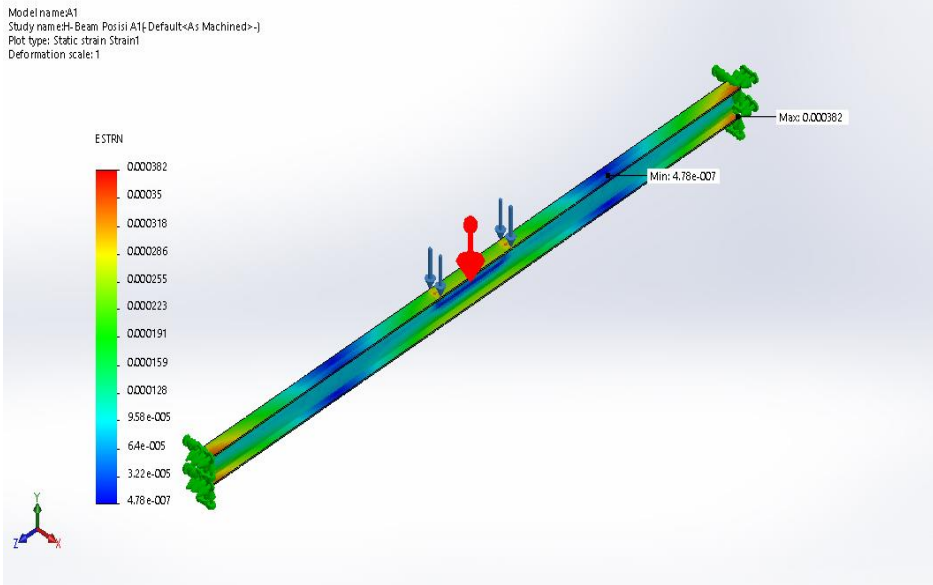
A1-H-Beam Posisi A1-Stress-Stress1

Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0.000 mm Node: 1	13.638 mm Node: 41542



A1-H-Beam Posisi A1-Displacement-Displacement1

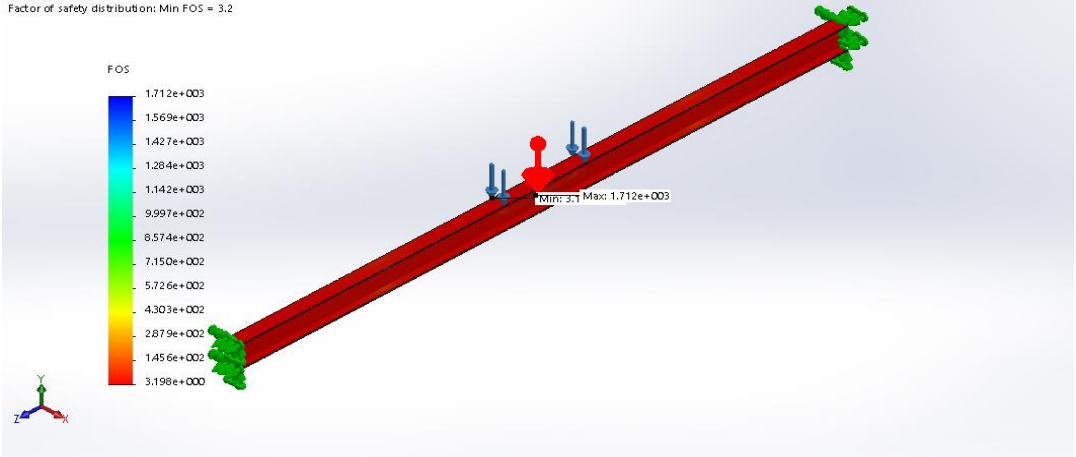
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	4.78e-007 Element: 17580	0.000382 Element: 12836



A1-H-Beam Posisi A1-Strain-Strain1

Name	Type	Min	Max
Factor of Safety1	Automatic	3.198e+000 Node: 495	1.712e+003 Node: 22976

Model name:A1
Study name:H-Beam Posisi A1(Default-As Machined)-
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
Criterion: Automatic
Factor of safety distribution: Min FOS = 3.2



A1-H-Beam Posisi A1-Factor of Safety-Factor of Safety1



Description

No Data

Simulation of A2

Date: Sunday, January 7, 2018

Designer: Solidworks

Study name: H-Beam Posisi A2

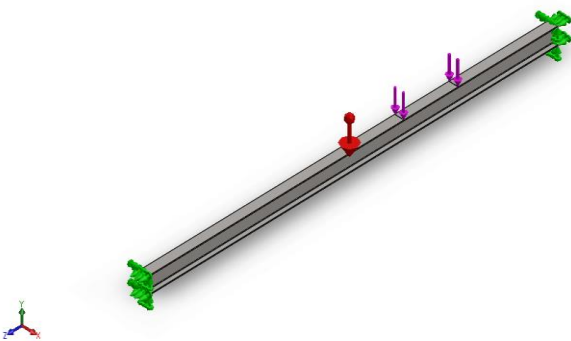
Analysis type: Static

Table of Contents

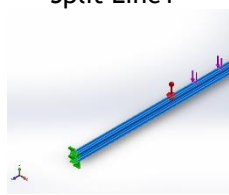

Description	
Assumptions	
Model Information	
Study Properties	
Units	
Material Properties	
Loads and Fixtures	
Mesh information	
Mesh information - Details	
Resultant Forces	
Study Results	

Assumptions

Model Information



Model name: A2
Current Configuration: Default<As Machined>

Solid Bodies			
Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Split Line1 	 Solid Body	Mass:3086.33 kg Volume:0.390675 m ³ Density:7900 kg/m ³ Weight:30246 N	D:\copy data\Lintas Jalur SISKAL IV\Tugas Akhir\Girder Crane\2.6 m dari tengah\A2.SLDPR T Jan 07 22:56:22 2018

Study Properties

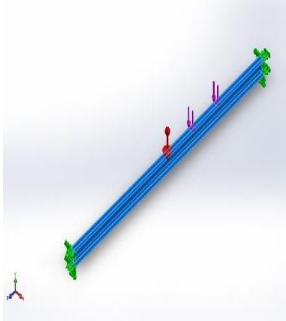
Study name	H-Beam Posisi A2
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off

Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (D:\copy data\Lintas Jalur SISKAL IV\Tugas Akhir\Girder Crane\2.6 m dari tengah)

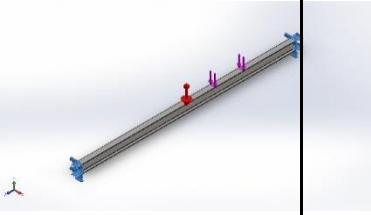
Units

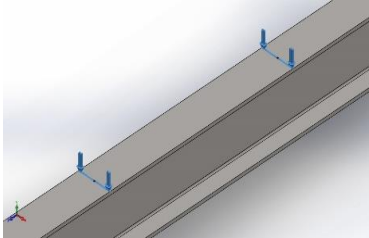
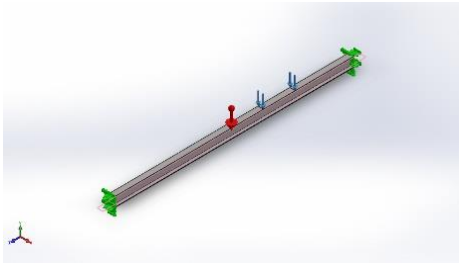
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	Name: AISI 1020 Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Unknown Yield strength: 3.51571e+008 N/m² Tensile strength: 4.20507e+008 N/m² Elastic modulus: 2e+011 N/m² Poisson's ratio: 0.29 Mass density: 7900 kg/m³ Shear modulus: 7.7e+010 N/m² Thermal expansion coefficient: 1.5e-005 /Kelvin	SolidBody 1(Split Line1)(A2)
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 2 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	275.668	249984	632.02	249985
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: 109687 N
Gravity-1		Reference: Top Plane Values: 0 0 - 9.81 Units: m/s ²

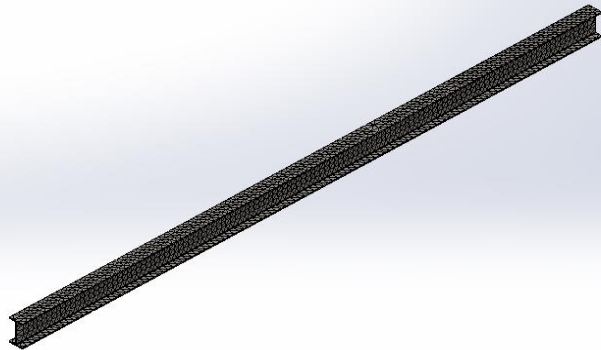
Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Standard mesh
Automatic Transition:	Off
Include Mesh Auto Loops:	Off
Jacobian points	4 Points
Element Size	114.443 mm
Tolerance	5.72213 mm
Mesh Quality Plot	High

Mesh information - Details

Total Nodes	18967
Total Elements	9158
Maximum Aspect Ratio	24.217
% of elements with Aspect Ratio < 3	2.02
% of elements with Aspect Ratio > 10	7.93
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:06
Computer name:	TOSHIBA-PC

Model name:A2
Study name:H-Beam Posisi A2(Default<As Machined>-)
Mesh type: Solid Mesh



Resultant Forces

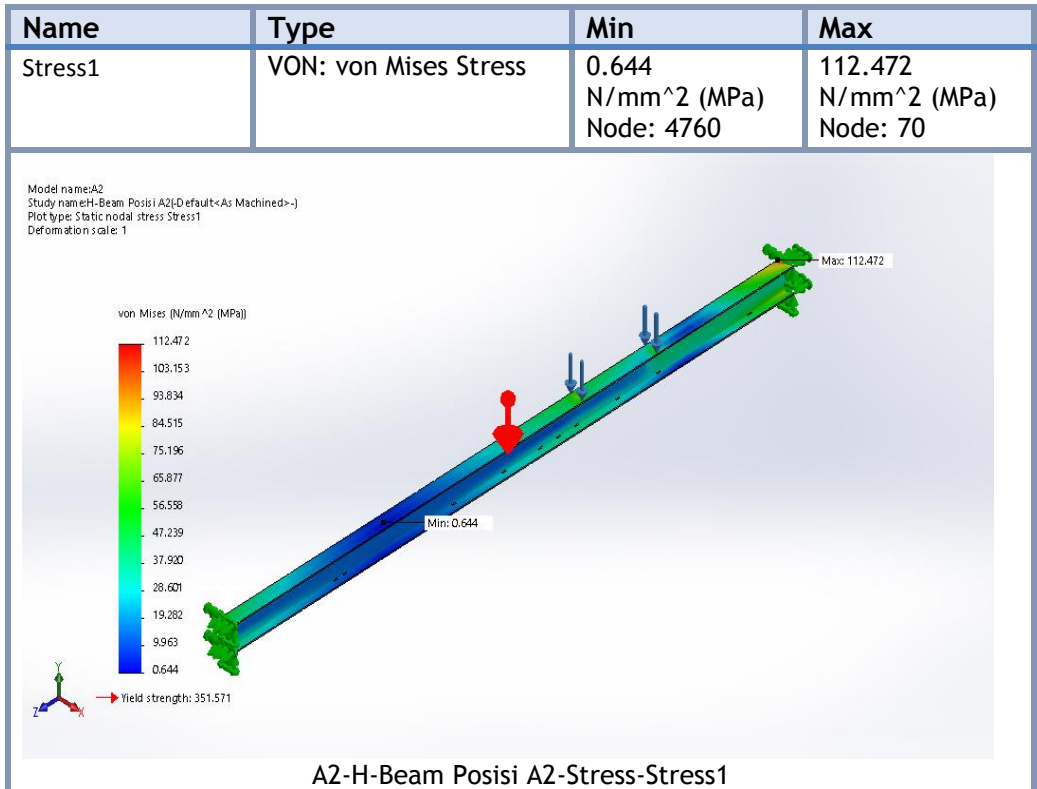
Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	275.668	249984	632.02	249985

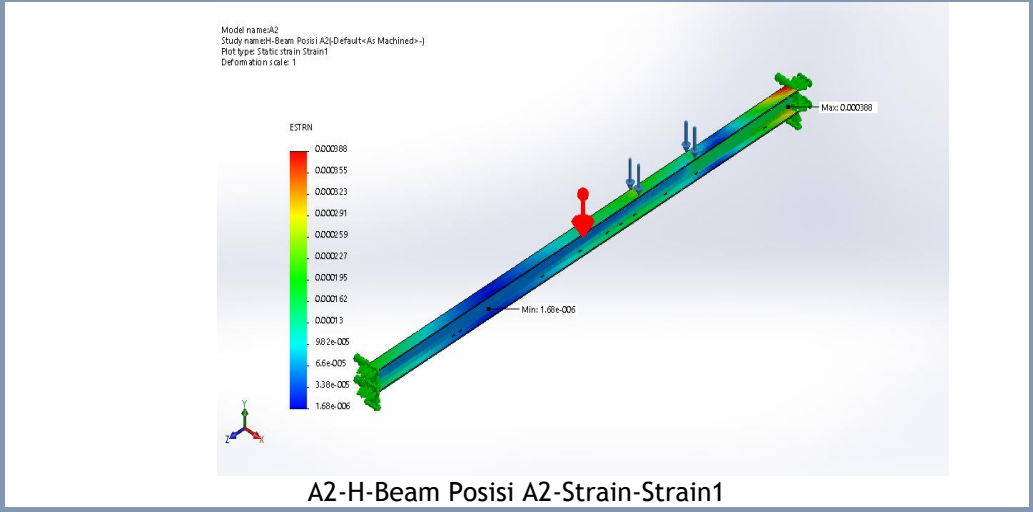
Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

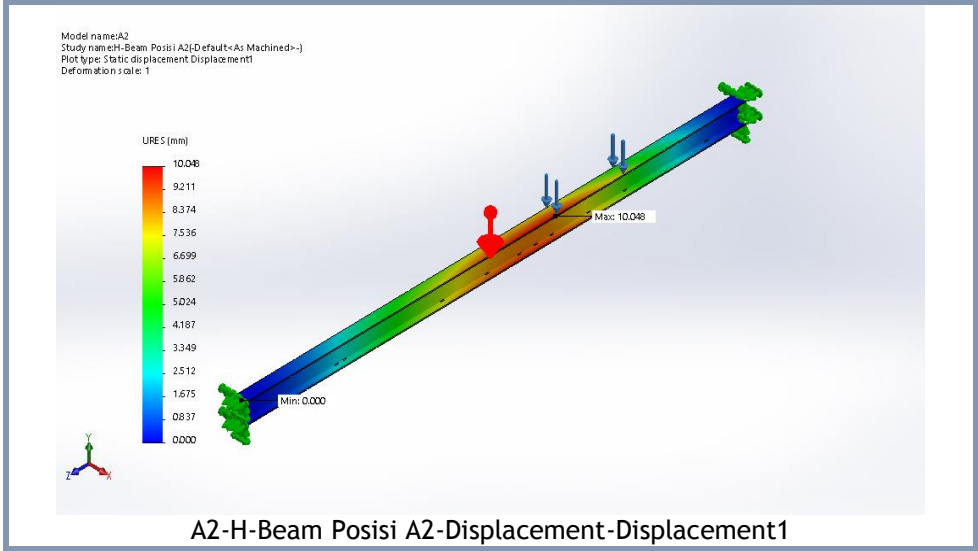
Study Results



Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	1.68e-006	0.000388
		Element: 8472	Element: 5767

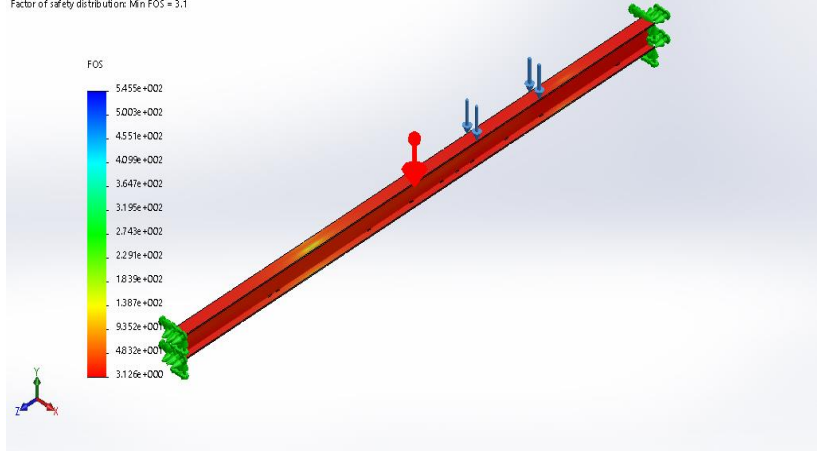


Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0.000 mm	10.048 mm
		Node: 69	Node: 17366



Name	Type	Min	Max
Factor of Safety1	Automatic	3.126e+000 Node: 70	5.455e+002 Node: 4760

Model name: A2
Study name: H-Beam Posisi A2 (Default (As Machined) -)
Plot type: Factor of Safety1
Criterion: Automatic
Factor of safety distribution: Min FOS = 3.1



A2-H-Beam Posisi A2-Factor of Safety-Factor of Safety1



Simulation of A3

Date: Monday, January 8, 2018
Designer: Solidworks
Study name: H-Beam Posisi A3
Analysis type: Static

Table of Contents

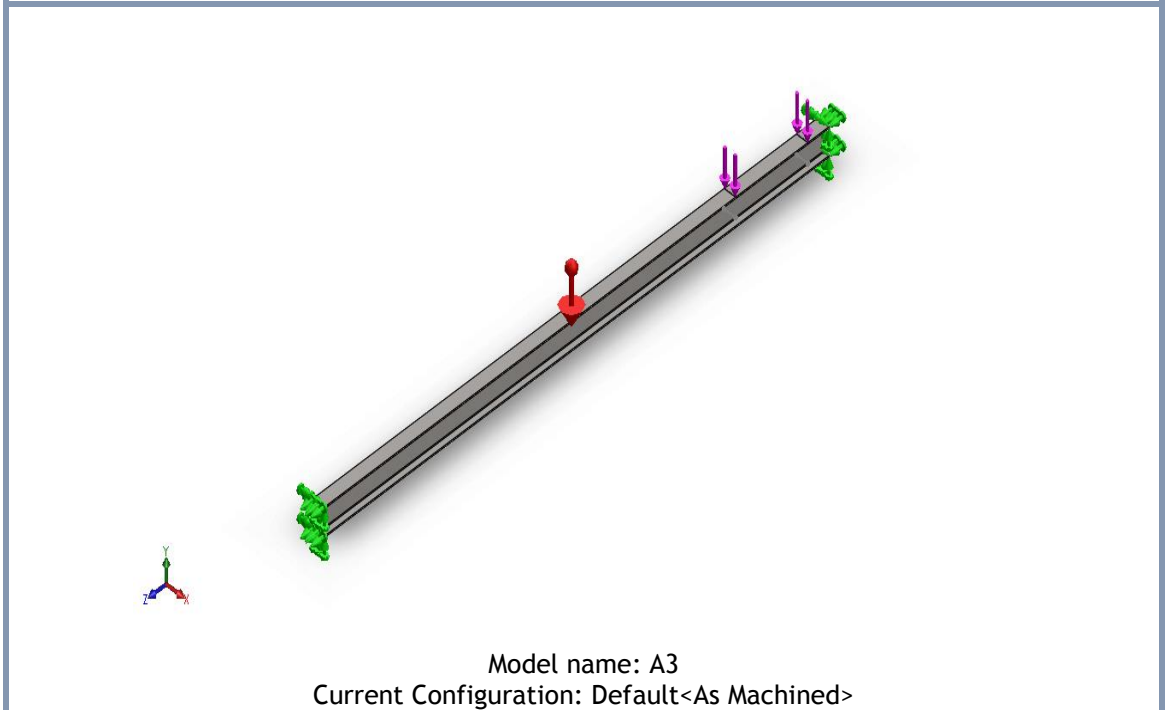
- Description.....**
- Assumptions**
- Model Information.....**
- Study Properties.....**
- Units**
- Material Properties.....**
- Loads and Fixtures**
- Mesh information.....**
- Mesh information - Details.....**
- Resultant Forces.....**
- Study Results.....**

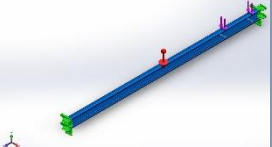
Description

No Data

Assumptions

Model Information



Solid Bodies			
Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Split Line5 	Solid Body	Mass:3086.33 kg Volume:0.390675 m ³ Density:7900 kg/m ³ Weight:30246 N	D:\copy data\Lintas Jalur SISKAL IV\Tugas Akhir\Girder Crane\5.3 m dari tengah\A3.SLDPRT Jan 07 22:56:12 2018

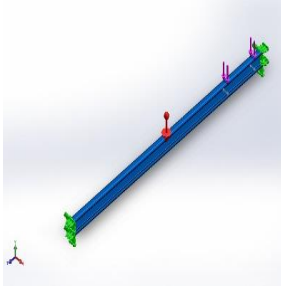
Study Properties

Study name	H-Beam Posisi A3
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (D:\copy data\Lintas Jalur SISKAL IV\Tugas Akhir\Girder Crane\5.3 m dari tengah)

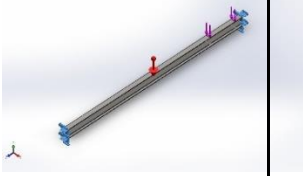
Units

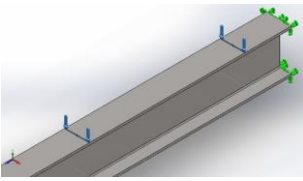
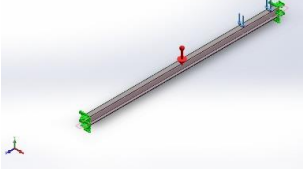
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: AISI 1020 Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Max von Mises Stress Yield strength: 3.51571e+008 N/m² Tensile strength: 4.20507e+008 N/m² Elastic modulus: 2e+011 N/m² Poisson's ratio: 0.29 Mass density: 7900 kg/m³ Shear modulus: 7.7e+010 N/m² Thermal expansion coefficient: 1.5e-005 /Kelvin</p>	SolidBody 1(Split Line5)(A3)
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		<p>Entities: 2 face(s) Type: Fixed Geometry</p>		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	129.921	249587	-385.914	249587
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

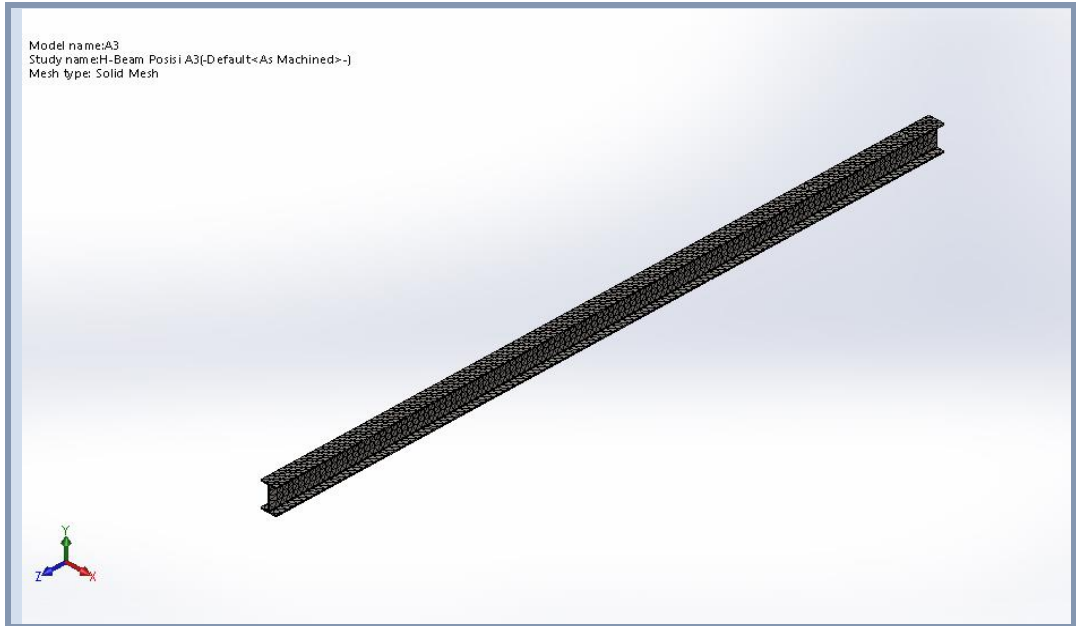
Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: 109687 N
Gravity-1		Reference: Top Plane Values: 0 0 -9.81 Units: m/s ²

Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Standard mesh
Automatic Transition:	Off
Include Mesh Auto Loops:	Off
Jacobian points	4 Points
Element Size	114.443 mm
Tolerance	5.72213 mm
Mesh Quality Plot	High

Mesh information - Details

Total Nodes	19078
Total Elements	9227
Maximum Aspect Ratio	24.394
% of elements with Aspect Ratio < 3	1.48
% of elements with Aspect Ratio > 10	8.37
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:06
Computer name:	TOSHIBA-PC



Resultant Forces

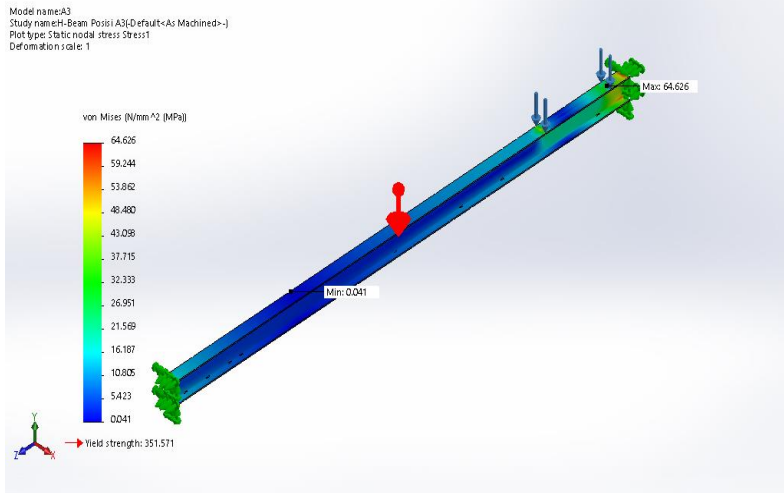
Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	129.921	249587	-385.914	249587

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

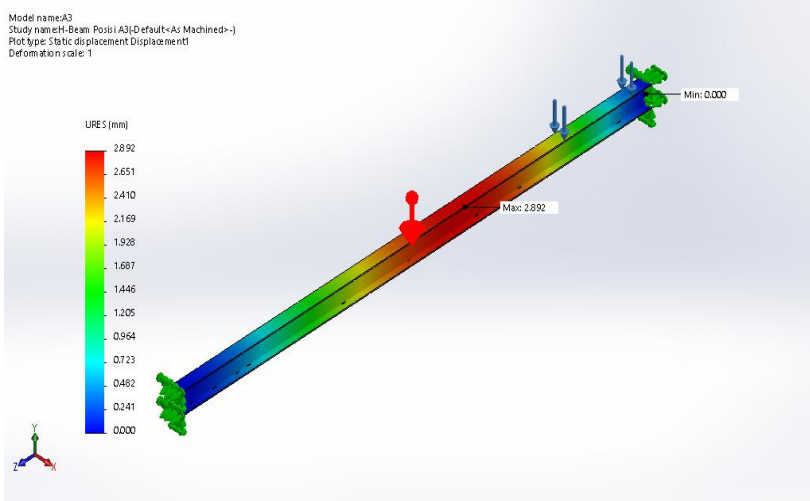
Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	0.041 N/mm ² (MPa) Node: 17618	64.626 N/mm ² (MPa) Node: 5073



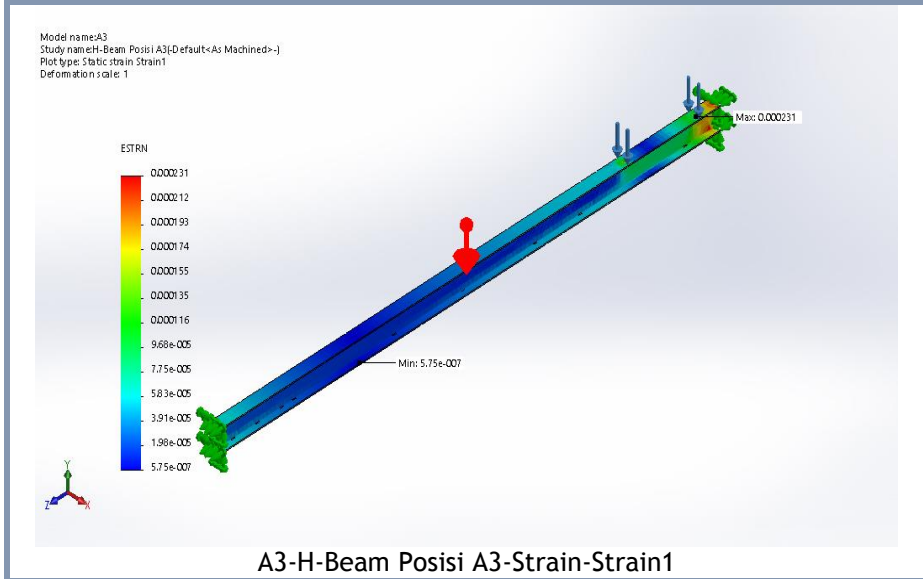
A3-H-Beam Posisi A3-Stress-Stress1

Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0.000 mm Node: 1	2.892 mm Node: 2427

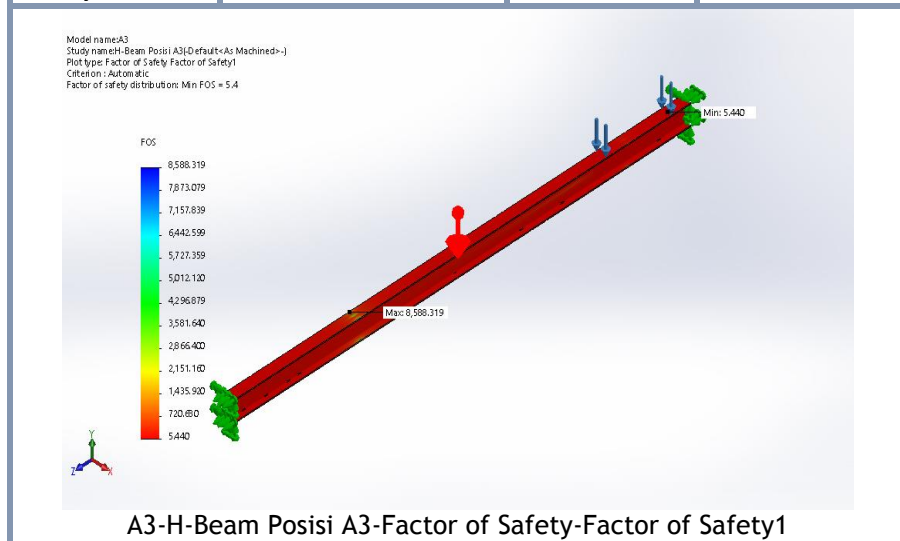


A3-H-Beam Posisi A3-Displacement-Displacement1

Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	5.75e-007 Element: 4809	0.000231 Element: 7390



Name	Type	Min	Max
Factor of Safety1	Automatic	5.440 Node: 5073	8,588.319 Node: 17618



LAMPIRAN B

Table: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Table: Element Forces - Frames, Part 1 of 2								
Frame	Station m	OutputCase	CaseType	P Tonf	V2 Tonf	V3 Tonf	T Tonf- m	M2 Tonf- m
1	0	1DL+1LL	Combination	-2.2748	-18.742	0	0	0
1	0.5	1DL+1LL	Combination	-2.2748	-18.6686	0	0	0
1	1	1DL+1LL	Combination	-2.2748	-18.5952	0	0	0
1	1	1DL+1LL	Combination	-2.2748	1.0048	0	0	0
1	1.5	1DL+1LL	Combination	-2.2748	1.0782	0	0	0
1	2	1DL+1LL	Combination	-2.2748	1.1517	0	0	0
1	2.5	1DL+1LL	Combination	-2.2748	1.2251	0	0	0
1	3	1DL+1LL	Combination	-2.2748	1.2985	0	0	0
1	3	1DL+1LL	Combination	-2.2748	20.8985	0	0	0
1	3.5	1DL+1LL	Combination	-2.2748	20.9719	0	0	0
1	4	1DL+1LL	Combination	-2.2748	21.0453	0	0	0
2	0	1DL+1LL	Combination	-0.3355	-2.1635	0	0	0
2	0.5	1DL+1LL	Combination	-0.3355	-2.0901	0	0	0
2	1	1DL+1LL	Combination	-0.3355	-2.0166	0	0	0
2	1.5	1DL+1LL	Combination	-0.3355	-1.9432	0	0	0
2	2	1DL+1LL	Combination	-0.3355	-1.8698	0	0	0
2	2.5	1DL+1LL	Combination	-0.3355	-1.7964	0	0	0
2	3	1DL+1LL	Combination	-0.3355	-1.7229	0	0	0
2	3.5	1DL+1LL	Combination	-0.3355	-1.6495	0	0	0
2	4	1DL+1LL	Combination	-0.3355	-1.5761	0	0	0
3	0	1DL+1LL	Combination	-0.3982	0.1034	0	0	0
3	0.5	1DL+1LL	Combination	-0.3982	0.1768	0	0	0
3	1	1DL+1LL	Combination	-0.3982	0.2503	0	0	0
3	1.5	1DL+1LL	Combination	-0.3982	0.3237	0	0	0
3	2	1DL+1LL	Combination	-0.3982	0.3971	0	0	0
3	2.5	1DL+1LL	Combination	-0.3982	0.4705	0	0	0
3	3	1DL+1LL	Combination	-0.3982	0.5439	0	0	0
3	3.5	1DL+1LL	Combination	-0.3982	0.6174	0	0	0
3	4	1DL+1LL	Combination	-0.3982	0.6908	0	0	0
4	0	1DL+1LL	Combination	-0.174	-0.2219	0	0	0
4	0.5	1DL+1LL	Combination	-0.174	-0.1485	0	0	0
4	1	1DL+1LL	Combination	-0.174	-0.0751	0	0	0
4	1.5	1DL+1LL	Combination	-0.174	-0.0017	0	0	0
4	2	1DL+1LL	Combination	-0.174	0.0717	0	0	0
4	2.5	1DL+1LL	Combination	-0.174	0.1452	0	0	0
4	3	1DL+1LL	Combination	-0.174	0.2186	0	0	0
4	3.5	1DL+1LL	Combination	-0.174	0.292	0	0	0
4	4	1DL+1LL	Combination	-0.174	0.3654	0	0	0
5	0	1DL+1LL	Combination	-0.3654	-0.174	0	0	0
5	2.5	1DL+1LL	Combination	-0.7325	-0.174	0	0	0
5	5	1DL+1LL	Combination	-1.0996	-0.174	0	0	0
6	0	1DL+1LL	Combination	-0.9127	-0.2242	0	0	0

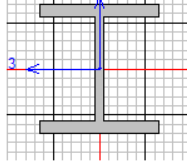
6	2.5	1DL+1LL	Combination	-1.2798	-0.2242	0	0	0
6	5	1DL+1LL	Combination	-1.6469	-0.2242	0	0	0
7	0	1DL+1LL	Combination	1.6795	0.0626	0	0	0
7	2.5	1DL+1LL	Combination	1.3124	0.0626	0	0	0
7	5	1DL+1LL	Combination	0.9453	0.0626	0	0	0
8	0	1DL+1LL	Combination	-23.2088	-1.9393	0	0	0
8	2.5	1DL+1LL	Combination	-23.5759	-1.9393	0	0	0
8	5	1DL+1LL	Combination	-23.943	-1.9393	0	0	0
9	0	1DL+1LL	Combination	-18.742	2.2748	0	0	0
9	2.5	1DL+1LL	Combination	-19.1091	2.2748	0	0	0
9	5	1DL+1LL	Combination	-19.4762	2.2748	0	0	0
13	0	1DL+1LL	Combination	0	-0.2937	0	0	0
13	0.5	1DL+1LL	Combination	0	-0.2203	0	0	0
13	1	1DL+1LL	Combination	0	-0.1468	0	0	0
13	1.5	1DL+1LL	Combination	0	-0.0734	0	0	0
13	2	1DL+1LL	Combination	0	1.585E-16	0	0	0
13	2.5	1DL+1LL	Combination	0	0.0734	0	0	0
13	3	1DL+1LL	Combination	0	0.1468	0	0	0
13	3.5	1DL+1LL	Combination	0	0.2203	0	0	0
13	4	1DL+1LL	Combination	0	0.2937	0	0	0
14	0	1DL+1LL	Combination	0	-0.2937	0	0	0
14	0.5	1DL+1LL	Combination	0	-0.2203	0	0	0
14	1	1DL+1LL	Combination	0	-0.1468	0	0	0
14	1.5	1DL+1LL	Combination	0	-0.0734	0	0	0
14	2	1DL+1LL	Combination	0	1.585E-16	0	0	0
14	2.5	1DL+1LL	Combination	0	0.0734	0	0	0
14	3	1DL+1LL	Combination	0	0.1468	0	0	0
14	3.5	1DL+1LL	Combination	0	0.2203	0	0	0
14	4	1DL+1LL	Combination	0	0.2937	0	0	0
15	0	1DL+1LL	Combination	0	-0.2937	0	0	0
15	0.5	1DL+1LL	Combination	0	-0.2203	0	0	0
15	1	1DL+1LL	Combination	0	-0.1468	0	0	0
15	1.5	1DL+1LL	Combination	0	-0.0734	0	0	0
15	2	1DL+1LL	Combination	0	1.585E-16	0	0	0
15	2.5	1DL+1LL	Combination	0	0.0734	0	0	0
15	3	1DL+1LL	Combination	0	0.1468	0	0	0
15	3.5	1DL+1LL	Combination	0	0.2203	0	0	0
15	4	1DL+1LL	Combination	0	0.2937	0	0	0
16	0	1DL+1LL	Combination	0	-0.2937	0	0	0
16	0.5	1DL+1LL	Combination	0	-0.2203	0	0	0
16	1	1DL+1LL	Combination	0	-0.1468	0	0	0
16	1.5	1DL+1LL	Combination	0	-0.0734	0	0	0
16	2	1DL+1LL	Combination	0	1.585E-16	0	0	0
16	2.5	1DL+1LL	Combination	0	0.0734	0	0	0
16	3	1DL+1LL	Combination	0	0.1468	0	0	0
16	3.5	1DL+1LL	Combination	0	0.2203	0	0	0
16	4	1DL+1LL	Combination	0	0.2937	0	0	0

Table: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Table: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station m	OutputCase	M3 Tonf-m	FrameElem	ElemStation m
1	0	1DL+1LL	-7.91197	1-1	0
1	0.5	1DL+1LL	1.44069	1-1	0.5
1	1	1DL+1LL	10.75663	1-1	1
1	1	1DL+1LL	10.75663	1-1	1
1	1.5	1DL+1LL	10.23587	1-1	1.5
1	2	1DL+1LL	9.67839	1-1	2
1	2.5	1DL+1LL	9.08421	1-1	2.5
1	3	1DL+1LL	8.45331	1-1	3
1	3	1DL+1LL	8.45331	1-1	3
1	3.5	1DL+1LL	-2.0143	1-1	3.5
1	4	1DL+1LL	-12.51862	1-1	4
2	0	1DL+1LL	-6.1511	2-1	0
2	0.5	1DL+1LL	-5.08772	2-1	0.5
2	1	1DL+1LL	-4.06105	2-1	1
2	1.5	1DL+1LL	-3.07108	2-1	1.5
2	2	1DL+1LL	-2.11783	2-1	2
2	2.5	1DL+1LL	-1.2013	2-1	2.5
2	3	1DL+1LL	-0.32147	2-1	3
2	3.5	1DL+1LL	0.52165	2-1	3.5
2	4	1DL+1LL	1.32806	2-1	4
3	0	1DL+1LL	0.91829	3-1	0
3	0.5	1DL+1LL	0.84823	3-1	0.5
3	1	1DL+1LL	0.74145	3-1	1
3	1.5	1DL+1LL	0.59797	3-1	1.5
3	2	1DL+1LL	0.41778	3-1	2
3	2.5	1DL+1LL	0.20087	3-1	2.5
3	3	1DL+1LL	-0.05274	3-1	3
3	3.5	1DL+1LL	-0.34307	3-1	3.5
3	4	1DL+1LL	-0.67011	3-1	4
4	0	1DL+1LL	-0.10696	4-1	0
4	0.5	1DL+1LL	-0.01434	4-1	0.5
4	1	1DL+1LL	0.04156	4-1	1
4	1.5	1DL+1LL	0.06076	4-1	1.5
4	2	1DL+1LL	0.04324	4-1	2
4	2.5	1DL+1LL	-0.01098	4-1	2.5
4	3	1DL+1LL	-0.10192	4-1	3
4	3.5	1DL+1LL	-0.22957	4-1	3.5
4	4	1DL+1LL	-0.39393	4-1	4
5	0	1DL+1LL	-0.39393	5-1	0
5	2.5	1DL+1LL	0.04102	5-1	2.5
5	5	1DL+1LL	0.47597	5-1	5
6	0	1DL+1LL	-0.56315	6-1	0
6	2.5	1DL+1LL	-0.0027	6-1	2.5
6	5	1DL+1LL	0.55774	6-1	5
7	0	1DL+1LL	0.40977	7-1	0
7	2.5	1DL+1LL	0.2532	7-1	2.5

7	5	1DL+1LL	0.09663	7-1	5
8	0	1DL+1LL	-6.36752	8-1	0
8	2.5	1DL+1LL	-1.51938	8-1	2.5
8	5	1DL+1LL	3.32875	8-1	5
9	0	1DL+1LL	7.91197	9-1	0
9	2.5	1DL+1LL	2.22501	9-1	2.5
9	5	1DL+1LL	-3.46194	9-1	5
13	0	1DL+1LL	-0.19579	13-1	0
13	0.5	1DL+1LL	-0.0673	13-1	0.5
13	1	1DL+1LL	0.02447	13-1	1
13	1.5	1DL+1LL	0.07954	13-1	1.5
13	2	1DL+1LL	0.0979	13-1	2
13	2.5	1DL+1LL	0.07954	13-1	2.5
13	3	1DL+1LL	0.02447	13-1	3
13	3.5	1DL+1LL	-0.0673	13-1	3.5
13	4	1DL+1LL	-0.19579	13-1	4
14	0	1DL+1LL	-0.19579	14-1	0
14	0.5	1DL+1LL	-0.0673	14-1	0.5
14	1	1DL+1LL	0.02447	14-1	1
14	1.5	1DL+1LL	0.07954	14-1	1.5
14	2	1DL+1LL	0.0979	14-1	2
14	2.5	1DL+1LL	0.07954	14-1	2.5
14	3	1DL+1LL	0.02447	14-1	3
14	3.5	1DL+1LL	-0.0673	14-1	3.5
14	4	1DL+1LL	-0.19579	14-1	4
15	0	1DL+1LL	-0.19579	15-1	0
15	0.5	1DL+1LL	-0.0673	15-1	0.5
15	1	1DL+1LL	0.02447	15-1	1
15	1.5	1DL+1LL	0.07954	15-1	1.5
15	2	1DL+1LL	0.0979	15-1	2
15	2.5	1DL+1LL	0.07954	15-1	2.5
15	3	1DL+1LL	0.02447	15-1	3
15	3.5	1DL+1LL	-0.0673	15-1	3.5
15	4	1DL+1LL	-0.19579	15-1	4
16	0	1DL+1LL	-0.19579	16-1	0
16	0.5	1DL+1LL	-0.0673	16-1	0.5
16	1	1DL+1LL	0.02447	16-1	1
16	1.5	1DL+1LL	0.07954	16-1	1.5
16	2	1DL+1LL	0.0979	16-1	2
16	2.5	1DL+1LL	0.07954	16-1	2.5
16	3	1DL+1LL	0.02447	16-1	3
16	3.5	1DL+1LL	-0.0673	16-1	3.5
16	4	1DL+1LL	-0.19579	16-1	4



Units Tonf, mm, C ▾

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK

Combo : DSTL2
Units : Tonf, mm, C

Frame : 1 Design Sect: WF.281.94 x 262.363 x 17.272 x 28.2448
X Mid : 2000.000 Design Type: Beam
Y Mid : 0.000 Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 5000.000 Sect Class : Compact
Length : 4000.000 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 2000.000 RLLF : 1.000

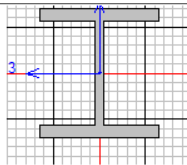
Area : 18706.150 SMajor : 1813898.813 rMajor : 116.925 AVMajor: 4876.870
IMajor : 255738412.00 SMinor : 648213.411 rMinor : 67.453 AVMinor: 12337.500
IMinor : 85110420.882 ZMajor : 2097941.122 E : 20.394
Ixy : 0.000 ZMinor : 988450.740 Fy : 0.025

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
2000.000	-3.628	23680.373	0.000	1.830	0.000	0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1b)	0.503	= 0.005	+ 0.497	+ 0.000	0.950	OK



Units KN, m, C ▾

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK

Combo : DSTL2
Units : KN, m, C

Frame : 7 Design Sect: WF.281.94 x 262.363 x 17.272 x 28.2448
X Mid : 6.000 Design Type: Beam
Y Mid : 0.000 Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 5.000 Sect Class : Compact
Length : 4.000 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 0.000 RLLF : 1.000

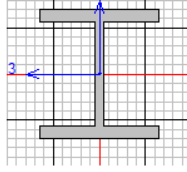
Area : 0.019 SMajor : 0.002 rMajor : 0.117 AVMajor: 0.005
IMajor : 2.557E-04 SMinor : 6.482E-04 rMinor : 0.067 AVMinor: 0.012
IMinor : 8.511E-05 ZMajor : 0.002 E : 200000000.00
Ixy : 0.000 ZMinor : 9.885E-04 Fy : 250000.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0.000	-5.171	-95.686	0.000	-32.773	0.000	0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1b)	0.203	= 0.000	+ 0.203	+ 0.000	0.950	OK



Units KN, m, C

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK

Combo : DSTL2
Units : KN, m, C

Frame : 8 Design Sect: WF.281.94 x 262.363 x 17.272 x 28.2448
X Mid : 10.000 Design Type: Beam
Y Mid : 0.000 Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 5.000 Sect Class : Compact
Length : 4.000 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 0.000 RLLF : 1.000

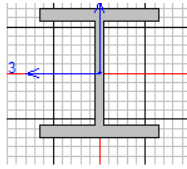
Area : 0.019 SMajor : 0.002 rMajor : 0.117 AVMajor: 0.005
IMajor : 2.557E-04 SMinor : 6.482E-04 rMinor : 0.067 AVMinor: 0.012
IMinor : 8.511E-05 ZMajor : 0.002 E : 200000000.00
Ixy : 0.000 ZMinor : 9.885E-04 Fy : 250000.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0.000	-6.154	15.151	0.000	2.753	0.000	0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1b)	0.033	= 0.000	+ 0.032	+ 0.000	0.950	OK



Units KN, m, C

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK

Combo : DSTL2
Units : KN, m, C

Frame : 9 Design Sect: WF.281.94 x 262.363 x 17.272 x 28.2448
X Mid : 14.000 Design Type: Beam
Y Mid : 0.000 Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 5.000 Sect Class : Compact
Length : 4.000 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 4.000 RLLF : 1.000

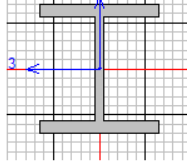
Area : 0.019 SMajor : 0.002 rMajor : 0.117 AVMajor: 0.005
IMajor : 2.557E-04 SMinor : 6.482E-04 rMinor : 0.067 AVMinor: 0.012
IMinor : 8.511E-05 ZMajor : 0.002 E : 200000000.00
Ixy : 0.000 ZMinor : 9.885E-04 Fy : 250000.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
4.000	-2.620	-5.808	0.000	4.709	0.000	0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1b)	0.013	= 0.000	+ 0.012	+ 0.000	0.950	OK



Units KN, m, C

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
 Combo : DSTL2
 Units : KN, m, C

Frame : 2 Design Sect: WF.281.94 x 262.363 x 17.272 x 28.2448
 X Mid : 16.000 Design Type: Column
 Y Mid : 0.000 Frame Type : Moment Resisting Frame
 Z Mid : 2.500 Sect Class : Compact
 Length : 5.000 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
 Loc : 5.000 RLLF : 1.000

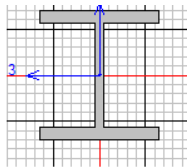
Area : 0.019 SMajor : 0.002 rMajor : 0.117 AVMajor: 0.005
 IMajor : 2.557E-04 SMinor : 6.482E-04 rMinor : 0.067 AVMinor: 0.012
 IMinor : 8.511E-05 ZMajor : 0.002 E : 200000000.00
 Ixy : 0.000 ZMinor : 9.885E-04 Fy : 250000.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
5.000	-13.349	7.292	0.000	-2.620	0.000	0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1b)	0.018	= 0.002	+ 0.015	+ 0.000	0.950	OK



Units KN, m, C

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
 Combo : DSTL2
 Units : KN, m, C

Frame : 6 Design Sect: WF.281.94 x 262.363 x 17.272 x 28.2448
 X Mid : 12.000 Design Type: Column
 Y Mid : 0.000 Frame Type : Moment Resisting Frame
 Z Mid : 2.500 Sect Class : Compact
 Length : 5.000 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
 Loc : 5.000 RLLF : 1.000

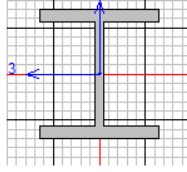
Area : 0.019 SMajor : 0.002 rMajor : 0.117 AVMajor: 0.005
 IMajor : 2.557E-04 SMinor : 6.482E-04 rMinor : 0.067 AVMinor: 0.012
 IMinor : 8.511E-05 ZMajor : 0.002 E : 200000000.00
 Ixy : 0.000 ZMinor : 9.885E-04 Fy : 250000.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
5.000	-20.509	8.778	0.000	-3.534	0.000	0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1b)	0.022	= 0.003	+ 0.019	+ 0.000	0.950	OK



Units KN, m, C

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
 Combo : DSTL2
 Units : KN, m, C

Frame : 5 Design Sect: WF.281.94 x 262.363 x 17.272 x 28.2448
 X Mid : 8.000 Design Type: Column
 Y Mid : 0.000 Frame Type : Moment Resisting Frame
 Z Mid : 2.500 Sect Class : Compact
 Length : 5.000 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
 Loc : 0.000 RLLF : 1.000

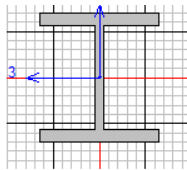
Area : 0.019 SMajor : 0.002 rMajor : 0.117 AVMajor: 0.005
 IMajor : 2.557E-04 SMinor : 6.482E-04 rMinor : 0.067 AVMinor: 0.012
 IMinor : 8.511E-05 ZMajor : 0.002 E : 200000000.00
 Ixy : 0.000 ZMinor : 9.885E-04 Fy : 250000.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0.000	28.614	6.430	0.000	0.983	0.000	0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1b)	0.017	= 0.003	+ 0.014	+ 0.000	0.950	OK



Units KN, m, C

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
 Combo : DSTL2
 Units : KN, m, C

Frame : 4 Design Sect: WF.281.94 x 262.363 x 17.272 x 28.2448
 X Mid : 4.000 Design Type: Column
 Y Mid : 0.000 Frame Type : Moment Resisting Frame
 Z Mid : 2.500 Sect Class : Compact
 Length : 5.000 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
 Loc : 0.000 RLLF : 1.000

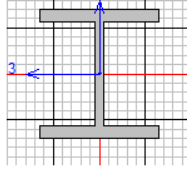
Area : 0.019 SMajor : 0.002 rMajor : 0.117 AVMajor: 0.005
 IMajor : 2.557E-04 SMinor : 6.482E-04 rMinor : 0.067 AVMinor: 0.012
 IMinor : 8.511E-05 ZMajor : 0.002 E : 200000000.00
 Ixy : 0.000 ZMinor : 9.885E-04 Fy : 250000.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0.000	-361.708	-99.856	0.000	-30.412	0.000	0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1b)	0.272	= 0.061	+ 0.212	+ 0.000	0.950	OK



Units KN, m, C

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK

Combo : DSTL2
Units : KN, m, C

Frame : 3 Design Sect: WF.281.94 x 262.363 x 17.272 x 28.2448
X Mid : 0.000 Design Type: Column
Y Mid : 0.000 Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 2.500 Sect Class : Compact
Length : 5.000 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 0.000 RLLF : 1.000

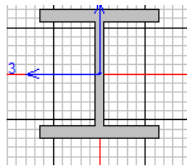
Area : 0.019 SMajor : 0.002 rMajor : 0.117 AVMajor: 0.005
IMajor : 2.557E-04 SMinor : 6.482E-04 rMinor : 0.067 AVMinor: 0.012
IMinor : 8.511E-05 ZMajor : 0.002 E : 200000000.00
Ixy : 0.000 ZMinor : 9.885E-04 Fy : 250000.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0.000	-293.050	123.771	0.000	35.583	0.000	0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1b)	0.312	= 0.049	+ 0.262	+ 0.000	0.950	OK



Units KN, m, C

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK

Combo : DSTL1
Units : KN, m, C

Frame : 11 Design Sect: WF.281.94 x 262.363 x 17.272 x 28.2448
X Mid : 2.000 Design Type: Beam
Y Mid : 0.000 Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 0.000 Sect Class : Compact
Length : 4.000 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 4.000 RLLF : 1.000

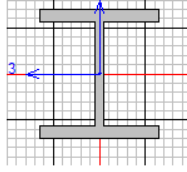
Area : 0.019 SMajor : 0.002 rMajor : 0.117 AVMajor: 0.005
IMajor : 2.557E-04 SMinor : 6.482E-04 rMinor : 0.067 AVMinor: 0.012
IMinor : 8.511E-05 ZMajor : 0.002 E : 200000000.00
Ixy : 0.000 ZMinor : 9.885E-04 Fy : 250000.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
4.000	0.000	-2.688	0.000	4.032	0.000	0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1b)	0.006	= 0.000	+ 0.006	+ 0.000	0.950	OK



Units KN, m, C

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK

Combo : DSTL1
Units : KN, m, C

Frame : 12 Design Sect: WF.281.94 x 262.363 x 17.272 x 28.2448
X Mid : 6.000 Design Type: Beam
Y Mid : 0.000 Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 0.000 Sect Class : Compact
Length : 4.000 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 4.000 RLLF : 1.000

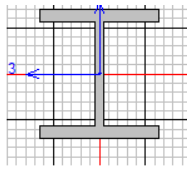
Area : 0.019 SMajor : 0.002 rMajor : 0.117 AVMajor: 0.005
IMajor : 2.557E-04 SMinor : 6.482E-04 rMinor : 0.067 AVMinor: 0.012
IMinor : 8.511E-05 ZMajor : 0.002 E : 200000000.00
Ixy : 0.000 ZMinor : 9.885E-04 Fy : 250000.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
4.000	0.000	-2.688	0.000	4.032	0.000	0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1b)	0.006	= 0.000	+ 0.006	+ 0.000	0.950	OK



Units KN, m, C

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK

Combo : DSTL1
Units : KN, m, C

Frame : 13 Design Sect: WF.281.94 x 262.363 x 17.272 x 28.2448
X Mid : 10.000 Design Type: Beam
Y Mid : 0.000 Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 0.000 Sect Class : Compact
Length : 4.000 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 4.000 RLLF : 1.000

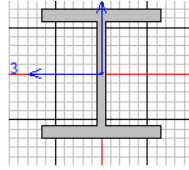
Area : 0.019 SMajor : 0.002 rMajor : 0.117 AVMajor: 0.005
IMajor : 2.557E-04 SMinor : 6.482E-04 rMinor : 0.067 AVMinor: 0.012
IMinor : 8.511E-05 ZMajor : 0.002 E : 200000000.00
Ixy : 0.000 ZMinor : 9.885E-04 Fy : 250000.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
4.000	0.000	-2.688	0.000	4.032	0.000	0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1b)	0.006	= 0.000	+ 0.006	+ 0.000	0.950	OK



Units KN, m, C

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK

Combo : DSTL1
Units : KN, m, C

Frame : 10 Design Sect: WF.281.94 x 262.363 x 17.272 x 28.2448
X Mid : 14.000 Design Type: Beam
Y Mid : 0.000 Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 0.000 Sect Class : Compact
Length : 4.000 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 4.000 RLLF : 1.000

Area : 0.019 SMajor : 0.002 rMajor : 0.117 AVMajor: 0.005
IMajor : 2.557E-04 SMinor : 6.482E-04 rMinor : 0.067 AVMinor: 0.012
IMinor : 8.511E-05 ZMajor : 0.002 E : 200000000.00
Ixy : 0.000 ZMinor : 9.885E-04 Fy : 250000.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
4.000	0.000	-2.688	0.000	4.032	0.000	0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1b)	0.006	= 0.000	+ 0.006	+ 0.000	0.950	OK

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Butar, 31 Agustus 1993, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDN Butar, SMP Santa Maria Kabanjahe dan SMAN 1 Plus Matauli Pandan. Setelah lulus dari SMAN tahun 2012, Penulis melanjutkan kuliah D3 Jurusan Teknik Bangunan Kapal di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) dan mengambil S1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Penulis diterima di ITS melalui Lintas Jalur pada tahun 2016 dan terdaftar dengan NRP 421 5106 019. Selama masa perkuliahan, penulis aktif. Pada tahun 2018 penulis menyelesaikan studi Strata-1 di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.