TUGAS AKHIR (610502A)

ANALISA PERHITUNGAN KEKUATAN STRUKTUR PONDASI *WINDLASS* PADA KAPAL *HARBOUR TUG* DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

FADHL ALHAKIM

NRP. 0117040059

DOSEN PEMBIMBING

AANG WAHIDIN, S.T., M.T.

KHARIS ABDULLAH S.T., M.T.

PROGRAM STUDI D4 TEKNIK PERANCANGAN DAN KONSTRUKSI KAPAL

JURUSAN TEKNIK BANGUNAN KAPAL

POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

SURABAYA

2021

TUGAS AKHIR (610502A)

ANALISA PERHITUNGAN KEKUATAN STRUKTUR PONDASI *WINDLASS* PADA KAPAL *HARBOUR TUG* DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

FADHL ALHAKIM

NRP. 0117040059

DOSEN PEMBIMBING :

AANG WAHIDIN, S.T., M.T.

KHARIS ABDULLAH S.T., M.T.

PROGRAM STUDI D4 TEKNIK PERANCANGAN DAN KONSTRUKSI KAPAL
JURUSAN TEKNIK BANGUNAN KAPAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
SURABAYA
2021

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

ANALISA KEKUATAN STRUKTUR PONDASI *WINDLASS* PADA KAPAL *HARBOUR TUG* DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Disusun Oleh:
Fadhl Alhakim
NRP. 0117040059

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan
Program Studi Teknik Perancangan Dan Konstruksi Kapal
Jurusan Teknik Bangunan Kapal
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

Disetujui oleh Tim penguji Tugas Akhir Tanggal Ujian : 03 September 2021
Periode Wisuda : 2020/2021
Menyetujui,

Dosen Penguji	NIDN	Tanda Tangan
1. Tri Tiyasmihadi S.T., M.T.	(0018066204)	(.....)
2. Devina Puspita S., S.T., M.T.	(0015098801)	(.....)
3. Aang Wahidin S.T., M.T.	(0012087205)	(.....)
4. Kharis Abdullah S.T., M.T.	(0030129201)	(.....)

Dosen Pembimbing	NIDN	Tanda Tangan
1. Aang Wahidin S.T., M.T.	(0012087205)	(.....)
2. Kharis Abdullah S.T., M.T.	(0030129201)	(.....)

Menyetujui
Ketua Jurusan,

Ruddianto S.T,. M.T.
NIP. 196910151995011001

Mengetahui
Koordinator Program Studi,

Tri Tiyasmihadi S.T., M.T.
NIP. 196206181988031001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

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

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Fadhl Alhakim

NRP. : 0117040059

Jurusan/Prodi : Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal/Teknik Bangunan Kapal

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

Tugas Akhir yang akan saya kerjakan dengan judul :

ANALISA KEKUATAN STRUKTUR PONDASI *WINDLASS* PADA KAPAL *HARBOUR TUG* DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

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

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh tanggung jawab.

Surabaya, 13 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan,

(Fadhl Alhakim)

NRP. 0117040059

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ANALISA KEKUATAN STRUKTUR PONDASI *WINDLASS* PADA KAPAL *HARBOUR TUG* DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Fadhl Alhakim

ABSTRAK

Kapal *Harbour Tug* saat ini sedang dibangun di salah satu galangan dan dilengkapi dengan fasilitas pendukung, salah satunya fasilitas *Windlass*,dimana pada galangan tersebut kekurangan referensi perhitungan manual dan referensi ukuran lainnya sebagai alternative. Sehingga penulis mengambil topik analisa kekuatan pondasi *windlass* untuk membantu memberikan refernsi perhitungan manual, variasi ukuran profil serta perkiraan biaya pembuatan profil tersebut.Pada analisa kekuatan pondasi *windlass* ini perlu diperhatikan bahwa ukuran profil dapat mempengaruhi ketahanan serta biaya yang digunakan untuk pembuatan profil itu sendiri. Oleh karena itu pengerjaan tugas akhir ini menggunakan metode elemen hingga, dan juga membandingkan ukuran profil dari sisi biaya dan kekuatan sesuai dengan *rules* BKI ,dengan bantuan *software* Autocad 2017 dan Ansys 19.2.Pada perhitungan manual untuk mencari profil T didapat nilai 25.21 kN/m^2 pada pembebanan di bagian haluan geladak dan untuk nilai modulusnya sebesar 243,258 cm3 maka direncarakan profil 240x14~ dan 100x14~ (T) .Analisis dilakukan dengan membuat 3 variasi ukuran pondasi *tower* untuk membandingkan hasil yang paling efektif. Meninjau hasil analisis yang dilakukan, ukuran pondasi yang dipilih yaitu 150x14~ dan 100x14~ (T). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan maksimum, nilai *safety factor* dan deformasi nya memenuhi serta lebih murah dari segi biaya dimana perkiraan biaya nya sekitar Rp 16.918.797,00 .

Kata Kunci: *Harbour tug*, *windlass*, efisien.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ANALYSIS OF STRUCTURAL STRENGTH OF WINDLASS FOUNDATIONS ON HARBOR TUG SHIP WITH FINISH ELEMENT METHOD

Fadhl Alhakim

ABSTRACT

The Harbor Tug ship is currently being built in one of the shipyards and is equipped with supporting facilities, one of which is the Windlass facility, where the shipyard lacks manual calculation references and other size references as alternatives. So the author takes the topic of windlass foundation strength analysis to help provide a reference for manual calculations, variations in profile sizes and the estimated cost of making the profile. In the analysis of the strength of the windlass foundation, it should be noted that the size of the profile can affect the durability and costs used for the manufacture of the profile itself. Therefore, this final project uses the finite element method, and also compares the size of the profile in terms of cost and strength according to BKI rules, with the help of Autocad 2017 and Ansys 19.2 software. In manual calculations to find the T profile, the value of 25.21 kN/m² is obtained in the loading at the bow of the deck and for the modulus value of 243.258 cm3 then profiles are planned for 240x14~ and 100x14~ (T). The analysis is carried out by making 3 variations of the size of the tower foundation to compare the results. the most effective. Based on the results of the analysis carried out, the selected foundation sizes are 150x14~ and 100x14~ (T). The results showed that the maximum stress, the value of the safety factor and the deformation were adequate and cheaper in terms of cost where the estimated cost was around Rp. 16,918,797,00.

Keywords: Harbor tug, windlass, efficient.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas akhir yang berjudul "ANALISA PERHITUNGAN KEKUATAN PONDASI *WINDLASS* DENGAN METODE ELEMEN HINGGA" ini dibuat untuk memenuhi syarat kelulusan bagi mahasiswa Program Studi Diploma IV Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

Tugas akhir ini tidak akan dapat terselesaikan tanpa bantuan dan bimbingan dari beberapa pihak, oleh karenanya penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Eko Julianto, M. Sc. FRINA. selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
2. Bapak Ruddianto, S.T., M.T., MRINA. selaku Ketua Jurusan Teknik Bangunan Kapal
3. Bapak Tri Tiyasmihadi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi D4 - Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal
4. Bapak Agung Prasetyo Utomo, S.Pd., M.T selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
5. Bapak Aang Wahidin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang senantiasa sabar dalam membimbing, dan selalu memberikan masukan kepada penulis.
6. Bapak Kharis Abdullah S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 yang senantiasa sabar dalam membimbing, dan selalu memberikan masukan kepada penulis.
7. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Oleh karena itu penulis berharap kritik dan saran yang membangun terkait dengan penulisan tugas akhir ini agar dapat melakukan hal yang lebih baik di masa yang akan datang. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan digunakan sebagaimana semestinya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **iii**
PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT ..... **v**
ABSTRAK ..... **vii**
ABSTRACT ..... **ix**
KATA PENGANTAR ..... **xi**
DAFTAR ISI ..... **xiii**
DAFTAR TABEL ..... **xvii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xix**

BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang **1**
1.2 Perumusan Masalah **2**
1.3 Tujuan **2**
1.5 Batasan Masalah **3**

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Kapal *Harbour Tug* **5**
2.2 *Windlass* **5**
2.2.1 Pondasi Windlass 7
2.2.2 Sistem mesin jangkar model baru (*WINDLASS*) 7
2.2.3. Jenis-jenis Penggerak mesin jangkar *(Windlass)* 9
a. *Windlass* dengan penggerak tenaga uap 9
b. *Windlass* dengan penggerak tenaga listrik 10
c. *Windlass* dengan penggerak elektrohidrolik 10
2.3 Sistem Konstruksi **10**
2.3.1 Sistem konstruksi melintang 11
2.3.2 Sistem konstruksi memanjang 13
2.3.3 Sistem konstruksi kombinasi 15
2.4 Tegangan **17**
2.4.1 Tegangan ijin 17

2.4.2 Tegangan *von misses* 18
2.5 Beban 18
2.5.1 Beban statis 18
2.5.2 Beban Dinamis 19
2.6 *Safety Factor* 19
2.8 Metode Elemen Hingga 20
2.9 *Software* Desain 23
2.9.1 AutoCAD 2017 23
2.9.2 Ansys 24

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 27
3.1 Diagram Alur 27
3.2 Identifikasi Masalah 28
3.3 Studi Literatur 28
3.4 Pengumpulan Data 28
3.5 Perhitungan 28
3.6 Permodelan di Autocad dan Analisa di Ansys 28
3.7 Pembuatan Alternatif Design 29

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 31
4.1 Ukuran Pondasi Windlass 31
4.1.1 Data Kapal 31
4.1.2 Perhitungan Konstruksi 31
4.1.2.1 Panjang Konstruksi 32
4.1.2.3 Perencanaan Beban 33
4.1.2.4 Beban pada geladak cuaca 34
4.1.2.5 Perhitungan Modulus 35
4.1.2.6 Perhitungan T Profil 36
4.1.3 Permodelan Pondasi di AutoCAD 37
4.1.4 Alternatif Design 38
4.2 Simulasi dan Analisi dengan Ansys 38
4.2.1.1 Jenis Material 38
4.2.1.2 Boundary Condition 39
4.2.1.3 Pembebanan 40

4.2.1.4 *Meshing* 41
4.2.1.5 Simulasi 42
4.2.2 Hasil Simulasi 42
4.2.2.1 Nilai Tegangan ijin 42
4.2.2.2 Nilai *Safety factor* 47
4.2.2.3 Nilai Deformasi 52
4.2.3 Pemilihan Desain sesuai Kriteria 56
4.3 Biaya Pembuatan Profil 59

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 63
5.1 Kesimpulan 63
5.2 Saran 64

DAFTAR PUSTAKA 65
LAMPIRAN 63

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 *Principal dimension*.....30
Tabel 4.2 data ukuran utama kapal 30
Tabel 4.3 Perencanaan beban 32
Tabel 4.4 Perhitungan profil T 35
Tabel 4.5 *Boundary Condition* 37
Tabel 4.6 rekapitulasi analisa stress dan safety factor pada *Rated Pulling capacity* 55
Tabel 4.7 rekapitulasi analisa deformasi pada *Rated Pulling capacity*.....55
Tabel 4.8 rekapitulasi analisa *stress* dan *safety factor* pada *Overload Pulling capacity* 56
Tabel 4.8 rekapitulasi analisa *stress* dan *safety factor* pada *Overload Pulling capacity* 56
Tabel 4.9 rekapitulasi analisa deformasi pada *Overload Pulling capacity* 56
Tabel 4.10 perhitungan biaya profil ukuran 240 x 14 57
Tabel 4.11 perhitungan biaya profil ukuran 350 x 14 58
Tabel 4.12 perhitungan biaya profil ukuran 200 x 14 58

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tug Harbour 5
Gambar 2.2 Windlass&Mooring Winch 7
Gambar 2.3 Pondasi *Windlass* 8
Gambar 2.4 Horizontal *Windlass* 9
Gambar 2.5 Vertikal Windlass 10
Gambar 2.6 Midship Section Transverse Framing System General Cargo 15
Gambar 2.7 3D Konstruksi memanjang oil tanker 15
Gambar 2.8 Midship Section Konstruksi Kombinasi Oil Tanker 17
Gambar 2.9 3D Konstruksi Kombinasi Oil Tanker 17
Gambar 2.10 Beban Statis 20
Gambar 2.11 Beban Dinamis 20
Gambar 2.12 Tampilan AutoCAD 2017 25
Gambar 2.13 Tampilan Ansys 26
Gambar 4.1 **Profil T** 34
Gambar 4.2 Tampak atas 35
Gambar 4.3 Tampak Bawah 36
Gambar 4.4 ***Engineering data*** 37
Gambar 4.5 ***Overload Pulling capacity*** 39
Gambar 4.6 ***Meshing*** 40
Gambar 4.7 **Alternatif desain 1** ***Rated Pulling Capacity Stress*** 41
Gambar 4.8 **Alternatif desain 2** ***Rated Pulling Capacity Stress*** 42
Gambar 4.9 **Alternatif desain 3** ***Rated Pulling Capacity Stress*** 42
Gambar 4.10 **Alternatif desain 4** ***Rated Pulling Capacity Stress*** 43
Gambar 4.11 **Alternatif desain 1** ***Overload Pulling Capacity Stress*** 43
Gambar 4.12 **Alternatif desain 2** ***Overload Pulling Capacity Stress*** 44
Gambar 4.13 **Alternatif desain 3** ***Overload Pulling Capacity Stress*** 44
Gambar 4.14 **Alternatif desain 4** ***Overload Pulling Capacity Stress*** 45
Gambar 4.15 **Alternatif desain 1** ***Rated Pulling Capacity Safety factor*** 46
Gambar 4.16 **Alternatif desain 2** ***Rated Pulling Capacity Safety factor*** 47
Gambar 4.17 **Alternatif desain 3** ***Rated Pulling Capacity Safety factor*** 47
Gambar 4.18 **Alternatif desain 4** ***Rated Pulling Capacity Safety factor*** 48

Gambar 4.19 **Alternatif desain 1** ***Overload Capacity Safety factor*** **.....48**
Gambar 4.20 **Alternatif desain 2** ***Overload Capacity Safety factor*** **.....49**
Gambar 4.21 **Alternatif desain 3** ***Overload Capacity Safety factor*** **.....49**
Gambar 4.22 **Alternatif desain 4** ***Overload Capacity Safety factor*** **.....50**
Gambar 4.23 **Alternatif desain 1** ***Rated Pulling Capacity Deformation*** **.....51**
Gambar 4.24 **Alternatif desain 2** ***Rated Pulling Capacity Deformation*** **.....51**
Gambar 4.25 **Alternatif desain 3** ***Rated Pulling Capacity Deformation*** **.....52**
Gambar 4.26 **Alternatif desain 4** ***Rated Pulling Capacity Deformation*** **.....52**
Gambar 4.27 **Alternatif desain 1** ***Overload Pulling Capacity Deformation*** **.....53**
Gambar 4.28 **Alternatif desain 2** ***Overload Pulling Capacity Deformation*** **.....53**
Gambar 4.29 **Alternatif desain 3** ***Overload Pulling Capacity Deformation*** **.....54**
Gambar 4.30 **Alternatif desain 4** ***Overload Pulling Capacity Deformation*** **.....54**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tugboat mempunyai peranan penting untuk melakukan maneuver atau pergerakan seperti menarik atau mendorong kapal lainnya di pelabuhan maupun lautan lepas.Salah satu jenis dari *tugboat* sendiri adalah *Harbour Tug*, *Harbour Tugs* ini sendiri digunakan di pelabuhan, perairan dalam dan daerah pesisir. Selain harbour tugs jenis lain dari tugboat antara lain *Seagoing Tug* yang memiliki Fungsi dan peran untuk menarik atau mendorong kapal yang tidak memiliki alat penggerak sendiri. Dan juga *Escort Tug* yang digunakan untuk mengawal kapal besar disepanjang bagian berbahaya.

Kapal *Harbour Tug* saat ini sedang dibangun di salah satu galangan dan dilengkapi dengan fasilitas pendukung, salah satunya fasilitas *Windlass*.Analisa kekuatan *Windlass* ini sendiri adalah permintaan dari galangan dikarenakan galangan tidak memiliki kalkulasi perhitungan kekuatan windlass tersebut, tujuan dari analisa perhitungan pondasi *windlass* ini sendiri adalah untuk mencari ukuran profil yang lebih effisien dari segi biaya dan berat, galangan sendiri ingin mencari alternatif ukuran pondasi agar lebih untung dari segi biaya. *Windlass* dibutuhkan untuk kapal Tunda, dimana *windlass* merupakan alat yang digunakan untuk menarik dan menurunkan jangkar, biasanya dipakai juga untuk menambatkan tali pada saat kapal merapat dermaga. Pada pembuatan bangunan baru, galangan kapal harus merencanakan penempatan *Windlass* diatas kapal dan harus memperhatikan banyak aspek untuk menjamin operasionalnya, salah satunya konstruksi pondasi *Windlass*. Mengingat beban yang diterima pondasi crane relatif lebih besar akibat pembebanan dari rantai dan jangkar untuk melakukan kegiatan *docking* di dermaga. Sehingga diperlukan kekuatan struktur dari *forecastle deck* yang optimal dan ukuran yang efisien untuk menopang beban *windlass*.

Setiap kapal baru yang dibangun harus memiliki data analisis kekuatan struktur deck. Data tersebut bisa digunakan sebagai data pembanding atau literature jika ada kapal serupa yang akan dibangun. Berdasarkan permasalahan tersebut,

penulis akan melakukan analisis terhadap kekuatan struktur deck akibat pergantian pondasi windlass. Analisis dilakukan dengan memberikan variasi ukuran pondasi windlass sehingga didapatkan ukuran yang sesuai dengan regulasi yang berlaku, serta melihat bagaimana pengaruh terhadap konstruksi di sekitar deck.

1.2 Perumusan Masalah

Dari hasil penjelasan latar belakang yang telah ditulis diatas, bahwa rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana hasil perhitungan modulus profil pondasi *windlass* sesuai *rules* BKI ?
2. Bagaimana distribusi tegangan dan deformasi yang terjadi pada konstruksi pondasi windlass dalam kondisi pembebanan *Overload pulling capacity* dan *Rated pulling capacity* ?
3. Bagaimana alternative desain konstruksi pondasi *windlass* yang paling optimal untuk kapal harbour tug tersebut dan perkiraan biaya pembuatan profilnya?

1.3 Tujuan

Dari rumusan masalah yang telah dijelaskan diatas, tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui hasil perhitungan modulus profil pondasi *windlass* sesuai *rules* BKI
2. Untuk mengetahui tegangan dan deformasi yang terjadi pada konstruksi pondasi windlass dalam kondisi pembebanan *Overload pulling capacity* dan *Rated pulling capacity*
3. Untuk menegtahui alternative desain konstruksi pondasi *windlass* yang paling optimal untuk kapal harbour tug tersebut dan perkiraan biaya pembuatan profil nya

1.4 Manfaat Penelitian

Terdapat beberapa manfaat yang bias diambil dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Mahasiswa
    - Menambah wawasan mengenai suatu cara perhitungan pada profil pondasi *windlass* beserta simulasi dari 2 variasi pembebanan dan alternatif desain pondasi *windlass* yang optimal untuk digunakan di kapal *tug harbour*.
2. Bagi Perguruan Tinggi
    - Menambah bahan literatur mengenai perhitungan dan analisa tentang pondasi *windlass*
3. Bagi Industri
    - Membantu pihak galangan untuk mendapat kalkulasi dan hasil analisa kekuatan pondasi *windlass* dari berbagai variable pembebanan dan memberi referensi untuk menentukan ukuran profil yang optimal.

1.5 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas dalam laporan tugas akhir ini lebih focus, maka peneliti memberikan Batasan. Di bawah ini merupakan Batasan masalah yang digunakan:

1. Regulasi yang digunakan adalah Biro Klasifikasi Indonesia vol.II 2017.
2. Pemodelan geometri menggunakan software AutoCAD 2017..
3. Analisis dengan metode elemen hingga menggunakan software Ansys
4. Pemodelan 3D dilakukan pada konstruksi *support deck* nomor 47-54.
5. Material yang digunakan untuk desain awal adalah A36
6. Pengaruh pengelasan diabaikan.
7. Tidak melakukan *reverse drawing* untuk *windlass*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal *Harbour Tug*

Kapal *Harbour Tug* adalah kapal yang dirancang khusus untuk melakukan manuver atau pergerakan, yang memiliki fungsi utamanya adalah menarik atau mendorong kapal lainnya di pelabuhan. Kapal *Harbour Tug* juga dapat untuk menarik tongkang, kapal rusak, dan peralatan lainnya di pelabuhan. Di area pelabuhan, kapal ini memiliki tujuan utama untuk menjamin keamanan maksimum dan menghindari kemungkinan kecelakaan dan tabrakan dengan struktur, daratan, atau kapal lain. Di sejumlah besar negara, menggunakan kapal tunda pelabuhan selama manuver masuk dan keluar pelabuhan adalah wajib bagi kapal besar.

Harbour Tugs ini mempunyai ukuran yang lebih kecil bila dibandingkan dengan Sea Going Tugs. Perbandingan rasio lebar dan panjangnya juga tinggi karena dibutuhkan untuk draft yang rendah. Harbor Tugs hanya diawaki oleh sedikit kru yakni Kapten dan Kelasi. Jumlah Tugboat dalam pelabuhan bervariasi tergantung dari insfrastruktur pelabuhan dan jenis Tugboat.

Gambar 2.1 Tug Harbour Transko (Penulis, 2021)

Dapat dilihat pada gambar 2.1 adalah kapalah *Tug Harbour* yang sedang dibangun pada galangan.

2.2 *Windlass*

Secara umum jangkar dan rantai jangkar dioperasikan dengan *windlass*, walaupun ada beberapa kasus dioperasikan dengan capstan. Fungsi dari mesin jangkar / windlass adalah sebagai alat yang dipasang dikapal guna keperluan

mengangkat dan mengulurkan jangkar dan rantai jangkar melalui tabung jangkar (hawse pipe). Ada banyak jenis mesin jangkar sesuai dengan penggeraknya, posisi porosnya beserta jenis penempatan (Horizontal & Vertical) dan pabrik pembuatnya.

Windlass mempunyai kemampuan untuk mengangkat jangkar pada kecepatan rata-rata 5-6 fathoms/menit dari kedalaman 30-60 fathoms. Fathoms adalah satuan ukuran dalamnya air, 1 fathoms = 1.8288 meter (Konsep Dasar Kapal 2 SMK). Setiap kapal niaga pelayaran besar selalu dilengkapi dengan windlass yang dijalankan dengan uap, listrik atau hidrolik (biasanya untuk derek tunggal.

Mesin jangkar harus ditempatkan pada geladak haluan kapal agar lebih memudahkan pengoperasian penurunan dan penaikan jangkar. Pemasangan mesin jangkar di geladak kapal, plat geladak didaerah pondasi mesin jangkar harus diperkuat dengan penebalan plat serta konstruksi pondasi yang kuat. Mesin jangkar harus dilengkapi dengan sistem rem. Rem ini berfungsi untuk memperlambat putaran poros dan memberhentikan penurunan rantai jangkar dan jangkar.

Apabila mesin jangkar/windlass dilengkapi dengan chain stopper yang terpasang kuat pada forecastle deck, maka alat ini harus memiliki kemampuan beban putus 80% dari beban putus rantai. Apabila chain stopper tidak terpasang maka mesin jangkar harus dapat menahan tarikan dengan beban putus 80% beban putus rantai dengan tanpa adanya deformasi pada peralatannya juga slip pada sistim pengeremannya.

Pemilihan windllas dapat dilihat dari segi ukurannya tergantung dari beberapa hal antara lain ;

- Ukuran kapal
- Service dari kapal
- Kerugian akibat gesekan dari hawspipe (30%-40%)

Gambar 2.2 Windlass&Mooring Winch (*http://en.masada.cn*, 2021).

2.2.1 Pondasi Windlass

Pondasi pada kapal adalah suatu bagian dari bangunan yang berhubungan langsung dengan konstruksi badan kapal, dan berfungsi untuk mendistribusikan beban ke konstruksi badan kapal. Pondasi windlass adalah konstruksi yang paling penting pada suatu kapal, karena pondasi windlass berfungsi sebagai penahan seluruh beban yang berada di atasnya dan gaya-gaya dari luar. Dalam struktur apapun, beban yang terjadi baik disebabkan oleh berat sendiri ataupun akibat beban rencana harus disalurkan ke dalam suatu lapisan pendukung dalam hal ini adalah konstruksi badan kapal yang ada dibawah struktur tersebut. Dapat dilihat pada gambar 2.3 adalah pondasi windlass pada sister ship dan Arrangement drawing nya**.**

Gambar 2.3 Pondasi *Windlass* (Penulis, 2021).

2.2.2 Sistem mesin jangkar model baru (*WINDLASS*)

Mesin jangkar digunakan untuk menarik atau menurunkan jangkar pada saat lego jangkar. Tipe mesin jangkar menurut peletakannya digeladak

ada dua tipe yaitu horizontal *windlass* yang kebanyakan dipasang pada kapal barang dan tanker dan vertikal wind lass yang banyak dipasang pada kapal penumpang dan kapal peran (SONNY MULAKSONO, 2013).
Pengertiannya seperti berikut:

a). Windlass berporos horizontal

Peralatan ini terdiri dari motor berarus searah, wild cat dimana kecepatannya dapat diatur, dilengkapi alat pemutus arus searah bila terjadi beban lebih agar motor listrik tidak terbakar. Juga dilengkapi kepala penggulung tali tambat dan alat untuk mendukung kecepatan dengan menggunakan arus searah. *Horizontal Windlass* adalah tipe *windlass* yang mempunyai poros (poros dari *wildcat, gearbox* utama, dan *gypsy head*) yang *horizontal* dengan dek kapal. *Windlass horizontal* digerakan oleh motor hidrolik dan motor listrik ataupun oleh mesin uap. *Windlass* jenis ini lebih murah dalam pemasangannya tapi dibutuhkan perawatan yang lebih sulit karena permesinannya yang berada diatas dek dan terkena langsung dengan udara luar dan gelombang yang lebih rentan terhadap korosi

Gambar 2.4 Tampak depan dari *Horizontal Windlass* (Rizaldhi, 2019)

b.) Windlass berporos vertikal

Prinsip kerja windlass ini pada dasarnya sama dengan wind lass berporos horizontal dan alat pengunci wild cat menggunakan tenaga manual. Mesin banyak digunakan pada kapal perang karena mesin mudah dipelihara, kontrol rantai saat diturunkan mudah. *Vertikal windlass* adalah tipe *windlass* yang mempunyai sumbu poros dari *wildcat* yang arahnya *vertikal* terhadap deck kapal. Biasanya motor

penggerak dilengkapi gigi, rem dan permesinan lain yang letaknya dibawah dek cuaca dan hanya *wildca*t dan alat control saja yang berada diatas dek cuaca. Hal itu memberikan keuntungan, yaitu terlindunginya permesinan dari cuaca. Keuntungan lainnya adalah mengurangi masalah dari *relative deck defleksion* dan menyerdehanakan instalasi dan pelurusan dari *windlass*. Untuk menggulung tali tambat *(warping)*, sebuah capstan disambungkan pada poros utama diatas *windlass*. *Windlass vertikal* mempunyai fleksibilitas yang tinggi dalam menarik jangkar dan pengaturan *mooring*.

Gambar 2.5 *Vertikal Windlass* yang telah terpasang. (Rizaldhi, 2019)

2.2.3. Jenis-jenis Penggerak mesin jangkar *(Windlass)*

Adapun penggerak mesin jangkar menurut sumber tenaga dibagi atas tiga yaitu:

a. *Windlass* dengan penggerak tenaga uap

Jenis *windlass* ini dapat digunakan pada kapal tanker karena kapal ini dilengkapi dengan boiler Bantu untuk menghasilkan uap. Penggerak ini sangat menguntungkan karena uap mempunyai resiko kebakaran yang kecil dan juga dapat digunakan sebagai pemadam kebakaran dan pada pembersihan tangki. Akan tetapi instalasi pipa dan peletakan mesin penggerak ini membutuhkan banyak tempat di geladak dan kerjanya bersuara berisik.

b. *Windlass* dengan penggerak tenaga listrik

Jenis *windlass* ini banyak digunakan pada kapal-kapal modern kecuali kapal-kapal yang mengangkut muatan yang memiliki resiko mudah terbakar atau meledak akibat percikan api dari listrik. Peralatan ini tidak berisik dalam kerjanya dan tidak membutuhkan banyak tempat di geladak akil dan geladak dalam kondisi bersih.

c. *Windlass* dengan penggerak elektrohidrolik

Penggerak windlass yang menggunakan mesin hidrolik memakai arus bolak-balik. Mesin ini diletakkan pada geladak di bawah wind lass. Tenaga diisi oleh motor listrik berkecepatan tetap. Peralatan ini terdiri dari motor listrik, pompa torak hidrolik, motor hidrolik, poros dan roda gigi, kepala penggulung tali tambat, wild cat, pompa pengeluaran minyak hidrolik, roda tangan dan katup relief.

2.3 Sistem Konstruksi

Komponen struktur dasar kapal adalah panel pelat kaku. Yang dapat berupa panel pelat datar atau panel pelat melengkung. Seluruh struktur konstruksi kapal pada dasarnya merupakan perakitan/*assembly* dari panelpanel pelat kaku. Pelat-pelat tersebut terlebih dahulu dibuat di pabrik. Sebelum di distribusikan ke galangan kapal dalam bentuk lembaran pelat berbentuk persegi panjang dengan ukuran standard yang sudah siap dirangkai sebagai struktur konstruksi kapal. Struktur konstruksi kapal meliputi bagian dari dasar kapal/*keel*, lambung, hingga *superstructure*. Perancangan struktur sistem kerangka/konstruksi kapal dibedakan dalam dua jenis utama yaitu sistem kerangka melintang (*transverse framing system*) dan sistem membujur atau memanjang (*longitudinal framing system*). Dari sistem utama ini maka dikenal pula sistem kombinasi (*combination/mixed framing system*).

Seluruh struktur konstruksi kapal dibuat dengan menggunakan sistem melintang, atau bisa juga hanya bagian-bagian tertentu saja yaitu seperti bagian-bagian yang dirasa akan menahan beban yang lebih besar dibandingkan bagian yang lain maupun sebaliknya (misalnya kamar mesin dan/atau ceruk-ceruk) yang dibuat

dengan sistem melintang, sedangkan daerah utama (misalnya ruang muat dan/atau superstruktur) dengan menggunakan sistem membujur atau kombinasi, atau seluruhnya dibuat dengan menggunakan sistem membujur. Penentuan penggunaan system konstruksi suatu kapal dapat ditentukan dari berbagai macam faktor. Seperti; ukuran kapal (dalam hal ini panjangnya sehubungan dengan kebutuhan akan kekuatan memanjang), selain itu jenis/fungsi kapal juga dapat dijadikan sebagai dasar dalam menentukan sistem konstruksi yang akan digunakan oleh suatu kapal.

Untuk membedakan apakah suatu kapal, atau bagian dari kapal dari badan kapal dibuat dengan menggunakan sistem melintang atau membujur dapat dilihat pada panel-panel pelatnya (panel pelat adalah bidang pelat yang dibatasi oleh penumpu-penumpunya). Jika sisi pelat yang panjang mengarah sesuai arah hadap kapal maka dapat dipastikan sistem yang dipakai pada bagian yang bersangkutan adalah sistem konstruksi melintang. Sebaliknya jika sisi pelat yang pendek mengarah sesuai arah hadap kapal maka bagian kapal tersebut menggunakan sistem konstruksi membujur. Untuk sistem konstruksi kombinasi diartikan bahwa alas dan geladak dibuat dengan menggunakan sistem membujur, sedangkan sisi-sisi kapal dibuat dengan sistem konstruksi melintang.

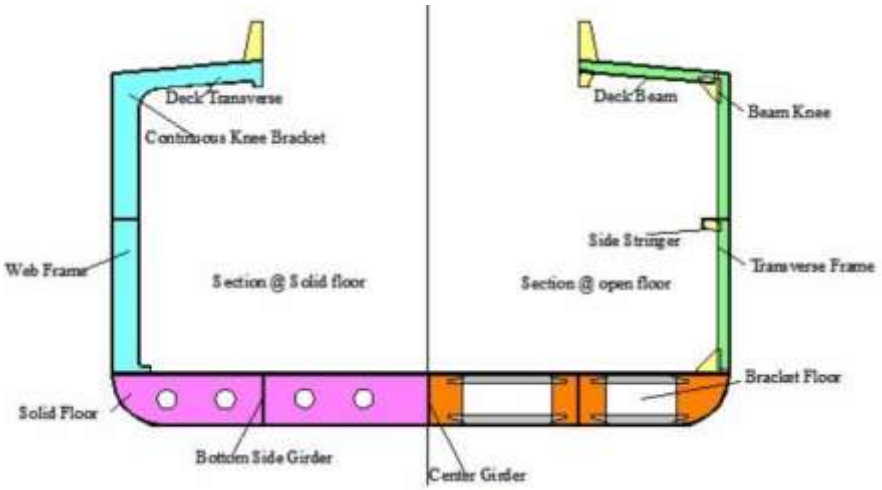
2.3.1 Sistem konstruksi melintang

Sistem konstruksi melintang biasanya cenderung digunakan untuk kapal yang memiliki ukuran kecil dan kapal selam, karena beban lentur hidrostatik dan memanjang (*longitudinal bending*) tidak begitu besar. Dalam sistem ini gading-gading (*frame*) dipasang *vertical* (mengikuti bentuk *body plan*) dengan jarak (*spacing*), ke arah memanjang kapal, satu sama lain yang rapat (sekitar antara 500 mm – 1000 mm, tergantung panjang kapal).

Pada geladak, dari geladak cuaca hingga rumah geladak, dipasang balok-balok geladak (*deck beam*) dengan jarak antara yang sama seperti jarak antara gading-gading. Pada setiap ujung masing-masing balok geladak ditumpu oleh gading-gading yang terletak sama vertikal. Sedangkan pada

alas dipasang wrang-wrang dengan jarak yang sama seperti jarak antara gading-gading. Sehinggga, masing-masing gading, wrang, dan balok geladak seperti membentuk sebuah rangkaian yang saling berhubungan dan terletak pada satu bidang vertikal yang sama. Jadi, sepanjang kapal berdiri rangkaian-rangkaian (*frame ring*) ini dengan jarak antara yang rapat seperti yang disebutkan diatas. Rangkaian ini hanya tidak ada apabila pada tempat yang sama telah dipasang sekat melintang atau rangkaian lain, yaitu gading-gading besar.

Gading-gading besar (*web frame*) adalah gading-gading yang mempunyai bilah (*web*) yang sangat besar (dibandingkan dengan bilah gading-gading utama). Ujung-ujung gading besar ini dihubungkan dengan balok geladak yang mempunyai bilah yang juga besar (*web beam*). Gading-gading besar ini biasanya dapat kita jumpai di ruang mesin, tetapi dapat juga dijumpai di dalam ruang muat bila memang diperlukan sebagai tambahan penguat melintang. Tergantung kebutuhan, gading-gading besar demikian ini umumnya dipasang dengan jarak antara sekitar 3 – 5 m. Gadinggading (biasa maupun besar), balok-balok geladak (besar maupun biasa) merupakan unsur-unsur penguatan melintang badan kapal. Contoh gambar *Midship Section Transverse Framing System General Cargo* seperti pada gambar 2.6 berikut:



Gambar 2.6 Midship Section Transverse Framing System General Cargo (Ship Construction Lecture., Dr. Khaled Atua, 2015)

Kelebihan sistem konstruksi melintang

1) Menghasilkan konstruksi yang sederhana.
2) Mudah dalam pembangunan.
3) Dengan adanya gading-gading (*web frame*), memberikan kekuatan melintang kapal yang baik.

Kekurangan sistem konstruksi melintang

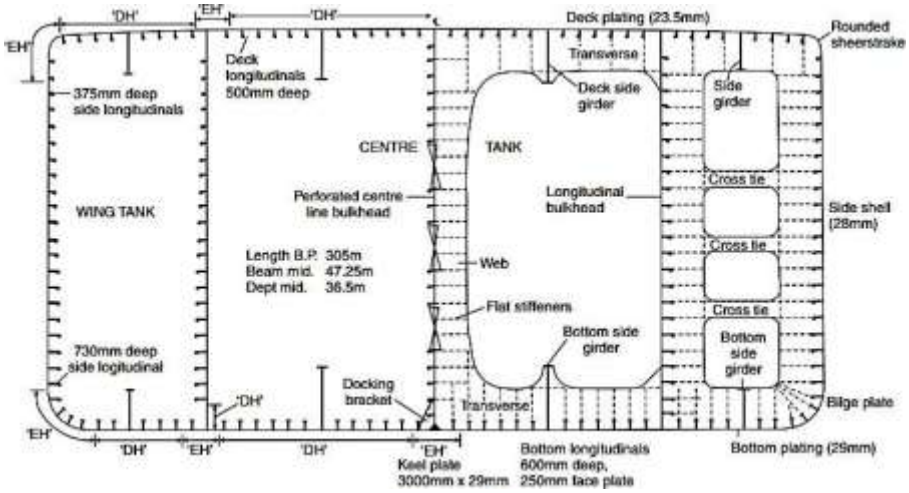
1) Karena tidak adanya balok memanjang yang terpotong, maka modulus penanpang melintang kapal adalah kecil dimana balok-balok memanjang hanyalah pelat geladak, dasar ganda dan kulit dasar serta penumpu tengah yang tak terpotong dan penumpu geladak.
2) Kestabilan pelat kulit lebih kecil.
3) Diperuntukkan pada kapal-kapal berukuran pendek yang mana kekuatan membujur kapal tidak terlalu besar.

2.3.2 Sistem konstruksi memanjang

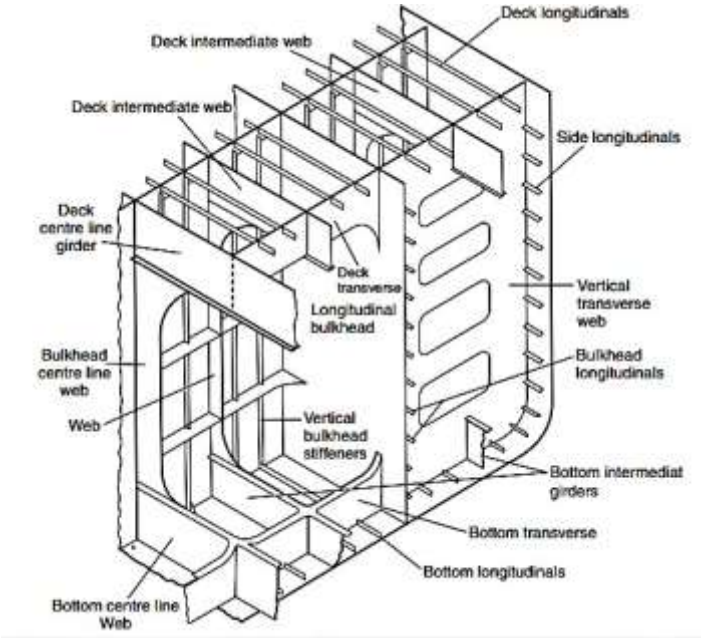
Dalam sistem konstruksi ini gading-gading utama tidak dipasang secara vertikal, tetapi dipasang secara membujur pada sisi kapal dengan jarak antara, sekitar 600 mm – 1000 mm. gadinggading yang berada pada sisi kapal dinamakan pembujur sisi (*side longitudinal*). Pada setiap jarak tertentu (sekitar 3 – 5 m) dipasang gading-gading besar, sebagaimana gading-gading besar pada sistem konstruksi melintang, yang disebut pelintang sisi (*side transverse*).

Pada alas bagian dalam dipasang juga dipasang pembujur seperti pembujur sisi di atas dengan jarak antara yang sama seperti jarak antara pembujur-pembujur sisi. Pembujur-pembujur ini dinamakan pembujur alas (*bottom longitudinal*) dan pada alas bagian dalam dinamakan pembujur alas dalam (*inner bottom longitudinal*). Pada bagian alas juga dipasang *wrang-wrang*, dan dihubungkan dengan pelintang sisi. Tetapi, pada umumnya tidak di setiap pelintang sisi, tetapi bisa juga setiap dua pelintang sisi atau lebih. *Wrang-wrang* pada sistem konstruksi ini juga bisa disebut pelintang alas (*bottom transverse*).

Penggunaan penumpu tengah dan penumpu sisi juga sama seperti sistem konstruksi melintang. Pada geladak juga dipasang pembujur-pembujur seperti halnya pembujur-pembujur yang lain tersebut diatas. Pembujur-pembujur ini dinamakan pembujur geladak (*deck longitudinal*). Balok-balok geladak dengan bilah yang besar dipasang pada setiap pelintang sisi dan disebut pelintang geladak (*deck transverse*). Dengan demikian terlihat bahwa sistem konstruksi memanjang, komponen-komponen kerangka yang dipasang membujur jumlahnya jauh lebih banyak daripada sistem konstruksi melintang. Contoh gambar *midship section* konstruksi memanjang *Oil Tanker* seperti pada gambar 2.6 dan untuk gambar 3D Konstruksi memanjang *oil tanker* seperti pada gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7 Midship Section Konstruksi Memanjang Oil Tanker (Ship Contruction., D.J.Eyres Fifth Edition, 2001)



Gambar 2.8 3D Konstruksi memanjang oil tanker (Ship contruction., D.J.Eyres Fifth Edition, 2001)

Kelebihan sistem konstruksi membujur

1) Dengan adanya balok-balok pembujur yang menerus, akan memperbesar modulus penampang melintang.

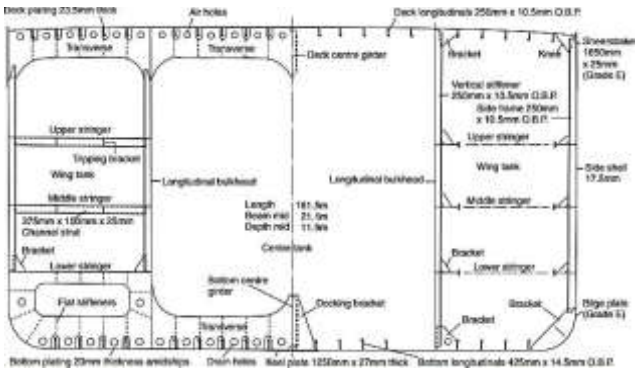
2) Balok-balok pembujur pada pelat dasar memberikan kekakuan pada konstruksi tersebut.

3) Kekurangan sistem konstruksi membujur yaitu sulit dalam pembangunannya.

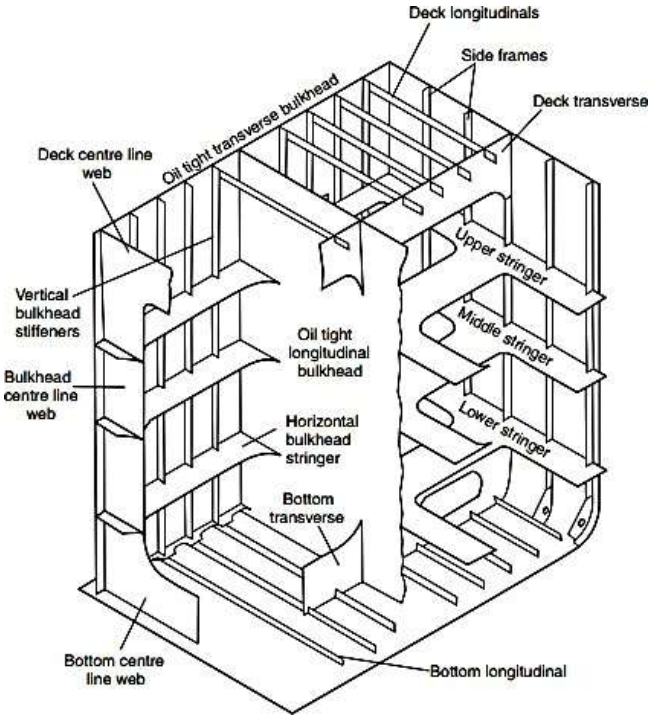
2.3.3 Sistem konstruksi kombinasi

Sistem konstruksi kombinasi dapat diartikan sistem konstruksi melintang dan sistem konstruksi memanjang dipakai secara bersama-sama dalam badan kapal. Dalam sistem ini geladak dan alas dibuat menggunakan sistem konstruksi memanjang, sedangkan pada bagian sisinya menggunakan sistem konstruksi melintang. Jadi, pada bagian sisinya diperkuat dengan adanya gading-gading melintang dengan jarak antara yang rapat seperti halnya sistem konstruksi melintang. Sedangkan, pada bagian alas dan geladaknya diperkuat dengan pembujur-pembujur. Dengan

demikian maka dalam mengikuti peraturan klasifikasi (*rules*) sisisisi kapal sesuai dengan ketentuan yang berlaku untuk sistem konstruksi melintang. Sedangkan pada bagian alas dan geladaknya mengikuti ketentuan yang berlaku untuk sistem membujur, terutama untuk hal-hal yang diperlukan secara terpisah. Contoh gambar *midship section* konstruksi kombinasi *oil tanker* seperti pada gambar 2.8 dan 3D konstruksi kombinasi *oil tanker* pada gambar 2.9 berikut:



Gambar 2.9 Midship Section Konstruksi Kombinasi Oil Tanker (Ship contruction., D.J.Eyres Fifth Edition, 2001)



Gambar 2.10 3D Konstruksi Kombinasi Oil Tanker (Ship Contruction., D.J.Eyres Fifth Edition, 2001)

Kelebihan sistem konstruksi kombinasi

1) Dengan adanya balok-balok pembujur yang menerus, akan memperbesar modulus penampang melintang.

2) Balok-balok pembujur pada pelat dasar memberikan kekakuan pada konstruksi tersebut.

Kekurangan sistem konstruksi membujur yaitu sulit dalam pembangunannya.

2.4 Tegangan

Menurut Jatmiko (2011), pada umumnya tegangan adalah intensitas gaya yang bekerja pada luas yang kecil tak hingga pada sebuah potongan dan terdiri dari bermacam-macam besaran dan arah. Tegangan dibagi menjadi dua macam, yaitu tegangan normal dan tegangan geser. Tegangan normal adalah tegangan yang bekerja secara tegak lurus pada permukaan benda. Tegangan geser adalah tegangan yang bekerja sejajar dengan permukaan benda. Untuk menghitung tegangan digunakan persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{2.1}$$

σ = Tegangan (N/mm^2)

F = Gaya (Newton)

A = Luas Permukaan (mm^2)

Dalam praktek keteknikan intensitas gaya tersebut diuraikan menjadi tegak lurus dan sejajar dengan irisan yang sedang dianalisis. Penguraian intensitas gaya ini dapat disebut dengan tegangan normal.

2.4.1 Tegangan ijin

Menurut Jatmiko (2011), tegangan ijin adalah tegangan yang terjadi akibat pembebanan yang berlangsung tak terbatas lamanya pada suatu elemen, tanpa mengakibatkan terjadinya kepatahan maupun perubahan bentuk yang menuju ke kerusakan. Suatu struktur akan dikatakan aman

apabila struktur tersebut mampu menahan beban sesuai dengan perancangannya.

2.4.2 Tegangan *von misses*

Tegangan *von misses* merupakan kombinasi dari semua komponen tegangan, terdiri dari tegangan normal pada tiga sumbu, dan tegangan geser, yang bereaksi pada tempat tertentu. Tegangan *von misses* yang menghasilkan nilai di atas *yield strength* material maka material tersebut akan memberikan respon kekuatan sebesar nilai *yield strength* material itu sendiri. Apabila *tegangan von misses* menghasilkan nilai melebihi *ultimate strength* maka material akan pecah (Hoque, 2016).

2.5 Beban

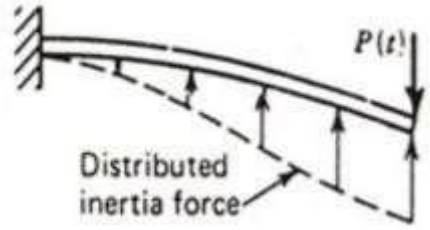
2.5.1 Beban statis

Menurut Frick (1978), beban yang bekerja secara terusmenerus pada suatu struktur. Beban statis juga diasosiasikan dengan beban-beban yang secara perlahan-lahan timbul serta mempunyai variabel besaran yang bersifat tetap (*steady states*). Dengan demikian, jika suatu beban mempunyai perubahan intensitas yang berjalan cukup perlahan sedemikian rupa sehingga pengaruh waktu tidak dominan, maka beban tersebut dapat dikelompokkan sebagai beban statik (*static load*). Defleksi dari struktur akibat beban statik akan mencapai puncaknya jika beban ini mencapai nilainya yang maksimum. Beban statis pada umumnya dapat dibagi lagi menjadi beban mati, beban hidup, dan beban khusus, yaitu beban yang diakibatkan oleh penurunan pondasi atau efek temperatur. Pada Gambar 2.10 bisa dilihat beban tetap yang ditumpu suatu struktur. Beban tersebut tidak berubah – ubah berdasarkan waktu.

Gambar 2.10 Beban Statis (Frick, 1978)

2.5.2 Beban Dinamis

Menurut Frick (1978), beban dinamis adalah beban yang bekerja secara tiba-tiba pada struktur. Pada umumya, beban ini tidak bersifat tetap (*unsteady-state*) serta mempunyai karakterisitik besaran dan arah yang berubah dengan cepat. Defleksi pada struktur akibat beban dinamik ini juga akan berubah-ubah secara cepat. Pada Gambar 2.11 bisa dilihat bahwa benda tersebut diberi beban dinamis atau beban yang bervariasi terhadap waktu.



Gambar 2.11 Beban Dinamis (Frick, 1978)

2.6 *Safety Factor*

Menurut Hidayat (2017), *safety factor* adalah faktor yang digunakan untuk mengetahui aman tidaknya suatu material untuk digunakan setelah material tersebut mendapat gaya ataupun beban. Nilai safety factor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$SF = \frac{\sigma ultimate}{\sigma actual} \qquad (2.2)$$

dengan:

SF = *Safety Factor* (ul)

$\sigma_{ultimate}$ = tegangan batas (MPa)

σ_{actual} = tegangan yang terjadi sesungguhnya (MPa)

Pada persamaan 2.4 bisa diketahui cara mencari nilai safety factor dimana *σ ultimate* adalah tegangan batas yang terjadi akibat gaya yang bekerja pada suatu benda, sedangkan *σ actual* adalah tegangan yang terjadi sesungguhnya. Perbandingan ini harus lebih besar dari 1 (satu). Jika faktor keamanan terlalu kecil,

maka kecenderungan gagal akan lebih besar dan struktur tersebut akan tidak dapat diterima. Jika faktor tersebut terlalu besar, maka struktur tersebut akan menggunakan bahan yang lebih banyak dan mungkin juga tidak cocok untuk fungsinya (misalnya, struktur menjadi terlalu berat).

2.7 Deformasi

Deformasi dalam mekanika kontinuum adalah transformasi sebuah benda dari kondisi semula ke kondisi terkini. Makna dari "kondisi" dapat diartikan sebagai serangkaian posisi dari semua partikel yang ada di dalam benda tersebut.

Regangan adalah bagian dari deformasi, yang dideskripsikan sebagai perubahan relatif dari partikel-partikel di dalam benda yang bukan merupakan benda kaku. Definisi lain dari regangan bisa berbeda-beda tergantung pada bidang apa istilah tersebut digunakan atau dari dan ke titik mana regangan terjadi.

Dalam benda kontinu, bidang yang terdeformasi dihasilkan dari tegangan yang diaplikasikan akibat adanya gaya atau pemuaian di dalam benda. Hubungan antara tegangan dan regangan diekspresikan sebagai persamaan konstitutif, seperti hukum Hooke mengenai elastisitas linear. Benda yang terdeformasi dapat kembali ke kondisi semula setelah gaya yang diaplikasikan dilepas, dan itu disebut sebagai deformasi elastis. Namun ada juga deformasi tidak dapat dikembalikan meski gaya telah dilepas, yang disebut dengan deformasi plastis, yang terjadi ketika benda telah melewati batas elastis atau *yield* dan merupakan hasil dari slip atau mekanisme dislokasi pada tingkat atom. deformasi *viscous* atau deformasi viskoelastisitas Dalam kasus deformasi elastis, fungsi respon yang terkait dengan regangan terhadap tegangan dijelaskan dalam ekspresi tensor hukum Hooke.

2.8 Metode Elemen Hingga

Metode Elemen Hingga adalah metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan problem matematis dari suatu gejala phisis (Susatio, 2004). Tipe masalah teknis dan matematis phisis yang dapat diselesaikan

diselesaikan dengan metode elemen hingga terbagi dalam dua kelompok, yaitu kelompok analisa struktur dan kelompok masalah-masalah non struktur.

Metode elemen hingga telah digunakan secara luas untuk menyelesaikan berbagai persoalan mekanika dengan geometri yang komplek. Beberapa hal yang membuat metode ini favorit adalah karena secara komputasi sangat efisien, memberikan solusi yang cukup akurat terhadap permasalahan yang kompleks dan untuk beberapa permasalahan metode ini mungkin adalah satu-satunya cara, tetapi karena analisis elemen hingga merupakan alat untuk simulasi maka desain yang sebenarnya diidealisasikan dengan kualitas model desain.

Menurut Popov (1978) metode elemen hingga adalah sebuah metode yang menggunakan pendekatan numerik untuk menganalisis sebuah struktur untuk mendapatkan solusi pendekatan dari suatu masalah.

Pada dasarnya, langkah awal pada setiap simulasi menggunakan elemen hingga adalah membagi (*to discretize*) geometri dari struktur sesungguhnya menggunakan sekumpulan elemen-elemen yang berhingga. Sekumpulan titik nodal dan suatu elemen hingga disebut dengan *mesh*. Banyaknya elemen per satuan panjang, area, atau pada suatu *mesh* disebut dengan *mesh density*. Pada suatu analisis *static* mekanika benda padat (*solid*), perpindahan (*displacement*) dari titik nodal adalah variable dasar yang akan dikalkulasi oleh analis (dengan bantuan perangkat lunak). Tegangan, regangan, gaya dalam, serta gaya luar dapat ditentukan setelah perpindahan pada setiap titik nodal diketahui. Suatu analisis menggunakan elemen hingga merupakan analisis pendekatan sehingga hasil yang di dapatkan bukanlah suatu hasil analisis/tepat. Terdapat ketidaksesuaian (*error*) dari hasil yang di dapat dengan hasil yang seharusnya. Namun terdapat suatu batasan yang dapat ditoleransi sehingga hasil dari analisis menggunakan elemen hingga dapat dinyatakan valid. Perumusan suatu kondisi struktur ditentukan oleh penurunanpenurunan dari teori-teori yang ada. Dalam metode elemen hingga, terdapat beberapa cara penurunan rumusan perhitungan tersebut, yaitu :

a.) Metode Kekakuan Langsung (*Direct Stiffness Method*)

b.) Prinsip Kerja Semu (*Virtual Work Principles*) atau bisa juga disebut dengan Prinsip Energi Potensial Minimum (*Minimum Potential Energy Principles*)

c.) Prinsip Tegangan Semu (*Virtual Stress Principles*) atau bisa juga disebut dengan Prinsip Energi Komplementer Minimum (*Minimum Complementary Energy*)

d.) Prinsip Energy Potensial Termodifikasi (*Modified Potential Energy Principles*)

e.) Prinsip Energi Komplementer Termodifikasi (*Modified Complementary Energy Principles*) 6) Prinsip Variasi Reissner.

Persamaan metode elemen hingga secara umum adalah sebagai berikut:

$$\{f\} = [k]\{d\}$$

dimana: {f} = Matrik gaya

[k] = Matrik kekakuan

{d} = Matrik Defleksi

Analisis kekuatan dengan metode elemen hingga digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan maksimum (*maximum stress*) yang dibandingkan dengan nilai tegangan ijin (*permissible stress*) sesuai dengan standar regulasi. Menurut Rizzuto (2010), sangatlah memungkinkan untuk menggunakan program komputer untuk melakukan analisis dengan metode elemen hingga yang dikenal dengan FEA (*Finite Element Analysis*). Dengan adanya metode ini dapat dilakukan analisis keseluruhan badan kapal secara utuh. Tujuan dari penggunaan metode elemen hingga ini adalah untuk mendapatkan perhitungan yang akurat terhadap respon tegangan dari kapal.

Beberapa tingkatan dalam pemodelan elemen hingga dapat digunakan dalam analisis seperti berikut:

1 *Global Stiffness Model*

2 Cargo hold model

3 *Frame and girder model*

4 *Local structure model*

5 *Stress concentration model*

2.9 *Software* Desain

2.9.1 AutoCAD 2017

Menurut Fadli (2015), AutoCAD adalah perangkat lunak CAD (*Computer Aided Design*) untuk menggambar teknik baik 2 dimensi dan 3 dimensi. Software ini dikembangkan oleh perusahaan bernama *Autodesk*. AutoCad digunakan oleh berbagai jurusan seperti teknik perkapalan, teknik permesinan, teknik sipil, teknik arsitektur, desainer interior dan lain – lain.

AutoCAD merupakan varian utama produk Autodesk dan ideal untuk digunakan oleh arsitek dan teknisi desain profesional (Reza, 2017).

Kelebihan utamanya adalah :

1. Desain yang lebih maju dan *tool* yang lengkap.
2. Pemodelan 3D yang *powerful*.
3. Kostumisasi alur kerja dengan Pertukaran Aplikasi.

Format data asli AutoCAD, DWG dan yang lebih tidak popular, format data yang bisa dipertukarkan (*interchange file format*) DXF, secara *de facto* menjadi standart data CAD. Pada era modern ini AutoCAD sudah mendukung DWF, sebuah format yang diterbitkan dan dipromosikan oleh *AutoDesk* untuk mempublikasikan data CAD. Tampilan AutoCAD 2017 seperti pada gambar 2.12 berikut:

Gambar 2.12 Tampilan AutoCAD 2017 (Penulis, 2021)

2.9.2 Ansys

ANSYS adalah program paket yang dapat memodelkan elemen hingga untuk menyelesaikan masalah yang berhubungan dengan mekanika, termasuk di dalamnya masalah statik, dinamik, analisis struktural (baik linier maupun nonlinier), masalah perpindahan panas, masalah fluida dan juga masalah yang berhubungan dengan akustik dan elektromagnetik. Secara umum penyelesaian elemen hingga menggunakan ANSYS dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu :

a. Preprocessing: pendefinisian masalah

Langkah umum dalam preprocessing terdiri dari (i) mendefinisikan keypoint/lines/areas/volume, (ii) mendefinisikan tipe elemen dan bahan yang digunakan/sifat geometrik, dan (iii) mesh lines/areas/volumes sebagaimana dibutuhkan. Jumlah detil yang dibutuhkan akan tergantung pada dimensi daerah yang dianalisis, ie.,1D, 2D, axisymetric dan 3D.

b. Solution: assigning loads, constraints, and solving

Di sini, perlu menentukan beban (titik atau tekanan), constraints (translasi dan rotasi) dan kemudian menyelesaikan hasil persamaan yang telah diset.

c. Postprocessing: further processing and viewing of the results

Dalam bagian ini pengguna mungkin dapat melihat (i) daftar pergeseran nodal, (ii) gaya elemen dan momentum, (iii) plot deflection dan (iv) diagram kontur tegangan (stress) atau pemetaan suhu.

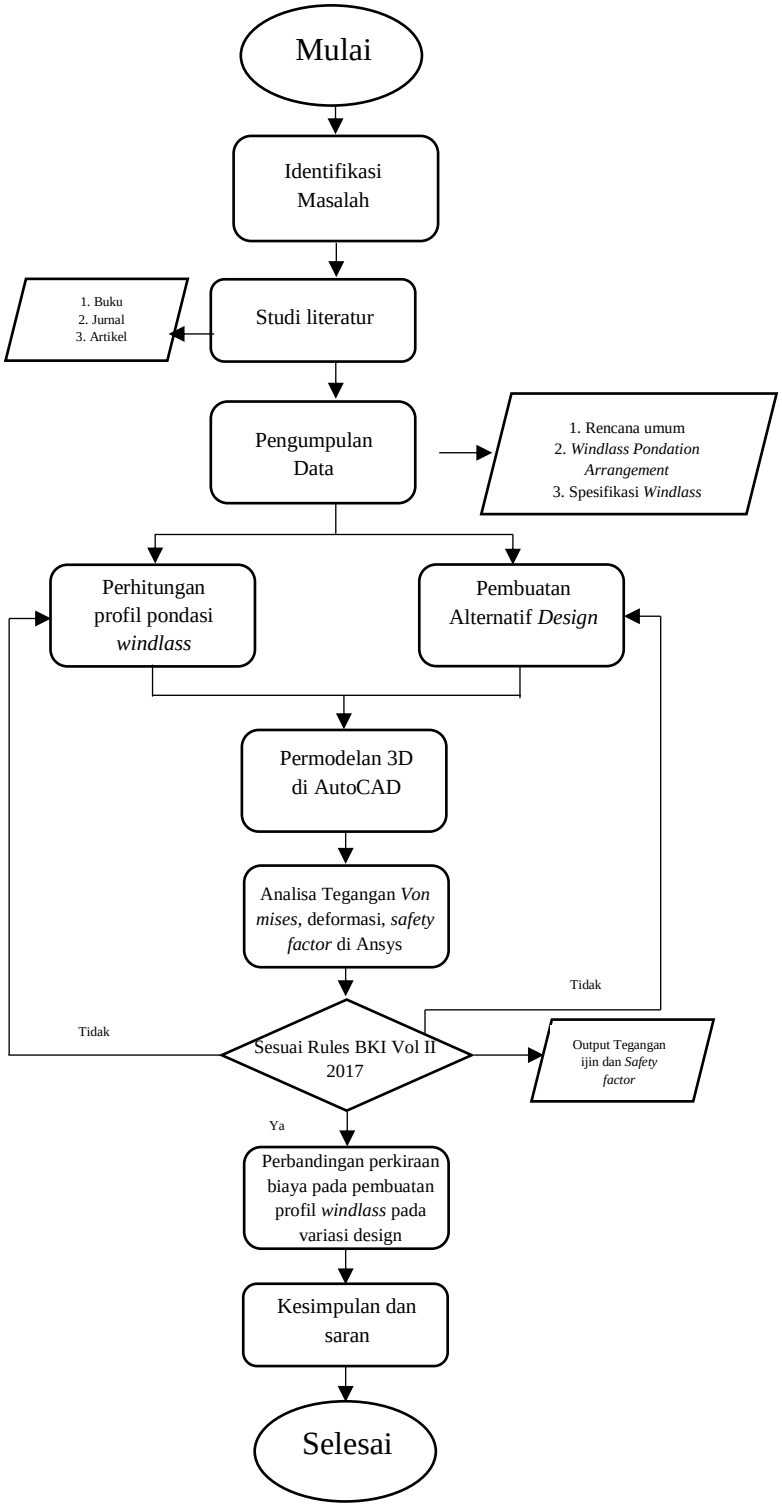
Gambar 2.13 Tampilan Ansys (docs.rescale.com)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alur



3.2 Identifikasi Masalah

Pada tahap identifikasi awal bertujuan untuk memaparkan latar belakang masalah yang diangkat dalam penelitian, rumusan masalah sebagai bahan penelitian, menetapkan tujuan yang hendak dicapai, menjelaskan manfaat dari penelitian bagi beberapa pihak, dan menentukan asumsi serta batasan masalah dari masalah yang diteliti.

3.3 Studi Literatur

Literatur yang akan digunakan dalam penelitian ini berupa buku-buku sumber referensi seperti: Rule and regulation klasifikasi kapal, buku-buku penunjang, artikel, majalah, koran, dan sumber-sumber lainnya yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam mendesain dan menganalisa sebuah kapal wisata ramah lingkungan bagi kota Surabaya.

3.4 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dan pencarian data actual. Data yang didapat secara langsung maupun tidak langsung dengan melakukan pengamatan melalui berbagai sumber informasi. Data dijadikan sebagai acuan sebagai tahap perumusan dan perancangan.

3.5 Perhitungan

Pada tahap ini dilakukan Perhitungan manual pada pondasi *windlass*. Perhitungan dimulai dengan menghitung modulus profil pada area pondasi *windlass* tepatnya untuk frame 48-53 dengan menggunakan *rules* BKI kemudian menentukan ukuran dari profil tersebut. Gambar dari sister ship dipakai sebagai baham validasi dari ukuran profil.

3.6 Permodelan di Autocad dan Analisa di Ansys

Pada tahap ini merupakan tahap analisis teknis simulasi dari Model pondasi windlass. Untuk permodelan 3D dikerjakan di Autocad sementara untuk analisa model tersebut menggunakan Ansys. Output dari Ansys sendiri berupa simiulasi dari tegangan dan deformasi pada windlass tersebut dan angka dari Tegangan izin dan Safety factor, kemudian angka tersebut dibandingkan dengan rules BKI apakah melebihi nilai maksimum atau tidak.

3.7 Pembuatan Alternatif Design

Tahap ini adalah *additional* dimana Tugas akhir ini memberi rekomendasi pada galangan, Rekomendasi tersebut berupa ukuran pondasi yang berbeda dari yang awal, Tujuannya adalah memberi gambaran pondasi untuk ukuran yang lebih efisien dari segi berat maupun biaya. Alternatif design ini juga akan dianalisa pada software Ansys dengan *output* yang sama dengan design awal.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Ukuran Pondasi Windlass

Ukuran pondasi *windlass* yang dipakai pada tugas akhir ini adalah 4,39 m (panjang) x 5,448 m (lebar). ukuran tersebut diambil berdasarkan perusahaan pembuat *windlass* yang dipakai oleh untuk desain awal pondasi *windlass*, untuk penguat pada pondasi ini terdapat profil T, profil L dan juga *bracket*. Untuk ukuran profil T tersebut akan dihitung pada tugas akhir ini.

4.1.1 Data Kapal

Data kapal yang dibutuhkan dalam penyelesaian tugas akhir ini meliputi beberapa data seperti ukuran utama kapal (*Principal Dimension*), gambar rencana umum (*General Arrangement*) dan spesifikasi *windlass* yang digunakan. Gambar rencana umum dan spesifikasi dijelaskan pada lampiran tugas akhir ini dan untuk data ukuran utama kapal (*Principal Dimension*) dijelaskan pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 *Principal Dimension*

Data Ukuran Utama Kapal	
Length Overall (LOA)	33,36 m
Length Between Perpendicular (LBP)	28,45 m
Breadth (B)	10,5 m
Depth (H)	5,2 m
Draft (T)	4 m
Speed (Vs)	12 Knots

Sumber : Penulis, 2021

4.1.2 Perhitungan Konstruksi

Perhitungan ini bertujuan untuk menemukan nilai modulus dari profil pondasi *windlass*. Dengan perhitungan sebagai berikut :

Table 4.2 data ukuran utama kapal

UKURAN - UKURAN UTAMA KAPAL					
Lpp	=	33.36	T	=	4.00
Lwl	=	33.36	Cb	=	0.54
B	=	10.50	Vs	=	6.00
H	=	5.20			

Sumber : Penulis,2021

4.1.2.1 Panjang Konstruksi

Berdasarkan BKI Vol II 2017 : *Rules for Hull*, Jarak pada garis musim panas dari depan linggi buritan (garis sumbu tongkat kemudi), jika tidak ada linggi kemudi L tidak boleh kurang dari 96% LwL $\leq$ L $\leq$ 97% LwL.

L Konstruksi (Lc) : 96% LwL = 32.0256 meter

L Konstruksi (Lc) : 97% LwL = 32.3592 meter

Lc diambil 32.3 m

4.1.2.2 Beban geladak Permesinan Haluan

Pembebanan pada permesinan geladak dapat dihitung sesusai *Rules* BKI *Section* 4 – *Design Loads* point 3.2. dimana av adalah acceleration factor.

$P = 8.(1 + av)$

$av = F.M$ = 2,151165311 *kN/m*^{2}

Dimana

$F = 0{,}11.(\frac{V0}{L^{\frac{1}{2}}})$ = 0,230481998

$m = 1 + \left(\frac{m0+1}{0{,}3}\right).\left(\frac{X}{L}\right)$ = 9,333333333

V_0 = 12.000 knot

Sehingga $P = 8.(1 + av)$ = 25.21 *kN/m*^{2}

4.1.2.3 Perencanaan Beban

Untuk Perencanaan beban dapat dihitung sesusai *Rules* BKI *Section* 4 – *Design Loads* point 2.2 . dimana akan memakai rumus dari *basic external dynamic load.*

$$po = 2{,}1.(Cb + 0{,}7).c0.cL.f.Crw \qquad (kN/m^2)$$

Dimana : Cb = 0.54

- Untuk Kapal L< 90 m< 300 m. $co = (10{,}75 - \left(300 - \frac{L}{100}\right)^{1{,}5}.Crw$

  co= 6.382

- Untuk Kapal > 90 m cl= 0.182
- Crw (*service range coefficient*) = 1 (Untuk pelayaran bebas)
- f (*probability facto*r) = 1 (Untuk konstruksi luar)

Maka po = 2.1.(0.69 + 0.7).8.11.1.1.1 = 3.03 kN/m2

Table 4.3 Perencanaan beban

	Range	Faktor C_D	Faktor C_F
A	$0 \leq \frac{x}{L} < 0{,}2$ x = 0,2.Lkonstruksi = 6.56 $\frac{x}{L}$ = 0,200	1.2 - $\frac{x}{L}$ = 1	$1 + \frac{5}{Cb}.[0{,}2 - \frac{x}{L}]$ = 1
M	$0{,}2 \leq \frac{x}{L} < 0{,}7$	1	1

	x = 0,7.Lkonstruksi = 22,96 $\frac{x}{L}$ = 0,700		
F	$0,7 \leq \frac{x}{L} < 1$ x = 1.Lkonstruksi = 32,8 $\frac{x}{L}$ = 1	$1 + \frac{c}{3}.[\frac{x}{L} - 0,7]$ c = 0,15.L-10 Lmin = 100 m Maka c = 0,15L – 10 c = -5.08 sehingga C_D = 0,492	$1 + \frac{20}{Cb}.[\frac{x}{L} - 0,7]^2$ = 4. 333

Sumber : Penulis,2021

Berdasarkan Tabel diatas perhitungan bagian F yang dipilih karena pembebanan *windlass* sendiri berada di bagian Haluan kapal.

4.1.2.4 Beban pada geladak cuaca

Untuk Perhitungan Beban pada geladak cuaca dapat dihitung sesusai *Rules* BKI *Section* 4 – *Design Loads* point B 1.1 . dimana akan memakai rumus dari *external sea loads.*

$$PD = PO.\frac{20.T}{(10+z-T)H}.Cd \ \ [\text{kN}/m^2]$$

Diketahui : B pada bagian Fore adalah 10.430

$zA = H + \frac{1}{3}.\frac{1}{50}.B'$ ($\frac{1}{3}$ Camber)

zF = 5.270 m

Sehingga

$PD = PO.\frac{20.T}{(10+z-T)H}.Cd$ [kN/m^2] = 4.134 kN/m^2

4.1.2.5 Perhitungan Modulus

Untuk Perhitungan Beban pada geladak cuaca dapat dihitung sesusai *Rules* BKI *Section* 10 – *Deck Beams and Supporting Deck Structures* point B 1 . dimana akan memakai rumus dari *Transverse deck beams and deck longitudinals*

Modulus balok geladak : $W = c.a.p.l^2.k$

Dimana :

c = 0.75

a = 0.55 m

k = 0.72

Untuk Daerah F

pDA = 25,21 kN/m^2

l = 2.85 m

W = 0.75. 0.55. 24.21.$(2.85)^2$. 0.72 = 33.26 cm^3

Diperoleh Ukuran Profil L 75 x 50 x 7

Penumpu Geladak / Web Frame

Modulus balok geladak : $W = c.e.p.l^2.k$

Dimana :

c = 0.75

e = 2.2 m

k = 0.72

Untuk Daerah F

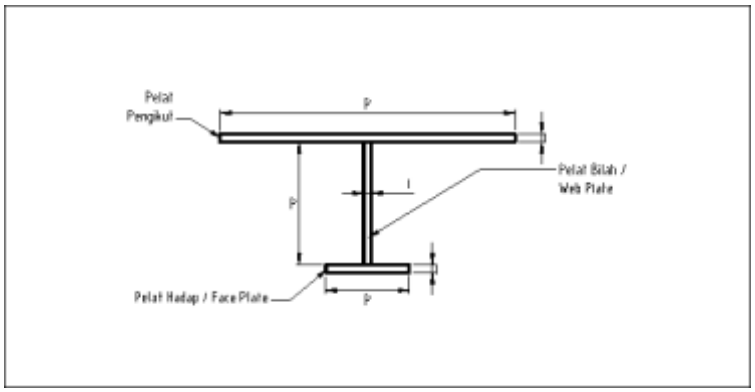
pDA = 25.21 kN/m^2

l = 2.85 m

W = 0.75. 2.2. 24.21. $(2.85)^2$. 0.72 = 243.25 cm^3

Direncanakan Ukuran Profil T : 240x14~ dan 100x14~ (T)

4.1.2.6 Perhitungan T Profil



Gambar 4.1 Profil T (Penulis, 2021)

Table 4.4 Perhitungan profil T

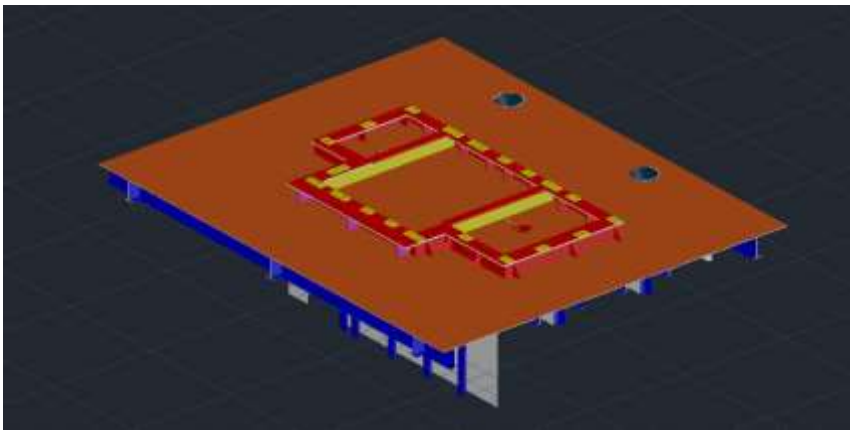
Jenis	p (cm)	l (cm)	Luas F cm^2	Jarak d cm	Momen Luas F.d cm^3	Momen Inersia F.d^2 cm^4	Momen Inersia Individu $\frac{1}{12}$.b.h^3 cm^4
Pelat Bilah / Web Plate	10	1.4	14	6.4	89.6	573.44	116.6666667
Pelat Pengikut	24	1.4	33.6	12.1	406.56	4919.376	5.488
			47.6		**496.16**	**5492.816**	**122.1546667**

Sumber : Penulis,2021

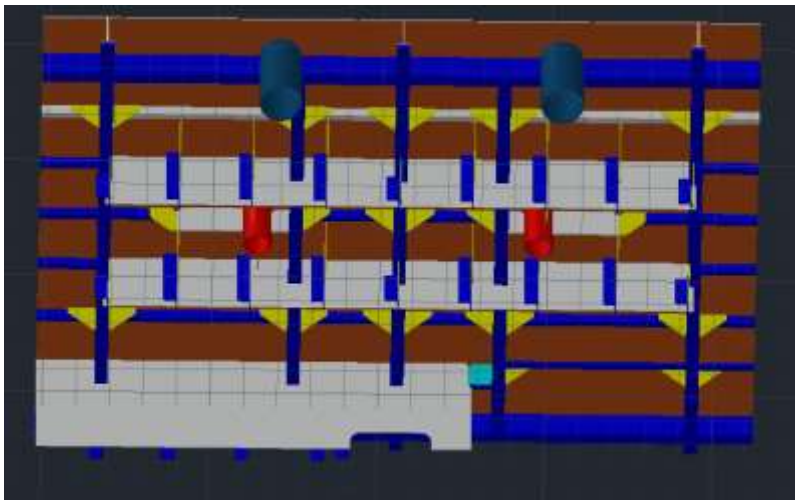
Z1	=	10.42	cm
Z2	=	0.98	cm
Ixx	=	5614.97	cm
INA	=	Ixx - F.Z1²	
	=	443.23231	cm^4
W1	=	INA / Z1	
	=	42.522287	cm³
W2	=	INA /Z2	
	=	**453.91261**	**cm³**

4.1.3 Permodelan Pondasi di AutoCAD

Pemodelan pondasi *windlass* menggunakan software AutoCAD dan *software* Autodesk AutoCAD 2017. Pemodelan tersebut dilakukan dengan menggambar *layout* sekitar pondasi *windlass* beserta konstruksinya. Pada tahaberdasarkan desain pada AutoCAD seperti pada gambar 4.2 terlihat tampak atas dari pondasi *windlass* dan gambar 4.3 tampak bawah dari pondasi *windlass*.



Gambar 4.2 Tampak atas (Penulis, 2021)



Gambar 4.3 Tampak bawah (Penulis, 2021)

4.1.4 Alternatif Design

Untuk mendapatkan ukuran pondasi *windlass* yang optimal yaitu dengan material sedikit mungkin dan mampu menahan beban maksimal maka diperlukan beberapa variasi ukuran pondasi *windlass*. Variasi ukuran pondasi *windlass* terdiri dari profil T dengan ukuran sebagai berikut:

1. 150x14~ dan 100x14~ (T)
2. 200x14~ dan 100x14~ (T)
3. 350x14~ dan 100x14~ (T)

4.2 Simulasi dan Analisi dengan Ansys

4.2.1.1 Jenis Material

Jenis material yang digunakan oleh konstruksi pondasi *windlass* harus terlebih dahulu diketahui. Input data material diperlukan untuk melakukan analisis dan berhubungan dengan nilai “k”, dimana nilai k tersebut berpengaruh pada tegangan ijin, dan faktor keselamatan yang menjadi acuan bisa diterima ataupun ditolak. Adapun jenis material yang digunakan oleh konstruksi pondasi *windlass* adalah A36 Menurut regulasi Biro klasifikasi Indonesia spesifikasi material tersebut adalah sebagai berikut:

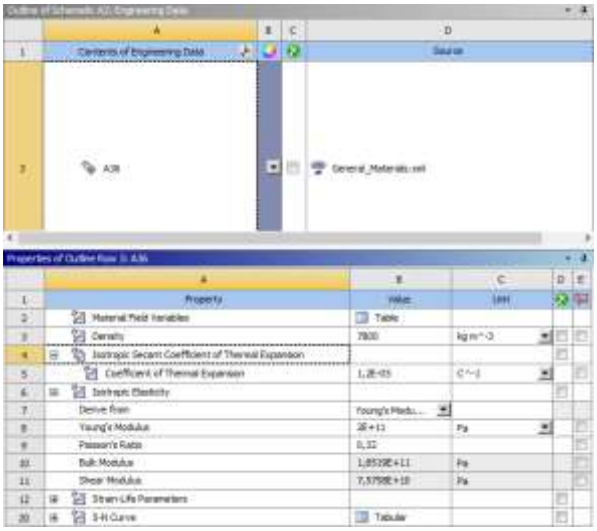
Tipe Material : A36

Massa Jenis : 7800 kg/m³

Yield Strength : 235 MPa

Tensile Strength : 400 MPa

Data diatas disesuaikan dengan menu material yang ada di software Ansys yaitu dengan nama A36. Material A36 memiliki spesifikasi fisik pada gambar berikut



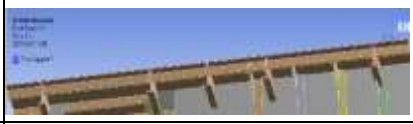
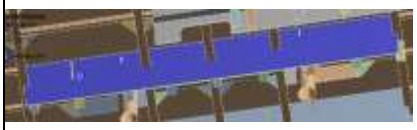
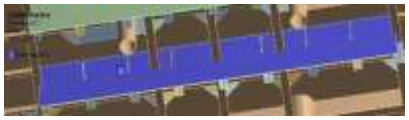
Gambar 4.4 *Engineering data* (Penulis, 2021)

4.2.1.2 Boundary Condition

Boundary condition atau kondisi batas penting untuk dilakukan pada analisis yang berfungsi sebagai batasan yang tidak terpengaruh oleh adanya gaya yang bekerja. Selain itu, *boundary condition* juga sebagai penumpu atau penahan konstruksi yang diakibatkan oleh gaya yang bekerja pada konstruksi. Pada penelitian ini menggunakan tumpuan jepit atau fix constraint pada konstruksi pondasi *windlass* berada pada bagian *deck longitudinal*, web beam dan plat yang seharusnya diteruskan dengan bagian lainnya. Posisi boundary condition pada konstruksi pondasi *windlass* seperti pada gambar berikut.

Tabel 4.5 *Boundary Condition*

No.	Bagian	Ket.

1.		Fixed support 1
2.		Fixed support 2
3.		Fixed support 3
4.		Fixed support 4
5.		Fixed support 5
6.		Fixed support 6
7.		Fixed support 7
8.		Force

Sumber : Penulis,2021

4.2.1.3 Pembebanan

Pembebanan Terdapat beberapa pembebanan yang terjadi pada pondasi *windlass*, yaitu *force*. Pembebanan tersebut yang akan mempengaruhi pondasi *windlass*, akan dijelaskan sebagai berikut:

1) *Force* (Gaya)

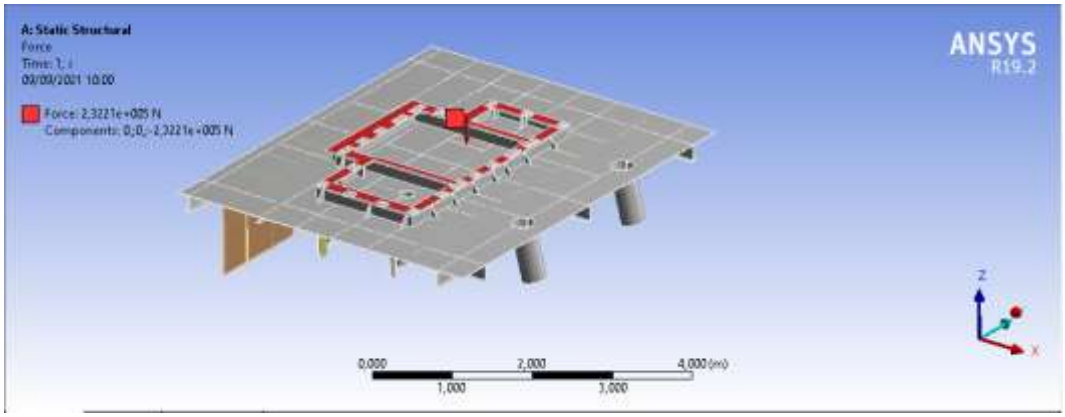
Pembebanan crane berdasarkan pada berat dari crane itu sendiri. Berdasarkan 2 variasi yaitu *Rated pulling capacity* dan *overload pulling capacity* dimana,

a.) *Rated Pulling capacity*

Jumlah berat maksimum yang dapat dipikul oleh *Windlass*, jadi Anda memerlukan *windlass* dengan kekuatan yang cukup untuk menahan berat yang ditarik *windlass*. Rincian berat pembebanan *rated pulling capacity* adalah sebagai berikut : *Drum Load* + *Rated Pulling* + *Holding Load* + *Anchor weight* = 212214.2 N

b.) *Overload Pulling capacity*

Jumlah berat maksimum yang dilebihkan dan dapat dipikul oleh *Windlass*, jadi Anda memerlukan *windlass* dengan kekuatan yang cukup untuk menahan berat yang ditarik *windlass*. Rincian berat pembebanan Overload pulling capacity adalah sebagai berikut : *Drum Load* + *Overload Pulling* + *Holding Load* + *Anchor weight* = 232214.2 N



Gambar 4.5 *Overload Pulling capacity* (Penulis, 2021)

4.2.1.4 *Meshing*

Meshing yaitu melakukan pembagian secara detail pada tiap elemen yang digunakan. Pembagian elemen ini akan sangat berperngaruh pada hasil analisis dikarenakan hasil meshing tersebut menentukan perhitungan dalam komponen kecil dengan ketelitian yang telah ditentukan. Proses *meshing* yang dilakukan dengan ketelitian normal maka akan menghasilkan hasil analisis yang normal, namun jika proses meshing dilakukan dengan ketelitian tinggi maka hasil analisis yang diperoleh lebih akurat dan lebih

presisi dibandingkan dengan *meshing* ketelitian normal. Pada analisis ini penulis menggunakan ukuran meshing rata-rata 210 mm seperti pada gambar berikut.

Display	
Display Style	Use Geometry Setting
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Element Order	Program Controlled
Element Size	0,25 m
Sizing	
Quality	
Inflation	
Advanced	
Statistics	

Gambar 4.6 *Meshing* (Penulis, 2021)

4.2.1.5 Simulasi

Pada saat dilakukan simulasi mungkin terjadi kesalahan-kesalahan pada model sehingga simulasi tidak dapat dilanjutkan, sehingga perlu dilakukan pengecekan ulang pada model. Setelah model sudah benar maka simulasi dapat dilanjutkan dan mendapatkan hasil yang sesuai. *Output* dari simulasi ini untuk melihat letak area kritis pada objek, selain itu akan menghasilkan 47 nilai – nilai yang sesuai dengan yang dijinkan. Proses simulasi yang sedang berlangsung.

4.2.2 Hasil Simulasi

4.2.2.1 Nilai Tegangan ijin

Perhitungan nilai tegangan ijin untuk struktur pondasi menurut Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Rules for Hull 2017, didapat melalui nilai Reh (0,72) dan *factor* material (355 MPa). Dari ketentuan tersebut maka dapat dilakukan perhitungan berdasarkan persamaan 4.1 sebagai berikut:

Tegangan Ijin :

σy : 355N/mm2 = 355 MPa (Grade AH36)

Sf : 2

Dari data diatas maka didapatkan hasil :

$$\sigma ijin = \quad \sigma b \leq \frac{200}{k}$$

$$\tau \leq \frac{120}{k}$$

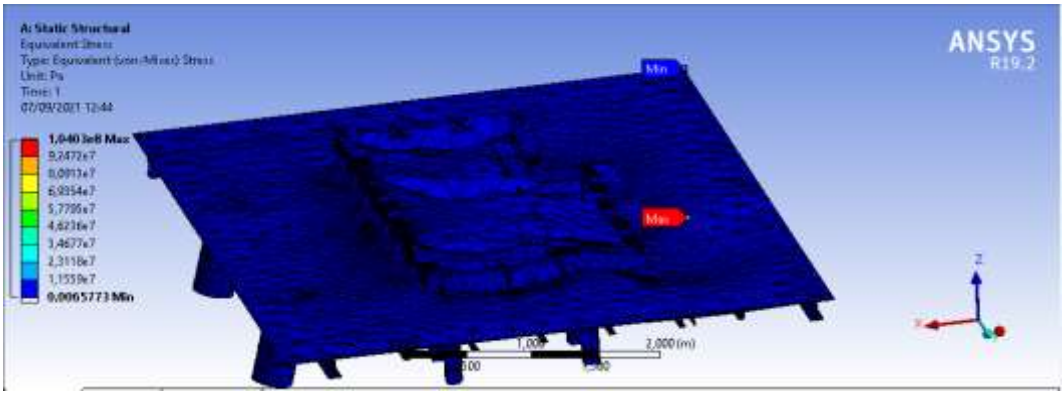
$$\sigma v = \sqrt{\sigma b^2 + 3.\tau^2} \leq \frac{220}{k} = 305.5 \text{ MPa}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, ditetapkan bahwa nilai tegangan ijin (*Allowable Stress*) sebesar 305.5MPa. Nilai tersebut dapat digunakan sebagai acuan dasar kriteria penerimaan bahwa nilai tegangan maksimum dari hasil simulasi tidak boleh lebih besar dari nilai tegangan ijin.

A.) *Rated Pulling Capacity*

Hasil simulasi menggunakan *software* Ansys diperoleh nilai tegangan maksimum *von misses*. Nilai tegangan maksimum berdasarkan alternatif desain dan dengan variasi ukuran pondasi pada pembebanan *rated pulling capacity windlass* yaitu:

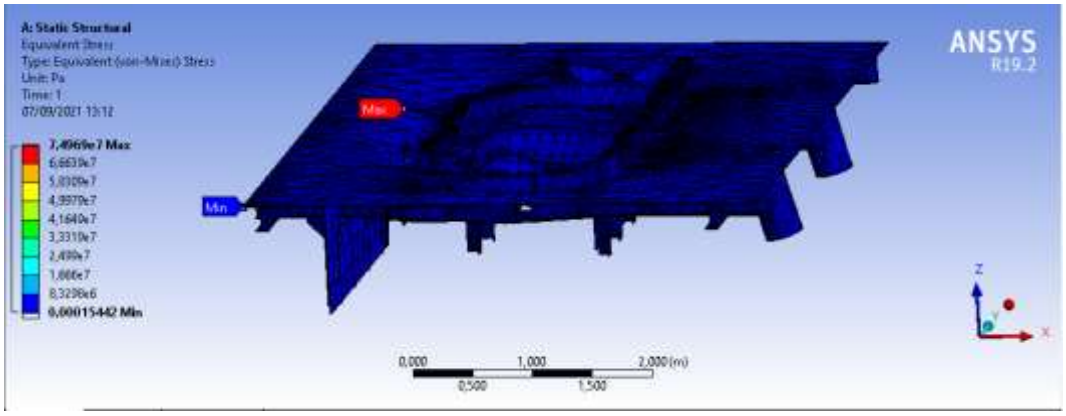
1.) Alternatif desain 1 ukuran 150x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.7 Alternatif desain 1 *Rated Pulling Capacity Stress* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai tegangan *von mises* pada alternatif desain 1 adalah 104,03 MPa. Hasil tegangan *von mises* tersebut masih di bawah nilai tegangan ijin berdasarkan rules BKI yaitu 305.5 MPa.

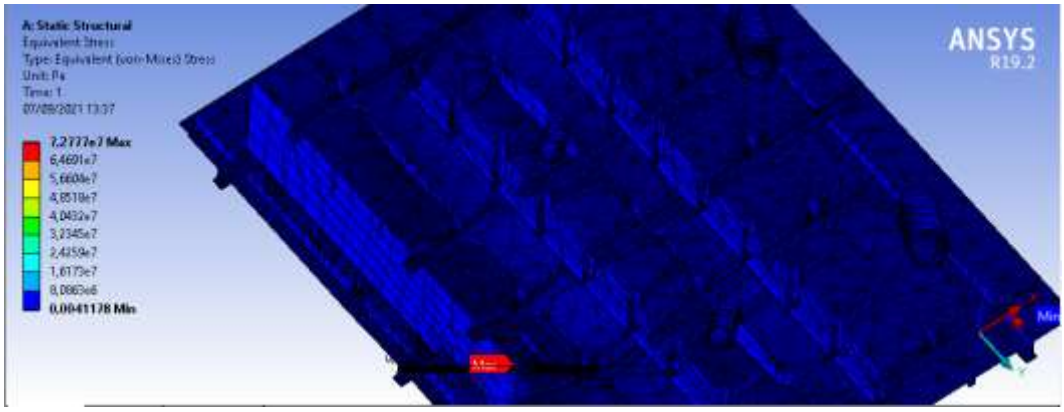
2.) Alternatif desain 2 ukuran 200x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.8 Alternatif desain 2 *Rated Pulling Capacity Stress* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai tegangan *von mises* pada alternatif desain 2 adalah 74,969 MPa. Hasil tegangan *von mises* tersebut masih di bawah nilai tegangan ijin berdasarkan rules BKI yaitu 305.5 MPa.

3.) Alternatif desain 3 ukuran 240x14~ dan 100x14~ (T)

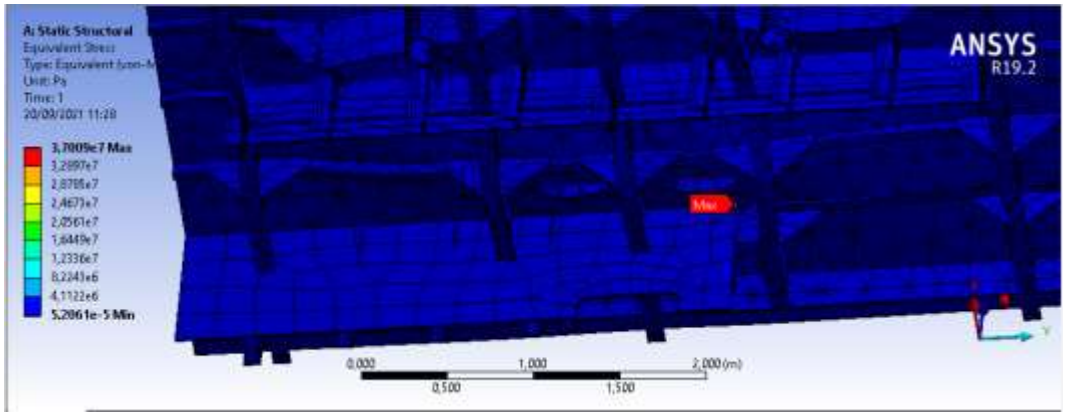


Gambar 4.9 Alternatif desain 3 *Rated Pulling Capacity Stress* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai tegangan *von mises* pada alternatif desain 3 adalah 72,277 MPa. Hasil tegangan

von mises tersebut masih di bawah nilai tegangan ijin berdasarkan rules BKI yaitu 305.5 MPa.

4.) Alternatif desain 4 ukuran 350x14~ dan 100x14~ (T)



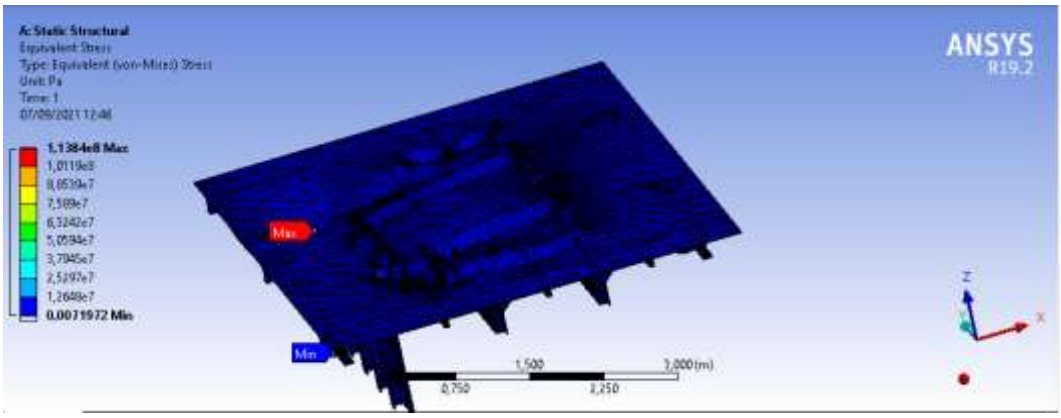
Gambar 4.10 Alternatif desain 4 *Rated Pulling Capacity Stress* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai tegangan *von mises* pada alternatif desain 4 adalah 37,009 MPa. Hasil tegangan *von mises* tersebut masih di bawah nilai tegangan ijin berdasarkan rules BKI yaitu 305.5 MPa.

B.) *Overload Pulling Capacity*

Hasil simulasi menggunakan *software* Ansys diperoleh nilai tegangan maksimum. Nilai tegangan maksimum berdasarkan alternatif desain dan dengan variasi ukuran pondasi pada pembebanan *overload pulling capacity windlass* yaitu.

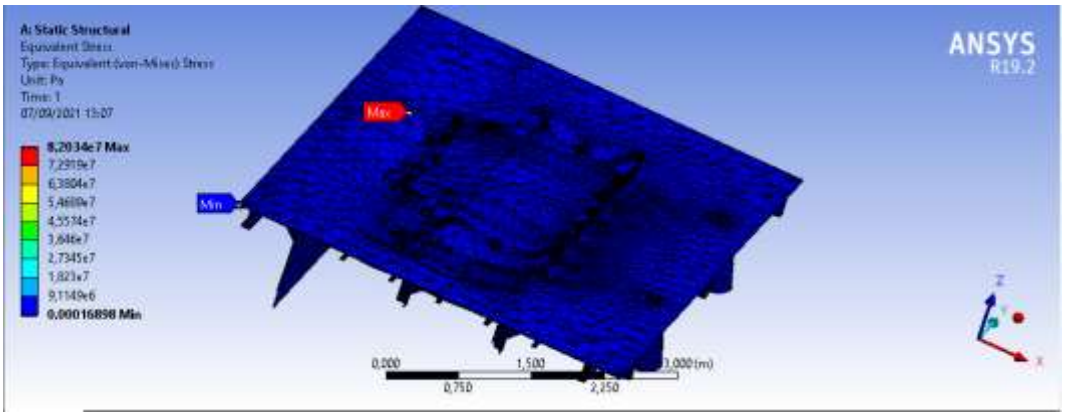
1.) Alternatif desain 1 ukuran 150x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.11 Alternatif desain 1 *Overload Pulling Capacity Stress* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai tegangan maksimum pada alternatif desain 1 adalah 113,84 MPa. Hasil tegangan maksimum tersebut masih di bawah nilai tegangan ijin berdasarkan rules BKI yaitu 305.5 MPa.

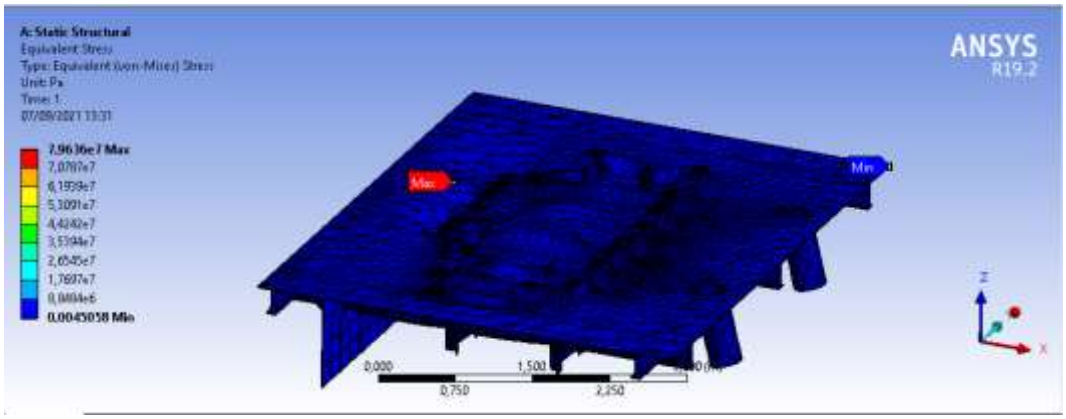
2.) Alternatif desain 2 ukuran 200x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.12 Alternatif desain 2 *Overload Pulling Capacity Stress* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai tegangan *von mises* pada alternatif desain 2 adalah 82,034 MPa. Hasil tegangan *von mises* tersebut masih di bawah nilai tegangan ijin berdasarkan rules BKI yaitu 305.5 MPa.

3.) Alternatif desain 3 ukuran 240x14~ dan 100x14~ (T)

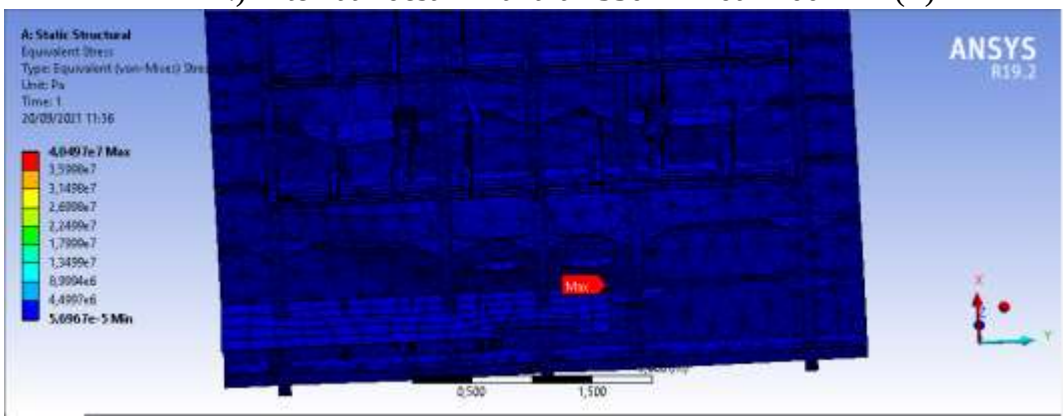


Gambar 4.13 Alternatif desain 3 *Overload Pulling Capacity Stress* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai tegangan *von mises* pada alternatif desain 3 adalah 79,636 MPa. Hasil tegangan

von mises tersebut masih di bawah nilai tegangan ijin berdasarkan rules BKI yaitu 305.5 MPa.

4.) Alternatif desain 4 ukuran 350x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.14 Alternatif desain 4 *Overload Pulling Capacity Stress* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai tegangan *von mises* pada alternatif desain 4 adalah 40,497 MPa. Hasil tegangan *von mises* tersebut masih di bawah nilai tegangan ijin berdasarkan rules BKI yaitu 305.5MPa.

4.2.2.2 Nilai *Safety factor*

Nilai *safety factor* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4.2 sebagai berikut :

$$SF = \frac{\sigma_{ultimate}}{\sigma_{actual}} \qquad (4.2)$$

Pada persamaan tersebut bisa diketahui cara mencari nilai *safety factor* dimana σ *ultimate* adalah tegangan batas yang terjadi akibat gaya yang bekerja pada suatu benda, sedangkan σ *actual* adalah tegangan yang terjadi sesungguhnya. Perbandingan ini harus lebih besar dari 1 (satu). Akan tetapi berdasarkan Biro Klasifikasi Indonesia nilai *safety factor* untuk support structure adalah harus lebih besar dari 2. Jika faktor keamanan terlalu kecil, maka

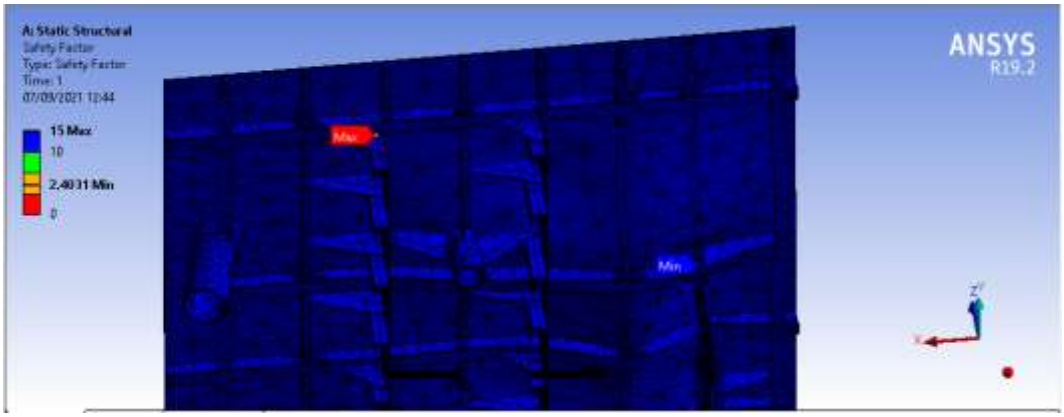
kecenderungan gagal akan lebih besar dan struktur tersebut akan tidak dapat diterima. Jika faktor tersebut terlalu besar, maka struktur tersebut akan menggunakan bahan yang lebih banyak dan mungkin juga tidak cocok untuk fungsinya (misalnya, struktur menjadi terlalu berat).

Hasil simulasi menggunakan *software* Ansys diperoleh nilai *safety factor*. Nilai *safety factor* berdasarkan alternatif desain dengan variasi ukuran pondasi *windlass* sebagai berikut:

A.) *Rated Pulling Capacity*

Hasil simulasi menggunakan *software* Ansys diperoleh nilai *Safety factor*. Nilai *safety factor* berdasarkan alternatif desain dan dengan variasi ukuran pondasi pada pembebanan *rated pulling capacity windlass* yaitu:

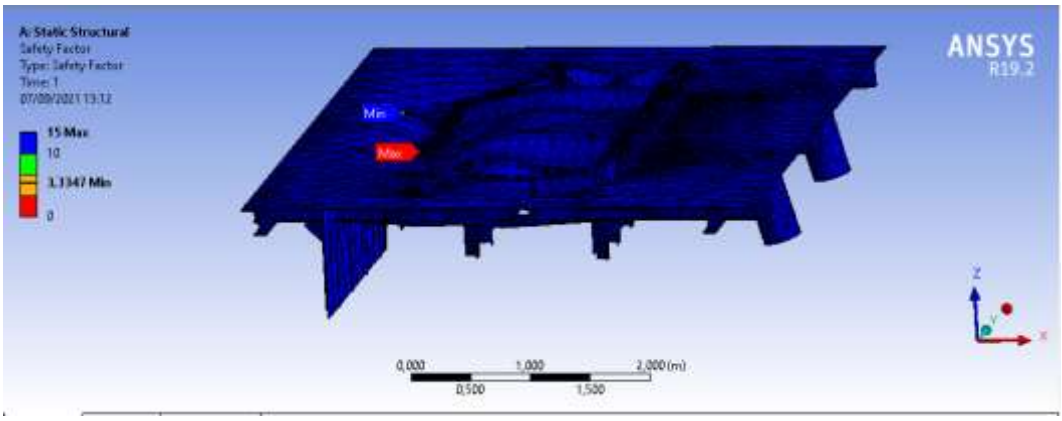
1.) Alternatif desain 1 ukuran 150x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.15 Alternatif desain 1 *Rated Pulling Capacity Safety factor* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai *safety factor* pada alternatif desain 1 adalah 2,4031. Hasil *safety factor* tersebut masih memenuhi nilai safety factor berdasarkan *rules* yaitu lebih besar dari 2.

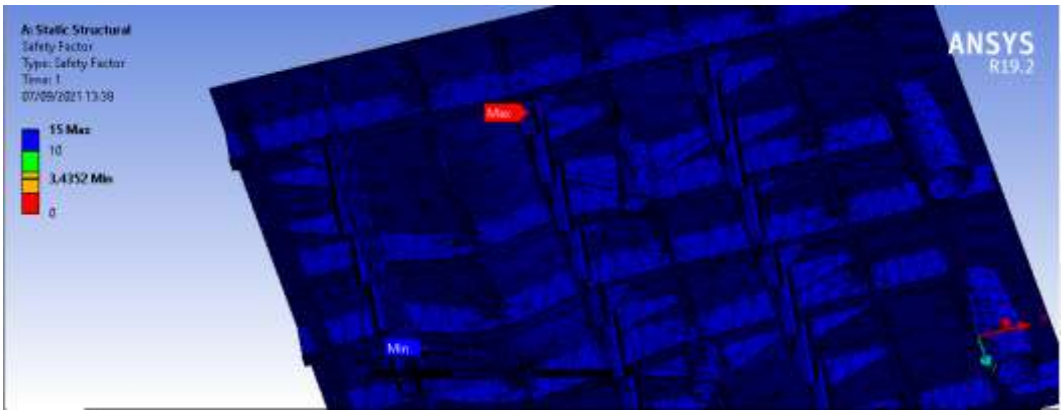
2.) Alternatif desain 2 ukuran 200x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.16 Alternatif desain 2 *Rated Pulling Capacity Safety factor* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai *safety factor* pada alternatif desain 2 adalah 3,3347. Hasil *safety factor* tersebut masih memenuhi nilai safety factor berdasarkan *rules* yaitu lebih besar dari 2.

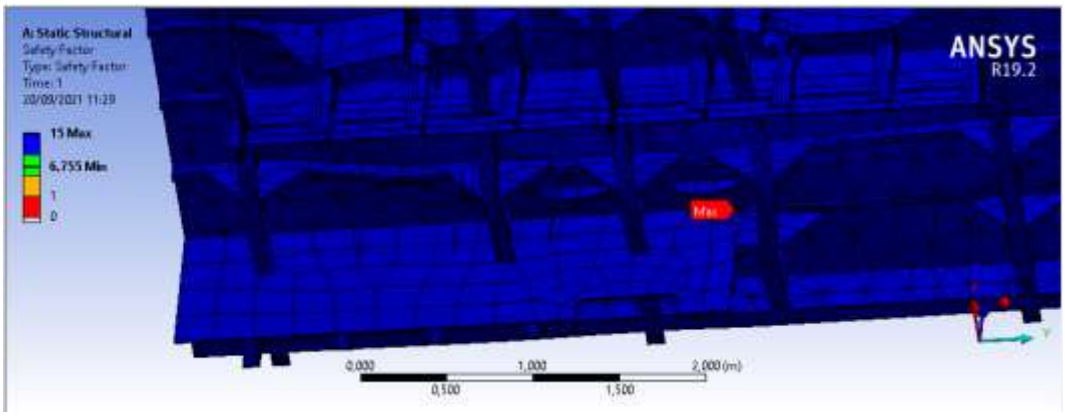
3.) Alternatif desain 3 ukuran 240x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.17 Alternatif desain 3 *Rated Pulling Capacity Safety factor* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai *safety factor* pada alternatif desain 3 adalah 3,4352. Hasil *safety factor* tersebut masih memenuhi nilai safety factor berdasarkan *rules* yaitu lebih besar dari 2.

4.) Alternatif desain 4 ukuran 350x14~ dan 100x14~ (T)



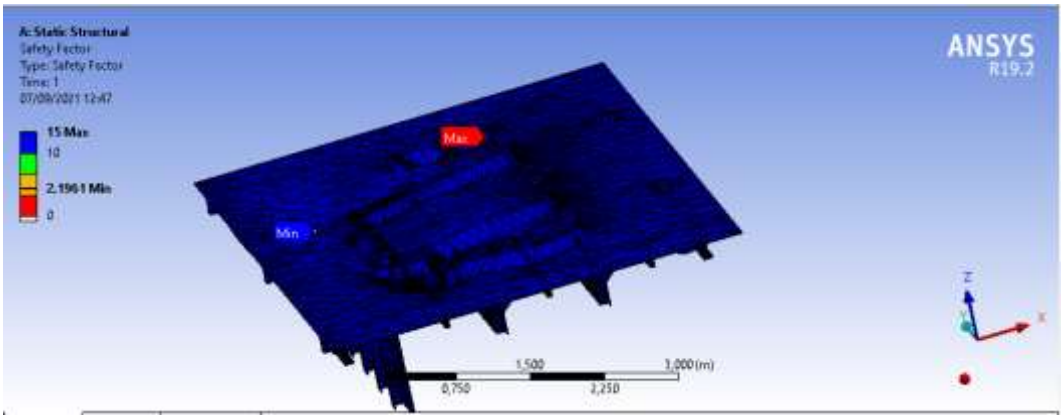
Gambar 4.18 Alternatif desain 4 *Rated Pulling Capacity Safety factor* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai *safety factor* pada alternatif desain 4 adalah 6,755. Hasil *safety factor* tersebut masih memenuhi nilai safety factor berdasarkan *rules* yaitu lebih besar dari 2.

B.) *Overload Pulling Capacity*

Hasil simulasi menggunakan *software* Ansys diperoleh nilai *Safety factor*. Nilai *safety factor* berdasarkan alternatif desain dan dengan variasi ukuran pondasi pada pembebanan *overload pulling capacity windlass* yaitu:

1.) Alternatif desain 1 ukuran 150x14~ dan 100x14~ (T)

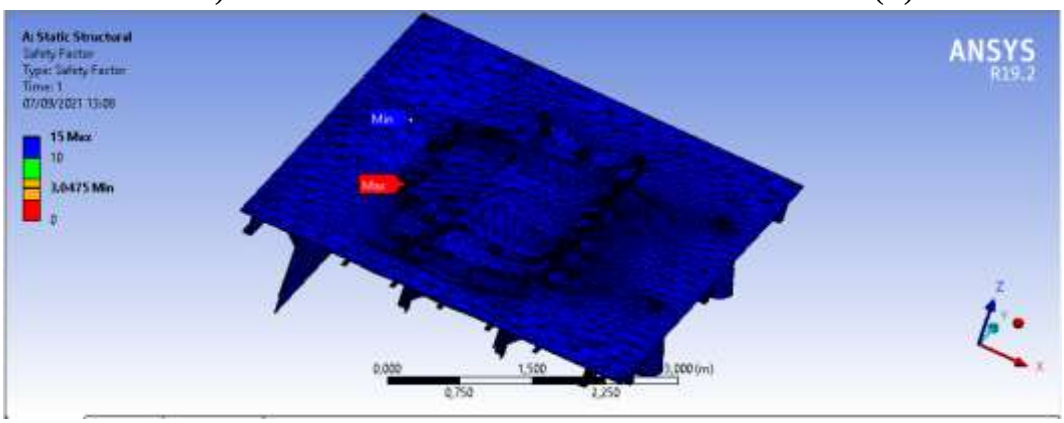


Gambar 4.19 Alternatif desain 1 *Overload Pulling Capacity Safety factor* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai *safety factor* pada alternatif desain 1 adalah 2,1961. Hasil *safety factor* tersebut masih

memenuhi nilai safety factor berdasarkan *rules* yaitu lebih besar dari 2.

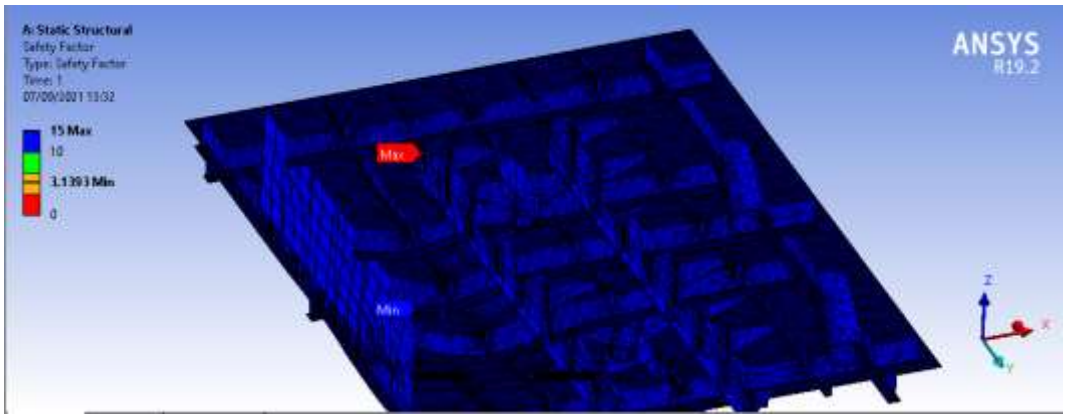
2.) Alternatif desain 2 ukuran 200x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.20 Alternatif desain 2 *Overload Pulling Capacity Safety factor* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai *safety factor* pada alternatif desain 2 adalah 3,0475. Hasil *safety factor* tersebut masih memenuhi nilai safety factor berdasarkan *rules* yaitu lebih besar dari 2.

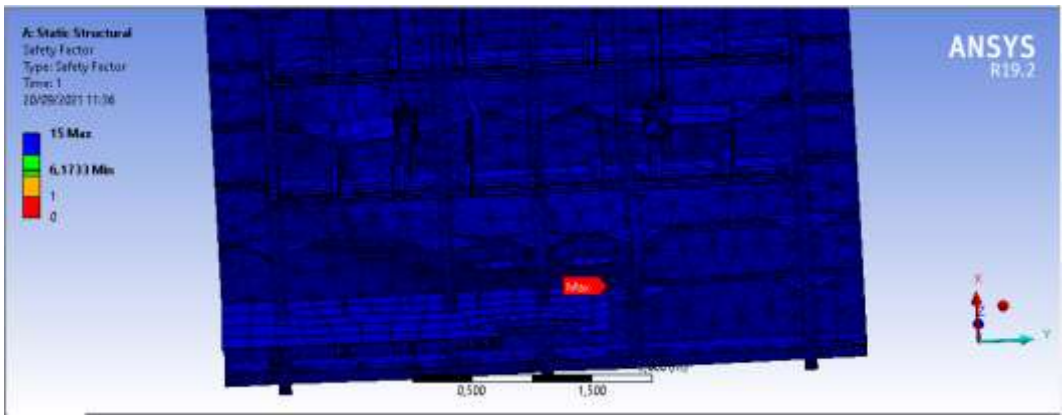
3.) Alternatif desain 3 ukuran 240x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.21 Alternatif desain 3 *Overload Pulling Capacity Safety factor* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai *safety factor* pada alternatif desain 3 adalah 3,1393. Hasil *safety factor* tersebut masih memenuhi nilai safety factor berdasarkan *rules* yaitu lebih besar dari 2.

4.) Alternatif desain 4 ukuran 350x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.22 Alternatif desain 4 *Overload Pulling Capacity Safety factor* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai *safety factor* pada alternatif desain 4 adalah 6,1733. Hasil *safety factor* tersebut masih memenuhi nilai safety factor berdasarkan *rules* yaitu lebih besar dari 2.

4.2.2.3 Nilai Deformasi

Cara yang digunakan dalam validasi model yaitu dengan membandingkan perbandingan hasil deformasi antara analisa pada *software* dan perhitungan menggunakan rumus mekanika teknik. Adapun rumus yang dipakai dalam perhitungan yang sesuai dengan persamaan 4.3 :

$$\text{Deformasi} = \frac{P.l^2}{16.E.I} \qquad (4.3)$$

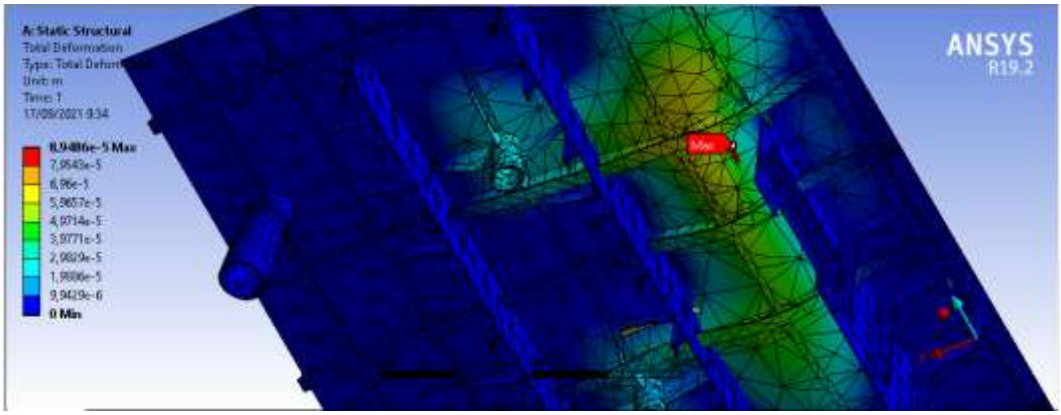
Dimana : P = tekanan, I= momen inersia, E=modulus elastisitas, L= panjang penampang.

Hasil simulasi menggunakan *software* Ansys diperoleh nilai Deformasi. Nilai deformasi berdasarkan alternatif desain dengan variasi ukuran pondasi windlass sebagai berikut:

A.) *Rated Pulling Capacity*

Hasil simulasi menggunakan *software* Ansys diperoleh nilai Deformasi. Nilai deformasi berdasarkan alternatif desain dan dengan variasi ukuran pondasi pada pembebanan *rated pulling capacity windlass* yaitu:

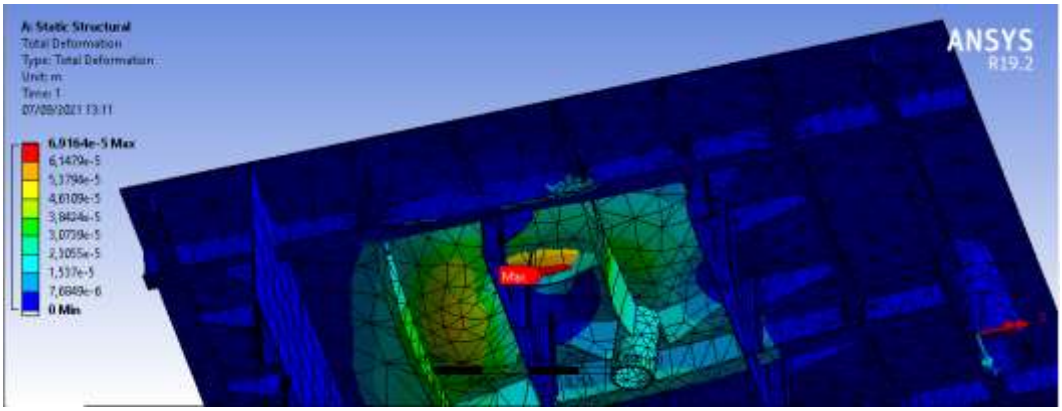
1.) Alternatif desain 1 ukuran 150x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.23 Alternatif desain 1 *Rated Pulling Capacity Deformation* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai deformasi maksimum pada alternatif desain 1 adalah 8,9486e-5.

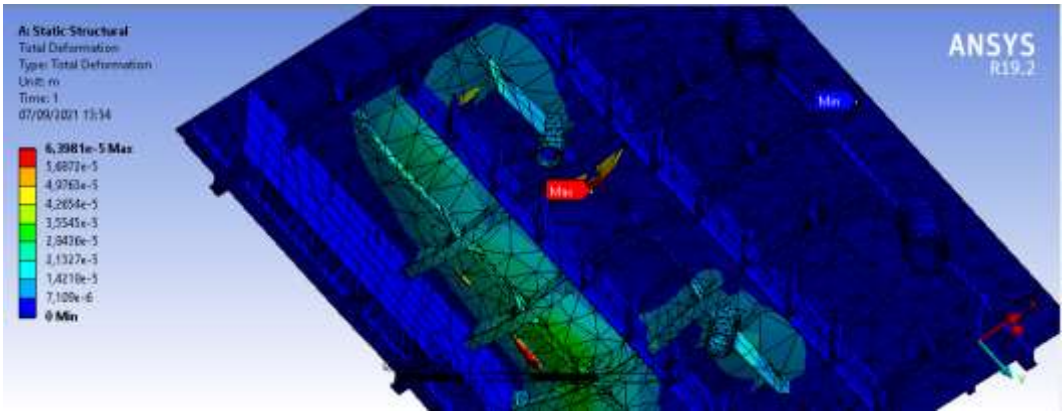
2.) Alternatif desain 2 ukuran 200x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.24 Alternatif desain 2 *Rated Pulling Capacity Deformation* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai deformasi maksimum pada alternatif desain 2 adalah 6,9164e-5.

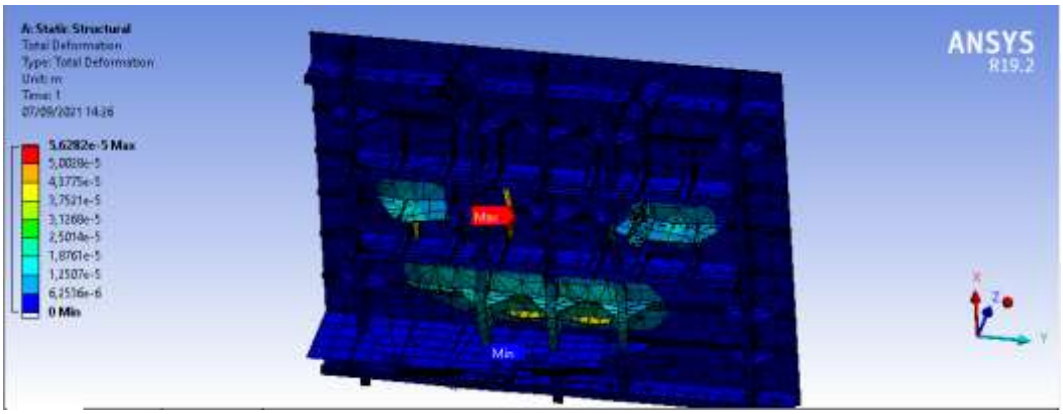
3.) Alternatif desain 3 ukuran 240x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.25 Alternatif desain 3 *Rated Pulling Capacity Deformation* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai deformasi maksimum pada alternatif desain 3 adalah 6,3981e-5.

4.) Alternatif desain 4 ukuran 350x14~ dan 100x14~ (T)



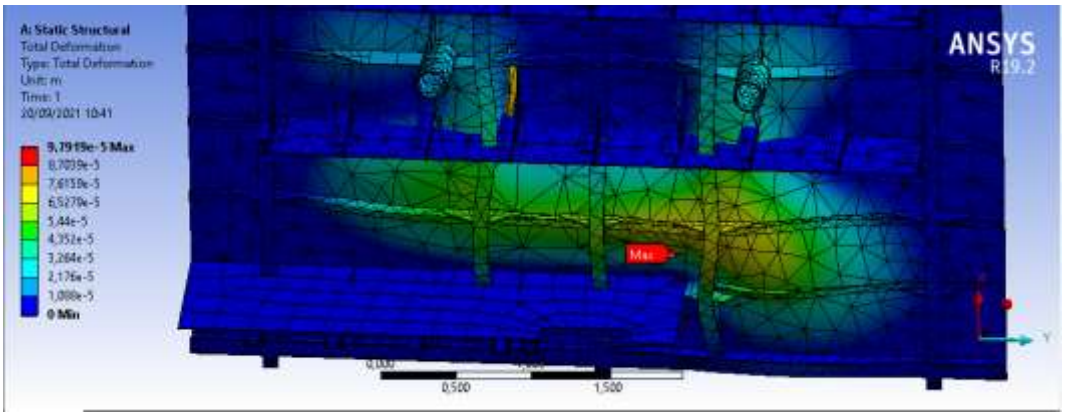
Gambar 4.26 Alternatif desain 4 *Rated Pulling Capacity Deformation* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai deformasi maksimum pada alternatif desain 4 adalah 5,6282e-5.

B.) *Overload Pulling Capacity*

Hasil simulasi menggunakan *software* Ansys diperoleh nilai Deformasi. Nilai deformasi berdasarkan alternatif desain dan dengan variasi ukuran pondasi pada pembebanan *overload pulling capacity windlass* yaitu:

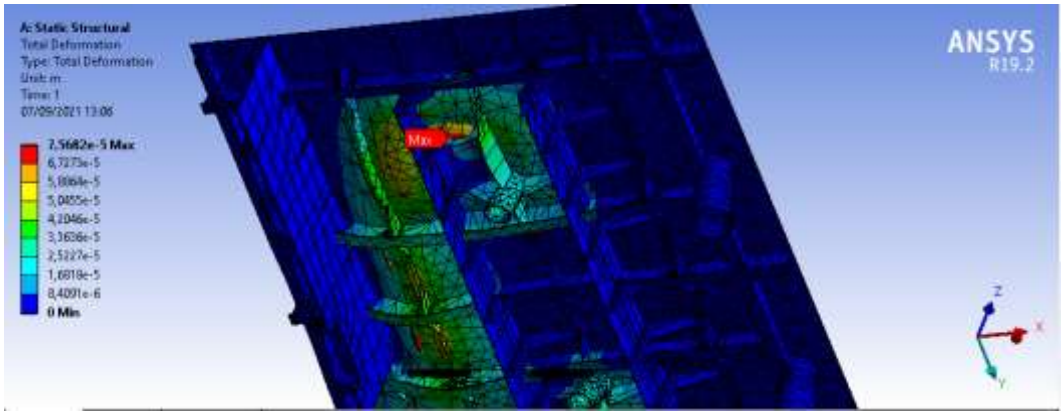
1.) Alternatif desain 1 ukuran 150x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.27 Alternatif desain 1 *Overload Pulling Capacity Deformation* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai deformasi maksimum pada alternatif desain 1 adalah 9,7919e-5.

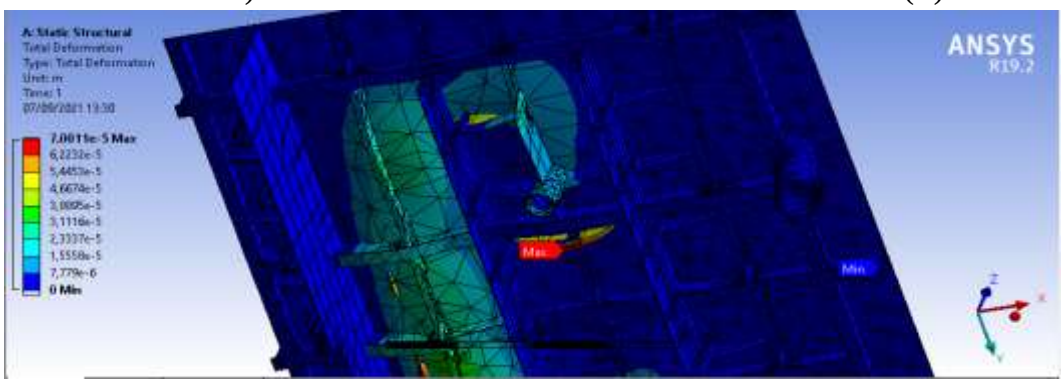
2.) Alternatif desain 2 ukuran 200x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.28 Alternatif desain 2 *Overload Pulling Capacity Deformation* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai deformasi maksimum pada alternatif desain 2 adalah 7,5682e-5.

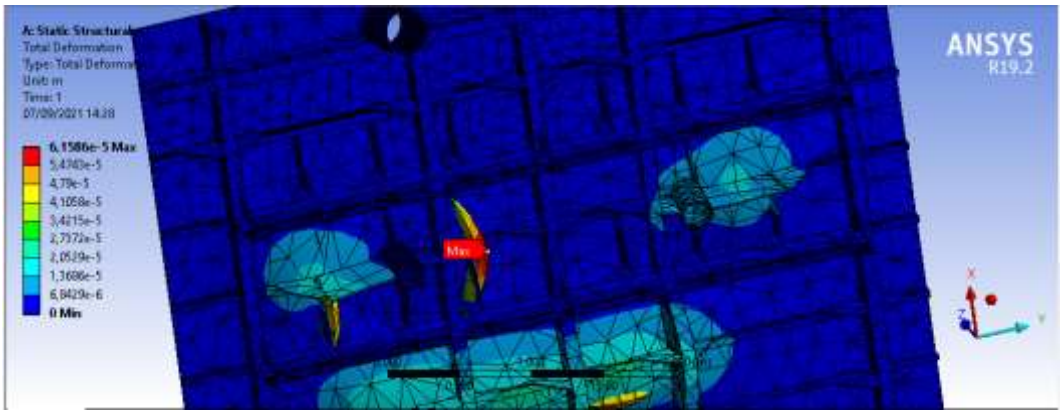
3.) Alternatif desain 3 ukuran 240x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.29 Alternatif desain 3 *Overload Pulling Capacity Deformation* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai deformasi maksimum pada alternatif desain 3 adalah 7,0011e-5.

4.) Alternatif desain 4 ukuran 350x14~ dan 100x14~ (T)



Gambar 4.30 Alternatif desain 4 *Overload Pulling Capacity Deformation* (Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai deformasi maksimum pada alternatif desain 4 adalah 6,1586e-5.

4.2.3 Pemilihan Desain sesuai Kriteria

Setelah membuat 4 alternatif desain ukuran pondasi *windlass* dan melakukan analisis kekuatan pada deck maka didapatkan nilai tegangan maksimum, Deformasi dan *safety factor* yang telah di rekapitulasi dalam tabel berikut. Tabel ini berguna untuk mempermudah dalam melihat perubahan nilai terhadap variasi ukuran pondasi *windlass*. Sehingga dapat dipilih ukuran pondasi *windlass* yang efektif.

Rated Pulling capacity

Pada rekapitulasi analisa stress dan safety factor variasi pembebanan *Rated Pulling capacity* ini semua memenuhi kriteria karena nilai *Safety Factor* nya diatas 2.

Table 4.6 rekapitulasi analisa *stress* dan *safety factor* pada *Rated Pulling capacity*

Variasi Ukuran	Tegangan *Von mises*	*Safety Factor*	Keterangan
150x14~ dan 100x14~ (T)	104,03 MPa	2,4031	Memenuhi

200x14~ dan 100x14~ (T)	74,969 MPa	3,3347	Memenuhi
240x14~ dan 100x14~ (T)	72,277 MPa	3,4352	Memenuhi
350x14~ dan 100x14~ (T)	37,009 MPa	6,755	Memenuhi

Sumber : Penulis,2021

Pada tahap ini suatu model yang dibuat dengan bantuan software harus dilakukan validasi model. Hal ini akan menunjukkan keakuratan pemodelan pada software dengan model yang sebenarnya. Cara yang digunakan dalam validasi model yaitu dengan membandingkan perbandingan hasil deformasi antara analisa pada software dan perhitungan menggunakan rumus mekanika teknik.

Table 4.7 rekapitulasi analisa deformasi pada *Rated Pulling capacity*

Variasi Ukuran	Empiris (m)	Numerik (m)	Validasi
150x14~ dan 100x14~ (T)	8,101e-5	8,9486e-5	90,53%
200x14~ dan 100x14~ (T)	6,82558e-5	6,9164e-5	98,686%
240x14~ dan 100x14~ (T)	6,39179e-5	6,3981e-5	99,901%
350x14~ dan 100x14~ (T)	5,683e-5	5,6282e-5	100,975%

Sumber : Penulis,2021

Overload Pulling capacity

Pada rekapitulasi analisa stress dan safety factor variasi pembebanan *Overload Pulling capacity* ini semua variasi ukuran memnuhi kriteria sesuai rules karena nilai *Safety Factor* nya diatas 2.

Table 4.8 rekapitulasi analisa *stress* dan *safety factor* pada *Overload Pulling capacity*

Variasi Ukuran	Tegangan *Von mises*	*Safety Factor*	Keterangan
150x14~ dan 100x14~ (T)	113,84 MPa	2,1961	Memenuhi
200x14~ dan 100x14~ (T)	82,034 MPa	3,0475	Memenuhi
240x14~ dan 100x14~ (T)	79,636 MPa	3,1393	Memenuhi
350x14~ dan 100x14~ (T)	40,497 MPa	6,1733	Memenuhi

Sumber : Penulis,2021

Pada tahap ini suatu model yang dibuat dengan bantuan software harus dilakukan validasi model. Hal ini akan menunjukkan keakuratan pemodelan pada software dengan model yang sebenarnya. Cara yang digunakan dalam validasi model yaitu dengan membandingkan perbandingan hasil deformasi antara analisa pada software dan perhitungan menggunakan rumus mekanika teknik.

Table 4.9 rekapitulasi analisa deformasi pada *Overload Pulling capacity*

Variasi Ukuran	Empiris (m)	Numerik (m)	Validasi
150x14~ dan 100x14~ (T)	8,865e-5	9,7919e-5	90,53%
200x14~ dan 100x14~ (T)	7,4272e-5	7,5682e-5	98,136%
240x14~ dan 100x14~ (T)	6,9827e-5	7,0011e-5	99,737%
350x14~ dan 100x14~ (T)	6,219 e-5	6,1586e-5	100,975%

Sumber : Penulis,2021

Berdasarkan tabel tersebut menunjukkan hasil nilai tegangan maksimum Deformasi dan *safety factor* terhadap variasi ukuran pondasi *windlass*. Hasil analisis untuk alternatif 1,2,3 dan 4 memenuhi kriteria

penerimaan dari rules. Meskipun nilai tegangan maksimum dan dari alternatif memenuhi 2 dan juga validasi nilai deformasi dibawah 10% , tetapi desain tersebut tetap tidak bisa digunakan. Terdapat 2 alternatif yang memenuhi kriteria sehingga bisa dipilih untuk menentukan ukuran pondasi *windlass*. Dalam pemilihan desain, akan dipilih desain yang paling efektif yaitu dengan ukuran paling kecil dan tetap memenuhi kriteria yang ditentukan.

4.3 Biaya Pembuatan Profil

. Pada biaya ini profil memakai ukuran custom yang artinya pembuatanya memakai welding dikarenakan ukuran fabrikasi tidak ada yang cocok berikut pembiayan profil nya :

1.) Ukuran 150 x 14

Harga pelat baja ASTM A131 AH36 yang didapat adalah US $ 650/ton jika dalam rupiah menjadi sekitar Rp. 9.454.542 yang berasal dari situs Alibaba.com dan di akses pada hari senin 20 July 2021 pukul 14.00. Sementara untuk elektroda Flux Cored Wire AWS A5.20 E71T-1 Flux Cored Welding Wire mig wire flux core memiliki harga $ 8,9/kg jika dalam rupiah menjadi sekitar Rp. 128,809.00 yang berasal dari situs Alibaba.com dan di akses pada hari senin 20 July 2021 pukul 14.00.

Table 4.10 perhitungan biaya profil ukuran 150 x 14

No	Item	Biaya/Satuan	Pemakaian	Jumlah
1.	Jumlah material plat	Rp 9.454.542/ton	1031,2 kg	Rp 9.749.523
2.	Konsumsi elektroda	Rp. 128,809.00	41,248 kg	Rp. 5.313.113
3.	Biaya pekerja *welder*	Rp. 1800/kg	1031,2 kg	Rp. 1.856.616
Total Biaya				Rp 16.918.797

Sumber : Penulis,2021

2.) Ukuran 240 x 14

Harga pelat baja ASTM A131 AH36 yang didapat adalah US $ 650/ton jika dalam rupiah menjadi sekitar Rp. 9.454.542 yang berasal dari situs Alibaba.com dan di akses pada hari senin 20 July 2021 pukul 14.00. Sementara untuk elektroda Flux Cored Wire AWS A5.20 E71T-1 Flux Cored Welding Wire mig wire flux core memiliki harga $ 8,9/kg jika dalam rupiah menjadi sekitar Rp. 128,809.00 yang berasal dari situs Alibaba.com dan di akses pada hari senin 20 July 2021 pukul 14.00.

Table 4.11 perhitungan biaya profil ukuran 240 x 14

No	Item	Biaya/Satuan	Pemakaian	Jumlah
1.	Jumlah material plat	Rp 9.454.542/ton	1429,6 kg	Rp 13.510.540
2.	Konsumsi elektroda	Rp. 128,809.00	57,184 kg	Rp. 7.365.813
3.	Biaya pekerja *welder*	Rp. 1800/kg	1429,6 kg	Rp. 2.573.280
Total Biaya				Rp 23.449.633

Sumber : Penulis,2021

3.) Ukuran 350 x 14

Harga pelat baja ASTM A131 AH36 yang didapat adalah US $ 650/ton jika dalam rupiah menjadi sekitar Rp. 9.454.542 yang berasal dari situs Alibaba.com dan di akses pada hari senin 20 July 2021 pukul 14.00. Sementara untuk elektroda Flux Cored Wire AWS A5.20 E71T-1 Flux Cored Welding Wire mig wire flux core memiliki harga $ 8,9/kg jika dalam rupiah menjadi sekitar Rp. 128,809.00 yang berasal dari situs Alibaba.com dan di akses pada hari senin 20 July 2021 pukul 14.00.

Table 4.12 perhitungan biaya profil ukuran 350 x 14

No	item	Biaya/satuan	Pemakaian	Jumlah
1.	Jumlah material plat	Rp 9.454.542/ton	1894,2 kg	Rp 17.906.902
2.	Konsumsi elektroda	Rp. 128,809.00	75,768 kg	Rp. 9.759.600
2.	Biaya pekerja *welder*	Rp. 1800/kg	1894,2 kg	Rp. 3.409.560
Total Biaya				Rp 31.076.062

Sumber : Penulis,2021

4.) Ukuran 200 x 14

Harga pelat baja ASTM A131 AH36 yang didapat adalah US $ 650/ton jika dalam rupiah menjadi sekitar Rp. 9.454.542 yang berasal dari situs Alibaba.com dan di akses pada hari senin 20 July 2021 pukul 14.00. Sementara untuk elektroda Flux Cored Wire AWS A5.20 E71T-1 Flux Cored Welding Wire mig wire flux core memiliki harga $ 8,9/kg jika dalam rupiah menjadi sekitar Rp. 128,809.00 yang berasal dari situs Alibaba.com dan di akses pada hari senin 20 July 2021 pukul 14.00.

Table 4.12 perhitungan biaya profil ukuran 200 x 14

No	item	Biaya/satuan	Pemakaian	Jumlah
1.	Jumlah material plat	Rp 9.454.542/ton	1247,7 kg	Rp 11.789.813
2.	Konsumsi elektroda	Rp. 128,809.00	49,908 kg	Rp. 6.428.599
3.	Biaya pekerja *welder*	Rp. 1800/kg	1247,7 kg	Rp. 2.245.860
Total Biaya				Rp 20.464.272

Sumber : Penulis,2021

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil analisa dan pembahasan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Pada perhitungan manual untuk mencari profil didapat nilai 25.21 kN/m2 pada pembebanan di bagian haluan dari angka tersebut hitungan modulus didapat nilai sebesar 243.26 cm3 maka dari acuan perhitungan tersebut dibuat ukuran profil pondasi awal dengan ukuran 240x14~ dan 100x14, berdasarkan ukuran tersebut dibuat 3 varian ukuran untuk analisa sebagai pembanding mana yang lebih efektif dari segi ukuran dan juga biaya.

2.Berdasarkan hasil Analisa profil dengan ukuran 150x14~ dan 100x14~ (T) dipilih paling efektik karena lebih kecil dan memenuhi semua kriteria dengan Nilai tegangan maksimum yang terjadi pada konstruksi deck pada pondasi *windlass* dengan ukuran 150x14~ dan 100x14~ (T) yaitu 104,03 MPa pada *rated pulling capacity* dan 113,84 MPa pada *Overload pulling capacity*.Nilai tegangan maksimum tersebut masih dibawah tegangan ijin yaitu 246,52 MPa. Nilai Deformasi maksimum yang terjadi pada konstruksi pondasi *windlass* dengan ukuran 150x14~ dan 100x14~ (T) yaitu 8,3214e-5 pada *rated pulling capacity* dan 9,1056e-5 pada *Overload pulling capacity*. Nilai Deformasi maksimum tersebut masih memiliki Validasi sebesar 94,48%. Nilai safety factor yang terjadi pada konstruksi deck akibat adanya penambahan pondasi *windlass* dengan ukuran 150x14~ dan 100x14~ (T) yaitu pada 2,4031 *rated pulling capacity* dan 2,1961 pada *Overload pulling capacity*.. Nilai

safety factor tersebut masih memenuhi kriteria safety factor yaitu lebih dari 2.

3. Dari 4 variasi ukuran pondasi crane yang dilakukan analisis maka dipilih ukuran 150x14~ dan 100x14~ (T) sebagai desain pondasi *windlass* karena dinilai lebih efektif yaitu dengan ukuran paling kecil dan memiliki harga pembuatan profil yang lebih murah senilai Rp 16.918.797 dengan tetap memenuhi kriteria berdasarkan rules yang berlaku.

5.2 Saran

Untuk pengembangan tugas akhir selanjutnya penulis akan memberikan beberapa saran, sebagai berikut:

1. Melakukan analisis pada saat kondisi kapal dinamis yaitu kondisi hogging/sagging.

2. Melakukan analisis menggunakan software berbasis metode elemen hingga lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Achir Marine. (2014). Mesin Jangkar. Retrieved August 13, 2019, from http://id.chinaacir.com/news/anchor-machines-5283145.html

Bang Kamal. (n.d.). No Title. Retrieved from

http://katakamal.blogspot.com/2010/06/perlengkapakan-pada-sistemjangkar.html

EMS, Tim.2015.**AutoCAD 2D dan 3D**.Jakarta: PT Alex Media Komputindo.

Eyres, D.J. (2001). **Ship Construction**. Linacre House, Jordan Hill, Oxford.

Frick, Ir. Heinz. 1978. **Mekanika Teknik 1**. Semarang: Kanisius

Karina Puteri Wardani. (n.d.). No Title. Retrieved from https://www.scribd.com/doc/205191905/Windlass

Lare Blitar. (2018). **Mesin Jangkar (Windlass) dan Perhitungan Kapasitasnya**. Retrieved from 20 juli website: http://www.lareblitar.com/2018/07/mesinjangkar-windlass-dan-perhitungan.html

Prasetya, Dega.2016.**Analisa Kekuatan Konstruksi Pada Pondasi Crane Kapal Utility Vessel di PT. Orela Shipyard**.Surabaya.

Siswa, M. (n.d.). No Title. Retrieved from https://ruangmegah.blogspot.com/2015/06/mesin-jangkar-anchorwindlass.html

Rizaldhi, Achmad Rizki.2019. **ANALISA PENGGANTIAN MESIN WINDLASS KONVENSIONAL DENGAN MESIN WINDLASS HIDROLIK..** Bachelors Degree (D4) Tugas Akhir, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

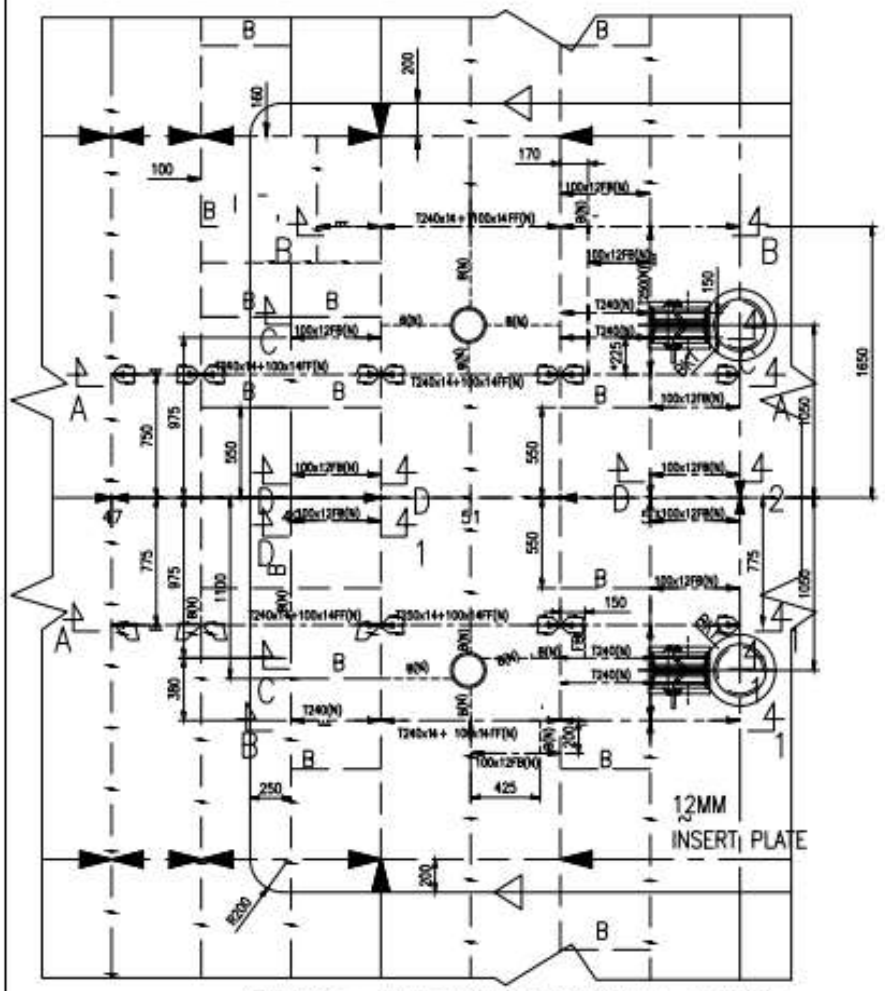
SONNY MULAKSONO. (2013). *Konsep Dasar Kapal* (2nd ed.; Sumaryanto, Ed.). Malang: 2013.

Susatio, Yerri. 2004. **Dasar – Dasar Metode Elemen Hingga**. Yogyakarta: Andi.

Vidosic, Joseph P. 1969. **Element of Design Engineering**. Ronald Press.

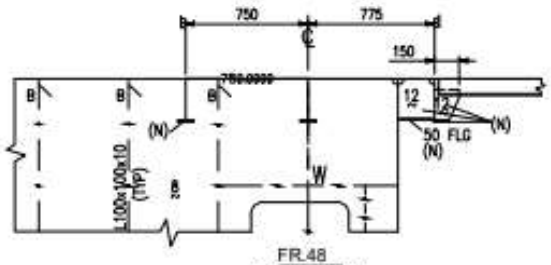
(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

Biro Klasifikasi Indonesia Vol. II.2017.**Rules for Hu**

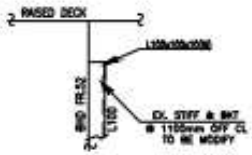


RAISED DECK PL. – 8MM THK THROUGHOUT, RAISED DECK BEAM – L100x100x10,
RAISED DECK WEB/GIR. – T250x8+100x12FF
RAISED DECK NEW WEB/GIR. – T250x14+100x14FF(N)/T250X10+100x10FF(N)/250x12 W/75FLG(N)
UNDERDECK REINFORCEMENT IND WINDLASS/CHAIN STOPPER TO BE ALIGN WITH SEATING

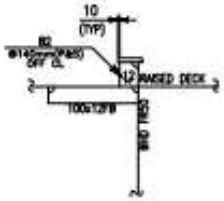
PARTIAL RAISED DECK PLAN



FR.48
(LOOKING FWD)

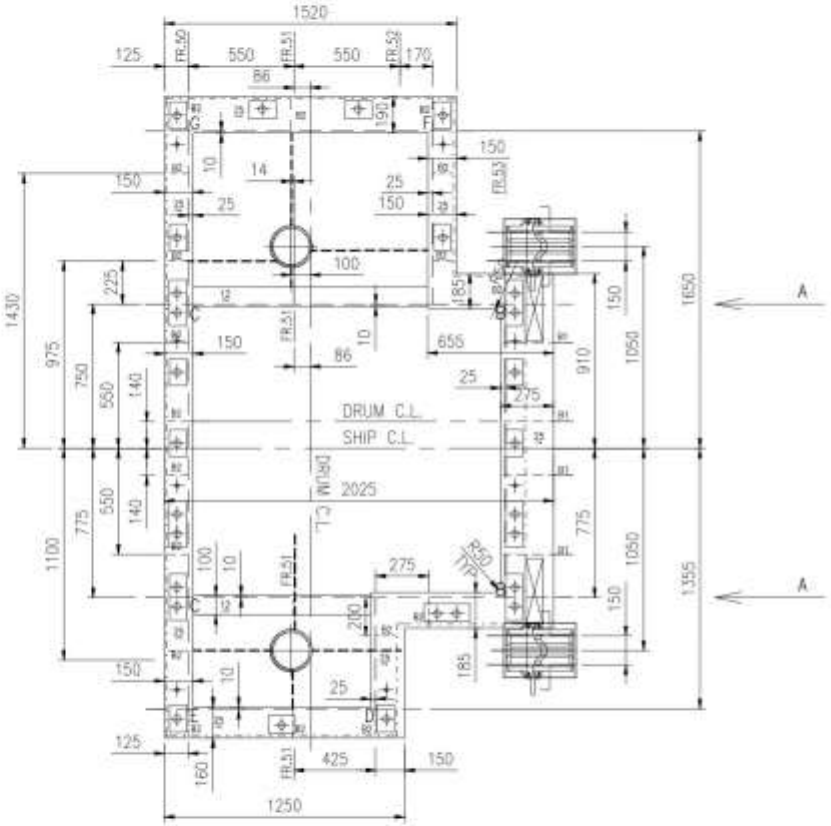


SECTION D-3



SECTION D-D
(SECTION D-1 SIMILAR)

PROJECT: 32M HARBOUR TUG	
TITLE: WINDLASS FOUNDATION	
DATE: 18.08.20	SCALE: 1 : 50 A4
DRAWN BY: SOO PIO	PROJECT NO: J8016
CHECKED BY: TOH	DRAWING NO: 8016-8.006 REV: 0



WINDLASS SEATING

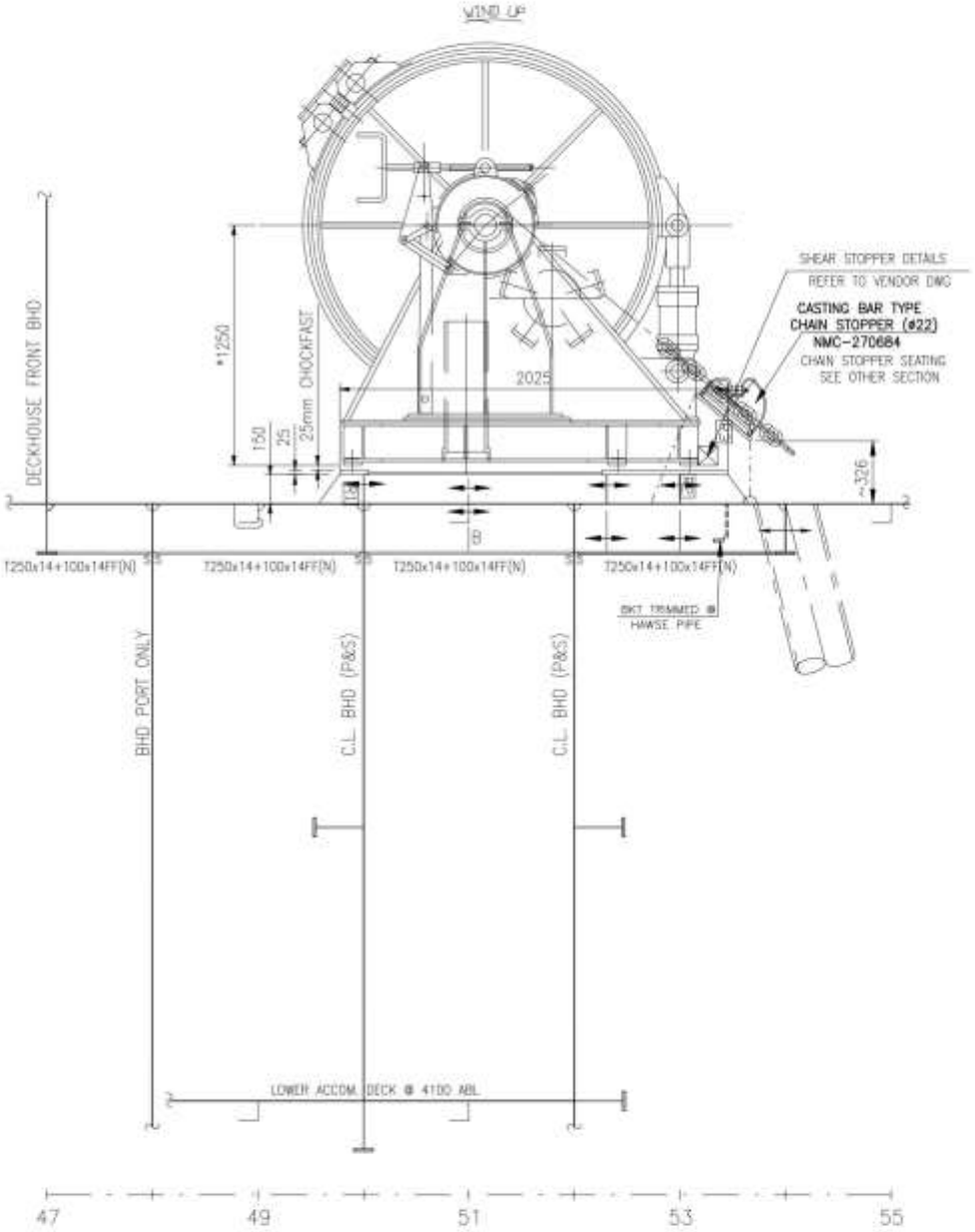
FOUNDATION RIDER PL. IS 25MM PL. THK. AND BOTTOM SUPPORT PL. IS 19MM THK.
ALL DIMENSIONS CHECK AT SITE AS PER FINAL EQUIPMENT.
LOCATION FOR BOLT HOLES MODIFIED AT SITE AS PER FINAL EQUIPMENT

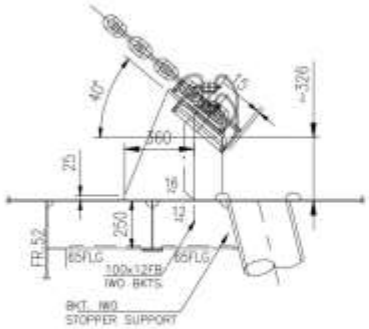
PARTICULARS		
GYPSY CAPACITY		4T x 15m/min
CHAIN DIAMETER		ø22 G2
HAWSER CAPACITY		6/3 T x 15/30m/min
ROPE		NR ø96mm x 200 m
RATING POINT		1st LAYER (ø596mm)
MAIN SHAFT REVOLUTION		8/16 rpm
TOWING BRAKE CAP.		75T
HYDRAULIC MOTOR	TYPE	MRH-1350-PV
	REVOLUTION	412/82.4 rpm

NOTES:

1. DRAWING PREPARED BASE ON MASADA IRON WORKS CO LTD
   MANUFACTURER SUPPLY DWG. NO. NMC-270681 (FOR MOW-170 WINDLASS & TOWING WINCH)
   MANUFACTURER SUPPLY DWG. NO. NMC-270681SS (FOR WINDLASS FOOTPRINT)
   MANUFACTURER SUPPLY DWG. NO. NMC-270684 (FOR CASTING BAR TYPE CHAIN STOPPER 22)
2. ALL WELDS & EDGE PREPERATION TO COMPLY WITH CLASS REQUIREMENTS & TO SURVEYOR'S SATISFACTION.
3. SEATING DIMENSIONS TO BE VERIFIED AGAINST ACTUAL PURCHASE ITEM BEFORE FABRICATION.
4. ALL HOLES TO BE DRILLED IN CONJUNCTION WITH EQUIPMENT.
5. CHAIN STOPPER ARE SUPPLIED AND FITTED BY YARD.
6. SHIPBUILDER TO CHECK WITH WINDLASS MANUFACTURER'S FINAL APPROVED DRAWINGS BEFORE FABRICATION.
7. "*" CHECK AT SITE AS PER FINAL EQUIPMENT DRAWING.

PROJECT: 32M HARBOUR TUG		
TITLE: WINDLASS FOUNDATION		
DATE :- 18.06.20	SCALE :- 1 : 50	A4
DRAWN BY :- SOO PEI	PROJECT NO :- J8318	
CHECKED BY :- TOH	DRAWING NO :- 8318-S308	REV 0

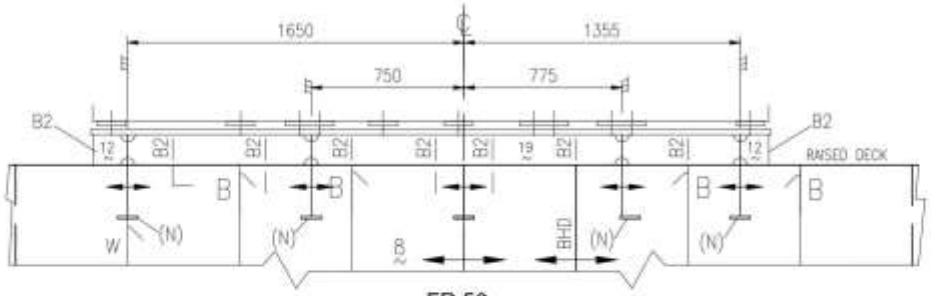




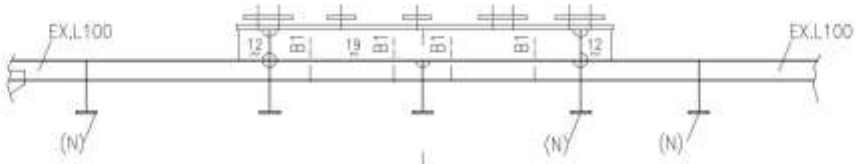
SECTION A-A

(PORT SHOWN, PORT ONLY EXCEPT OTHERWISE NOTED.

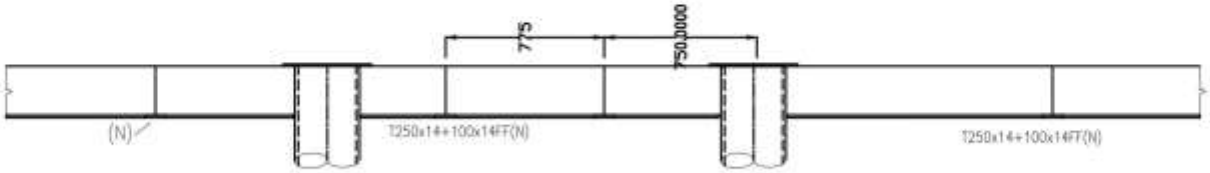
PROJECT: 32M HARBOUR TUG			
TITLE: WINDLASS FOUNDATION			
DATE :- 16.09.20		SCALE :- 1 : 50	A4
DRAWN BY :- SOO PEI		PROJECT NO :- J6018	
CHECKED BY :- TOH		DRAWING NO :- 6018-5306	REV 0



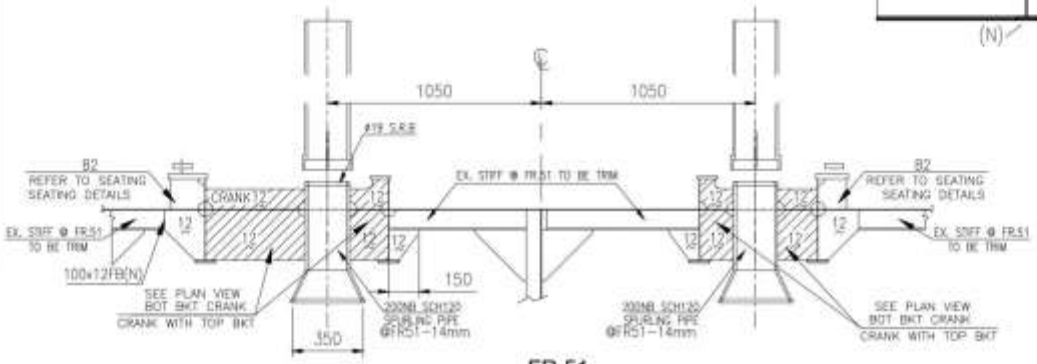
FR.50
(LOOKING FWD)



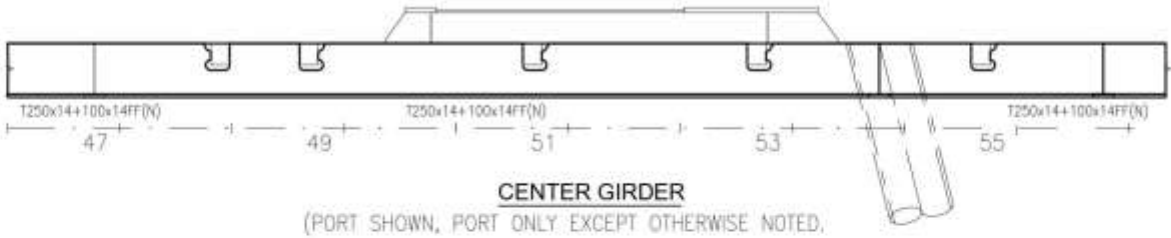
FR.53
(LOOKING FWD)



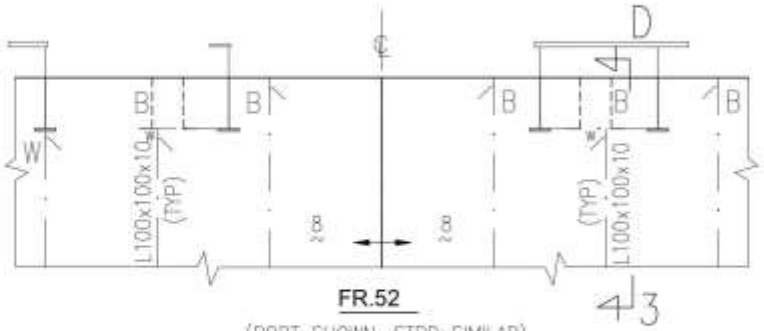
FR.54
(LOOKING FWD)



FR.51
(LOOKING FWD)



CENTER GIRDER
(PORT SHOWN, PORT ONLY EXCEPT OTHERWISE NOTED.



FR.52
(PORT SHOWN, STBD SIMILAR)
(LOOKING FWD)

PROJECT: 32M HARBOUR TUG			
TITLE: WINDLASS FOUNDATION			
DATE :- 18.06.20	SCALE :- 1 : 50	A4	
DRAWN BY :- SOO PEI	PROJECT NO :- J6318		
CHECKED BY :- TOH	DRAWING NO :- 6318-S306	REV 0	

动力单元安装在主甲板下面，由2个油泵机组和1个油箱组成。动力单元设低液位、高油温、回油滤器堵塞报警、过低液位、过高油温停机报警。

The diving unit is installed under the deck, which to be composed of 2 main oil pump units and 1 oil tank. Driving unit is fitted with alarms for low level、high oil temperature and return filter blocked、too low level down、too high oil temperature down.

动力部分：

Driving parts:

电机功率：1×30kW+1×5.5KW

Power of electric motor: 1×30kW+1×5.5KW

油泵型号：

A10VO100×1台（博士力士乐）+A10VO28×1台（博士力士乐）

Type of oil pump: A10VO100(Rexroth)×1set+A10VO28(Rexroth)×1set

3.5 船部遥控控制板

Fwd remote control panel

船部遥控控制板安装在驾驶室主控制台上，为嵌入式安装。包含如下功能：电源指示、驾驶室/机旁转换开关、泵组起/停、电机运行指示、控制手柄、压力表、液压刹车控制选择开关、急停按钮、应急释放按钮、拖钩释放按钮、调光器等。

Fwd remote control panel fitted on the bridge, drop in panel type.

Fwd remote control panel contains follows functions: power indication, wh. /local select switch, pumps unit start/stop, motors running indication, control column, hyd. brake control select switch, emergency stop button, emergency release button, towing hook release button, dimmer and so on.

3.6 说明

Explanations

船厂所接液压管规格在确认图中确认。液位计带容积刻度。

泵站及手动换向阀含配对法兰。主要阀件为进口产品。带海水冷却器。系统安全阀调整压力：20.6MPa。泵站配有一个组合式的电气(控制柜(IP44，带填料函，电流表、计时器、起停按钮、电机空间加热、运行指示、电源指示、报警灯、蜂鸣器、输出公共报警)，提供机旁起/停按钮盒2个(船/艉各1只，IP56，带急停按钮，带不锈钢防护罩)。提供组合锚机与甲板底座连结螺栓规格及强度计算（规格S27要求）。起锚机兼拖缆绞车、绞盘及拖钩外型按船体布置要求设计。电机、油泵、油马达的具体型号和参数以确认图为准。

锚机产品证书包含泵站。

warping end.

Cable lifter uses manual clutch and brake.

Towing drum uses manual clutch, hydraulic brake.

e) 主要参数：

Main parameters:

起锚部分：

Anchoring parts:

锚链直径：Φ22（G2）

Diameter of chain cable: Φ22（G2）

额定拉力：4T

Rated pulling：4T

过载拉力：6T

Overload pulling：6T

支持负载：120kN

Holding Load：120kN

额定速度：≥15m/min

Rated speed：≥15m/min

拖缆卷筒部分：

Towing drum parts:

卷筒负载：5T（第一层）

Drum load: 5T (on the first layer)

卷筒公称速度：20m/min（第一层）

Drum nominal speed: 20 m/min (on the first layer)

卷筒松绳速度：40m/min

Drum loose rope speed：40m/min

刹车力：75T（第一层）

Brake Holding ：75T (on the first layer)

缆绳直径：Φ96mm

Diameter of rope: Φ96mm

卷筒容绳量：200m

Capacity of drum: 200m

控制方式：机旁+驾驶室遥控

Control method: Local & Wheel house remote control

副卷筒部分：

Warping end parts:

副卷筒工作负载：1.5T *10m/min

缆绳直径：__22__ mm

Diameter of rope:__22__mm

容绳量：6 圈

Capacity：six turns

3.2 Φ22 掣链器 2 台

Φ22Chain Stopper 2Sets

3.2 5T 立式绞盘（艉部）

5T Vertical Capstan (Aft)

a) 数量：1 台/船

Quantity: 1 Set/Ship

b）型式及说明：

电动—液压型，布置于船艉甲板。

控制方式：机旁控制。

Electric-hydraulic type, installed on the Aft. deck.

Control method: Local control.

c) 主要参数：

Main parameters:

卷筒部分：

Drum parts:

卷筒负载：5T（第一层）

Drum load: 5T (on the first layer)

卷筒公称速度：10-15m/min（第一层）

Drum nominal speed: 10-15m/min (on the first layer)

缆绳直径：__22__ mm

Diameter of rope:__22__mm

3.3 拖钩（艉部）

Towing hook

额定拉力：40T

Rated tension: 40T

操作方式：气动快速释放系统一套，在驾驶室和机旁均可控制。有应急手动装置。

Operation method: one set of air driven quick release system, can control both from Local & Wheel house. With emergency manual device.

3.4 甲板机械公用液压动力单元

Common Hydraulic Oil Systems For Deck Machinery

TOTAL INERTIA ABOUT CENTER OF MASS

9357.8	-65.682	148.64
-65.682	6905.9	22.915
148.64	22.915	15025.

(PROFIL 150 x 14)

P =	120kN + 4T + 420 kg + 5T	
L=	4.39	
E =	210000	
I =	16295 (inertia from ansys software)	

$$D=\frac{P.l^2}{16.E.I}$$

$$D=\frac{212214.2.\ 4.39^2}{16.210000.16125}$$

D =	8.101E-05	(Hitungan Mekanika teknik)
D =	8.949E-05	(Software ansys)
Validasi	90.530354	%

TOTAL INERTIA ABOUT CENTER OF MASS

9357.8	-65.682	148.64
-65.682	6905.9	22.915
148.64	22.915	15025.

(PROFIL 150 x 14)

P =	120kN + 4T + 420 kg + 5T	
L=	4.39	
E =	210000	
I =	16295 (inertia from ansys software)	

$$D=\frac{P.l^2}{16.E.I}$$

$$D=\frac{212214.2.\ 4.39^2}{16.210000.16125}$$

D =	8.865E-05	(Hitungan Mekanika teknik)
D =	9.792E-05	(Software ansys)
Validasi	90.530874	%

TOTAL INERTIA ABOUT CENTER OF MASS

10607.	-496.63	17.776
-496.63	7669.2	-83.118
17.776	-83.118	17933.

(PROFIL 200 x 14)		
P =	120kN + 4T + 420 kg + 5T	
L=	4.38	
E =	210000	
I =	17933 (inertia from ansys software)	

$$D=\frac{P.l^2}{16.E.I}$$

$$D=\frac{212214.2.\ 4.39^2}{16.210000.17933}$$

D =	6.826E-05	(Hitungan Mekanika teknik)
D =	6.916E-05	(Software ansys)
Validasi	98.686849	%

TOTAL INERTIA ABOUT CENTER OF MASS

10607.	-496.63	17.776
-496.63	7669.2	-83.118
17.776	-83.118	17933.

(PROFIL 200 x 14)		
P =	120kN + 4T + 420 kg + 5T	
L=	4.39	
E =	210000	
I =	17933 (inertia from ansys software)	

$$D=\frac{P.l^2}{16.E.I}$$

$$D=\frac{232214.2.\ 4.39^2}{16.210000.17933}$$

D =	7.427E-05	(Hitungan Mekanika teknik)
D =	7.568E-05	(Software ansys)
Validasi	98.136963	%

```
CENTER OF MASS (X,Y,Z)=   -100.64       -96.731       0.41716

TOTAL INERTIA ABOUT CENTER OF MASS
      11296.       -469.30       -4.9857
     -469.30        8481.1       -77.242
     -4.9857       -77.242        19413.
```

(PROFIL 240 x 14)		
P =	120kN + 6T + 420 kg	
L=	4.39	
E =	210000	
I =	19413 (inertia from ansys software)	

$$D=\frac{P.l^2}{16.E.I}$$

$$D=\frac{212214.2.\ 4{,}39^2}{16.210000.19413}$$

D =	6.392E-05	(Hitungan Mekanika teknik)
D =	6.398E-05	(Software ansys)
Validasi	99.901329	%

```
CENTER OF MASS (X,Y,Z)=   -100.64       -96.731       0.41716

TOTAL INERTIA ABOUT CENTER OF MASS
      11296.       -469.30       -4.9857
     -469.30        8481.1       -77.242
     -4.9857       -77.242        19413.
```

(PROFIL 240 x 14)		
P =	120kN + 6T + 420 kg	
L=	4.39	
E =	210000	
I =	18413 (inertia from ansys soft	

$$D=\frac{P.l^2}{16.E.I}$$

$$D=\frac{232214.2.\ 4{,}33^2}{16.210000.19413}$$

D =	6.983E-05	(Hitungan Mekanika teknik)
D =	7.001E-05	(Software ansys)
Validasi	99.737253	%

TOTAL INERTIA ABOUT CENTER OF MASS

12406.	-436.45	-14.292
-436.45	9453.8	-69.846
-14.292	-69.846	21418.

(PROFIL 350 x 14)

P =	120kN + 4T + 420 kg + 5T	
L=	4.39	
E =	210000	
I =	21418(inertia from ansys software)	

$$D=\frac{P.l^2}{16.E.I}$$

$$D=\frac{212214.2.\ 4{,}39^2}{16.210000.21418}$$

D =	5.68309E-05	(Hitungan Mekanika teknik)
D =	0.000056282	(Software ansys)
Validasi	100.975348	%

TOTAL INERTIA ABOUT CENTER OF MASS

12406.	-436.45	-14.292
-436.45	9453.8	-69.846
-14.292	-69.846	21418.

(PROFIL 350 x 14)

P =	120kN + 4T + 420 kg + 5T	
L=	4.39	
E =	210000	
I =	21418(inertia from ansys software)	

$$D=\frac{P.l^2}{16.E.I}$$

$$D=\frac{232214.2.\ 4{,}39^2}{16.210000.20132}$$

D =	6.21869E-05	(Hitungan Mekanika teknik)
D =	0.000061586	(Software ansys)
Validasi	100.9757879	%

Bower Anchor

Jumlah/Berat Jangkar	:	**2/420**	Type	:	**Stockless Anchor**
Kualitas Rantai Jangkar (Kualitas of Anchor Chain)	:	**1**	Dia. Rantai Jangkar (D. of Anchor Chain)	:	**21**
Panj. Rantai Jangkar (L. of Anchor Chain)	:	**275.00**	Type Rantai Jangkar (Type of Anchor Chain)	:	**Stud Link**

BIOGRAFI PENULIS

Nama	: Fadhl Alhakim
Tempat, Tanggal Lahir	: Cirebon, 28 Februari 1999
Alamat	: Jl. Manggaraya 02 no.15 , Cirebon
Email	: fadhlalhakim@student.ppns.ac.id
No. HP	: 08524428122
Agama	: Islam
Hobi	: Menggambar
Motto	: Mulai dulu, revisi kemudian
Riwayat Pendidikan	:
2017-2021	Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
	Program Studi D4 Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal
2014-2017	SMA Negeri 6 Cirebon
2011-2014	SMP Negeri 7 Cirebon
2005-2011	SD Kalijaga Permai