



**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

Jl. Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa Jakarta Timur 13450

Telp. (021) 8649057, 8649060 Fax. (021) 8649052

Email: humas@unsada.ac.id Home page <http://www.unsada.ac.id>

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, menerangkan bahwa :

Nama : Maulana Salman Alfarisyi

N.I.M : 2018310004

Program Studi : Teknik Perkapalan

Judul Tugas Akhir :

“PERANCANGAN SEMI SUBMERSIBLE HEAVY LIFT VESSEL 50000 DWT”

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini adalah benar-benar asli karya cipta saya sendiri dan tidak mengandung bahan-bahan yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh pihak lain kecuali bagian-bagian tertentu yang saya ambil sebagai acuan dengan mengikuti kaidah penulisan Tugas Akhir yang benar.

Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya ilmiah yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir Tugas Akhir ini

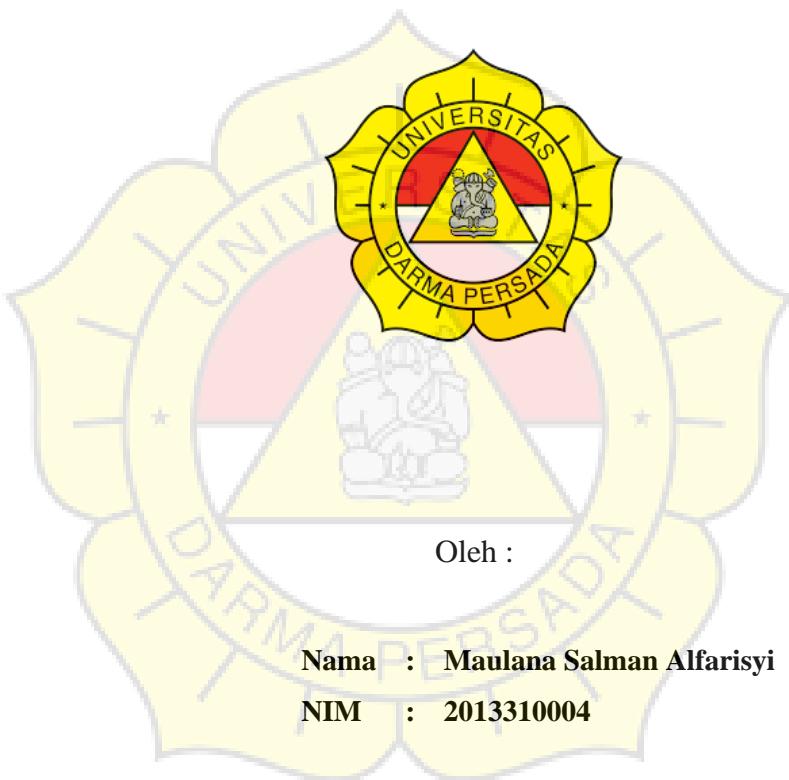
Jakarta, Mei 2023

Yang Menyatakan,



Maulana Salman Alfarisyi
(2018310004)

TUGAS AKHIR
PERANCANGAN *SEMI SUBMERSIBLE HEAVY LIFT*
VESSEL 50000 DWT



Oleh :
Nama : Maulana Salman Alfarisyi
NIM : 2013310004

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
JAKARTA
2022

TUGAS AKHIR
PERANCANGAN SEMI SUBMERSIBLE HEAVY LIFT VESSEL
50000 DWT

Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas guna
memenuhi persyaratan mencapai gelar Sarjana Strata (S-1)

Jurusan Teknik Perkapalan



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
JAKARTA
2022

ABSTRAK

PERANCANGAN *SEMI SUBMERSIBLE HEAVY LIFT VESSEL* 50000 DWT

Oleh ;

Maulana Salman Alfarisyi

2018310004

Indonesia merupakan negara maritim dimana perpindahan barang ataupun manusia membutuhkan angkutan sebagai transportasi. khususnya pada bidang minyak bumi yang membutuhkan bangun lepas pantai sebagai *platform*. Sebagai negara berkembang bangunan *offshore* di pesan dari luar negri seperti Belanda dan Korea Selatan. Untuk mengurangi waktu transit, meningkatkan manajemen waktu transit, dan yang terpenting, memaksimalkan keamanan kargo untuk berbagai jenis kargo, dari kargo terapung atau kargo non-mengambang. akan diangkut mengingat biaya muatan yang besar. Mengacu pada uraian di atas, Indonesia membutuhkan kapal pengangkut berat *semi submersible Heavy Lift*. Pada perancangan kapal *semi-submersible* ini menggunakan jenis *open deck ship cargo* dan jenis pemuatan *float on-off* dengan metode desain kapal menggunakan metode *Parent Design Approach* dan *Trial And Error*, metode perhitungan stabilitas yang digunakan yaitu metode A.N-Krylov dan perhitungan hambatan yang digunakan yaitu Holtrop. Sedangkan untuk perhitungan kapal yang digunakan metode kapal pembanding dan pada perencanaan yang menghasilkan kapal dengan Loa = 219 m, Lpp= 207,5 Lwl = 214 m, B = 42 m, H = 13 m, T = 10 m, Displacement = 76649,664 ton, LWT = 26649,664 , V = 15 knot. Dalam perancangan *Lines Plan Semi Submersible Heavy Lift Vessel* untuk hasil perhitungan hidrostatik, kapal memiliki koefisien blok (Cb) = 0,832, koefisien garis air (Cw) = 0,935, koefisien *midship* (Cm) = 0,982, koefisien prismatic (Cp) = 0,847. Hambatan 995,3 kN dengan power 7680,324 kW. Analisa Stabilitas menggunakan 4 kondisi dan memenuhi criteria IMO *Intact Stability A.749(18)* dan Ch.8C - *Alternative simplified criteria for vessels lifting heavy loads in operational areas D and E*. Analisa Seakeping meunjukan kapal memenuhi criteria pada tinggi gelombang 4m,dan *Deck Wetness* kapal memenuhi dalam tinggi gelombang 2-8 m.

Kata Kunci : *Dry Transport*, Hambatan, *Heavy Lift*, Stabilitas, dan *Semi Submersible Ship*.

ABSTRACT

DESIGN SEMI-SUBMERSIBLE HEAVY LIFT VESSEL 50000 DWT

By ;

Maulana Salman Alfarisyi

2018310004

Indonesia is a maritime country where the movement of goods or people requires ships as transportation. Especially in the petroleum sector which requires offshore construction as a platform. As a developing country, offshore buildings as the Netherlands and South Korea are ordered from abroad. To reduce transit time, improve transit time management, and most importantly, maximize cargo security for various types of cargo, from floating cargo or non-floating cargo. will be transported considering the high cost of cargo. Referring to the description above, Indonesia needs a semi-submersible heavy lift ship. In the design of this semi-submersible ship using the open deck ship cargo type and the loading float on-off with the ship design method using the Parent Design Approach and Trial And Error method, the calculation method used is the A.N-Krylov method and the calculation of the resistance used is Holtrop . As for the calculation of the ship used comparison and planning methods that produce ships with Loa = 219 m, Lpp = 207.5 Lwl = 214 m, B = 42 m, H = 13 m, T = 10 m, Displacement = 76649, 664 tons , LWT = 26649,664 , V = 15 knots. In designing the Lines Plan Semi Submersible Heavy Lift Vessel for hydrostatic calculation results, the ship has a block coefficient (C_b) = 0.832, a waterline coefficient (C_w) = 0.935, a midship coefficient (C_m) = 0.982, a prismatic coefficient (C_p) = 0.847, and . The resistance is 995.3 kN with a power of 7680.324 kW. Stability analysis uses 4 conditions and meets the IMO Intact Stability criteria A.749(18) and Ch.8C - Simple alternative criteria for ships lifting heavy loads in operational areas D and E. Seapeng analysis shows the ship meets the criteria at a wave height of 4m, and The Wetness Deck of the ship meets the wave height of 2-8 m.

Key Words : Dry Transport, Heavy Lift, Resistance, Stability, and Semi-Submersible Ship.

PRAKATA

Tiada kata lain selain mengucapkan Puji syukur kepada Allah SWT yang mana atas berkah, rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “*Perancangan Semi Submersible Heavy Lift Vessel 50000 DWT*” Tugas Akhir ini merupakan salah satu mata kuliah yang wajib untuk menyelesaikan studi Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada. Tugas akhir ini memiliki banyak kendala yang seringkali menghambat penyelesaiannya. Dan terakhir, banyak pihak yang telah membantu secara moril dan materil sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Selama mengerjakan Tugas Akhir ini, kapal *Semi Submersible Heavy Lift* merupakan sebuah kapal untuk membawa muatan besar dan juga luas yang dapat memangkas biaya transit dan juga waktu perjalanan, kapal ini sangat dapat membantu perkembangan *offshore* ataupun industri lainnya yang menggunakan alat atau benda besar sebagai kebutuhan produksinya. Dengan membaca buku, jurnal, artikel, makalah tentang kapal *Semi Submersible Heavy Lift* untuk menambah pengetahuan dan pengalaman. Tugas akhir ini sepertinya sangat mungkin ada beberapa kesalahan. Hal ini dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan pengalaman, namun berkat dorongan dan dukungan dari berbagai pihak, kendala tersebut dapat teratasi dengan baik.

Tugas Akhir ini berisi desain kapal, perhitungan kapasitas muatan maksimal kapal serta membuat konsep rencana umum kapal, analisa stabilitas dan proses bongkar muat. Akan sangat membantu jika ada yang menemukan kesalahan akan memberitahu sehingga koreksi dapat dilakukan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan dan hasil yang baik di masa yang akan datang.

Jakarta, Agustus 2022

Maulana Salman Alfarisyi

NIM. 2018310004

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur dipanjangkan kepada Allah SWT karena senantiasa memberikan berkah serta rahmat-Nya sehingga dapat diselesaikan Tugas Akhir yang berjudul "**Perancangan Semi Submersible Heavy Lift Vessel 50000 DWT**". Pada proses pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini, banyak didapatkan dukungan dan bantuan baik berupa materi maupun bimbingan, dorongan motivasi dan semangat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, rasa terima kasih disampaikan kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan, dan rahmat-Nya sehingga dapat diselesaikan Tugas Akhir ini.
2. Orang Tua, yang senantiasa memberikan doa, motivasi dan kepercayaan.
3. Yoseph Arya Dewanto, S.T.,M.T sebagai Dekan Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada.
4. Arif Fadillah, S.T.,M.Eng.,Ph.D sebagai Wakil Dekan I dan Pembimbing 1 yang telah membimbing dan mengarahkan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Ir. Augustinus Pusaka, M.Si. sebagai Wakil Dekan II Fakultas Teknologi Kelautan
6. Shanty Manullang, S.Pi, M.Si sebagai Ketua Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada dan penasihat akademik, yang selalu memberikan motivasi.
7. Rizky Irvana, S.T.,M.T. sebagai Pembimbing 2 yang telah membimbing dan mengarahkan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Para Dosen, dan Dosen Muda yang telah memberi arahan dan membantu dalam hal akademik.
9. Angkatan 2018 yang banyak membantu dan memberi semangat.
10. Serta kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

TUGAS AKHIR

MAULANA SALMAN ALFARISYI (2018310004)

Terlepas dari semua itu disadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasa. Oleh karena itu diharapkan kritik dan saran dari semua pihak, agar Tugas Akhir ini dapat diperbaiki untuk ke depannya.

Akhir kata, terima kasih kepada semua pihak yang membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir. Besar harapan semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat maupun inspirasi, khususnya bagi kemajuan dalam bidang perkapalan dan bagi Jurusan Teknik Perkapalan.



DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
PRAKATA	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR SIMBOL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Maksud & Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II STUDI PUSTAKA	5
2.1 <i>Heavy Marine Transport</i>	5
2.1.1. <i>Heavy Lift Vessel (HLV)</i>	5
2.1.2. <i>Semi Submersible Heavy Lift Vessel (SSHLV)</i>	7
2.1.3. <i>S-Class Semi Submersible Heavy Lift Vessel</i>	8
2.1.4. <i>Open Deck Ship</i>	9
2.1.5. <i>Yacht Carriers</i>	10
2.1.6. Kapal Kargo Proyek	11
2.2 Muatan Kapal	12
2.2.1 <i>Offshore Platform</i>	12
2.2.2 <i>FPSO</i>	13
2.2.3 <i>Semi-Submersible Platforms</i>	15
2.2.4 <i>Jackup Rigs</i>	15
2.2.5 <i>Fixed Platforms</i>	16
2.2.6 <i>Rig Spar</i>	17
2.2.7 Kargo Non-Standar	18

TUGAS AKHIR

MAULANA SALMAN ALFARISYI (2018310004)

2.2.8	<i>Ship/Hull</i>	19
2.3	Jenis Metode <i>Load-out</i>	20
2.3.1.	<i>Lifting</i>	21
2.3.2.	<i>Ro-Ro using Modular trailers</i>	22
2.3.3.	<i>Float on dan Float off</i>	23
2.3.4.	<i>Skidding Method</i>	24
2.4	Proses Desain Kapal.....	25
2.4.1.	<i>Concept Design</i>	26
2.4.2.	<i>Preliminary Design</i>	26
2.4.3.	<i>Contract Design</i>	27
2.4.4.	<i>Detail Design</i>	27
2.5	Geometri Kapal	28
2.5.1.	Dimensi Kapal.....	28
2.5.2.	Berat Dan Tonase Kapal	30
2.5.3.	Rencana Garis	31
2.5.4.	Hambatan Kapal.....	32
2.5.5.	Rencana Umum.....	33
2.6	Stabilitas <i>Semi Submersible Heavy Lift</i>	34
2.6.1.	<i>Calculation Of Intact Stability During Transport</i>	36
2.6.2.	<i>Calculation Of Stability During On-Loading/Off-Loading</i>	37
2.7	<i>Ballast System</i>	38
2.8	<i>Seakeping Heavy Lift Vessel</i>	39
2.9	<i>Deck Wetness</i>	40
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		42
3.1	Pengumpulan Data	43
3.2	Metode Desain Kapal	43
3.2.1.	<i>Metode Trial And Error</i>	43
3.2.2.	<i>Metode Parent Design Approach</i>	43
3.3	<i>Software Yang Digunakan</i>	45
3.4	Perhitungan Berat Kapal	46
3.5	Metode Holtrop	49

TUGAS AKHIR

MAULANA SALMAN ALFARISYI (2018310004)

3.6	Metode Admiralty.....	50
3.7	Perhitungan <i>Ballast Water</i>	50
3.8	Metode Kyrlov	50
3.9	JONSWAP	53
3.9.1	<i>Respone Amplitude Operator (RAO)</i>	53
3.9.2	<i>Root Mean Square (RMS)</i>	53
3.10	Perhitungan <i>Deck Wetness</i>	54
BAB IV DATA DAN INFORMASI.....		55
4.1	Data Rute Pelayaran	55
4.2	Data Muatan Kapal	57
4.3	Data Kapal Semi Submersible Heavy Lift	58
4.4	Data Kapal Pembanding.....	59
4.5	Layout Kapal Semi Submersible Heavy Lift	61
4.6	Aspek Ratio.....	62
4.7	<i>Technical Analysis Of Semi Submersible</i>	62
4.8	Kriteria Seakeeping dan <i>Deckwetness</i>	63
4.9	Perlengkapan Kapal	63
4.9.1	Perlengkapan Navigasi	63
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN		66
5.1	Ukuran Muatan Kapal	66
5.2	Layout Muatan Kapal Rancangan.....	66
5.3	Ratio Ukuran Utama Kapal	67
5.4	Rute Pelayaran	68
5.5	Kecepatan Kapal	68
5.6	Penentuan Dimensi dan Berat Kapal <i>Semi Submersible Heavy Lift</i>	69
5.6.1.	Penetuan Dimensi Utama Kapal <i>Semi Submersible Heavy Lift</i>	69
5.6.2.	Koreksi Perbandingan Ukuran Utama Kapal	70
5.6.3.	Penentuan Koefisien Bentuk Kapal.....	71
5.6.4.	<i>Displacement</i> dan <i>Volume Displacement</i> Kapal <i>Semi Submersible Heavy Lift</i>	72
5.7	Estimasi Daya Mesin Kapal	72

TUGAS AKHIR

MAULANA SALMAN ALFARISYI (2018310004)

5.7.1	Penentuan <i>Main Engine</i> Sementara	72
5.7.2	<i>Auxiliary Engine</i> Sementara.....	73
5.8	Perhitungan Awak Kapal	75
5.9	Estimasi Berat Kapal (LWT & DWT)	76
5.9.1	Perhitungan Berat Kapal Kosong (LWT)	76
5.9.2	Perhitungan <i>Dead Weight Tonnage</i> (DWT).....	78
5.9.3	<i>Ballast Water</i>	79
5.10	Layout Kapal Rancangan	79
5.11	<i>Lines Plan</i> Kapal <i>Semi Submersible Heavy Lift</i>	81
5.12	Hidrostatik dan <i>Bonjean</i>	82
5.13	Analisa Hambatan Kapal Rancangan	85
5.13.1	<i>Main Engine</i> Kapal	87
5.13.2	<i>Auxiliary Engine</i> Kapal	88
5.14	Rencana Umum.....	89
5.15	Analisa Stabilitas.....	96
5.16	Analisa <i>Seakeeping</i>	105
5.17	Deck Wetness.....	108
5.18	Proses Bongkar Muat	109
5.18.1	<i>Cargo Handling Equipment</i>	109
5.18.2	Tahap Operasional	111
BAB VI KESIMPULAN	116
6.1	Kesimpulan	116
6.2	Saran.....	118
DAFTAR PUSTAKA	119
LAMPIRAN	123

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Heavy Lift Vessel</i>	7
Gambar 2. 2 <i>Semi Submersible Heavy Lift Vessel</i>	8
Gambar 2. 3 S-Class Semi Submersible Heavy Lift Vessel	9
Gambar 2. 4 <i>Open Deck Ship</i>	10
Gambar 2. 5 <i>Yacht Express loaded with luxury yachts</i>	10
Gambar 2. 6 Beluga Endeavour dengan 3 RTG di dek.....	11
Gambar 2. 7 SSHV membawa <i>Offshore Platform</i>	13
Gambar 2. 8 <i>Dry Transport FPSO</i>	14
Gambar 2. 9 menunjukkan contoh aplikasi MODU.....	15
Gambar 2. 10 <i>SSHV Dry Transport Jackup Rigs</i>	16
Gambar 2. 11 <i>SSHV Dry Transport Oil Platform</i>	17
Gambar 2. 12 <i>SSHV Dry Transport Spar to Gulf of Mexico</i>	17
Gambar 2. 13 <i>SSHV Dry Transport Container Cranes</i>	18
Gambar 2. 14 <i>SSHV Dry Transport 18 Hull</i>	19
Gambar 2. 15 <i>Lifting Cargo to Ship</i>	22
Gambar 2. 16 <i>Ro-Ro using Modular trailers</i>	23
Gambar 2. 17 <i>Float On Semi Submersible Heavy Lift Vessel</i>	23
Gambar 2. 18 <i>Skidding By Uniform Loading Using Hydraulic Cylinders</i>	25
Gambar 2. 19 <i>Spiral Design</i>	26
Gambar 2. 20 Ukuran Utama Kapal.....	29
Gambar 2. 21 Ruangan GRT dan NRT	31
Gambar 2. 22 <i>Lines Plan</i> Kapal	32
Gambar 2. 23 Hambatan Gelombang Pada Kapal	33
Gambar 2. 24 <i>General Arrangement</i> Kapal	34
Gambar 2. 25 <i>Dynamic Stability Curve/Wind Lever</i>	37
Gambar 2. 26 <i>Ballast Water For Trim Ship</i>	38
Gambar 2. 27 <i>Ship Motion With 6 Degrees Of Freedom</i>	39
Gambar 2. 28 Kurva Polar <i>Relative</i> dan <i>Absolute</i> RMS Deviation 0,2 m/s.....	40
Gambar 3. 1 <i>Flowchart Penelitian</i>	42

TUGAS AKHIR

MAULANA SALMAN ALFARISYI (2018310004)

Gambar 4. 1 Jalur Pelayaran Distribusi <i>Platform</i> menuju titik produksi.....	55
Gambar 4. 2 Layout Kapal dan Posisi Muatan	61
Gambar 4. 3 Layout Kapal Tampak Samping.....	61
Gambar 4. 4 Layout Kapal Tampak Atas.....	61
Gambar 4. 5 Koreksi Ukuran Utama Terhadap Hambatan	62
Gambar 4. 6 DGPS.....	63
Gambar 4. 7 <i>Echo Sounders</i>	64
Gambar 4. 8 <i>Gyro Compas</i>	64
Gambar 4. 9 ECDIS	65
Gambar 4. 10 <i>Software Octopus</i>	65
Gambar 5. 1 <i>Layout Muatan Kapal Pada Kapal Rancangan</i>	66
Gambar 5. 2 <i>Layout Muatan Kapal 2 Pada Kapal Rancangan</i>	67
Gambar 5. 3 Rute Pelayaran Kapal	68
Gambar 5. 4 <i>Main Engine</i> Sementara	73
Gambar 5. 5 <i>Auxiliary Engine</i> Sementara.....	74
Gambar 5. 6 Kayu Sebagai Alas Muatan	80
Gambar 5. 7 Layout Kapal Rancangan	80
Gambar 5. 8 <i>Lines Plan</i> Kapal Rancangan	81
Gambar 5. 9 <i>Curve Section Area</i>	82
Gambar 5. 10 Hasil Analisa Kurva Hidrostatik Pada <i>Maxsurf Stability</i>	83
Gambar 5. 11 Hasil Analisa Kurva <i>Bonjean</i> Pada <i>Maxsurf Stability</i>	84
Gambar 5. 12 <i>Power VS Speed</i>	86
Gambar 5. 13 <i>Resistance VS Speed</i>	87
Gambar 5. 14 <i>Main Engine</i> Kapal.....	87
Gambar 5. 15 <i>Auxiliary Engine</i> Kapal	88
Gambar 5. 16 3D Ruangan ABK	91
Gambar 5. 17 3D Ruangan <i>Hospital</i>	91
Gambar 5. 18 3D <i>Meeting Room</i>	92
Gambar 5. 19 3D <i>Recreation Room</i>	92
Gambar 5. 20 3D <i>Client Room</i>	92
Gambar 5. 21 <i>Guest VIP Room</i>	93

TUGAS AKHIR

MAULANA SALMAN ALFARISYI (2018310004)

Gambar 5. 22 3D <i>Laundry Room</i>	93
Gambar 5. 23 3D <i>Galley</i>	93
Gambar 5. 24 3D Tampak Samping <i>Semi Submersible Heavy Lift Vessel</i>	94
Gambar 5. 25 3D Tampak Depan <i>Semi Submersible Heavy Lift Vessel</i>	94
Gambar 5. 26 <i>General Arrangement</i>	95
Gambar 5. 27 <i>Angle Stability LoadCase 1</i>	97
Gambar 5. 28 <i>Angle Stability LoadCase 2</i>	99
Gambar 5. 29 <i>Angle Stability GZ Loadcase 3</i>	100
Gambar 5. 30 <i>Angle Stability GZ Loadcase 4</i>	102
Gambar 5. 31 CG RAO Keadaan 15kn, <i>Head Seas 180 deg</i> , Air Laut 6m	106
Gambar 5. 32 CG RAO Keadaan 15kn, <i>Beam Seas 90 deg</i> , Air Laut 6m.....	106
Gambar 5. 33 CG RAO Keadaan 15kn, <i>Head Seas 180 deg</i> , Air Laut 10m	107
Gambar 5. 34 CG Spectra Keadaan 15kn, <i>Head Seas 180 deg</i> , Air Laut 6m.....	107
Gambar 5. 35 CG Spectra Keadaan 15kn, <i>Beam Seas 90 deg</i> , Air Laut 6m	108
Gambar 5. 36 Ukuran <i>Cribbing</i>	109
Gambar 5. 37 <i>Cribbing Plan</i>	109
Gambar 5. 38 <i>Clamping</i>	110
Gambar 5. 39 <i>Sea Fastening</i>	110
Gambar 5. 40 <i>Loading Operational</i>	111
Gambar 5. 41 Posisi Persiapan Pemuatan	112
Gambar 5. 42 HTV Sedang Menurunkan Dek	113
Gambar 5. 43 <i>Docking Plan Muatan</i>	114
Gambar 5. 44 <i>Muatan Pada Deck Area</i>	114
Gambar 5. 45 HTV Dalam Proses <i>De-ballasting</i>	115
Gambar 5. 46 HTV Siap <i>Sail Away</i>	115

DAFTAR SIMBOL

Tabulasi berikut menunjukkan simbol yang digunakan pada Tugas Akhir ini. Karena huruf terbatas, beberapa huruf yang sama digunakan untuk menyatakan lebih dari satu konsep.

A	Luas Pandangan Samping Lambung Kapal (M^2).
Am	Luas Penampang Melintang Tengah Kapal (<i>Midship Area</i>) (M^2).
B	Lebar Kapal (M).
Δ	Displasemen Kapal (Ton).
Fs	Lambung Timbul Minimum (M).
γ	Berat Jenis T/ M^3 ,
H	Jarak Ordinat (Lpp/ <i>Station</i>),
H	Tinggi Kapal (M).
H_{st}	Tinggi Standar Bangunan Atas (M).
K	Faktor Material.
L	Panjang Tak Ditumpu.
μ	Koefisien Permeabilitas.
S	Jarak Pelayaran (Mil), Luas Permukaan Basah Badan Kapal (M^2).
Sa	<i>Sheer</i> Bagian Belakang (M).
Sf	<i>Sheer</i> Bagian Depan (M).
T	Sarat Kapal, Gaya Dorong (<i>Thrust</i>) Kg.
∇	Volume Kapal (M^3).
W_{fo}	<i>Weight Of Fuel Oil</i> (Berat Bahan Bakar) (Ton).
W_{fw}	<i>Weight Of Fresh Water</i> (Berat Air Tawar) (Ton).
W_{lo}	<i>Weight Of Lubricating Oil</i> (Berat Minyak Pelumas) (Ton).

TUGAS AKHIR

MAULANA SALMAN ALFARISYI (2018310004)

W_{pl} *Weight Of Pay Load* (Berat Muatan) (Ton).

Z Jumlah Daun Baling-Baling; Jumlah ABK;



DAFTAR SINGKATAN

Tabulasi berikut menunjukkan singkatan yang digunakan pada Tugas Akhir. Karena huruf terbatas, beberapa huruf yang sama digunakan untuk menyatakan lebih dari satu konsep.

Cb	Koefisien Blok.
C _F	Koefisien Hambatan Gesek.
C _m	Koefisien Tengah Kapal.
C _p	Koefisien Prismatik Memanjang.
C _w	Koefisien Garis Air Kapal.
E&R	<i>Energy and Resources</i>
FSP	<i>Floating Super Pallet</i>
HMT	<i>Heavy Marine Transport</i>
HTV	<i>Heavy Transport Vessel</i>
LCB	Jarak/Letak Titik Tekan Memanjang Dari Tengah Kapal (M).
Loa	<i>Length Over All</i> (Panjang Keseluruhan) (M).
Lpp	<i>Length Between Perpendicular</i> (Panjang Antara Garis Tegak) (M).
Lwl	Panjang Garis Air (M).
Lwp	Panjang <i>Paralel Midle Body</i> (M).
LWT	<i>Light Weight</i> (Berat Kapal Kosong) (Ton).
LM	<i>Logistical Management</i>
LNG	<i>Liquefied Natural Gas</i>
P&M	<i>Ports and Marine</i>
STS	<i>Ship-to-Shore</i>
T&I	<i>Transport and Installation</i>
CoG	<i>Centre of Gravity</i>
CPP	<i>Controllable Pitch Propeller</i>
DNV	<i>Det Norske Veritas</i>

<i>DWT</i>	<i>Deadweight tonnage</i>
<i>Fo-Fo</i>	<i>Float-on Float-off</i>
<i>HFO</i>	<i>Heavy Fuel Oil</i>
<i>GHS</i>	<i>General Hydro Statics</i>
<i>GM</i>	<i>Meta centric Height</i>
<i>IMO</i>	<i>International Maritime Organization</i>
<i>LCB</i>	<i>Longitudinal Centre of Buoyancy</i>
<i>LCG</i>	<i>Longitudinal Centre of Gravity</i>
<i>Lo-Lo</i>	<i>Lift-on Lift-off</i>
<i>LSA</i>	<i>Life Saving Appliances</i>
<i>LSW</i>	<i>Light Ship Weight</i>
<i>MDO</i>	<i>Marine Diesel Oil</i>
<i>MCR</i>	<i>Maximum Continuous Rating</i>
<i>PS</i>	<i>Portside</i>
<i>Ro-Ro</i>	<i>Roll-on Roll-off</i>
<i>RP</i>	<i>Redundant Propulsion</i>
<i>SB</i>	<i>Starboard side</i>
<i>SM</i>	<i>Sea Margin</i>
<i>So-So</i>	<i>Skid-on Skid-off</i>
<i>TCG</i>	<i>Transverse Centre of gravity</i>
<i>UCC</i>	<i>Under Cargo Clearance</i>
<i>UKC</i>	<i>Under Keel Clearance</i>
<i>VCG</i>	<i>Vertical Centre of Gravity</i>
<i>CAPEX</i>	<i>Capital Expenditures</i>
<i>DF</i>	<i>Discount Factor</i>
<i>NOPAT</i>	<i>Net Operating Profit After Taxes</i>
<i>NPV</i>	<i>Net Present Value</i>
<i>NCI</i>	<i>Net Charter Income</i>
<i>OPEX</i>	<i>Operational Expenditures</i>
<i>VOPEX</i>	<i>Vessel Operating Expenditures</i>
<i>WACC</i>	<i>Weighted Average Cost Of Capital</i>

TUGAS AKHIR

MAULANA SALMAN ALFARISYI (2018310004)

LOA *Length Over All* (panjang keseluruhan)

LBP *Length Between Perpendicular* (panjang antara garis tegak)

LWL Panjang Garis Air Dalam



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 181 FPSO Per Wilayah Sedang Beroperasi	14
Tabel 2. 2 Deskripsi Kargo Kapal	20
Tabel 2. 3 Hasil Analisa Jurnal Hambatan.....	33
Tabel 4. 1 Jarak Rute Pelayaran	56
Tabel 4. 2 Data Ukuran Muatan Kapal	57
Tabel 4. 3 Data Kapal <i>Semi Submersible Heavy Lift</i>	58
Tabel 4. 4 <i>Technical analysis of semisubmersible</i>	62
Tabel 4. 5 <i>Kriteria dari Nordforsk</i>	63
Tabel 5. 1 Hasil Analisa Hidrostatik Pada <i>Maxsurf Stability</i>	82
Tabel 5. 2 Hasil Analisa Hambatan Pada <i>Maxsurf Resistance</i>	85
Tabel 5. 3 Hasil <i>Stability Pada Loadcase 1</i>	96
Tabel 5. 4 Hasil <i>Criteria Loadcase 1</i>	97
Tabel 5. 5 Hasil <i>Stability Pada Loadcase 2</i>	98
Tabel 5. 6 <i>Hasil Criteria Loadcase 2</i>	98
Tabel 5. 7 Hasil <i>Stability Pada Loadcase 3</i>	99
Tabel 5. 8 Hasil <i>Criteria Stability Loadcase 3</i>	100
Tabel 5. 9 Hasil <i>Stability Pada Loadcase 4</i>	101
Tabel 5. 10 Hasil <i>Criteria Stability Loadcase 4</i>	101
Tabel 5. 11 <i>Volume Tangki Pada Kapal</i>	102
Tabel 5. 12 Hasil Analisa Seakeeping Keadaan 15kn.....	105
Tabel 5. 13 <i>Deck Wetness</i>	108

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 3D <i>Semi Submersible Heavy Lift Vessel</i>	123
Lampiran 2 3D Maxsurf <i>Semi Submersible Heavy Lift Vessel</i>	123



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim dimana perpindahan barang ataupun manusia membutuhkan angkutan sebagai transportasi seperti kapal. Dengan berkembangnya maritim di Indonesia, khususnya pada bidang minyak bumi yang membutuhkan bangun lepas pantai sebagai *platform* pendukung dalam melakukan proses pengeboran minyak pada laut di Indonesia. Sebagai negara berkembang bangunan *offshore* di pesan dari luar negri seperti Belanda dan Korea Selatan.(Hatecke *et al.*, 2014) (Boskalis, 2015). Indonesia memiliki sumber daya minyak dan gas yang cadangan nasional sebesar 4,17 milion barell dan 62,4 triliun cubic feet (Kementerian, 2021). Ini menandakan potensi bangunan *offshore* pada Indonesia berpotensi besar. Dalam mengeksplorasi minyak dan gas yang ada pada laut, dibutuhkan struktur atau bangunan lepas pantai yang dapat mendukung proses tersebut yang di pesan jauh dari titik produksi.

Dalam pemesanan ataupun pembangunan *offshore platform* tersebut ada kalanya tempat pembangunan *offshore platform* jauh dari lokasi produksi yang membutuhkan waktu dan juga biaya yang besar dalam *transportation* menuju lokasi tersebut. Seperti projek armada *Intrepid Floating Production Storage and Offloading (FPSO) Dry Transportation* dari Caland, Rotterdam, Netherlands menuju Batam, Indonesia. Dengan Intrepid *FPSO* memiliki Panjang 245 m dan berat 60.000 Ton menghabiskan waktu perjalanan 51 hari melewati jalur *cape of good hope* untuk sampai pada Batam, Indonesia menggunakan *Semi Submersible Heavy Lift Vessel*.

Kapal *Semi Submersible Heavy Lift* adalah kapal yang memiliki geladak utama dan juga ruang mesin yang diantaranya dek yang sangat rendah. kapal ini bentuknya mirip dengan kapal tanker. *Ballast tank* digunakan untuk menurunkan dek kapal, dengan cara di isi oleh air laut

kemudian, kapal akan terendam air sesuai dengan sarat air yang diinginkan. Maka dari itu itu *volume ballast tank* sangat berpengaruh besar terhadap kapal tersebut.

Mengacu pada uraian di atas, Indonesia membutuhkan kapal pengangkat berat *semi-submersible* multi fungsi untuk menyediakan *dry transport*. Untuk mengurangi waktu transit, meningkatkan manajemen waktu transit, dan yang terpenting, memaksimalkan keamanan kargo untuk berbagai jenis kargo, dari kargo terapung atau kargo non-mengambang. akan diangkut mengingat biaya muatan yang besar.

Desain kapal *Semi Submersible Heavy Lift* memiliki panjang dek yang panjang dan juga lebar untuk kapasitas dan juga tempat pemuatan. Hambatan pada kapal ini tergolong besar karena memiliki *displacement* besar dan harus memiliki kecepatan yang cepat sebagai kapal niaga. Kapal yang berlayar akan mengalami gaya akibat pengaruh gelombang, stabilitas kapal harus dalam kisaran positif kurva GZ (*righting arm*) tidak boleh kurang dari 15 °. Maka dari itu perhitungan stabilitas sangat penting demi keselamatan pelayaran ataupun muatan. seperti *Dockwise Vanguard* dengan *deadweight* 117.000 Ton dari contractor *Dockwise* memiliki jenis *open deck* kapal dan menggunakan *dynamic positioning system*, dan *Triumph Semi Submersible Heavy Lift* memiliki jenis dek dengan *close* atau S-class yang kapal tersebut merupakan *converted* dari kapal jenis tanker (Boskalis, 2015).

Pada perancangan kapal *semi-submersible* ini menggunakan jenis *open deck ship cargo* dan jenis pemuatan *float on-off* dengan metode desain kapal menggunakan metode *Parent Design Approach* dan *Trial And Error*, metode perhitungan stabilitas yang digunakan yaitu metode A.N-Krylov dan perhitungan hambatan yang digunakan yaitu Holtrop, Metode Analisa Seakeeping menggunakan JONSWAP, dan perhitungan Deck Wetness menggunakan Metode Nordforsk. Sedangkan untuk perhitungan kapal yang digunakan metode kapal pembanding dan pada

perencanaan yang menghasilkan kapal dengan ukuran panjang 219 m, lebar 42 m, tinggi 13 m sarat air 10 m.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari pemaparan latar belakang di atas, penulis dengan ini merumuskan rumusan masalah yang akan dikaji yaitu :

1. Bagaimana desain kapal *Semi Submersible Heavy Lift* yang sesuai dengan kebutuhan ?
2. Bagaimana hambatan pada kapal *Semi Submersible Heavy Lift* ?
3. Bagaimana stabilitas pada kapal *Semi Submersible Heavy Lift* ?
4. Bagaimana *Seakeeping* pada kapal *Semi Submersible Heavy Lift* ?
5. Bagaimana proses bongkar muat pada kapal *Semi Submersible Heavy Lift* ?
6. Bagaimana *Deckwetness* pada kapal *Semi Submersible Heavy Lift* ?

1.3 Maksud & Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan di atas maka, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mendapatkan desain kapal *Semi Submersible Heavy Lift* yang sesuai di butuhkan.
2. Menganalisa Hambatan pada kapal
3. Menganalisa karakteristik kapal dari perhitungan stabilitas dan *volume ballast* pada kapal.
4. Menganalisa *Seakeeping* pada kapal.
5. Merencanakan proses bongkar muat pada kapal tersebut.
6. Menghitung *Deckwetness* pada kapal.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini untuk memudahkan dalam penyelesaian masalah, perlu adanya batasan masalah. Batasan masalah dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut :

1. Kapal ini di desain hanya sampai *concept design* saja dan hanya menganalisa stabilitas pada keadaan berlayar.
2. Penelitian ini hanya membahas desain, tidak membahas kekuatan dan konstruksi kapal, biaya dan fungsi kapal untuk *Dry Dock*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan tentang latar belakang, dasar hukum, ruang lingkup, maksud dan tujuan, metode pembahasan, landasan teori dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI PUSTAKA

Menjelaskan tentang yang berhubungan dengan kapal *Semi Submersible Heavy Lift Vessel* seperti jenis kapal, muatan kapal, metode desain kapal, stabilitas, hambatan dan *seakeping*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang metode yang di lakukan dalam penelitian guna menyelesaikan penelitian ini seperti metode penentuan ukuran desain, dan *software* yang digunakan.

BAB IV DATA DAN INFORMASI

Penggunaan data dan informasi yang di dapatkan sebagai bahan perhitungan dan analisa untuk bab selanjutnya dengan menggunakan metode yang di jelaskan pada metodologi penelitian.

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

Menghitung dan menganalisa data yang sudah di dapat untuk di jadikan hasil penelitian dan kesimpulan.

BAB VI PENUTUP

Menguraikan kesimpulan dari hasil yang telah di analisa dan berisi saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 *Heavy Marine Transport*

Dalam pelayaran *heavy marine*, kargo dimuat ke kapal, diangkut ke luar negeri dan diturunkan dari kapal. Bisnis *Heavy Marine Transport* (HMT) melayani pasar yang dapat dibagi menjadi dua industri yang berbeda. Industri pertama didorong oleh konsumsi energi. Dockwise melayani energi dan sumber daya, E & R, minyak, gas, dan pasar energi dan sumber daya lainnya yang disebut dalam buku ini sebagai industri. Industri lainnya adalah pelabuhan dan lautan, P&M didorong oleh perdagangan dunia. Selain dua industri besar ini, kami juga melayani pelanggan militer, industri kecil dan luar biasa. Area bisnis HMT mencakup semua berbagai proses bongkar muat untuk transportasi individu dari jenis kargo yang paling beragam. Fleksibilitas merupakan fokus penting dari kapal yang beroperasi di sektor ini. Operasi HMT serbaguna ini berbeda secara signifikan antara kargo apung dan non-apung. Persyaratan desain yang paling penting adalah ruang dek vertikal yang cukup dan efisien serta stabilitas yang memadai terhadap beban VCG tinggi yang relatif berat (Banen, 2015).

2.1.1. *Heavy Lift Vessel (HLV)*

Heavy Lift Ship dirancang khusus untuk membawa muatan yang besar dan juga memiliki berat yang tidak dapat dimuat dalam sebuah kapal. Untuk mengakomodasi jenis muatan yang kompleks dibutuhkan derek dan juga *crane* yang berkapasitas tinggi. Sebuah kapal khusus yang mampu mengangkut kargo berat non-standar. Mereka dapat dibagi menjadi empat kategori utama: kapal kargo proyek, kapal kargo dek terbuka, kapal dermaga dan *semi-submersible*. (Mohanasundaram, 2009)

Sebagian besar benda berat bersifat unik dan pengelolaannya memerlukan perencanaan dan koordinasi yang sangat cermat dalam setiap detailnya. Informasi rinci tentang lokasi pengangkutan dan bongkar muat

sering diperiksa selama tahap persiapan, bahkan sebelum pesanan yang sebenarnya ditempatkan.

Banyak proyek memerlukan prosedur operasi rinci yang memerlukan persetujuan klien dan ahli. Semua rencana penyimpanan dan pengangkatan dibuat dalam sistem CAD 2D dan 3D, memungkinkan untuk mensimulasikan situasi pengangkatan yang rumit secara bertahap.

- Kapal Kargo Proyek Kapal yang relatif kecil, sering kali dengan pegangan berbentuk kotak besar, digunakan untuk mengangkut mesin kecil, peralatan pelabuhan, lokomotif, derek yang robek, kapal kecil dan yacht (Sihombing, 2017).
- Kapal Kargo Dek Terbuka Kapal jenis Roro dengan suprastruktur depan. Mereka dirancang untuk mengangkut modul besar, derek kontainer yang dirakit penuh. di dek kargo terbuka besar yang diakses melalui landai buritan lebar penuh(Sihombing, 2017).
- Kapal *Dock* memiliki dinding samping yang melindungi area kargo. Pengisian muatan dapat dilakukan dengan menggunakan cara *float-in/float-out* dengan cara menenggelamkan kapal sampai geladak terendam, *lift-on/lift-off* menggunakan crane, dan *roll-on/roll-off* pada bagian belakang ramp kapal(Sihombing, 2017).
- *Semi-submersible* Kapal yang dapat tenggelam secara horizontal sampai geladak utama tenggelam hingga kedalaman 20 hingga 45 ft (6 hingga 14 m) dan dapat memuat kargo besar dengan menggunakan metode *float-off*. Dalam hal ini, kargo harus dimuat di tongkang atau mengapung sendiri. Kapal itu sendiri tenggelam seperti dermaga apung, dan muatannya mengambang di kapal. Kargo khas adalah rig minyak, pabrik terapung, peralatan penggerukan, struktur lepas pantai, *floating dock* dan kapal lainnya. (Demeshko, Pazukhin and Sandrevskaya, 2020). Pada Gambar 2.1 terlihat jenis *Heavy Lift Vessel* berjenis *Crane*



Sumber : shippingwatch.com

Gambar 2. 1 *Heavy Lift Vessel*

2.1.2. *Semi Submersible Heavy Lift Vessel (SSHVLV)*

Semi Submersible Heavy Lift merupakan kapal yang memiliki karakteristik khusus yaitu dengan mampu menengelamkan sebagian lambungnya. Tidak seperti kapal selam yang keseluruan lambungnya di dalam air, kapal ini harus menengelamkan lambungnya dengan memperhatikan posisi trim kapal. Oleh karena itu kapal ini tidak terlalu terpengaruh oleh gelombang dari kapal lainnya. *Semi Submersible Heavy Lift* memiliki dek yang panjang dan juga luas untuk memuat kargo dengan cara mengisi tanki *ballast* untuk menurunkan dek berada di bawah air yang memungkinkan kargo atau barang dapat dipindahkan ke posisi pemuatan, dan tangki *ballast* akan dikosongkan untuk menaikkan lambung dan menaikkan kargo. Penggunaan Kapal *Semi Submersible Heavy Lift* dalam membawa muatan yang berat dan besar ini akan membantu dalam memangkas waktu dan biaya *transportasi* muatan menuju lokasi produksi(Mohanasundaram, 2009).

Kapal ini disebut multiguna karena dapat mengangkut kargo besar seperti konstruksi derek lepas pantai , yacht. Dek utama kapal angkat berat semi-submersible ini dapat tenggelam di dan membawa *float on dan float-off* (masuk dan keluar dari) kargo. Tentunya hal ini mengurangi risiko kecelakaan saat bongkar muat dibandingkan dengan *crane*. Situasi ini bahkan memungkinkan kontak dengan muatan ketika geladak muncul ke permukaan. Pada Gambar 2.2 merupakan contoh dari kapal *Semi*

Submersible Heavy Lift yang dimiliki oleh perusahaan Boskalis bernama *BOKA Vanguard* (Sharma et al., 2010).

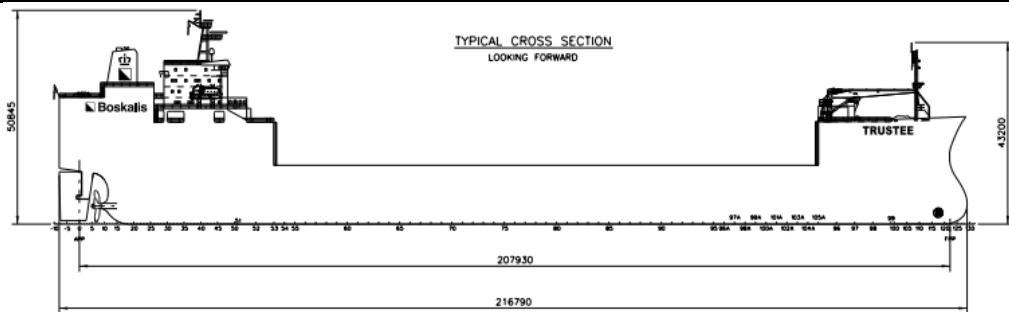


Sumber : Boskalis.com

Gambar 2. 2 *Semi Submersible Heavy Lift Vessel*

2.1.3. *S-Class Semi Submersible Heavy Lift Vessel*

Kapal *S-Class* awalnya dirancang untuk industri perkapalan berat dan pengangkutan kargo cair. Saat ini, kapal hanya dapat mengangkut kargo di geladak. Pembebanan ini dapat dilakukan dengan cara menurunkan geladak kapal, mengangkatnya menggunakan derek *eksternal*, atau dengan cara pelampung dengan cara menggelinding/*skiding* dari sisi dermaga. fungsi kapal, CAPEX, OPEX, dan potensi pasar membuat profil operasional. Ini diringkas di bagian berikutnya. Kapal kelas S dapat melayani pasar HMT dan perusahaan LM dengan penerapan FSP. Kapal kelas S biasanya tidak termasuk dalam proyek instalasi karena haluan kapal seringkali terlalu berat dan buritan tidak terbuka untuk kelas S. Menyediakan berbagai struktur laut yang dapat diangkut dari satu galangan ke galangan lainnya, dari galangan kapal ke lokasi, dan dari satu lokasi ke lokasi lain. Cabang ini mencakup rig (*jack-up*, *semi-sub*, kapal bor, tongkang bor), modul (bagian dari LM), *topsides* (bagian dari kesan kelas-S T & I dengan lambung TLP dan modul terpasang di FSP). Pada Gambar 2.3 merupakan salah satu kapal *S-Class Semi Submersible Heavy Lift* yang dimiliki oleh perusahaan Boskalis yang Bernama *Trustee* dengan 54.000 DWT(Banen, 2015).



Sumber : Boskalis.com

Gambar 2. 3 S-Class Semi Submersible Heavy Lift Vessel

2.1.4. *Open Deck Ship*

Kapal dek terbuka memuat kargo ke dalam suprastruktur bagian buritan (buritan kapal) dan bagian depan. Bangunan atas yang terletak di bagian depan memudahkan kapal pengangkut untuk menavigasi saat membawa kargo besar. Seperti semua area di atas kapal, baik area untuk bekerja, naik, penyelamatan, atau *winch*, dek terbuka memiliki persyaratan khusus untuk peralatan yang dilengkapi dengannya. Selain itu, visibilitas kapal itu sendiri dan sekitarnya harus diperhatikan (Dewangkoro, Zakki and Kiryanto, 2016).

Kapal kargo dek terbuka umumnya memiliki dek kargo datar tanpa dinding untuk menampung kargo yang lebih besar dari kapal itu sendiri. Muatan di muat dari buritan ke geladak kapal menggunakan metode *roll-on/roll-off* (atau yang biasa dikenal dengan “Ro-Ro”) atau derek. Kapal dek terbuka memiliki muatan yang sangat berat sehingga dilengkapi dengan kerangka logam yang stabil dan seimbang. Kargo yang dapat diangkut ke geladak dengan cara di atas dapat diangkut oleh kapal ini. Barang-barang ini termasuk *crane*, perahu kecil, mesin konstruksi dan banyak lagi. Pada Gambar 2.4 merupakan jenis kapal yang memiliki *Open Deck Ship* yang memiliki luasan yang sangat besar untuk muatan (Peters, 2013).



Sumber : Shutterstock.com

Gambar 2. 4 *Open Deck Ship*

2.1.5. *Yacht Carriers*

Beberapa kapal angkat berat *semi-submersible* asli sudah dipindahkan ke usaha transportasi kapal pesiar, segmen pasar khusus. Sebagai perusahaan patungan antara *Wijsmuller Transport & Dock Express*, *United Yacht Transport (UYT)* dimulai dalam tahun 1992 menggunakan transportasi kapal pesiar glamor memakai *Super Servant 3*. Pada tahun 1995, *Super Servant 4* diubah buat perdagangan kapal pesiar menggunakan menambahkan bagian tengah kapal sepanjang 30,0 m & dinding sayap. *Dock Express 12 & Explorer (Smit Explorer)* pula ke armada kapal induk kapal pesiar. Perusahaan ini lalu berganti nama Pada Oktober 2007, kapal pesiar pertama yang dibuat khusus *Yacht Express* dikirim ke *Dockwise Yacht Transport (DYT)*. Kapal ini *semi-submersible* buat mengapung pada *yacht* pada pada teluk dermaga selebar 31,0 m. *Yacht Express 11.000 DWT* mempunyai panjang 209,0 m & lebar 32 m, sebagai akibatnya dapat transit terusan Panama. Dengan pembangkit listrik energi diesel dua x 8.700 Kw, kecepatan transit desain merupakan 18 knot. Pada Gambar 2.5 Merupakan *Yact Carriers* yang dimiliki oleh DYT (Hoorn, 2008).



Sumber : (Hoorn, 2008)

Gambar 2. 5 *Yacht Express loaded with luxury yachts*

2.1.6. Kapal Kargo Proyek

Kapal Kargo Proyek adalah kapal *non-submersible* tujuan umum. *Lift* berat dengan satu atau lebih *crane* untuk mengangkat kargo dari dermaga dan menyimpannya di palka atau penutup palka. Ruang kargo memiliki dek perantara yang dapat dipasang pada berbagai ketinggian dan (sebagian) dilepas. Beberapa kapal diizinkan untuk berlayar dengan dek atas terbuka di *draft* dangkal, memungkinkan kargo besar untuk disimpan di palka. Penutup palka dapat digunakan untuk memperluas ruang dek dan membawa kargo dengan yang besar. *BigLift Shipping BV* (ex Mammoet Shipping) adalah Armada besar kapal kargo proyek, termasuk kapal kargo proyek 13.740 DWT *Happy Buccaneer*, yang telah digunakan sejak 1984.

Pada pertengahan 2007, *BigLift* memesan dua kapal angkat berat baru. Untuk pengiriman tahun 2009 dan 2010, Larsen & Tubro, India. Setiap kapal berukuran 18.680 DWT akan dilengkapi dengan dua derek tiang seberat 900 ton dengan kapasitas angkat tandem 1.800 ton. Penutup palka di dek atas dioperasikan secara hidrolik.. Kapal itu adalah Klasifikasi Finlandia 1A. Pada Gambar 2.6 merupakan Kapal Beluga Endeavour yang sedang beroperasi untuk mengangkut muatan khusus seperti *crane* (Hoorn, 2008).



Sumber : (Hoorn, 2008)

Gambar 2. 6 Beluga Endeavour dengan 3 RTG di dek

2.2 Muatan Kapal

Muatan Kapal merupakan salah satu objek angkutan dalam sistem angkutan laut, dengan mengangkut barang, pelayaran niaga dapat memperoleh penghasilan berupa pendapatan (*freight*), hal ini sangat menentukan keberadaan usaha dan pembiayaan pelabuhan operasi.

Pengertian Tonase kapal menurut Sudjatmiko (1995: 64) adalah sebagai berikut: "Tonase kapal adalah semua barang dan barang yang diserahkan kepada pengangkut untuk diangkut dengan kapal, diserahkan kepada orang/muatan di pelabuhan atau pelabuhan tujuan" (*Pengertian Muatan*, 2011).

Pengertian kargo laut menurut PT Pelindo II (1998: 9) adalah: "*Marine cargo* adalah setiap komoditi yang dapat dimuat ke kapal dan diangkut ke tempat lain, baik sebagai bahan mentah maupun sebagai produk. Hasil dari "proses modifikasi" (*Pengertian Muatan*, 2011).

Menurut Arwinas (2001:9), muatan laut dikelompokkan atau dibedakan menjadi beberapa kelompok menurut jenis kiriman, jenis kemasan dan sifat barangnya." (*Pengertian Muatan*, 2011).

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Tentang Garis Muat Kapal Dan Pemuatan. "Muatan kapal adalah penumpang, barang, termasuk hewan yang diangkut di atas kapal" (Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2011).

Dan berikut adalah muatan atau *cargo* yang dapat dimuat dalam Heavy Lift Vessel :

2.2.1 Offshore Platform

Platform lepas pantai adalah baja besar atau struktur beton yang digunakan untuk eksplorasi dan minyak dan gas dari dasar bumi.. *Platform* minyak dan gas lepas pantai umumnya terdiri dari tingkat baja yang berbeda dari baja ringan hingga baja tinggi, tetapi struktur yang lebih lama terdiri dari beton bertulang. Kategori *platform* baja memiliki berbagai jenis struktur, tergantung pada penggunaan. *Platform* Lepas Pantai sangat berat dan merupakan salah satu struktur buatan manusia

tertinggi di planet ini. Minyak dan gas akan dipisahkan di anjungan dan diangkut melalui darat melalui jaringan pipa atau kapal tanker (Sadeghi, 2007).



Sumber : <https://www.marineinsight.com/>

Gambar 2. 7 SSHV membawa *Offshore Platform*

2.2.2 *FPSO*

Floating Production Storage and Offloading (FPSO) adalah penyimpanan *offload* dan produk terapung, merupakan konsep yang dapat menghasilkan perkembangan dan ladang yang jauh di perairan yang lebih dalam, seperti minyak dan Industri gas bergerak ke perairan yang lebih dalam (Suardin *et al.*, 2009) .

FPSO biasanya didasarkan pada kapal dengan peralatan modul terintegrasi kemudian diposisikan di dek, FPSO menerima cairan produksi dari a atau beberapa tangki minyak di bawah air melalui pipa pengangkat. Kemudian dipisahkan di permukaan (dek) menjadi minyak, gas dan negara, Minyak disimpan di lambung dan kemudian dimuat pada kapal tanker minyak secara berkala. Gas diproduksi, berbentuk gas atau diekspor, atau disuntikkan kembali, atau digunakan sebagai bahan bakar, atau kombinasi di atas. Karena itu didasarkan pada kapal, FPSO memiliki beberapa keunggulan (Suardin *et al.*, 2009).

FPSO membangun lebih cepat dari struktur terapung lainnya seperti seperti *Tension Leg Platform (TLP)*, *spar*, *semisub*. Oleh karena itu, FPSO menghemat waktu siklus produksi dan proyek. FPSO memiliki kemampuan beradaptasi dengan kedalaman air yang berbeda, mobilitas

dan Mudah dibawa-bawa dan dapat disesuaikan untuk bekerja dengan atau tanpa fasilitas sebagai platform (Suardin *et al.*, 2009).

Karena FPSO berfungsi Sebagai penyimpanan, tidak perlu pipa mahal untuk sampai ke daratan dan oleh karena itu proyek di daerah terpencil lebih mungkin untuk berkembang(Suardin *et al.*, 2009). Pada Gambar 2.8 merupakan salah satu contoh *dry transport* FPSO menggunakan kapal *Semi Submersible Heavy Lift*.

Tabel 2. 1 181 FPSO Per Wilayah Sedang Beroperasi

Region	Unit
Asia/Far East	42
West Africa	41
South America	39
Europe	25
Australia/New Zealand	13
Mediterranean/ Balck Sea	5
US Gulf Mexico	3
Canada	2
Indian Ocean	1
Idle	10
Total	181

Sumber : (Terpstra and Hellinga, 2013)



Sumber : (Terpstra and Hellinga, 2013)

Gambar 2. 8 *Dry Transport* FPSO

2.2.3 *Semi-Submersible Platforms*

adalah kapal yang digunakan untuk menyelidiki, membuat, dan mengebor sumur. Sejak tahun 1950, lebih dari 120.000 sumur telah dibor di lepas pantai, dan dalam dekade terakhir, sekitar 3.500 sumur lepas pantai telah dibor setiap tahun, yang sebagian besar dibor dengan MODU. Platform MODU diklasifikasikan menjadi platform yang mengambang.

Rig semi-submersible menciptakan rig yang stabil untuk pengeboran minyak dan gas lepas pantai. Anjungan akan ditarik ke lokasi dengan kapal tunda dan berlabuh. Selain itu, beberapa *semi-submersible* dapat dipindahkan ke posisinya menggunakan pendorong *azimuth* mereka sendiri dengan pemosisian dinamis. *Azimuth thruster* adalah susunan baling-baling laut raksasa yang ditempatkan di jari-jari yang dapat diputar ke sudut horizontal pada penggunaan kemudi dan memberikan kemampuan manuver yang lebih baik. Pada Gambar 2.9 merupakan kegiatan *dry transport semi-submersible drilling rig* dengan menggunakan *Mighty Servant 3* yang dimiliki oleh perusahaan Boskalis (Ramakrishnan, 2015).



Sumber : (Ramakrishnan, 2015)

Gambar 2. 9 menunjukkan contoh aplikasi MODU

2.2.4 *Jackup Rigs*

Jackup Rig mirip dengan *drill barge*, dengan satu perbedaan. Setelah *jackup rig* ditarik ke posisi pengeboran, diturunkan sampai tiga atau empat "kaki" bertumpu di dasar laut. Hal ini memungkinkan rig untuk tetap mengambang, tidak seperti *floating barge*. Namun, *rig jack-up* hanya

cocok untuk perairan yang lebih dangkal, karena tidak mungkin meregangkan kaki ini terlalu dalam. Rig tipe ini hanya bisa beroperasi di kedalaman air 500 kaki. Rig ini umumnya lebih aman untuk dioperasikan daripada tongkang bor karena *platform* ditinggikan di atas permukaan air. Pada Gambar 2.10 *Mighty Servant 3* mengangkut 2 *Jackup Rigs* menuju lokasi pengeboran (Sadeghi, 2007).



Sumber : <https://www.istockphoto.com/>

Gambar 2. 10 SSHV Dry Transport Jackup Rigs

2.2.5 *Fixed Platforms*

Dalam beberapa kasus, di perairan dangkal, alas dapat secara fisik melekat pada dasar laut. Inilah yang ditunjukkan di atas sebagai *platform* tetap. *Tension leg* dibuat dari beton atau baja, memanjang ke bawah dari alas, dan dipasang ke dasar laut dengan pancang. Dengan beberapa struktur beton, berat *Tension leg* bagian bawah dan tumpuan sangat besar sehingga tidak perlu diikat ke dasar laut tetapi cukup bertumpu pada beratnya sendiri. Ada banyak desain untuk *platform* permanen dan permanen ini. Keuntungan utama dari jenis *platform* ini adalah stabilitasnya; karena mereka melekat pada dasar laut, membatasi gerakan dari kekuatan angin dan air. Namun, rig ini tidak dapat digunakan di perairan yang sangat dalam. Hanya saja tidak ekonomis untuk membangun *fixed platforms* karena begitu lama. Pada Gambar 2.11 merupakan *dry transport* bangunan atas dari *fixed platform* (Sadeghi, 2007).



Sumber : <https://www.istockphoto.com/>

Gambar 2. 11 *SSHV Dry Transport Oil Platform*

2.2.6 *Rig Spar*

Rig Spar adalah salah satu rig lepas pantai terbesar yang beroperasi. *Platform* besar ini terdiri dari silinder besar yang mendukung *platform* tetap stabil. Silinder tidak menyentuh hingga dasar laut, tetapi menggunakan sistem *mooring* yang khusus. Silinder besar berfungsi untuk menstabilkan *platform* pada air dan memungkinkan gerakan untuk mengurangi dari kekuatan badai yang berpotensial. *Platform* spar pertama di Teluk Meksiko dipasang pada September 1996. Silinder panjang 770 ft dan dengan diameter 70 ft dan *platform* dieksplorasi pada kedalaman 1.930 ft. Pada Gambar 2.12 *Mighty Servant 3* membawa *Spar* yang akan menuju Gulf, Meksiko (Sadeghi, 2007).



Sumber : <https://www.istockphoto.com/>

Gambar 2. 12 *SSHV Dry Transport Spar to Gulf of Mexico*

2.2.7 Kargo Non-Standar

Heavy loads termasuk produk-produk seperti bagian turbin angin, fasilitas terowongan, pesawat, *crane* berat, kargo proyek. Jenis produk ini ditandai dengan fitur yang sangat istimewa, sering ditandai dengan fungsi yang sangat spesial, seringkali produk berkualitas sangat tinggi. Seperti pada Gambar 2.13 SSHV memuat *Container Cranes* yang digunakan untuk Pelabuhan *container*. *Heavy loads* memiliki dimensi yang sangat besar, seluruh komponen sesuai dengan kebutuhan pelanggan, termasuk distribusi kargo, *center of gravity*, inersia, *transverse moment*, getaran, stabilitas dari muatan, dan stabilitas geometris kargo itu sendiri sangat penting, tetapi beban slider kapal harus diatasi pada tahap awal prosedur transportasi poin-poin berikut merangkum informasi penting untuk masalah mengangkut beban berat (Wuest *et al.*, 2015)

- Standar Lingkungan (misalnya, gerakan dalam proses pemuatan)
- Transportasi yang tepat untuk massa dan dimensi muatan.
- Stabilitas selama transportasi saat memuat / membongkar.
- Kekuatan transportasi ekstrem.
- Jejak kargo.
- Sensitivitas terhadap kerusakan.
- Cribbing dan pengikat (lashing, rantai, sling, hook).
- Biaya Transportasi & Asuransi.



Sumber : <https://www.istockphoto.com/>

Gambar 2. 13 SSHV Dry Transport Container Cranes

2.2.8 Ship/Hull

Semi Submersible Heavy Lift Black Marlin tiba di *Port Rotterdam*. Terdiri dari 17 kapal transportasi domestik dan tongkang. Tongkang *crane* dan tongkang dibangun di Cina dan *ditransfer* ke Rotterdam untuk perlengkapan di Concordia Damen dan galangan kapal lokal lainnya. Tongkang *crane* akan tiba Gorinchem galangan kapal Damen. lambung bangun di Cina, kemudian mengangkut mereka ke Eropa, di mana ada pasar yang lebih besar untuk kapal-kapal ini, yang hemat biaya. "Mengirim menggunakan kapal besar, jauh lebih efisien daripada mengirim menggunakan beberapa kapal kecil," Bert Duijzer, Direktur Teknis Concordia Damen (Mike Schuler, 2019)

"Dengan cara ini, kita dapat keuntungan biaya dari pengiriman, kami telah mencapai dalam membangun pelanggan di Eropa, bersama dengan mengurangi jejak lingkungan dari kegiatan kami." Meskipun tongkang Damen *Crane* dibangun untuk persediaan. " Untuk pengiriman khusus ini, salah satu lambung untuk persediaan, tetapi sebagian besar lambung sudah dibeli., Dengan cara ini, proses ini juga pelanggan dapat menerima pesanan dengan sangat cepat untuk kapal baru mereka." Menurut Rotterdam *Port*, *Black Marlin* akan ditambatkan di Maasvlakte dan kapal akan dibongkar. Pada Gambar 2.14 17 tongkang dan tongkang crane dikirim secara besamaan menggunakan SSHV untuk menghemat biaya pengiriman dan juga waktu (Mike Schuler, 2019).



Sumber : Gcaptain.com

Gambar 2. 14 SSHV Dry Transport 18 Hull

Tabel 2. 2 Deskripsi Kargo Kapal

	<i>Market Segment</i>	<i>Description</i>
<i>E&R</i>	<i>Jack-Ups</i>	<i>Three or four legged self-elevating rigs with a floating hull</i>
	<i>Topsides for lift-off</i>	<i>Cargo indicated as topside production platform is only transported and installed via lift off operation by a dedicated crane barge</i>
	<i>Modules on FSP Modules</i>	<i>for chemical, LNG, refinery, regasification, desalination, mining and power plants in this case transported on a FSP</i>
	<i>Exploration & Development or Production</i>	<i>All other miscellaneous E&R cargo e.g. drillships, semi-submersible rigs and fixed, floating or gravity based production structures</i>
<i>P&M</i>	<i>Barges</i>	<i>Hopper and tank barges transported as one package including tugs as part of port & offshore services</i>
	<i>Cranes</i>	<i>Container cranes transported in groups of three to four e.g. rail-mounted-gantry, rubber-tyred-gantry and ship-to-shore cranes.</i>
	<i>Liftboats Port & offshore</i>	<i>related three or four legged self-elevating work barges or construction vessels</i>
	<i>Single Barges</i>	<i>crane barges, sheerleg, work barges, derrick barges and pipe lay barges as part of port & offshore Services</i>
	<i>Dredging Vessel</i>	<i>Vessels E.g. Backhoe dredgers, cutter suction dredgers and suction dredgers River and Coastal vessels E.g. river vessels, ferries, casino boats</i>
	<i>Port & Offshore</i>	<i>Construction All other miscellaneous P&M cargo e.g. bridges, caissons, logs, tugs, floatels, supply vessels</i>
<i>Military</i>		<i>Military vessels, submarines and military sealift command projects</i>

Sumber : (Banen, 2015)

2.3 Jenis Metode *Load-out*

Loadout, sesuai dengan namanya, berarti memuat suatu objek dari asalnya ke dalam transportasi dan mengangkutnya ke tujuannya di. Istilah *loadout* biasanya digunakan dalam industri pengangkutan barang berat ketika berurusan dengan struktur berat yang diangkut dari tempat pembuatan ke kapal *voyage* (kapal atau tongkang) untuk diangkut ke

tujuan akhirnya. Ada banyak cara untuk memuat kargo secara teratur. Misalnya, *forklift*, *crane*, *trolleys*, *conveyors*. Namun, saat mengangkat benda berat, ada beberapa metode yang digunakan untuk melakukan tugas tersebut. Metode *Load-out* untuk skala sebesar itu adalah: (Mohanandasundaram, 2009).

1. *Lifting*
2. *Ro-Ro using Modular trailers*
3. *Float on dan Float off*
4. *Skidding method*

2.3.1. *Lifting*

Memuat benda berat dengan gantry atau *crane* disebut mengangkat. *Gantry* perangkat yang biasanya digunakan untuk memiringkan objek pada posisi yang sama dapat memindahkan objek yang diangkat *horizontal*. Derek berbeda dari dongkrak dan kerekan sederhana. Fungsi yang tidak hanya mengangkat barang bawaan, tetapi juga memindahkan barang bawaan secara horizontal dan meletakkannya kembali. Atau operasi biasanya dilakukan dengan menggunakan kait dan garis di atas benda bergerak. Ini dapat dibagi menjadi beberapa kategori besar seperti . *Mobile crane*, *tower crane*, *crane*, *Bridge / gantry crane*, *container crane*, *marine crane*, *crane menara* dan. Desain *crane* menara dan *crane* bergerak terus ditingkatkan, dan pengangkatan sangat ditingkatkan. Ini memiliki kapasitas besar dan merupakan alat yang sangat berharga. (Mavroyenis, 2018). Pada Gambar 2.15 merupakan kegiatan bongkar muat berjenis *lifting* yang menggunakan *crane* kapal untuk pemuatan ke kapal tersebut.



Sumber : Joc.com

Gambar 2. 15 Lifting Cargo to Ship

2.3.2. *Ro-Ro using Modular trailers*

Roll on / Roll off (Roro) adalah kendaraan yang dirancang untuk pengangkutan *rolling cargo* seperti: Kendaraan, truk, *trailer* traktor, *trailer* yang berjalan di dalam dan di luar kapal di atas roda sendiri. Dalam skenario beban berat, kendaraan beroda diganti dengan *trailer modular* yang terlihat seperti pada Gambar 2.16 membawa barang bawaan yang sangat berat. *Trailer modular* terbaru disebut *Self Propelled Modular Transporters (SPMT)*. Pembawa modular *self-propelled* atau SPMT adalah pembawa kapasitas tinggi dengan *flatbed* 4-sumbu atau 6-sumbu. Setiap baris dapat membawa beban 30 ton. Setiap poros dipasang untuk mencegah tikungan tajam.

Dapat melakukan gerakan menyamping dan memutar. Menggunakan komputer terintegrasi kontroler untuk menghitung semua gerakan yang dimaksudkan hingga setiap sumbu disetel dengan benar. Suspensi hidrolik memungkinkan gerakan yang sangat lambat dan pemosisian beban dalam toleransi milimeter. Atau desain modular memungkinkan SPMT individu untuk digabungkan menjadi konfigurasi besar. *Trailer modular* dapat dikonfigurasi untuk membawa muatan yang berbeda, tetapi ada satu hal yang membatasi. Kargo harus didongkrak hingga ketinggian lebih tinggi dari tinggi *trailer* yang akan dimuat. (Mohanasundaram, 2009).



Sumber : Structural Analysis Of A Heavy-Lift Vessel, 2009

Gambar 2. 16 Ro-Ro using Modular trailers

2.3.3. *Float on dan Float off*

Operasi *Float/Float* atau “flo/flo” atau kapal *semi-submersible*, menyediakan kemampuan untuk memuat, mengangkut, dan membongkar muatan besar secara independen dari fasilitas pelabuhan yang digunakan. Kapal-kapal ini dirancang untuk mengambil air sebagai pemberat menuju tangki penyimpanan membuat kapal dapat tengelam dan sebagian air menggenangi kapal. Kargo kemudian akan mengapung ke bagian dek kapal, yang akan diturunkan dan mengapung di atas kapal. Setelah kapal selesai mengapung, kargo akan diamankan langsung untuk pengiriman. (Mavroyenis, 2018). Seperti pada Gambar 2.17 merupakan proses *loading* menggunakan metode *Float/Float* untuk pemuatan. Dan pada Gambar 2.18 merupakan skema yang biasanya digunakan dalam proses pemuatan pada kapal SSHV.



Sumber : Reddit.com

Gambar 2. 17 *Float On Semi Submersible Heavy Lift Vessel*

2.3.4. *Skidding Method*

Skidding Method standar hanya menggunakan dua *beam* luncur untuk menopang beban berat seperti, pusat gravitasi beban berada di tengah dan bebannya sama. *Beam* juga disebar yang berdungsi untuk mendistribusikan beban pada *beam* ke struktur kapal. *Skidding* dapat dibagi lagi menjadi dua kategori berdasarkan kondisi beban (Mohanasundaram, 2009).

1. *Standard Skidding*

Skidding standar adalah jenis normal tanpa peralatan tambahan.

Beban diletakkan pada skid *beam* dan *roller* ditempatkan di antara benda berat (bebani) dan *beam*. Untuk mengurangi gesekan, dan tenaga hidrolik diterapkan untuk memindahkan beban. Beban pada *beam* berjalan bersamaan dengan muatan saat dipindahkan. (Mohanasundaram, 2009).

2. *Skidding By Uniform Loading Using Hydraulics*

memeriksa dan dalam distribusi massa dari selip dapat di analisa dengan *smart skidding system* hidraulik secara merata di sepanjang *beam*. hidrolik muatan ditempatkan di sepanjang garis antara penyangga kargo dan roda sebagai berikut pada Gambar 2.19. Beban di bawahnya sehingga merata di sepanjang *beam*. Seperti yang ditunjukkan pada metode ini lebih banyak peralatan dan membutuhkan waktu untuk melakukan operasi *skidding* dan memakan biaya yang sangat mahal.(Mohanasundaram, 2009)



Sumber : Structural Analysis Of A Heavy-Lift Vessel, 2009

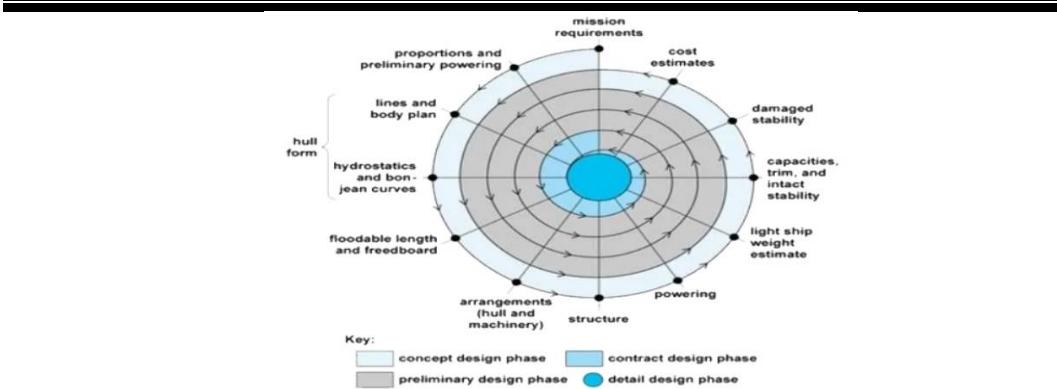
Gambar 2. 18 *Skidding By Uniform Loading Using Hydraulic Cylinders*

2.4 Proses Desain Kapal

Klasifikasi desain menunjukkan bahwa variasi dari beberapa desain dapat dibedakan tergantung pada apakah suatu penemuan atau perbaikan diterapkan dalam proses desain (Beitz, Wolfgang & Pahl, 1998).

- 1) Desain asli, adalah desain kreatif dan melibatkan penggunaan prinsip-prinsip solusi asli untuk merancang masalah untuk membentuk produk baru.
- 2) Desain adaptif, khususnya desain inovatif, dan melibatkan proses mengadaptasi produk desain yang ada ke produk baru dengan menggunakan prinsip resolusi dan bagian dari produk yang sudah ada.
- 3) *Variant design*, adalah gaya desain kreatif yang melibatkan perubahan ukuran atau tata letak beberapa aspek desain produk yang ada untuk membentuk produk baru dengan menggunakan prinsip-prinsip produk yang mengganggu produk lama.

Menurut (Taggart, 1980), proses desain adalah proses berulang untuk mencapai hasil desain yang diinginkan dengan mengevaluasi setiap desain. Dari persyaratan pemilik hingga detail desain dan manufaktur. *Spiral design* adalah metode desain dalam desain kapal dimana semua variabel yang saling terkait digunakan untuk membuat konsep desain yang efisien dan efektif. Seperti pada Gambar 2.19 Desain *spiral* membagi semua proses sebagai 4 tahapan, yaitu *Concept Design*, *Preliminary Design*, *Contract Design*, & *Detail Design*.



Sumber : Inameq.com

Gambar 2. 19 *Spiral Design*

2.4.1. *Concept Design*

Concept design atau konsep desain kapal adalah tindakan lanjutan sehabis adanya *Owner requirement*. Konsep desain kapal adalah tugas atau misi seorang *desainer* yang mendefinisikan objek untuk memenuhi persyaratan misi dan mengatasi hambatan yang ada.. Konsep dibentuk menggunakan memakai rumus pendekatan, kurva ataupun pengalaman untuk menciptakan asumsi-asumsi awal yang bertujuan untuk menerima perkiraan konstruksi, permesinan kapal & alat-alat dan perlengkapan kapal. Hasil menurut tahapan konsep desain ini biasanya berupa gambar atau sketsa, baik sebagian ataupun secara lengkap. (Siddall, 2019).

2.4.2. *Preliminary Design*

Preliminary design merupakan bisnis teknis lebih lanjut yang akan menaruh lebih jelasnya dalam konsep desain. Dalam hubungannya menggunakan diagram spiral, *preliminary design* ini adalah perulangan ke 2 atau s dikatakan adalah lintasan ke 2 dalam diagram spiral. Adapun yang dimaksud mencakup fitur-fitur yang menaruh impak signifikan dalam kapal, termasuk pula pendekatan awal yang akan dibutuhkan. Seperti perhitungan kekuatan memanjang kapal, pengembangan bagian *midship* kapal, perhitungan yang lebih seksama tentang berat & titik berat kapal, sarat, stabilitas (Siddall, 2019).

2.4.3. *Contract Design*

Tahap *contract design* merupakan proses lanjutan sehabis *preliminary design*, yakni proses pengembangan perancangan kapal pada bentuk yang lebih mendetail memungkinkan pembangun kapal wajib diketahui untuk kapal yang akan dibentuk & mengestimasi secara seksama semua bagian dari pembuatan kapal. Tujuan primer dalam kontrak desain merupakan pembuatan dokumen yang menggambarkan kapal yang akan dibentuk. Selanjutnya dokumen tadi akan sebagai dasar pada kontrak atau perjanjian pembangunan antara pemilik kapal & pihak galangan kapal. Adapun komponen menurut *contract drawing* & *contract specification* mencakup :

- *Arrangement Drawing.*
- *Structural Drawing.*
- *Structural Details.*
- *Propulsion Arrangement*
- *Machinery Selection.*
- *Propeller Selection.*
- *Generator Selection.*
- *Electrical Selection.*

Komponen-komponen diatas tadi dianggap pula menggunakan *key plan drawing*. *Key plan drawing* tadi wajib mempresentasikan secara lebih jelasnya fitur-fitur kapal sesuai dengan permintaan pemilik kapal atau *ship owner* (Siddall, 2019).

2.4.4. *Detail Design*

Detail design merupakan proses terakhir menurut proses mendesain kapal. Pada proses ini *output* menurut tahapan sebelumnya dikembangkan sebagai gambar kerja yang lebih lebih jelasnya secara menyeluruh. Tahapan ini meliputi seluruh *planning* & perhitungan yang diharapkan untuk proses konstruksi & operasional kapal. Sebagian besar pekerjaan ini adalah pembuatan gambar kerja yang diperlukan untuk proses manufaktur (Siddall, 2019).

2.5 Geometri Kapal

2.5.1. Dimensi Kapal

Dimensi kapal utama dikumpulkan dari metode perbandingan kapal menggunakan *software Microsoft Excel*, kemudian akan dihasilkan diagram tata letak perkiraan dari desain umum. Dari metode ini, dimensi utama yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- LBP (Panjang Antar Garis Tegak Lurus) Panjang terukur antara dua garis vertikal, yaitu jarak mendatar antara garis vertikal belakang (Tegak lurus belakang / AP) dan garis vertikal depan (Persegi) sudut / FP).
- LOA Panjang keseluruhan, yaitu jarak horizontal yang diukur dari titik terluar haluan sampai titik terluar buritan.
- Ldeck (panjang keseluruhan dek) Panjang keseluruhan, yaitu jarak horizontal yang diukur dari titik terdepan dek sampai titik terluar buritan

Pada umumnya panjang kapal ditentukan dari ukuran kapal yang sama, atau rumus/teorema dan bagan yang diturunkan dari database kapal yang sama.

- B (Lebar) Lebar maksimum yang diukur pada bagian tengah kapal antara dua sisi dalam lambung untuk kapal baja. Untuk kapal yang terbuat dari kayu atau bahan bukan logam lainnya, diukur antara dua sisi luar lambung kapal.

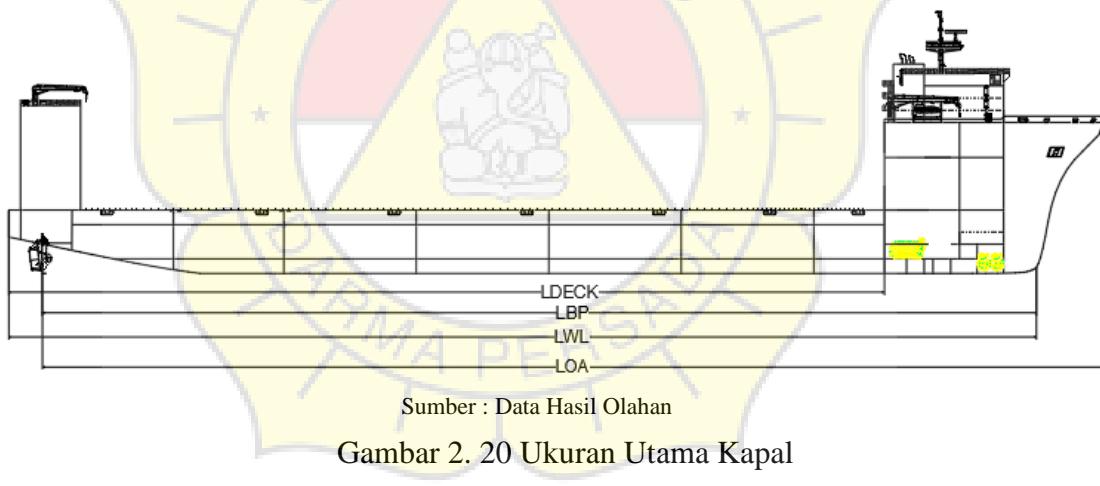
Lebar kapal berpengaruh signifikan terhadap stabilitas dan biaya produksi/operasional. Menambahkan lebar kapal untuk perpindahan yang sama menciptakan hambatan tambahan dan kebutuhan tenaga mesin tambahan untuk kapal, meningkatkan berat baja kapal. Poin-poin di atas akan menghasilkan biaya produksi yang lebih tinggi, Peningkatan stabilitas awal KM akan meningkat dan KG akan menurun, Kurva stabilitas akan menjadi lebih curam pada gradien awal dan jangkauan dapat menurun.

- H (Tinggi) Jarak vertikal diukur pada bidang tengah kapal, dari atas lunas sampai puncak balok geladak di sisi kapal.

Tinggi kapal berpengaruh terhadap *volume* kapal & *freeboard*, tinggi kapal memilih produksi, kenaikan 10% tinggi kapal mengakibatkan penambahan 8% berat baja dalam $L/D = 10$ & 4% dalam $L/D=14$. Tinggi kapal pula berpengaruh terhadap kekuatan memanjang, apabila tinggi kapal diperkecil, *flens* wajib diperkuat buat menjaga modulus penampang, lambung kapal pula wajib diperkuat supaya bisa menyalurkan *shear forces*. Kapal menggunakan tinggi yang lebih rendah akan mengalami penyimpangan sanggup menyebabkan kerusakan pipa pipa, poros, *ceiling* & komponen lainnya.

- T (Draft) Jarak yang diukur antara bagian atas lunas dan permukaan air.

Draft kapal seringkali dibatasi oleh kedalaman air laut. Ada keuntungan untuk kapal dengan *draft* dalam, Baling-baling dengan *draft* rendah dapat dipasang dengan diameter yang lebih kecil.(Suhardjito, 2006).



2.5.2. Berat Dan Tonase Kapal

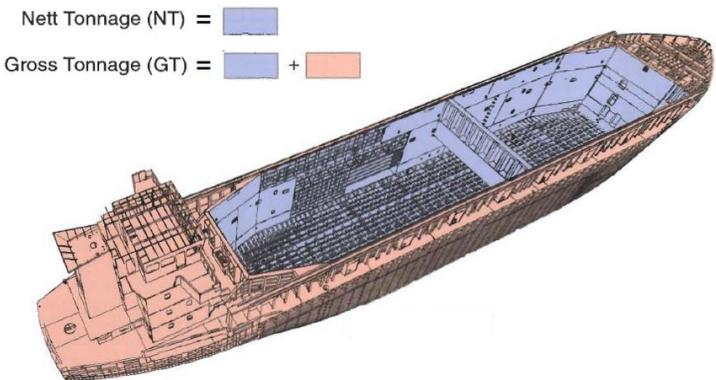
Displacement adalah Adalah tonase air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tenggelam. Biasanya dinyatakan dalam long ton atau metrik ton.

Deadweight tonnage/DWT adalah berat kargo, bahan bakar, minyak pelumas, air tawar, *ballast*, bahan makanan, penumpang dan awak kapal (ABK), atau berat total kapal dalam keadaan penuh muatan lengkap dan siap untuk melaut.(Suhardjito, 2006).

LWT/ *Light Weight Ship* adalah berat kapal kosong yang terdiri dari mesin, perpipaan, dan kulit kapal (Suhardjito, 2006).

Gross Register Tonnage (GRT) Hasil penerapan peraturan nasional dan internasional yang relevan dan formulir pengukuran tonase. Informasi penting tentang ukuran (jumlah total yang ditanggung) Kapal yang diukur. Nilai ini sesuai dengan volume tertutup semua tertutup ruang kapal (bukan hanya ruang tunggu), Menentukan secara matematis dengan mengecualikan ruang tertentu (misalnya depan / Tangki buritan, tangki pemberat, ruang kemudi, dapur, tempat umum). Biasanya menjadi dasar untuk menentukan ketinggian, Komposisi awak kapal, penerapan aturan keselamatan, penentuan biaya kelas kapal dan biaya lainnya (pajak, asuransi, biaya transportasi). $1\text{RT} = 100 \text{ ft}^3 = 2.832 \text{ m}^3$ (Papanikolaou, 2014).

Net Register Tonnage (NRT) Didefinisikan sebagai jumlah total (g), NRT adalah karena penerapan aturan pengukuran yang relevan dan merupakan nilai yang mewakili nilai ekonomi (kegunaan komersial) kapal. Tonase bersih dihitung dari total tonase. Dikurangi oleh ruang "pengurangan" yang tidak dapat digunakan untuk kargo transportasi (misalnya ruang mesin, ruang pompa/ruang mesin bantu, dan asrama kru). Kapasitansi bersih harus minimal 30% Jumlah tonase kotor. Jumlah tonase kotor untuk menghitung berbagai biaya, biaya Pelabuhan (Papanikolaou, 2014).



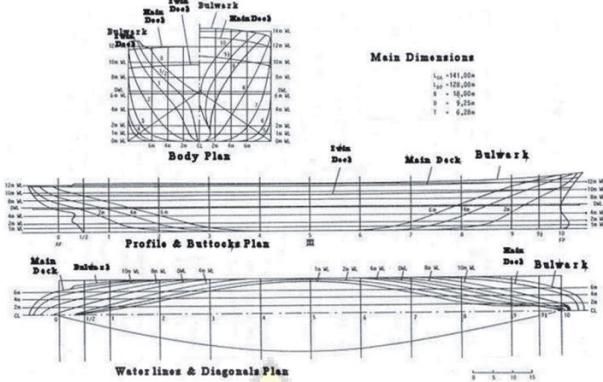
Sumber : <https://www.akademiasuransi.org/>

Gambar 2. 21 Ruangan GRT dan NRT

2.5.3. Rencana Garis

Rencana Garis atau *Lines Plan* yang secara grafis mewakili bentuk lambung kapal dari *body plan*, *sheer plan*, *half breadth plan* menjadi dasar untuk memproses prosedur desain kapal seperti berikut :

- Perhitungan tekanan hidrostatik: Membuat serangkaian peta tekanan hidrostatik dan kurva stabilitas
- Kontruksi model kapal skala penuh untuk eksperimen propulsi kedap air yang tenang dan perawatan kapal pada tangki penarik atau model lambung kapal di laut.
- Membuat denah menurut bentuk lambung kapal (kurva volume, diagram tata letak umum).
- Pengembangan lambung kapal, pengembangan pola panel, rangka cetakan (*Lofting*), Alat inspeksi untuk mengontrol bentuk elemen yang terkait dengan lambung,
- Perhitungan volume palka dan distribusi volume ruang dapat diturunkan dari "kurva volume/kapasitas" jika setidaknya ada rencana awal (atau sketsa) aliran kapal dari kapal yang bersangkutan tersedia (Papanikolaou, 2014).



Sumber : (Papanikolaou, 2014)

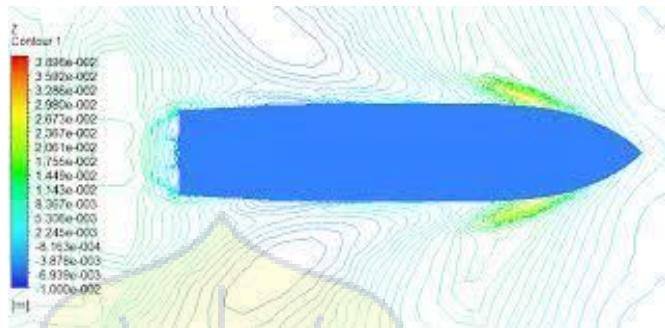
Gambar 2. 22 Lines Plan Kapal

2.5.4. Hambatan Kapal

Hambatan adalah gaya yang melawan gerak kapal ketika bergerak dengan kecepatan tertentu. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya gaya hambat adalah kecepatan kapal (V_s), berat air yang dipindahkan oleh kecepatan kapal (*displacement*), dan bentuk lambung kapal (*hull shape*). Berdasarkan proses fisik, gaya hambat pada kapal . Sedangkan tegangan gesek disebabkan oleh kekentalan fluida. Kemudian hambatan disederhanakan lagi dengan komponen *resistif* dalam dua kelompok utama, resistensi viskos dan resistensi gelombang (Asep Kurniawan Nugraha, 2017).

Perhitungan hambatan dilakukan dengan menggunakan *software Maxsurf* dengan metode Holtrop. Kekuatan total kapal dapat dibagi menjadi tiga, yaitu tahanan viskos (R_v), tahanan gelombang (R_w) dan tahanan udara (R_a). Karena nilai hambatan udara sangat rendah, perannya sering diabaikan. Metode Holtrop dan Mennen adalah metode yang paling umum untuk memperkirakan hambatan dan kinerja kapal bergerak. Hal ini didasarkan pada analisis regresi pengujian model *ekstensif* dan data eksperimen menyediakan berbagai penerapan. itu adalah- Sejauh yang

diketahui, satu-satunya metode yang diadopsi menggunakan ITTC faktor bentuk . Resistansi dihitung sebagai kekuatan dimensi. Prosedur juga akan disediakan pengurangan dorong resmi untuk memperkirakan parameter interaksi lambung-baling-baling, selesai skala tingkat bangun dan efisiensi rotasi *relative* (Birk, 2019).



Sumber : <https://www.istockphoto.com/>

Gambar 2. 23 Hambatan Gelombang Pada Kapal

Tabel 2. 3 Hasil Analisa Jurnal Hambatan

Sumber	Banen (2015)	Banen (2015)	Banen (2015)	Banen (2015)	Banen (2015)	Dewangkoro (2016)
<i>Displacement (t)</i>	40067	41125	41837	41669	42303	42703
<i>DeadWeight (t)</i>	28967	30399	30399	30399	30399	32092
<i>Power Installed (kW)</i>	9630	10411	10365	10468	10557	7716,53
<i>Speed (knots)</i>	14	14	14	14	14	14
Metode	Holtrop	Holtrop	Holtrop	Holtrop	Holtrop	Holtrop

Sumber : Data Hasil Olahan

Dari data Tabel 2.3 dapat disimpulkan bahwa pengunaan perhitungan hambatan dengan jenis kapal yang sama dominan menggunakan metode Holtrop.

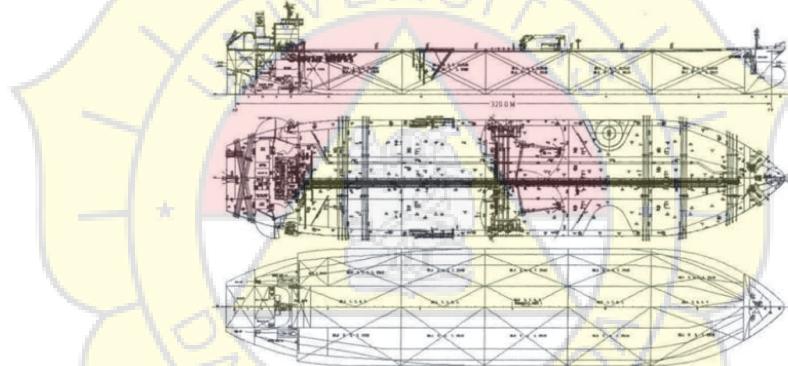
2.5.5. Rencana Umum

General Arrangement (GA) mencakup penempatan ruang dan penempatan peralatan dan gudang utama di kapal. Perencanaan Ruang Umum Tata letak umum ruang kapal adalah hasil penelitian, termasuk menentukan dan menyelidiki kebutuhan ruang untuk setiap fungsi dasar kapal, dan menentukan antarmuka fisik antara ruang desain yang

diperlukan untuk pesanan. Operasi kapal. Perencanaan ruang dan desain antarmuka fisik ruang meliputi:

- Pembatas ruangan untuk fungsi dasar kapal
- Perencanaan yang wajar dari operasi fungsi
- Mengidentifikasi organisasi/hubungan yang beroperasi di kapal •
Penentuan berbagai sistem suplai/distribusi di dalam kendaraan (energi, air, limbah)
- Menentukan akses ke ruang fungsional dan antarmukanya

Hasil dari proses umum perencanaan ruang kapal adalah membagi volume tertutup kapal vertikal melalui geladak horizontal, horizontal dan vertikal dengan sekat dan dinding menjadi kompartemen yang melakukan fungsi tertentu, antara geladak dan kompartemen (Papanikolaou, 2014).



Sumber : (Papanikolaou, 2014)

Gambar 2. 24 General Arrangement Kapal

2.6 Stabilitas *Semi Submersible Heavy Lift*

Semi-submersible diklasifikasikan sebagai berikut : Dengan profesional dan peraturan dari badan klasifikasi tujuan desain adalah untuk mencapai yang maksimal dalam tingkat stabilitas. Pendekatan linier atau non-linier Hubungan dengan momen pemulihan, Perpindahan (GM) dapat menggunakan nilai dan sudut (misalnya linier) Perkiranya cukup akurat Sudut 15-17,5 derajat dan non-linear hanya dibutuhkan untuk yang lebih tinggi Sudut (17,5-30). Baik linier maupun Nilai GM *non* linier sangat penting. (Royal Institute of Naval Architecture, 2009).

Heave, pitch and roll Karena karakteristik kinetik mempengaruhi kondisi kemampuan mesin , diinginkan untuk menjaganya tetap minimum di bawah kondisi pengeboran maksimum dan kondisi operasi . *heave minimum* (HM), *pitch motion* (PM), dan *roll motion* (RM) ditentukan dengan menentukan batas kompensator bor dan operasi yang diizinkan . HM / PM / RM tergantung pada periode alami dan perendaman *floaters*. Ada berbagai formulasi yang menghubungkan nilai-nilai. Proses optimasi pertama-tama memilih periode alami dan kemudian menghitung *respons* punuk kedua / ketiga / keempat . Nilai optimum adalah yang dihitung dengan asumsi 2 / 3. Analisis berbasis *motion* memastikan bahwa kondisi pengoperasian ditentukan dalam rangkaian khusus untuk kondisi lingkungan. (Royal Institute of Naval Architecture, 2009).

Aturan dan peraturan stabilitas untuk operasi *submerging* sebagai domain yang relatif baru, tidak memiliki banyak peraturan tentang aktivitas *submerging heavy lift semi-submersible..* “Rules on Offshore Service Vessels, Tugs, and Special Ships” dari DNV GL27 dan “Guidelines for submersible pontoons handling cargo at sea ” dari Netherlands. Kriteria stabilitas oleh DNV GL memerlukan hal berikut selama operasi *submerging*: (Wang and Ko, 2019)

- Dalam GMT tinggi *transverse metacentric* dalam keseimbangan tidak boleh kurang dari 0,3 m
- Di sudut di mana *righting arm* maksimum terjadi tidak boleh kurang dari 7 °
- Dalam kisaran *positif* kurva GZ (*righting arm*) tidak boleh kurang dari 15 °
- Di dalam ketinggian kurva GZ tidak boleh kurang dari 0,1 m dalam kisaran di atas.

Namun, Belanda memerlukan hal-hal berikut dalam operasi *submerging* : (Wang and Ko, 2019)

- Area di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0,075 m rad
- Sudut kemiringan harus kurang dari 5 °.

2.6.1. Calculation Of Intact Stability During Transport

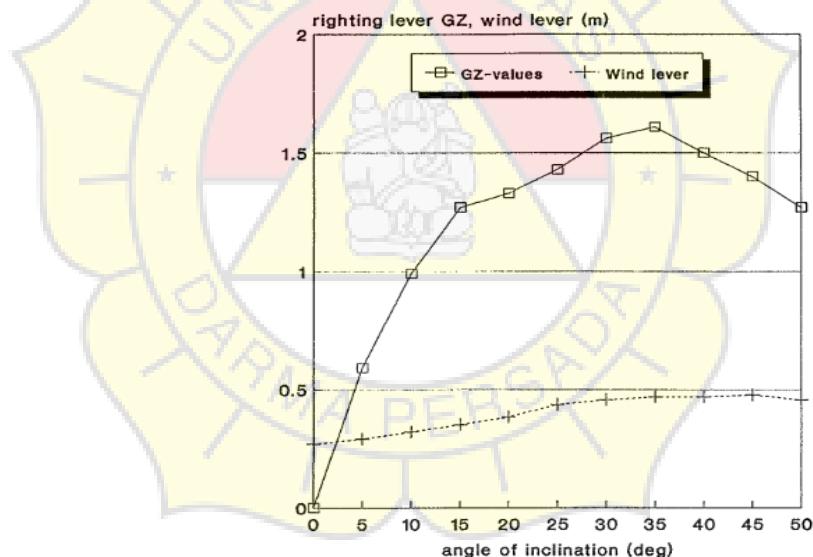
- Stabilitas awal maupun stabilitas dinamis dihitung. Stabilitas awal dinilai dari tinggi metasentrik (GM) dengan efek permukaan bebas yang dikoreksi. *Internasional Maritime Organization (IMO)* membutuhkan nilai GM minimum 0,15 m. Nilai GM yang jauh lebih besar diperlukan untuk jenis kapal ini untuk menahan beban angin dan gelombang. Namun jika nilai GM besar maka kapal akan kaku dalam hal *roll*. Kondisi pengisian harus dioptimalkan untuk persyaratan stabilitas dan respons operasional. Stabilitas dinamis *keel* pada sudut tertentu sama dengan luas area di bawah kurva tuas pemulihan hingga sudut tersebut dikalikan dengan *displacement*.
- Lembaga klasifikasi kapal, surveyor, dan badan pengatur masing-masing memiliki persyaratan sendiri yang harus dipenuhi oleh kurva stabilitas. *heavy lift vessel* Perusahaan menerima kriteria stabilitas yang diterima secara umum dari *American Bureau of Shipping (ABS)* kriteria stabilitas di bawah gaya angin, yaitu bahwa area di bawah kurva momen tegak pada atau sebelum sudut intersep kedua atau sudut *down flooding*, mana yang lebih kecil, tidak boleh kurang dari 40% lebih dari area di bawah kurva momen heeling angin ke sudut pembatas yang sama.
- Stabilitas dinamis *heavy lift vessel* dihitung termasuk kontribusi *buoyancy* muatan digabungkan ke badan hidrostatis untuk perhitungan stabilitas statis utuh.(Van Hoorn and Devoy, 1990).

2.6.2. Calculation Of Stability During On-Loading/Off-Loading

Menghitung stabilitas pemuatan TLWP untuk menentukan urutan *deballast* yang optimal. Metacenter KM dihitung untuk trim 0, 2, 4, dan 6 meter di buritan pada rentang perpindahan .

Memplot ini dalam kombinasi dengan KG *center vertical* menunjukkan wilayah kritis di mana stabilitas (GM) negatif. Di wilayah perpindahan kritis 60.000-58.000 T (tepat sebelum dek utama memecah air), trim harus setidaknya 6 meter untuk memastikan stabilitas yang andal 0,5 meter..

Stabilitas dinamis telah diuji dan ternyata cukup untuk nilai GZ terus meningkat seiring dengan meningkatnya jangkauan kritis, sudut tumit. Proses pengosongan adalah kebalikan dari proses pengisian.



Sumber : (Van Hoorn and Devoy, 1990).

Gambar 2. 25 Dynamic Stability Curve/Wind Lever.

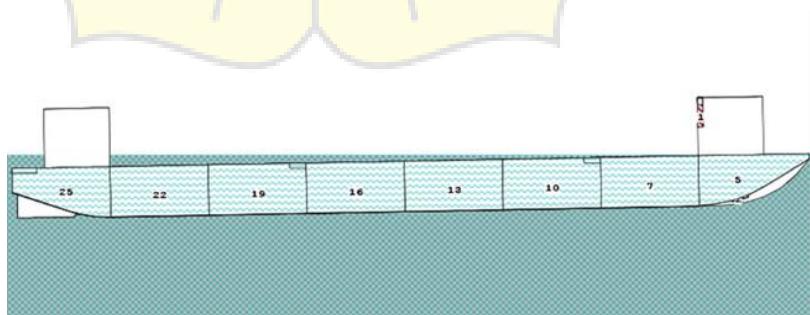
Gambar 2.25 merangkum hasil perhitungan stabilitas dinamis berdasarkan keberangkatan aktual. *Righting lever* maksimum adalah 1,61 meter pada 35 derajat. Pada sudut turun 50 derajat untuk *downflooding*, *Righting lever* masih 1,27 meter. Persimpangan pertama dengan level angin adalah 2,4 derajat. Pada rasio area 3,10 jauh di atas standar ABS.

2.7 Ballast System

Sistem *ballast* adalah sistem berbasis pompa. Sistem ini dipilih dengan mempertimbangkan potensi masa depan dari untuk beradaptasi dengan pengolahan air *ballast*. Saat ini tidak ada sistem seperti itu dipasang karena kurangnya sistem yang sesuai dengan kapasitas yang memadai. Untuk redundansi yang memadai, sistem terdiri dari *dual ring line* dan ruang pompa ganda yang melayani semua tangki. Sistem mematuhi peraturan terbaru, seperti menghindari banjir silang dengan saluran ventilasi jika terjadi skenario berhenti. Untuk tujuan ini, semua saluran ventilasi diarahkan ke zona aman sebelum ventilasi saluran pusat. Saluran pusat tetap kering (Terpstra and Hellinga, 2013).

IMO telah menetapkan “Area Risiko yang Sama” (SRA) untuk bekerja pada pengelolaan air balas untuk kapal yang hanya beroperasi di perairan setempat. Aturan SRA berlaku ketika HLV melakukan operasi kargo, termasuk ballast dan deballasting air dalam jumlah besar di zona operasi kargo. Saat ballast dan deballasting air dengan SRA, tidak perlu mengolah air ballast karena air lokal tidak tercampur dengan air asing.

Jika terjadi kegagalan, yang disebut tangki pembuangan dibangun di ujung depan dan belakang kapal untuk menghindari peningkatan tekanan di tangki dan genangan air di sistem ventilasi. Pada Gambar 2.25 merupakan contoh penggunaan *ballast tank* yang diisi dengan air laut untuk membuat kapal dalam kondisi *trim* (Peters, 2013).



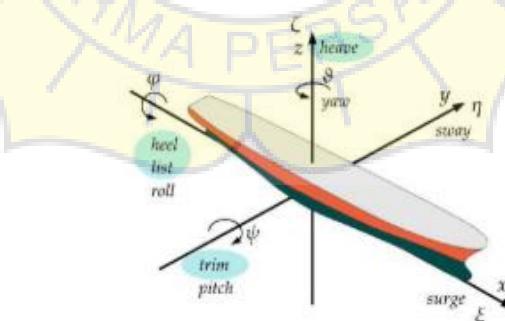
Sumber : (Zhang and Tian, 2015)

Gambar 2. 26 Ballast Water For Trim Ship

2.8 Seakeeping Heavy Lift Vessel

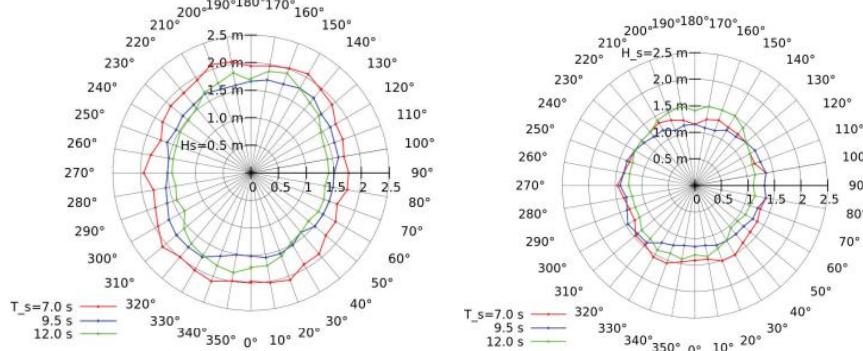
Prediksi gerakan kapal, gaya hambat, dan efek dinamis seperti di laut sangat penting dalam semua operasi laut, transportasi tugas berat, dan lepas pantai. Hal ini membuat pelayaran penting. Cara langsung dan mudah untuk mendapatkan hasil eksplorasi laut adalah dengan menjalankan uji model. Hasil yang diperoleh sangat akurat, tetapi prosesnya mahal dan memakan waktu, dan pengujian tangki laut tidak cocok untuk sebagian besar proyek dunia nyata. Sebuah metode alternatif dan populer saat ini adalah dengan menggunakan kode komputer untuk melakukan pekerjaan memprediksi pelayaran. Namun, perangkat lunak yang berbeda dapat memberikan hasil yang berbeda di bawah kondisi lingkungan yang sama.

Disajikan di sini beberapa perangkat lunak akan terlibat dalam perbandingan berikut. gerakan (*surge, sway, heave, roll, pitch and yaw*), gerakan dan percepatan titik-titik tertentu pada lambung, dan beban yang disebabkan oleh gelombang (gaya dan momen).) di waktu yang ditentukan. bagian kapal. Selain itu, kode tersebut memberikan tekanan hidrodinamik di sepanjang permukaan basah lambung yang bergerak bebas, sebagai respons terhadap kereta api dengan gelombang masuk yang sering (Wang, 2015).



Sumber : (Wang, 2015)

Gambar 2. 27 Ship Motion With 6 Degrees Of Freedom



Sumber : (Hatecke *et al.*, 2014)

Gambar 2. 28 Kurva Polar *Relative* dan *Absolute* RMS Deviation 0,2 m/s

Pada Gambar 2.28 menunjukkan bahwa gerakan beban relatif atau kecepatan beban umumnya lebih rendah untuk poros yang lebih pendek. Di laut samping gerakan beban relatif umumnya lebih besar daripada di laut di atas atau di belakang. Selanjutnya, perbandingan dengan Gambar *Absolute* RMS jelas menunjukkan peningkatan keseluruhan dalam gerakan beban absolut. Oleh karena itu, dari sudut pandang ini, lebih penting untuk menjaga muatan tetap di tempatnya daripada mengangkatnya dari geladak muatan kapal. Juga, dari G *Absolute* RMS, dapat dilihat bahwa kecepatan *transfer* beban absolut tidak banyak berubah sehubungan dengan periode gelombang yang signifikan. Bahkan dengan penggunaan alat numerik canggih untuk meningkatkan konvergensi pencarian puncak ambang batas, dua plot kemampuan pada gambar masih memerlukan waktu simulasi lebih dari satu tahun. Waktu komputasi yang dibutuhkan kurang dari 15 menit pada CPU standar. Fakta ini menunjukkan kebutuhan yang jelas akan metode navigasi yang cepat.

2.9 Deck Wetness

Frekuensi gelombang memiliki nilai amplitudo yang tinggi, sehingga air masuk ke geladak kapal. Hal ini berimplikasi pada keselamatan kapal, semakin tinggi amplitudo gelombang maka semakin besar pula gelombang yang naik.

Probabilitas konseptual dari pembasahan dek dalam kaitannya dengan kelengkungan lambung dan tinggi gelombang yang signifikan Laut kasar ditentukan sebagai fungsi dari periode gelombang rata-rata, pos dan sudut kapal kecepatan. Kemudian probabilitas jangka panjang dari "navigasi dek basah", di

TUGAS AKHIR

MAULANA SALMAN ALFARISYI (2018310004)

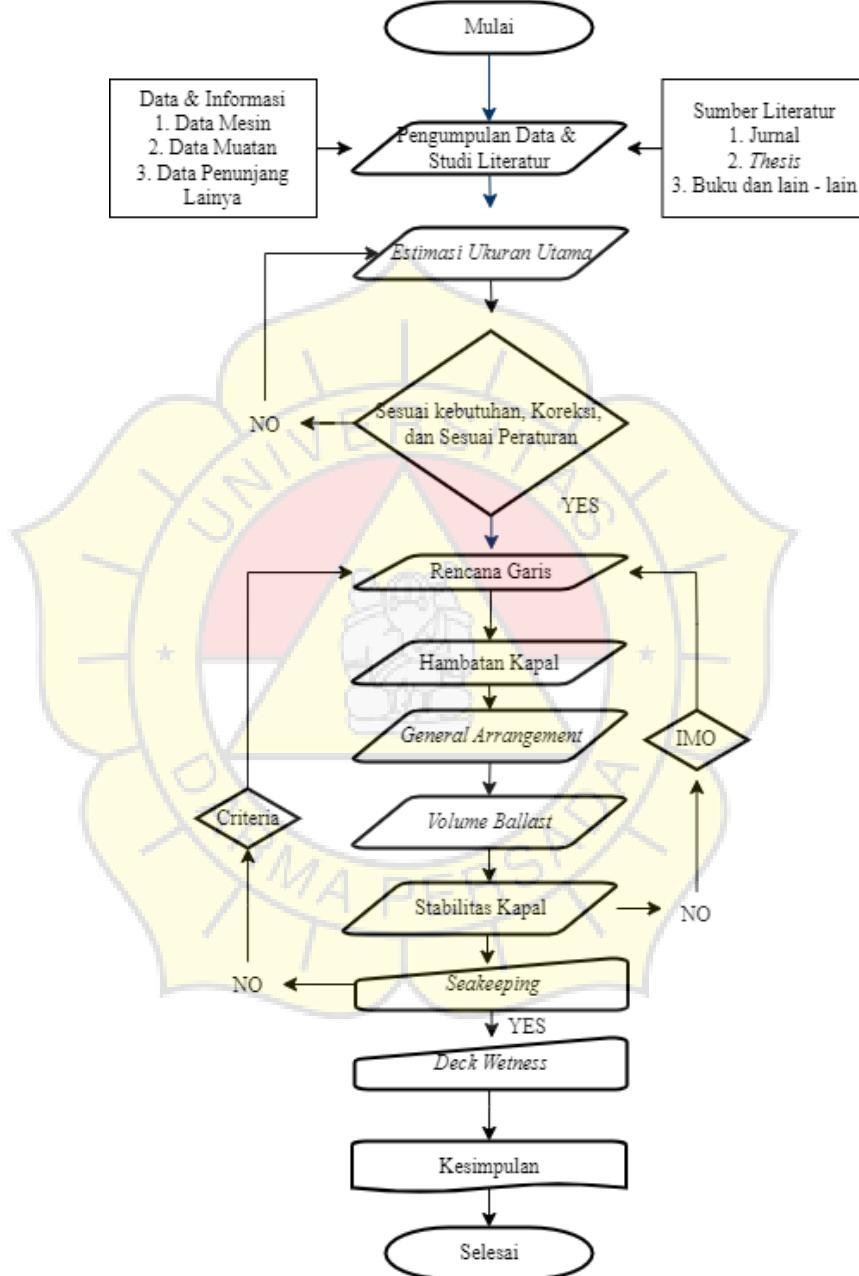
mana probabilitas jangka pendek kebasahan dek 1/10, dapat diprediksi pada musim yang berbeda dan angin yang berbeda Intensitas menggunakan statistik gelombang jangka panjang untuk Atlantik Utara. Tren basah dek berikut terkait dengan bug freeboard berasal dari prediksi. hasil:

- Probabilitas pembasahan dek tinggi di bagian atas dan haluan dan rendah di bagian berikutnya. Lautan akomodasi dan *beam seas*.
- Penurunan kecepatan kapal mengurangi kemungkinan pembasahan geladak, tetapi efeknya adalah kecepatan kapal cenderung melambat pada kecepatan di atas 10 knot.
- Kapal yang lebih besar memiliki kemungkinan lebih rendah untuk membasahi geladak.
- Kapal yang penuh cenderung tidak membasahi geladaknya.
- Probabilitas jangka panjang dari pelayaran 'dek basah' yang besar di musim dingin dan pelayaran yang lebih kecil di musim panas. di Atlantik Utara.
- Probabilitas jangka panjang dari navigasi dek basah meningkat dengan meningkatnya kecepatan angin Namun, tren ini kurang menonjol dalam cuaca yang sangat buruk (Fukuda,2014)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam memudahkan penyelesaian penelitian ini, penulis menggunakan alur pikir yang akan dijelaskan melalui *Flow Chart* dibawah ini:



Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 3. 1 *Flowchart* Penelitian

3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan selama fase ini. Data yang dikumpulkan akan berupa data yang mencakup semua aspek yang terkait dengan Tugas Akhir. Data ini nantinya akan menjadi benchmark untuk perancangan Semi Submersible Heavy Lift, data yang dibutuhkan akan dalam format berikut:

1. Jurnal, Thesis dan Buku mengenai desain Kapal *Semi Submersible Heavy Lift* yang sudah berlayar. Data ini digunakan untuk mengetahui perkembangan pembangunan dan inovasi terhadap kapal tersebut.
2. Data kapal pembanding diperlukan sebagai acuan untuk menentukan ukuran kapal utama awal. Data kapal pembanding merupakan faktor kunci dalam menentukan ukuran utama saat menggunakan metode kapal pembanding . Data yang dibutuhkan seperti berikut : Ukuran Utama Kapal, Data Mesin, dan Penunjang lainnya.

3.2 Metode Desain Kapal

3.2.1. Metode *Trial And Error*

Metode ini di lakukan dengan cara coba-coba, menemukan kesalahan dan berulang-ulang sehingga dapat hasil yang sesuai dengan kriteria yang kita butuhkan. Metode ini di lakukan untuk menentukan lines plan, stabilitas dan hambatan sesuai dengan aturan yang berlaku.

3.2.2. Metode *Parent Design Approach*

Parent design approach adalah satu metode pada mendesain kapal menggunakan cara perbandingan atau komparasi, yaitu menggunakan cara mendapatkan sebuah kapal yang dijadikan menjadi acuan sebagai kapal pembanding yang mempunyai ciri yang sama dengan kapal yang akan dirancang. Dalam hal ini, desainer telah memiliki surat keterangan kapal yang sama dengan yang akan dirancang, & terbukti memiliki performa yang baik. Keuntungan pada *parent design approach* merupakan bisa mendesain kapal lebih cepat, lantaran telah terdapat acuan kapal sebagai akibatnya desainer hanya butuh memodifikasi saja, & *performance* kapal juga sudah terbukti baik (Siddall, 2019).

A. Estimasi Panjang Kapal

Principal particulars diperoleh menggunakan membuat layout terlebih dahulu untuk mendapatkan dimensi yang dibutuhkan untuk menampung jumlah penumpang . Beberapa perhitungan principal particulars yaitu :

1. Estimasi Panjang Antara Garis Tegak (LBP)

$$LBP = \sqrt[3]{\frac{DWT_2}{DWT_1}} \times LBP_1 \dots \dots \dots \dots \quad (3.1)$$

Dimana : DWT_1 = Kapal Pembanding

DWT_2 = Kapal Rancangan

LBP_1 = Kapal Pembanding

2. Estimasi Panjang Keseluruhan Kapal (LOA)

Dari kapal pembanding, diperoleh :

$$C = \frac{LOA}{LBP} \dots \dots \dots \dots \quad (3.2)$$

3. Estimasi Panjang Garis Air (LWL)

$$LWL = (5\% \times LBP) + LBP \dots \dots \dots \dots \quad (3.3)$$

4. Estimasi Lebar Kapal

Berdasarkan data pembanding, nilai *aspect ratio*(L/ B)

Untuk kapal rancangan :

$$B = \frac{LBP}{aspectratio} \dots \dots \dots \dots \quad (3.4)$$

5. Estimasi Tinggi Kapal

Menurut kapal pembanding, nilai *aspect ratio*(L/H)

Untuk kapal rancangan :

$$H = \frac{LBP}{aspectratio} \dots \dots \dots \dots \quad (3.5)$$

6. Estimasi Sarat Kapal

Menurut kapal pembanding, nilai *aspect ratio*(B/T)

Untuk kapal rancangan:

$$T = \frac{B}{aspectratio} \dots \dots \dots \dots \quad (3.6)$$

Penentuan variabel utama tergantung pada metode perbandingan yang digunakan untuk parameter dan harus sesuai dengan peraturan yang berlaku. Dari data perbandingan diperoleh satu sampel yang diproduksi dan digunakan. Data teknis dikumpulkan dari data pembanding sebagai acuan rencana pembangunan. Selain metode perbandingan, metode cobacoba juga digunakan untuk merancang kapal selam yang selalu mencoba sesuatu, meskipun selalu menemukan kesalahan dan akhirnya menemukan kebenaran. Dengan cara ini, orang secara aktif berusaha menemukan sesuatu. Saat merencanakan desain semi-kapal selam, prosedur ini dilakukan untuk memenuhi berbagai kriteria yang telah ditentukan. Metode ini dilakukan untuk mengetahui ukuran utama, line plan, stabilitas dan ketahanan kapal *Semi Submersible Heavy Lift* yang sesuai dengan aturan yang berlaku.

3.3 Software Yang Digunakan

1. Desain menggunakan *software Maxsurf Edition V21* (Bentley, 2015), *Auto Cad 2020* (Autodesk, 2020) dan *Sketch Up 2022* (Trimble, 2020). Karena *software* ini memiliki kelebihan pada gambar desain yang dihasilkan mempunyai kualitas yang baik.
2. Hambatan (*resistance*) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada demikian rupa sehingga melawan Gerakan kapal tersebut. Hambatan tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Pada penelitian ini menggunakan Metode Holtrop, algoritma ini digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal tanker, kapal kargo, kapal ikan, tug boat, kapal kontainer dan kapal frigate.

Desain Kapal , dengan persamaan sebagai berikut :

$$K = 0,2$$

$$L = \text{Panjang Kapal (m)}$$

$$B = \text{Lebar Kapal (m)}$$

$$W_{wo} = K \times L \times B \dots \dots \dots \quad (3. 10)$$

4. Total LWT

$$LWT = \text{Berat Baja} + \text{WE} + W_{wo} \dots \dots \dots \quad (3. 11)$$

C. Perhitungan DWT

Dalam perhitungan DWT kapal *Semi Submersible Heavy Lift* menggunakan persamaan yang diambil dari (Salman Alfarisyi, 2022) Tugas Desain Kapal, adapun persamaannya sebagai berikut :

1. Berat Bahan Bakar Mesin Induk (W_{FO})

$$W_{FO} = [(Pb_{ME} \times b_{ME})] \times \frac{S}{Vs} \times 10^{-6} \times (1,3 \sim 1,5) \dots \dots \dots \quad (3. 12)$$

Dimana :

Pb_{ME} = BKw Mesin Utama

b_{ME} = Koefisien pemakaian BBM

S = Radius Pelayaran

Vs = Kecepatan Kapal

(1,3~1,5) = nilai koefisien diambil 1,5

2. Berat Bahan Bakar Mesin Bantu (W_{Fb})

$$W_{FO} = [(Pb_{ME} \times b_{ME})] \times \frac{S}{Vs} \times 10^{-6} \times (1,3 \sim 1,5) \dots \dots \dots \quad (3. 13)$$

Dimana :

Pb_{ME} = BKw Mesin Utama

b_{ME} = Koefisien pemakaian BBM

S = Radius Pelayaran

Vs = Kecepatan Kapal

(1,3~1,5) = nilai koefisien diambil 1,5

3. Berat Minyak Pelumas (Weight Of Lubricating Oil (W_{LO}))

$$W_{LO} = [(Pb_{ME} \times b_{LO})] \times \frac{S}{Vs} \times 10^{-6} \times (1,3 \sim 1,5) \dots \dots \dots \quad (3. 14)$$

Dimana :

P_{bME}	= BKw Mesin Utama
b_{ME}	= Koefisien pemakaian BBM
S	= Radius Pelayaran
V_s	= Kecepatan Kapal
(1,3~1,5)	= nilai koefisien diambil 1,5
b_{LO}	= $1,2 - 1,6$

4. Berat Air Bersih dan tawar (Weight Of Fresh Water (W_{FW}))

$$W_{DW+WW} = ((DW + BR) \times Z) \frac{248}{12,8} \times \frac{1}{24} + add \dots \dots \dots \quad (3. 15)$$

Dimana :

Jumlah penumpang ABK	Z	= 23 Orang
Drinking Water	DW	= 10-20 kg/org/hari
Washing water + Bathing Room	WW	= 70 kg/org/hari
Engine Cooler	EC	= 2-5 kg/Kwh/hari
Addition For Tank Volume	Add	= 3% - 4%

5. Berat Makanan (Weight Of Provision (W_{PROV}))

$$W_{PROV} = Cp \times Z \times \frac{S}{V_s} \times \frac{1}{24} + 4\% \dots \dots \dots \quad (3. 16)$$

Dimana :

C_p	= 2 – 5 kg/org/hari
Z	= 23 Orang

6. Koreksi berat kapal

$$\Delta = LWL \times B \times T \times C_b \times \gamma \dots \dots \dots \quad (3. 17)$$

$$\Delta = LWT + DWT \dots \dots \dots \quad (3. 18)$$

3.5 Metode Holtrop

Hambatan kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada demikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Pada penelitian ini digunakan Metode *Holtrop*, algoritma ini digunakan pada perhitungan hambatan kapal tanker, kapal kargo, kapal ikan dan lainnya.(Birk, 2019)

$$R_{total} = R_F(1 + k_1) + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A \dots \dots \dots \quad (3.19)$$

R_F = Tahanan Gesek Menurut formula ITTC 1957

$1 + k_1$ = Faktor Lambung

R_{APP} = Tahanan Tambahan

R_W = Hambatan Gelombang

R_B = Tambahan tekanan dari *Bulbous*

R_{TR} = Tahanan tambahan dari *transom stern*

R_A = Korelasi tahanan model-kapal sebenarnya

Hambatan Total (R_T)

Dalam buku *Sv. Aa. Halvard* dalam buku *Resistance and Propulsion of ship* halaman 133 (5.5.29) bahwa hambatan total adalah :

$$R_T = C_T \times \frac{1}{2} \times \rho \times WSA \times V_s^2 \dots \dots \dots \quad (3.20)$$

Dimana :

R_T = Hambatan total kapal rancangan.

C_T = Koefisien hambatan total.

ρ = Berat jenis air laut.

WSA = *Wetted Surface Area* kapal rancangan.

V_s = Kecepatan kapal rancangan

- c. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng $30^\circ - 40^\circ$ (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 1,719 m.deg.
2. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.2:* nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut $30^\circ - 180^\circ$ (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,2 m.
 3. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.3:* sudut pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang atau sama dengan 25° (deg).
 4. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.4:* nilai GM awal pada sudut 0° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,15 m.

Pada kapal, apakah dalam posisi tegak atau miring ke sudut φ , dua gaya bertindak: Berat kapal (W) dan gaya apung (fb) yang sama tapi beraksi berlawanan arah. Bobot kapal adalah gaya gravitasi yang diukur dalam Newton, gaya apung yang juga diukur dalam Newton disebut juga *displacement (force)*. Untuk *displacement* (massa) kapal, diukur dalam ton simbol Δ yang digunakan. Untuk volume di bawah air dari lambung, disebut *volumetric displacement*, simbol ∇ yang digunakan. (A.N-Krylov)

$$F_B = g\Delta = \rho g\nabla \dots \quad (3.22)$$

Tinggi metasentrik awal sama dengan perbedaan antara jari-jari metasentrik dan jarak antara pusat daya (B) apung dan gravitasi G.

$$GM_0 = BM_0 - GB \dots \quad (3.23)$$

Radius metasenter melintang pada setiap inklinasi juga disebut perbedaan metasenter.

$$r\varphi = B\varphi M\varphi = \frac{dIWL}{d\nabla} \dots \quad (3.24)$$

Radius metasentri melintang untuk posisi tegak yaitu.

$$r_0 = BM_0 = \frac{IWL}{\nabla} \dots \quad (3.25)$$

Dimana: Iwl = momen inersia dari *waterplane*

Hubungan antara kedua persamaan tersebut adalah:

$$r\varphi = r_0 + \nabla dr_0 d\varphi \dots \quad (3.26)$$

Lengan stabilitas statis dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$GZ = yB\varphi \cos \varphi + (zB\varphi - ZB) \sin \varphi - GB \sin \varphi \dots \dots \dots \quad (3.27)$$

Dimana : $yB\varphi$, $zB\varphi$ adalah koordinat dari pusat daya apung.

Persamaan $BN = yB\varphi \cos \varphi + (zB\varphi - ZB) \sin \varphi$ disebut *righting arm of form* dan $BC = BG \sin \varphi$ disebut *righting arm of weight*. GZ juga bisa dihitung dengan rumus:

$$GZ = yB\varphi \cos \varphi + ZB\varphi - KG \sin \varphi \dots \dots \dots \quad (3.28)$$

Untuk sudut inklinasi yang kecil, hubungan antara GZ dan sudut miring diasumsikan berbanding lurus, kemudian momen penegak dapat dihitung dengan:

$$M_R = g \Delta GM_0 \varphi \dots \dots \dots \quad (3.29)$$

Formula diatas disebut formula metasenter dari stabilitas.

Untuk semua sudut kemiringan, momen penegak dapat dihitung dengan:

$$M_R = \dots \dots \dots \quad (3.30)$$

Kurva lengan penegak harus sesuai dengan karakteristik yang sesuai. Contoh dari nilai GZ di sudut kemiringan $GZ20^\circ$, $GZ30^\circ$, $GZ40^\circ$, $GZ 0^m$, dari sudut kemiringan φ_m harus sesuai.

Perbedaan dari lengan penegak dengan sudut inklinasi disebut generalisasi tinggi metasenter :

$$h\varphi = \frac{d(GZ)}{d\varphi} = B\varphi M - y_{B\varphi} \sin \varphi + Z_{B\varphi} \cos \varphi - KG \cos \varphi \dots \dots \dots \quad (3.31)$$

Secara geometris, ini sama dengan jarak antara metasenter M dengan proyeksi dari G di arah gaya apung,

$$E_R = \int_0 M_R d\varphi = g \Delta \int_0 GZ d\varphi \dots \dots \dots \quad (3.32)$$

3.9 JONSWAP

Spektrum JONSWAP (*Joint North Sea Wave Project*) adalah hubungan empiris yang mendefinisikan distribusi energi berdasarkan frekuensi laut. Spektrum JONSWAP pada dasarnya adalah spektrum terbatas dari spektrum Pierson-Moskowitz. (Fajar, Chrismianto and Hadi, 2017).

3.9.1 Respone Amplitude Operator (RAO)

Respon gerakan kapal terhadap gelombang reguler dinyatakan dalam RAO, dimana RAO adalah rasio antara amplitudo gerakan kapal baik translasi maupun rotasi terhadap amplitude gelombang pada frekuensi tertentu (Fajar, Chrismianto and Hadi, 2017).

Respon gerakan RAO untuk gerakan translasi :

$$RAO_z = \frac{z_o}{\zeta_o} \text{ (m/m)} \dots\dots\dots(3.33)$$

Respon gerakan RAO untuk gerakan rotasi :

$$RAO_\theta = \frac{z_o}{k\zeta_o} \text{ (m/m)} \dots\dots\dots(3.34)$$

Untuk percepatan vertikal :

$$RAO_a = \frac{a_0}{\omega_e^2 \zeta_0} \text{ (m/m)} \dots\dots\dots(3.35)$$

3.9.2 Root Mean Square (RMS)

RMS merupakan luasan kurva di bawah kurva spectrum respon yang dinyatakan dalam m_0 , dengan persamaan (Fajar, Chrismianto and Hadi, 2017).

$$m_0 = \int_0^\infty S_{\zeta_r}(\omega) d\omega \dots\dots\dots(3.36)$$

jika nilai RMS dari masing-masing amplitudo gerakan (ζ) dinyatakan dalam $\sqrt{m_0}$ maka dinyatakan dalam persamaan :

$$(\zeta)_{av} = 1.253 \sqrt{m_0} \dots\dots\dots(3.37)$$

Kemudian untuk mendapatkan amplitudo signifikan atau atau disebut dengan rata-rata dari 1/3 amplitudo tertinggi dinyatakan dengan persamaan :

$$(\zeta)_s = 2 \sqrt[3]{m_0} \dots\dots\dots(3.38)$$

Sedangkan luasan spektrum respon untuk kecepatan dan percepatan yang dinyatakan dalam m_2 dan m_4 dengan persamaan :

$$m_2 = \int_0^{\infty} \omega^2 S_{\zeta r}(\omega) d\omega \dots\dots\dots(3.39)$$

$$m_4 = \int_0^{\infty} \omega^4 S_{\zeta r}(\omega) d\omega \dots\dots\dots(3.40)$$

3.10 Perhitungan Deck Wetness

Deck Wetness adalah menurut criteria *Rules General Operability Limiting Criteria for Ship* (NORDFORSK, 1978) nilai maksimal *Probability of Deck Wetness* adalah 0,05. Rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai *Probability of Deck Wetness* adalah (Fajar, Chrismianto and Hadi, 2017).

$$\text{Deck Wetness} = \text{Exp} - (F^2/2(Mo)) \dots\dots\dots(3.41)$$

Dimana :

$F = \text{Freeboard kapal}$

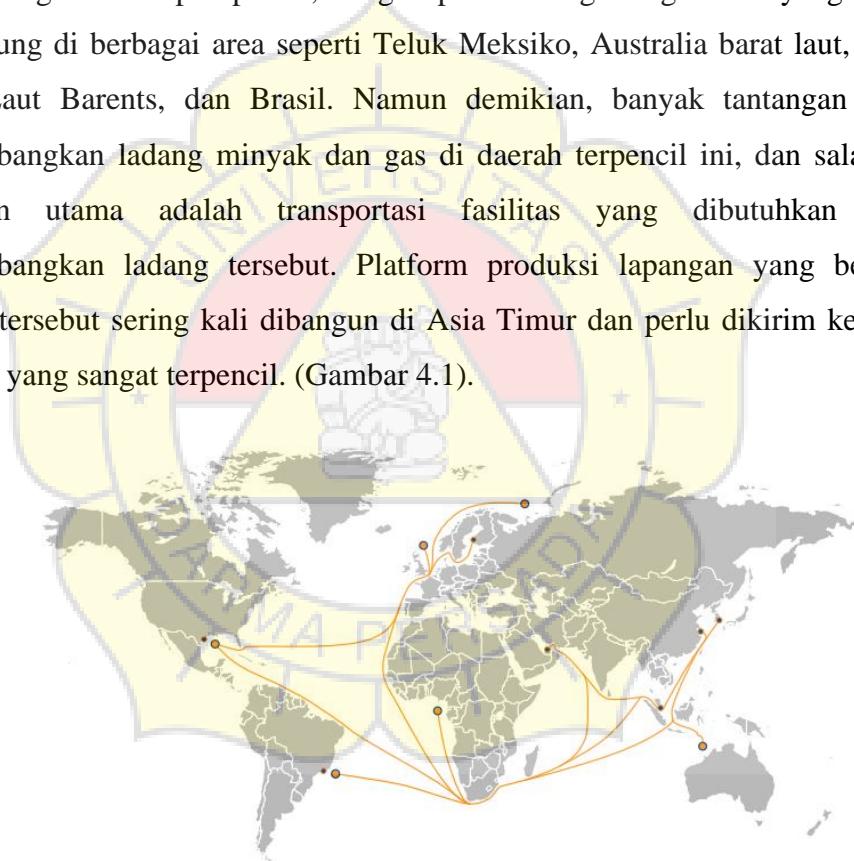
$Mo = \text{nilai FP relative vertical motion (M0)} 180^\circ.$

BAB IV

DATA DAN INFORMASI

4.1 Data Rute Pelayaran

Dengan meningkatnya permintaan bahan bakar fosil dan menurunnya cadangan minyak dan gas yang dapat dipulihkan secara ekonomi di wilayah-wilayah mapan di dunia, industri minyak dan gas lepas pantai menjadi *agresif* di wilayah-wilayah yang belum ditemukan di dunia. Upaya ini telah menghasilkan banyak penemuan yang berhasil, termasuk beberapa penemuan terbesar dalam sejarah pengeboran lepas pantai, dengan perkembangan signifikan yang sedang berlangsung di berbagai area seperti Teluk Meksiko, Australia barat laut, Afrika Barat, Laut Barents, dan Brasil. Namun demikian, banyak tantangan dalam mengembangkan ladang minyak dan gas di daerah terpencil ini, dan salah satu tantangan utama adalah transportasi fasilitas yang dibutuhkan untuk mengembangkan ladang tersebut. Platform produksi lapangan yang besar di wilayah tersebut sering kali dibangun di Asia Timur dan perlu dikirim ke lokasi produksi yang sangat terpencil. (Gambar 4.1).



Sumber : (Peters, 2013)

Gambar 4. 1 Jalur Pelayaran Distribusi *Platform* menuju titik produksi

Tabel 4. 1 Jarak Rute Pelayaran

No	Asal	Tujuan	Jarak (NM)
1	Laut Jawa	Laut Afrika Barat	8050.63
2	Laut Korea Selatan	Laut Singapura	2461.81
3	Laut China	Laut Singapura	1384.78
4	Laut China	Laut Australia Barat	3317
5	Laut Jawa	Brazil	8657
6	Gulf Of Meksiko	Laut Afrika Selatan	5802.05
7	Laut Barents	Laut Atlantik	5069.22

Sumber : Data Hasil Olahan

Mengoptimalkan pembuatan dan pemasangan peralatan penting untuk mengoptimalkan profitabilitas ladang minyak dan gas terpencil. Secara umum, jika pabrik terintegrasi penuh ke dalam galangan kapal manufaktur, biaya investasi akan lebih rendah daripada jika diintegrasikan ke dalam blok di lokasi lepas pantai. Oleh karena itu, penyederhanaan prosedur instalasi lepas pantai dan pengurangan waktu instalasi bermanfaat karena pekerjaan instalasi lepas pantai jauh lebih mahal daripada pekerjaan di lokasi. Selain itu, menyediakan fasilitas yang terintegrasi penuh di tujuan akhir berarti mengurangi penggunaan kapal instalasi besar dan jumlah pekerja yang besar. *Dry transport* juga menghemat jarak jauh. Kecepatan rata-rata *dry wall* bisa dua kali lipat dari *dry transport*.

4.2 Data Muatan Kapal

Tabel 4. 2 Data Ukuran Muatan Kapal

No.	Vessel	Built	LOA (m)	B (m)	T (m)	D (m)	$\Delta(t)$	DWT (t)	LSW (t)	T_{Kosong} (m)
1	SSV Catarina	2012	117.90	96.70	9.94	36.50	38800	25500	13300	3.407
2	Hakuruyu 5	1977	106.00	67.00	9.00	37.49	32593	9150	17268	4.768
3	Gumusut Kakap	2014	105.00	40.00	15.00	45.00	59300	44000	15300	3.870
4	Hakuruyu 14	2018	72.10	68.40	8.50	7.60	20429	14300	6129	2.55
5	Hakuruyu 10	2008	75.00	66.40	8.50	7.60	17794	12456	5338	2.55
6	MV 8 langsa Venture	2001	170.69	25.90	11.40	15.29	41326	32200	12398	3.42
7	Anoa Natuna	1990	187.00	39.00	14.45	21.50	86415	76200	25924	4.335
8	Brotojoyo	1980	202.52	38.43	11.80	18.62	75307	59463	22592	3.54
9	Malikai TLP A	2016	77.30	78.50	9.00	40.00	39285	27500	11785	2.700
10	Barge 150 feet	2002	45.72	18.28	2.39	3.04	1843	1603	361	0.468
11	Barge 180 feet	2007	54.86	16.45	2.92	3.65	2431	1991	458	0.550
12	Barge 240 feet	2009	73.15	16.15	3.21	4.26	3498	3006	579	0.531
13	Barge 250 feet	2008	76.20	21.94	2.74	3.62	4226	4644	1061	0.688
14	Barge 300 feet	2008	91.50	27.45	4.20	5.50	9731	8154	1613	0.696
15	Barge 330 feet	2010	100.61	30.48	4.73	6.10	13381	11165	2498	0.883

Sumber : Data Hasil Olahan

4.3 Data Kapal Semi Submersible Heavy Lift

Berikut adalah data data kapal *Semi Submersible Heavy Lift* yang sudah ada dengan ukuran yang dimiliki oleh setiap kapal mulai dari Perusahaan, *Built*, *LOA*, *LBP*, *Breadth*, *Draught*, *Draught Submerged*, *Depth*, *Displacemnt*, *DWT*, *LWT* dan *Speed*.

Tabel 4. 3 Data Kapal *Semi Submersible Heavy Lift*

No.	Vessel	Owner	Built	LOA (m)	LPP (m)	Deck Area (m)	Deck (m)	T (m)	Tsub (m)	D (m)	$\Delta (t)$	DWT (t)	LW (t)	Speed (kn)	LB	BT	BTsub	LH	LLock	TH	
1	Vanguard	Boskalis	2013	275	270	19250	70	10.979	31	15.5	177067	116891	60176	14.5	3.857	6.376	2.258	17.419	0.982	0.708	
2	Blue Marlin	Boskalis	2000	2248	2066	1782	11226.6	63	10.275	28.4	13.3	105703	76792	27936	13	3.279	6.131	2.218	15.534	1.159	0.773
3	White Marlin	Boskalis	2014	2167	2121	1776	11188.8	63	10	26	13	102120	72720	29400	14.5	3.367	6.300	2.423	16.315	1.194	0.769
4	Mighty Servant 1	Boskalis	1988	1903	174.7	150	7500	50	8.792	26	12	58272	41066	12106	13	3.494	5.687	1.923	14.558	1.165	0.733
5	Mighty Servant 3	Boskalis	1984	181.23	165.7	140	5600	40	9.48	22	12	40717	27720	12997	15	4.143	4.219	1.818	13.808	1.184	0.790
6	Forte / Finesse	Boskalis	2012	216.75	212	1776	7636.8	43	9.68	26	13	68818	48082	20736	14	4.930	4.442	1.654	16.308	1.194	0.745
7	Black Marlin	Boskalis	1999	217.8	206.6	1782	7484.4	42	10.115	23.3	13.3	76333	57448	18885	14.5	4.919	4.152	1.803	15.534	1.159	0.761
8	T-class	Boskalis	2008*	216.79	207.9	128.8	5796	45	10.44	23	14	76015	53838	22177	15	4.620	4.310	1.957	14.850	1.614	0.746
9	Transshelf	Boskalis	1987	173	162	132	5280	40	8.8	25	12	47634	33074	14560	13.2	4.050	4.545	1.600	13.500	1.227	0.733
10	Fjord	Boskalis	2008*	159.24	157.8	131.8	5986.9	45.5	6.113	19	9	37112	23134	14434	10.5	3.468	7.443	2.395	17.533	1.197	0.679
11	Fjell	Boskalis	2008*	147.24	141.2	119.8	4312.8	36	6.419	19	9	29008	17925	11483	10.5	3.922	5.608	1.895	15.689	1.179	0.713
12	Super Servant 3	Boskalis	1982	139	130	115.8	3705.6	32	6.219	14.5	8.5	20105	13991	6114	10.8	4.063	5.146	2.207	15.294	1.123	0.732
13	HYSY278	Cosco	2012	221.6	210.9	179.2	7526.4	42	10.15	26.8	13.3	76884	52549	24435	11.5	5.021	4.138	1.567	15.857	1.177	0.763
14	Zhi Yuan Kou	Cosco	2012	195.2	185.2	153.6	6374.4	41.5	8.8	23	12	55661	38000	16638	12	4.463	4.716	1.804	15.433	1.206	0.733
15	Xin Guang Hua	Cosco	2016	255	250.2	208.4	14171.2	68	10.5	30.5	14.5	146487	98370	43946	13.5	3.679	6.476	2.230	17.255	1.201	0.724
16	Xiang Rui Kou	Cosco	2011	216.7	212.1	177.6	7636.8	43	9.68	26	13	72393	48332	21718	13.5	4.933	4.442	1.654	16.315	1.194	0.745
17	Tai An Kou	Cosco	2002	156	145	125	4500	36	7.4	19	10	31675	20311	9502	13.5	4.028	4.865	1.895	14.500	1.160	0.740

Sumber : Data Hasil Olahan

4.4 Data Kapal Pembanding

Nama Kapal : Hai yang shi You 278

Pemilik : *Cosco Shipping*

Year Of Construction : 2012

Classification : CCS

IMO Number : 8130899

Flag : China

Port Of Registry : Tianjin

A. Main Dimension

• <i>Length Over All (LOA)</i>	= 221,6	m
• <i>Breadth Moulded (B mld)</i>	= 42	m
• <i>Height Moulded (H mld)</i>	= 13,3	m
• <i>Draft Moulded (T mld)</i>	= 10,15	m
• <i>Draft Submerged (T smd)</i>	= 26,80	m
• <i>Deck Space (l x w)</i>	= 179 x 42 m	
• <i>Deadweight</i>	= 52500	ton
• <i>Lightweight</i>	= 24435	ton
• <i>Trial Speed</i>	= 11,8	kn
• <i>Displcement (Δ)</i>	= 76984	ton
• <i>Main Propulsion</i>	= 2 x 5,500	kW
• <i>Bow Truster</i>	= 3 x 2000	kW
• <i>Stern Truster</i>	= 2 x 2000	kW

B. Navigation Equipment

- Two DGPS
- One Doppler speed log
- One echo sounder, with two sensors
- One windsensor
- Navtex
- Two ECDIS
- Two radar

- *Two gyro compasses*
- *SPOS - Ship Performance Optimisation System*
- *OCTOPUS - Octopus onboard system (ship motion monitoring and decision support system by Amarcon)*

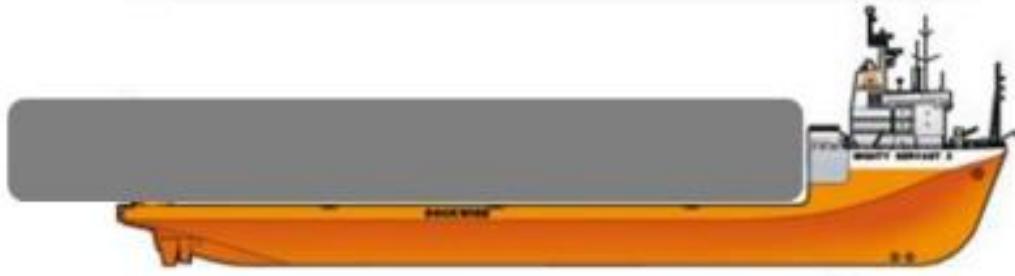
C. *Communication Equipment*

- *Fully compliant with GMDSS A-4*
- *MF/HF*
- *VHF*
- *VHF DSC*
- *MF/HF DSC*
- *VSAT*
- *Fleetbroadband*
- *SATCOM-C*
- *SART*
- *EPIRB*

D. *Ballasting*

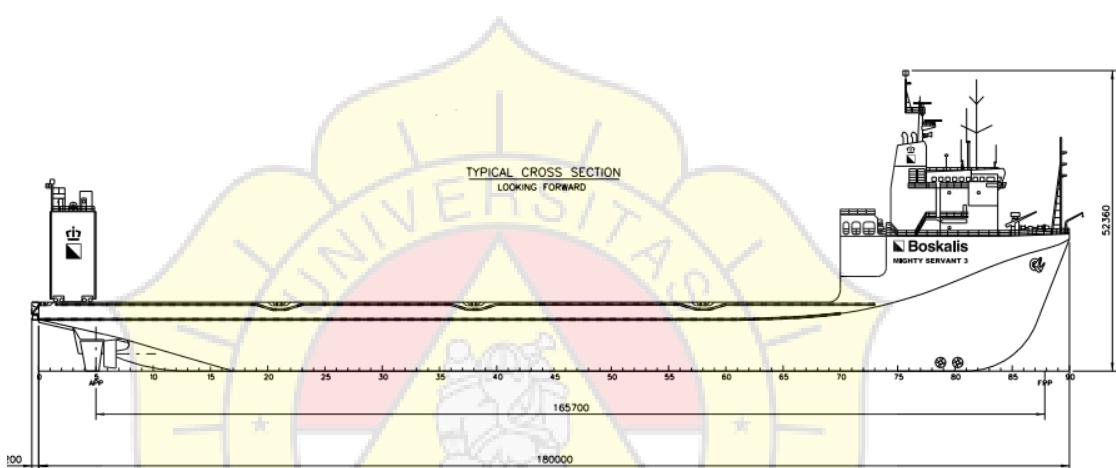
- *Two main ballast pumps 2,000 m³/hr@ 30 m head*
- *One fire gen. service pump 90 m³/hr@ 60 m head or 170m³/hr@ 30 m head*
- *One fire bilge pump 90 m³/hr@ 60 m head or 170 m³/hr@ 30 m head*
- *One emergency fire pump 45 m³/hr@ 60 m head*
- *Four deballast compressors 3,000 m³/hr@ 1atg*
- *Two ejector pumps 150 m³/hr@ 30 m headThree main ballast pumps 1,100 m³/hr.*

4.5 Layout Kapal Semi Submersible Heavy Lift



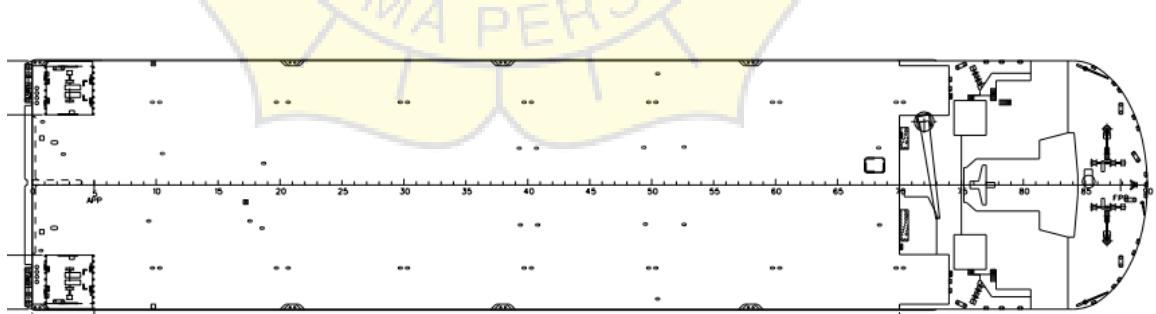
Sumber: Boskalis.com

Gambar 4. 2 Layout Kapal dan Posisi Muatan



Sumber: Boskalis.com

Gambar 4. 3 Layout Kapal Tampak Samping



Sumber: Boskalis.com

Gambar 4. 4 Layout Kapal Tampak Atas

4.6 Aspek Ratio

Untuk mencari aspek rasio kapal dalam Hambatan ini menggunakan metode pada Tesis Benny Banen “*Concept Design Optimization Applied on a new semi-submersible heavy transport vessel in the Dockwise S-class market*” Seperti berikut : (Banen, 2015)

	Minimum:	Maximum:	S-class
L_w/B	3.9 ← → 15		5.38
B/T	2.1 ← → 4.0		3.41
LCB	-5% ← → +5%		+0.88%
C_p	0.55 ← → 0.85		0.759
F_n	- ← → 0.80		0.179

Sumber: (Banen, 2015)

Gambar 4. 5 Koreksi Ukuran Utama Terhadap Hambatan

4.7 Technical Analysis Of Semi Submersible

Semi-submersible adalah tipe khusus lambung berada di bawah air (70-85%). Untuk *semi-submersible*, kurang terpengaruh oleh ombak dari kapal biasa. Tapi itu perlu *ballasting* yang tepat dan terus menerus untuk mencapai trim dan stabilitas yang diinginkan. Untuk alasan ini, *Semi-submersible* menunjukkan gerakan yang jauh lebih sedikit dari gelombang dari *monohull*, dan itu cocok untuk tugas yang sangat menuntut persyaratan *motion* yang ketat.

Tabel 4. 4 Technical analysis of semisubmersible

Type	Deck load	Deck area	Maneuverability	Stability (under motion)	Storage Volume	Production unit installation	Building cost	Operating cost
Semi-submersible	Low	High	Low	High [*] (Though, actual steering of it in bad weather is very difficult)	Low	Not possible	Low	High

Our analysis: Since for them initial investment is low, for moderately deeper water (water depth < 2250m) semi-submersible is and will remain an attractive option.
However, for ultra deep water (water depth > 3500m) large size drillships will become the more favorable option in future.

Sumber:(Royal Institute of Naval Architecture, 2009)

4.8 Kriteria Seakeeping dan Deckwetness

Tabel 4. 5 Kriteria dari Nordforsk

NORDFOSK (1987) - Seakeeping Criteria				Criteria for Acceleration and Roll (NORDFORSK, 1987)			
Description	Merchant Ships	Navy Vessels	Fast Small Craft	Description	RMS Vertical Acceleration	RMS Lateral Acceleration	RMS Roll Motion
RMS of vertical acceleration at FP	0.275 g ($L \leq 100$ m) 0.050 g ($L \geq 330$ m)	0.275 g	0.65 g	Light Manual Work	0.20 g	0.10 g	6.0°
RMS of vertical acceleration at Bridge	0.15 g	0.20 g	0.275 g	Heavy Manual Work	0.15 g	0.07 g	4.0°
RMS of lateral acceleration at Bridge	0.12 g	0.10 g	0.10 g	Intellectual Work	0.10 g	0.05 g	3.0°
RMS of Roll	6.0 deg 0.03 ($L \leq 100$ m) 0.01 ($L \geq 300$ m)	4.0 deg	4.0 deg	Transit Passengers	0.05 g	0.04 g	2.5°
Probability of Slamming	0.05	0.05	0.05	Cruise Liner	0.02 g	0.03 g	2.0°
Probability of Deck Wetness				Seakeeping performance criteria for human effectiveness - Limiting Criteria with regard to accelerations (vertical and lateral) and roll motion (NORDFORSK, 1987)			

Sumber: (Fajar, Chrismianto and Hadi, 2017)

4.9 Perlengkapan Kapal

Perlengkapan kapal yang ada pada kapal *Semi submersible Heavy Lift* mencakup beberapa hal sebagai berikut :

4.9.1 Perlengkapan Navigasi

1. Differential Global Positioning System (DGPS)

Bentuk navigasi GPS tingkat lanjut yang memberikan akurasi lokasi lebih baik daripada GPS standar. DGPS menghilangkan semua kesalahan pengukuran dalam jangkauan satelit, menghasilkan perhitungan posisi yang sangat akurat.

Sumber: <https://www.istockphoto.com/>

Gambar 4. 6 DGPS

2. Echo Sounders

Alat ini digunakan untuk mengukur kedalaman dasar kapal menggunakan gelombang suara. Alat ini dapat mengembalikan suara

dengan kecepatan 1,5 km/s. Sonar dipasang di depan dan di belakang lunas kapal dan dipantau oleh monitor di ruang pelayaran.



Sumber: <https://www.istockphoto.com/>

Gambar 4. 7 *Echo Sounders*

3. *Gyro Compas*

Panduan gyro adalah perangkat giroskop yang digunakan oleh perangkat non-magnetik untuk menentukan dan menampilkan arah utara yang sebenarnya dan mengirimkan informasi arah kepada pengguna. Master gyro harus dipasang agar tidak terpengaruh oleh getaran kapal.



Sumber: <https://www.istockphoto.com/>

Gambar 4. 8 *Gyro Compas*

4. *Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)*

merupakan evolusi dari sistem peta laut yang digunakan pada kapal dan kapal angkatan laut. Sistem charting elektronik memudahkan awak navigasi kapal untuk menemukan diri mereka sendiri dan mendapatkan petunjuk arah. ECDIS mematuhi peraturan IMO V/19 dan V/27 SOLAS, sebagaimana diubah dengan menampilkan informasi yang dipilih dari sistem *Electronic Navigational Chart (SENC)*. Perangkat ECDIS yang sesuai dengan SOLAS dapat digunakan sebagai alternatif untuk bagan kertas.



Sumber: <https://www.istockphoto.com/>

Gambar 4. 9 ECDIS

5. *OCTOPUS Onboard System*

OCTOPUS Onboard menyederhanakan tugas utama petugas untuk memantau dengan memberikan saran yang jelas kepada kru operasional tentang cara menavigasi dengan aman dalam cuaca buruk. *OCTOPUS* menyarankan pengguna tentang kecepatan, judul, dan jendela operasi yang aman, dan menyediakan antarmuka pengguna yang sederhana untuk menghindari bahaya pengguliran, bantingan atau pengguliran parametrik. *OCTOPUS* mengumpulkan informasi tentang kapal, rute atau rencana operasional, kondisi pemuatan, batas khusus kapal, dan cuaca.



Sumber: <https://www.istockphoto.com/>

Gambar 4. 10 *Software Octopus*

BAB V**ANALISA DAN PEMBAHASAN****5.1 Ukuran Muatan Kapal**

Untuk mencari aspek rasio ukuran kapal *Semi Submersible Heavy Lift* ini menggunakan data muatan kapal di dapatkan ukuran muatan dengan *range L, B, T, D, Displacement, DWT, LWT* sesuai dengan Tabel 4.2 didapatkan hasil sebagai berikut:

$$L = \text{range} (45,72 - 202,52)$$

$$B = \text{range} (16,15 - 96,70)$$

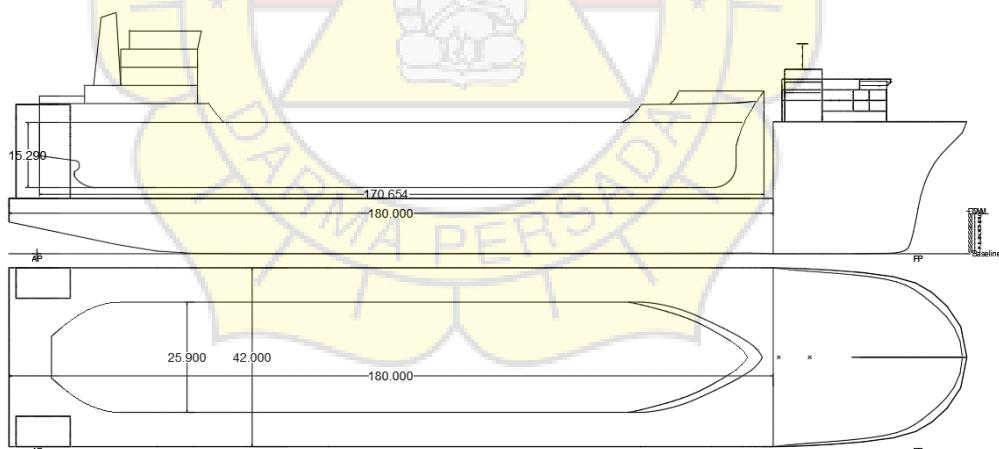
$$T = \text{range} (2,39 - 22,00)$$

$$D = \text{range} (3,04 - 45,00)$$

$$\Delta = \text{range} (1842,67 - 86414,76)$$

$$DWT = \text{range} (1603 - 76200)$$

$$LWT = \text{range} (361 - 25924,43)$$

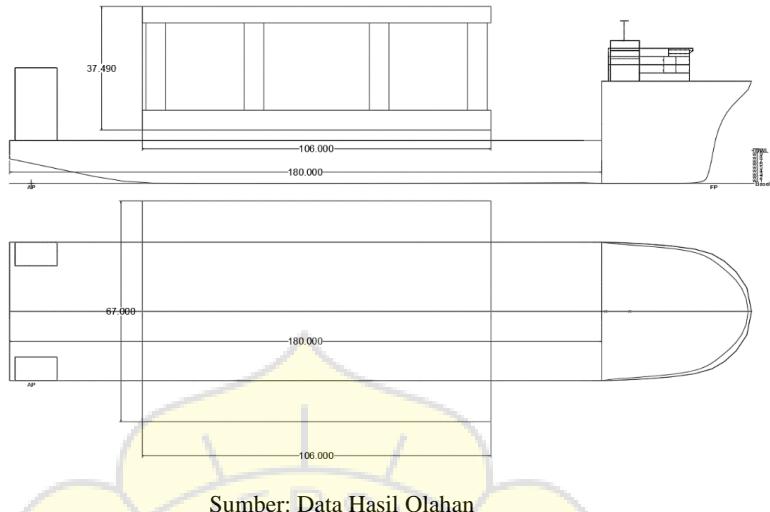
5.2 Layout Muatan Kapal Rancangan

Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 1 *Layout Muatan Kapal Pada Kapal Rancangan*

Pada Gambar 5.1 terdapat layout kapal rancangan yang memiliki panjang dek kapal 180 m dan digunakan memuat kapal MV 8 Langsa Venture yang memiliki panjang 170,69 m, lebar 25,90 m, dan tinggi kapal

15,29 m dengan berat LWT 12398 ton, karena pada ukuran ini memiliki dimensi yang dominan terhadap muatan.



Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 2 Layout Muatan Kapal 2 Pada Kapal Rancangan

Pada Gambar 5.2 terdapat layout kapal rancangan yang kedua memiliki panjang dek kapal 180 m dan digunakan memuat *semi submersible rig* yang memiliki panjang 106 m, lebar 67 m, dan tinggi 37,49 m dengan berat LWT 17268 ton karena pada ukuran ini memiliki dimensi yang dominan terhadap muatan. Dan mampu mengangkut muatan dengan berat lebih dari 25000 ton.

5.3 Ratio Ukuran Utama Kapal

Untuk mencari aspek rasio ukuran kapal *Semi Submersible Heavy Lift* ini menggunakan metode 17 kapal pembanding lalu dari 17 kapal pembanding ini di dapatkan *range* L/B, B/T, B/T_{sub}, L/H, L/L_{deck} dan T/H sesuai dengan tabel 4.2 didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 L/B &= range (3,279 - 5,021) \\
 B/T &= range (4,152 - 7,443) \\
 B/T_{sub} &= range (1,567 - 2,423) \\
 L/H &= range (13,500 - 17,533) \\
 L/L_{deck} &= range (0,982 - 1,614) \\
 T/H &= range (0,679 - 0,790)
 \end{aligned}$$

5.4 Rute Pelayaran

Untuk mencari rute Pelataran kapal *Semi Submersible Heavy Lift* ini menggunakan data jalur kapal di dapatkan jarak setiap titik pelayaran sesuai dengan Gambar 4.1 didapatkan hasil sebagai berikut:

Perancangan kapal *Semi Submersible Heavy Lift* ini dengan rute pelayaran seperti pada Tabel 4.1 Menimbang dengan fungsi utama kapal ini yang menjadi transportasi muatan berat, ditetapkan jarak maksimal kapal ini berlayar sejauh 9.000 mil laut untuk dapat memenuhi kebutuhan pengoperasian transportasi dari titik pembuatan menuju titik produksi dengan homebase berada di Pelabuhan Batu Ampar, Batam.



Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 3 Rute Pelayaran Kapal

5.5 Kecepatan Kapal

Jangka waktu kontrak sangat tergantung pada waktu pengangkutan dan penyerahan yang dipengaruhi oleh kecepatan kapal. Terlepas dari waktu operasi, itu terutama tergantung pada bongkar muat. Jika berlayar lebih lambat, akan memiliki lebih sedikit kontrak. Sesuai pada Tabel 4.1 kecepatan 17 kapal *Semi Submersible Heavy Lift* dengan range (10,5 kn – 15 kn). Menimbang dengan Menurunkan kecepatan akan mengurangi biaya bahan bakar dan dapat memperlambat kecepatan optimal. Di sisi lain, meningkatkan kecepatan dapat meningkatkan jumlah kontrak maka di tetapkan kecepatan kapal 15 kn. Alasan untuk ini adalah dalam kebanyakan kasus, pelanggan ingin kapal mengirimkan kargo sesegera mungkin. Kapal akan menghasilkan uang saat dikirim dan dioperasikan.

5.6 Penentuan Dimensi dan Berat Kapal *Semi Submersible Heavy Lift*

5.6.1. Penetuan Dimensi Utama Kapal *Semi Submersible Heavy Lift*

A. Estimasi Panjang Kapal

Principal particulars diperoleh menggunakan membuat layout terlebih dahulu untuk mendapatkan dimensi yang dibutuhkan untuk menampung muatan . Beberapa perhitungan *principal particulars* yaitu :

1. Estimasi Panjang Antara Garis Tegak (LBP)

Menurut Persamaan (3.1). Dari perhitungan tersebut di tetapkan nilai
LBP = 207,500 m

2. Estimasi Panjang Keseluruhan Kapal (LOA)

Menurut Persamaan (3.2). Dari perhitungan tersebut ditetapkan nilai
LOA = 219,000 m

3. Estimasi Panjang Garis Air (LWL)

Menurut Persamaan (3.3). Dari perhitungan tersebut ditetapkan nilai
LWL = 214,000 m

4. Estimasi Lebar Kapal

Menurut Persamaan (3.4). Dari perhitungan tersebut ditetapkan nilai
B = 42,000 m

5. Estimasi Tinggi Kapal

Menurut Persamaan (3.5). Dari perhitungan tersebut ditetapkan nilai
H = 14,700 m

6. Estimasi Sarat Kapal

Menurut Persamaan (3.6). Dari perhitungan tersebut ditetapkan nilai
T = 10,00 m

7. Estimasi Sarat *Submerged* Kapal

Menurut Persamaan (3.6). Dari perhitungan tersebut ditetapkan nilai
Tsub = 26 m

8. Estimasi Panjang *Deck* Kapal

Menurut Persamaan (3.7). Dari perhitungan tersebut ditetapkan nilai
Ldeck = 180,410 m

5.6.2. Koreksi Perbandingan Ukuran Utama Kapal

Koreksi perbandingan ukuran utama kapal sebagai berikut :

1. L / B

Untuk mencari nilai *aspec ratio* L/B didapatkan dari 17 kapal pembanding *Semi Submersible Heavy Lift*, besarnya nilai L/B berada pada *range* 3,279 – 5,021 yang terdapat pada Bab IV Tabel 4.3.

$$= L / B$$

$$= 207,5 / 42$$

$$= 4,940$$

2. B / T

Untuk mencari nilai *aspec ratio* B/T didapatkan dari 17 kapal pembanding *Semi Submersible Heavy Lift*, besarnya nilai B/T berada pada *range* 4,152 – 7,443 yang terdapat pada Bab IV Tabel 4.3.

$$= B / T$$

$$= 42 / 10$$

$$= 4,2$$

3. B / Tsub

Untuk mencari nilai *aspec ratio* B/Tsub didapatkan dari 17 kapal pembanding *Semi Submersible Heavy Lift*, besarnya nilai B/Tsub berada pada *range* 1,567 – 2,423 yang terdapat pada Bab IV Tabel 4.3.

$$= B / Tsub$$

$$= 42 / 26$$

$$= 1,615$$

4. L / H

Untuk mencari nilai *aspec ratio* L/H didapatkan dari 17 kapal pembanding *Semi Submersible Heavy Lift*, besarnya nilai L/H berada pada *range* 13,500 – 17,533 yang terdapat pada Bab IV Tabel 4.3.

$$= L / H$$

$$= 207,5 / 13$$

$$= 15,962$$

5. L / Ldeck

Untuk mencari nilai *aspec ratio* L/Ldeck didapatkan dari 17 kapal pembanding *Semi Submersible Heavy Lift*, besarnya nilai L/Ldeck berada pada *range* 0,982 – 1,614 yang terdapat pada Bab IV Tabel 4.3.

$$\begin{aligned} &= L / L_{deck} \\ &= 207,5 / 180,41 \\ &= 1,152 \end{aligned}$$

6. T / H

Untuk mencari nilai *aspec ratio* T/H didapatkan dari 17 kapal pembanding *Semi Submersible Heavy Lift*, besarnya nilai T/H berada pada *range* 0,679– 0,790 yang terdapat pada Bab IV Tabel 4.3.

$$\begin{aligned} &= T / H \\ &= 10 / 13 \\ &= 0,769 \end{aligned}$$

7. Lwl / B

Untuk mencari nilai *aspec ratio* Lwl/B didapatkan dari “*Concept Design Optimization Applied on a new semi-submersible heavy transport vessel in the Dockwise S-class market*” untuk kapal *Semi Submersible Heavy Lift*, besarnya nilai Lwl/B berada pada *range* 3,9 – 15 yang terdapat pada Bab IV Gambar 4.5

$$\begin{aligned} &= Lwl / B \\ &= 214 / 42 \\ &= 5,094 \end{aligned}$$

5.6.3. Penentuan Koefisien Bentuk Kapal

Berdasarkan pada Gambar 4.21 maka di tetapkan nilai koefisien kapal rancangan 0,85 dalam *software maxsurf*. Untuk HTV koefisien blok antara 0,70 dan 0,85 adalah diperlukan menurut Dockwise dan berdasarkan armada HTV. Koefisien blok ini terkait dengan stabilitas kebutuhan dan kapasitas air balas. Koefisien dibawah diambil dari hasil perhitungan *software Maxsurf* setelah mendapatkan ukuran utama. Dimana hasil koefisien tersebut

adalah :

- a. *Coefficient Block (Cb)* = 0,832
- b. *Coefficient Midship (Cm)* = 0,982
- c. *Coefficient Prismatic (Cp)* = 0,847
- d. *Coefficient Waterline (Cw)* = 0,935

5.6.4. Displacement dan Volume Displacement Kapal Semi Submersible Heavy Lift

1. Displacement Kapal

Berdasarkan Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja jilid I hal.27 bagian B, untuk menghitung displacement kapal menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta = L \times B \times T \times C_b \times \gamma$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $\Delta = 76649,664$ Ton

2. Volume Displacement Kapal

Untuk menentukan *volume displacement* (∇) pada kapal rancangan digunakan rumus yang terdapat dalam buku *Principles Of Naval Architecture Volume 1* oleh SNAME pada halaman 18, yaitu:

$$\nabla = L \times B \times T \times C_b$$

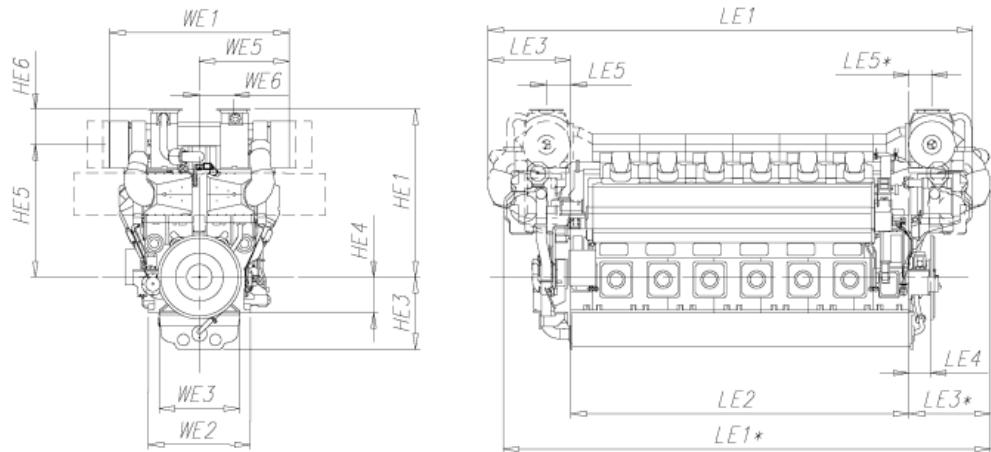
Dari perhitungan diatas ditetapkan $\nabla = 74780,16 \text{ m}^3$

5.7 Estimasi Daya Mesin Kapal

Menurut Metode Admiralty (3.21). Dari perhitungan tersebut ditetapkan nilai BKW = 24339,570 kW

5.7.1 Penentuan Main Engine Sementara

Dalam rencana awal diperlukan pemilihan sementara spesifikasi dan ukuran mesin kapal rancangan, hal ini berfungsi untuk membantu perhitungan-perhitungan selanjutnya seperti diantaranya adalah ukuran kamar mesin pada kapal rancangan. Pada kapal rancangan ini menggunakan 3 (tiga) mesin utama, sesuai dengan estimasi power yang telah dihitung, maka spesifikasi mesin yang dipilih yaitu :



Sumber: (Babicz, 2015)

Gambar 5. 4 Main Engine Sementara

- Merk : Wartsila
- Type : 7L46F
- Power : 8400 kW/ 11420 HP
- Cylinders : 8
- Stroke : 580 mm
- Cylinder bore : 460 mm
- Speed : 600 rpm
- SFOC : 182,5 g/KWh
- P x L x T : 9435 mm x 3130 mm x 5430 mm
- Weight : 113 ton

5.7.2 Auxiliary Engine Sementara

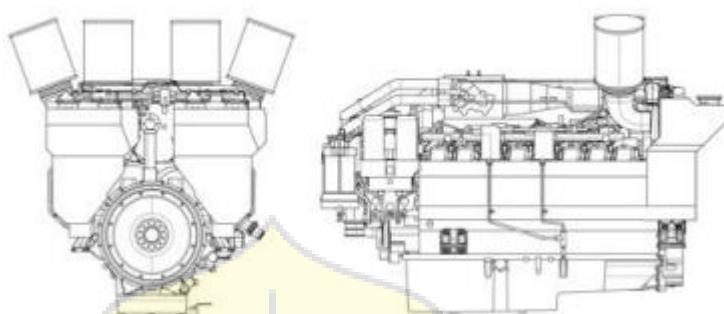
Untuk membantu pengoperasian pada kapal selama kapal tersebut berlayar, seperti menghidupkan mesin-mesin geladak, pompa-pompa hidrolik, lampu-lampu, Air Condition, navigasi dan lain sebagainya diperlukannya listrik.

Dalam rules *DNV GL Pt 4 Ch 2 Hal.41* menerangkan besarnya daya mesin pembantu sebesar 15% dari daya mesin terbesar.

$$PAE = 15 \% \times BHP$$

Dimana :

PAE	= Daya mesin bantu kapal rancangan
BHP	= Daya mesin utama kapal rancangan = 11420 HP
Maka :	
PAE	= $15\% \times 11420 = 1713 \text{ HP} = 1260 \text{ KW}$



Sumber: (Babicz, 2015)

Gambar 5. 5 Auxiliary Engine Sementara

Untuk kapal rancangan ini menggunakan 2 Mesin Bantu dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Merk : Wartsila
- Type : 60Hz W12V14
- Power : 710 kW
- Cylinders : 12
- Stroke : 157 mm
- Cylinder bore : 135 mm
- Speed : 1800 rpm
- SFOC : 182,5 g/KWh
- P x L x T : 2342 mm x 1470 mm x 1863 mm
- Weight : 2849 kg

5.8 Perhitungan Awak Kapal

- a) Penentuan awak berdasarkan Buku "Gaguk Suhardjito – Rencana Umum" Jumlah ABK yang direncanakan harus kurang dari atau sama dengan hasil dari persamaan berikut:

$$Zc = Cst [Cdk (CN/1000)^{1/6} + Ceng (BHP/1000)^{1/3} + Cadets]$$

] Dimana:

Cst = koefisien *steward deck* (1,2 – 1,33)

Cdk = koefisien *deck department* (11,5 – 14,5)

Ceng = koefisien *engine department* (8,5 – 11,0)

BHP = tenaga mesin (HP)

Cadets = perwira tambahan / tamu

CN = (L.B.H) / 1000

Sehingga didapat:

Dari perhitungan diatas didapat, menurut perhitungan Gaguk Suhardjito jumlah ABK yang dimungkinkan antara 30 s/d 42 orang

- b) Jumlah awak berdasarkan kapal pembanding

Berdasarkan kapal pembanding, jumlah awak yang digunakan adalah 40 orang

1. *Captain* : 1 orang

2. *1st Officer* : 1 orang

3. *2nd Officer* : 1 orang

4. *3rd Officer* : 1 orang

5. *Chief Engineer* : 1 orang

6. *1st Engineer* : 1 orang

7. *2nd Engineer* : 1 orang

8. *3rd Engineer* : 1 orang

9. *Foreman engginer* : 1 orang

10. *Boatswain* : 1 orang

11. <i>Electrician</i>	: 3 orang
12. <i>Quarter Master</i>	: 3 orang
13. <i>Ordinary Seaman</i>	: 1 orang
14. <i>Oiler</i>	: 3 orang
15. <i>Pumpman</i>	: 3 orang
16. <i>Chief Cook</i>	: 1 orang
17. <i>Assitant Cook</i>	: 2 orang
18. Dokter	: 1 orang
19. <i>Guest</i>	: 13 orang +

Total Crews : 40 orang

Berdasarkan ketentuan-ketentuan diatas, maka ditetapkan jumlah ABK menggunakan ketentuan sehingga ditetapkan **Jumlah ABK 40 orang**

5.9 Estimasi Berat Kapal (LWT & DWT)

Displacement kapal adalah berat kapal dalam keadaan kosong ditambah daya angkut dari kapal tersebut, dapat dituliskan dalam rumus sebagai berikut :

5.9.1 Perhitungan Berat Kapal Kosong (LWT)

Menurut buku *Mr. D. L Smith* dengan judul *Marin Design* halaman 29, bahwa *Light Weight Ton* terdiri dari :

1. Berat Baja Kapal (W_{ST})
 2. Berat Permesinan Kapal (W_{ME})
 3. Berat Perkayuan dan *Outfitting* (W_{wo})
 4. Margin
- 1) Perhitungan Berat Baja Kapal (W_{st})
Menurut Persamaan (3.8). Dari perhitungan tersebut ditetapkan nilai
 $E = 20116,875$
Maka :

Menurut Persamaan (3.7). Dari perhitungan tersebut di tetapkan nilai

$$W_{ST} = 22803,015 \text{ ton}$$

- 2) Berat Permesinan Kapal (W_{ME})

Menurut Persamaan (3.9). Dari perhitungan tersebut di tetapkan nilai

$$W_{ME} = 867,587 \text{ ton}$$

- 3) Berat Perkayuan dan *Outfitting* (W_{wo})

Menurut Persamaan(3.10). Dari perhitungan tersebut di tetapkan

$$\underline{W_{wo} = 2440,200 \text{ ton}}$$

- 4) Menentukan *Margin Light Weight Ton* (LWT)

Menurut Persamaan (3.11). Dari perhitungan tersebut di tetapkan

$$\underline{\text{Margin LWT} = 544,501 \text{ ton}}$$

Total Berat *Light Weight* (LWT) Kapal :

1) Berat Baja Kapal (W_{ST})	= 22803,015 ton
2) Berat Permesinan Kapal (W_{ME})	= 867,587 ton
3) Berat Perkayuan & <i>Outfitting</i> (W_{wo})	= 2440,200 ton
4) Margin LWT	= 522,216 ton

Berat Kapal Kosong (LWT)

Koreksi LWT

$$\begin{aligned}
 - \quad LWT_1 &= \Delta - DWT \\
 &= 76649,664 - 50000 \\
 &= 26649,664 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$- \quad LWT_2 = 26633,018 \text{ ton}$$

$$\left| \frac{LWT_1 - LWT_2}{LWT_2} \right| \times 100\% \leq 0,5\%$$

$$\left| \frac{26649,664 - 26633,018}{26633,018} \right| \times 100\% = 0,0625 \% \leq 0,5\% \text{ (memenuhi)}$$

5.9.2 Perhitungan *Dead Weight Tonnage* (DWT)

1. Berat Bahan Bakar Mesin Induk (W_{FO})

Menurut Persamaan (3.12). Dari perhitungan tersebut di tetapkan nilai **$W_{FO} = 4139,100 \text{ Ton}$**

2. Berat Bahan Bakar Mesin Bantu (W_{FB})

Menurut Persamaan (3.13). Dari perhitungan tersebut di tetapkan nilai **$W_{FB} = 237,708 \text{ Ton}$**

3. Berat Minyak Pelumas (Weight Of Lubricating Oil (W_{LO})))

Menurut Persamaan (3.14). Dari perhitungan tersebut di tetapkan nilai **$W_{LO} = 36,288 \text{ Ton}$**

4. Berat Air Bersih dan tawar (Weight Of Fresh Water (W_{FW})))

Menurut Persamaan (3.15). Dari perhitungan tersebut di tetapkan nilai **$W_{FW} = 80,04 \text{ Ton}$**

5. Berat Makanan (Weight Of Provision (W_{PROV})))

Menurut Persamaan (3.16). Dari perhitungan tersebut di tetapkan nilai **$W_{Prov} = 5,04 \text{ Ton}$**

6. Berat Awak Kapal, Penumpang Dan Barang Bawaan (Weight Of Person and Luggage (W_{P+L})))

Menurut Persamaan (3.17). Dari perhitungan tersebut di tetapkan nilai **$W_{P+L} = 5,800 \text{ Ton}$**

7. *Sewage Tank*

Menurut Persamaan (3.18). Dari perhitungan tersebut di tetapkan nilai *sewage tank* yang dibutuhkan adalah **60 m^3**

8. Berat Muatan (*Pay Load*)

Menurut Persamaan (3.19). Dari perhitungan tersebut di tetapkan nilai

$$W_{PL} = DWT - (W_{FO} + W_{DO} + W_{LO} + W_{FW} + W_{PROV} + W_{P+L} + W_{HSD})$$

$$W_{PL} = 50000 - 4503,976 = 45496,024 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{PL} = 45496,024 \text{ Ton}$**

TOTAL BERAT DEAD WEIGHT TONNAGE SHIP (DWT)

1) Berat Bahan Bakar W_{FO}	=	4139,100 Ton
2) Berat Bahan Bakar W_{FB}	=	237,708 Ton
3) Berat Minyak Pelumas (W_{LO})	=	36,288 Ton
4) Berat Air Bersih dan Tawar (W_{FW})	=	80,04 Ton
5) Berat Makanan (W_{PROV})	=	5,04 Ton
6) Berat Awak Kapal dan Barang (W_{p+1})	=	5,8 Ton
7) Berat Muatan (W_{PL})	=	45496,024 Ton

TOTAL PERHITUNGAN DWT = 50000 Ton

9. Koreksi berat kapal

Koreksi berat kapal *Displacement* menurut Hukum Archimedes (Δ_1):

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= LWL \times B \times T \times C_b \times \gamma \\ &= 214,000 \times 42,00 \times 10,00 \times 0,832 \times 1,025 \\ &= 76649,664 \text{ Ton}\end{aligned}$$

$$\text{Koreksi} = \left| \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{\Delta_1} \right| \times 100\% \dots\dots\dots < 0,5\%$$

$$\begin{aligned}\text{Dimana : } \Delta_2 &= LWT + DWT \\ &= 26633,018 \text{ Ton} + 50000 \text{ Ton} \\ &= 76632,532 \text{ Ton}\end{aligned}$$

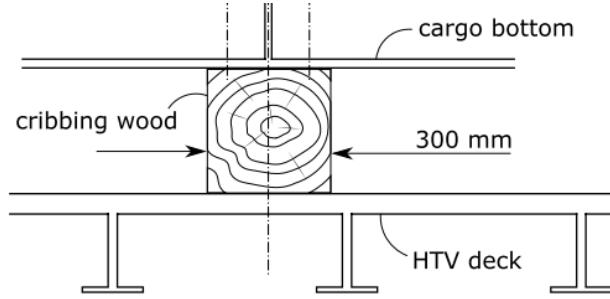
$$\begin{aligned}\text{Maka Koreksi} &= \left| \frac{76649,664 - 76632,532}{76632,532} \right| \times 100\% \dots\dots\dots < 0,5\% \\ &= 0,0223 \% \dots\dots\dots < 0,5 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

5.9.3 Ballast Water

Menurut Persamaan (3.22). Dari perhitungan tersebut di tetapkan nilai estimasi **Ballast = 18755,528 Ton**

5.10 Layout Kapal Rancangan

Dalam layout digunakan ukuran kapal yang telah di hitung seperti di atas.dalam melakukan *submerged* di butuhkan selisih jarak 300 mm antara alas muatan dengan main deck kapal menggunakan kayu sebagai berikut.



Sumber: (Peters, 2019)

Gambar 5. 6 Kayu Sebagai Alas Muatan

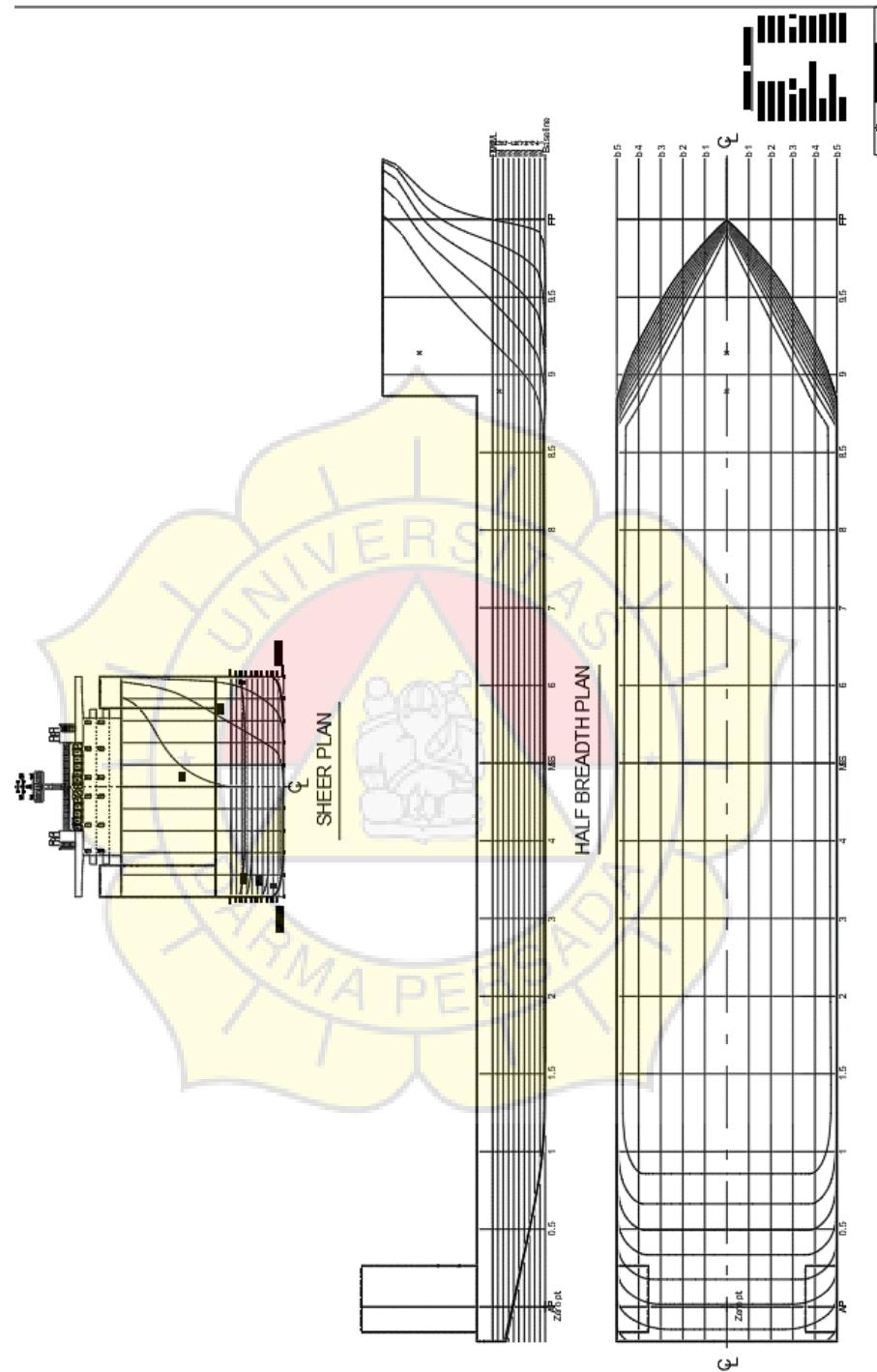
Dengan *draft* MV 8 Langsa Venture 3,42 m dibutuhkan kapal *submerged* lebih dari *draft* muatan pada kapal ditambah dengan tinggi alas muatan yaitu 300 mm jadi kapal harus tenggelam 4 m dari dek, kapal mampu menyelam dalam keadaan *draft* 17 m untuk dapat memuat muatan.



Sumber: Data Hasil Olahan

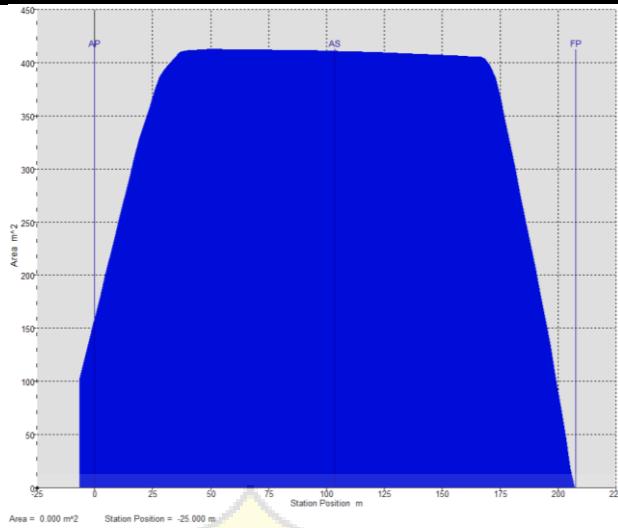
Gambar 5. 7 Layout Kapal Rancangan

5.11 Lines Plan Kapal Semi Submersible Heavy Lift



Sumber: Maxsurf Modeler

Gambar 5. 8 *Lines Plan* Kapal Rancangan



Sumber: Maxsurf Modeler

Gambar 5. 9 Curve Section Area

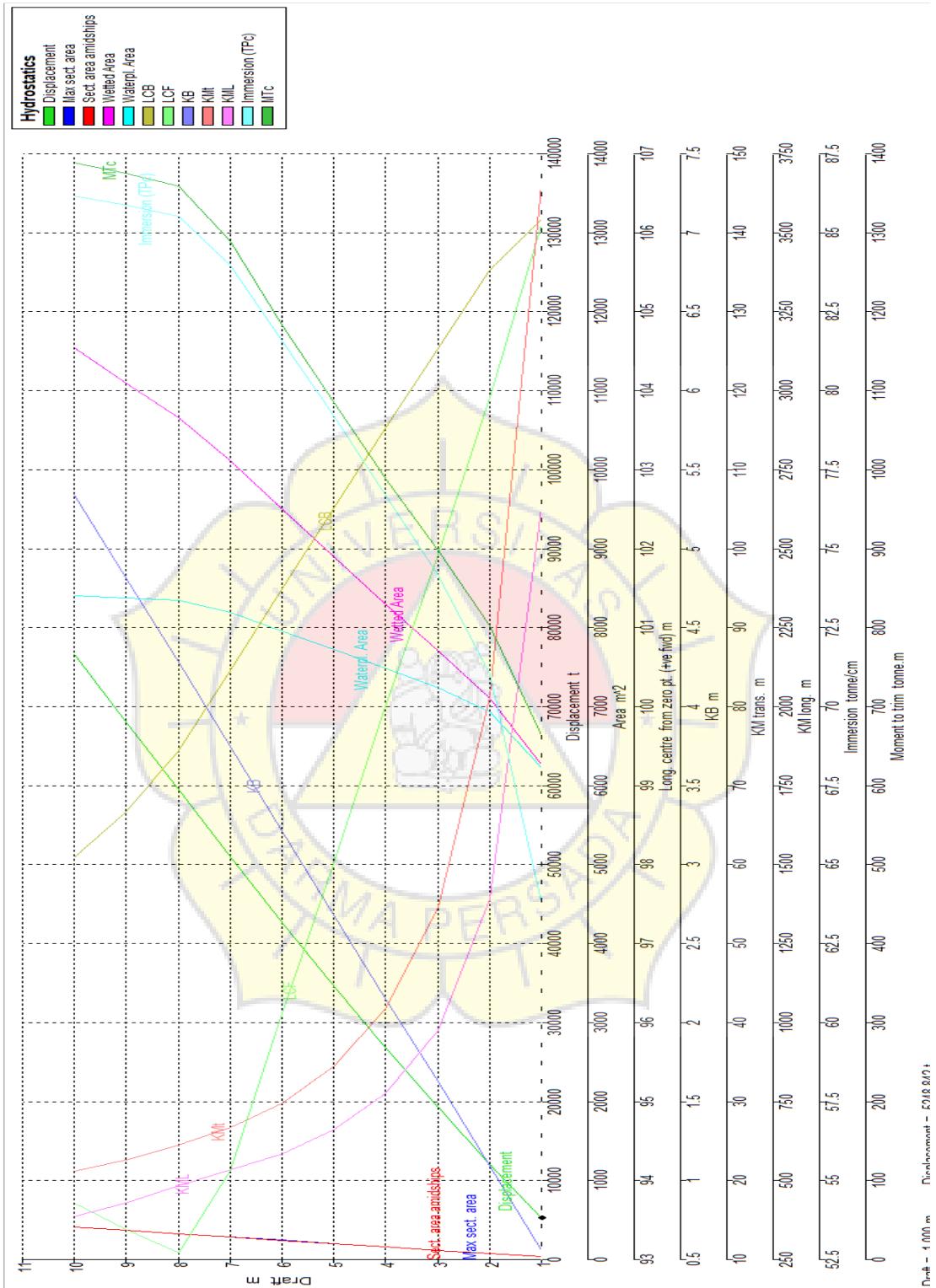
5.12 Hidrostatik dan Bonjean

Untuk analisa hidrostatik kapal rancangan dihitung menggunakan *software maxsurf stability* dengan pembagian 11 garis air seperti berikut.

Tabel 5. 1 Hasil Analisa Hidrostatik Pada *Maxsurf Stability*

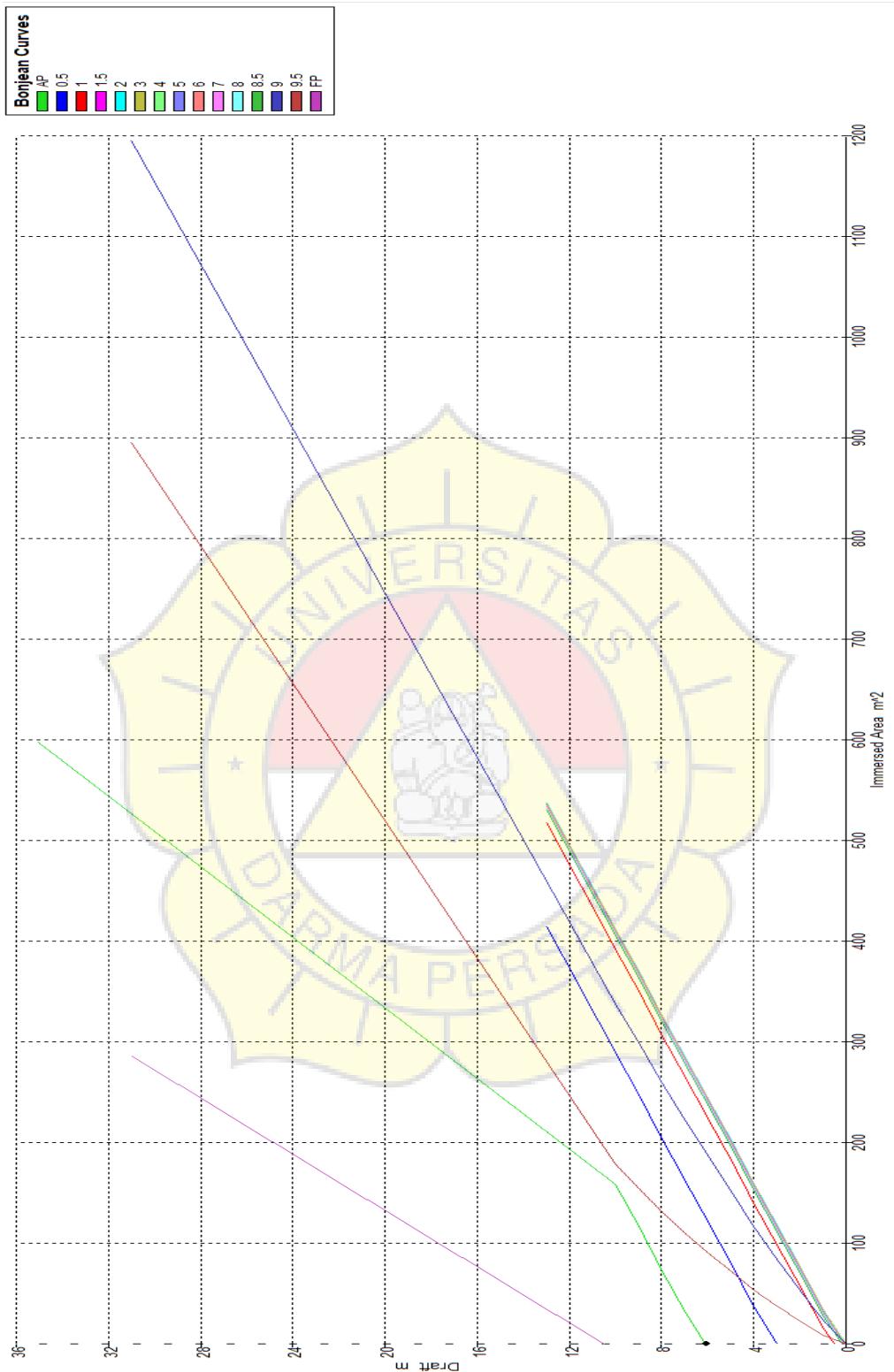
	Draft Amidships m	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000
1	Displacement t	5249	12043	19318	26865	34661	42700	50979	59475	68049	76651
2	Heel deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Draft at FP m	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000
4	Draft at AP m	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000
5	Draft at LCF m	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000
6	Trim (+ve by stern) m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	WL Length m	178.87	185.75	191.05	196.14	201.20	206.20	211.19	213.62	213.81	214.00
8	Beam max extents on WL m	39.603	41.833	41.998	41.998	41.998	41.998	41.999	42.000	42.000	42.000
9	Wetted Area m²	6264.3	7103.7	7706.3	8297.4	8898.3	9498.5	10115.	10661.	11093.	11542.
10	Waterpl. Area m²	6224.8	6930.5	7235.0	7483.8	7727.7	7958.2	8192.4	8342.5	8377.6	8406.5
11	Prismatic coeff. (Cp)	0.805	0.827	0.833	0.833	0.830	0.826	0.822	0.827	0.838	0.847
12	Block coeff. (Cb)	0.723	0.756	0.783	0.795	0.800	0.802	0.801	0.808	0.821	0.832
13	Max Sect. area coeff. (Cm)	0.901	0.915	0.941	0.956	0.965	0.970	0.975	0.978	0.980	0.982
14	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.879	0.892	0.902	0.908	0.915	0.919	0.924	0.930	0.933	0.935
15	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	106.17	105.53	104.53	103.52	102.50	101.48	100.45	99.449	98.668	98.093
16	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	106.10	103.91	101.93	100.00	98.014	96.115	94.123	93.090	93.379	93.715
17	KB m	0.555	1.094	1.625	2.153	2.681	3.213	3.747	4.283	4.815	5.341
18	KG m	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
19	BMt m	145.63	80.152	52.992	39.561	31.763	26.600	22.989	20.186	17.752	15.827
20	BML m	2632.9	1391.2	973.04	772.32	657.58	581.94	530.87	479.86	424.42	380.49
21	GMt m	136.18	71.246	44.617	31.714	24.445	19.812	16.736	14.470	12.567	11.168
22	GML m	2623.5	1382.3	964.66	764.47	650.27	575.15	524.62	474.14	419.24	375.83
23	KMt m	146.18	81.246	54.617	41.714	34.445	29.812	26.736	24.470	22.567	21.168
24	KML m	2633.5	1392.3	974.66	774.47	660.27	585.15	534.62	484.14	429.24	385.83
25	Immersion (TPc) tonne/cm	63.804	71.038	74.160	76.710	79.209	81.572	83.973	86.511	85.871	86.167
26	MTc tonne.m	663.63	802.31	898.11	989.75	1086.2	1183.5	1288.9	1359.0	1374.8	1388.3
27	RM at 1deg = G Mt Disp sin(1) tonne.m	12475.	14974.	15042	14869	14787.	14764.	14889	15019	14925.	14939.
28	Max deck inclination deg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
29	Trim angle (+ve by stern) deg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Sumber: *Maxsurf Stability*



Sumber: Maxsurf Stability

Gambar 5. 10 Hasil Analisa Kurva Hidrostatik Pada Maxsurf Stability



Sumber: Maxsurf Stability

Gambar 5. 11 Hasil Analisa Kurva Bonjean Pada Maxsurf Stability

5.13 Analisa Hambatan Kapal Rancangan

Dalam perhitungan hambatan desain kapal sampah menggunakan *software maxsurf resistance* dengan metode dari Holtrop. Berikut merupakan hasil analisa hambatan.

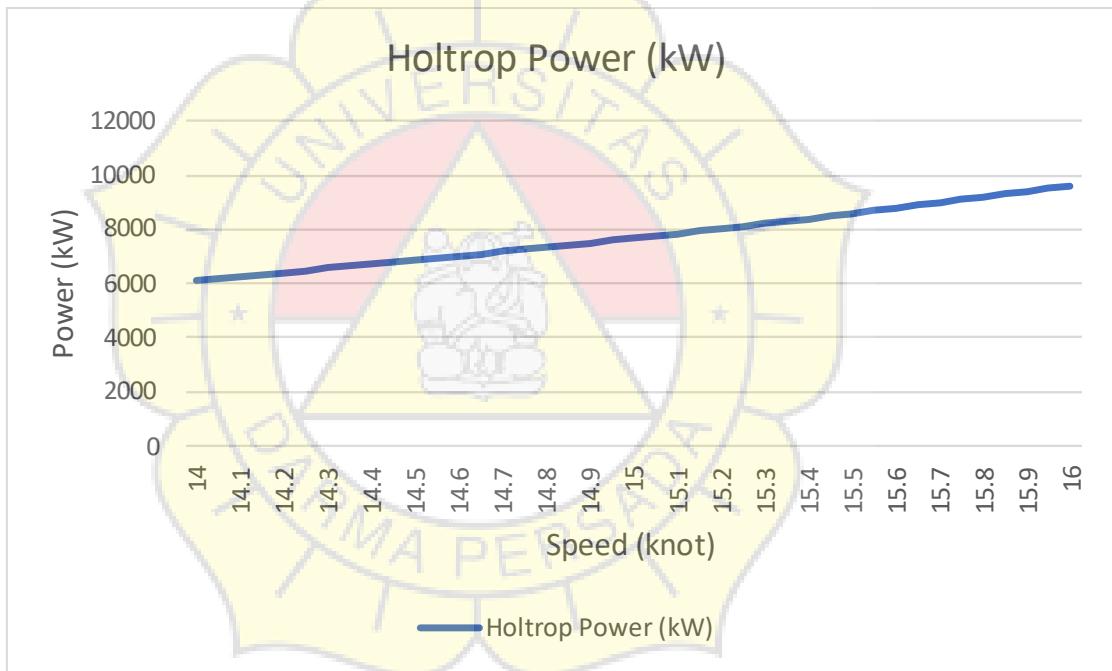
Tabel 5. 2 Hasil Analisa Hambatan Pada *Maxsurf Resistance*

Speed (kn)	Froude No.LWL	Froude No.Vol	Holtrop Resistance (kN)	Holtrop Power (kW)
14.000	0.158	0.354	851.6	6133.270
14.050	0.158	0.356	858.2	6203.045
14.100	0.159	0.357	864.9	6273.552
14.150	0.159	0.358	871.6	6344.801
14.200	0.160	0.359	878.4	6416.802
14.250	0.161	0.361	885.2	6489.567
14.300	0.161	0.362	892.1	6563.105
14.350	0.162	0.363	899.1	6637.429
14.400	0.162	0.364	906.1	6712.548
14.450	0.163	0.366	913.2	6788.474
14.500	0.163	0.367	920.3	6865.219
14.550	0.164	0.368	927.5	6942.794
14.600	0.165	0.369	934.8	7021.211
14.650	0.165	0.371	942.1	7100.482
14.700	0.166	0.372	949.5	7180.619
14.750	0.166	0.373	957.0	7261.634
14.800	0.167	0.375	964.5	7343.539
14.850	0.167	0.376	972.1	7426.348
14.900	0.168	0.377	979.8	7510.073
14.950	0.168	0.378	987.5	7594.728
15.000	0.169	0.380	995.3	7680.324
15.050	0.170	0.381	1003.2	7766.877
15.100	0.170	0.382	1011.1	7854.399
15.150	0.171	0.383	1019.1	7942.905
15.200	0.171	0.385	1027.2	8032.407
15.250	0.172	0.386	1035.4	8122.922
15.300	0.172	0.387	1043.6	8214.462
15.350	0.173	0.388	1052.0	8307.043
15.400	0.174	0.390	1060.4	8400.678
15.450	0.174	0.391	1068.8	8495.384
15.500	0.175	0.392	1077.4	8591.174

15.550	0.175	0.394	1086.1	8688.065
15.600	0.176	0.395	1094.8	8786.071
15.650	0.176	0.396	1103.6	8885.207
15.700	0.177	0.397	1112.5	8985.490
15.750	0.177	0.399	1121.5	9086.934
15.800	0.178	0.400	1130.6	9189.557
15.850	0.179	0.401	1139.7	9293.372
15.900	0.179	0.402	1149.0	9398.398
15.950	0.180	0.404	1158.3	9504.650
16.000	0.158	0.405	1167.8	9612.144

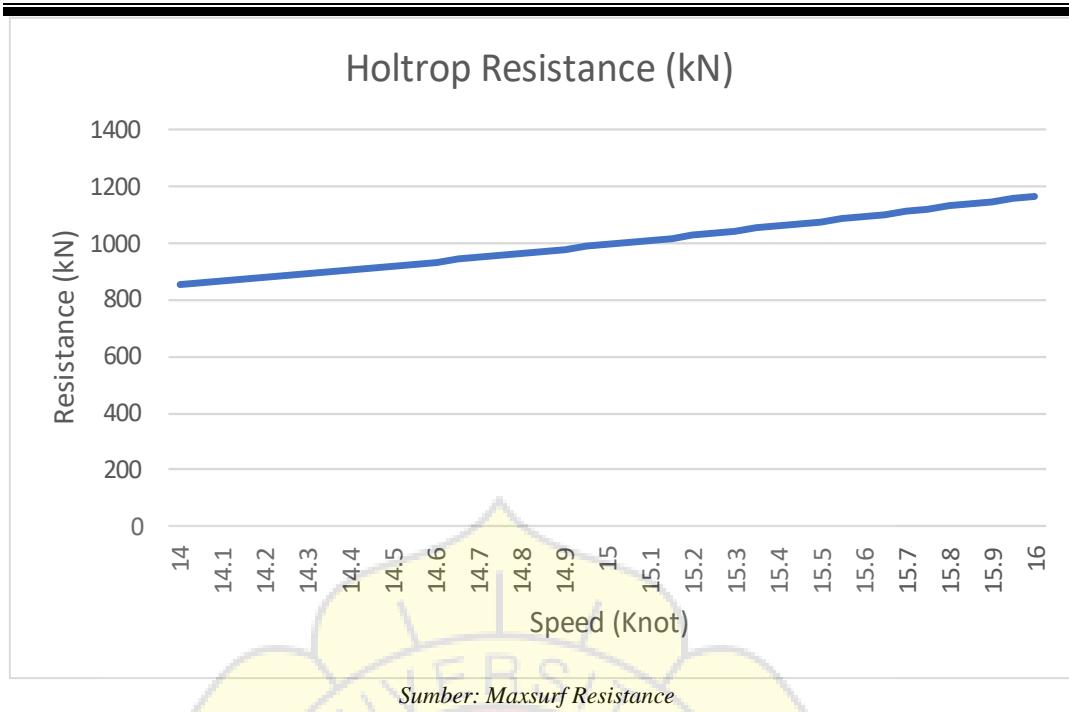
Sumber: Maxsurf Resistance

Dari tabel diatas untuk kecepatan kapal 15 knot didapatkan total hambatan 995,3 kN dengan *power* 7680,324 kW.



Sumber: Maxsurf Resistance

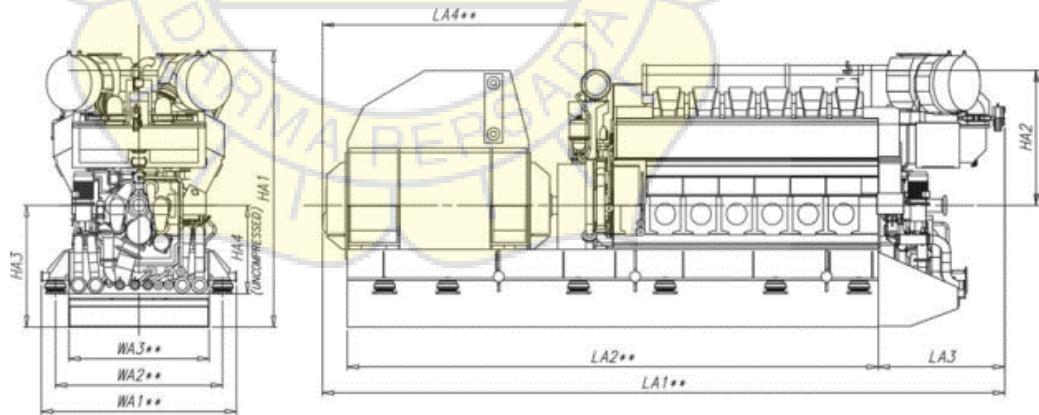
Gambar 5. 12 Power VS Speed



Gambar 5. 13 Resistance VS Speed

5.13.1 Main Engine Kapal

Pada kapal rancangan ini menggunakan 3 (tiga) mesin utama, sesuai dengan estimasi power yang telah dihitung, maka spesifikasi mesin yang dipilih yaitu :



Sumber: (Wärtsilä, 2015)

Gambar 5. 14 Main Engine Kapal

- Merk : Wartsila
- Type : W 12V32
- Power : 6960 kW/ 9462 HP

- Cylinders : 6
- Stroke : 400 mm
- Cylinder bore : 320 mm
- Speed : 750 rpm
- SFOC : 182,5 g/KWh
- P x L x T : 10700 mm x 3060 mm x 4130 mm
- Weight : 100,1 ton

5.13.2 Auxiliary Engine Kapal

Untuk membantu pengoperasian pada kapal selama kapal tersebut berlayar, seperti menghidupkan mesin-mesin geladak, pompa-pompa hidrolik, lampu-lampu, Air Condition, navigasi dan lain sebagainya diperlukannya listrik.

Dalam rules *DNV GL Pt 4 Ch 2 Hal.41* menerangkan besarnya daya mesin pembantu sebesar 15% dari daya mesin terbesar.

$$\text{PAE} = 15\% \times \text{BHP}$$

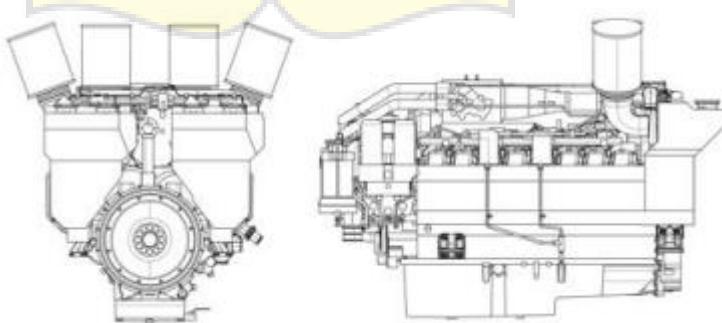
Dimana :

PAE = Daya mesin bantu kapal rancangan

BHP = Daya mesin utama kapal rancangan = 9462 HP

Maka :

$$\text{PAE} = 15\% \times 9462 = 1419 \text{ HP} = 1059 \text{ KW}$$



Sumber: (Wärtsilä, 2015)

Gambar 5. 15 Auxiliary Engine Kapal

Untuk kapal rancangan ini menggunakan 2 Mesin Bantu dengan spesifikasi sebagai berikut :

- *Merk* : Wartsila
- *Type* : 60Hz W12V14
- *Power* : 710 kW
- *Cylinders* : 12
- *Stroke* : 157 mm
- *Cylinder bore* : 135 mm
- *Speed* : 1800 rpm
- *SFOC* : 182,5 g/KWh
- *P x L x T* : 2342 mm x 1470 mm x 1863 mm
- *Weight* : 2849 kg

5.14 Rencana Umum

General Arrangement (GA) atau tata letak struktural adalah dokumen yang secara jelas mendefinisikan penempatan elemen struktur di dalam suatu bangunan, seperti kolom, balok, dan pelat lantai yang menjadi dasar perencanaan struktur.

- 1) A Deck
 - 1 Doctor Room
 - 3 Electric Room
 - 3 Quarter Master Room
 - 3 Oiler Room
 - 1 Chief Cook
 - 1 Ordinary Seaman Room
 - 2 Assistant Cook
 - 3 Pump Man Room
 - 1 Cleaning Store
 - 1 Deck Store
 - 1 Garbage Room
 - 1 Mechanic Workshop
 - 1 Paint Store

- 1 Locker & Sanitary
 - 1 Laundry Room
 - 1 Co² Room
 - 1 IC Room
 - 1 Hospital
- 2) B Deck
- 13 Guest Room
 - 3 Engginner Room
 - 3 Officer Room
 - 1 Office
 - 1 Office Store
 - 1 Storage
 - 1 Rest Room
 - 1 Recreation Room
 - 1 Gym
 - 1 Galley
 - 1 Cold Storage
 - 1 Dry Storage
 - 1 Kitchen Office
 - 1 Officer Mesh Room
 - 1 Crews Mesh Room
 - 1 Sanitary
 - 1 Pantry

3) C Deck

- 1 Office
- 5 Guest VIP
- 2 Engginner Room
- 2 Officer Room
- Rest Room
- Store

- *1 Meeting Room*
- *1 Client Office*
- 4) *Wheel House Deck*
- *WC*
- *Emergency Generator Room*
- *Pantry*



Sumber: Data Hasil Olahan
Gambar 5. 16 3D Ruangan ABK



Sumber: Data Hasil Olahan
Gambar 5. 17 3D Ruangan Hospital

TUGAS AKHIR

MAULANA SALMAN ALFARISYI (2018310004)



Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 18 3D Meeting Room



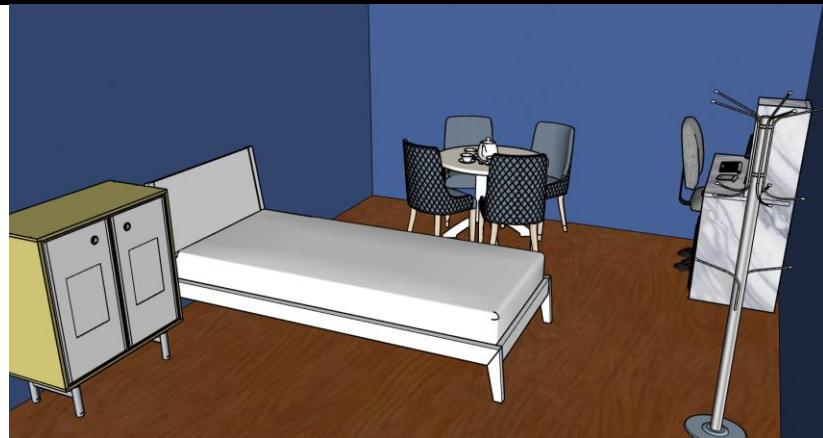
Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 19 3D Recration Room



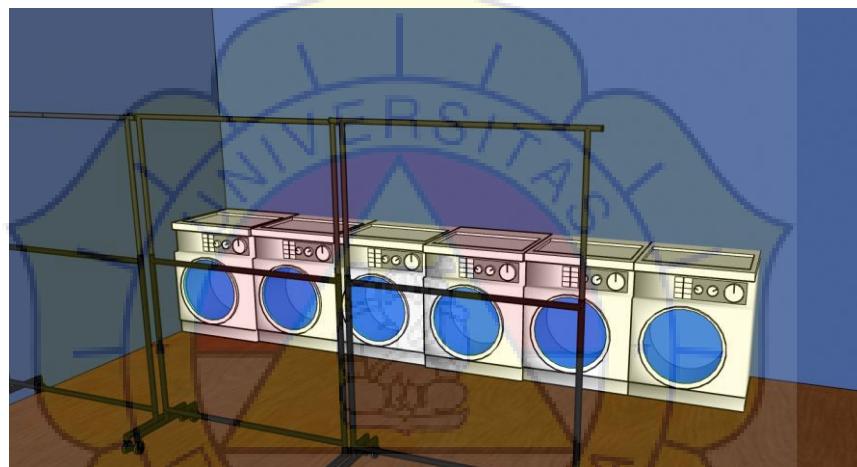
Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 20 3D Client Room



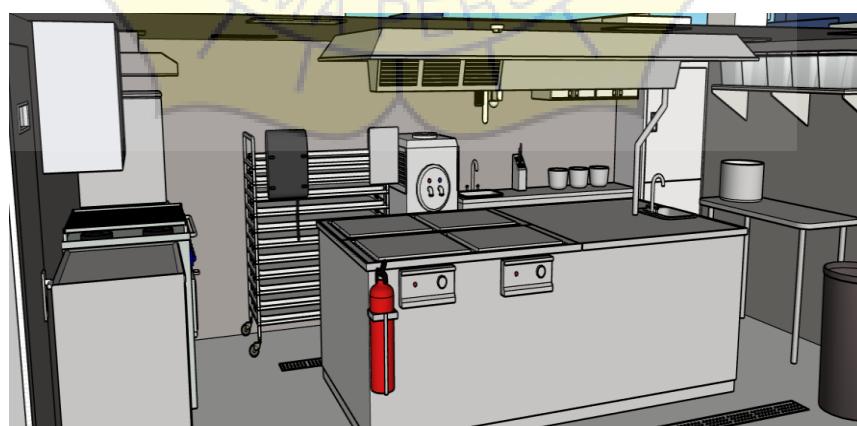
Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 21 *Guest VIP Room*



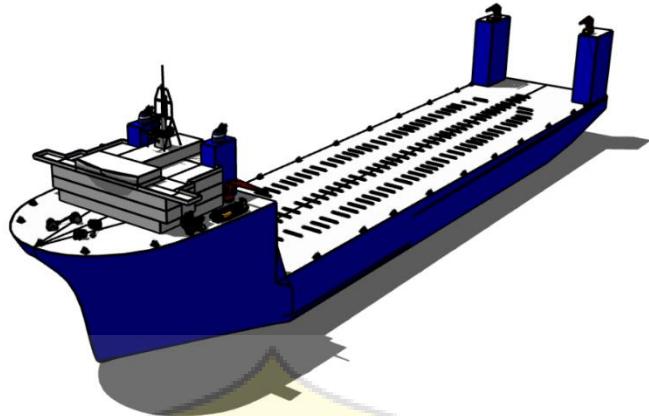
Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 22 *3D Laundry Room*



Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 23 *3D Galley*



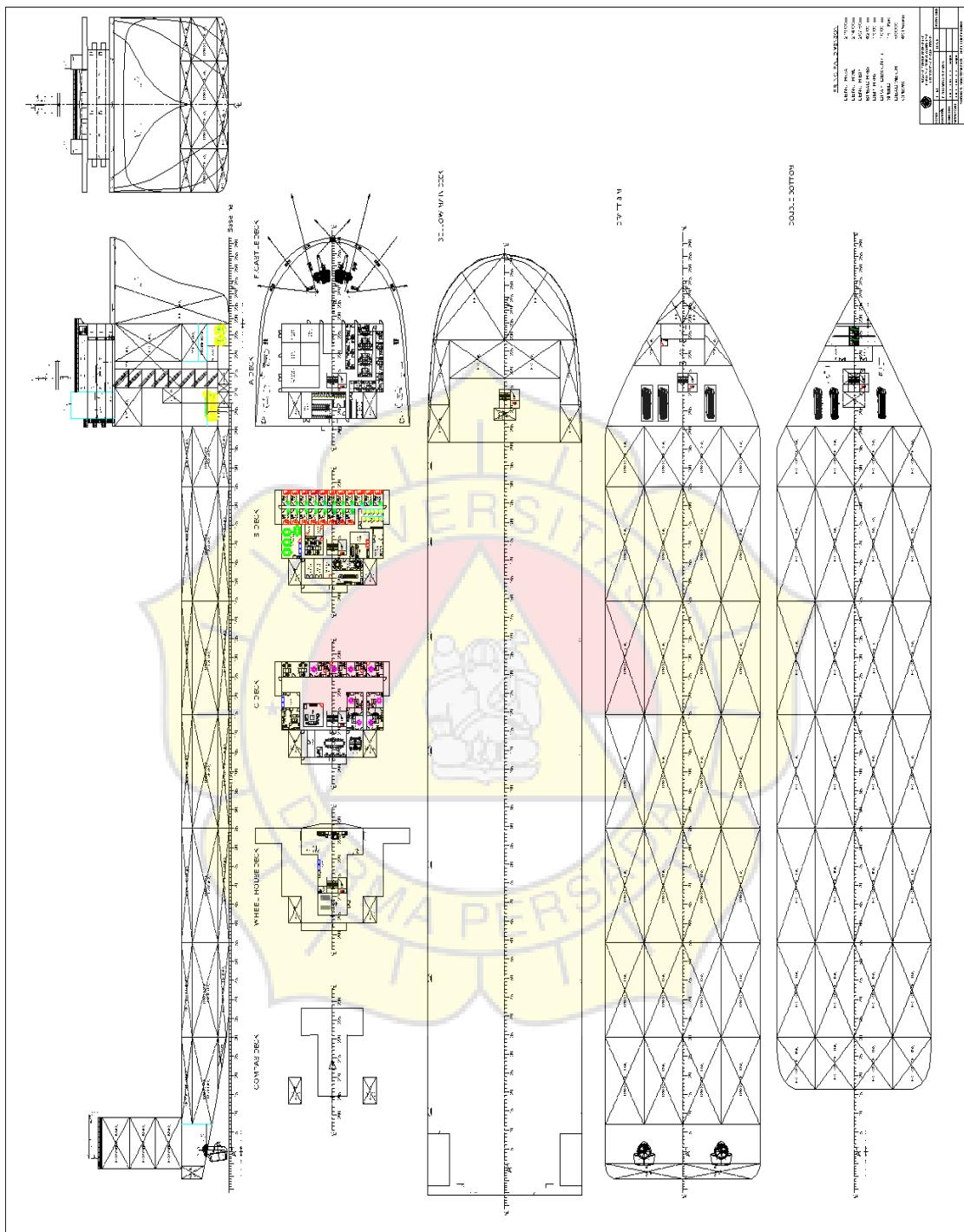
Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 24 3D Tampak Samping *Semi Submersible Heavy Lift Vessel*



Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 25 3D Tampak Depan *Semi Submersible Heavy Lift Vessel*



Sumber: Data Olahan

Gambar 5. 26 General Arrangement

5.15 Analisa Stabilitas

Perhitungan Stabilitas Kapal menggunakan *software Maxsurf Stability*. Dengan mengacu kepada kriteria *Intact Stability (IS)*.

Kapal mengalami gaya tekanan dari pengaruh gelombang. Gaya ini menyebabkan kapal oleng pada sudut tertentu. Salah satu dari keadaan ini dipengaruhi oleh nilai GZ pada sudut tertentu.

1. Kondisi Loadcase 1, *Lighship, Provision, Muatan, FOT 100%, Fresh Water 100% dan Lube Oil 100%. Draft 6,197 m*
2. Kondisi Loadcase 2, *Lighship, Provision, Muatan, FOT 10%, Fresh Water 10% dan Lube Oil 80%, Bottom Water Ballast (1-5) 100%. Draft 5,609 m*
3. Kondisi Loadcase 3, *Lighship, Provision, FOT 100%, Fresh Water 100%, Water Ballast (A.P.T, Bottom,) 100% dan Lube Oil 100%. Draft 6,513 m*
4. Kondisi Loadcase 4, *Lighship, Provision, FOT 10%, Fresh Water 10%, Water Ballast (A.P.T, Bottom,) 100% dan Lube Oil 80%. Draft 5,930 m*

Tabel 5. 3 Hasil *Stability Pada Loadcase 1*

<i>Heel to Starboard deg</i>	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
<i>GZ m</i>	0.000	3.646	6.797	7.595	7.190	6.429	5.748	4.769	3.400	1.871
<i>Area under GZ curve from zero heel m.deg</i>	0.0000	18.1910	71.7464	145.4463	219.8964	288.0242	348.9470	401.8857	442.9659	469.3720
<i>Displacement t</i>	44408	44407	44407	44409	44410	44411	44404	44411	44408	44408
<i>Draft at FP m</i>	6.197	6.133	5.806	5.166	4.215	2.621	-0.470	-6.602	-24.055	n/a
<i>Draft at AP m</i>	6.197	6.133	5.806	5.166	4.215	2.621	-0.470	-6.602	-24.055	n/a
<i>WL Length m</i>	207.084	213.252	213.181	213.037	212.806	212.348	212.613	219.197	222.758	224.636
<i>Beam max extents on WL m</i>	41.998	42.646	37.773	33.960	33.532	35.890	35.796	32.987	31.471	30.986
<i>Wetted Area m^2</i>	9621.452	9599.774	9335.765	9509.536	9565.806	9640.404	9752.414	9831.195	9796.652	9762.527
<i>Waterpl. Area m^2</i>	8001.294	8043.147	7140.840	5234.144	4309.018	3887.989	3706.274	3337.421	3192.205	3156.087
<i>Prismatic coeff. (Cp)</i>	0.827	0.812	0.831	0.850	0.837	0.732	0.631	0.550	0.496	0.456
<i>Block coeff. (Cb)</i>	0.804	0.544	0.475	0.442	0.396	0.344	0.337	0.358	0.384	0.415
<i>LCB from zero pt. (+ve fwd) m</i>	101.181	100.460	98.989	97.838	97.483	97.872	99.148	101.198	104.000	106.821
<i>LCF from zero pt. (+ve fwd) m</i>	95.792	96.355	98.059	101.064	104.624	108.952	113.388	118.019	118.640	119.064

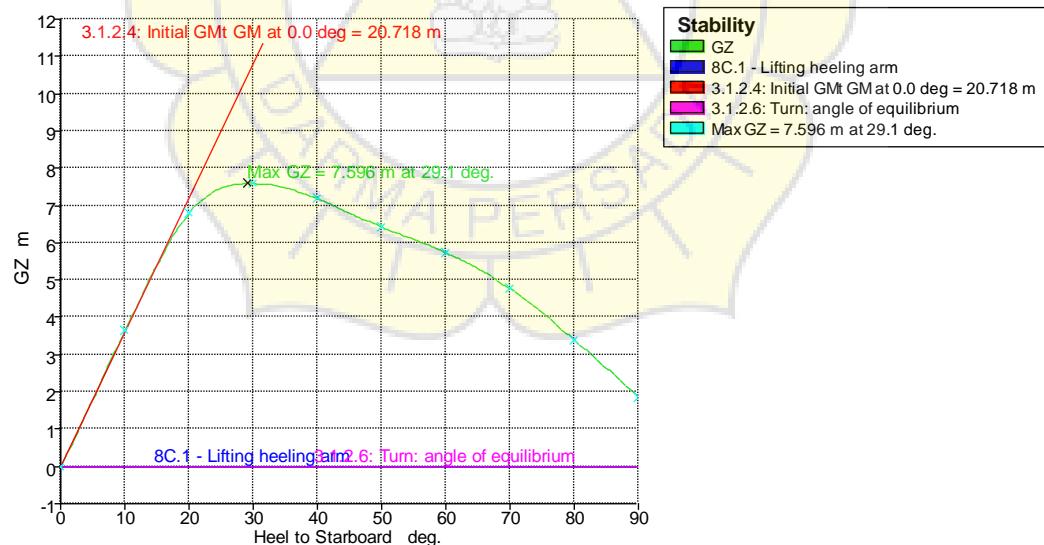
Sumber: *Maxsurf Stability*

Tabel 5. 4 Hasil *Criteria Loadcase 1*

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
Ch.8C - Alternative simplified criteria for vessels lifting heavy loads in operational areas D and E	8C.1 - Angle of equilibrium	5.0	deg	0.000	Pass	+100.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	0.0000	Pass	+4515.44
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	44408	Pass	+4164.37
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	6.197	Pass	+4231.26
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	6.197	Pass	+3697.50
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	207.084	Pass	+16.36
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	41.998	Pass	+13712.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium	10.0	deg	9621.452	Pass	+100.00

Sumber: Maxsurf Stability

Hasil analisa stabilitas menunjukkan bahwa kapal memenuhi dalam criteria IMO

Section A.749 (18) dan Chapter 8C GZ pada kondisi Loadcase 1.

Sumber: Maxsurf Stability

Gambar 5. 27 Angle Stability LoadCase 1

Hasil analisa stabilitas menunjukkan bahwa kapal memiliki nilai GZ maksimum = 7,596 m pada sudut oleng kapal 29,1° dan nilai GM = 20,718 m pada Loadcase1.

Tabel 5. 5 Hasil Stability Pada Loadcase 2

<i>Heel to Starboard deg</i>	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.000	4.347	7.869	9.029	8.797	8.077	7.354	6.512	5.179	3.612
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0000	21.9225	84.4848	170.7581	260.5713	345.0846	422.2010	491.8276	550.6423	594.6747
Displacement t	39624	39624	39624	39624	39624	39624	39624	39624	39626	39624
Draft at FP m	5.609	5.539	5.109	4.131	2.787	0.726	-3.020	-10.716	-32.539	n/a
Draft at AP m	5.609	5.539	5.109	4.131	2.787	0.726	-3.020	-10.716	-32.539	n/a
WL Length m	204.165	213.122	213.023	212.784	212.403	210.917	209.700	217.424	221.622	224.027
Beam max extents on WL m	41.998	42.503	37.277	31.873	31.244	33.335	35.794	32.983	31.465	30.978
Wetted Area m^2	9268.097	9271.928	8680.203	8743.431	8796.840	8867.358	8959.682	9049.636	9092.386	9064.941
Waterpl. Area m^2	7868.342	7907.201	7011.204	5171.448	4225.214	3769.706	3596.368	3317.261	3140.617	3108.083
Prismatic coeff. (Cp)	0.829	0.805	0.826	0.841	0.859	0.775	0.665	0.568	0.504	0.458
Block coeff. (Cb)	0.804	0.523	0.456	0.450	0.409	0.360	0.330	0.352	0.379	0.412
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	101.763	100.912	99.095	97.503	96.719	96.674	97.632	99.403	102.313	105.419
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	96.891	97.068	98.218	100.187	102.939	106.360	110.100	114.490	117.284	117.798

Sumber: Maxsurf Stability

Tabel 5. 6 Hasil Criteria Loadcase 2

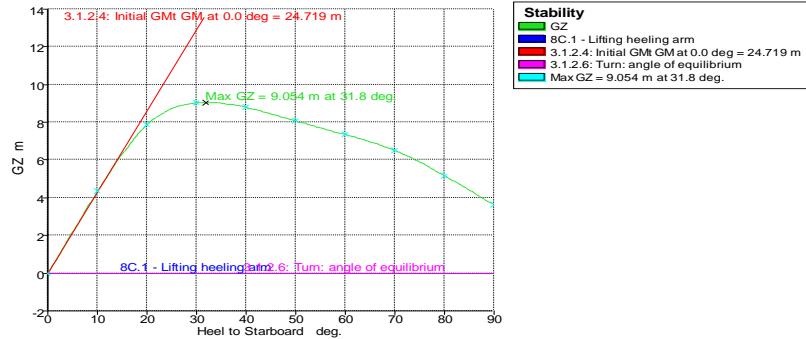
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
Ch.8C - Alternative simplified criteria for vessels lifting heavy loads in operational areas D and E	8C.1 - Angle of equilibrium	5.0	deg	0.0	Pass	+100.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	170.7581	Pass	+5318.65
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	260.5713	Pass	+4953.16
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	89.8132	Pass	+5125.04
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	9.054	Pass	+4427.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	31.8	Pass	+27.27
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT	0.150	m	24.719	Pass	+16379.33
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium	10.0	deg	0.0	Pass	+100.00

Sumber: Maxsurf Stability

TUGAS AKHIR

MAULANA SALMAN ALFARISYI (2018310004)

Hasil analisa stabilitas menunjukkan bahwa kapal memenuhi dalam criteria IMO Section A.749 (18) dan Chapter 8C GZ pada kondisi Loadcase 2.



Sumber: Maxsurf Stability

Gambar 5. 28 Angle Stability LoadCase 2

Hasil analisa stabilitas menunjukkan bahwa kapal memiliki nilai GZ maksimum = 9,504 m pada sudut oleng kapal 31,8° dan GM = 24,719 m pada Loadcase 2.

Tabel 5. 7 Hasil Stability Pada Loadcase 3

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.000	4.357	8.285	9.859	10.238	10.212	10.140	9.529	8.435	7.024
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0000	21.7015	86.2212	178.6760	279.6939	382.0360	484.0129	582.8555	673.0051	750.4484
Displacement t	47013	47010	47010	47010	47011	47012	47010	47011	47011	47010
Draft at FP m	6.513	6.452	6.185	5.724	4.980	3.629	0.898	-4.389	-19.494	n/a
Draft at AP m	6.513	6.452	6.185	5.724	4.980	3.629	0.898	-4.389	-19.494	n/a
WL Length m	208.667	213.320	213.263	213.163	212.993	212.651	213.947	220.054	223.272	224.893
Beam max extents on WL m	41.998	42.646	37.503	35.077	34.760	37.242	35.795	32.988	31.473	30.990
Wetted Area m^2	9817.104	9772.594	9725.946	9921.354	9978.237	10044.043	10143.684	10218.120	10176.784	10137.950
Waterpl. Area m^2	8076.652	8099.365	7127.994	5263.072	4351.936	3940.128	3716.415	3360.100	3219.173	3180.781
Prismatic coeff. (Cp)	0.825	0.815	0.834	0.854	0.818	0.713	0.617	0.542	0.492	0.456
Block coeff. (Cb)	0.804	0.556	0.491	0.437	0.389	0.338	0.340	0.362	0.386	0.416
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	100.865	100.224	98.938	98.031	97.902	98.515	99.979	102.166	104.830	107.516
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	95.149	96.002	98.036	101.540	105.461	110.033	114.612	118.917	119.350	119.705

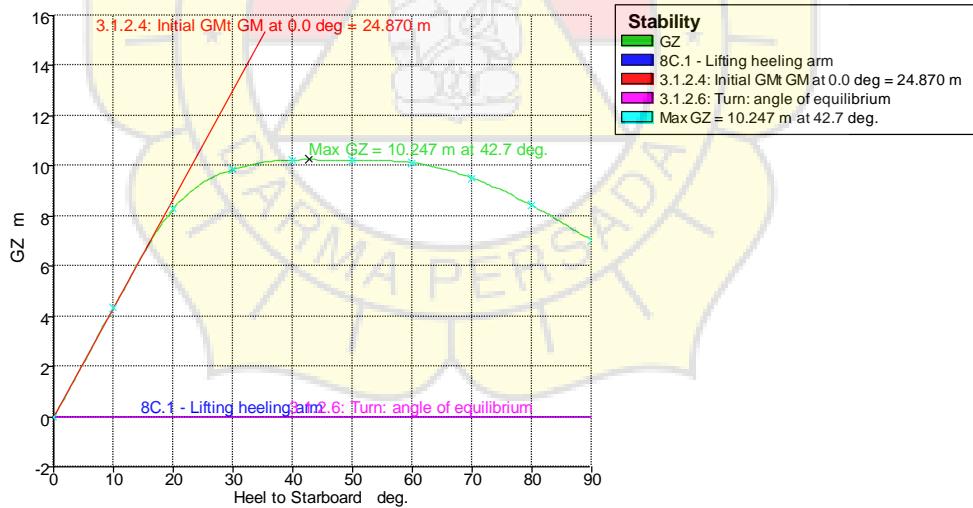
Sumber: Maxsurf Stability

Tabel 5. 8 Hasil Criteria Stability Loadcase 3

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
Ch.8C - Alternative simplified criteria for vessels lifting heavy loads in operational areas D and E	8C.1 - Angle of equilibrium	5.0	deg	0.0	Pass	+100.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	178.6760	Pass	+5569.91
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	279.6939	Pass	+5324.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	101.0178	Pass	+5776.89
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	10.247	Pass	+5023.50
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	42.7	Pass	+70.91
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	24.870	Pass	+16480.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium	10.0	deg	0.0	Pass	+100.00

Sumber: Maxsurf Stability

Hasil analisa stabilitas menunjukkan bahwa kapal memenuhi dalam criteria IMO Section A.749 (18) dan Chapter 8C GZ pada kondisi Loadcase 3.



Sumber: Maxsurf Stability

Gambar 5. 29 Angle Stability GZ Loadcase 3

Hasil analisa stabilitas menunjukkan bahwa kapal memiliki nilai GZ maksimum = 10,247 m pada sudut oleng kapal 42,7° dan GM = 24,870 m pada Loadcase 3.

Tabel 5. 9 Hasil Stability Pada Loadcase 4

<i>Heel to Starboard deg</i>	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.000	5.097	9.539	11.539	12.149	12.215	12.179	11.750	10.688	9.240
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0000	25.5438	100.1656	207.3933	326.5197	448.5361	570.6438	690.7718	803.4344	903.2375
Displacement t	42227	42227	42226	42230	42231	42227	42227	42227	42228	42227
Draft at FP m	5.930	5.863	5.489	4.696	3.568	1.763	-1.624	-8.477	-27.906	n/a
Draft at AP m	5.930	5.863	5.489	4.696	3.568	1.763	-1.624	-8.477	-27.906	n/a
WL Length m	205.755	213.194	213.110	212.925	212.634	212.018	211.445	218.425	222.272	224.381
Beam max extents on WL m	41.998	42.617	37.923	33.014	32.491	34.736	35.795	32.985	31.469	30.983
Wetted Area m^2	9458.771	9452.789	9002.947	9162.625	9217.406	9295.798	9390.085	9461.937	9476.496	9445.344
Waterpl. Area m^2	7939.388	7988.231	7143.392	5208.472	4271.811	3840.773	3658.529	3315.746	3168.936	3134.401
Prismatic coeff. (Cp)	0.828	0.808	0.829	0.846	0.854	0.750	0.645	0.558	0.499	0.457
Block coeff. (Cb)	0.804	0.534	0.462	0.446	0.402	0.351	0.333	0.356	0.382	0.414
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	101.445	100.663	99.036	97.682	97.133	97.324	98.462	100.382	103.259	106.203
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	96.313	96.667	98.071	100.638	103.884	107.945	111.643	116.095	118.028	118.493

Sumber: Maxsurf Stability

Tabel 5. 10 Hasil Criteria Stability Loadcase 4

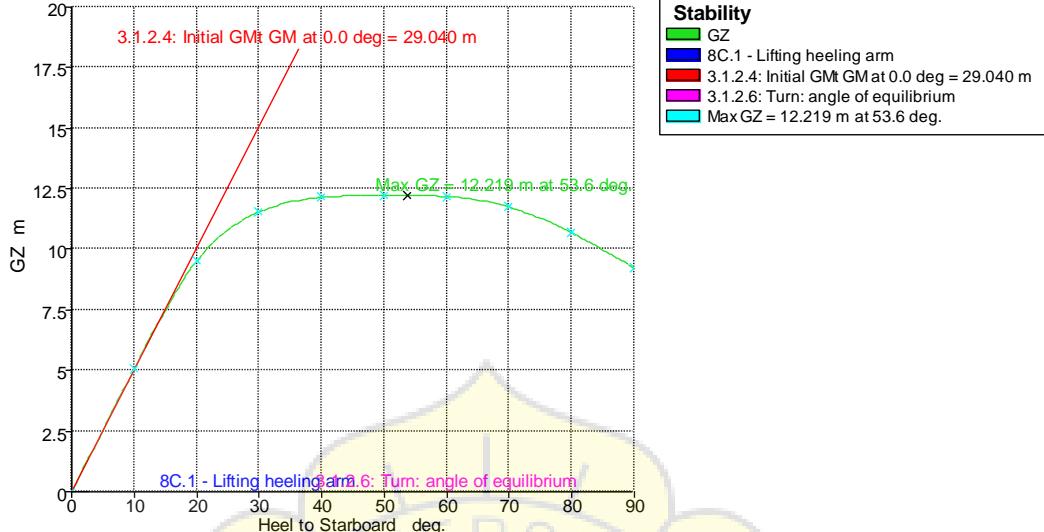
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
Ch.8C - Alternative simplified criteria for vessels lifting heavy loads in operational areas D and E	8C.1 - Angle of equilibrium	5.0	deg	0.0	Pass	+100.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	207.3933	Pass	+6481.20
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	326.5197	Pass	+6232.07
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	119.1264	Pass	+6830.39
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	12.219	Pass	+6009.50
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	53.6	Pass	+114.54
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	29.040	Pass	+19260.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium	10.0	deg	0.0	Pass	+100.00

Sumber: Maxsurf Stability

TUGAS AKHIR

MAULANA SALMAN ALFARISYI (2018310004)

Hasil analisa stabilitas menunjukkan bahwa kapal memenuhi dalam criteria IMO Section A.749 (18) dan Chapter 8C GZ pada kondisi Loadcase 4.



Sumber: Maxsurf Stability

Gambar 5. 30 Angle Stability GZ Loadcase 4

Hasil analisa stabilitas menunjukkan bahwa kapal memiliki nilai GZ maksimum = 12,219 m pada sudut oleng kapal 53,6° dan GM = 29,040 m pada Loadcase 4.

Tabel 5. 11 Volume Tangki Pada Kapal

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Fore Peak	100%	6321.383	6321.383	6167.203	6167.203	204.343	0.000	22.864
W.B.T 1 (S)	100%	958.145	958.145	934.775	934.775	189.341	17.120	24.023
W.B.T 1 (P)	100%	958.145	958.145	934.775	934.775	189.341	-17.120	24.023
W.B.T 2 (S)	100%	720.019	720.019	702.458	702.458	193.443	5.693	9.709
W.B.T 2 (P)	100%	720.019	720.019	702.458	702.458	193.443	-5.693	9.709
After Peak (S)	100%	179.068	179.068	174.700	174.700	-5.072	15.605	10.215
After Peak (P)	100%	179.068	179.068	174.700	174.700	-5.072	-15.605	10.215
Bottom W.B.T 1 (S)	100%	361.608	361.608	352.788	352.788	166.152	14.958	1.721
Bottom W.B.T 1 (P)	100%	361.608	361.608	352.788	352.788	166.152	-14.958	1.721
Bottom W.B.T 2 (S)	100%	450.608	450.608	439.618	439.618	166.587	5.250	1.562
Bottom W.B.T 2 (P)	100%	450.608	450.608	439.618	439.618	166.587	-5.250	1.562
Bottom W.B.T 3 (S)	100%	739.247	739.247	721.216	721.216	145.541	15.241	1.695
Bottom W.B.T 3 (P)	100%	739.247	739.247	721.216	721.216	145.541	-15.241	1.695
Bottom W.B.T 4 (S)	100%	848.505	848.505	827.810	827.810	145.548	5.250	1.556
Bottom W.B.T 4 (P)	100%	848.505	848.505	827.810	827.810	145.548	-5.250	1.556
Bottom W.B.T 5 (S)	100%	757.841	757.841	739.357	739.357	118.229	15.253	1.667
Bottom W.B.T 5(P)	100%	757.841	757.841	739.357	739.357	118.229	-15.253	1.667
Bottom W.B.T 6 (S)	100%	867.345	867.345	846.190	846.190	118.234	5.250	1.527
Bottom W.B.T 6 (P)	100%	867.345	867.345	846.190	846.190	118.234	-5.250	1.527
Bottom W.B.T 7 (S)	100%	765.963	765.963	747.281	747.281	90.950	15.260	1.649
Bottom W.B.T 7(P)	100%	765.963	765.963	747.281	747.281	90.950	-15.260	1.649
Bottom W.B.T 8 (S)	100%	874.922	874.922	853.582	853.582	90.954	5.250	1.508
Bottom W.B.T 8 (P)	100%	874.922	874.922	853.582	853.582	90.954	-5.250	1.508
Bottom W.B.T 9 (S)	100%	774.376	774.376	755.488	755.488	63.677	15.271	1.638

TUGAS AKHIR

MAULANA SALMAN ALFARISYI (2018310004)

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Bottom W.B.T 9 (P)	100%	774.376	774.376	755.488	755.488	63.677	-15.271	1.638
Bottom W.B.T 10 (S)	100%	880.740	880.740	859.259	859.259	63.697	5.250	1.501
Bottom W.B.T 10 (P)	100%	880.740	880.740	859.259	859.259	63.697	-5.250	1.501
Bottom W.B.T 11 (S)	100%	624.625	624.625	609.390	609.390	39.027	15.305	1.678
Bottom W.B.T 11 (P)	100%	624.625	624.625	609.390	609.390	39.027	-15.305	1.678
Bottom W.B.T 12 (S)	100%	698.901	698.901	681.854	681.854	39.061	5.250	1.566
Bottom W.B.T 12 (P)	100%	698.901	698.901	681.854	681.854	39.061	-5.250	1.566
Bottom W.B.T 13 (S)	100%	140.479	140.479	137.052	137.052	23.097	14.994	2.272
Bottom W.B.T 13 (P)	100%	140.479	140.479	137.052	137.052	23.097	-14.994	2.272
Bottom W.B.T 14 (S)	100%	165.747	165.747	161.704	161.704	22.919	5.234	2.238
Bottom W.B.T 14 (P)	100%	165.747	165.747	161.704	161.704	22.919	-5.234	2.238
Cargo W.B.T 1 (S)	100%	1083.724	1083.724	1057.292	1057.292	166.461	15.692	6.522
Cargo W.B.T 1 (P)	100%	1083.724	1083.724	1057.292	1057.292	166.461	-15.692	6.522
Cargo W.B.T 2 (S)	100%	1096.914	1096.914	1070.160	1070.160	166.530	5.250	6.500
Cargo W.B.T 2 (P)	100%	1096.914	1096.914	1070.160	1070.160	166.530	-5.250	6.500
Cargo W.B.T 3 (S)	100%	2056.522	2056.522	2006.363	2006.363	145.600	15.750	6.500
Cargo W.B.T 3 (P)	100%	2056.522	2056.522	2006.363	2006.363	145.600	-15.750	6.500
Cargo W.B.T 4 (S)	100%	2056.714	2056.714	2006.550	2006.550	145.600	5.250	6.500
Cargo W.B.T 4 (P)	100%	2056.714	2056.714	2006.550	2006.550	145.600	-5.250	6.500
Cargo W.B.T 5 (S)	100%	2060.590	2060.590	2010.331	2010.331	118.273	15.750	6.500
Cargo W.B.T 5 (P)	100%	2060.590	2060.590	2010.331	2010.331	118.273	-15.750	6.500
Cargo W.B.T 6 (S)	100%	2060.782	2060.782	2010.519	2010.519	118.273	5.250	6.500
Cargo W.B.T 6 (P)	100%	2060.782	2060.782	2010.519	2010.519	118.273	-5.250	6.500
Cargo W.B.T 7 (S)	100%	2052.453	2052.453	2002.394	2002.394	90.973	15.750	6.500
Cargo W.B.T 7 (P)	100%	2052.453	2052.453	2002.394	2002.394	90.973	-15.750	6.500
Cargo W.B.T 8 (S)	100%	2052.645	2052.645	2002.581	2002.581	90.973	5.250	6.500
Cargo W.B.T 8 (P)	100%	2052.645	2052.645	2002.581	2002.581	90.973	-5.250	6.500
Cargo W.B.T 9 (S)	100%	2056.521	2056.521	2006.362	2006.362	63.700	15.750	6.500
Cargo W.B.T 9 (P)	100%	2056.521	2056.521	2006.362	2006.362	63.700	-15.750	6.500
Cargo W.B.T 10 (S)	100%	2056.713	2056.713	2006.550	2006.550	63.700	5.250	6.500
Cargo W.B.T 10 (P)	100%	2056.713	2056.713	2006.550	2006.550	63.700	-5.250	6.500
Cargo W.B.T 11 (S)	100%	1713.768	1713.768	1671.969	1671.969	38.675	15.750	6.500
Cargo W.B.T 11 (P)	100%	1713.768	1713.768	1671.969	1671.969	38.675	-15.750	6.500
Cargo W.B.T 12 (S)	100%	1713.928	1713.928	1672.125	1672.125	38.675	5.250	6.500
Cargo W.B.T 12 (P)	100%	1713.928	1713.928	1672.125	1672.125	38.675	-5.250	6.500
Cargo W.B.T 13 (S)	100%	1370.936	1370.936	1337.498	1337.498	18.077	15.690	6.646
Cargo W.B.T 13 (P)	100%	1370.936	1370.936	1337.498	1337.498	18.077	-15.690	6.646
Cargo W.B.T 14 (S)	100%	1391.068	1391.068	1357.140	1357.140	18.000	5.250	6.607
Cargo W.B.T 14 (P)	100%	1391.068	1391.068	1357.140	1357.140	18.000	-5.250	6.607
Top W.B.T 1 (S)	100%	469.959	469.959	458.497	458.497	166.528	15.748	11.500
Top W.B.T 1 (P)	100%	469.959	469.959	458.497	458.497	166.528	-15.748	11.500
Top W.B.T 2 (S)	100%	470.106	470.106	458.640	458.640	166.530	5.250	11.500
Top W.B.T 2 (P)	100%	470.106	470.106	458.640	458.640	166.530	-5.250	11.500
Top W.B.T 3 (S)	100%	881.408	881.408	859.910	859.910	145.600	15.750	11.500
Top W.B.T 3 (P)	100%	881.408	881.408	859.910	859.910	145.600	-15.750	11.500
Top W.B.T 4 (S)	100%	881.449	881.449	859.950	859.950	145.600	5.250	11.500
Top W.B.T 4 (P)	100%	881.449	881.449	859.950	859.950	145.600	-5.250	11.500
Top W.B.T 5 (S)	100%	883.152	883.152	861.611	861.611	118.273	15.750	11.500
Top W.B.T 5 (P)	100%	883.152	883.152	861.611	861.611	118.273	-15.750	11.500
Top W.B.T 6 (S)	100%	883.192	883.192	861.651	861.651	118.273	5.250	11.500
Top W.B.T 6 (P)	100%	883.192	883.192	861.651	861.651	118.273	-5.250	11.500
Top W.B.T 7 (S)	100%	879.665	879.665	858.210	858.210	90.973	15.750	11.500
Top W.B.T 7 (P)	100%	879.665	879.665	858.210	858.210	90.973	-15.750	11.500
Top W.B.T 8 (S)	100%	879.705	879.705	858.249	858.249	90.973	5.250	11.500
Top W.B.T 8 (P)	100%	879.705	879.705	858.249	858.249	90.973	-5.250	11.500
Top W.B.T 9 (S)	100%	881.409	881.409	859.911	859.911	63.700	15.750	11.500
Top W.B.T 9 (P)	100%	881.409	881.409	859.911	859.911	63.700	-15.750	11.500
Top W.B.T 10 (S)	100%	881.449	881.449	859.950	859.950	63.700	5.250	11.500
Top W.B.T 10 (P)	100%	881.449	881.449	859.950	859.950	63.700	-5.250	11.500
Top W.B.T 11 (S)	100%	734.413	734.413	716.500	716.500	38.676	15.750	11.500

TUGAS AKHIR

MAULANA SALMAN ALFARISYI (2018310004)

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Top W.B.T 11 (P)	100%	734.413	734.413	716.500	716.500	38.676	-15.750	11.500
Top W.B.T 12 (S)	100%	734.509	734.509	716.595	716.595	38.675	5.250	11.500
Top W.B.T 12 (P)	100%	734.509	734.509	716.595	716.595	38.675	-5.250	11.500
Top W.B.T 13 (S)	100%	615.793	615.793	600.773	600.773	17.749	15.749	11.497
Top W.B.T 13 (P)	100%	615.793	615.793	600.773	600.773	17.749	-15.749	11.497
Top W.B.T 14 (S)	100%	616.618	616.618	601.578	601.578	17.746	5.249	11.499
Top W.B.T 14 (P)	100%	616.618	616.618	601.578	601.578	17.746	-5.249	11.499
Bouyancy Tank 1 (S)	0%	1569.440	0.000	1531.161	0.000	1.832	18.000	13.000
Bouyancy Tank 1 (P)	0%	1569.440	0.000	1531.161	0.000	1.832	-18.000	13.000
Fuel Oil (S)	0%	2274.333	0.000	2408.486	0.000	193.513	6.579	13.000
Fuel Oil (P)	0%	2274.333	0.000	2408.486	0.000	193.513	-6.579	13.000
Fresh Water (S)	0%	375.776	0.000	375.776	0.000	178.239	17.793	23.801
Fresh Water (P)	0%	375.776	0.000	375.776	0.000	178.239	-17.793	23.801
Seawage	0%	109.200	0.000	109.200	0.000	181.090	0.000	13.000
Lube Oil	0%	65.384	0.000	65.384	0.000	179.935	0.000	0.000
Sludge	0%	65.082	0.000	65.082	0.000	185.399	0.000	0.000
Total Loadcase		98969.870	105426.485	96555.971	102.614	0.000		8.150
FS correction								0.000
VCG fluid								8.150

Sumber: *Maxsurf Stability*

Kapal memiliki 91 tangki *water ballast* termasuk dari *Bottom Tank*, *Top Tank*, *Cargo Tank*, *After Peak Tank*, dan *Fore Peak Tank* dengan memiliki kapasitas 98969,870 ton atau 105426.485 m³.

5.16 Analisa Seakeeping

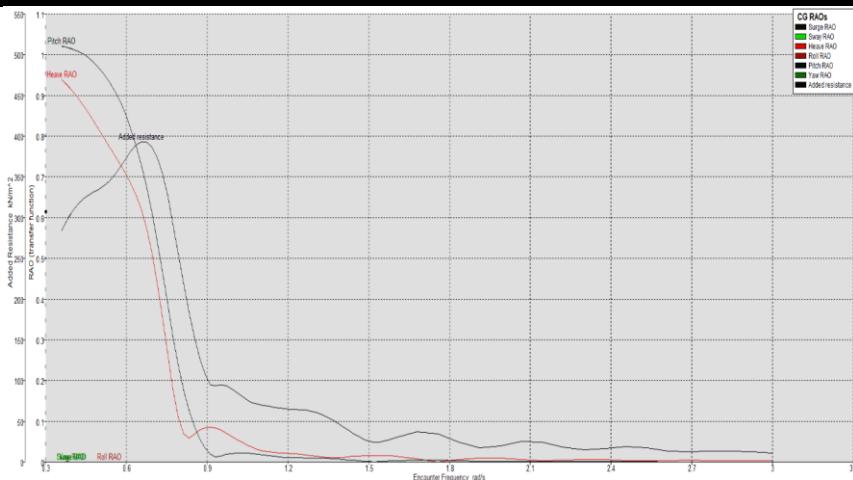
Dalam perhitungan *Seakeeping* desain kapal menggunakan *software maxsurf motion* dengan gelombang *JONSWAP 2-10*. Berdasarkan hasil yang di dapat dari *Wave Heading (0, 90, 180 deg)*. Berikut merupakan hasil analisa *Seakeeping*.

Tabel 5. 12 Hasil Analisa Seakeeping Keadaan 15kn

Wave	Wave Heading (deg)	RMS Vertical Acceleration FP (m/s^2)	RMS Lateral Acceleration Bridge (m/s^2)	RMS Roll Motion (deg)	Status
2	0	0.048	0	0	Pass
	90	0.029	0.289	1.84	
	180	0.249	0	0	
	Criteria	0.49	1.176	4	
	Status	Pass	Pass	Pass	
4	0	0.096	0	0	Pass
	90	0.058	0.578	3.67	
	180	0.498	0	0	
	Criteria	0.49	1.176	4	
	Status	Pass	Pass	Pass	
6	0	0.143	0	0	Failed
	90	0.087	0.868	5.51	
	180	0.747	0	0	
	Criteria	0.49	1.176	4	
	Status	Failed	Pass	Failed	
8	0	0.191	0	0	Failed
	90	0.116	1.157	7.35	
	180	0.996	0	0	
	Criteria	0.49	1.176	4	
	Status	Failed	Pass	Failed	
10	0	0.239	0	0	Failed
	90	0.145	1.446	9.18	
	180	1.244	0	0	
	Criteria	0.49	1.176	4	
	Status	Failed	Failed	Failed	

Sumber: Maxsurf Motion

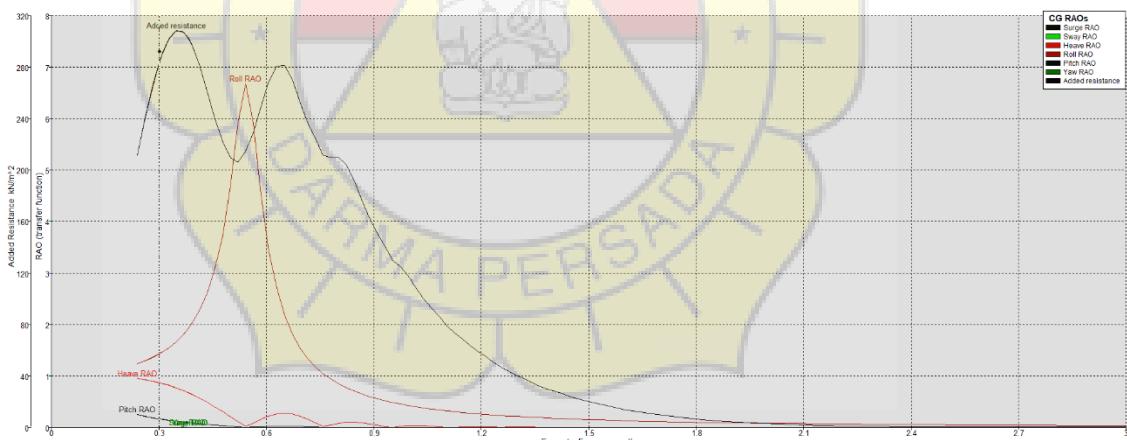
Menurut Analisa *Seakeeping* di atas kapal dapat melewati gelombang pada ketinggian 4 m sesuai dengan *criteria General Operability Limiting Criteria for Ship* (Nordforsk,1978) pada Tabel 4.5.



Sumber: Maxsurf Motion

Gambar 5. 31 CG RAO Keadaan 15kn, Head Seas 180 deg, Air Laut 6m

Gambar di atas menunjukkan pergerakan Kapal dari *heaving*, *rolling* dan *pitching* pada Keadaan 15kn, Head Seas 180 deg, Air Laut 6 m. Grafik memiliki gelombang yang disebut *Response Amplitude Operator (RAO)*. RAO adalah rasio yang mewakili hubungan antara spektrum gelombang dan pergerakan kapal. Besarnya efek reaksi pergerakan kapal dapat dilihat pada grafik RAO.



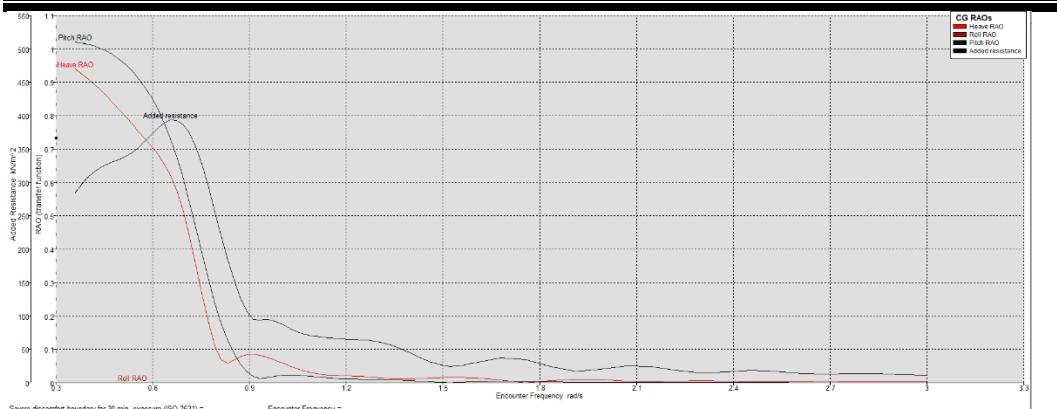
Sumber: Maxsurf Motion

Gambar 5. 32 CG RAO Keadaan 15kn, Beam Seas 90 deg, Air Laut 6m

Gambar di atas menunjukkan pergerakan Kapal dari *heaving*, *rolling* dan *pitching* pada Keadaan 15kn, Beam Seas 90 deg, Air Laut 6 m. Grafik memiliki gelombang yang disebut *Response Amplitude Operator (RAO)*. RAO adalah rasio yang mewakili hubungan antara spektrum gelombang dan pergerakan kapal. Besarnya efek reaksi pergerakan kapal dapat dilihat pada grafik RAO.

TUGAS AKHIR

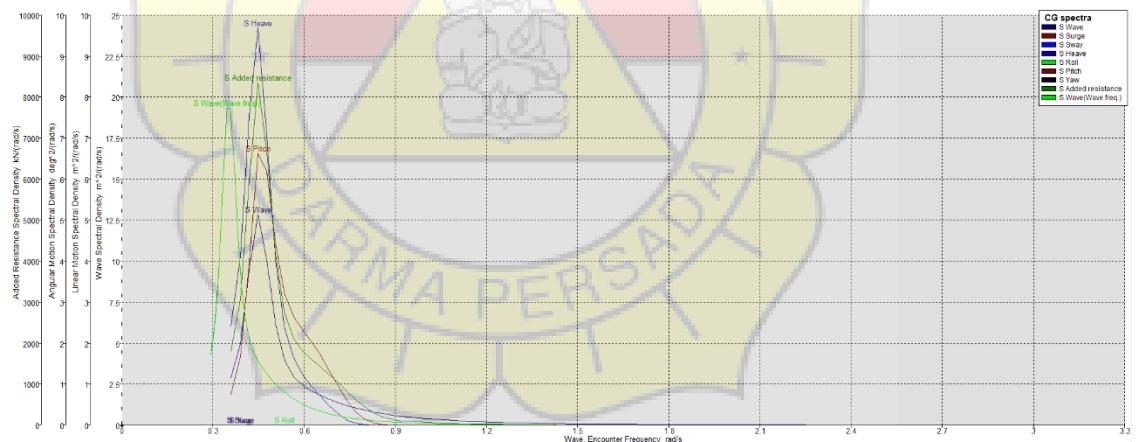
MAULANA SALMAN ALFARISYI (2018310004)



Sumber: Maxsurf Motion

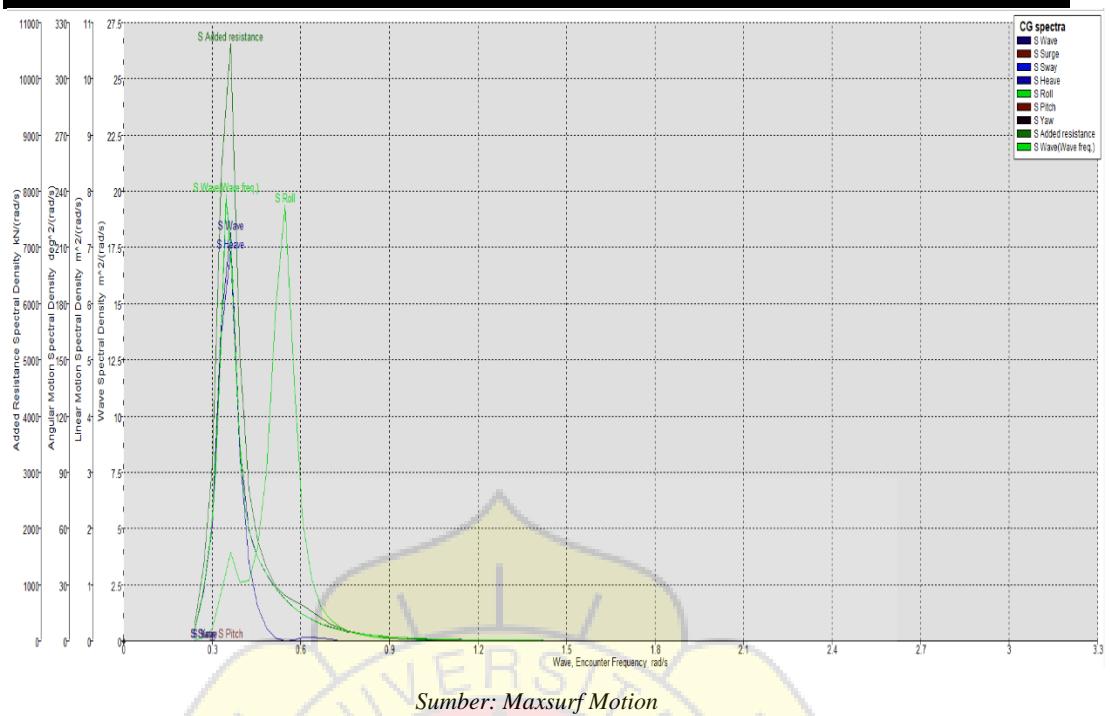
Gambar 5. 33 CG RAO Keadaan 15kn, *Head Seas 180 deg*, Air Laut 10m

Gambar di atas menunjukkan pergerakan Kapal dari *heaving*, *rolling* dan *pitching* pada Keadaan 15kn, *Head Seas 180 deg*, Air Laut 10 m. Grafik memiliki gelombang yang disebut *Response Amplitude Operator (RAO)*. RAO adalah rasio yang mewakili hubungan antara spektrum gelombang dan pergerakan kapal. Besarnya efek reaksi pergerakan kapal dapat dilihat pada grafik RAO.



Sumber: Maxsurf Motion

Gambar 5. 34 CG Spectra Keadaan 15kn, *Head Seas 180 deg*, Air Laut 6m



Sumber: Maxsurf Motion

Gambar 5. 35 CG Spectra Keadaan 15kn, Beam Seas 90 deg, Air Laut 6m

5.17 Deck Wetness

Deck wetness adalah suatu kondisi dimana amplitudo frekuensi gelombang besar dan air menembus geladak kapal.

Tabel 5. 13 Deck Wetness

Wave (m)	Deck Wetness			
	Probability of deck wetness		Occurrences per hour	
	90 deg	180 deg	90	180
2	0.000%	0.049%	0	0.117
4	0.001%	0.000%	0.003	0
6	0.612%	0.022%	1.469	0.053
8	5.702%	0.881%	13.684	2.114
10	15.981%	4.800%	38.356	11.592

Sumber: Data Hasil Olahan

Tabel diatas menunjukkan hasil dari analisa seakeeping pada bagian *cargo deck* kapal dimana kondisi terburuk dari *deck wetness* pada gelombang 10 m *beam seas* 90 deg.

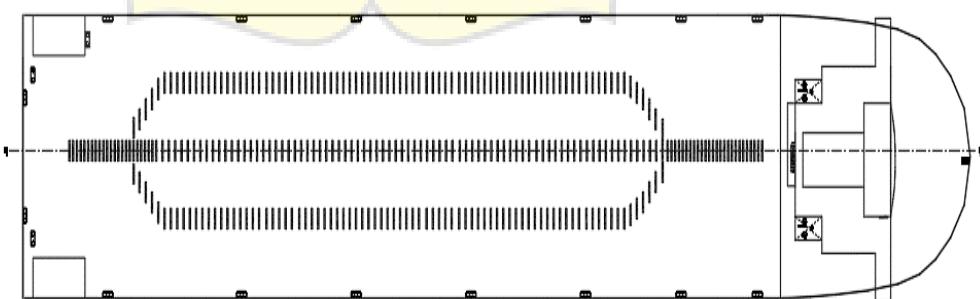
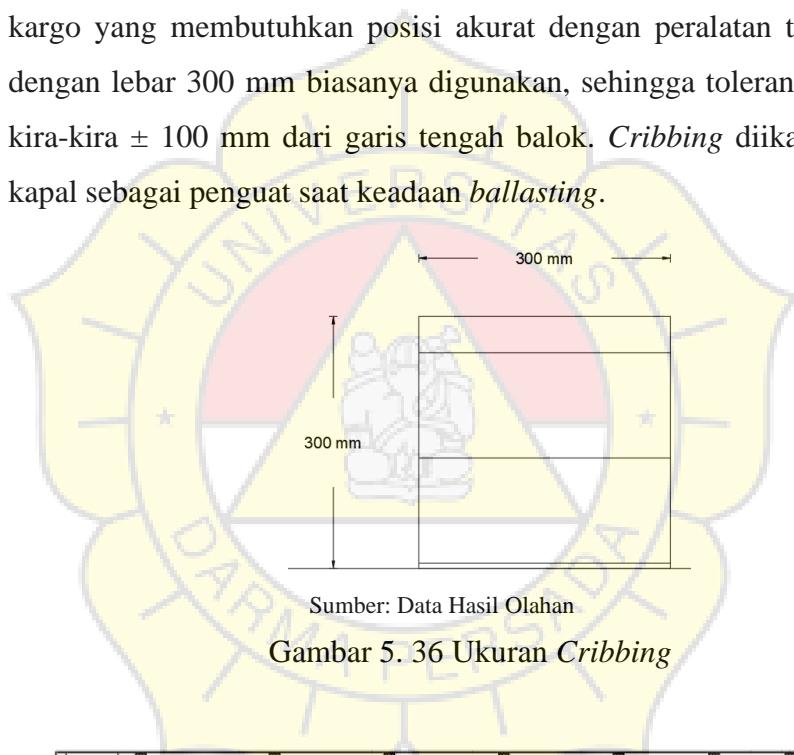
5.18 Proses Bongkar Muat

Untuk menentukan apakah operasi pemuatan atau pembongkaran lepas pantai layak secara teknis atau tidak, desain peralatan dan kondisi lingkungan pembatas yang diperlukan harus disesuaikan. Tentu saja, solusi teknis akan bergantung pada batasan parameter fisik, seperti kekuatan kargo atau ukuran peralatan, atau batasan operasional, misalnya jika *mooring lines* dapat ditangani oleh kru.

5.18.1 Cargo Handling Equipment

1. Kayu / Cribbing

Penting untuk diketahui bahwa kayu hanya dikenakan dalam kondisi titik kargo yang membutuhkan posisi akurat dengan peralatan tambat. Balok dengan lebar 300 mm biasanya digunakan, sehingga toleransi pemasangan kira-kira ± 100 mm dari garis tengah balok. *Cribbing* diikat dengan dek kapal sebagai penguat saat keadaan *ballasting*.



Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 37 Cribbing Plan

2. *Clamping*

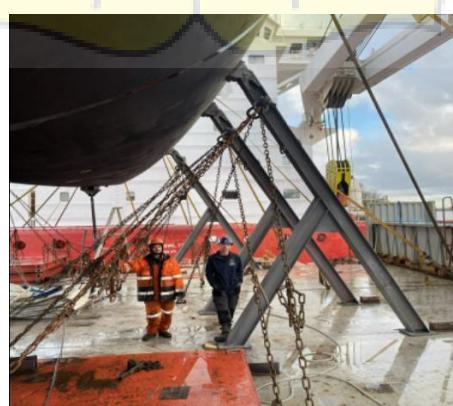
Ide dasar dari sistem penjepit adalah untuk membuat koneksi yang kuat antara HTV dan beban. Hal ini menyebabkan frekuensi alami gerak relatif *horizontal* jauh lebih tinggi. Namun, karena pergerakan relatif antara HTV dan kargo, koneksi seperti itu tidak dapat dibuat secara instan. Beban yang dihasilkan ketika sambungan dibuat terlalu tinggi untuk kargo dan sistem, mengakibatkan kerusakan pada struktur kargo dan/atau peralatan.

Oleh karena itu, koneksi memerlukan transisi dari keadaan lunak ke keadaan kaku . Oleh karena itu, ketika kekakuan berubah, frekuensi alami bergeser dari nilai yang lebih rendah.



Sumber: <https://www.sevenstar-yacht-transport.com/>

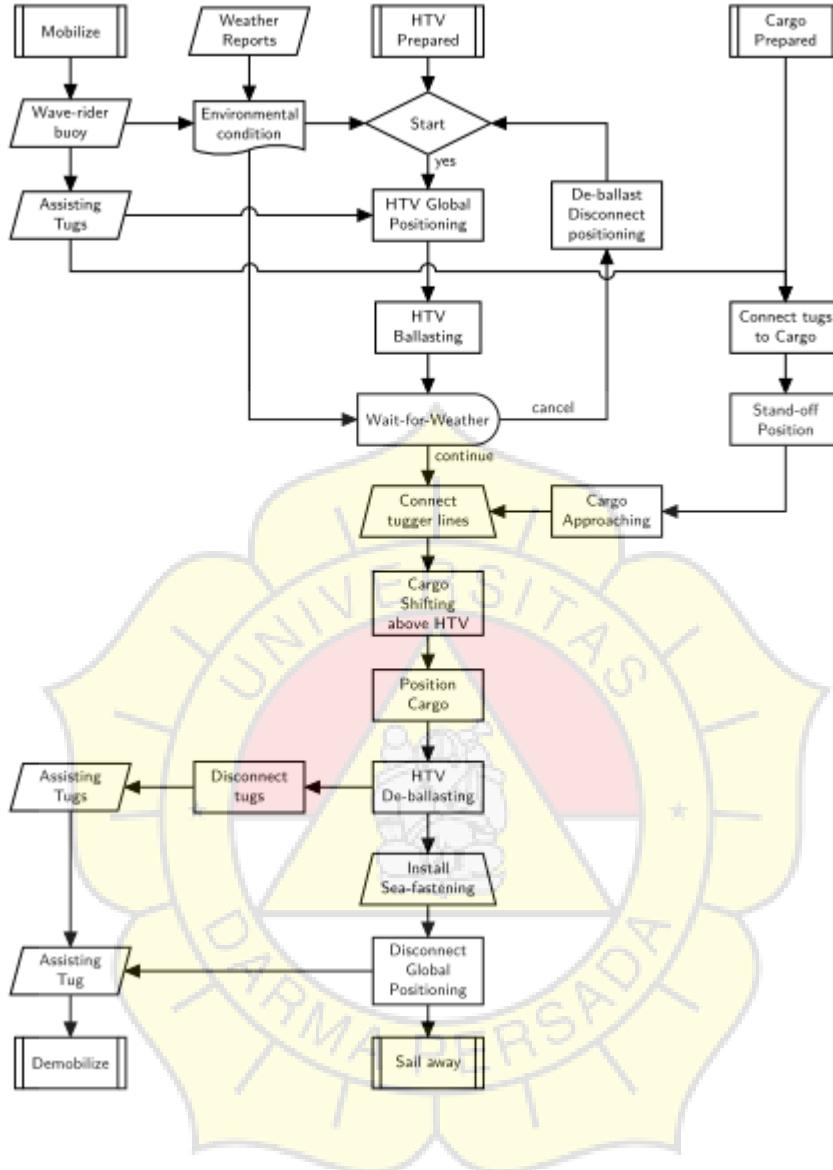
Gambar 5. 38 *Clamping*



Sumber: <https://www.sevenstar-yacht-transport.com/>

Gambar 5. 39 *Sea Fastening*

5.18.2 Tahap Operasional



Sumber: (Peters, 2019)

Gambar 5. 40 *Loading Operational*

Gambar 5.40. Penjelasan singkat tentang fase terpenting dari operasi pemuatan lepas pantai diberikan:

1) *Start*

Ketika semua asset yang diperlukan dimobilisasi dan HTV dan Kargo disiapkan, keputusan untuk memulai operasi dapat dibuat berdasarkan prakiraan cuaca yang tersedia, mungkin didukung oleh pemantauan gerak

dan informasi prakiraan gerak. Prakiraan cuaca diverifikasi terhadap pelampung penunggang ombak yang ada sedekat mungkin dengan zona eksekusi untuk batasan *draft* muatan yang dapat dimuat adalah 12 m dengan toleransi tinggi *cribbing* atau *sea fastening* kapal, sesuai dengan ukuran utama pada kapal.

Ukuran Utama Muatan MV 8 Langsa Venture

- LOA = 170,69 m
- B = 25,90 m,
- H = 15,29 m
- T = 3,42 m
- LWT = 12398 ton

Dalam proses pemuatan ini sarat kapal MV 8 Langsa Venture 3,42 m dengan digunakannya *cribbing* dengan tinggi 300 mm maka di tetapkan dek perlu di tenggelamkan dengan kedalaman 5 m di atas dek kapal atau pada sarat kapal 18 m dan membutuhkan pengisian *ballast water* 10,484 ton sesuai dengan kurva *hydrostatic* dengan nilai *TPC* 13,016 ton/cm dari sarat kapal.



Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 41 Posisi Persiapan Pemuatan

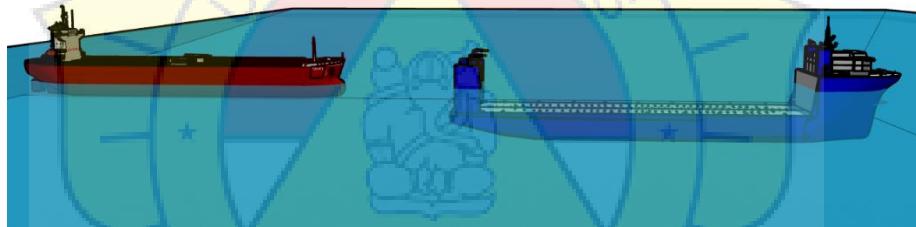
2) HTV Global Positioning

Tergantung pada kedalaman air, cara untuk memposisikan HTV secara global di area operasional perlu ditetapkan. Ketika beroperasi di kedalaman air yang terbatas, menggunakan ancor untuk pembatasan pergerakan kapal secara opsional dibantu oleh kapal tunda dan/atau sistem propulsi sendiri. Untuk kedalaman air yang besar, penggunaan jangkar

mungkin tidak dapat dilakukan. masih memerlukan bantuan tug atau propulsi sendiri untuk mengendalikan *heading* HTV.

3) HTV *Ballast*

Kapal akan ditenggelamkan ke *draft* 18 m jarak yang cukup antara dek HTV dan bagian bawah kargo dipastikan. *Cargo tank ballast* akan diisi oleh air dengan menggunakan pompa *ballast* agar kapal dapat turun sesuai *draft* yang ditetapkan. Pengisian ballast tank dimulai dengan pengisian *top tank* dan juga *bottom tank* terlebih dahulu kemudian *cargo tank*, *cargo tank* diisi guna membantu posisi trim kapal pada pemuatan. Sementara itu, kargo dipindahkan ke posisi *stand-off*. Dalam melakukan *ballasting* gelombang yang disarankan dalam keadaan tenang atau 0–4m menurut hasil analisa *seakeeping* kapal. Setelah prakiraan cuaca dievaluasi keadaan cuaca yang baik menjadi kriteria *float-on*.

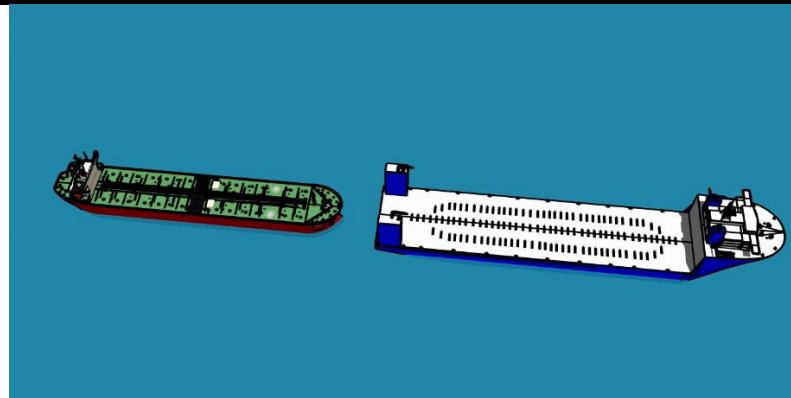


Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 42 HTV Sedang Menurunkan Dek

4) Pendekatan dan Pergeseran Kargo

Ketika operasi dilanjutkan, kargo dipindahkan di samping/belakang HTV, sehingga garis penarik dapat dihubungkan. Kemudian, kargo digeser di atas dek HTV. Ini mungkin merupakan proses pemindahan dan penyambungan garis yang berkesinambungan semua proses dibantu oleh kapal tunda dan juga *handling equipment*.



Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 43 Docking Plan Muatan

5) Meposisikan Kargo

Pada tahap ini, peralatan penanganan kargo dihubungkan dan/atau digunakan untuk menempatkan kargo secara akurat dalam toleransi yang disyaratkan proses ini masih di bantu dengan kapal tunda dan juga *handling equipment*.

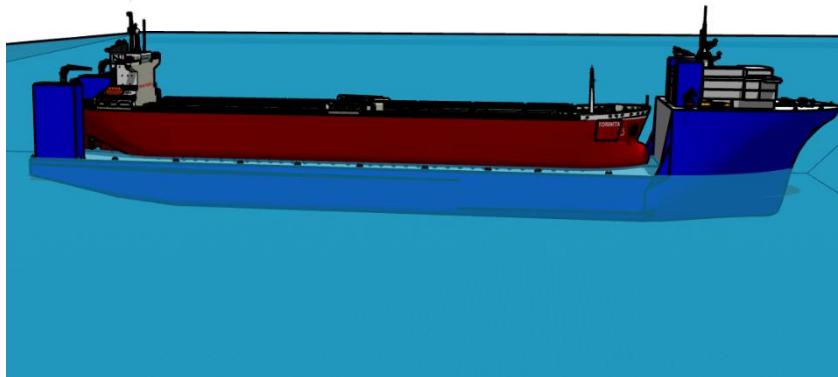


Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 44 Muatan Pada Deck Area

6) HTV *De-ballast*

Saat memantau posisi kargo, HTV mulai melakukan *de-ballasting*. Selama fase *de-ballasting* sekitar 6 jam, kapal tunda bantuan mungkin harus diputuskan dari kargo.

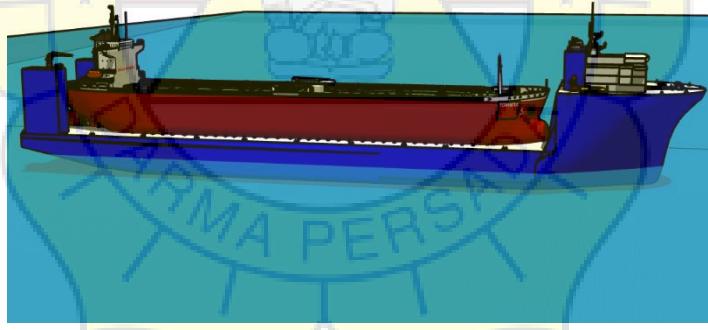


Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 45 HTV Dalam Proses *De-ballasting*

7) Pemasangan *Sea-fastening* dan Berlayar

Ketika *clamping* cukup terpasang, pengikat laut dapat dipasang dan di las pada bagian muatan. Keputusan untuk berlayar mungkin tergantung pada jumlah pengikat laut yang dipasang dan ramalan cuaca.



Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. 46 HTV Siap *Sail Away*

Untuk setiap fase, durasi minimum dan maksimum harus diperkirakan. Bersama dengan batasan lingkungan untuk setiap fase, analisis kemampuan kerja dan persistensi yang terperinci dapat dilakukan. Juga, waktu yang dibutuhkan untuk meninggalkan operasi dan titik tidak kembali perlu ditetapkan. Operasi pelepasan secara umum dijalankan dalam urutan terbalik dari operasi pemuatan.

BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan dalam BAB V, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, dihasilkan kapal *Semi Submersible Heavy Lift* sebagai sarana transportasi muatan berat .

1. Desain kapal *Semi Submersible Heavy Lift* 5000 DWT

Ukuran utama sebagai berikut :

- *Length Over All (LOA)* = 219,000 m
- *Length Between Perpendicular (LBP)* = 207,500 m
- *Length of Water Line (LWL)* = 214,000 m
- *Breadth Moulded (B mld)* = 42,000 m
- *Height Moulded (H mld)* = 13,000 m
- *Draft Moulded (T mld)* = 10,000 m
- *Draft Submerged (T smd)* = 26,000 m
- *Deck Space (l x w)* = 180,41 x 42,00 m
- *Deadweight* = 50000 ton
- *Speed* = 15,0 kn
- *Displacement (Δ)* = 76649,664 ton
- *Volume Displacement (V)* = 74780,16 m³
- *Coefficient Block (Cb)* = 0,832
- *Coefficient Midship (Cm)* = 0,982
- *Coefficient Prismatic (Cp)* = 0,847
- *Coefficient Waterline (Cw)* = 0,935

2. Hasil perhitungan hambatan dengan analisa *software maxsurf* dengan kecepatan $V = 15$ knot didapatkan nilai resistance dan power dengan metode Holtrop. Besarnya hambatan yang dialami kapal pada kecepatan maksimum sebesar 995,3 kN dengan power dan

membutuhkan daya mesin sebesar 7680,324 kW. Setelah perhitungan Hambatan kapal didapat, maka dipilihlah marine diesel engine Wartsila WV1232 (*6 cylinder Diesel Engine*) sebanyak tiga buah dengan power masing-masing 6960 kW.

3. Stabilitas Kapal

Dalam analisa stabilitas kapal dalam 4 *load case* telah memenuhi kriteria IMO *Intact Stability A.749(18)* dan *Ch.8C - Alternative simplified criteria for vessels lifting heavy loads in operational areas D and E*. Kapal memiliki 91 tangki *water ballast* termasuk dari *Bottom Tank, Top Tank, Cargo Tank, After Peak Tank, dan Fore Peak Tank* dengan memiliki kapasitas 98969,870 ton atau 105426.485 m³.

4. Sesuai dengan analisa *Seakeeping* pada Tabel 5.12 kapal memenuhi *criteria seakeeping* pada ketinggian gelombang 4 m sesuai dengan *criteria General Operability Limiting Criteria for Ship* (Nordforsk,1978) pada Tabel 4.5.
5. Bongkar Muat Kapal

Dengan nilai muatan yang berharga maka dibutuhkan pengamanan muatan untuk menjauhkan proses *dry transport* dari kecelakaan/kegagalan, Maka dibutuhkan sistem pengamanan muatan atau disebut *cargo handling equipment* yang digunakan maksimal saat proses operasional. Seperti menggunakan clamping untuk mengurangi tekanan beban yang kuat pada muatan,yang dapat mengakibatkan kerusakan pada muatan. Seafastening dibutuhkan untuk menambah kekakuan ikatan dari muatan terhadap kapal saat *dry transport*.

6. Deck Wetness

Pada Tabel 5.12 hasil analisa *Deck Wetness* pada bagian *cargo deck* kapal dimana kondisi tidak memenuhi criteria dari *deck wetness* pada gelombang 10 m *beam seas* 90 deg tidak memenuhi.

6.2 Saran

Dalam Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan dan keterbatasan, maka dari itu ada beberapa saran.

1. Adanya penelitian yang diuji di fasilitas test pool menggunakan model fisik.
2. Adanya penelitian lanjutan untuk menganalisis secara teknis kekuatan dan getaran kapal,
3. Adanya rencana anggaran pembangunan kapal dan perhitungan nilai ekonomis kapal.



DAFTAR PUSTAKA

- Babicz, J. (2015) *Wärtsilä Encyclopedia of Ship Technology*, Wärtsilä Corporation. Wärtsilä Corporation. Available at: <http://www.wartsila.com/encyclopedia/term/model-tests%5Cnhttp://www.shippingencyclopedia.com>.
- Banen, B. (2015) *Concept Design Optimization Applied on a new semi-submersible heavy transport vessel in the Dockwise S-class market*.
- Beitz, Wolfgang & Pahl, G. (1998) *Engineering Design : A Systematic Approach*. London. doi:10.1007/978-1-84628-319-2.
- Birk, L. (2019) ‘Holtrop and Mennen’s Method’, *Fundamentals of Ship Hydrodynamics*, pp. 611–627. doi:10.1002/9781119191575.ch50.
- Boskalis (2015) *Project Sheet Netherlands-Indonesia FPSO Armada Intrepid*. Available at: www.boskalis.com.
- Demeshko, G., Pazukhin, V. and Sandrevskaya, K. (2020) ‘Design features of semi-submersible vessels’, *Transactions of the Krylov State Research Centre*, 1(391), pp. 109–121. doi:10.24937/2542-2324-2020-1-391-109-121.
- Dewangkoro, A.T., Zakki, A.F. and Kiryanto (2016) *Studi Perancangan Semi-Submersible Heavy Lift Vessel Dengan Carrying Capacity 12.000 Ton*, *Jurnal Teknik Perkapalan*.
- Fajar, A.H., Chrismianto, D. and Hadi, E.S. (2017) ‘Studi Analisa Slamming & Deck Wetness Akibat Gerakan Heaving –’, *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(4), pp. 677–687.
- Hatecke, H. et al. (2014) ‘A fast sea-keeping simulation method for heavy-lift operations based on multi-body system dynamics’, *Proceedings of the International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering - OMAE*, 1A, pp. 1–10. doi:10.1115/OMAE2014-23456.
- Hoorn, F. Van (2008) *Moss-32 Heavy-Lift Transport Ships – Overview of Existing Fleet, Computer*.
- Van Hoorn, F. and Devoy, S.D. (1990) ‘The dry transport of the green canyon tension leg wellhead platform by a semisubmersible heavy-lift ship’,

Proceedings of the Annual Offshore Technology Conference, 1990-May, pp. 419–436. doi:10.4043/6471-ms.

IMO (1993) *IMO Resolution A.749 (18) Chapter 3 Design Criteria Applicable To All Ship adopted.*

Kementerian, E. (2021) *Menteri ESDM: Cadangan Minyak Indonesia Tersedia untuk 9,5 Tahun dan Cadangan Gas 19,9 Tahun*, <https://www.esdm.go.id/>. Available at: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/menteri-esdm-cadangan-minyak-indonesia-tersedia-untuk-95-tahun-dan-cadangan-gas-199-tahun> (Accessed: 3 August 2022).

Mavroyenis, S. (2018) *Heavy Lift Semisubmersible Vessels For The Transport Of Drilling Rigs*. University of Glasgow.

Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2011) ‘Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor Dengan, Tentang Garis Muat Kapal Dan Pemuatan Nomor 04 Tahun 2017’, *Phys. Rev. E*, 2011(2), p. 24.

Mike Schuler (2019) *Black Marlin Arrives in Rotterdam Carrying Eighteen Hulls for Damen, Gcaptain*. Available at: <https://gcaptain.com/black-marlin-arrives-in-rotterdam-carrying-eighteen-hulls/> (Accessed: 4 May 2022).

Mohanasundaram, P. (2009) ‘Structural Analysis Of A Heavy-Lift Vessel Master Thesis Heavy-Lift Vessel’, (July).

Papanikolaou, A. (2014) *Ship Design Methodologies of Preliminary Design, Greek language by SYMEON Publishers, Athens, Greece*. SYMEON. doi:10.1007/978-94-017-8751-2.

Pengertian Muatan (2011) *Maritime World*. Available at: <https://www.maritimeworld.web.id/2011/04/pengertian-muatan.html> (Accessed: 4 May 2022).

Peters, O.A.J. (2013) *Changing the Heavy Marine Transport Market*.

Peters, O.A.J. (2019) ‘Offshore Loading and Discharge in Heavy Marine Transport’, pp. 1–2. doi:10.4233/uuid:ea734d91-bd46-4180-9ccb-1ee86c54e775.

Ramakrishnan, Y. (2015) ‘A Review Study of Oil and Gas Production Facility for Semi-Submersible Platform’, *Nhk技研*, 151(September), pp. 1–110.

-
- Royal Institute of Naval Architecture (2009) ‘Semisubmersible design faces challenges’, *Offshore Marine Technology 3rd Quarter*, (October 2018), pp. 24–30.
- Sadeghi, K. (2007) ‘An Overview of Design, Analysis, Construction and Installation of Offshore Petroleum Platforms Suitable for Cyprus Oil/Gas Fields’, *Soc. & Appl. Sci.*, 2(4), pp. 1–16.
- Salman Alfarisyi, M. (2022) *PERENCANAAN PRODUCT OIL CARRIER 5000 DWT*. Jakarta.
- Sharma, R. et al. (2010) ‘Issues in offshore platform research - part 1: Semi-submersibles’, *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 2(3), pp. 155–170. doi:10.3744/JNAOE.2010.2.3.155.
- Siddall, J.N. (2019) *Ship Design, Mechanical Design*. doi:10.3138/9781487579890-100.
- Sihombing, E.H. (2017) *Studi Analisa Struktur Lambung Semi Submersible Heavy Lift Vessel 30.000 Ton Menggunakan Finite Element Method*, Teknik Perkapalan.
- Suardin, J.A. et al. (2009) ‘Fire and explosion assessment on oil and gas floating production storage offloading (FPSO): An effective screening and comparison tool’, *Process Safety and Environmental Protection*, 87(3), pp. 147–160. doi:10.1016/j.psep.2008.12.002.
- Suhardjito, G. (2006) *Merencana Garis, Merencana Garis*. Available at: <https://www.its.ac.id/personal/gagukesha>.
- Taggart, R. (1980) ‘Ship Design and Construction o Title’, *The Society of Naval Architects and Marine Engineers* [Preprint].
- Terpstra, T. and Hellinga, E.A. (2013) *Offshore dry-docking of FPSOs: A response to industry needs*, *Proceedings of the Annual Offshore Technology Conference*. doi:10.4043/24330-ms.
- Wang, B. (2015) *Hydrodynamic Analysis of a Heavy Lift Vessel during Offshore Installation Operations*.
- Wang, X. and Ko, W.J. (2019) ‘Study on submerging operation design for heavy-lift barges based on a real case analysis’, *Proceedings of the Institution of*

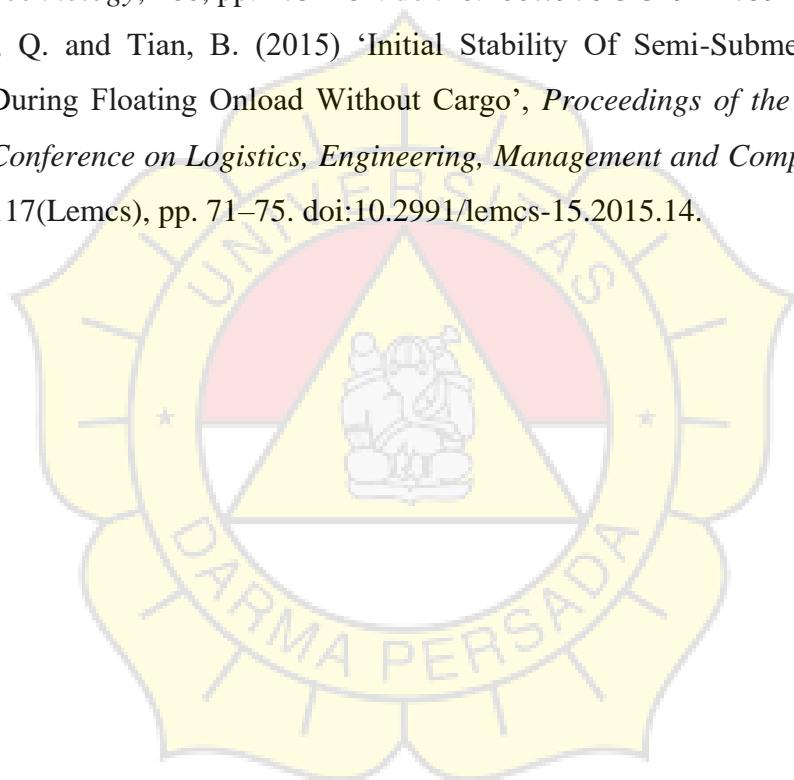
Mechanical Engineers Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment, 233(1), pp. 363–371. doi:10.1177/1475090217747739.

Wärtsilä (2015) ‘© Copyright 2015 by WÄRTSILÄ FINLAND Oy’, (3/2015), p. 1.

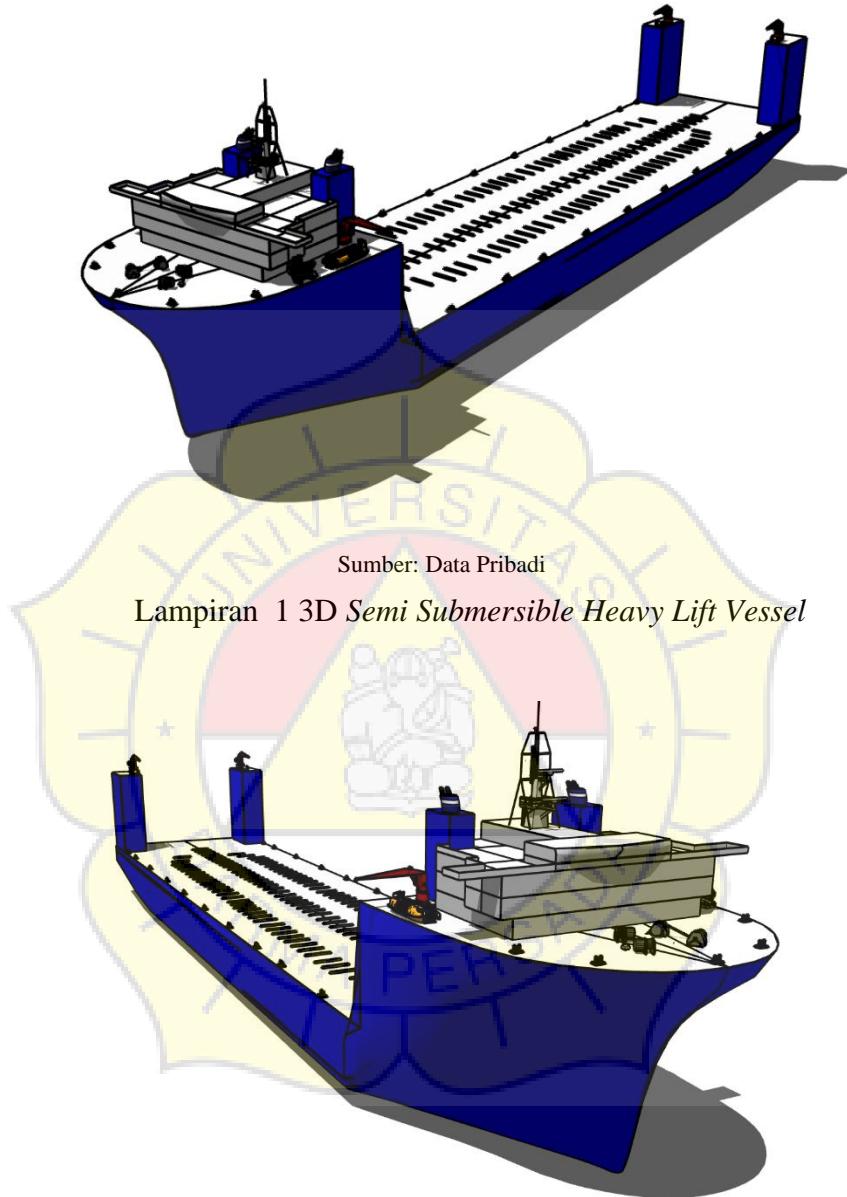
Watson, D.G.M. (1998) *PRACTICAL SHIP DESIGN*, Elsevier Ocean Engineering Series. doi:10.1016/S1571-9952(98)80003-2.

Wuest, T. et al. (2015) ‘Challenges of heavy load logistics in global maritime supply chains’, *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 460, pp. 175–182. doi:10.1007/978-3-319-22759-7_20.

Zhang, Q. and Tian, B. (2015) ‘Initial Stability Of Semi-Submersible Vessel During Floating Onload Without Cargo’, *Proceedings of the International Conference on Logistics, Engineering, Management and Computer Science*, 117(Lemcs), pp. 71–75. doi:10.2991/lemcs-15.2015.14.

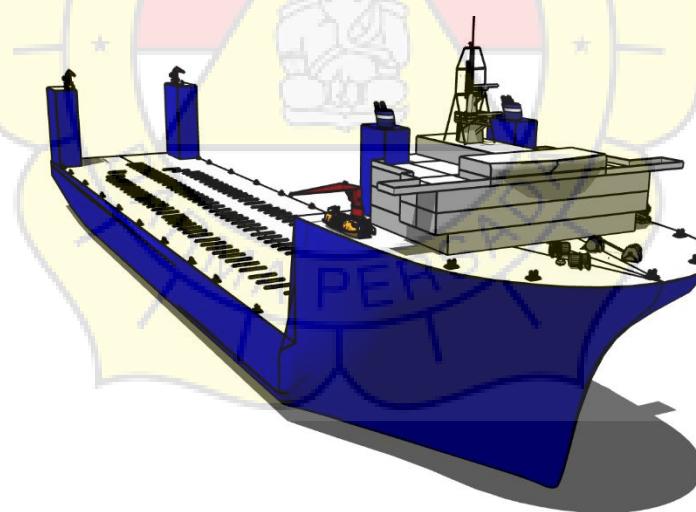


LAMPIRAN



Sumber: Data Pribadi

Lampiran 1 3D *Semi Submersible Heavy Lift Vessel*



Sumber: Data Pribadi

Lampiran 2 3D *Maxsurf Semi Submersible Heavy Lift Vessel*

Semi Submersible Heavy Lift 2 revisi 2

ORIGINALITY REPORT

23%
SIMILARITY INDEX

23%
INTERNET SOURCES

6%
PUBLICATIONS

10%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	www.slideshare.net Internet Source	3%
2	Submitted to University of Strathclyde Student Paper	3%
3	repository.its.ac.id Internet Source	2%
4	repository.tudelft.nl Internet Source	1 %
5	www.ejournal-s1.undip.ac.id Internet Source	1 %
6	ejournal3.undip.ac.id Internet Source	1 %
7	repository.unsada.ac.id Internet Source	1 %
8	jurnal.polines.ac.id Internet Source	1 %
9	123dok.com Internet Source	1 %

10	journal.unhas.ac.id Internet Source	<1 %
11	naval-info.blogspot.com Internet Source	<1 %
12	celakar.blogspot.com Internet Source	<1 %
13	boskalis.com Internet Source	<1 %
14	nmsc.gov.au Internet Source	<1 %
15	Submitted to Universidad Politécnica de Madrid Student Paper	<1 %
16	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
17	Recky Vincent Oktaviano Wuysang, Grace Nangoi, Winston Pontoh. "ANALISIS PENERAPAN AKUNTANSI FORENSIK DAN AUDIT INVESTIGATIF TERHADAP PENCEGAHAN DAN PENGUNGKAPAN FRAUD DALAM PENGELOLAAN KEUANGAN DAERAH PADA PERWAKILAN BPKP PROVINSI SULAWESI UTARA", JURNAL RISET AKUNTANSI DAN AUDITING "GOODWILL", 2016 Publication	<1 %

18	Internet Source	<1 %
19	knkt.dephub.go.id Internet Source	<1 %
20	oa.upm.es Internet Source	<1 %
21	docplayer.info Internet Source	<1 %
22	Submitted to Southampton Solent University Student Paper	<1 %
23	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
24	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
25	dimazthelardy.blogspot.com Internet Source	<1 %
26	repository.uir.ac.id Internet Source	<1 %
27	ejurnal.its.ac.id Internet Source	<1 %
28	repository.unhas.ac.id Internet Source	<1 %
29	Submitted to Napier University Student Paper	<1 %

30	www.singaporetech.edu.sg	<1 %
Internet Source		
31	pt.scribd.com	<1 %
Internet Source		
32	dspace.uji.ac.id	<1 %
Internet Source		
33	journal.ipb.ac.id	<1 %
Internet Source		
34	Submitted to Universiti Teknologi Malaysia	<1 %
Student Paper		
35	media.neliti.com	<1 %
Internet Source		
36	upcommons.upc.edu	<1 %
Internet Source		
37	adoc.pub	<1 %
Internet Source		
38	eprints.lancs.ac.uk	<1 %
Internet Source		
39	id.123dok.com	<1 %
Internet Source		
40	www.dockwise.com	<1 %
Internet Source		
41	www.foro3d.com	<1 %
Internet Source		

42	Submitted to The Robert Gordon University Student Paper	<1 %
43	Submitted to Universidad de Cádiz Student Paper	<1 %
44	Submitted to University of Dundee Student Paper	<1 %
45	vdocument.in Internet Source	<1 %
46	Submitted to University Of Tasmania Student Paper	<1 %
47	digitalcommons.unl.edu Internet Source	<1 %
48	docsslide.us Internet Source	<1 %
49	snit-polbeng.org Internet Source	<1 %
50	Submitted to Institut Teknologi Kalimantan Student Paper	<1 %
51	es.scribd.com Internet Source	<1 %
52	www.scribd.com Internet Source	<1 %
53	download.atlantis-press.com Internet Source	<1 %

54	repo.palcomtech.ac.id Internet Source	<1 %
55	seenthis.net Internet Source	<1 %
56	F. van Hoorn. "The Dry Transport of the Green Canyon Tension Leg Wellhead Platform by a Semisubmersible Heavy-Lift Ship", Proceedings of Offshore Technology Conference OTC, 05/1990 Publication	<1 %
57	Submitted to Forum Perpustakaan Perguruan Tinggi Indonesia Jawa Timur Student Paper	<1 %
58	Xin Wang, Wei Jun Ko. "Study on submerging operation design for heavy-lift barges based on a real case analysis", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment, 2017 Publication	<1 %
59	journal.trunojoyo.ac.id Internet Source	<1 %
60	Submitted to SDM Universitas Gadjah Mada Student Paper	<1 %
61	Submitted to University of New South Wales Student Paper	<1 %

62	www.boskalis.nl Internet Source	<1 %
63	Onno A. J. Peters, René H. M. Huijsmans. "Prediction of Relative Vertical Motion Between Cargo and HTV During Offshore Loading and Discharge", Volume 1: Offshore Technology, 2017 Publication	<1 %
64	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	<1 %
65	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1 %
66	Submitted to University of Southampton Student Paper	<1 %
67	kc.umn.ac.id Internet Source	<1 %
68	Submitted to poltera Student Paper	<1 %
69	rodin.uca.es Internet Source	<1 %
70	Submitted to KTH - The Royal Institute of Technology Student Paper	<1 %
71	edoc.pub Internet Source	<1 %

72	hdl.handle.net	<1 %
Internet Source		
73	id.scribd.com	<1 %
Internet Source		
74	repository.itk.ac.id	<1 %
Internet Source		
75	Submitted to University of Melbourne	<1 %
Student Paper		
76	bura.brunel.ac.uk	<1 %
Internet Source		
77	digilibadmin.unismuh.ac.id	<1 %
Internet Source		
78	docobook.com	<1 %
Internet Source		
79	perpustakaan.poltekegal.ac.id	<1 %
Internet Source		
80	repository.usd.ac.id	<1 %
Internet Source		
81	vdocuments.site	<1 %
Internet Source		
82	ejurnal.polbeng.ac.id	<1 %
Internet Source		
83	Submitted to Universitas Brawijaya	<1 %
Student Paper		

84	Submitted to University of Aberdeen Student Paper	<1 %
85	Submitted to University of Newcastle upon Tyne Student Paper	<1 %
86	W R Hetharia, E R de Fretes, F Gaspersz. "Computational and experimental works on ship resistance", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019 Publication	<1 %
87	www.ioes.saga-u.ac.jp Internet Source	<1 %
88	(6-7-14) http://202.124.205.111/index.php/jpsc/article/download Internet Source	<1 %
89	cris.technion.ac.il Internet Source	<1 %
90	kap tengallery.blogspot.com Internet Source	<1 %
91	repository.unpas.ac.id Internet Source	<1 %
92	torisetsu.cc Internet Source	<1 %
93	IFIP Advances in Information and Communication Technology, 2015. Publication	<1 %

- 94 R. Sharma, Tae-Wan Kim, O.P. Sha, S.C. Misra. "Issues in offshore platform research - Part 1: Semi-submersibles", International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, 2010 **<1 %**
Publication
-
- 95 Submitted to Universitas Pelita Harapan **<1 %**
Student Paper
-
- 96 core.ac.uk **<1 %**
Internet Source
-
- 97 library.poltekpel-sby.ac.id **<1 %**
Internet Source
-
- 98 repository.unej.ac.id **<1 %**
Internet Source
-
- 99 repository.upnjatim.ac.id **<1 %**
Internet Source
-
- 100 Danny Faturachman. "A Rescue Boat Design Utilizing Reused Plastic Bottles for Accident Prevention", Mechanical Engineering Research, 05/25/2012 **<1 %**
Publication
-
- 101 doku.pub **<1 %**
Internet Source
-
- 102 ejournal-s1.undip.ac.id **<1 %**
Internet Source
-

103	qdoc.tips Internet Source	<1 %
104	s-fachrurrozi.blogspot.com Internet Source	<1 %
105	Moreyne Inocencia Moningka, David Saerang, Debby Christina Rotinsulu. "ANALISIS PERUBAHAN STRUKTUR EKONOMI KOTA MANADO", JURNAL PEMBANGUNAN EKONOMI DAN KEUANGAN DAERAH, 2019 Publication	<1 %
106	maniobradebuques.com Internet Source	<1 %
107	prosidingseminakel.hangtuah.ac.id Internet Source	<1 %
108	ruc.udc.es Internet Source	<1 %
109	Ship Design, 2014. Publication	<1 %
110	anggafrmsyh.blogspot.com Internet Source	<1 %
111	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
112	eprint.ncl.ac.uk Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off

Exclude bibliography Off

Exclude matches Off

