



Tugas Akhir

MO141326

Studi Alternatif Desain Ukuran Utama Kapal *Tanker* Berdasarkan
Tahanan Total; Studi Kasus: *Product Tanker* 6500 DWT

Yosrifal Albastomi Y.A
NRP. 04311540000124

DOSEN PEMBIMBING:

Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc, Ph.D.
Ir. Mas Murtedjo, M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019



Final Project

MO141326

A Study on Alternate Design of Tanker Principal Dimension with Resistance Point of View; Case of Study: Product Tanker 6500 DWT

Yosrifal Albastomi Y.A
NRP. 04311540000124

SUPERVISORS :

Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc, Ph.D.
Ir. Mas Murtedjo, M.Eng.

DEPARTEMENT OF OCEAN ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2019

**STUDI ALTERNATIF DESAIN UKURAN UTAMA KAPAL TANKER
BERDASARKAN TAHANAN TOTAL; STUDI KASUS: PRODUCT
TANKER 6500 DWT**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi
Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Yosrifal Albastomi Yudhan Aqsannata

NRP. 04311540000124

Disetujui oleh:

1. Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D

(Pembimbing 1)

2. Ir. Mas Murtedjo M.Eng

(Pembimbing 2)

3. Dr. Eng. Rudi Walujo Prasanto S.T., M.T

(Penguji 1)

4. Dr. Ir. Wisnu Wardhana, S.E., M.Sc

(Penguji 2)

Surabaya, Juli 2019

Studi Alternatif Desain Ukuran Utama Kapal *Tanker* Berdasarkan Tahanan Total; Studi Kasus: *Product Tanker 6500 DWT*

Nama : Yosrifal Albastomi Yudhan Aqsannata
NRP : 04311540000124
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc, Ph.D
Ir. Mas Murtedjo, M.Eng

ABSTRAK

Dalam proses perencanaan dan perancangan kapal, banyak hal yang perlu diperhatikan. Hal utama yang perlu diperhatikan adalah ukuran utama. Ukuran utama merupakan fungsi yang mempengaruhi seluruh aspek-aspek yang terdapat pada kapal. Dalam perencanaan kapal, ukuran utama yang dirancang harus menghasilkan *deadweight* yang sesuai dengan *owner requirement*. Namun, untuk sekedar memenuhi *deadweight* saja belum cukup, perlu dipertimbangkan hal-hal lain agar kapal yang didesain akan efisien baik secara biaya, konstruksi maupun operasional. Salah satu aspek yang perlu diperhatikan adalah tahanan kapal. Tahanan kapal yang minimum akan berdampak pada daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal tersebut. Pada Tugas Akhir ini, akan dicari ukuran utama kapal berdasarkan *basis ship* sehingga menghasilkan tahanan seminimal mungkin dengan memperhatikan aspek stabilitas dan karakteristik gerakannya. Dari analisis yang telah dilakukan, didapatkan set ukuran utama optimum yakni $L = 119,4$ m; $B = 16,3$ m; $H = 9,3$ m; $T = 6$ m dan $C_b = 0,776$ dengan tahanan total sebesar 193,3 kN. Ukuran tersebut telah memenuhi seluruh kriteria stabilitas IMO dan SOLAS serta memiliki karakteristik gerakan kapal yang baik.

Kata Kunci: Desain Kapal, Ukuran Utama, Tahanan Kapal, Stabilitas

A Study of an Alternate Design of Tanker Principal Dimension with Resistance Point of View; Case of Study: Product Tanker 6500 DWT

Name : Yosrifal Albastomi Yudhan Aqsannata
NRP : 04311540000124
Supervisor : Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc, Ph.D
Ir. Mas Murtedjo, M.Eng

ABSTRACT

In ship design process, there are a lot of things that have to be considered. One of the main thing to be considered is it's principal dimension. A ship principal dimension is a function that effect all of the aspects of the ship. In ship design, the principal dimension have to meet the deadweight required by the owner. However, just to meet the deadweight required by owner is not enough. There are a lot of things that have to be considered so the designed ship will be efficient in cost, construction and operational. One of the important aspect to be considered is resistance. The minimum the resistance is affecting its required power to move the speed in specific ship. In this Final project, a new principal dimension from a basis ship will be determined with an objective to minimize the total resistance and taking notes it's stability and motion. From the analysis, the best principal dimension is $L = 119,4$ m; $B = 16,3$ m; $H = 9,3$ m; $T = 6$ m dan $C_b = 0,776$ with total resistance as 193,3 kN. The principal dimension have meet all the stability criterions set by IMO and SOLAS and have a considerably good motion.

Keywords: Ship Design, Principal Dimension, Ship Resistance, Stability

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayahnya sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian Tugas Akhir dengan judul “**Studi Alternatif Desain Ukuran Utama Tanker Berdasarkan Tahanan Total; Studi Kasus Product Tanker 6500 DWT**” ini dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun sebagai implementasi ilmu-ilmu yang telah diajarkan selama penulis menimba ilmu di Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Penelitian ini juga disusun sebagai salah satu syarat untuk untuk mendapatkan gelar Sarjana (S1) Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan alternatif desain dari kapal *product tanker* 6500 DWT berdasarkan tahanan totalnya. Alternatif desain didapatkan dengan cara mencari ukuran utama optimum dari ukuran utama awal untuk kemudian dilakukan analisis stabilitas dan respon gerakan kapal agar diketahui kualitas kapal saat beroperasi.

Penulis menyadari bahwa terdapat kesalahan baik pada penulisa maupun penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan sebagai evaluasi penulis dalam penyusunan penelitian yang lainnya. Akhir kata, penulis berharap agar penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca khususnya bagi yang berminat untuk melanjutkan penelitian penulis.

Surabaya, 23 Juli 2019

Yosrifal Albastomi Yudhan Aqsannata

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis memahami bahwasannya selama proses penyusunan Tugas Akhir ini penulis mendapat banyak sekali bantuan-bantuan baik secara moral maupun material. Oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak sebagai berikut:

1. Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayahnya sehingga penulis diberikan kelancaran serta kesehatan selama penyusunan Tugas Akhir ini
2. Kedua orang tua penulis, Agus Suprpto S.E dan Khomsatun Khasanah, Dra dan adik penulis, Mayzya Titania Pramesti Putri, yang telah memberikan kasih sayang, semangat dan dukungan kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk mereka
3. Kedua dosen pembimbing penulis, Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc, Ph.D dan Ir. Mas Murtedjo, M.Eng yang telah memberi banyak ilmu dan bimbingan serta dukungan moral sehingga penulis tetap bersemangat untuk menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini
4. Pak Diki dan Pak Ifnu dari Bagian *Engineering* PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero) yang telah mengizinkan saya untuk melakukan penelitian terkait proses pembangunan kapal *product tanker 6500 DWT*
5. Bapak-bapak dosen penguji yang telah memberi masukan terkait pengerjaan Tugas Akhir penulis
6. Bapak dan Ibu dosen serta karyawan Departemen Teknik Kelautan yang telah memberikan ilmu selama berada di Departemen Teknik Kelautan
7. Alfi, Hafidz, Ibrahim, Keefie, Rizal dan YoZIA sebagai teman bimbingan penulis yang telah berbagi suka duka selama pengerjaan Tugas Akhir
8. Teman-teman “Kos MAMI” yang telah memberi masukan-masukan kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir
9. Luthfia Miranda Putri yang selalu memberikan semangat kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir

10. Siti Hanifah Sadiyah yang telah membantu penulis dalam mempelajari dasar-dasar ilmu optimasi serta menjadi tempat berkeluh kesah penulis selama masa perkuliahan
11. Teman-teman Tritonous P-55 L-33 yang telah memberikan semangat kepada penulis
12. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori.....	6
2.2.1 Gambaran Umum Kapal <i>Tanker</i>	6
2.2.2 Estimasi Ukuran Utama	8
2.2.3 <i>Ship Resistance</i>	9
2.2.4 <i>Powering</i>	15
2.2.5 Estimasi Berat <i>Lightweight</i> dan Titik Berat	16

2.2.6	Stabilitas Kapal	17
2.2.7	Teori Dasar Olah Gerak Bangunan Apung	21
2.2.8	Gerakan Enam Derajat Kebebasan.....	27
2.2.9	Response Amplitude Operator	28
2.2.10	Spektra Gelombang.....	30
2.2.11	Spektra Respon	31
2.2.12	Respon Gerakan Bangunan Melaju.....	32
BAB III		35
METODOLOGI PENELITIAN.....		35
BAB IV		43
ANALISIS DAN PEMBAHASAN		43
4.1	Penentuan Ukuran Utama.....	43
4.2	Pemodelan Kapal.....	44
4.3	Lines Plan	45
4.4	Hidrostatik	50
4.5	Analisis Tahanan Total dengan Menuggnakan <i>Software</i> MAXSURF Resistance	52
4.6	Pemodelan <i>General Arrangement</i> , Estimasi <i>Lightweight</i> dan Titik Berat Kapal 53	
4.7.1	<i>Vessel 1</i>	58
4.7.2	<i>Vessel 2</i>	61
4.7.3	<i>Vessel 3</i>	65
4.7	Stabilitas Kapal.....	68
1.8.1	<i>Vessel 1</i>	68
1.8.2	<i>Vessel 2</i>	72

1.8.3	<i>Vessel 3</i>	76
1.8.4	Pembahasan Hasil Stabilitas	80
4.8	Analisis Karakteristik Gerakan Kapal	81
BAB V.....		121
KESIMPULAN DAN SARAN.....		121
DAFTAR PUSTAKA		125
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Oil Tanker (ship-technology.com).....	1
Gambar 2. 1 Kapal <i>Tanker</i> (wartsila.com)	7
Gambar 2. 2 <i>General Arrangement Drawing Product Tanker 6500 DWT</i> (PT. Dok dan Perkapalan Surabaya [Persero])	8
Gambar 2. 3 Hubungan antara efisiensi <i>hull, propeller</i> dan kebutuhan <i>powering</i> (Murtedjo, 2002)	15
Gambar 2. 4 Stabilitas Positif (Barras, 2006)	19
Gambar 2. 5 Stabilitas Netral (Barras, 2006)	19
Gambar 2. 6 Stabilitas Negatif (Barras, 2006)	20
Gambar 2. 7 <i>Trim</i> Kapal (Ziylan, 2016).....	20
Gambar 2. 8 Ilustrasi Gerakan <i>Heave</i> (Murtedjo, 1999).....	22
Gambar 2. 9 Ilustrasi Gerakan <i>Sway</i> (Murtedjo, 1999).....	23
Gambar 2. 10 Ilustrasi Gerakan <i>Surge</i> (Murtedjo, 1999).....	24
Gambar 2. 11 Ilustrasi Gerakan <i>Yaw</i> (Murtedjo, 1999)	25
Gambar 2. 12 Ilustrasi Gerakan <i>Pitch</i> (Murtedjo, 1999).....	26
Gambar 2. 13 Ilustrasi Gerakan <i>Roll</i> (Murtedjo, 1999).....	27
Gambar 2. 14 Grafik Respon Gerakan Bangunan Apung (Djatkiko, 2012)	29
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan	36
Gambar 3. 2 <i>Lines Plan Product Tanker 6500 DWT</i> (PT. Dok dan Perkapalan Surabaya [Persero]).....	39
Gambar 3. 3 <i>General Arrangement Product Tanker 6500 DWT</i> (PT. Dok dan Perkapalan Surabaya [Persero])	39
Gambar 4. 1 Model <i>Initial Vessel</i>	45
Gambar 4. 2 Model <i>Vessel 1</i>	45
Gambar 4. 3 Model <i>Vessel 2</i>	45
Gambar 4. 4 Model <i>Vessel 3</i>	45
Gambar 4. 5 <i>Lines Plan Initial Vessel</i>	46

Gambar 4. 6 <i>Lines Plan Vessel 1</i>	47
Gambar 4. 7 <i>Lines Plan Vessel 2</i>	48
Gambar 4. 8 <i>Lines Plan Vessel 3</i>	49
Gambar 4. 9 <i>General Arrangement Vessel 1</i>	54
Gambar 4. 10 <i>General Arrangement Vessel 2</i>	55
Gambar 4. 11 <i>General Arrangement Vessel 3</i>	56
Gambar 4. 12 <i>Kurva GZ Vessel 1 pada Kondisi Full Load on Departure</i>	68
Gambar 4. 13 <i>Kurva GZ Vessel 1 pada Kondisi Full Load on Arrival</i>	69
Gambar 4. 14 <i>Kurva GZ Vessel 1 pada Kondisi Ballast on Departure</i>	70
Gambar 4. 15 <i>Kurva GZ Vessel 1 pada Kondisi Ballast on Arrival</i>	71
Gambar 4. 16 <i>Kurva GZ Vessel 2 pada Kondisi Full Load on Departure</i>	72
Gambar 4. 17 <i>Kurva GZ Vessel 2 pada Kondisi Full Load on Arrival</i>	73
Gambar 4. 18 <i>Kurva GZ Vessel 2 pada Kondisi Ballast on Departure</i>	74
Gambar 4. 19 <i>Kurva GZ Vessel 2 pada Kondisi Ballast on Arrival</i>	75
Gambar 4. 20 <i>Kurva GZ Vessel 3 pada Kondisi Full Load on Departure</i>	76
Gambar 4. 21 <i>Kurva GZ Vessel 3 pada Kondisi Full Load on Arrival</i>	77
Gambar 4. 22 <i>Kurva GZ Vessel 3 pada Kondisi Ballast on Departure</i>	78
Gambar 4. 23 <i>Kurva GZ Vessel 3 pada Kondisi Ballast on Arrival</i>	79
Gambar 4. 24 <i>RAO Gerakan Heave Kondisi Full Load Departure Vessel 1 pada Kecepatan 0 Knot</i>	81
Gambar 4. 25 <i>RAO Gerakan Heave Kondisi Full Load Departure Vessel 1 pada Kecepatan 12 Knot</i>	82
Gambar 4. 26 <i>RAO Gerakan Roll Kondisi Full Load Departure Vessel 1 pada Kecepatan 0 Knot</i>	82
Gambar 4. 27 <i>RAO Gerakan Roll Kondisi Full Load Departure Vessel 1 pada Kecepatan 12 Knot</i>	83
Gambar 4. 28 <i>RAO Gerakan Pitch Kondisi Full Load Departure Vessel 1 pada Kecepatan 0 Knot</i>	83
Gambar 4. 29 <i>RAO Gerakan Pitch Kondisi Full Load Departure Vessel 1 pada Kecepatan 12 Knot</i>	84

Gambar 4. 30 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 1</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	84
Gambar 4. 31 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 1</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	85
Gambar 4. 32 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 1</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	85
Gambar 4. 33 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 1</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	86
Gambar 4. 34 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 1</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	86
Gambar 4. 35 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 1</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	87
Gambar 4. 36 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 1</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	87
Gambar 4. 37 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 1</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	88
Gambar 4. 38 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 1</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	88
Gambar 4. 39 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 1</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	89
Gambar 4. 40 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 1</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	89
Gambar 4. 41 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 1</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	90
Gambar 4. 42 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 1</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	90
Gambar 4. 43 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 1</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	91
Gambar 4. 44 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 1</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	91

Gambar 4. 45 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 1</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	92
Gambar 4. 46 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 1</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	92
Gambar 4. 47 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 1</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	93
Gambar 4. 48 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Full Load Departure Vessel 2</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	93
Gambar 4. 49 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Full Load Departure Vessel 2</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	94
Gambar 4. 50 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Full Load Departure Vessel 2</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	94
Gambar 4. 51 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Full Load Departure Vessel 2</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	95
Gambar 4. 52 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Full Load Departure Vessel 2</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	95
Gambar 4. 53 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Full Load Departure Vessel 2</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	96
Gambar 4. 54 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 2</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	96
Gambar 4. 55 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 2</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	97
Gambar 4. 56 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 2</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	97
Gambar 4. 57 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 2</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	98
Gambar 4. 58 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 2</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	98
Gambar 4. 59 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 2</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	99

Gambar 4. 60 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 2</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	99
Gambar 4. 61 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 2</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	100
Gambar 4. 62 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 2</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	100
Gambar 4. 63 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 2</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	101
Gambar 4. 64 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 2</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	101
Gambar 4. 65 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 2</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	102
Gambar 4. 66 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 2</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	102
Gambar 4. 67 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 2</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	103
Gambar 4. 68 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 2</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	103
Gambar 4. 69 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 2</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	104
Gambar 4. 70 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 2</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	104
Gambar 4. 71 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 2</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	105
Gambar 4. 72 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Full Load Departure Vessel 3</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	105
Gambar 4. 73 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Full Load Departure Vessel 3</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	106
Gambar 4. 74 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Full Load Departure Vessel 3</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	106

Gambar 4. 75 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Full Load Departure Vessel 3</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	107
Gambar 4. 76 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Full Load Departure Vessel 3</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	107
Gambar 4. 77 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Full Load Departure Vessel 3</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	108
Gambar 4. 78 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 3</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	108
Gambar 4. 79 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 3</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	109
Gambar 4. 80 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 3</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	109
Gambar 4. 81 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 3</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	110
Gambar 4. 82 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 3</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	110
Gambar 4. 83 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Full Load Arrival Vessel 3</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	111
Gambar 4. 84 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 3</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	111
Gambar 4. 85 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 3</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	112
Gambar 4. 86 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 3</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	112
Gambar 4. 87 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 3</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	113
Gambar 4. 88 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 3</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	113
Gambar 4. 89 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Ballast Departure Vessel 3</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	114

Gambar 4. 90 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 3</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	114
Gambar 4. 91 RAO Gerakan <i>Heave</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 3</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	115
Gambar 4. 92 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 3</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	115
Gambar 4. 93 RAO Gerakan <i>Roll</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 3</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	116
Gambar 4. 94 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 3</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	116
Gambar 4. 95 RAO Gerakan <i>Pitch</i> Kondisi <i>Ballast Arrival Vessel 3</i> pada Kecepatan 12 Knot.....	117

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori <i>Tanker</i> Berdasarkan Jumlah Muatannya	7
Tabel 3. 1 Ukuran Utama Kapal (PT. Dok dan Perkapalan Surabaya [Persero])	40
Tabel 3. 2 Muatan Kapal Kondisi <i>Full Load</i> (PT. Dok dan Perkapalan Surabaya [Persero]).....	40
Tabel 3. 3 Karakteristik Gelombang Perairan Indonesia.....	41
Tabel 4. 1. Variasi Ukuran Utama.....	43
Tabel 4. 2 <i>Cargo Capacity Check</i>	44
Tabel 4. 3 Validasi Model <i>Initial Vessel</i>	50
Tabel 4. 4 Hidrostatik Model <i>Vessel 1</i>	50
Tabel 4. 5 Hidrostatik Model <i>Vessel 2</i>	51
Tabel 4. 6 Hidrostatik Model <i>Vessel 3</i>	52
Tabel 4. 7 Hasil Analisis Tahanan Total dan Daya Mesin Menggunakan <i>Software</i> ..	53
Tabel 4. 8 <i>Lightweight</i> Model <i>Vessel 1</i>	57
Tabel 4. 9 <i>Lightweight</i> Model <i>Vessel 2</i>	57
Tabel 4. 10 <i>Lightweight</i> Model <i>Vessel 3</i>	57
Tabel 4. 11 Titik Berat Model <i>Vessel 1</i> pada Kondisi <i>Full Load Departure</i>	58
Tabel 4. 12 Titik Berat Model <i>Vessel 1</i> pada Kondisi <i>Full Load on Arrival</i>	59
Tabel 4. 13 Titik Berat Model <i>Vessel 1</i> pada Kondisi <i>Ballast on Departure</i>	60
Tabel 4. 14 Titik Berat Model <i>Vessel 1</i> pada Kondisi <i>Ballast on Arrival</i>	60
Tabel 4. 15 Titik Berat Model <i>Vessel 2</i> pada Kondisi <i>Full Load on Departure</i>	61
Tabel 4. 16 Titik Berat Model <i>Vessel 2</i> pada Kondisi <i>Full Load on Arrival</i>	62
Tabel 4. 17 Titik Berat Model <i>Vessel 2</i> pada Kondisi <i>Ballast on Departure</i>	63
Tabel 4. 18 Titik Berat Model <i>Vessel 2</i> pada Kondisi <i>Ballast on Arrival</i>	64
Tabel 4. 19 Titik Berat Model <i>Vessel 3</i> pada Kondisi <i>Full Load on Departure</i>	65
Tabel 4. 20 Titik Berat Model <i>Vessel 3</i> pada Kondisi <i>Full Load on Arrival</i>	66
Tabel 4. 21 Titik Berat Model <i>Vessel 3</i> pada Kondisi <i>Ballast on Departure</i>	66
Tabel 4. 22 Titik Berat Model <i>Vessel 3</i> pada Kondisi <i>Ballast on Arrival</i>	67

Tabel 4. 23 Validasi Kriteria <i>Vessel 1</i> pada Kondisi <i>Full Load on Departure</i>	69
Tabel 4. 24 Validasi Kriteria <i>Vessel 1</i> pada Kondisi <i>Full Load on Arrival</i>	70
Tabel 4. 25 Validasi Kriteria <i>Vessel 1</i> pada Kondisi <i>Ballast on Departure</i>	70
Tabel 4. 26 Validasi Kriteria <i>Vessel 1</i> pada Kondisi <i>Ballast on Arrival</i>	71
Tabel 4. 27 Validasi Kriteria <i>Vessel 2</i> pada Kondisi <i>on Departure</i>	72
Tabel 4. 28 Validasi Kriteria <i>Vessel 2</i> pada Kondisi <i>Full Load on Arrival</i>	73
Tabel 4. 29 Validasi Kriteria <i>Vessel 2</i> pada Kondisi <i>Ballast on Departure</i>	74
Tabel 4. 30 Validasi Kriteria <i>Vessel 2</i> pada Kondisi <i>Ballast on Arrival</i>	75
Tabel 4. 31 Validasi Kriteria <i>Vessel 3</i> pada Kondisi <i>Full Load on Departure</i>	76
Tabel 4. 32 Validasi Kriteria <i>Vessel 3</i> pada Kondisi <i>Full Load on Arrival</i>	77
Tabel 4. 33 Validasi Kriteria <i>Vessel 3</i> pada Kondisi <i>Ballast on Departure</i>	78
Tabel 4. 34 Validasi Kriteria <i>Vessel 3</i> pada Kondisi <i>Ballast on Arrival</i>	79
Tabel 4. 35 Sudut Tenggelam pada Masing-Masing Model pada Kondisi <i>Full Load Departure</i>	80
Tabel 4. 36 Luasan di bawah kurva GZ pada Kondisi <i>Full Load Departure</i>	80
Tabel 4. 37 Simpangan Gerakan Maksimum <i>Vessel 1</i> pada Kecepatan 0 Knot	117
Tabel 4. 38 Simpangan Gerakan Maksimum <i>Vessel 1</i> pada Kecepatan 12 Knot	118
Tabel 4. 39 Simpangan Gerakan Maksimum <i>Vessel 2</i> pada Kecepatan 0 Knot	118
Tabel 4. 40 Simpangan Gerakan Maksimum <i>Vessel 2</i> pada Kecepatan 12 Knot	118
Tabel 4. 41 Simpangan Gerakan Maksimum <i>Vessel 3</i> pada Kecepatan 0 Knot	119
Tabel 4. 42 Simpangan Gerakan Maksimum <i>Vessel 3</i> pada Kecepatan 12 Knot	119
Tabel 5. 1 Ukuran Utama Optimum.....	121
Tabel 5. 2 Tahanan Total pada tiap Ukuran Utama.....	121
Tabel 5. 3 Sudut Tenggelam pada Masing-Masing Model pada Kondisi <i>Full Load Departure</i>	122
Tabel 5. 4 Luasan di Bawah Kurva pada Masing-Masing Model pada Kondisi <i>Full Load Departure</i>	122

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Distribusi barang menggunakan moda transportasi laut (*shipping*) merupakan metode distribusi yang *cost-efficient* dan *energy-coefficient* dibanding dengan menggunakan moda transportasi yang lain. Metode ini dapat diterapkan pada hampir seluruh jenis barang dan telah terbukti sebagai metode yang murah dalam pendistribusian barang secara global, memfasilitasi kegiatan perdagangan dan menciptakan kesejahteraan antar masyarakat, wilayah dan bangsa (IMO, 2016). Salah satu jenis barang yang sangat erat hubungannya dengan moda transportasi laut laut adalah minyak dan gas bumi. Sebanyak 29,42% muatan yang didistribusikan ke seluruh dunia menggunakan moda transportasi laut selama tahun 2017 merupakan muatan minyak dan gas bumi baik mentah maupun produk proses atau jadi (UNCTAD, 2018). Kapal yang digunakan dalam proses *shipping* minyak dan gas bumi adalah kapal jenis *tanker*. Dengan pasar bisnis *shipping* khususnya minyak dan gas bumi yang tidak pernah berhenti, maka permintaan kapal *tanker* baik baru maupun bekas juga tidak akan berhenti.



Gambar 1. 1 Oil Tanker (ship-technology.com)

Pada proses pembuatan kapal baru pastinya diawali dengan proses desain baik dari *scratch* maupun dari *sister ship* atau kapal pembanding. Sebagai seorang *engineer* kita dituntut untuk dapat membuat desain yang optimal baik dalam hal teknis maupun ekonomis. Desain kapal yang optimal akan menghasilkan jumlah muatan yang optimal yang dapat diangkut oleh kapal tersebut. Muatan yang optimal juga akan mempengaruhi *revenue* yang didapat pada saat kapal tersebut sudah beroperasi. Ada berbagai metode untuk melakukan optimasi desain kapal. Lindstad dkk (2013) memperkenalkan metode optimasi desain kapal dengan cara memperbesar lebar kapal (*breadth*) dan menjaga panjang (*length*), sarat (*draft*) dan *displacement* konstan atau tetap sehingga dapat memperkecil koefisien blok (C_b). Dengan mengecilnya koefisien blok (C_b), maka tahanan yang dialami kapal tersebut juga semakin kecil sehingga meminimalisir kebutuhan *powering* dan bahan bakarnya.

Sebagaimana pada konsep *ship preliminary design* dimana terdapat proses perhitungan *preliminary stability*, setiap kapal harus memenuhi segala kriteria stabilitas yang telah ditentukan. Proses optimalisasi desain kapal akan mengakibatkan perubahan pada *principal dimension*, *hydrostatic calculation* dan konfigurasi muatan yang merupakan komponen utama dalam menghitung stabilitas. Harus disertakan analisis stabilitas agar optimalisasi yang dilakukan tidak hanya menyajikan efisiensi konsumsi bahan bakar namun juga layak operasi di lautan. Analisis akan diperkuat dengan dilakukannya analisis respon kapal yang telah berubah ukurannya baik dalam keadaan stasioner maupun pada saat bergerak pada kecepatan tertentu.

Penelitian ini mengambil studi kasus dari proses perencanaan kapal *product tanker* 6500 DWT milik PT. Djakarta Lloyd yang sedang dikerjakan oleh PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero). Penelitian ini akan membahas alternatif desain kapal *product tanker* 6500 DWT dengan mencari ukuran utama baru berdasarkan data kapal yang telah ada dengan mempertimbangkan aspek tahanan total kapal. Kapal yang memiliki tahanan total yang minimum akan mengakibatkan kapal

tersebut dapat beroperasi pada kecepatan yang lebih tinggi dan konsumsi bahan bakar yang lebih sedikit. Hasil ukuran utama yang didapat akan dilakukan analisis stabilitas sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan analisis respon olah gerak kapal pada saat beroperasi. Adapun kondisi *loadcase* yang dilakukan dalam penelitian ini adalah kondisi *full load on departure, full load on arrival 10% cargo, ballast on departure 0% cargo 98% fuel and stores, ballast on arrival 0% cargo 10 fuel and stores.*

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Berapakah ukuran utama kapal (L, B, H, T) yang baru dengan memperhatikan Tahanan Total?
2. Bagaimana Stabilitas kapal dengan ukuran utama baru sesuai dengan ketentuan IMO/SOLAS?
3. Bagaimana Karakteristik gerakan kapal pada saat beroperasi?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan ukuran baru kapal dengan memperhitungkan Tahanan kapal yang minimal
2. Menghitung Stabilitas kapal sesuai kriteria IMO/SOLAS akibat perubahan ukuran utama kapal
3. Menghitung Karakteristik gerakan kapal pada saat beroperasi

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan evaluasi proses perencanaan kapal *product tanker* 6500 DWT milik PT. Djakarta Lloyd yang sedang dikerjakan oleh PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero) baik kepada pihak pemilik kapal, *designer* maupun pihak galangan.

1.5. Batasan Masalah

Batasan-batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berdasarkan studi kasus perencanaan *product tanker* 6500 DWT milik PT. Djakarta Lloyd yang sedang dikerjakan oleh PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero)
2. Rute pelayaran yang direncanakan adalah seluruh perairan Indonesia
3. Perancangan desain yang dilakukan meliputi perhitungan tahanan, *powering* dan *preliminary stability*
4. *Rules* dan *classification* yang digunakan adalah Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), IMO dan SOLAS
5. *Loadcase* yang digunakan dalam perhitungan Stabilitas adalah *full load on departure, full load on arrival 10% cargo, ballast on departure 0% cargo 98% fuel and stores, ballast on arrival 0% cargo 10 fuel and stores.*
6. Perhitungan respon olah gerak kapal pada tiga derajat kebebasan pada kondisi stasioner dan bergerak pada kecepatan dinas
7. Beban lingkungan yang digunakan adalah beban gelombang dan angin
8. Konstruksi dan kekuatan struktur memanjang kapal tidak diperhitungkan
9. Biaya konstruksi dan operasi kapal tidak diperhitungkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Perkembangan industri minyak dan gas lepas pantai yang semakin maju menuntut semakin berkembangnya teknologi-teknologi penunjangnya. Tak terkecuali pada proses distribusi minyak dan gas dari sumur menuju tempat pemrosesannya. Ada beberapa metode yang biasa digunakan untuk mendistribusikan minyak dan gas dari sumur menuju ke tempat pemrosesannya. Salah satu dari metode tersebut adalah menggunakan kapal *tanker*. Kapal *tanker* merupakan kapal yang didesain untuk mengangkut muatan berupa minyak maupun produk olahannya. Karena kegunaannya sebagai pengangkut muatan dalam jumlah besar, ukuran utamanya dimaksimalkan sehingga memiliki bentuk lambung yang besar dengan koefisien blok yang besar dan kecepatan operasi yang lambat. Koefisien blok yang besar menyebabkan tahanan bentuk yang besar pula sehingga tahanan total sebuah kapal menjadi besar juga. Tahanan total yang besar akan meningkatkan kebutuhan *powering* untuk menggerakkan kapal tersebut (Holtrop dan Mennen, 1982). Semakin besar *power* yang dibutuhkan semakin besar juga konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan. Padahal, konsumsi bahan bakar membutuhkan biaya sekitar 50% dari keseluruhan biaya operasi (Linstad, 2013).

Prinsip *engineering* selalu menerapkan konsep yang dapat diterima secara teknologi dan teknik yang digunakan serta secara ekonomi. Agar mendapatkan hasil yang sesuai dan dapat diterima secara teknik dan ekonomi, maka dilakukanlah optimasi. Dalam proses perancangan dan konstruksi kapal, optimasi dilakukan pada dua fokus kegiatan yakni operasional dan desain. Optimasi desain menghendaki hasil desain yang optimal baik saat proses konstruksi maupun pada saat operasi. Pada kasus yang sering dijumpai pada kapal *tanker*, optimasi dilakukan guna mengurangi biaya operasional dengan cara mendesain kapal dengan ukuran

optimum yang memperhatikan aspek-aspek *ship design*. Lindstad dkk (2013) menjelaskan bahwa dengan meningkatkan lebar sebuah kapal dengan menjaga parameter lain (panjang, sarat dan *displacement*) konstan, sehingga menyebabkan koefisien bloknya menurun, merupakan cara yang efektif untuk mengurangi tahanan total dan konsumsi bahan bakar dari sebuah kapal. Utby (2016) melakukan penelitian yang lebih dalam terhadap penelitian yang telah dilakukan oleh Lindstad menggunakan kapal dengan ukuran sebenarnya dan pendekatan numerik pada perhitungan tahanan dan *powering*. Pada penelitian lain yang disampaikan oleh Michlaski (2014), prinsip optimasi desain dapat diterapkan guna mencari muatan maksimum yang dapat diangkut oleh sebuah kapal. Dengan melakukan optimasi pada tahap desain akan didapatkan sebuah hasil desain yang optimal baik secara operasional maupun pada saat konstruksi.

Pada penelitian ini akan dilakukan studi tentang alternatif desain pada ukuran kapal yang sebenarnya agar didapatkan tahanan kapal yang minimum dengan menjadikan *deadweight* kapal sebagai *constraint*. Dalam mencari ukuran utama alternatif dilakukan dengan proses analisis parametric dengan melakukan variasi pada parameter ukuran utama kapal. Ukuran utama yang didapat kemudian akan dilakukan analisis stabilitas dan respon dengan beberapa *loadcase* sesuai dengan kriteria yang ditetapkan oleh IMO.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Gambaran Umum Kapal Tanker

Kapal *tanker* adalah kapal yang digunakan untuk mengangkut muatan minyak mentah atau produknya. Terdapat dua jenis kapal *tanker* yaitu *crude oil tanker* dan *product oil tanker* (Hayler dan Keever, 2003). *Crude oil tanker* memuat minyak mentah untuk didistribusikan dari sumur menuju kilang *refinery*. *Product oil tanker* memuat hasil *refinery* dari kilang untuk disebarkan menuju stasiun penyimpanan. Karena muatannya yang sangat berat membuat *tanker* memiliki karakteristik yang unik yakni memiliki *freeboard* yang rendah.

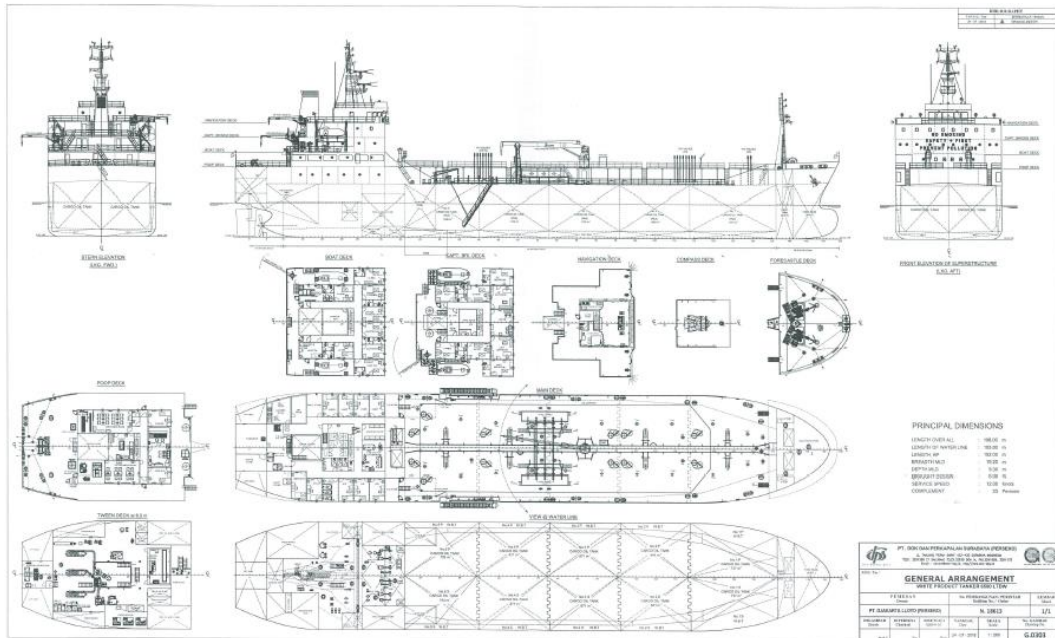
Freeboard yang rendah sendiri memberikan keuntungan ketika terjadi *slamming*, air akan memenuhi geladak utama dan mendinginkan geladak utama akibat panas dari muatan. Berdasarkan jumlah muatannya, *tanker* dibagi menjadi beberapa kategori seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Kategori *Tanker* Berdasarkan Jumlah Muatannya

Kategori	Jumlah Muatan
<i>Product Tanker</i>	10.000-60.000 DWT
Panamax	60.000-80.000 DWT
Aframax	80.000-120.000 DWT
Suezmax	120.000-200.000 DWT
VLCC	200.000-320.000 DWT
ULCC	320.000-550.000 DWT



Gambar 2. 1 Kapal *Tanker* (wartsila.com)



Gambar 2. 2 *General Arrangement Drawing Product Tanker 6500 DWT (PT. Dok dan Perkapalan Surabaya [Persero])*

Pada penelitian ini objek yang diteliti adalah *product tanker* 6500 DWT milik PT. Djakarta Lloyd. Kapal ini sedang dalam proses konstruksi di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero) sejak pertengahan tahun 2018. Adapun rencananya kapal ini akan mengangkut muatan *white product* milik PT. Pertamina. Kapal ini akan beroperasi di wilayah perairan Indonesia.

2.2.2 Estimasi Ukuran Utama

Dalam perencanaan kapal, masalah umum yang sering dialami oleh *designer* kapal adalah merancang kapal dengan muatan tertentu dan beroperasi pada kecepatan tertentu dengan biaya semurah mungkin. Padahal, dalam mendesain sebuah kapal banyak hal-hal yang perlu diperhatikan seperti ukuran utama, *hull form*, kapasitas muatan, *freeboard*, tahanan, propulsi, berat, biaya dan lain-lain. Hal pertama yang wajib dilakukan sebelum melakukan perencanaan kapal adalah menentukan ukuran utama. Pada penentuan ukuran utama, metode yang paling sering digunakan adalah mengambil acuan pada kapal sejenis yang telah ada. Metode tersebut dinamakan metode kapal pembanding dimana desain baru

harus memiliki tipe, ukuran, kecepatan dan daya mesin yang kurang lebih sama dengan kapal pembanding. Untuk menentukan ukuran utama kapal baru dari kapal pembanding, maka perlu diperhatikan beberapa hal berikut:

1. Perubahan pada panjang kapal (L) akan mengakibatkan perubahan yang signifikan pada berat kapal. Semakin panjang kapal, semakin berat dan semakin rumit konstruksinya serta biaya konstruksinya semakin meningkat. Namun peningkatan pada panjang kapal akan mengakibatkan penurunan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal pada kecepatan tertentu.
2. Perubahan pada lebar kapal (B) juga akan berdampak pada perubahan berat kapal namun tidak terlalu signifikan. Penambahan lebar kapal akan meningkatkan stabilitas kapal namun juga akan menambah daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal pada kecepatan tertentu.
3. Perubahan pada sarat kapal (T) dan Tinggi Kapal (H) merupakan perubahan yang paling murah yang dapat dilakukan. Namun perlu diperhatikan bahwa perubahan pada sarat (T) mengakibatkan perubahan pada seluruh konstruksi kapal.
4. Perubahan pada koefisien blok kapal (C_b) akan berdampak pada berat dan muatan yang dapat dimuat oleh kapal. Semakin besar C_b kapal semakin banyak muatan yang dapat diangkut, tetapi juga akan meningkatkan kebutuhan daya untuk menggerakkan kapal.

Perlu diperhatikan, dalam penentuan ukuran utama perlu diperhatikan agar ukuran utama yang direncanakan mampu memenuhi permintaan *deadweight* oleh *owner*.

2.2.3 Ship Resistance

Dalam perencanaan *floating bodies* seperti *barge*, *tanker*, *semi-submersible*, salah satu faktor yang perlu diperhatikan pada aspek hidrodinamisnya adalah pencapaian efisiensi badan *floating body* (*hull efficiency*) sebesar-besarnya (Murtedjo, 2002). Tujuannya adalah untuk memperoleh tahanan total yang

seminimal mungkin tetapi juga memiliki *propulsive coefficient* yang sebesar mungkin. Dengan kondisi tersebut maka kebutuhan *powering* menjadi relatif kecil untuk mendapatkan kecepatan yang diinginkan. Tahanan kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut (S.A. Harvald, 1983). Menurut F.H Todd (1967), tahanan kapal yang bekerja pada kapal dibagi dalam dua kelompok yaitu:

a. Friction Resistance

Merupakan tahanan yang disebabkan oleh bergeraknya kapal yang memiliki berbagai macam tingkat kekasaran dalam suatu fluida yang memiliki viskositas. Ada berbagai metode yang digunakan untuk mencari tahanan gesek, namun yang sering digunakan adalah persamaan Froude dan ITTC sebagai berikut:

- Froude Equation

$$R_f = \left(0,00871 + \frac{0,053}{8,8L}\right) S \cdot V^{1,825} \text{ (kN)} \quad (2.1)$$

Dimana :

R_f = Tahanan Gesek (lb)

L = Panjang Kapal atau Model (ft)

S = Luas Permukaan Basah (ft²)

V = Kecepatan Kapal (Knot)

- ITTC 1957 Equation

$$R_f = 0,5 \cdot \rho \cdot C_f \cdot S \cdot V^2 \text{ (kN)} \quad (2.2)$$

$$C_f = \frac{0,075}{(\log_{10} Rn - 2)^2} \quad (2.3)$$

$$Rn = \frac{V \cdot L}{\nu} \quad (2.4)$$

Dimana:

R_f = Tahanan Gesek (lb)

ρ = Massa Jenis Air Laut (lb.sec²/ft⁴)

S = Luas Permukaan Basah (ft²)

V = Kecepatan Kapal (Knot)

C_f = Koefisien Gesek

L = Panjang Kapal (ft)

ν = Viskositas Kinematik (ft^2/sec)

b. Residuary Resistance

Residuary resistance atau tahanan sisa merupakan kelompok tahanan non friksional yang terdiri dari:

- Tahanan Bentuk

Pada *floating body* yang bergerak dalam fluida yang memiliki viskositas akan bekerja tahanan bentuk/tahanan tekanan. Besar kecilnya tahanan tersebut bergantung pada faktor bentuk dari *floating body* di bawah permukaan air.

- Tahanan Tonjolan

Tahanan tonjolan timbul akibat sistem aliran fluida yang bekerja pada daerah tonjolan. Tonjolan pada suatu *floating body* dapat berupa konstruksi sistem kemudi, *shaft bracket*, *bilge keel*, *bulbous bow* dan lain-lain. Tonjolan tersebut dapat menimbulkan aliran turbulen yang menyebabkan tambahan tahanan.

- Tahanan Udara

Merupakan tahanan yang disebabkan oleh gaya luar (angin atau gerakan udara) yang mengenai bagian *floating body* diatas permukaan air. Tahanan udara tersebut dapat dipengaruhi oleh faktor kecepatan kapal, kecepatan udara/angin, luas permukaan badan kapal di atas air dan arah kapal terhadap angin.

- Tahanan Gelombang

Merupakan komponen tahanan yang berkaitan dengan energi yang dikeluarkan untuk menimbulkan gelombang gravitasi.

- Tahanan Tambahan

Merupakan komponen tahanan yang muncul/bekerja pada perairan dengan kondisi gelombang yang relatif besar sehingga menurunkan

kecepatan dari sebuah *floating body*. Adapun faktor yang menyebabkan terjadinya tahanan tambahan adalah respon struktur terhadap gelombang, refleksi gelombang, *propeller racing* dan *slamming*.

Untuk menghitung tahanan total dari sebuah *floating body*/kapal, berlaku persamaan sebagai berikut:

$$R_T = R_f + R_r \text{ (kN)} \quad (2.5)$$

Dimana :

R_T = Tahanan Total (kN)

R_f = Tahanan Gesek (kN)

R_r = Tahanan Sisa (kN)

Sedangkan menurut Holtrop dan Mennen (1982), tahanan yang bekerja pada kapal dibagi menjadi enam jenis yakni:

a. *Viscous Resistance*

Merupakan tahanan akibat kekentalan fluida yang bergerak pada suatu *floating body*. Persamaan dalam menghitung *viscous resistance* adalah sebagai berikut:

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_s^2 \cdot C_f \cdot (1 + k_1) \cdot S \text{ [kN]} \quad (2.6)$$

Dimana:

R_v = Tahanan kekentalan

V_s = Kecepatan kapal

C_f = Koefisien gesek ITTC 1957

$1+k_1$ = Faktor bentuk lambung terbuka

S = *Wetted Surface Area*

b. Appendages Resistance

Merupakan tahanan akibat tonjolan yang berada pada lambung kapal seperti *bilge keel* dan *rudder*. Persamaan untuk menghitung *appendages resistance* adalah sebagai berikut:

$$R_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_s^2 \cdot C_f \cdot (1 + k_1) \cdot S_{app} \text{ [kN]} \quad (2.7)$$

Dimana:

R_{app} = Tahanan tonjolan

V_s = Kecepatan kapal

C_f = Koefisien gesek ITTC 1957

$1+k$ = Faktor bentuk tonjolan lambung

S_{app} = *Wetted Surface Area* tonjolan pada lambung

c. Wave Making Resistance

Merupakan tahanan akibat gelombang yang mengenai suatu *floating body*. Persamaan untuk menghitung *wave making resistance* adalah sebagai berikut:

$$R_w = C_1 \cdot C_2 \cdot C_5 \cdot \nabla \cdot \rho \cdot g \cdot \exp(m_1 \cdot Fn^d + m_2 \cos \lambda Fn^{-2}) \text{ [kN]} \quad (2.8)$$

Dimana:

R_w = Tahanan gelombang

∇ = Volume *displacement*

ρ = Massa jenis air laut

g = Percepatan gravitasi

Fn = *Froude number*

d. Pressure Resistance of Bulbous Bow

Merupakan tahanan yang ditimbulkan oleh tekanan yang disebabkan oleh *bulbous bow* yang berada di dekat permukaan air. Persamaan untuk menghitung *pressure resistance of bulbous bow* adalah sebagai berikut:

$$R_b = 0,11 \cdot \exp(-3Pb^{-2}) Fn^3 \cdot Abt^{1,5} \cdot \rho \cdot g / (1 + Fni^2) \text{ [kN]} \quad (2.9)$$

Dimana:

R_b = Tahanan tekanan *bulbous bow*

- Fni = *Immersed froude number*
 Abt = Luas melintang *bulbous bow*
 ρ = Massa jenis air laut
 g = Percepatan gravitasi

e. *Pressure Resistance of Transom*

Merupakan tahanan yang ditimbulkan oleh tekanan yang disebabkan oleh *transom* yang terendam di dalam air. Persamaan untuk menghitung *pressure resistance of transom* adalah sebagai berikut:

$$R_{tr} = 0,5 \cdot \rho \cdot V_s^2 \cdot A_t \cdot C_6 \text{ [kN]} \quad (2.10)$$

Dimana:

- R_{tr} = Tahanan tekanan *transom*
 ρ = Massa jenis air laut
 V_s = Kecepatan kapal
 A_t = Luas *transom* yang terendam di dalam air

f. *Model Correlation Resistance*

$$R_a = 0,5 \cdot \rho \cdot V_s^2 \cdot S \cdot C_A \text{ [kN]} \quad (2.11)$$

$$C_A = 0,006(L_{wl} + 100)^{-0,16} - 0,00205 + 0,003 \left(\frac{L_{wl}}{7,5} \right)^{0,5} \cdot C_b^4 \cdot C_2(0,04 - C_4) \quad (2.12)$$

Dimana:

- R_a = Tahanan korelasi model
 ρ = Massa jenis air laut
 V_s = Kecepatan kapal
 S = *Wetted surface area*
 C_A = *Correlation allowance*
 L_{wl} = Panjang garis air
 C_b = Koefisien blok

Untuk menghitung tahanan total dari sebuah *floating body*/kapal menurut Holtrop dan Mennen (1982), berlaku persamaan sebagai berikut:

$$R_T = R_v + R_{app} + R_w + R_b + R_t + R_a \text{ (kN)} \quad (2.13)$$

Dimana :

R_T	= Tahanan Total	(kN)
R_v	= Tahanan Kekentalan	(kN)
R_{app}	= Tahanan Tonjolan	(kN)
R_w	= Tahanan Gelombang	(kN)
R_b	= Tahanan Tekanan akibat <i>Bulbous Bow</i>	(kN)
R_{tr}	= Tahanan Tekanan akibat <i>Transom</i>	(kN)
R_a	= Tahanan Korelasi Model	(kN)

2.2.4 Powering

Kebutuhan *powering* kapal bergantung dari tahanan total dan *propulsive coefficient* dari kapal tersebut. Tahanan total bergantung dari efisiensi bentuk *hull* sedangkan *propulsive coefficient* bergantung dari koefisien desain *propeller*. Gambar 2.1 menjelaskan hubungan efisiensi *hull* dan *propeller* kapal terhadap kebutuhan *powering* nya.



Gambar 2. 3 Hubungan antara efisiensi *hull*, *propeller* dan kebutuhan *powering* (Murtedjo, 2002)

Persamaan menghitung kebutuhan daya mesin adalah sebagai berikut:

$$EHP = \frac{R_T \cdot V_s}{75} \text{ (HP)} \quad (2.14)$$

$$DHP = \frac{EHP}{PC} = \frac{EHP}{\eta_H \cdot \eta_O \cdot \eta_{rr}} \text{ (HP)} \quad (2.15)$$

$$BHP = DHP \pm (5 - 10\%DHP) \text{ (HP)} \quad (2.16)$$

Dimana:

EHP : *Effective Horse Power*

DHP : *Delivery Horse Power*

BHP : *Brake Horse Power*

PC : *Propulsive Coefficient*

η_H : *Hull Efficiency*

η_O : *Propeller Efficiency Open Condition*

η_{rr} : *Relative Rotative Efficiency*

2.2.5 Estimasi Berat *Lightweight* dan Titik Berat

Estimasi berat *lightweight* kapal pada perencanaan desain kapal sangat penting. Hal tersebut disebabkan karena berat *lightweight* kapal erat kaitannya dengan karakteristik kapal terutama jumlah muatan dan tinggi sarat. Berat *lightweight* kapal umumnya dikelompokkan menjadi tiga komponen berikut:

1. Berat Baja

Meliputi seluruh berat struktur baja kapal seperti berat *hull construction* dan *superstructure*.

2. Berat *Outfitting*

Meliputi seluruh berat *outfitting* dan peralatan kapal seperti *cargo handling*, perpipaan, interior dan lain-lain

3. Berat Permesinan

Meliputi seluruh berat yang terdapat pada kamar mesin termasuk berat dari mesin induk dan generator serta berat system propulsi

Ada berbagai macam pendekatan dalam estimasi berat *lightweight*. Berbeda cara pendekatan dapat memberikan hasil yang berbeda juga. Dalam proses

optimasi, estimasi-estimasi seperti ini sangat mempengaruhi kualitas penyelesaian yang akan diambil sehingga diperlukan kecermatan baik dalam proses optimasi maupun pengambilan keputusan. Dalam penelitian ini, estimasi berat *lightweight* dilakukan dengan pendekatan yang diberikan oleh /ORGV6KLSSLQ5HJLVW(1964) dan Cudina (2008).

2.2.6 Stabilitas Kapal

a. Stabilitas Kapal Secara Umum

Stabilitas adalah keseimbangan dari kapal atau kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula setelah mengalami kemiringan akibat gaya-gaya luar (Rubianto, 1996). Secara umum hal-hal yang mempengaruhi stabilitas kapal dikelompokkan menjadi dua faktor yakni:

- a. Faktor Internal : Akibat tata letak muatan, bentuk/ukuran kapal dan kebocoran akibat kerusakan
- b. Faktor Eksternal : Akibat gaya luar seperti angin, ombak arus dan badai

Sedangkan menurut sifatnya, stabilitas kapal dibagi menjadi dua yakni:

- a. Stabilitas Statis : Terdiri atas stabilitas memanjang dan melintang. Stabilitas memanjang merupakan kemampuan kapal untuk kembali ke posisi awalnya setelah mengalami oleng dengan arah memanjang akibat adanya gaya luar. Stabilitas melintang merupakan kemampuan kapal untuk kembali ke posisi awalnya setelah mengalami oleng dengan arah melintang akibat adanya gaya luar. Stabilitas statis dapat dibagi menjadi dua jenis yakni sudut oleng kecil ($0 - 15^\circ$) dan sudut oleng besar ($>15^\circ$). Pada sudut oleng kecil berlaku persamaan sebagai berikut:

$$M_R = \Delta x GMT. \sin \theta \quad (t.m) \quad (2.17)$$

Dimana:

$$M_R = \textit{Righting Moment} \quad (ton.m)$$

Δ = *Displacement* (ton)

GMT = Tinggi *metacentre* melintang terhadap titik berat G (m)

θ = Sudut oleng kapal (0 - 15°)

Sedangkan pada sudut oleng besar berlaku persamaan sebagai berikut:

$$M_R = \Delta \left[\left(GMT + \frac{1}{2} BMT \tan^2 \theta \right) \sin \theta \right] \quad (\text{t.m}) \quad (2.18)$$

Dimana:

M_R = *Righting Moment* (ton.m)

Δ = *Displacement* (ton)

GMT = Tinggi *metacentre* melintang terhadap titik berat G (m)

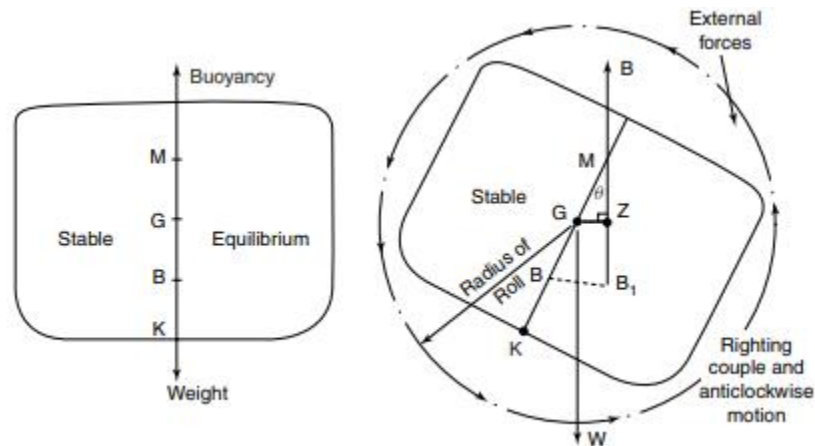
BMT = Jari-jari *metacentre* melintang terhadap titik apung B (m)

θ = Sudut oleng kapal (>15°)

- b. *Stabilitas Dinamis* : Merupakan kemampuan kapal untuk menahan gaya luar pada saat kondisi kapal oleng atau mengguk. Analisis stabilitas dinamis biasanya dilakukan pada saat kondisi tertentu seperti pada saat kondisi badai atau saat proses *launching* kapal.

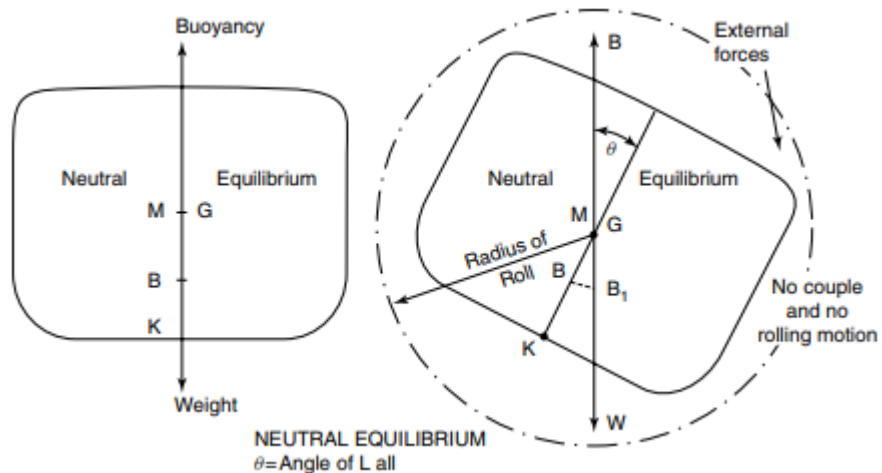
Sedangkan menurut keadaanya, terdapat tiga macam stabilitas yakni:

- a. *Stabilitas Positif* : Keadaan dimana titik *metacentre* (M) kapal berada di atas titik berat (G) sehingga kapal memiliki stabilitas yang baik karena kapal memiliki kemampuan untuk mengembalikan posisinya.



Gambar 2. 4 Stabilitas Positif (Barras, 2006)

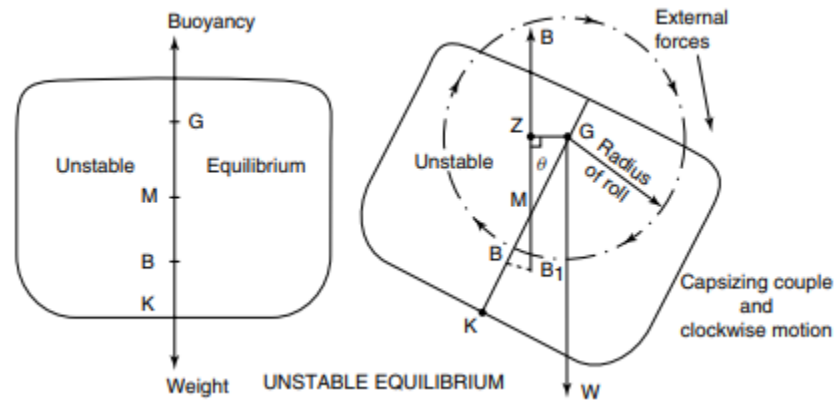
- b. Stabilitas Netral : Keadaan dimana titik *metacentre* (M) kapal berhimpitan dengan titik berat (G) sehingga kapal memiliki stabilitas netral. Pada kondisi ini kapal tidak memiliki kemampuan untuk mengembalikan posisinya sehingga kapal akan tetap olek saat mengalami oleng.



Gambar 2. 5 Stabilitas Netral (Barras, 2006)

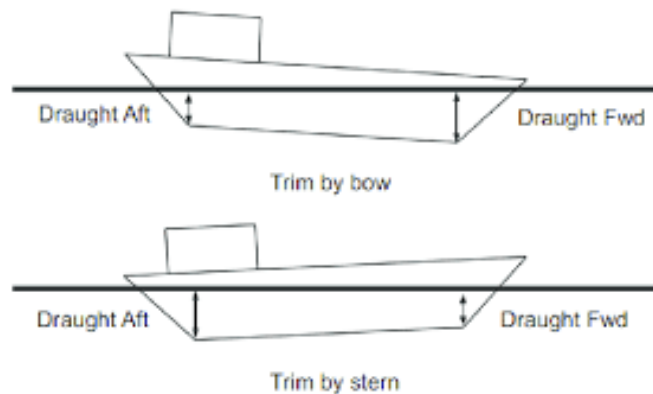
- c. Stabilitas Negatif : Keadaan dimana titik *metacentre* (M) kapal berada di bawah titik berat (G) sehingga kapal memiliki stabilitas negatif. Pada kondisi ini ketika kapal mengalami oleng, kapal tidak memiliki kemampuan untuk mengembalikan posisinya dan sudut

olengnya akan semakin membesar sehingga kapal akan mengalami *capsize*.



Gambar 2. 6 Stabilitas Negatif (Barras, 2006)

Dari yang sudah dijelaskan diatas bahwa kapal mengalami oleng (*heeling*) apabila dikenai gaya luar ditinjau dalam perspektif melintang. Apabila ditinjau dalam perspektif memanjang, kapal akan mengalami anggukan (*trim*) baik ke depan (*by bow*) maupun ke belakang (*by stern*). Ketika kapal mengalami *trim* maka akan muncul perbedaan sarat antara bagian haluan (*bow*) dan bagian buritan (*stern*). Menurut DNV-GL (2011) *trim* maksimal yang boleh dialami oleh sebuah kapal adalah 1% dari panjang perpendikularnya (L_{pp}) baik ke depan maupun ke belakang. Umumnya, kapal lebih cenderung mengalami *trim* belakang.



Gambar 2. 7 *Trim* Kapal (Ziylan, 2016)

b. Stabilitas Kapal Menurut IMO

Perhitungan stabilitas pada penelitian ini akan mengacu pada persyaratan *International Maritime Organization (IMO), Intact Stability for All Types of Ship Covered by IMO Instrument Restriction A.749(18), Chapter 3.1 – General Intact Stability Criteria for All Ships*. Kriteria yang harus dipenuhi antara lain:

- Luas kurva di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0,055 m.rad atau 3,151 m.deg sampai dengan sudut oleng 30°
- Luas kurva di bawah kurva GZ sampai dengan sudut oleh 40° tidak kurang dari 0,099 m.rad atau 5,157 m.deg
- Luas kurva di bawah kurva GZ antara sudut oleng 30°-40° tidak boleh kurang dari 0,03 m.rad atau 1,719 m.deg
- Panjang lengan GZ pada sudut oleng 30° atau lebih tidak boleh kurang dari 0,2
- Panjang lengan GZ maksimum terjadi pada sudut oleng lebih dari 30°, tetapi juga tidak kurang dari 25°
- Tinggi *metacentre* (GM) awal tidak boleh kurang dari 0,15 m

2.2.7 Teori Dasar Olah Gerak Bangunan Apung

Pada saat beroperasi di lepas pantai, sebuah bangunan terapung akan mengalami enam moda gerakan bebas (*six degree of freedom*). Keenam moda gerak tersebut dibagi menjadi dua gerakan yakni gerakan translasional dan gerakan rotasional. Menurut Bhattacharrya (1978), pembagian tersebut dibagi sebagai berikut:

a. Gerakan Translasional

merupakan gerak osilasi yang bekerja pada sumbu x,y dan z tanpa menyebabkan perubahan sudut terhadap keadaan *equilibrium* nya. Gerakan translasional meliputi:

- *Heave*

Merupakan gerakan translasional ke atas dan bawah terhadap sumbu z.

Persamaan gerak *heave* adalah:

$$\ddot{a}z + \dot{b}z + cz = F_0 \cos \omega_e t \quad (2.19)$$

Dimana:

a = *Inertia coefficient*

b = *Damping coefficient*

c = *Restoring coefficient*

z = *Heave Motion Path/lintasan gerakan heave*

\dot{z} = *Velocity*

\ddot{z} = *Acceleration*

$a\ddot{z}$ = *Inertia Force*

$b\dot{z}$ = *Damping Force*

cz = *Restoring Force*

$F_0 \cos \omega_e t$ = *Exciting Force*

ω_e = *Wave Encounter Freq*

F_0 = *Amplitude heave exciting force*

t = *Periode Gelombang*

Gambar 2.8 Ilustrasi Gerakan *Heave* (Murtedjo, 1999)

- *Sway*

Merupakan gerakan translasional ke samping ke arah *starboard* dan *portside* terhadap sumbu y. Persamaan gerak *sway* adalah:

$$\ddot{a}y + \dot{b}y + cy = F_0 \cos \omega_e t \quad (2.20)$$

Dimana:

a	= <i>Inertia coefficient</i>
b	= <i>Damping coefficient</i>
c	= <i>Restoring coefficient</i>
y	= <i>Sway Motion Path/lintasan gerakan sway</i>
\dot{y}	= <i>Velocity</i>
\ddot{y}	= <i>Acceleration</i>
$a\ddot{y}$	= <i>Inertia Force</i>
$b\dot{y}$	= <i>Damping Force</i>
cy	= <i>Restoring Force</i>
$F_0 \cos \omega_e t$	= <i>Exciting Force</i>
ω_e	= <i>Wave Encounter Freq</i>
F_0	= <i>Amplitude sway exciting force</i>
t	= <i>Periode Gelombang</i>

Gambar 2. 9 Ilustrasi Gerakan Sway (Murtedjo, 1999)

- *Surge*

Merupakan gerakan translasional maju mundur sesuai arah gerak kapal terhadap sumbu x. Persamaan gerak *surge* adalah:

$$\ddot{ax} + \dot{bx} + cx = F_0 \cos \omega_e t \quad (2.21)$$

Dimana:

a	= <i>Inertia coefficient</i>
b	= <i>Damping coefficient</i>
c	= <i>Restoring coefficient</i>

x	= <i>Surge Motion Path/lintasan gerakan surge</i>
\dot{x}	= <i>Velocity</i>
\ddot{x}	= <i>Acceleration</i>
$a\ddot{x}$	= <i>Inertia Force</i>
$b\dot{x}$	= <i>Damping Force</i>
cx	= <i>Restoring Force</i>
$F_0 \cos \omega_e t$	= <i>Exciting Force</i>
ω_e	= <i>Wave Encounter Freq</i>
F_0	= <i>Amplitude surge exciting force</i>
t	= <i>Periode Gelombang</i>

Gambar 2. 10 Ilustrasi Gerakan *Surge* (Murtedjo, 1999)

- b. Gerakan Rotasional merupakan gerak osilasi yang bekerja pada sumbu x,y dan z dan menyebabkan perubahan sudut terhadap keadaan *equilibrium* nya. Gerakan translasional meliputi:

- *Yaw*

Merupakan gerakan rotasional dengan pusat gerak sumbu z. Persamaan gerak *yaw* adalah:

$$a\ddot{\phi} + b\dot{\phi} + c\phi = M_0 \cos \omega_e t \quad (2.22)$$

Dimana:

a	= <i>Inertia coefficient</i>
b	= <i>Damping coefficient</i>
c	= <i>Restoring coefficient</i>
M	= <i>Sudut Yawing</i>

$\dot{\phi}$	= Velocity
$\ddot{\phi}$	= Acceleration
$a\ddot{\phi}$	= Inertia Moment
$b\dot{\phi}$	= Damping Moment
$c\phi$	= Restoring Moment
$M_0 \cos \omega_e t$	= Exciting Moment
ω_e	= Frekuensi Gelombang <i>Encounter</i>
M_0	= Amplitude yaw exciting moment
t	= Periode Gelombang

Gambar 2. 11 Ilustrasi Gerakan Yaw (Murtedjo, 1999)

- *Pitch*

Merupakan gerakan rotasional dengan pusat gerak sumbu y. Persamaan gerak *pitch* adalah:

$$a\ddot{\theta} + b\dot{\theta} + c\theta = M_0 \cos \omega_e t \quad (2.23)$$

a	= Inertia coefficient
b	= Damping coefficient
c	= Restoring coefficient
θ	= Sudut <i>Pitching</i>
$\dot{\theta}$	= Velocity
$\ddot{\theta}$	= Acceleration
$a\ddot{\theta}$	= Inertia Moment
$b\dot{\theta}$	= Damping Moment

$c\theta$	= Restoring Moment
$M_0 \cos \omega_e t$	= Exciting Moment
ω_e	= Frekuensi Gelombang <i>Encounter</i>
M_0	= Amplitude pitch exciting moment
t	= Periode Gelombang

Gambar 2. 12 Ilustrasi Gerakan *Pitch* (Murtedjo, 1999)

- *Roll*

Merupakan gerakan rotasional dengan pusat gerak sumbu x. Persamaan gerak *roll* adalah:

$$a\ddot{\phi} + b\dot{\phi} + c\phi = M_0 \cos \omega_e t \quad (2.24)$$

Dimana:

a	= Inertia coefficient
b	= Damping coefficient
c	= Restoring coefficient
ϕ	= Sudut <i>Rolling</i>
$\dot{\phi}$	= Velocity
$\ddot{\phi}$	= Acceleration
$a\ddot{\phi}$	= Inertia Moment
$b\dot{\phi}$	= Damping Moment
$c\phi$	= Restoring Moment
$M_0 \cos \omega_e t$	= Exciting Moment

ωe	= Frekuensi Gelombang <i>Encounter</i>
M_0	= <i>Amplitude roll exciting moment</i>
t	= Periode Gelombang

Gambar 2. 13 Ilustrasi Gerakan *Roll* (Murtedjo, 1999)

2.2.8 Gerakan Enam Derajat Kebebasan

Bangunan apung yang bergerak dalam enam derajat kebebasan diasumsikan sebagai gerak harmonik dan linier. Persamaan differensial gerakan *couple* pada sebuah gerakan apung yang bergerak pada enam derajat kebebasan adalah sebagai berikut:

$$\sum_{n=1}^6 [(M_{jk} + A_{jk})\ddot{\zeta}_k + B_{jk}\dot{\zeta}_k + K_{jk}\zeta_k] = F_j e^{i\omega t}; j, k = 1 \dots 6 \quad (2.25)$$

Dimana:

M_{jk} = Matriks massa dan momen inersia bangunan laut

A_{jk} = Matriks koefisien massa tambah hidrodinamik

B_{jk} = Matriks koefisien redaman hidrodinamik

K_{jk} = Matriks koefisien kekakuan hidrodinamik

F_j = Matriks gaya eksitasi (F_1, F_2, F_3) dan momen eksitasi (F_4, F_5, F_6) dalam fungsi kompleks (dinyatakan oleh e^{LW})

ζ_k = Elevasi gerakan pada moda ke k

$\dot{\zeta}_k$ = Elevasi kecepatan pada moda ke k

$\ddot{\zeta}_k$ = Elevasi percepatan pada moda ke k

Persamaan diatas menunjukkan hubungan antara gaya aksi dan reaksi yang disebabkan oleh gelombang. Gaya aksi direpresentasikan oleh persamaan pada ruas kanan yang merupakan eksitasi gelombang terhadap bangunan apung. Gaya reaksi ditunjukkan oleh persamaan pada ruas kiri yang terdiri atas gaya inersia, redaman dan pengembali yang masing-masing berkorelasi dengan percepatan gerak, kecepatan gerak dan simpangan atau *displacement* gerakan (Djarmiko, 2012).

2.2.9 Response Amplitude Operator

Salah satu informasi penting yang harus digunakan dalam perancangan bangunan terapung adalah karakteristik gerakan bangunan terapung itu sendiri. Informasi tersebut disajikan dalam bentuk grafik dengan absis parameter frekuensi dan ordinat rasio amplitudo gerakan (ζ_{k0}) dan amplitudo gelombang (ζ_0). *Response Amplitude Operator* (RAO) mentransfer beban luar (gelombang) menjadi respon yang diterima oleh sebuah bangunan terapung. RAO juga dikenal sebagai *transfer function* (Bhattacharyya, 1978). Respon gerakan RAO untuk gerak translasional dan rotasional adalah sebagai berikut:

a. Gerakan Translasional

$$RAO = \frac{\zeta_{k0}}{\zeta_0} (m/m) \quad (2.26)$$

Dimana:

ζ_{k0} = Amplitudo gerakan (m)

ζ_0 = Amplitudo gelombang (m)

b. Gerakan Rotasional

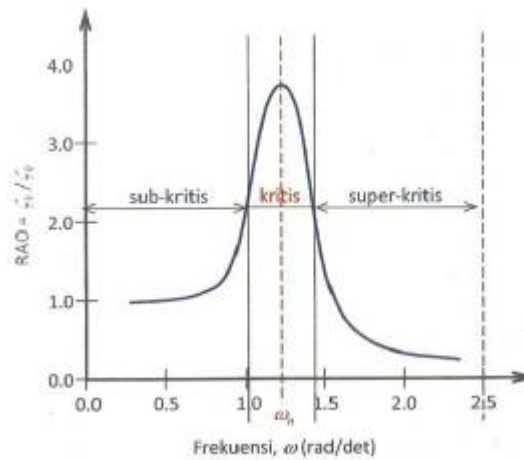
$$RAO = \frac{\zeta_{k0}}{k_w \zeta_0} = \frac{\zeta_{k0}}{(\omega^2/g)\zeta_0} (deg/m) \quad (2.27)$$

Dimana:

ζ_{k0} = Amplitudo gerakan (m)

- ζ_0 = Amplitudo gelombang (m)
- k_w = Angka Gelombang
- ω = Frekuensi gelombang (rad/sec)
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Pada dasarnya, bentuk grafik respon gerakan bangunan terapung adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 14 Grafik Respon Gerakan Bangunan Apung (Djarmiko, 2012)

Mengacu pada Gambar 2.30, kurva respon gerakan bangunan apung pada dasarnya dibagi menjadi tiga bagian yakni:

- Sub-Kritis : Merupakan daerah dengan frekuensi rendah dengan periode gelombang yang panjang. Pada daerah ini bangunan laut bergerak mengikuti pola elevasi gelombang yang panjang sehingga amplitudo gerakan kurang lebih akan sama dengan amplitudo gelombang.
- Kritis : Merupakan daerah frekuensi rendah hingga puncak kurva dengan frekuensi tinggi. Puncak kurva berada pada frekuensi alami yang merupakan daerah resonansi sehingga respon gerakan mengalami perbesaran yang berlebih.
- Super-Kritis : Merupakan daerah dengan frekuensi tinggi dengan periode gelombang yang pendek. Pada daerah ini respon gerakan akan mengecil dikarenakan puncak gelombang yang semakin rapat. Akibatnya, gerakan yang

ditimbulkan layaknya ketika bangunan berada pada permukaan air yang datar (Djarmiko, 2012).

2.2.10 Spektra Gelombang

Pada perancangan bangunan terapung, sangat penting untuk memperhatikan karakteristik gelombang dimana bangunan tersebut direncanakan untuk beroperasi. Di kehidupan nyata tidak ada gelombang yang bersifat reguler, semuanya bersifat acak dengan frekuensi dan periode yang tak menentu pada suatu rentang waktu. Pendekatan yang dilakukan jelas berbeda jika dibandingkan dengan perencanaan pada gelombang reguler. Untuk gelombang acak, dilakukan perhitungan spektra gelombang yang mendeskripsikan energi yang dimiliki oleh gelombang dan distribusikan ke seluruh jangkauan frekuensi yang ada. Pemilihan spektra energi harus sesuai dengan kondisi di lapangan dan desain bangunan lepas pantai wajib disesuaikan dengan spektra gelombang dimana struktur akan direncanakan.

Ada berbagai teori untuk menghitung spektra gelombang diantaranya adalah JONSWAP, Pierson –Moskowitz, ISSC, ITTC, Wang dan lain-lain. Pemilihan dari teori yang akan digunakan bergantung dari lokasi yang akan direncanakan. Untuk kawasan Indonesia, teori yang digunakan adalah JONSWAP karena perairan Indonesia merupakan perairan yang tertutup seperti perairan di Laut Utara. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan spektra gelombang dengan metode JONSWAP adalah sebagai berikut:

$$S_{\zeta}(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp \left[-1,25 \left(\omega / \omega_0 \right)^{-4} \right] \gamma^{\exp \left[\frac{(\omega - \omega_0)^2}{2\tau \omega_0^2} \right]} \quad (2.28)$$

Dimana:

S_{ζ} = Spektra gelombang JONSWAP

α = gX/U_w^2 atau 0,0081 apabila X tidak diketahui

X = Panjang *fetch*

U_w = Kecepatan angin

γ = Parameter ketinggian

τ = Parameter bentuk; 0,07 jika $\omega \leq \omega_0$ dan 0,09 jika $\omega > \omega_0$

ω_0 = $2\pi(g/U_w)(X_0)^{-0,33}$

Adapun parameter ketinggian (γ) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\gamma = EXP \left[3,48439 \left(1 - 0,1975 \left(0,036 - 0,0056 \frac{T_p}{H_s} \right) \frac{T_p^4}{\sqrt{H_s^2}} \right) \right] \quad (2.29)$$

Dimana:

T_p = Periode puncak spektra

H_s = Tinggi gelombang signifikan

Berdasarkan berbagai kajian pada perairan Indonesia, disarankan untuk memakai parameter ketinggian (γ) antara 2,0 – 2,5. Hal ini disarankan guna mengurangi dominasi energi yang disebabkan oleh kontribusi energi gelombang pada beberapa frekuensi tertentu (Djatkiko, 2012).

2.2.11 Spektra Respon

Respon bangunan terapung di gelombang acak bisa diperoleh apabila *response amplitude operator* (RAO) dapat dikorelasikan sedemikian rupa dengan spektra gelombang $S_\zeta(\omega)$. Korelasi ini secara substansi sama dengan mentransformasi energi gelombang menjadi energi respon (Djatkiko, 2012). Sehingga transformasi spektra gelombang menjadi spektra respon adalah sebagai berikut:

$$S_{\zeta_r}(\omega) = RAO^2 x S_\zeta(\omega) \quad (2.30)$$

Dimana:

$S_{\zeta_r}(\omega)$ = Spektra respon (ft²/sec)

S_ζ = Spektra gelombang (ft²/sec)

RAO = *Response amplitude operator*

ω = frekuensi angular (rad/sec)

2.2.12 Respon Gerakan Bangunan Melaju

Karena kapal beroperasi pada kecepatan tertentu pada kebanyakan waktu operasinya, maka analisis spektral harus dilakukan dengan memperhitungkan frekuensi papasan serta faktor koreksi arah propagasi gelombang. Hal ini sama dengan mengubah frekuensi gelombang insiden menjadi frekuensi gelombang papasan. Frekuensi gelombang insiden merupakan frekuensi gelombang yang mengenai struktur dalam keadaan stasioner atau diam, sedangkan frekuensi gelombang papasan merupakan frekuensi gelombang yang mengenai struktur dalam keadaan bergerak atau melaju dengan kecepatan tertentu. Persamaan untuk menghitung frekuensi gelombang papasan adalah sebagai berikut

$$\omega_e = \omega \left(1 - \frac{\omega V_s}{g} \cos \mu \right) \quad (2.31)$$

Dimana:

ω_e = frekuensi papasan (rad/sec)

ω = frekuensi insiden (rad/sec)

V_s = kecepatan kapal (knot)

μ = sudut propagasi kapal

Dengan menurunkan persamaan 2.33, maka akan didapatkan interval antara frekuensi insiden dengan frekuensi papasan sebagai berikut:

$$\delta \omega_e = 1 - \frac{2\omega V_s}{g} \cos \mu \quad (2.32)$$

Dengan mengacu pada interval tersebut, maka spektra gelombang papasan akan memiliki hubungan dengan spektra gelombang insiden sebagai berikut:

$$S_\zeta(\omega_e) \delta \omega_e = S_\zeta(\omega) \delta \omega \quad (2.33)$$

atau

$$S_\zeta(\omega_e) = \frac{g}{g - 2\omega V_s \cos \mu} S_\zeta(\omega) \quad (2.34)$$

Dengan demikian, untuk melakukan analisis spektra pada bangunan laut atau kapal yang melaju dengan kecepatan dan arah tertentu, maka persamaan spektra pada persamaan 2.32 dapat digunakan dengan memasukkan RAO dan spektra gelombang yang berdasarkan frekuensi papasan.

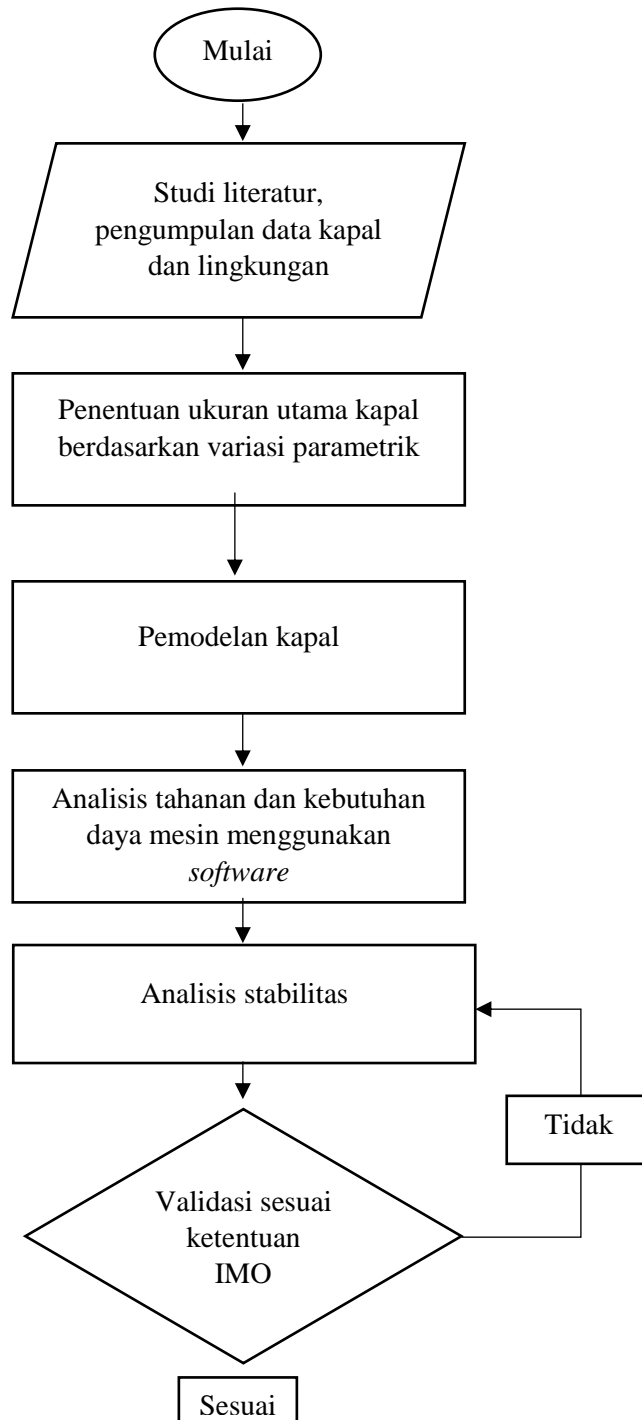
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

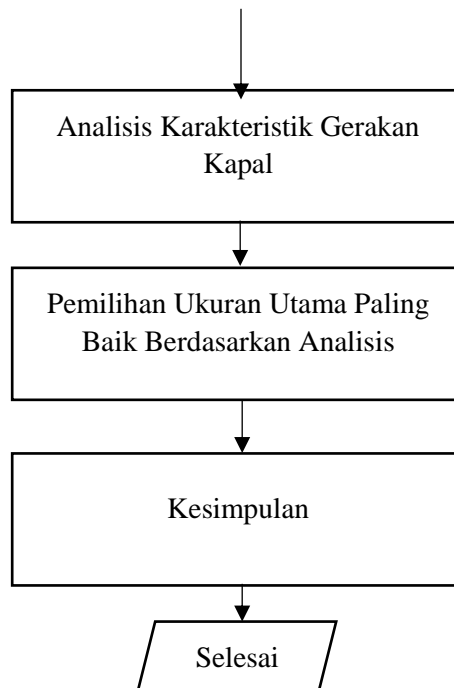
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Pengerjaan Penelitian/Ganti Alur

Langkah-langkah pengerjaan Tugas Akhir ini akan dijelaskan pada diagram alir pada Gambar 3.1 berikut:





Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan

3.2. Prosedur Penelitian

Pada bagian ini akan prosedur pada tiap langkah yang akan dilakukan pada pengerjaan Tugas Akhir ini.

3.2.1. Studi Literatur dan Pengumpulan Data

Pengumpulan literatur-literatur yang relevan terkait permasalahan yang akan dibahas terkait perancangan dasar kapal. Literatur yang digunakan dapat berupa tugas akhir atau thesis yang relevan, *codes* dan *rules* yang dikeluarkan oleh *classification*, jurnal internasional, buku dan *software* yang akan digunakan. Pengumpulan data dilakukan sebagai *input* dari permasalahan yang akan dilakukan penelitian. Data yang diperoleh adalah milik PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero). Adapun data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Data kapal pembanding sebagai acuan untuk melakukan proses optimasi. Data yang digunakan adalah data ukuran utama kapal yang sedang direncanakan oleh PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero).

- Data muatan yang direncanakan sebagai *input* untuk melakukan proses perhitungan *preliminary stability*. Data yang digunakan adalah data *preliminary stability* kapal yang sedang direncanakan oleh PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero).
- Data lingkungan sebagai *input* untuk melakukan proses analisis respon gerak kapal pada saat operasi. Data yang digunakan adalah data perairan laut Indonesia.

3.2.2. Penentuan Ukuran Utama

Penentuan ukuran utama dilakukan dengan pendekatan parametrik dengan cara melakukan variasi sebaran pada data awal yang telah didapatkan dari data sekunder.

3.2.3. Proses Pemodelan Kapal Menggunakan CAD

Pemodelan kapal berdasarkan ukuran utama yang telah didapatkan dari proses optimasi menggunakan *software* CAD. Pada proses ini akan dihasilkan gambar rencana garis (*lines plan*) serta *general arrangement* yang sesuai dengan ukuran optimum. Gambar *lines plan* diperlukan untuk mengetahui bentuk lambung serta karakteristiknya sebelum dilakukan perhitungan Tahanan, Daya mesin dan Stabilitas awal. Gambar *general arrangement* diperlukan untuk mengetahui rencana *cargo tank*, *fuel tank*, *fresh water tank*, *waterballast tank* dan tangki-tangki lain serta rencana bangunan atas. Hal-hal tersebut berkaitan dengan titik berat kapal pada kondisi kosong.

3.2.4. Analisis Resistance Model Menggunakan Software

Analisis tahanan dan *powering* dari kapal yang telah dilakukan optimasi menggunakan *software* CFD dengan metode Holtrop. Hasil yang didapat akan digunakan sebagai input untuk melakukan perhitungan kebutuhan *powering* dari model yang baru.

3.2.5. Analisis Stabilitas Model Menggunakan *Software*

Analisis stabilitas sesuai dengan ketentuan IMO dari model kapal yang telah dilakukan optimasi menggunakan *software* CFD. Pada proses ini akan dilakukan pemodelan pembebanan sesuai *loadcase* yang telah ditentukan. Pemodelan pembebanan berupa pemodelan tangki-tangki muatan pada tiap *loadcase*.

3.2.6. Analisis Karakteristik Gerakan Kapal Menggunakan *Software*

Analisis karakteristik gerakan model kapal yang telah dilakukan optimasi menggunakan *software* CFD sesuai dengan data lingkungan yang ada. Analisis dilakukan baik saat kapal berada pada kondisi stasioner dan melaju pada kecepatan dinas.

3.2.7. Perbandingan Hasil Analisis dan Kesimpulan

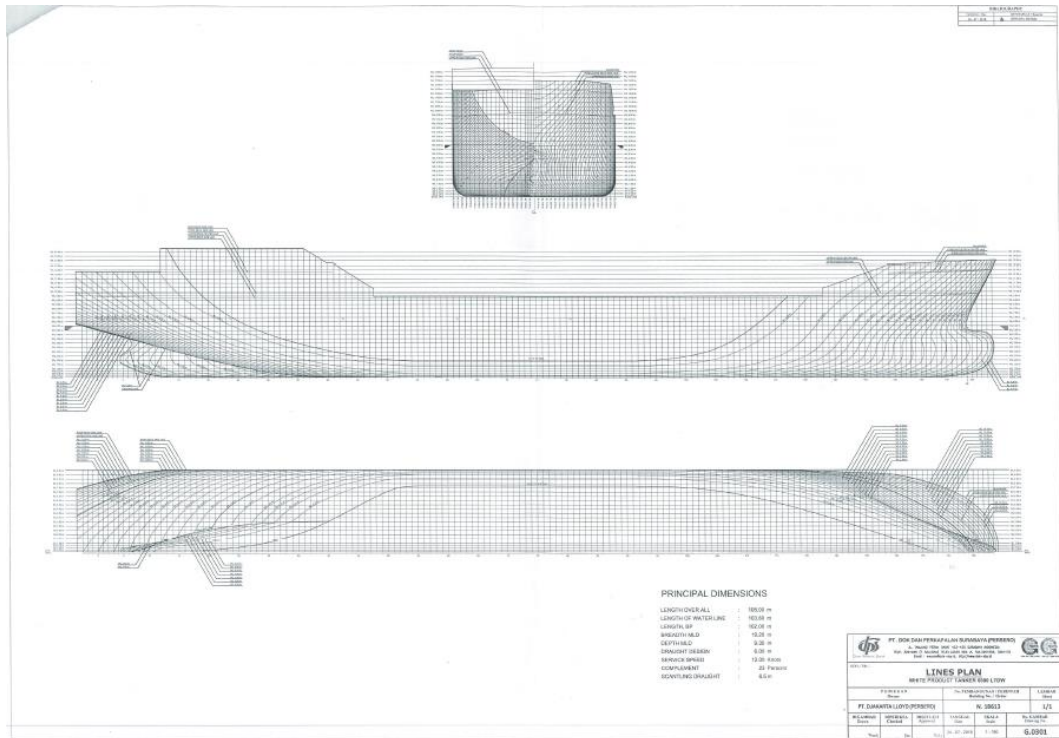
Hasil optimasi dan analisis yang telah dilakukan akan dibandingkan dengan data awal yang telah didapatkan. Kesimpulan akan diambil berdasarkan perbandingan tersebut.

3.3. Data Penelitian

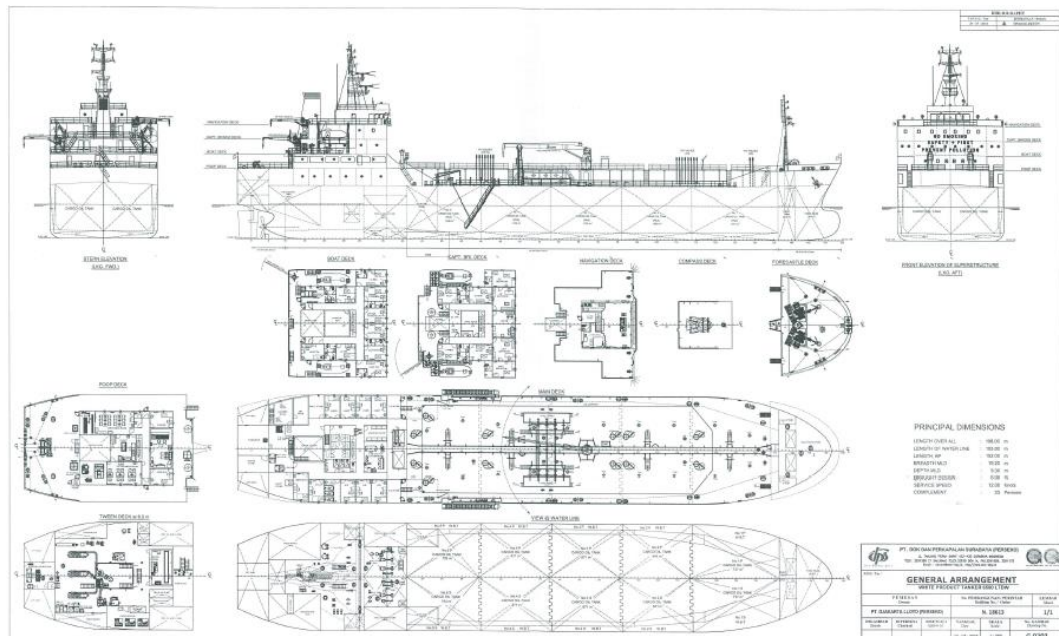
Berikut adalah data-data yang sudah dikumpulkan sebagai bahan untuk melakukan penelitian dalam Tugas Akhir ini.

3.3.1. Data Ukuran Utama Kapal

Data kapal yang digunakan adalah data kapal 6500 DWT yang sedang dikerjakan oleh PT. Dok dan Perkapalan Surabaya yang tertera dalam bentuk *Lines Plan* dan *General Arrangement* pada Gambar 3.2 dan 3.3.



Gambar 3. 2 Lines Plan Product Tanker 6500 DWT (PT. Dok dan Perkapalan Surabaya [Persero])



Gambar 3. 3 General Arrangement Product Tanker 6500 DWT (PT. Dok dan Perkapalan Surabaya [Persero])

Adapun ukuran utama dari kapal tersebut disajikan pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Ukuran Utama Kapal (PT. Dok dan Perkapalan Surabaya [Persero])

Parameter	Simbol	Ukuran	Satuan
Panjang Seluruhnya	Loa	108	m
Panjang Garis Air	Lwl	103,8	m
Panjang Garis Tegak	Lpp	102	m
Lebar	B	19,2	m
Tinggi	H	9,3	m
Sarat	T	6	m
Kecepatan Dinas	Vs	12	Knot

3.3.2. Data Muatan Kapal

Data yang diperoleh merupakan data muatan dalam kondisi muatan *full load* pada kondisi *departure*. Data muatan yang akan diangkut oleh *product tanker* 6500 DWT akan disajikan dalam Tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Muatan Kapal Kondisi *Full Load* (PT. Dok dan Perkapalan Surabaya [Persero])

Title	Departure	Seagoing
	Weight (t)	
<i>Cargo Oil Tank</i>	5764,6	5764,6
<i>Fresh Water Tank</i>	188,5	102,2
<i>Diesel Oil Tank</i>	386	223,3
<i>Lube Oil Tank</i>	54,1	38
<i>Water Ballast Tank</i>	79,6	79,6
<i>Slop Tank</i>	1,8	1,8
<i>High Speed Diesel Tank</i>	83,8	52
<i>Deadweight Constant</i>	16,2	16,2

3.3.3. Data Lingkungan

Data yang digunakan merupakan data karakteristik gelombang perairan Indonesia. Diasumsikan besar data yang digunakan adalah rerata kejadian. Berikut asumsi data karakteristik gelombang perairan Indonesia yang disajikan pada Tabel 3.5 sebagai berikut:

Tabel 3. 3 Karakteristik Gelombang Perairan Indonesia

Parameter	Value
<i>Modal Wave Period</i>	4,0 – 6,0 s
<i>Average Wind Speed</i>	1,3 – 6,3 m/s
<i>Significant Wave Height</i>	1,0 – 4,0 m
<i>Charactheristic Height</i>	2,0 – 2,5 m

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Ukuran Utama

Dalam penelitian ini, akan ditinjau alternatif desain kapal berdasarkan ukuran kapal yang sudah ada dengan memperhatikan tahanan totalnya. Desain yang baru harus memenuhi kriteria-kriteria tertentu, dalam kasus ini *deadweight* kapal harus dijaga tetap. Untuk menentukan ukuran utama, dilakukan analisis parametrik dengan memberikn variasi pada panjang (L) dan lebar (B) kapal. Variasi ukuran yang akan ditinjau dapat dituliskan sebagai berikut:

$$L_1 = 105\% L_0 \text{ dan } B_1 = 95\% B_0$$

$$L_2 = 110\% L_0 \text{ dan } B_2 = 90\% B_0$$

$$L_3 = 115\% L_0 \text{ dan } B_3 = 85\% B_0$$

Dimana L_0 dan B_0 berturut-turut merupakan panjang dan lebar awal kapal sedangkan L_n dan B_n merupakan panjang dan lebar desain baru yang akan ditinjau. Tinggi (H) dan sarat (T) kapal dianggap sama dengan data awal sebagai fungsi muatan (*deadweight*) dan fungsi konstruksi kapal. Mempertimbangkan hal-hal tersebut, maka ukuran-ukuran utama baru dapat ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 4. 1.Variasi Ukuran Utama

Item	<i>Initial</i>	<i>Vessel 1</i>	<i>Vessel 2</i>	<i>Vessel 3</i>	Unit
L	103,8	109	114,2	119,4	m
B	19,2	18,2	17,3	16,3	m
H	9,3	9,3	9,3	9,3	m
T	6	6	6	6	m

Dari ukuran utama yang didapat pada Tabel 4.1 telah memenuhi rasio desain sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Rasio Desain

	L/B (Cudina, 2008)			B/T (Cudina, 2008)		
	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Value</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Value</i>
<i>Vessel 1</i>	5	8	5,98	2,2	3,3	3,04
<i>Vessel 2</i>			6,61			2,88
<i>Vessel 3</i>			7,31			2,72

Berdasarkan Tabel 4.2, rasio desain pada masing-masing model telah memenuhi batas rasio desain yang diajukan oleh Cudina (2008). Selanjutnya, dengan mengasumsikan koefisien blok pada tiap model adalah sama dengan koefisien blok kapal awal, maka dapat dilakukan *cargo capacity check* dengan data sekunder yang telah didapat. Berikut adalah *cargo capacity check* dari masing-masing model:

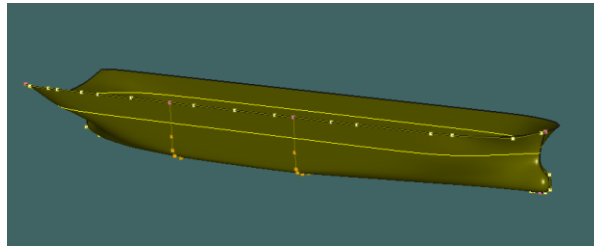
Tabel 4. 3 *Cargo Capacity Check*

	<i>Initial Ship</i>	<i>Vessel 1</i>	<i>Vessel 2</i>	<i>Vessel 3</i>	<i>Unit</i>
<i>Capacity</i>	5764,7	5872,57	5843,03	5812,96	ton

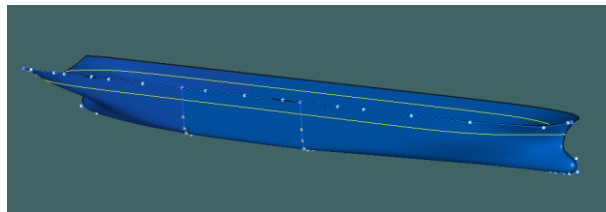
Bedasarkan *cargo capacity check* pada Tabel 4.3, dapat disimpulkan bahwa tiap ukuran telah memiliki jumlah *cargo* lebih dari *cargo* awal. Oleh sebab itu, maka selanjutnya dapat dilakukan pemodelan dengan bantuan *software* CAD.

4.2 Pemodelan Kapal

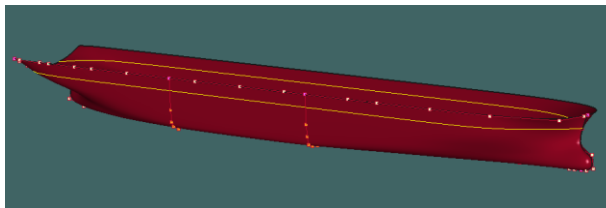
Dalam merencanakan *lines plan* dari ukuran utama optimum yang telah didapat, digunakan bantuan *software* MAXSURF Modeler Advanced yang dikembangkan oleh Bentley System Inc. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *sample design* yang disediakan oleh MAXSURF dengan dilakukan perubahan sesuai dengan ukuran utama yang didapat. Berikut adalah hasil pemodelan dari masing-masing ukuran utama optimum yang ditunjukkan pada Gambar. 4.1-4.4.



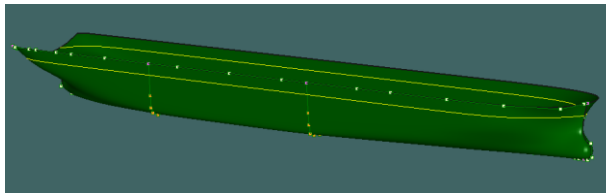
Gambar 4. 1 Model *Initial Vessel*



Gambar 4. 2 Model *Vessel 1*



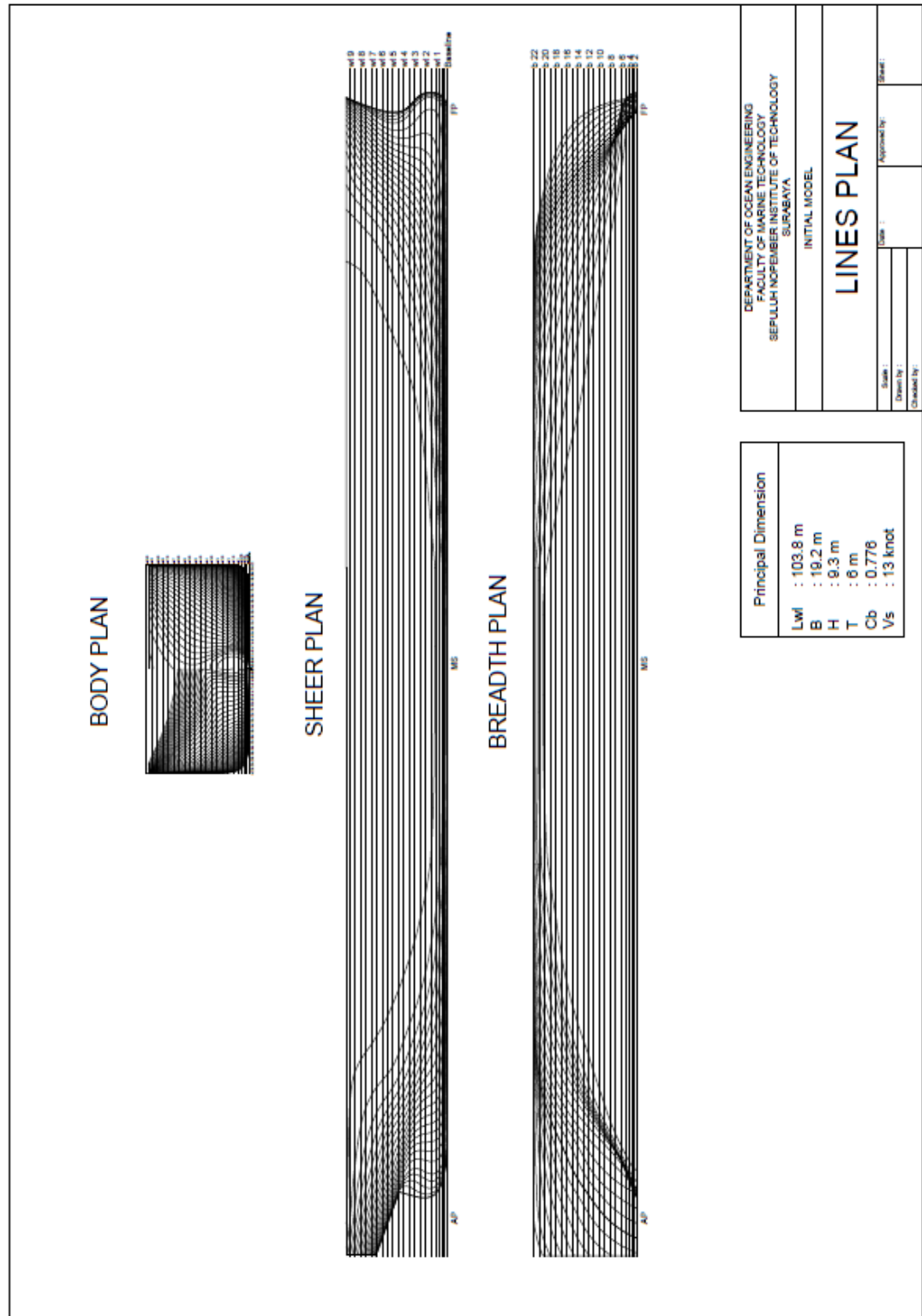
Gambar 4. 3 Model *Vessel 2*



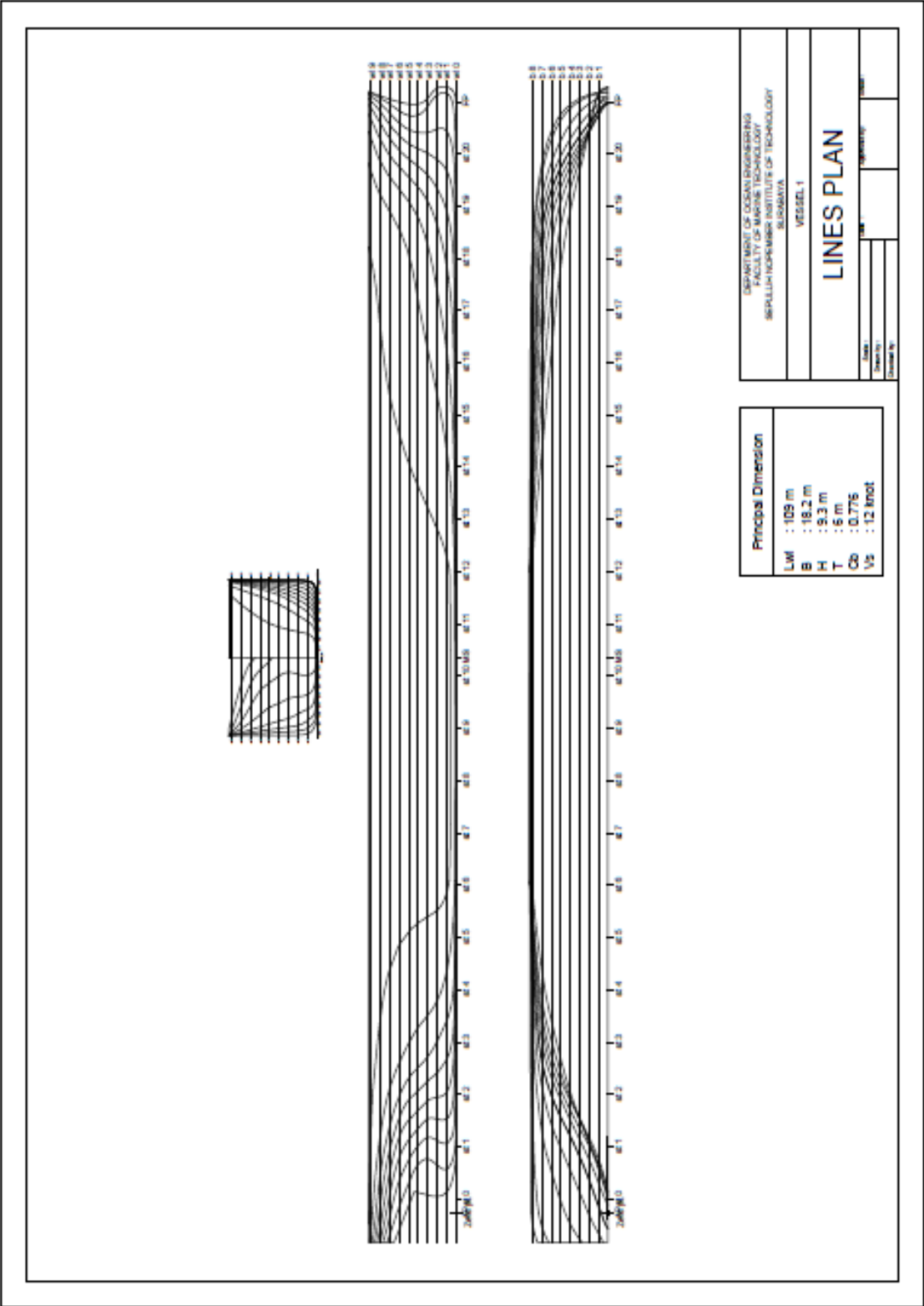
Gambar 4. 4 Model *Vessel 3*

4.3 Lines Plan

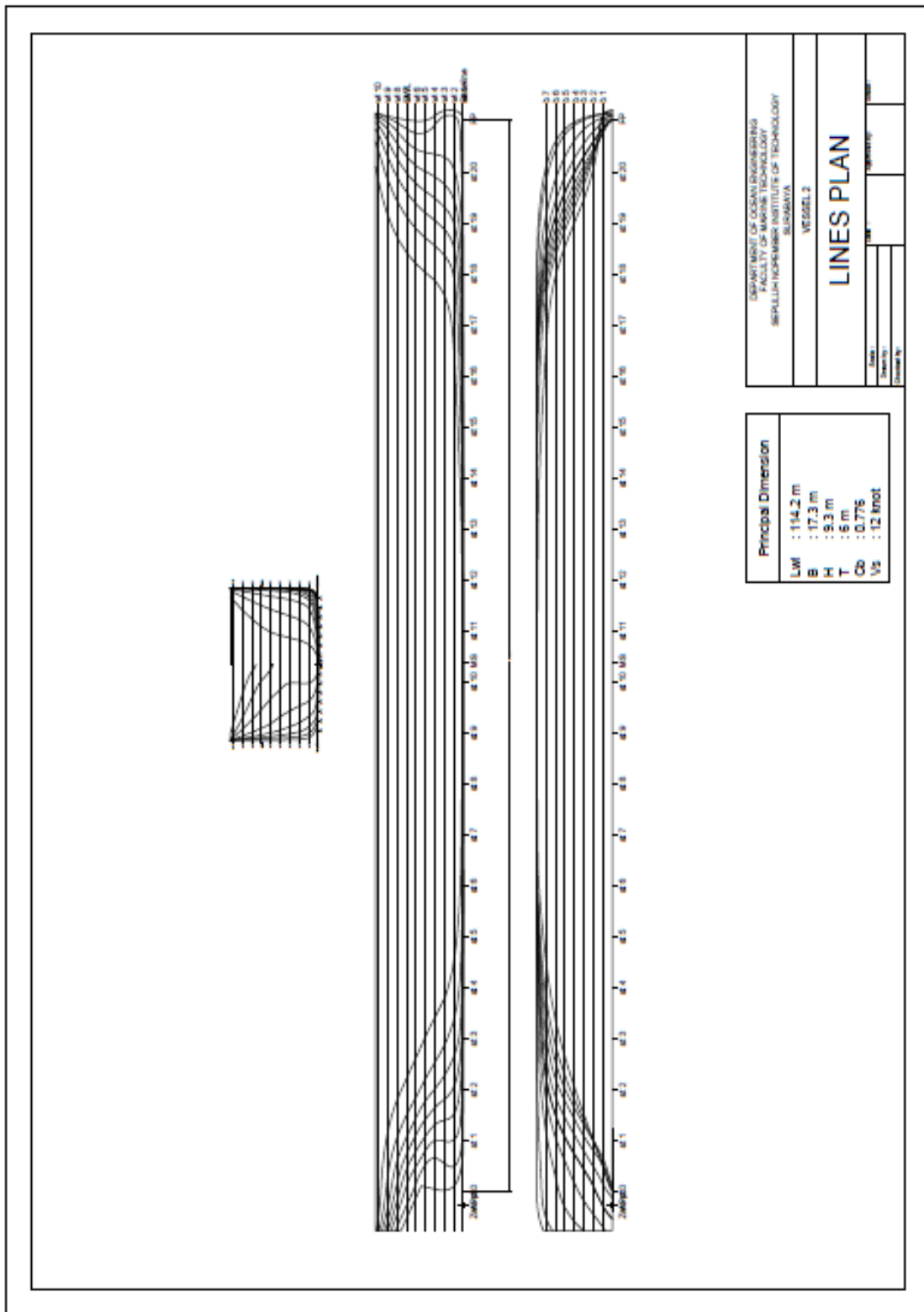
Setelah dilakukan pemodelan kapal, *lines plan* dari masing-masing model kapal dapat dibuat. *Lines plan* dibuat dengan cara menentukan *design grid* dan mengatur titik ordinat agar didapatkan garis yang *streamline* dan sesuai dengan acuan *lines plan* yang telah ada. Gambar 4.5-4.8 menunjukkan *lines plan* dari masing-masing model kapal yang telah dibuat.



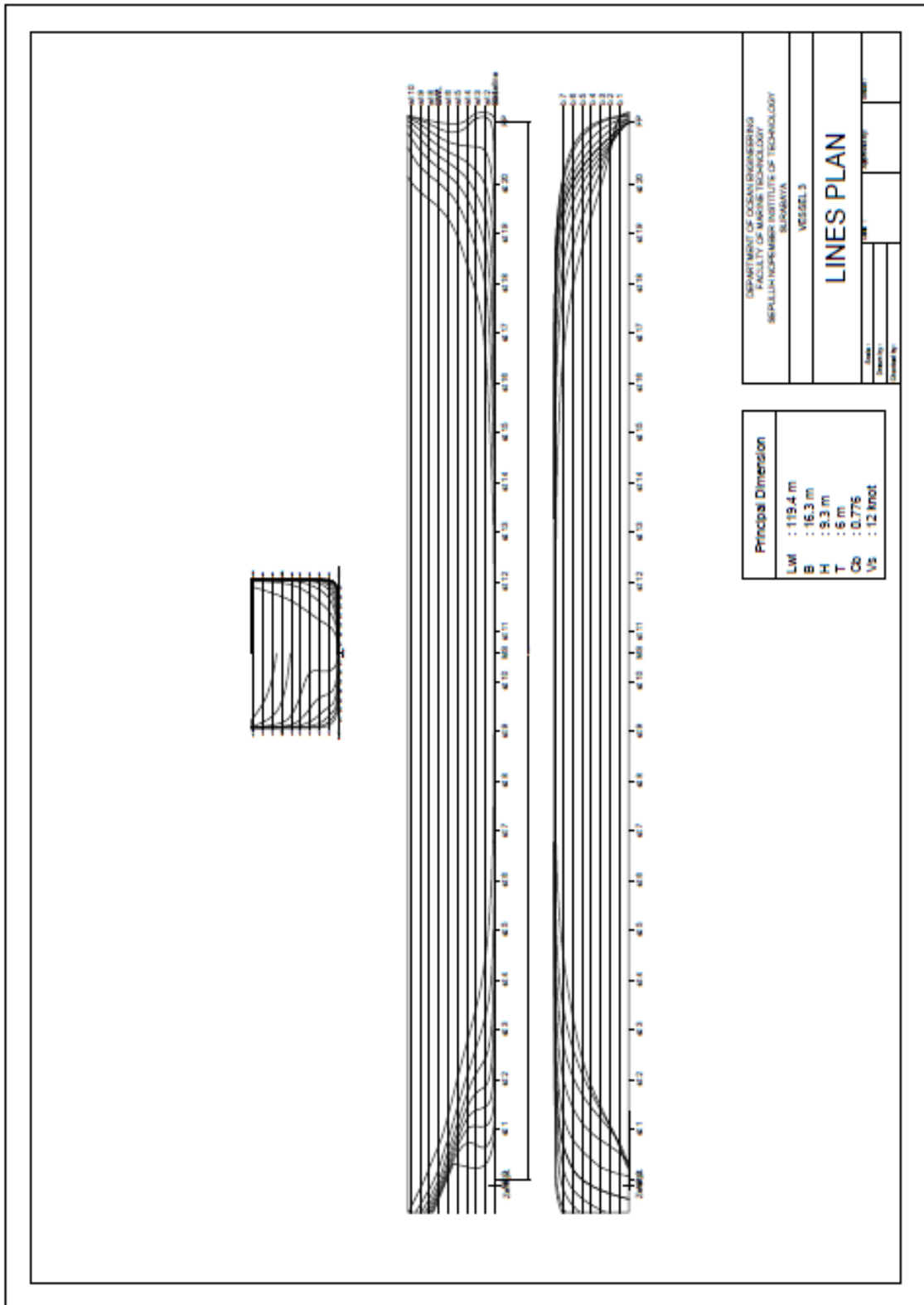
Gambar 4.5 Lines Plan Initial Vessel



Gambar 4. 6 Lines Plan Vessel 1



Gambar 4. 7 Lines Plan Vessel 2



Gambar 4. 8 Lines Plan Vessel 3

4.4 Hidrostatik

Setelah dilakukan pemodelan, perlu diperhatikan karakteristik hidrostatiknya. Untuk ukuran utama awal, dilakukan validasi hidrostatik dengan cara membandingkan dengan data awal. Koreksi yang diperbolehkan adalah $\pm 2\%$ dari data awal. Tabel 4.3 menunjukkan hasil validasi pada ukuran utama awal.

Tabel 4. 4 Validasi Model *Initial Vessel*

No	Data	Unit	Initial	Model	Allowance (%)	Status
1	Displ	Ton	9511,2	9516	0,05%	Pass
2	Lwl	m ³	103,8	103,8	0%	Pass
3	B		19,2	19,2	0%	Pass
4	H		9,3	9,3	0%	Pass
5	T		6	6	0%	Pass
6	Cb		-	0,776	0,776	0%
7	Cp	0,786		0,787	0,1%	Pass
8	Cm	0,987		0,987	0%	Pass
9	Cwp	0,886		0,89	0,45%	Pass
10	KB	m	3,179	3,186	0,22	Pass

Pada Model *Vessel* 1-3, didapatkan karakteristik hidrostatik baru yang ditunjukkan pada Tabel 4.5-4.7.

Tabel 4. 5 Hidrostatik Model *Vessel* 1

Draft Amidships m	6.000
Displacement t	9462
Draft m	6.000
WL Length m	109.000
Beam max extents on WL m	18.199
Wetted Area m ²	2662.91

	2
Waterpl. Area m ²	1692.446
Prismatic coeff. (Cp)	0.784
Block coeff. (Cb)	0.776
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.990
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.853
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	55.087
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	54.976
KB m	3.120
BMt m	4.414
BML m	140.923
KMt m	7.534
KML m	144.043

Tabel 4. 6 Hidrostatik Model *Vessel 2*

Draft Amidships m	6.000
Displacement t	9478
Draft m	6.000
WL Length m	114.200
Beam max extents on WL m	17.399
Wetted Area m ²	2719.877
Waterpl. Area m ²	1695.243
Prismatic coeff. (Cp)	0.784
Block coeff. (Cb)	0.776
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.990
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.853
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	57.561
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	57.445
KB m	3.120
BMt m	4.035

BML m	154.689
KMt m	7.155
KML m	157.810

Tabel 4. 7 Hidrostatik Model *Vessel 3*

Draft Amidships m	6.000
Displacement t	9285
Draft m	6.000
WL Length m	119.400
Beam max extents on WL m	16.299
Wetted Area m ²	2740.725
Waterpl. Area m ²	1659.895
Prismatic coeff. (Cp)	0.784
Block coeff. (Cb)	0.776
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.990
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.853
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	60.533
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	60.282
KB m	3.119
BMt m	3.542
BML m	168.792
KMt m	6.661
KML m	171.911

4.5 Analisis Tahanan Total dengan Menuggnakan *Software* MAXSURF Resistance

Setelah dilakukan pemodelan, kita dapat melakukan analisis tahanan kapal menggunakan bantuan *software*. Metode analisis yang digunakan pada *software* tersebut adalah metode Holtrop. Metode Holtrop dipilih karena merupakan metode standar yang sering digunakan untuk menghitung tahanan kapal terutama

pada jenis kapal *displacement* atau kapal muatan. Hasil analisis tahanan kapal dari model-model yang telah dibuat ditunjukkan pada Tabel 4.8.

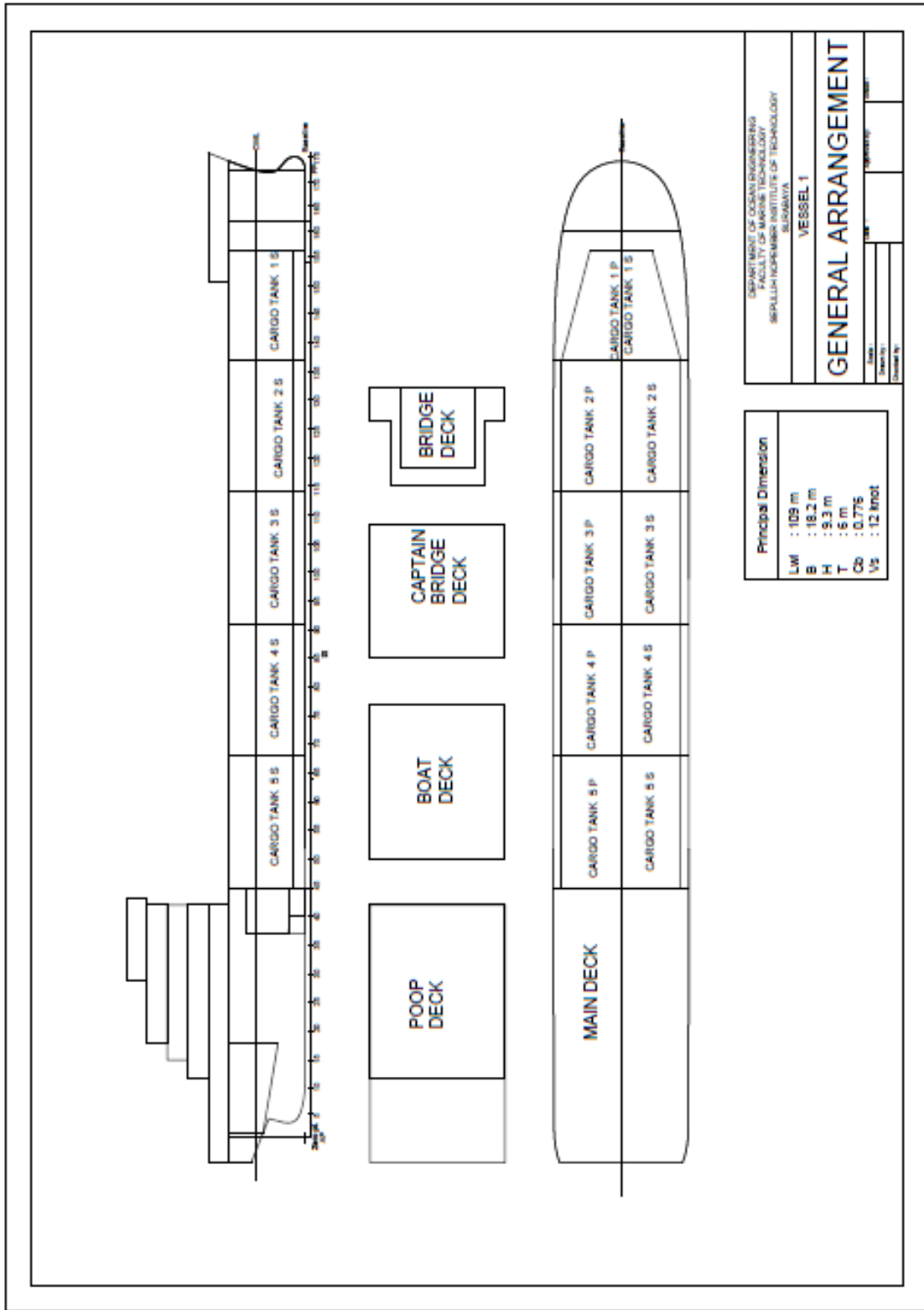
Tabel 4. 8 Hasil Analisis Tahanan Total dan Daya Mesin Menggunakan *Software*

No	Model	<i>Resistance</i> (kN)	<i>Power</i> (kW)
1	<i>Initial</i>	216	1936,91
2	<i>Vessel 1</i>	213,4	1914,31
3	<i>Vessel 2</i>	206	1847,6
4	<i>Vessel 3</i>	193,3	1733,88

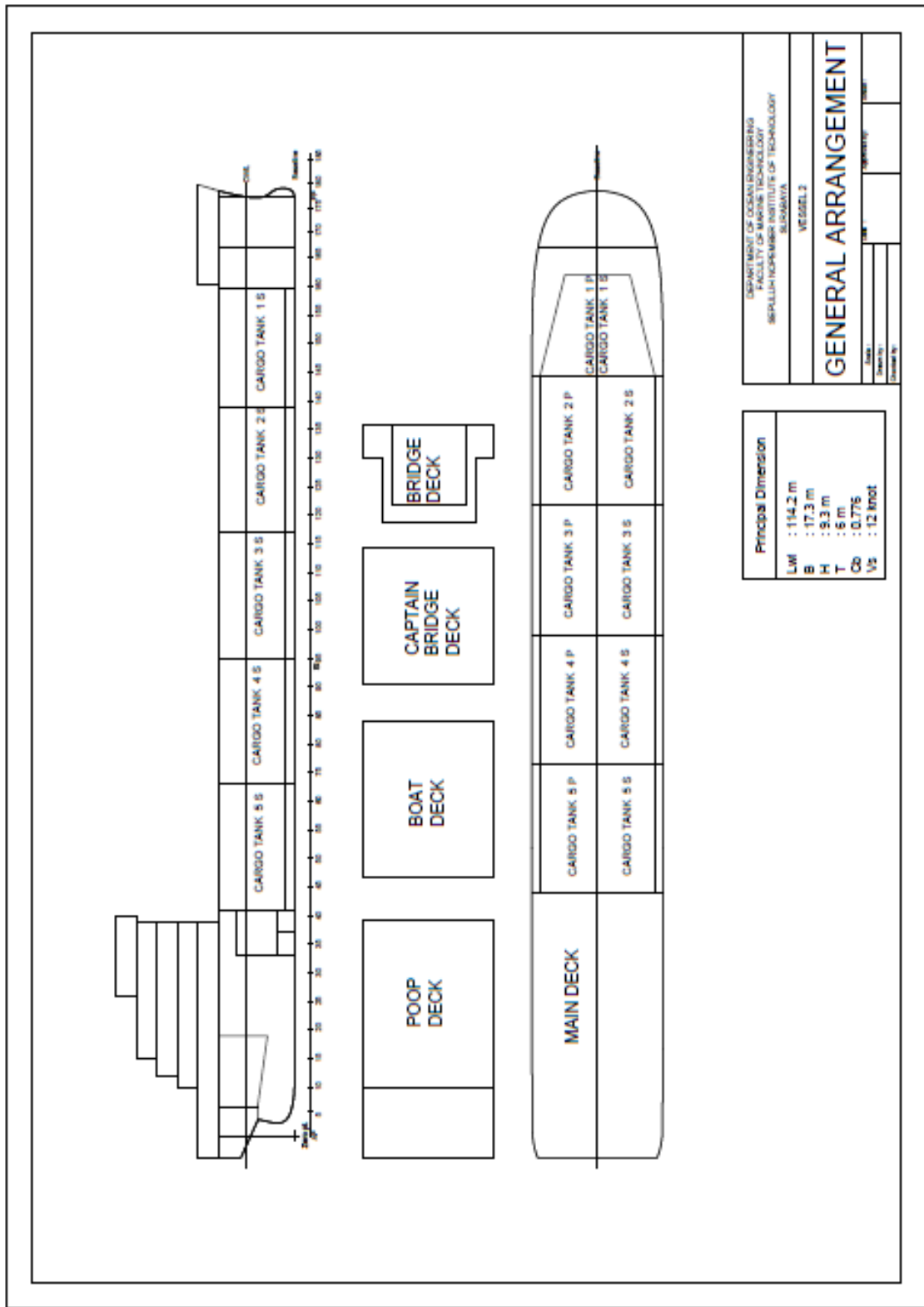
Dari hasil perhitungan tahanan total, dapat dilihat bahwa tiap model memiliki tahanan yang lebih kecil daripada ukuran utama awal kapal dan *vessel 3* memiliki tahanan paling minimum sebesar 193,3 kN.

4.6 *Pemodelan General Arrangement, Estimasi Lightweight dan Titik Berat Kapal*

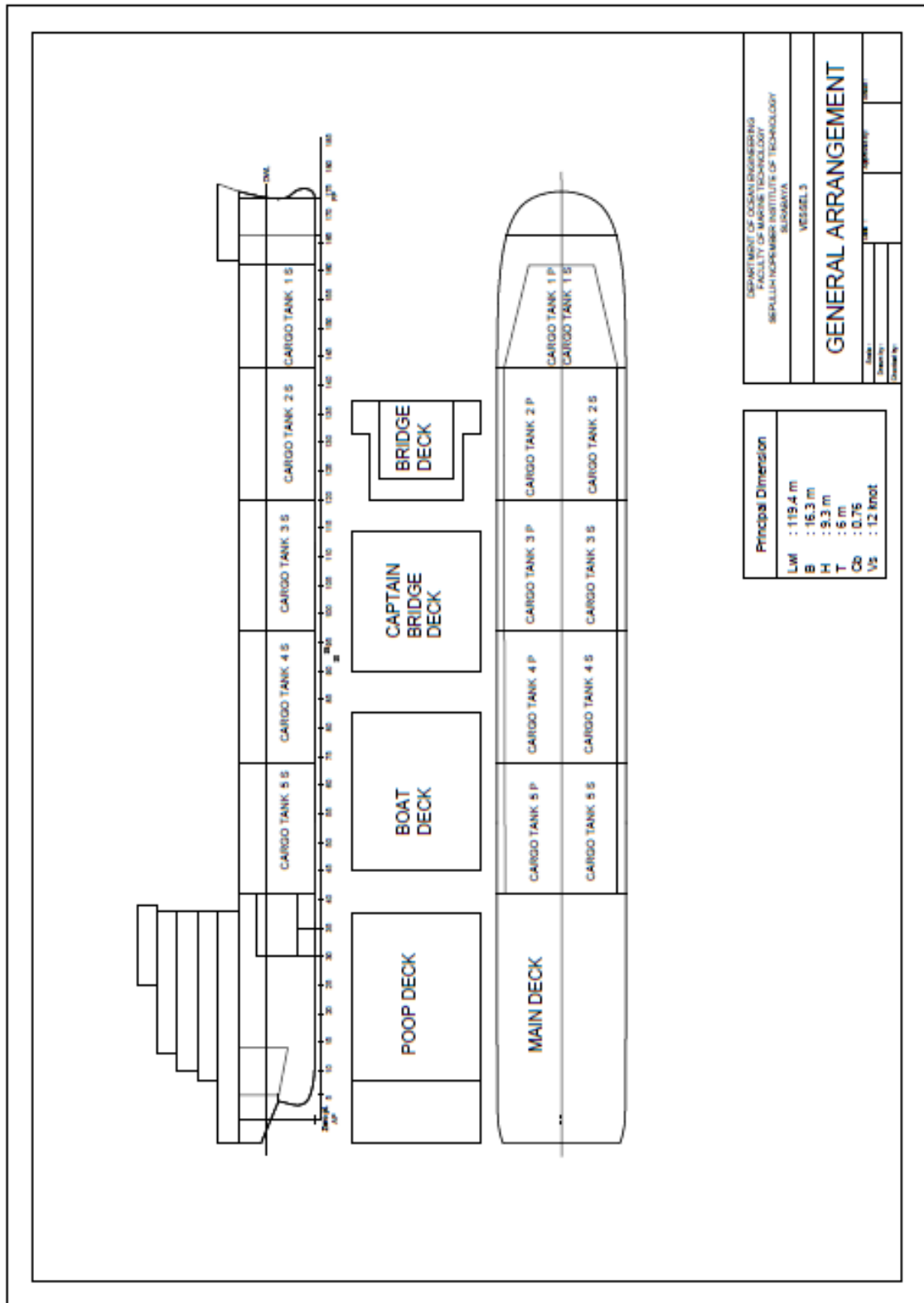
Pada tahap sebelumnya telah didapatkan model dari kapal dalam bentuk *lines plan*. Selanjutnya pada model yang dibuat akan digambar rancangan *general arrangement* atau rancangan umum berkenaan dengan ruangan-ruangan yang terdapat pada kapal. Gambar 4.9-4.11 menunjukkan gambar *general arrangement* pada masing-masing model yang telah dibuat.



Gambar 4.9 General Arrangement Vessel 1



Gambar 4. 10 General Arrangement Vessel 2



Gambar 4. 11 General Arrangement Vessel 3

Setelah merancang *general arrangement*, estimasi berat kosong kapal atau *lightweight* dapat dilakukan. Estimasi *lightweight* dilakukan dengan menggunakan pendekatan Lloyd Register *Distribution of Lightweight for Still Water Bending* SR 16.17 tahun 1964 dan Cudina (2010). Berikut adalah hasil estimasi *lightweight* pada masing-masing model ditunjukkan pada Tabel 4.9-4.11.

Tabel 4. 9 *Lightweight Model Vessel 1*

No	Item	Berat (Ton)
1	<i>Hull Constructuion</i>	1595,93
2	<i>Superstructure</i>	336,6
3	<i>Outfitting</i>	531,9
4	<i>Machinery</i>	544
SUM		3008,2

Tabel 4. 10 *Lightweight Model Vessel 2*

No	Item	Berat (Ton)
1	<i>Hull Constructuion</i>	1721,03
2	<i>Superstructure</i>	336,6
3	<i>Outfitting</i>	537,83
4	<i>Machinery</i>	544
SUM		3139,46

Tabel 4. 11 *Lightweight Model Vessel 3*

No	Item	Berat (Ton)
1	<i>Hull Constructuion</i>	1744,5
2	<i>Superstructure</i>	336,6
3	<i>Outfitting</i>	544,24
4	<i>Machinery</i>	544
SUM		3169,34

Setelah diketahui berat *lightweight*, selanjutnya dapat dihitung titik berat kapal dari masing-masing model. Titik berat kapal dapat dihitung berdasarkan berat per *item* berat dan jarak titik beratnya dari AP. Untuk mencari titik berat kapal perlu dilakukan pemodelan tangki untuk mengetahui seberapa besar muatan yang dapat diangkut dan titik beratnya. Pemodelan tangki disesuaikan dengan data yang telah didapatkan. Perhitungan titik berat dilakukan pada tiap-tiap kondisi beban sebagai berikut:

4.7.1 Vessel 1

Perhitungan titik berat dari *vessel 1* pada tiap kondisi *loadcase* ditunjukkan pada Tabel 4.12-4.15.

Tabel 4. 12 Titik Berat Model *Vessel 1* pada Kondisi *Full Load Departure*

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Lightship	1	3008.320	3008.320	44.600	0.000	6.740	0.000
Subtotal			3008.320	44.600	0.000	6.740	0.000
.							
Cargo Oil Tank 1 P	98%	368.053	360.692	93.723	-3.621	5.448	0.000
Cargo Oil Tank 1 S	98%	368.053	360.692	93.723	3.621	5.448	0.000
Cargo Oil Tank 2 P	98%	679.626	666.034	81.535	-3.930	5.354	0.000
Cargo Oil Tank 2 S	98%	679.626	666.034	81.535	3.930	5.354	0.000
Cargo Oil Tank 3 P	98%	743.277	728.411	65.600	-3.987	5.333	0.000
Cargo Oil Tank 3 S	98%	743.277	728.411	65.600	3.987	5.333	0.000
Cargo Oil Tank 4 P	98%	635.815	623.099	50.200	-3.987	5.333	0.000
Cargo Oil Tank 4 S	98%	635.815	623.099	50.200	3.987	5.333	0.000
Cargo Oil Tank 5 P	98%	565.851	554.534	36.800	-3.998	5.322	0.000
Cargo Oil Tank 5 S	98%	565.851	554.534	36.800	3.998	5.322	0.000
Subtotal	98%	5985.245	5865.541	63.960	0.000	5.350	0.000
.							
Fresh Water Tank S	98%	102.732	100.678	8.652	5.818	7.644	0.000
Fresh Water Tank P	98%	102.732	100.678	8.652	-5.818	7.644	0.000
Diesel Oil Tank S	98%	179.654	176.061	24.300	6.352	4.757	0.000
Diesel Oil Tank P	98%	179.654	176.061	24.300	-6.352	4.757	0.000
HSD Fuel S	98%	42.871	42.014	24.214	3.868	1.028	0.000
HSD Fuel P	98%	42.871	42.014	24.214	-3.868	1.028	0.000
Lube Oil Tank S	98%	36.852	36.115	21.418	3.629	1.038	0.000
Lube Oil Tank P	98%	36.852	36.115	21.418	-3.629	1.038	0.000
Subtotal	98%	724.220	709.736	19.557	0.000	4.756	0.000
.							
Water Ballast Tank 5 S	0%	168.021	0.000	38.084	2.161	0.001	0.000
Water Ballast Tank 1 P	0%	69.776	0.000	93.469	-0.005	0.000	0.000
Water Ballast Tank 1 S	0%	69.776	0.000	93.469	0.005	0.000	0.000
Water Ballast Tank 2 P	0%	156.199	0.000	80.585	-0.009	0.000	0.000
Water Ballast Tank 2 S	0%	156.199	0.000	80.585	0.009	0.000	0.000

Water Ballast Tank 3 P	0%	211.567	0.000	68.650	-0.019	0.000	0.000
Water Ballast Tank 3 S	0%	211.567	0.000	68.650	0.019	0.000	0.000
Water Ballast Tank 4 P	0%	190.836	0.000	48.205	-2.153	0.001	0.000
Water Ballast Tank 4 S	0%	190.836	0.000	48.205	2.153	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 P	0%	168.021	0.000	38.084	-2.161	0.001	0.000
Subtotal	0%	1592.799	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
.							
After Peak Water Ballast Tank	0%	147.740	0.000	1.603	0.000	6.000	0.000
Fore Peak Water Ballast Tank	0%	404.666	0.000	104.136	0.000	0.000	0.000
Total Loadcase			9583.597	54.595	0.000	5.742	0.000
FS correction						0.000	
VCG fluid						5.742	

Tabel 4. 13 Titik Berat Model Vessel 1 pada Kondisi Full Load on Arrival

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Lightship	1	3008.320	3008.320	44.600	0.000	6.740	0.000
subtotal			3008.320	44.600	0.000	6.740	0.000
.							
Cargo Oil Tank 1 P	98%	368.053	360.692	93.723	-3.621	5.448	0.000
Cargo Oil Tank 1 S	98%	368.053	360.692	93.723	3.621	5.448	0.000
Cargo Oil Tank 2 P	98%	679.626	666.034	81.535	-3.930	5.354	0.000
Cargo Oil Tank 2 S	98%	679.626	666.034	81.535	3.930	5.354	0.000
Cargo Oil Tank 3 P	98%	743.277	728.411	65.600	-3.987	5.333	0.000
Cargo Oil Tank 3 S	98%	743.277	728.411	65.600	3.987	5.333	0.000
Cargo Oil Tank 4 P	98%	635.815	623.099	50.200	-3.987	5.333	0.000
Cargo Oil Tank 4 S	98%	635.815	623.099	50.200	3.987	5.333	0.000
Cargo Oil Tank 5 P	98%	565.851	554.534	36.800	-3.998	5.322	0.000
Cargo Oil Tank 5 S	98%	565.851	554.534	36.800	3.998	5.322	0.000
subtotal	98%	5985.245	5865.541	63.960	0.000	5.350	0.000
.							
Fresh Water Tank P	10%	102.732	10.273	10.945	-4.878	4.777	91.435
Fresh Water Tank S	10%	102.732	10.273	10.945	4.878	4.777	91.435
Diesel Oil Tank P	10%	179.654	17.965	24.361	-6.222	2.294	66.500
Diesel Oil Tank S	10%	179.654	17.965	24.361	6.222	2.294	66.500
HSD Fuel P	10%	42.871	4.287	24.226	-3.164	0.139	133.316
HSD Fuel S	10%	42.871	4.287	24.226	3.164	0.139	133.316
Lube Oil Tank P	10%	36.852	3.685	21.433	-2.860	0.149	106.346
Lube Oil Tank S	10%	36.852	3.685	21.433	2.860	0.149	106.346
subtotal	10%	724.220	72.422	20.241	0.000	2.525	795.194
.							
Water Ballast Tank 1 P	0%	69.776	0.000	93.469	-0.005	0.000	0.000
Water Ballast Tank 1 S	0%	69.776	0.000	93.469	0.005	0.000	0.000
Water Ballast Tank 2 P	0%	156.199	0.000	80.585	-0.009	0.000	0.000
Water Ballast Tank 2 S	0%	156.199	0.000	80.585	0.009	0.000	0.000
Water Ballast Tank 3 P	0%	211.567	0.000	68.650	-0.019	0.000	0.000
Water Ballast Tank 3 S	0%	211.567	0.000	68.650	0.019	0.000	0.000
Water Ballast Tank 4 P	0%	190.836	0.000	48.205	-2.153	0.001	0.000
Water Ballast Tank 4 S	0%	190.836	0.000	48.205	2.153	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 P	0%	168.021	0.000	38.084	-2.161	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 S	0%	168.021	0.000	38.084	2.161	0.001	0.000
After Peak Water Ballast Tank	0%	147.740	0.000	1.603	0.000	6.000	0.000
Fore Peak Water Ballast Tank	0%	404.666	0.000	104.136	0.000	0.000	0.000
subtotal	0%	2145.205	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
.							
Total Loadcase			8946.283	57.096	0.000	5.794	795.194
FS correction						0.089	
VCG fluid						5.883	

Tabel 4. 14 Titik Berat Model *Vessel 1* pada Kondisi *Ballast on Departure*

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Lightship	1	3008.320	3008.320	44.600	0.000	6.740	0.000
Subtotal			3008.320	44.600	0.000	6.740	0.000
.							
Cargo Oil Tank 1 P	0%	368.053	0.000	93.638	-2.958	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 1 S	0%	368.053	0.000	93.638	2.958	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 2 P	0%	679.626	0.000	81.409	-3.668	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 2 S	0%	679.626	0.000	81.409	3.668	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 3 P	0%	743.277	0.000	65.600	-3.814	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 3 S	0%	743.277	0.000	65.600	3.814	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 4 P	0%	635.815	0.000	50.200	-3.814	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 4 S	0%	635.815	0.000	50.200	3.814	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 5 P	0%	565.851	0.000	36.800	-3.998	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 5 S	0%	565.851	0.000	36.800	3.998	1.500	0.000
Subtotal	0%	5985.245	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
.							
Fresh Water Tank P	98%	102.732	100.678	8.652	-5.818	7.644	0.000
Fresh Water Tank S	98%	102.732	100.678	8.652	5.818	7.644	0.000
Diesel Oil Tank P	98%	179.654	176.061	24.300	-6.352	4.757	0.000
Diesel Oil Tank S	98%	179.654	176.061	24.300	6.352	4.757	0.000
HSD Fuel P	98%	42.871	42.014	24.214	-3.868	1.028	0.000
HSD Fuel S	98%	42.871	42.014	24.214	3.868	1.028	0.000
Lube Oil Tank P	98%	36.852	36.115	21.418	-3.629	1.038	0.000
Lube Oil Tank S	98%	36.852	36.115	21.418	3.629	1.038	0.000
Subtotal	98%	724.220	709.736	19.557	0.000	4.756	0.000
.							
Water Ballast Tank 1 P	98%	69.776	68.380	93.610	-2.588	0.802	0.000
Water Ballast Tank 1 S	98%	69.776	68.380	93.610	2.588	0.802	0.000
Water Ballast Tank 2 P	98%	156.199	153.075	81.254	-3.388	0.788	0.000
Water Ballast Tank 2 S	98%	156.199	153.075	81.254	3.388	0.788	0.000
Water Ballast Tank 3 P	98%	211.567	207.336	65.381	-4.194	0.766	0.000
Water Ballast Tank 3 S	98%	211.567	207.336	65.381	4.194	0.766	0.000
Water Ballast Tank 4 P	0%	190.836	0.000	48.205	-2.153	0.001	0.000
Water Ballast Tank 4 S	0%	190.836	0.000	48.205	2.153	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 P	0%	168.021	0.000	38.084	-2.161	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 S	0%	168.021	0.000	38.084	2.161	0.001	0.000
After Peak Water Ballast Tank	0%	147.740	0.000	1.603	0.000	6.000	0.000
Fore Peak Water Ballast Tank	98%	404.666	396.573	104.426	0.000	5.460	0.000
Subtotal	58.46%	2145.205	1254.154	84.680	0.000	2.260	0.000
.							
Subtotal	0%	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
.							
Total Loadcase			4972.211	51.135	0.000	5.327	0.000
FS correction						0.000	
VCG fluid						5.327	

Tabel 4. 15 Titik Berat Model *Vessel 1* pada Kondisi *Ballast on Arrival*

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Lightship	1	3008.320	3008.320	44.600	0.000	6.740	0.000
Subtotal			3008.320	44.600	0.000	6.740	0.000
.							
Cargo Oil Tank 1 P	0%	368.053	0.000	93.638	-2.958	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 1 S	0%	368.053	0.000	93.638	2.958	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 2 P	0%	679.626	0.000	81.409	-3.668	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 2 S	0%	679.626	0.000	81.409	3.668	1.500	0.000

Cargo Oil Tank 3 P	0%	743.277	0.000	65.600	-3.814	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 3 S	0%	743.277	0.000	65.600	3.814	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 4 P	0%	635.815	0.000	50.200	-3.814	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 4 S	0%	635.815	0.000	50.200	3.814	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 5 P	0%	565.851	0.000	36.800	-3.998	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 5 S	0%	565.851	0.000	36.800	3.998	1.500	0.000
subtotal	0%	5985.245	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
.							
Fresh Water Tank P	10%	102.732	10.273	10.945	-4.878	4.777	91.435
Fresh Water Tank S	10%	102.732	10.273	10.945	4.878	4.777	91.435
Diesel Oil Tank P	10%	179.654	17.965	24.361	-6.222	2.294	66.500
Diesel Oil Tank S	10%	179.654	17.965	24.361	6.222	2.294	66.500
HSD Fuel P	10%	42.871	4.287	24.226	-3.164	0.139	133.316
HSD Fuel S	10%	42.871	4.287	24.226	3.164	0.139	133.316
Lube Oil Tank P	10%	36.852	3.685	21.433	-2.860	0.149	106.346
Lube Oil Tank S	10%	36.852	3.685	21.433	2.860	0.149	106.346
subtotal	10%	724.220	72.422	20.241	0.000	2.525	795.194
.							
Water Ballast Tank 1 P	98%	69.776	68.380	93.610	-2.588	0.802	0.000
Water Ballast Tank 1 S	98%	69.776	68.380	93.610	2.588	0.802	0.000
Water Ballast Tank 2 P	98%	156.199	153.075	81.254	-3.388	0.788	0.000
Water Ballast Tank 2 S	98%	156.199	153.075	81.254	3.388	0.788	0.000
Water Ballast Tank 3 P	98%	211.567	207.336	65.381	-4.194	0.766	0.000
Water Ballast Tank 3 S	98%	211.567	207.336	65.381	4.194	0.766	0.000
Water Ballast Tank 4 P	0%	190.836	0.000	48.205	-2.153	0.001	0.000
Water Ballast Tank 4 S	0%	190.836	0.000	48.205	2.153	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 P	0%	168.021	0.000	38.084	-2.161	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 S	0%	168.021	0.000	38.084	2.161	0.001	0.000
Fore Peak Water Ballast Tank	98%	404.666	396.573	104.426	0.000	5.460	0.000
After Peak Water Ballast Tank	0%	147.740	0.000	1.603	0.000	6.000	0.000
subtotal	58.46%	2145.205	1254.155	84.680	0.000	2.260	0.000
.							
Total Loadcase			4334.897	55.789	0.000	5.373	795.194
FS correction						0.183	
VCG fluid						5.557	

4.7.2 Vessel 2

Perhitungan titik berat dari *vessel 2* pada tiap kondisi *loadcase* ditunjukkan pada Tabel 4.16-4.19.

Tabel 4. 16 Titik Berat Model *Vessel 2* pada Kondisi *Full Load on Departure*

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Lightship	1	3139.460	3139.460	46.450	0.000	6.200	0.000
Subtotal			3139.460	46.450	0.000	6.200	0.000
.							
Cargo Oil Tank 1 P	98%	422.300	413.854	95.175	-3.108	5.292	0.000
Cargo Oil Tank 1 S	98%	422.300	413.854	95.175	3.108	5.292	0.000
Cargo Oil Tank 2 P	98%	628.126	615.564	81.500	-3.633	5.385	0.000
Cargo Oil Tank 2 S	98%	628.126	615.564	81.500	3.633	5.385	0.000
Cargo Oil Tank 3 P	98%	657.811	644.655	66.186	-3.803	5.336	0.000
Cargo Oil Tank 3 S	98%	657.811	644.655	66.186	3.803	5.336	0.000
Cargo Oil Tank 4 P	98%	659.236	646.052	50.800	-3.811	5.333	0.000
Cargo Oil Tank 4 S	98%	659.236	646.052	50.800	3.811	5.333	0.000
Cargo Oil Tank 5 P	98%	599.306	587.320	36.100	-3.811	5.333	0.000

Cargo Oil Tank 5 S	98%	599.306	587.320	36.100	3.811	5.333	0.000
Subtotal	98%	5933.559	5814.888	64.058	0.000	5.339	0.000
.							
Fresh Water Tank S	98%	99.634	97.641	8.399	5.377	7.677	0.000
Fresh Water Tank P	98%	99.634	97.641	8.399	-5.377	7.677	0.000
Diesel Oil Tank S	98%	199.768	195.773	25.310	5.201	4.486	0.000
Diesel Oil Tank P	98%	199.768	195.773	25.310	-5.201	4.486	0.000
HSD Fuel Tank S	98%	47.718	46.764	25.475	3.715	1.027	0.000
HSD Fuel Tank P	98%	47.718	46.764	25.475	-3.715	1.027	0.000
Lube Oil Tank S	98%	26.566	26.034	22.460	3.486	1.037	0.000
Lube Oil Tank P	98%	26.566	26.034	22.460	-3.486	1.037	0.000
Subtotal	98%	747.371	732.424	20.619	0.000	4.650	0.000
.							
Water Ballast Tank 5 P	0%	176.461	0.000	29.403	-0.040	0.001	0.000
Water Ballast Tank 1 P	0%	105.475	0.000	95.340	-0.005	0.000	0.000
Water Ballast Tank 1 S	0%	105.475	0.000	95.340	0.005	0.000	0.000
Water Ballast Tank 2 P	0%	158.627	0.000	80.580	-0.011	0.000	0.000
Water Ballast Tank 2 S	0%	158.627	0.000	80.580	0.011	0.000	0.000
Water Ballast Tank 3 P	0%	191.617	0.000	70.235	-0.020	0.000	0.000
Water Ballast Tank 3 S	0%	191.617	0.000	70.235	0.020	0.000	0.000
Water Ballast Tank 4 P	0%	197.901	0.000	49.394	-2.060	0.001	0.000
Water Ballast Tank 4 S	0%	197.901	0.000	49.394	2.060	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 S	0%	176.461	0.000	29.403	0.040	0.001	0.000
After Peak Water Ballast Tank	0%	148.333	0.000	1.533	0.000	6.000	0.000
Fore Peak Water Ballast Tank	0%	569.397	0.000	107.905	0.000	0.000	0.000
Total Loadcase			9686.772	55.067	0.000	5.566	0.000
FS correction						0.000	
VCG fluid						5.566	

Tabel 4. 17 Titik Berat Model *Vessel 2* pada Kondisi *Full Load on Arrival*

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Lightship	1	3139.460	3139.460	46.450	0.000	6.200	0.000
Subtotal			3139.460	46.450	0.000	6.200	0.000
.							
Cargo Oil Tank 1 P	98%	422.300	413.854	95.175	-3.108	5.292	0.000
Cargo Oil Tank 1 S	98%	422.300	413.854	95.175	3.108	5.292	0.000
Cargo Oil Tank 2 P	98%	628.126	615.564	81.500	-3.633	5.385	0.000
Cargo Oil Tank 2 S	98%	628.126	615.564	81.500	3.633	5.385	0.000
Cargo Oil Tank 3 P	98%	657.811	644.655	66.186	-3.803	5.336	0.000
Cargo Oil Tank 3 S	98%	657.811	644.655	66.186	3.803	5.336	0.000
Cargo Oil Tank 4 P	98%	659.236	646.052	50.800	-3.811	5.333	0.000
Cargo Oil Tank 4 S	98%	659.236	646.052	50.800	3.811	5.333	0.000
Cargo Oil Tank 5 P	98%	599.306	587.320	36.100	-3.811	5.333	0.000
Cargo Oil Tank 5 S	98%	599.306	587.320	36.100	3.811	5.333	0.000
Subtotal	98%	5933.559	5814.888	64.058	0.000	5.339	0.000
.							
Fresh Water Tank P	10%	99.634	9.963	10.630	-4.384	4.882	91.209
Fresh Water Tank S	10%	99.634	9.963	10.630	4.384	4.882	91.209
Diesel Oil Tank P	10%	199.768	19.977	25.340	-5.088	2.261	135.408
Diesel Oil Tank S	10%	199.768	19.977	25.340	5.088	2.261	135.408
HSD Fuel Tank P	10%	47.718	4.772	25.497	-3.046	0.138	136.369
HSD Fuel Tank S	10%	47.718	4.772	25.497	3.046	0.138	136.369
Lube Oil Tank P	10%	26.566	2.657	22.467	-2.755	0.148	70.474
Lube Oil Tank S	10%	26.566	2.657	22.467	2.755	0.148	70.474
Subtotal	10%	747.371	74.737	21.234	0.000	2.538	866.919
.							
Water Ballast Tank 1 P	0%	105.475	0.000	95.340	-0.005	0.000	0.000
Water Ballast Tank 1 S	0%	105.475	0.000	95.340	0.005	0.000	0.000

Water Ballast Tank 2 P	0%	158.627	0.000	80.580	-0.011	0.000	0.000
Water Ballast Tank 2 S	0%	158.627	0.000	80.580	0.011	0.000	0.000
Water Ballast Tank 3 P	0%	191.617	0.000	70.235	-0.020	0.000	0.000
Water Ballast Tank 3 S	0%	191.617	0.000	70.235	0.020	0.000	0.000
Water Ballast Tank 4 P	0%	197.901	0.000	49.394	-2.060	0.001	0.000
Water Ballast Tank 4 S	0%	197.901	0.000	49.394	2.060	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 P	0%	176.461	0.000	29.403	-0.040	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 S	0%	176.461	0.000	29.403	0.040	0.001	0.000
Fore Peak Water Ballast Tank	0%	569.397	0.000	107.905	0.000	0.000	0.000
After Peak Water Ballast Tank	0%	148.333	0.000	1.533	0.000	6.000	0.000
Subtotal	0%	2377.890	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
.							
Total Loadcase			9029.085	57.581	0.000	5.615	866.919
FS correction						0.096	
VCG fluid						5.711	

Tabel 4. 18 Titik Berat Model *Vessel 2* pada Kondisi *Ballast on Departure*

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Lightship	1	3139.460	3139.460	46.450	0.000	6.200	0.000
Subtotal			3139.460	46.450	0.000	6.200	0.000
.							
Cargo Oil Tank 1 P	0%	422.300	0.000	95.090	-2.763	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 1 S	0%	422.300	0.000	95.090	2.763	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 2 P	0%	628.126	0.000	81.434	-3.333	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 2 S	0%	628.126	0.000	81.434	3.333	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 3 P	0%	657.811	0.000	66.173	-3.631	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 3 S	0%	657.811	0.000	66.173	3.631	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 4 P	0%	659.236	0.000	50.800	-3.646	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 4 S	0%	659.236	0.000	50.800	3.646	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 5 P	0%	599.306	0.000	36.100	-3.646	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 5 S	0%	599.306	0.000	36.100	3.646	1.500	0.000
Subtotal	0%	5933.559	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
.							
Fresh Water Tank P	98%	99.634	97.641	8.399	-5.377	7.677	0.000
Fresh Water Tank S	98%	99.634	97.641	8.399	5.377	7.677	0.000
Diesel Oil Tank P	98%	199.768	195.773	25.310	-5.201	4.486	0.000
Diesel Oil Tank S	98%	199.768	195.773	25.310	5.201	4.486	0.000
HSD Fuel Tank P	98%	47.718	46.764	25.475	-3.715	1.027	0.000
HSD Fuel Tank S	98%	47.718	46.764	25.475	3.715	1.027	0.000
Lube Oil Tank P	98%	26.566	26.034	22.460	-3.486	1.037	0.000
Lube Oil Tank S	98%	26.566	26.034	22.460	3.486	1.037	0.000
Subtotal	98%	747.371	732.424	20.619	0.000	4.650	0.000
.							
Water Ballast Tank 1 P	98%	105.475	103.365	95.669	-2.623	0.799	0.000
Water Ballast Tank 1 S	98%	105.475	103.365	95.669	2.623	0.799	0.000
Water Ballast Tank 2 P	98%	158.627	155.454	81.290	-3.429	0.785	0.000
Water Ballast Tank 2 S	98%	158.627	155.454	81.290	3.429	0.785	0.000
Water Ballast Tank 3 P	98%	191.617	187.785	66.069	-4.083	0.762	0.000
Water Ballast Tank 3 S	98%	191.617	187.785	66.069	4.083	0.762	0.000
Water Ballast Tank 4 P	0%	197.901	0.000	49.394	-2.060	0.001	0.000
Water Ballast Tank 4 S	0%	197.901	0.000	49.394	2.060	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 P	0%	176.461	0.000	29.403	-0.040	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 S	0%	176.461	0.000	29.403	0.040	0.001	0.000
Fore Peak Water Ballast Tank	98%	569.397	558.009	108.251	0.000	5.407	0.000
After Peak Water Ballast Tank	0%	148.333	0.000	1.533	0.000	6.000	0.000
Subtotal	61.03%	2377.890	1451.217	89.766	0.000	2.559	0.000
.							
Total Loadcase			5323.100	54.705	0.000	4.994	0.000

FS correction						0.000	
VCG fluid						4.994	

Tabel 4. 19 Titik Berat Model *Vessel 2* pada Kondisi *Ballast on Arrival*

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Lightship	1	3139.460	3139.460	46.450	0.000	6.200	0.000
Subtotal			3139.460	46.450	0.000	6.200	0.000
.							
Cargo Oil Tank 1 P	0%	422.300	0.000	95.090	-2.763	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 1 S	0%	422.300	0.000	95.090	2.763	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 2 P	0%	628.126	0.000	81.434	-3.333	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 2 S	0%	628.126	0.000	81.434	3.333	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 3 P	0%	657.811	0.000	66.173	-3.631	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 3 S	0%	657.811	0.000	66.173	3.631	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 4 P	0%	659.236	0.000	50.800	-3.646	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 4 S	0%	659.236	0.000	50.800	3.646	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 5 P	0%	599.306	0.000	36.100	-3.646	1.500	0.000
Cargo Oil Tank 5 S	0%	599.306	0.000	36.100	3.646	1.500	0.000
Subtotal	0%	5933.559	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
.							
Fresh Water Tank P	10%	99.634	9.963	10.630	-4.384	4.882	91.209
Fresh Water Tank S	10%	99.634	9.963	10.630	4.384	4.882	91.209
Diesel Oil Tank P	10%	199.768	19.977	25.340	-5.088	2.261	135.408
Diesel Oil Tank S	10%	199.768	19.977	25.340	5.088	2.261	135.408
HSD Fuel Tank P	10%	47.718	4.772	25.497	-3.046	0.138	136.369
HSD Fuel Tank S	10%	47.718	4.772	25.497	3.046	0.138	136.369
Lube Oil Tank P	10%	26.566	2.657	22.467	-2.755	0.148	70.474
Lube Oil Tank S	10%	26.566	2.657	22.467	2.755	0.148	70.474
Subtotal	10%	747.371	74.737	21.234	0.000	2.538	866.919
.							
Water Ballast Tank 1 P	98%	105.475	103.365	95.669	-2.623	0.799	0.000
Water Ballast Tank 1 S	98%	105.475	103.365	95.669	2.623	0.799	0.000
Water Ballast Tank 2 P	98%	158.627	155.454	81.290	-3.429	0.785	0.000
Water Ballast Tank 2 S	98%	158.627	155.454	81.290	3.429	0.785	0.000
Water Ballast Tank 3 P	98%	191.617	187.785	66.069	-4.083	0.762	0.000
Water Ballast Tank 3 S	98%	191.617	187.785	66.069	4.083	0.762	0.000
Water Ballast Tank 4 P	0%	197.901	0.000	49.394	-2.060	0.001	0.000
Water Ballast Tank 4 S	0%	197.901	0.000	49.394	2.060	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 P	0%	176.461	0.000	29.403	-0.040	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 S	0%	176.461	0.000	29.403	0.040	0.001	0.000
Fore Peak Water Ballast Tank	98%	569.397	558.009	108.251	0.000	5.407	0.000
After Peak Water Ballast Tank	0%	148.333	0.000	1.533	0.000	6.000	0.000
Subtotal	61.03%	2377.890	1451.217	89.766	0.000	2.559	0.000
.							
Total Loadcase			4665.414	59.520	0.000	5.009	866.919
FS correction						0.186	
VCG fluid						5.194	

4.7.3 Vessel 3

Perhitungan titik berat dari *vessel 3* pada tiap kondisi *loadcase* ditunjukkan pada Tabel 4.20-4.23.

Tabel 4. 20 Titik Berat Model *Vessel 3* pada Kondisi *Full Load on Departure*

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Lightship	1	3169.250	3169.250	51.670	0.000	6.300	0.000
Subtotal			3169.250	51.670	0.000	6.300	0.000
.							
Cargo Tank 1 P	98%	400.502	392.492	100.525	-3.026	5.373	0.000
Cargo Tank 1 S	98%	400.502	392.492	100.525	3.026	5.373	0.000
Cargo Tank 2 P	98%	629.827	617.231	86.771	-3.484	5.365	0.000
Cargo Tank 2 S	98%	629.827	617.231	86.771	3.484	5.365	0.000
Cargo Tank 3 P	98%	645.638	632.726	70.750	-3.570	5.333	0.000
Cargo Tank 3 S	98%	645.638	632.726	70.750	3.570	5.333	0.000
Cargo Tank 4 P	98%	645.638	632.726	54.650	-3.570	5.333	0.000
Cargo Tank 4 S	98%	645.638	632.726	54.650	3.570	5.333	0.000
Cargo Tank 5 P	98%	645.638	632.726	38.550	-3.570	5.333	0.000
Cargo Tank 5 S	98%	645.638	632.726	38.550	3.570	5.333	0.000
Subtotal	98%	5934.488	5815.799	67.660	0.000	5.345	0.000
.							
Freshwater Tank P	98%	109.512	107.322	8.320	-4.614	7.634	0.000
Freshwater Tank S	98%	109.512	107.322	8.320	4.614	7.634	0.000
Diesel Fuel Oil Tank P	98%	192.501	188.651	27.720	-3.860	4.625	0.000
Diesel Fuel Oil Tank S	98%	192.501	188.651	27.720	3.860	4.625	0.000
HSD Fuel Oil Tank P	98%	40.974	40.154	28.767	-3.549	1.024	0.000
HSD Fuel Oil Tank S	98%	40.974	40.154	28.767	3.549	1.024	0.000
Lube Oil Tank	98%	51.621	50.589	25.958	0.000	1.032	0.000
Subtotal	98%	737.595	722.843	21.952	0.000	4.867	0.000
.							
After Peak Water Ballast Tank	0%	151.315	0.000	2.565	0.000	4.500	0.000
Fore Peak Water Ballast Tank	0%	366.534	0.000	114.070	0.000	0.000	0.000
Water Ballast Tank 1 P	0%	92.488	0.000	100.585	-0.005	0.000	0.000
Water Ballast Tank 1 S	0%	92.488	0.000	100.585	0.005	0.000	0.000
Water Ballast Tank 2 P	0%	154.942	0.000	85.759	-0.010	0.000	0.000
Water Ballast Tank 2 S	0%	154.942	0.000	85.759	0.010	0.000	0.000
Water Ballast Tank 3 P	0%	187.726	0.000	74.964	-0.019	0.000	0.000
Water Ballast Tank 3 S	0%	187.726	0.000	74.964	0.019	0.000	0.000
Water Ballast Tank 4 P	0%	193.849	0.000	53.202	-1.930	0.001	0.000
Water Ballast Tank 4 S	0%	193.849	0.000	53.202	1.930	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 P	0%	189.346	0.000	30.844	-0.026	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 S	0%	189.346	0.000	30.844	0.026	0.001	0.000
Total Loadcase			9707.892	59.036	0.000	5.621	0.000
FS correction						0.000	
VCG fluid						5.621	

Tabel 4. 21 Titik Berat Model *Vessel 3* pada Kondisi *Full Load on Arrival*

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Lightship	1	3169.250	3169.250	51.670	0.000	6.300	0.000
Subtotal			3169.250	51.670	0.000	6.300	0.000
.							
Cargo Tank 1 P	98%	400.502	392.492	100.525	-3.026	5.373	0.000
Cargo Tank 1 S	98%	400.502	392.492	100.525	3.026	5.373	0.000
Cargo Tank 2 P	98%	629.827	617.231	86.771	-3.484	5.365	0.000
Cargo Tank 2 S	98%	629.827	617.231	86.771	3.484	5.365	0.000
Cargo Tank 3 P	98%	645.638	632.726	70.750	-3.570	5.333	0.000
Cargo Tank 3 S	98%	645.638	632.726	70.750	3.570	5.333	0.000
Cargo Tank 4 P	98%	645.638	632.726	54.650	-3.570	5.333	0.000
Cargo Tank 4 S	98%	645.638	632.726	54.650	3.570	5.333	0.000
Cargo Tank 5 P	98%	645.638	632.726	38.550	-3.570	5.333	0.000
Cargo Tank 5 S	98%	645.638	632.726	38.550	3.570	5.333	0.000
Subtotal	98%	5934.488	5815.799	67.660	0.000	5.345	0.000
.							
Freshwater Tank P	10%	109.512	10.951	10.462	-3.528	4.814	108.841
Freshwater Tank S	10%	109.512	10.951	10.462	3.528	4.814	108.841
Diesel Fuel Oil Tank P	10%	192.501	19.250	27.730	-3.754	2.273	197.593
Diesel Fuel Oil Tank S	10%	192.501	19.250	27.730	3.754	2.273	197.593
HSD Fuel Oil Tank P	10%	40.974	4.097	28.780	-2.944	0.135	105.008
HSD Fuel Oil Tank S	10%	40.974	4.097	28.780	2.944	0.135	105.008
Lube Oil Tank P	10%	25.811	2.581	25.964	-2.721	0.143	62.586
After Peak Water Ballast Tank	0%	151.315	0.000	2.565	0.000	4.500	0.000
Fore Peak Water Ballast Tank	0%	366.534	0.000	114.070	0.000	0.000	0.000
Subtotal	5.79%	1229.633	71.178	22.473	-0.099	2.731	885.471
.							
Water Ballast Tank 1 P	0%	92.488	0.000	100.585	-0.005	0.000	0.000
Water Ballast Tank 1 S	0%	92.488	0.000	100.585	0.005	0.000	0.000
Water Ballast Tank 2 P	0%	154.942	0.000	85.759	-0.010	0.000	0.000
Water Ballast Tank 2 S	0%	154.942	0.000	85.759	0.010	0.000	0.000
Water Ballast Tank 3 P	0%	187.726	0.000	74.964	-0.019	0.000	0.000
Water Ballast Tank 3 S	0%	187.726	0.000	74.964	0.019	0.000	0.000
Water Ballast Tank 4 P	0%	193.849	0.000	53.199	-1.930	0.001	0.000
Water Ballast Tank 4 S	0%	193.849	0.000	53.199	1.930	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 P	0%	189.346	0.000	30.845	-0.026	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 S	0%	189.346	0.000	30.845	0.026	0.001	0.000
Subtotal	0%	1636.702	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
.							
Lube Oil Tank S	98%	25.811	25.294	25.958	3.380	1.032	0.000
Total Loadcase			9081.521	61.609	0.009	5.646	885.471
FS correction						0.098	
VCG fluid						5.743	

Tabel 4. 22 Titik Berat Model *Vessel 3* pada Kondisi *Ballast on Departure*

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Lightship	1	3169.250	3169.250	51.670	0.000	6.300	0.000
Subtotal			3169.250	51.670	0.000	6.300	0.000
.							
Cargo Tank 1 P	0%	400.502	0.000	100.462	-2.699	1.500	0.000
Cargo Tank 1 S	0%	400.502	0.000	100.462	2.699	1.500	0.000
Cargo Tank 2 P	0%	629.827	0.000	86.694	-3.255	1.500	0.000
Cargo Tank 2 S	0%	629.827	0.000	86.694	3.255	1.500	0.000
Cargo Tank 3 P	0%	645.638	0.000	70.750	-3.416	1.500	0.000
Cargo Tank 3 S	0%	645.638	0.000	70.750	3.416	1.500	0.000

Cargo Tank 4 P	0%	645.638	0.000	54.650	-3.416	1.500	0.000
Cargo Tank 4 S	0%	645.638	0.000	54.650	3.416	1.500	0.000
Cargo Tank 5 P	0%	645.638	0.000	38.550	-3.416	1.500	0.000
Cargo Tank 5 S	0%	645.638	0.000	38.550	3.416	1.500	0.000
Subtotal	0%	5934.488	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
.							
Freshwater Tank P	98%	109.512	107.322	8.320	-4.614	7.634	0.000
Freshwater Tank S	98%	109.512	107.322	8.320	4.614	7.634	0.000
Diesel Fuel Oil Tank P	98%	192.501	188.651	27.720	-3.860	4.625	0.000
Diesel Fuel Oil Tank S	98%	192.501	188.651	27.720	3.860	4.625	0.000
HSD Fuel Oil Tank P	98%	40.974	40.154	28.767	-3.549	1.024	0.000
HSD Fuel Oil Tank S	98%	40.974	40.154	28.767	3.549	1.024	0.000
Lube Oil Tank	98%	51.621	50.589	25.958	0.000	1.032	0.000
Subtotal	98%	737.595	722.843	21.952	0.000	4.867	0.000
.							
After Peak Water Ballast Tank	0%	151.315	0.000	2.565	0.000	4.500	0.000
Fore Peak Water Ballast Tank	98%	366.534	359.204	114.369	0.000	5.461	0.000
Water Ballast Tank 1 P	98%	92.488	90.638	100.870	-2.463	0.799	0.000
Water Ballast Tank 1 S	98%	92.488	90.638	100.870	2.463	0.799	0.000
Water Ballast Tank 2 P	98%	154.942	151.844	86.517	-3.205	0.785	0.000
Water Ballast Tank 2 S	98%	154.942	151.844	86.517	3.205	0.785	0.000
Water Ballast Tank 3 P	98%	187.726	183.971	70.613	-3.826	0.762	0.000
Water Ballast Tank 3 S	98%	187.726	183.971	70.613	3.826	0.762	0.000
Water Ballast Tank 4 P	0%	193.849	0.000	53.202	-1.930	0.001	0.000
Water Ballast Tank 4 S	0%	193.849	0.000	53.202	1.930	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 P	0%	189.346	0.000	30.844	-0.026	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 S	0%	189.346	0.000	30.844	0.026	0.001	0.000
Subtotal	56.26%	2154.551	1212.110	92.090	0.000	2.166	0.000
.							
Total Loadcase			5104.203	57.060	0.000	5.115	0.000
FS correction						0.000	
VCG fluid						5.115	

Tabel 4. 23 Titik Berat Model *Vessel 3* pada Kondisi *Ballast on Arrival*

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Lightship	1	3169.250	3169.250	51.670	0.000	6.300	0.000
Subtotal			3169.250	51.670	0.000	6.300	0.000
.							
Cargo Tank 1 P	0%	400.502	0.000	100.462	-2.699	1.500	0.000
Cargo Tank 1 S	0%	400.502	0.000	100.462	2.699	1.500	0.000
Cargo Tank 2 P	0%	629.827	0.000	86.694	-3.255	1.500	0.000
Cargo Tank 2 S	0%	629.827	0.000	86.694	3.255	1.500	0.000
Cargo Tank 3 P	0%	645.638	0.000	70.750	-3.416	1.500	0.000
Cargo Tank 3 S	0%	645.638	0.000	70.750	3.416	1.500	0.000
Cargo Tank 4 P	0%	645.638	0.000	54.650	-3.416	1.500	0.000
Cargo Tank 4 S	0%	645.638	0.000	54.650	3.416	1.500	0.000
Cargo Tank 5 P	0%	645.638	0.000	38.550	-3.416	1.500	0.000
Cargo Tank 5 S	0%	645.638	0.000	38.550	3.416	1.500	0.000
Subtotal	0%	5934.488	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
.							
Freshwater Tank P	10%	109.512	10.951	10.462	-3.528	4.814	108.841
Freshwater Tank S	10%	109.512	10.951	10.462	3.528	4.814	108.841
Diesel Fuel Oil Tank P	10%	192.501	19.250	27.730	-3.754	2.273	197.593
Diesel Fuel Oil Tank S	10%	192.501	19.250	27.730	3.754	2.273	197.593
HSD Fuel Oil Tank P	10%	40.974	4.097	28.780	-2.944	0.135	105.008
HSD Fuel Oil Tank S	10%	40.974	4.097	28.780	2.944	0.135	105.008
Lube Oil Tank P	10%	25.811	2.581	25.964	-2.721	0.143	62.586
Subtotal	10%	711.784	71.178	22.473	-0.099	2.731	885.471

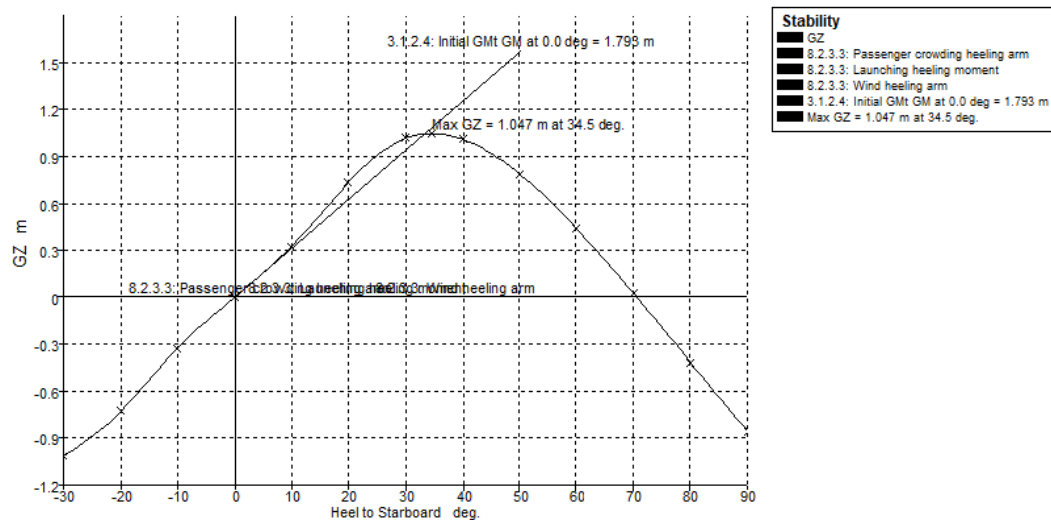
After Peak Water Ballast Tank	0%	151.315	0.000	2.565	0.000	4.500	0.000
Fore Peak Water Ballast Tank	98%	366.534	359.203	114.369	0.000	5.461	0.000
Water Ballast Tank 1 P	98%	92.488	90.638	100.870	-2.463	0.799	0.000
Water Ballast Tank 1 S	98%	92.488	90.638	100.870	2.463	0.799	0.000
Water Ballast Tank 2 P	98%	154.942	151.844	86.517	-3.205	0.785	0.000
Water Ballast Tank 2 S	98%	154.942	151.844	86.517	3.205	0.785	0.000
Water Ballast Tank 3 P	0%	187.726	0.000	74.964	-0.019	0.000	0.000
Water Ballast Tank 3 S	0%	187.726	0.000	74.964	0.019	0.000	0.000
Water Ballast Tank 4 P	0%	193.849	0.000	53.199	-1.930	0.001	0.000
Water Ballast Tank 4 S	0%	193.849	0.000	53.199	1.930	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 P	0%	189.346	0.000	30.845	-0.026	0.001	0.000
Water Ballast Tank 5 S	0%	189.346	0.000	30.845	0.026	0.001	0.000
Subtotal	39.18%	2154.551	844.167	101.450	0.000	2.778	0.000
Lube Oil Tank S	98%	25.811	25.294	25.958	3.380	1.032	0.000
Total Loadcase			4109.890	61.231	0.019	5.482	885.471
FS correction						0.215	
VCG fluid						5.698	

4.7 Stabilitas Kapal

Agar dapat memastikan keselamatan dari masing-masing model yang telah dibuat, maka dilakukan analisis stabilitas terhadap masing-masing model. Analisis stabilitas yang dilakukan harus memenuhi standar yang telah ditentukan oleh IMO A(749) dan SOLAS. Hasil analisis stabilitas yang dilakukan pada tiap kondisi ditunjukkan pada Gambar 4.12-4.23 dan Tabel 4.24-4.35:

1.8.1 Vessel 1

a. Full Load on Departure



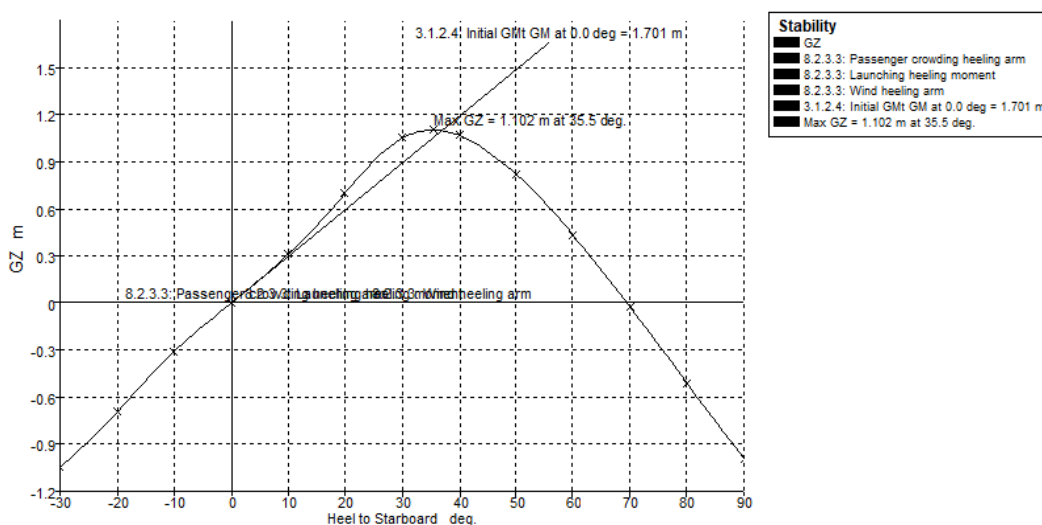
Gambar 4. 12 Kurva GZ Vessel 1 pada Kondisi Full Load on Departure

Tabel 4. 24 Validasi Kriteria *Vessel 1* pada Kondisi *Full Load on Departure*

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	1.047	Pass	+2517.50
8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	1.047	Pass	+2517.50
8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	1.043	Pass	+2507.50
8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	1.047	Pass	+1994.00
8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	70.5	Pass	+907.86
3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	15.7660	Pass	+400.30
3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	26.1131	Pass	+406.40
3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	10.3471	Pass	+501.96
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	1.047	Pass	+423.50
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	34.5	Pass	+38.18
3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	1.793	Pass	+1095.33

Pada Tabel 4.24 dapat disimpulkan bahwa *vessel 1* pada kondisi *full load on departure* telah memenuhi semua kriteria yang disyaratkan oleh IMO dan SOLAS.

b. *Full Load on Arrival*



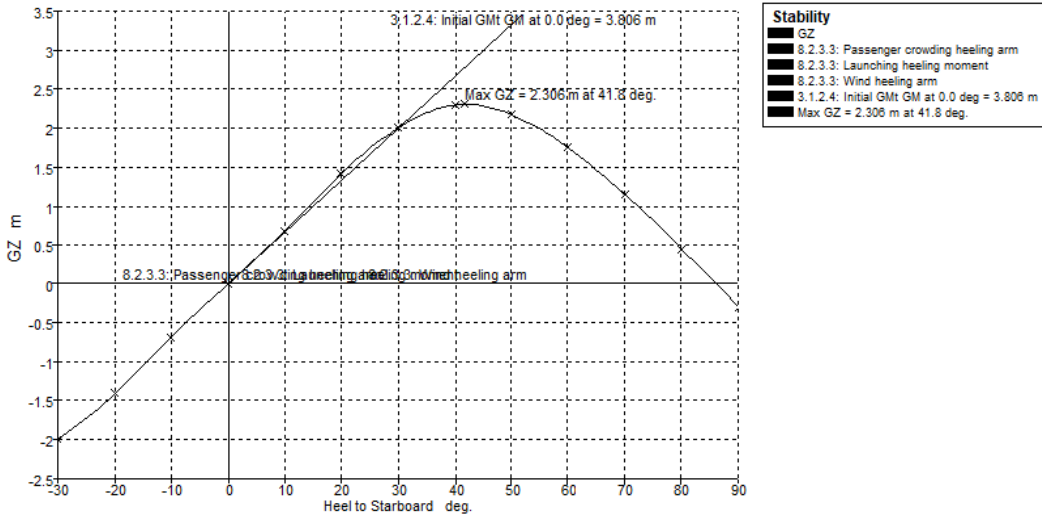
Gambar 4. 13 Kurva GZ *Vessel 1* pada Kondisi *Full Load on Arrival*

Tabel 4. 25 Validasi Kriteria *Vessel 1* pada Kondisi *Full Load on Arrival*

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	1.102	Pass	+2655.00
8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	1.102	Pass	+2655.00
8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	1.098	Pass	+2645.00
8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	1.102	Pass	+2104.00
8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	69.4	Pass	+892.00
3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	15.3588	Pass	+387.38
3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	26.2310	Pass	+408.69
3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	10.8722	Pass	+532.51
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	1.102	Pass	+451.00
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	35.5	Pass	+41.82
3.1.2.4: Initial GMT	0.150	m	1.701	Pass	+1034.00

Pada Tabel 4.25 dapat disimpulkan bahwa *vessel 2* pada kondisi *full load on arrival* telah memenuhi semua kriteria yang disyaratkan oleh IMO dan SOLAS.

c. Ballast on Departure



Gambar 4. 14 Kurva GZ *Vessel 1* pada Kondisi *Ballast on Departure*

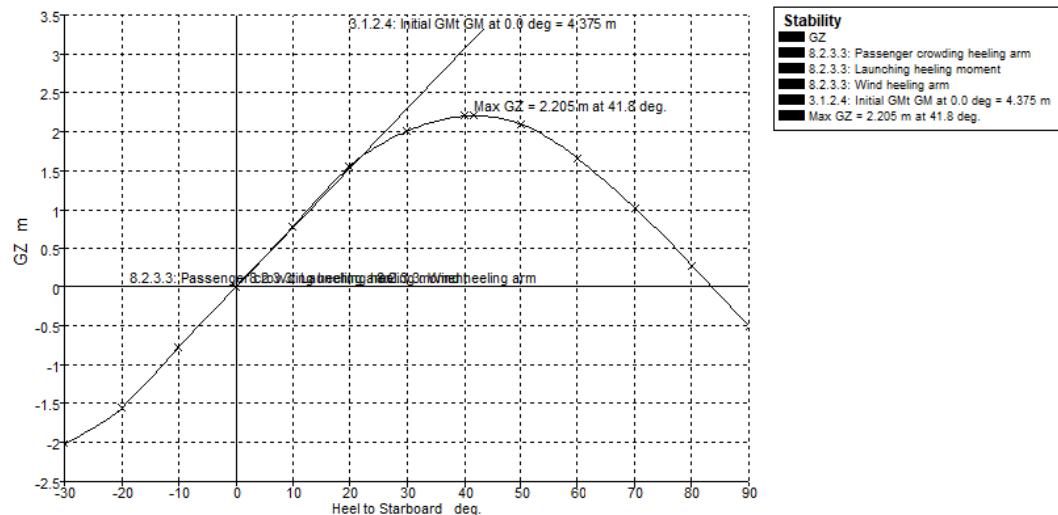
Tabel 4. 26 Validasi Kriteria *Vessel 1* pada Kondisi *Ballast on Departure*

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	2.306	Pass	+5665.00
8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	2.306	Pass	+5665.00
8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	2.296	Pass	+5640.00
8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	2.306	Pass	+4512.00
8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	86.1	Pass	+1129.91
3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	31.0510	Pass	+885.34
3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	52.8576	Pass	+925.05
3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	21.8067	Pass	+1168.64

3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	2.306	Pass	+1053.00
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	41.8	Pass	+67.27
3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	3.806	Pass	+2437.33

Pada Tabel 4.26 dapat disimpulkan bahwa *vessel 1* pada kondisi *ballast on departure* telah memenuhi semua kriteria yang disyaratkan oleh IMO dan SOLAS.

d. *Ballast on Arrival*



Gambar 4. 15 Kurva GZ *Vessel 1* pada Kondisi *Ballast on Arrival*

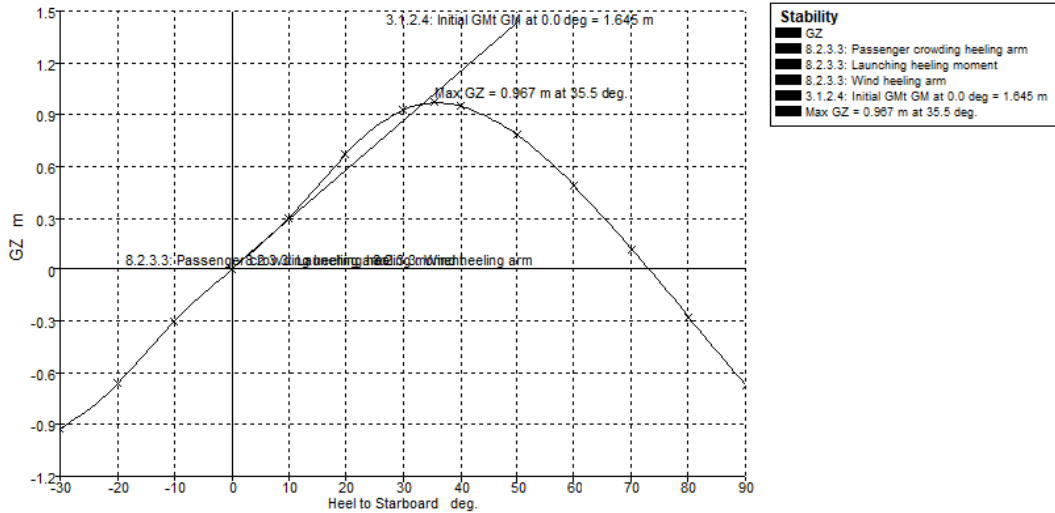
Tabel 4. 27 Validasi Kriteria *Vessel 1* pada Kondisi *Ballast on Arrival*

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	2.205	Pass	+5412.50
8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	2.205	Pass	+5412.50
8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	2.193	Pass	+5382.50
8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	2.205	Pass	+4310.00
8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	83.6	Pass	+1093.64
3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	33.6602	Pass	+968.14
3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	54.8917	Pass	+964.49
3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	21.2315	Pass	+1135.18
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	2.205	Pass	+1002.50
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	41.8	Pass	+67.27
3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	4.375	Pass	+2816.67

Pada Tabel 4.27 dapat disimpulkan bahwa *vessel 1* pada kondisi *ballast on arrival* telah memenuhi semua kriteria yang disyaratkan oleh IMO dan SOLAS.

1.8.2 Vessel 2

a. Full Load on Departure



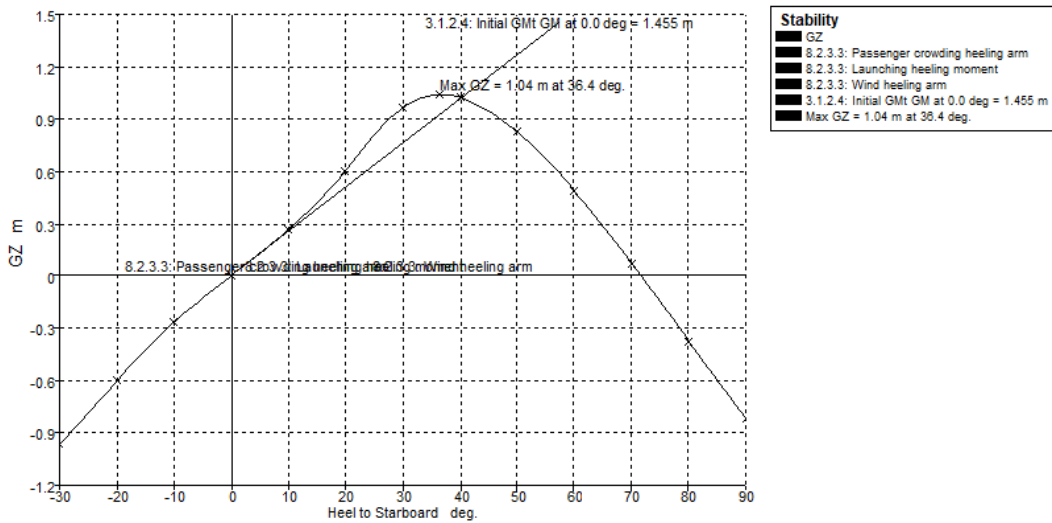
Gambar 4. 16 Kurva GZ Vessel 2 pada Kondisi *Full Load on Departure*

Tabel 4. 28 Validasi Kriteria Vessel 2 pada Kondisi *on Departure*

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	0.967	Pass	+2317.50
8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	0.967	Pass	+2317.50
8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	0.963	Pass	+2307.50
8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	0.967	Pass	+1834.00
8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	73.1	Pass	+943.73
3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	14.3813	Pass	+356.36
3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	23.9456	Pass	+364.37
3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	9.5643	Pass	+456.42
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	0.967	Pass	+383.50
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	35.5	Pass	+41.82
3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	1.645	Pass	+996.67

Pada Tabel 4.28 dapat disimpulkan bahwa *vessel 2* pada kondisi *full load on departure* telah memenuhi semua kriteria yang disyaratkan oleh IMO dan SOLAS.

b. Full Load on Arrival



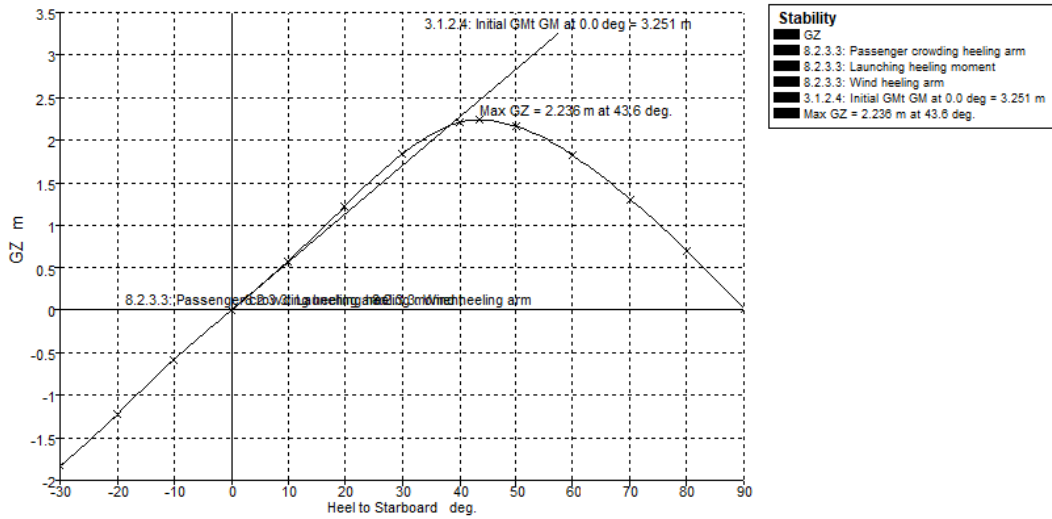
Gambar 4. 17 Kurva GZ Vessel 2 pada Kondisi Full Load on Arrival

Tabel 4. 29 Validasi Kriteria Vessel 2 pada Kondisi Full Load on Arrival

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	1.040	Pass	+2500.00
8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	1.040	Pass	+2500.00
8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	1.035	Pass	+2487.50
8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	1.040	Pass	+1980.00
8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	71.7	Pass	+923.73
3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	13.5247	Pass	+329.18
3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	23.7441	Pass	+360.46
3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	10.2194	Pass	+494.53
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	1.040	Pass	+420.00
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	36.4	Pass	+45.46
3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	1.455	Pass	+870.00

Pada Tabel 4.29 dapat disimpulkan bahwa vessel 2 pada kondisi full load on arrival telah memenuhi semua kriteria yang disyaratkan oleh IMO dan SOLAS.

c. *Ballast on Departure*



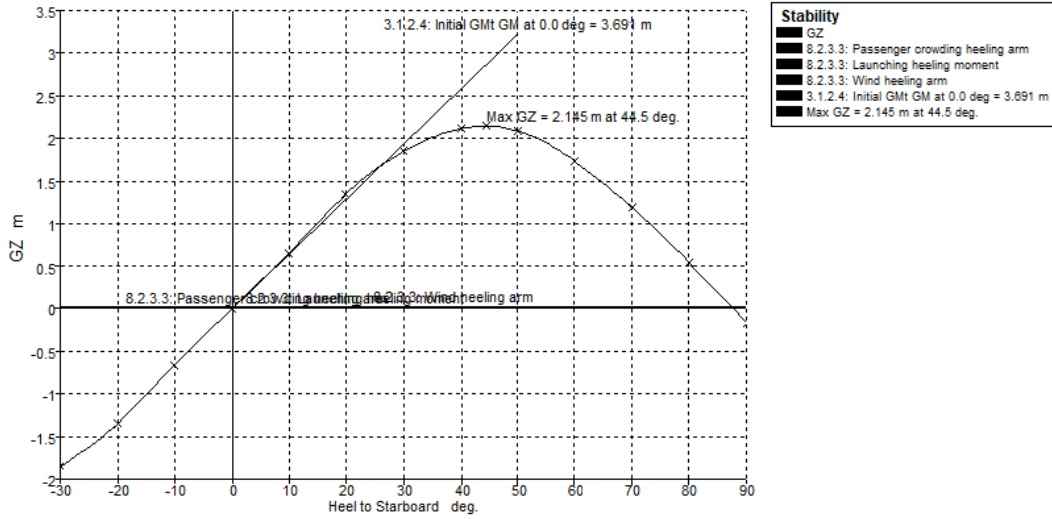
Gambar 4. 18 Kurva GZ *Vessel 2* pada Kondisi *Ballast on Departure*

Tabel 4. 30 Validasi Kriteria *Vessel 2* pada Kondisi *Ballast on Departure*

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	2.236	Pass	+5490.00
8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	2.236	Pass	+5490.00
8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	2.226	Pass	+5465.00
8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	2.236	Pass	+4372.00
8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	90.0	Pass	+1185.71
3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	27.2414	Pass	+764.45
3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	47.7460	Pass	+825.92
3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	20.5046	Pass	+1092.89
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	2.236	Pass	+1018.00
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	43.6	Pass	+74.54
3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	3.251	Pass	+2067.33

Pada Tabel 4.30 dapat disimpulkan bahwa *vessel 2* pada kondisi *ballast on departure* telah memenuhi semua kriteria yang disyaratkan oleh IMO dan SOLAS.

d. *Ballast on Arrival*



Gambar 4. 19 Kurva GZ *Vessel 2* pada Kondisi *Ballast on Arrival*

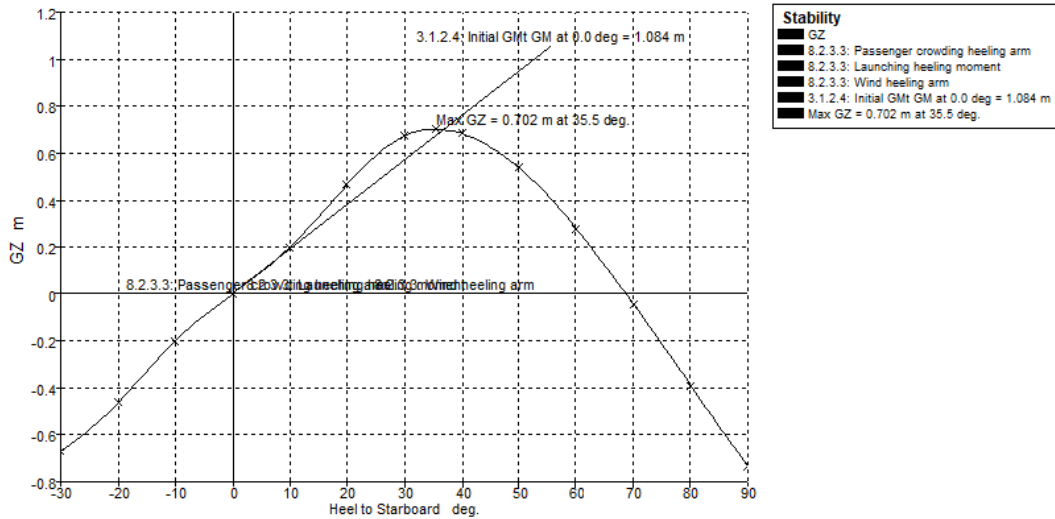
Tabel 4. 31 Validasi Kriteria *Vessel 2* pada Kondisi *Ballast on Arrival*

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	2.145	Pass	+5262.50
8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	2.145	Pass	+5262.50
8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	2.133	Pass	+5232.50
8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	2.145	Pass	+4190.00
8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	87.7	Pass	+1152.59
3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	29.4597	Pass	+834.84
3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	49.5035	Pass	+860.00
3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	20.0439	Pass	+1066.09
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	2.145	Pass	+972.50
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	44.5	Pass	+78.18
3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	3.691	Pass	+2360.67

Pada Tabel 4.31 dapat disimpulkan bahwa *vessel 2* pada kondisi *ballast on arrival* telah memenuhi semua kriteria yang disyaratkan oleh IMO dan SOLAS.

1.8.3 Vessel 3

a. Full Load on Departure



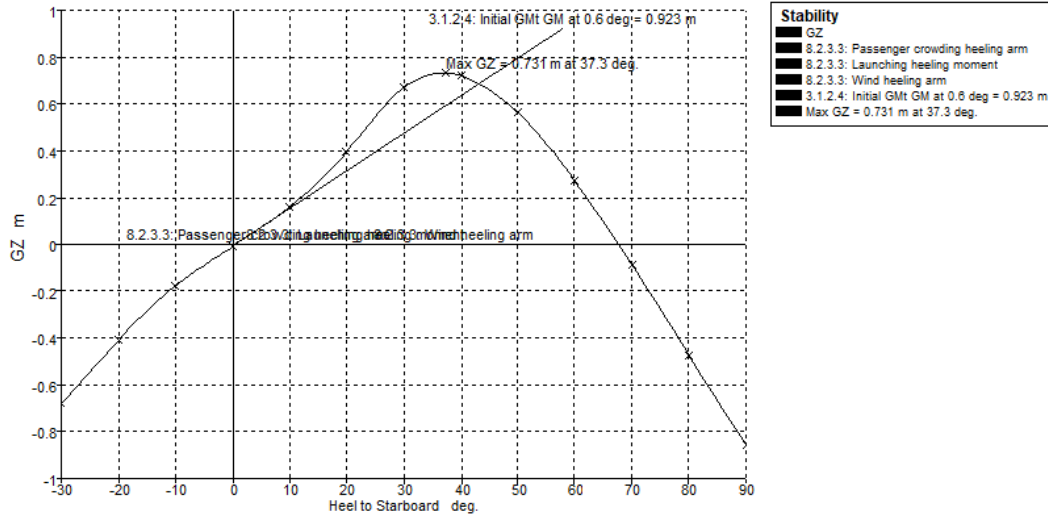
Gambar 4. 20 Kurva GZ Vessel 3 pada Kondisi Full Load on Departure

Tabel 4. 32 Validasi Kriteria Vessel 3 pada Kondisi Full Load on Departure

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	0.702	Pass	+1655.00
8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	0.702	Pass	+1655.00
8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	0.698	Pass	+1645.00
8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	0.702	Pass	+1304.00
8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	68.7	Pass	+881.67
3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	10.0516	Pass	+218.97
3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	16.9854	Pass	+229.39
3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	6.9338	Pass	+303.39
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	0.702	Pass	+251.00
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	35.5	Pass	+41.82
3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	1.084	Pass	+622.67

Pada Tabel 4.32 dapat disimpulkan bahwa vessel 3 pada kondisi full load on departure telah memenuhi semua kriteria yang disyaratkan oleh IMO dan SOLAS.

b. Full Load on Arrival



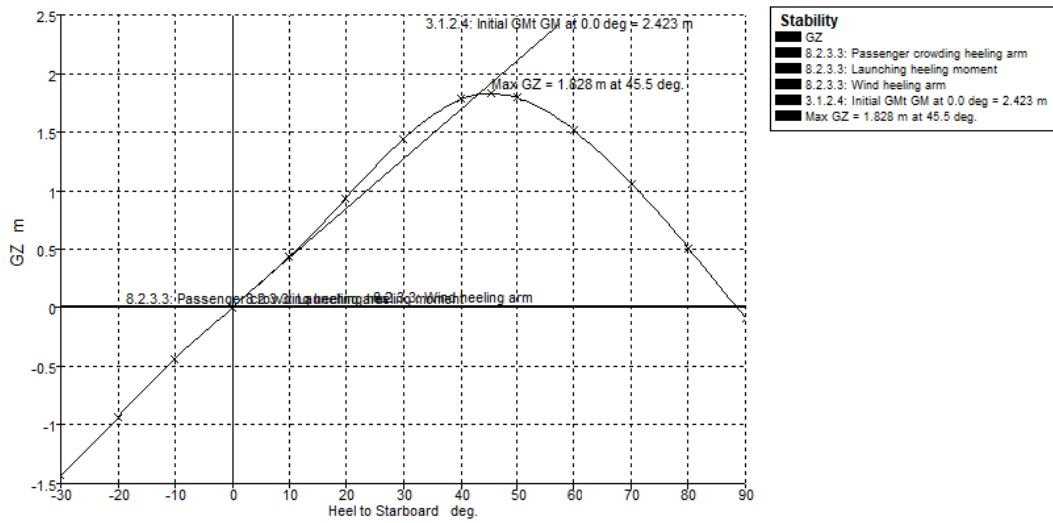
Gambar 4. 21 Kurva GZ Vessel 3 pada Kondisi Full Load on Arrival

Tabel 4. 33 Validasi Kriteria Vessel 3 pada Kondisi Full Load on Arrival

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	0.731	Pass	+1727.50
8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	0.731	Pass	+1727.50
8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	0.727	Pass	+1717.50
8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	0.731	Pass	+1362.00
8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	67.1	Pass	+858.29
3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	8.8214	Pass	+179.93
3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	15.9789	Pass	+209.87
3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	7.1575	Pass	+316.40
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	0.731	Pass	+265.50
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	37.3	Pass	+49.09
3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	0.923	Pass	+515.33

Pada Tabel 4.33 dapat disimpulkan bahwa vessel 3 pada kondisi full load on arrival telah memenuhi semua kriteria yang disyaratkan oleh IMO dan SOLAS.

c. Vessel 3



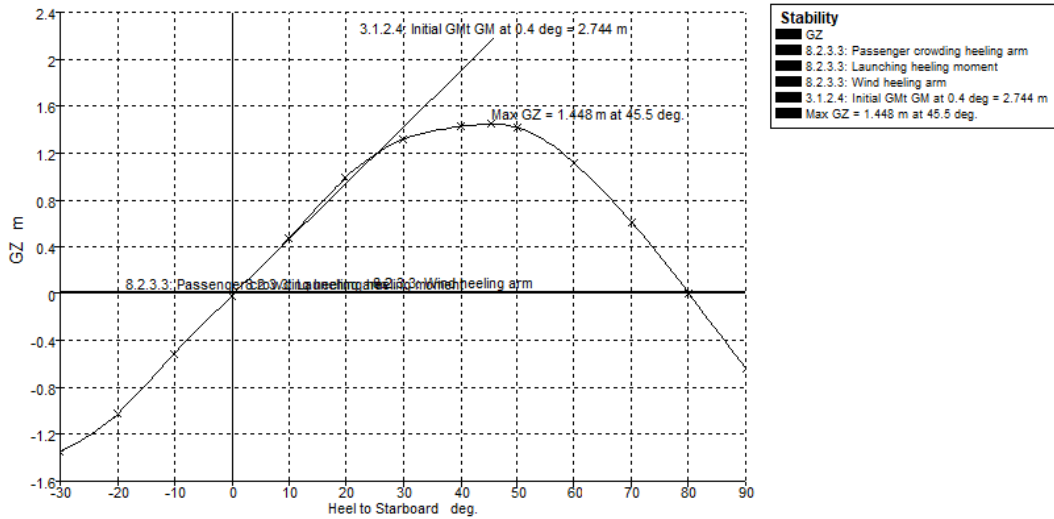
Gambar 4. 22 Kurva GZ Vessel 3 pada Kondisi *Ballast on Departure*

Tabel 4. 34 Validasi Kriteria Vessel 3 pada Kondisi *Ballast on Departure*

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	1.828	Pass	+4470.00
8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	1.828	Pass	+4470.00
8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	1.817	Pass	+4442.50
8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	1.828	Pass	+3556.00
8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	88.5	Pass	+1164.23
3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	20.8449	Pass	+561.47
3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	37.1411	Pass	+620.26
3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	16.2962	Pass	+848.06
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	1.828	Pass	+814.00
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	45.5	Pass	+81.82
3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	2.423	Pass	+1515.33

Pada Tabel 4.34 dapat disimpulkan bahwa *vessel 3* pada kondisi *ballast on departure* telah memenuhi semua kriteria yang disyaratkan oleh IMO dan SOLAS.

d. *Ballast on Arrival*



Gambar 4. 23 Kurva GZ *Vessel 3* pada Kondisi *Ballast on Arrival*

Tabel 4. 35 Validasi Kriteria *Vessel 3* pada Kondisi *Ballast on Arrival*

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	1.448	Pass	+3520.00
8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	1.448	Pass	+3520.00
8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	1.434	Pass	+3485.00
8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	1.448	Pass	+2796.00
8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	79.6	Pass	+1037.40
3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	21.3205	Pass	+576.56
3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	35.1445	Pass	+581.54
3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	13.8240	Pass	+704.23
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	1.448	Pass	+624.00
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	45.5	Pass	+81.82

Pada Tabel 4.35 dapat disimpulkan bahwa *vessel 3* pada kondisi *ballast on arrival* telah memenuhi semua kriteria yang disyaratkan oleh IMO dan SOLAS.

1.8.4 Pembahasan Hasil Stabilitas

Dari hasil analisis stabilitas yang telah dilakukan dan dengan meninjau kurva GZ pada masing-masing kondisi, maka dapat dilihat rentang stabilitas dan sudut tenggelamnya. Jika dibandingkan dengan data kapal awal pada kondisi *full load departure*, maka perbandingannya dapat dilihat sebagai berikut sebagai berikut:

Tabel 4. 36 Sudut Tenggelam pada Masing-Masing Model pada Kondisi *Full Load Departure*

Model	Sudut Tenggelam			
	<i>Initial Ship</i>	<i>Vessel 1</i>	<i>Vessel 2</i>	<i>Vessel 3</i>
<i>Full Load Departure</i>	72°	70°	73°	69°

Berdasarkan Tabel 4.36, dapat disimpulkan bahwa *vessel 2* memiliki rentang stabilitas paling baik dibanding model yang lain karena memiliki sudut tenggelam sebesar 73° sebelum mengalami *capsize*. Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa *vessel 2* memiliki stabilitas yang lebih baik daripada kapal awal. Selain berdasarkan sudut tenggelam, dengan meninjau kurva GZ kita juga dapat meninjau luasan dibawah kurva sebagai berikut:

Tabel 4. 37 Luasan di bawah kurva GZ pada Kondisi *Full Load Departure*

Model	Luasan di Bawah Kurva (m.degree)			
	<i>Initial Ship</i>	<i>Vessel 1</i>	<i>Vessel 2</i>	<i>Vessel 3</i>
<i>Full Load Departure</i>	-	43,813	42,28	28,62

Berdasarkan Tabel 4.37, dapat disimpulkan bahwa *vessel 1* memiliki luasan di bawah kurva GZ terbesar pada kondisi *full load departure*. Hal tersebut menunjukkan bahwa *vessel 1* pada kondisi tersebut memiliki stabilitas dinamis paling baik.

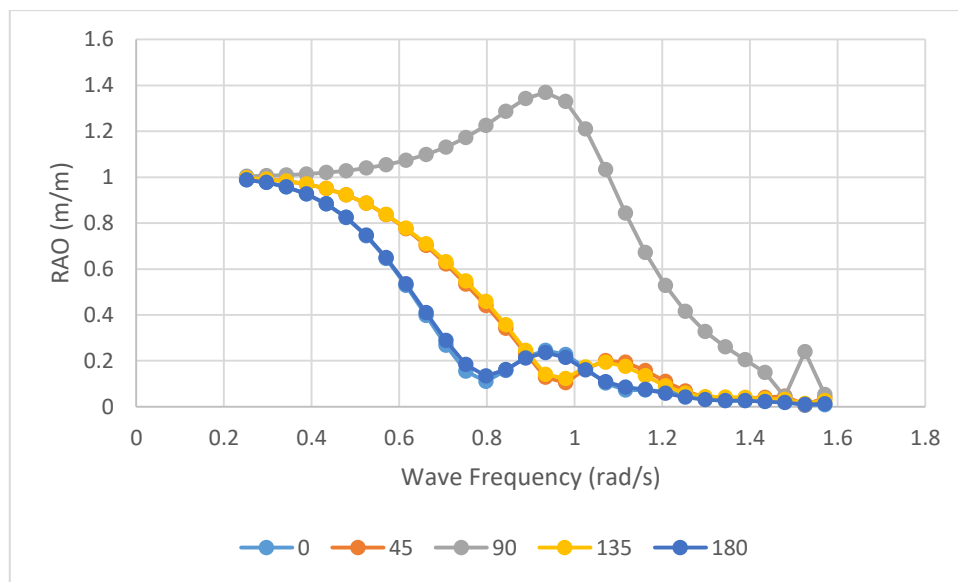
4.8 Analisis Karakteristik Gerakan Kapal

Setelah dilakukan pemodelan dan analisis stabilitas pada setiap kondisi, maka perlu diketahui karakteristik gerakan kapal terhadap gelombang pada tiap kondisinya. Analisis dilakukan pada gelombang reguler dengan sudut gelombang 0° , 45° , 90° , 135° dan 180° pada tiga derajat kebebasan non dimensional yakni *heave*, *roll* dan *pitch*. Model kemudian dianalisis pada dua kondisi kecepatan yaitu 0 knot dan 12 knot.

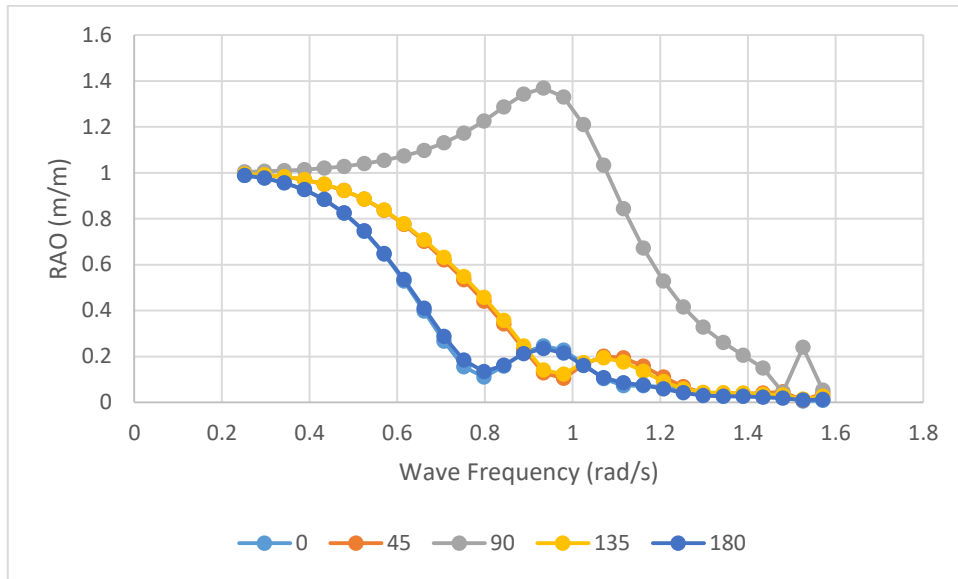
4.9.1 Karakteristik Gerakan pada Vessel 1

Karakteristik gerakan *vessel 1* pada tiap kondisi *loadcase* pada mode gerakan *heave*, *roll* dan *pitch* dengan variasi kecepatan 0 dan 12 Knot ditunjukkan pada Gambar.24-47.

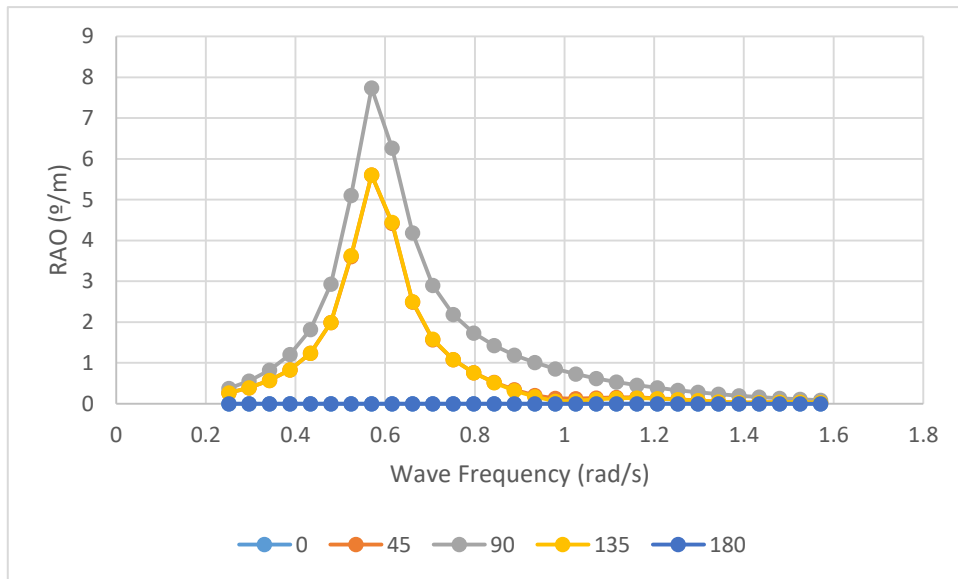
a. Kondisi *Full Load Departure*



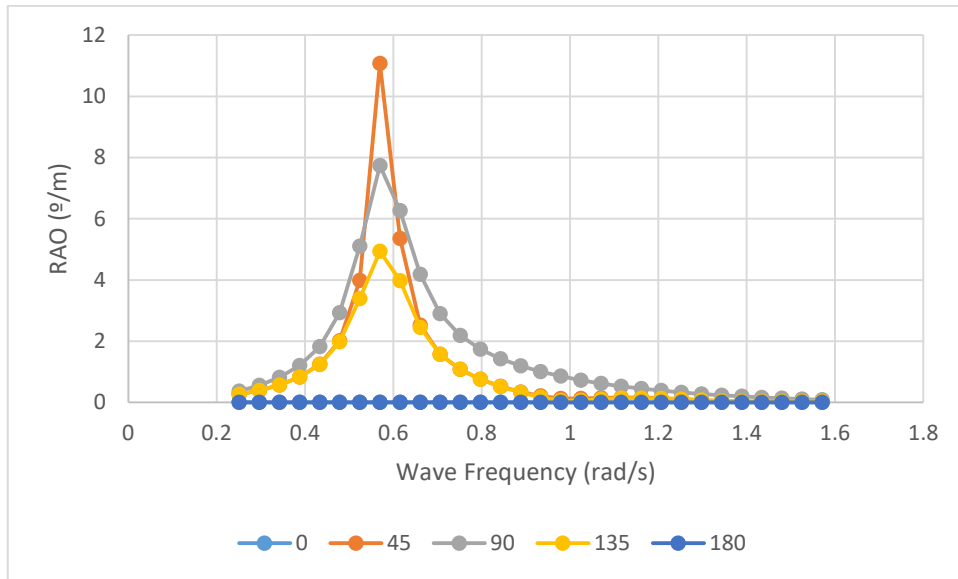
Gambar 4. 24 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Full Load Departure* *Vessel 1* pada Kecepatan 0 Knot



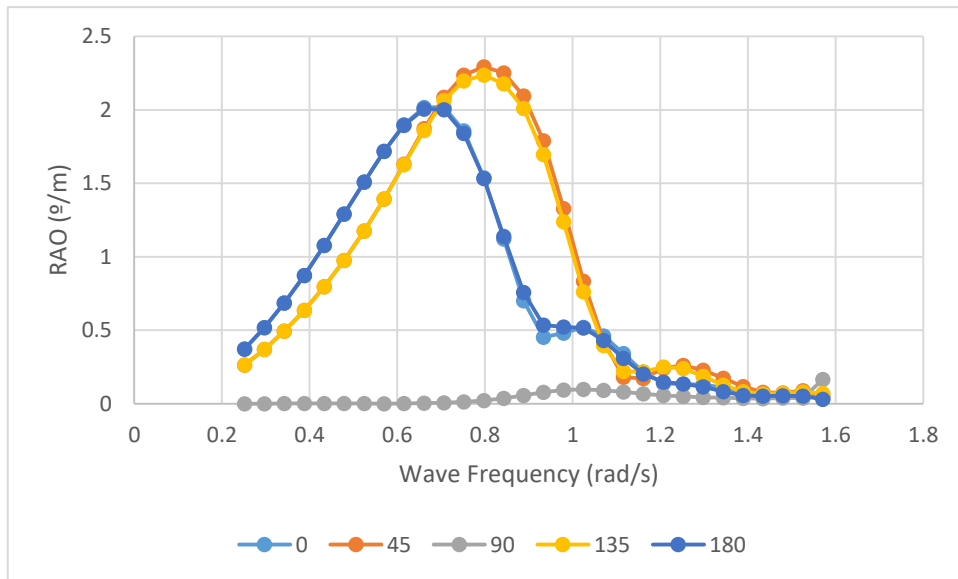
Gambar 4. 25 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Full Load Departure Vessel 1* pada Kecepatan 12 Knot



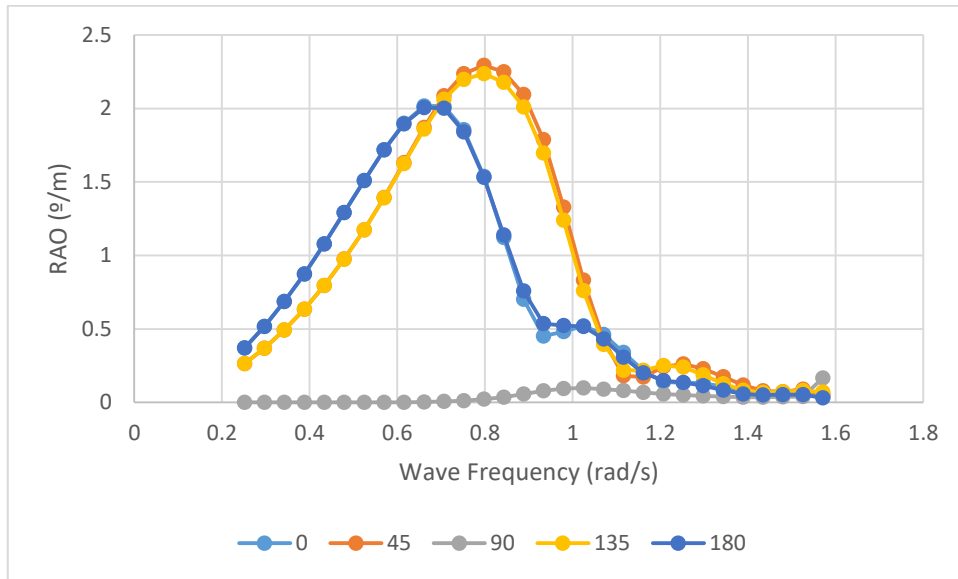
Gambar 4. 26 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Full Load Departure Vessel 1* pada Kecepatan 0 Knot



Gambar 4. 27 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Full Load Departure Vessel 1* pada Kecepatan 12 Knot

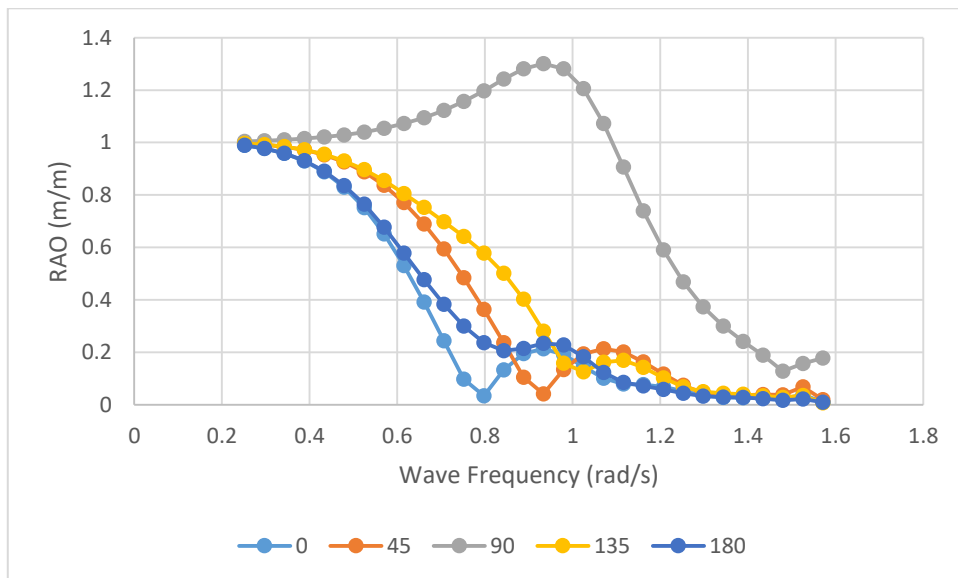


Gambar 4. 28 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Full Load Departure Vessel 1* pada Kecepatan 0 Knot

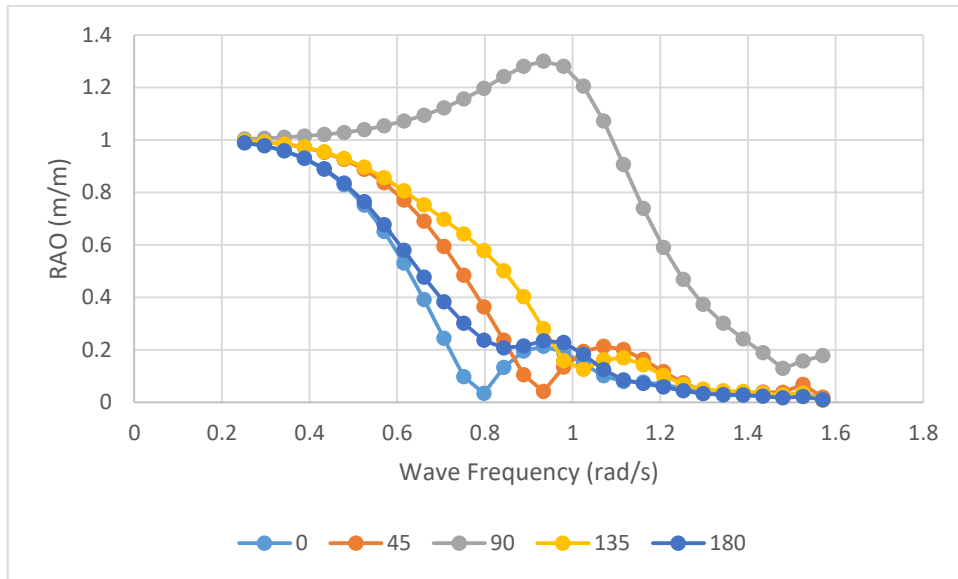


Gambar 4. 29 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Full Load Departure Vessel 1* pada Kecepatan 12 Knot

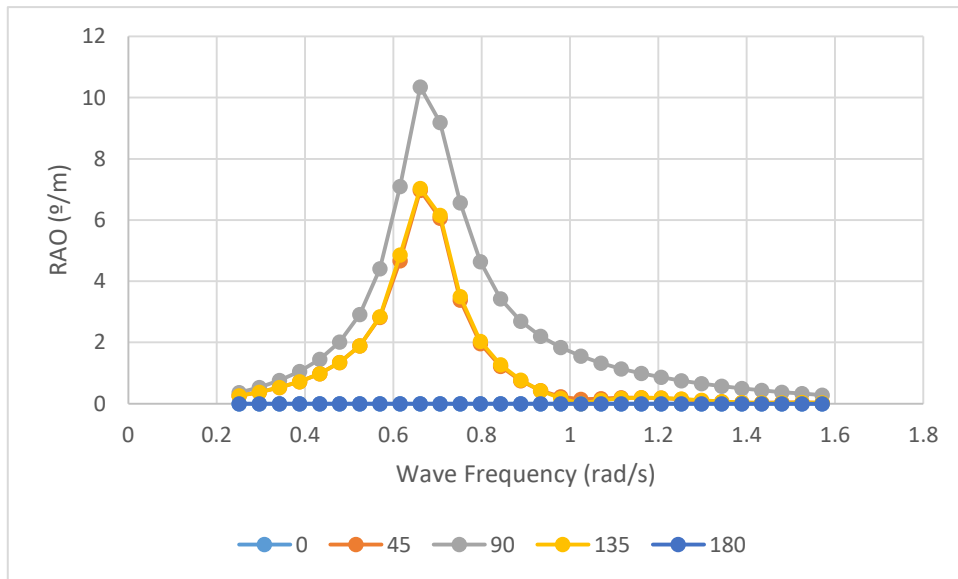
b. Kondisi *Full Load Arrival*



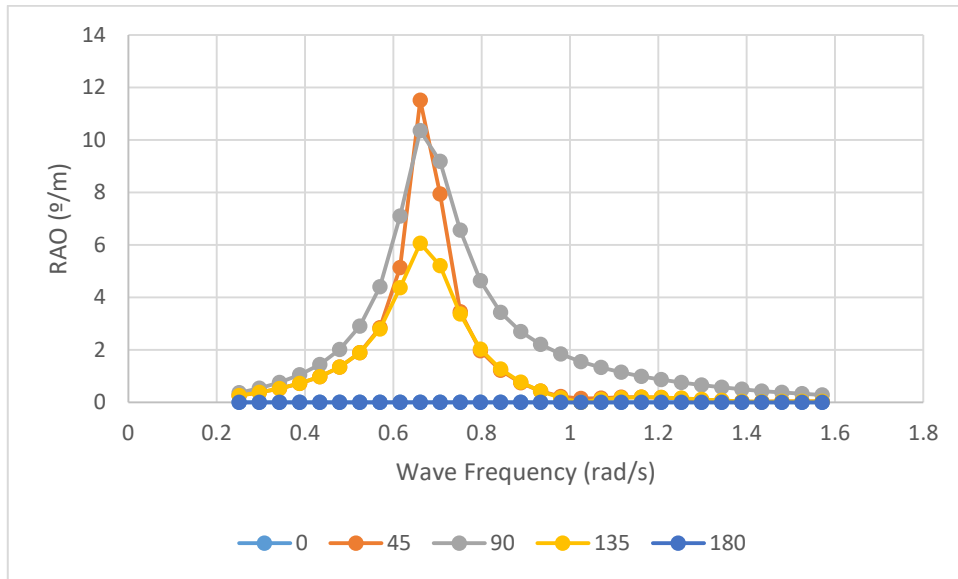
Gambar 4. 30 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 1* pada Kecepatan 0 Knot



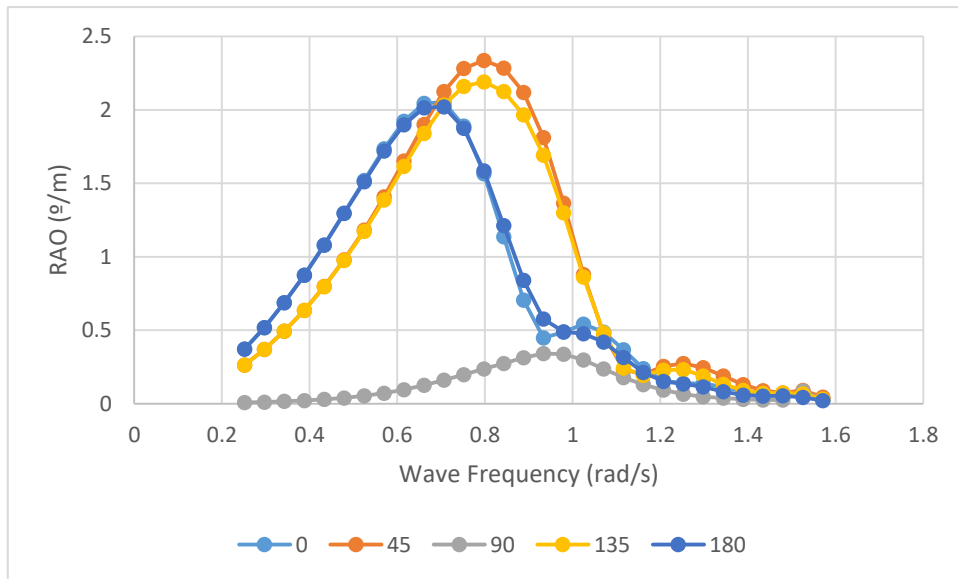
Gambar 4.31 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 1* pada Kecepatan 12 Knot



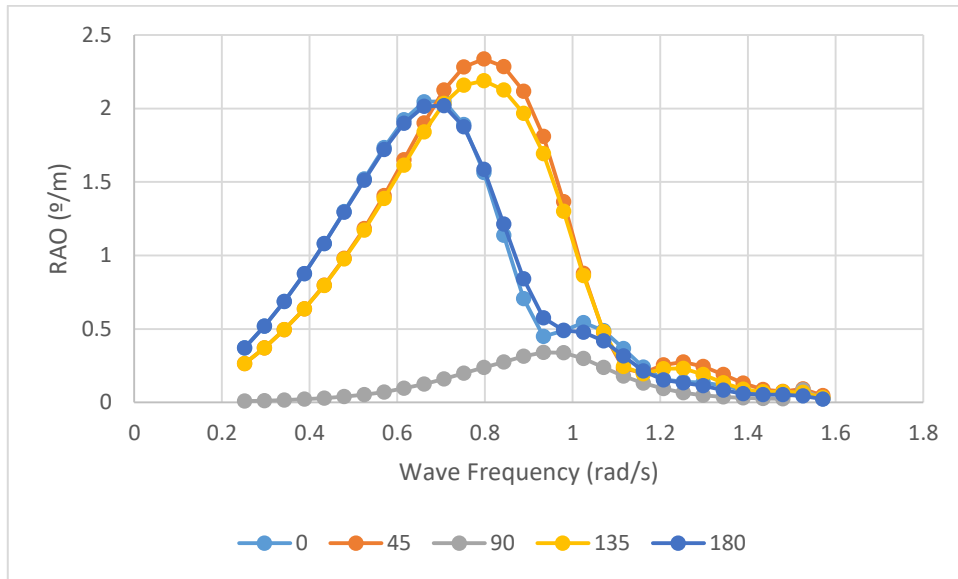
Gambar 4.32 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 1* pada Kecepatan 0 Knot



Gambar 4.33 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 1* pada Kecepatan 12 Knot

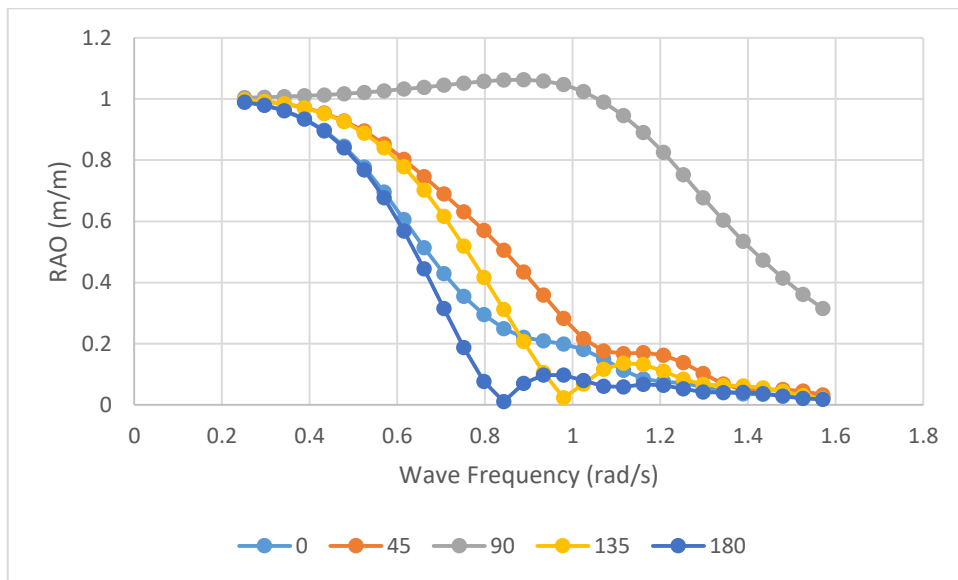


Gambar 4.34 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 1* pada Kecepatan 0 Knot

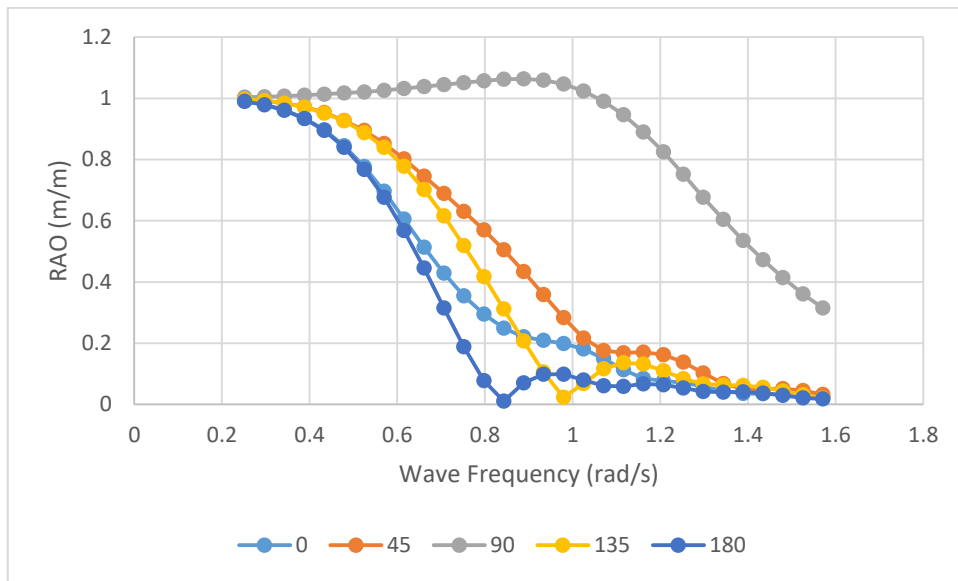


Gambar 4. 35 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 1* pada Kecepatan 12 Knot

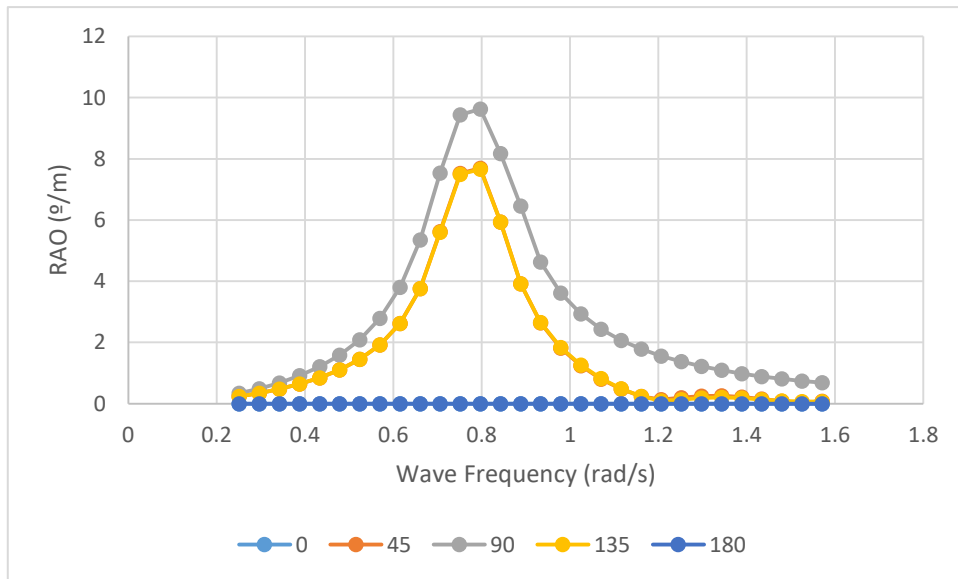
c. Kondisi Ballast Departure



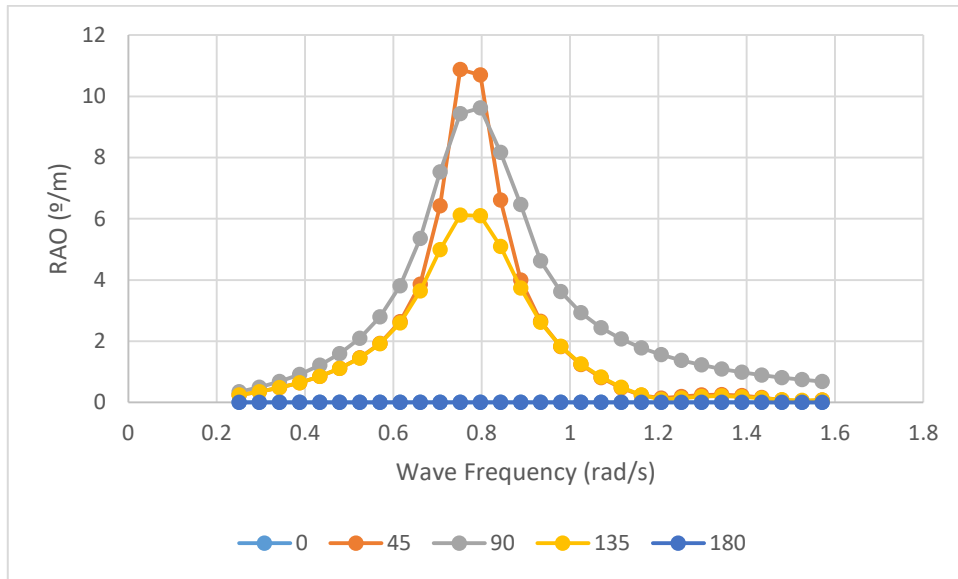
Gambar 4. 36 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Ballast Departure Vessel 1* pada Kecepatan 0 Knot



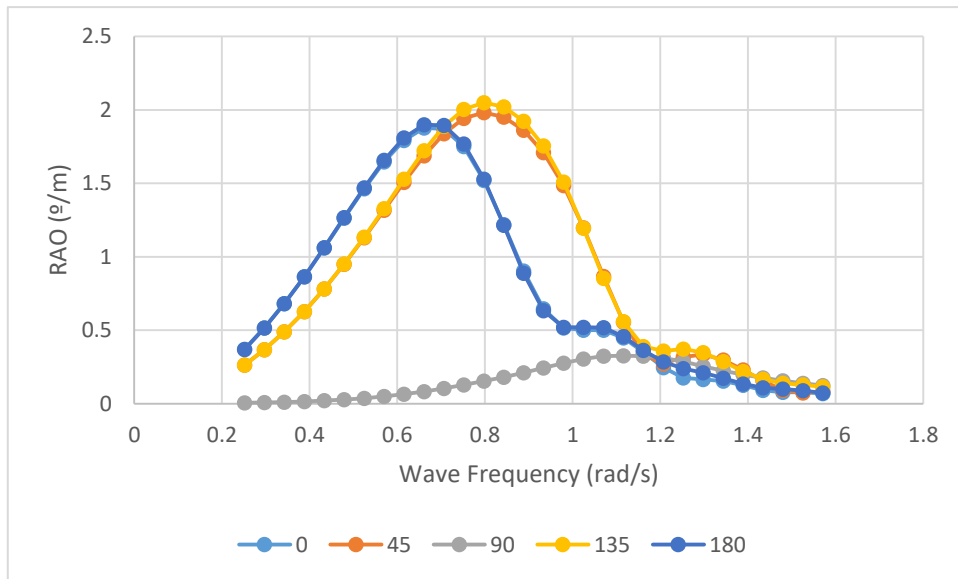
Gambar 4.37 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Ballast Departure Vessel 1* pada Kecepatan 12 Knot



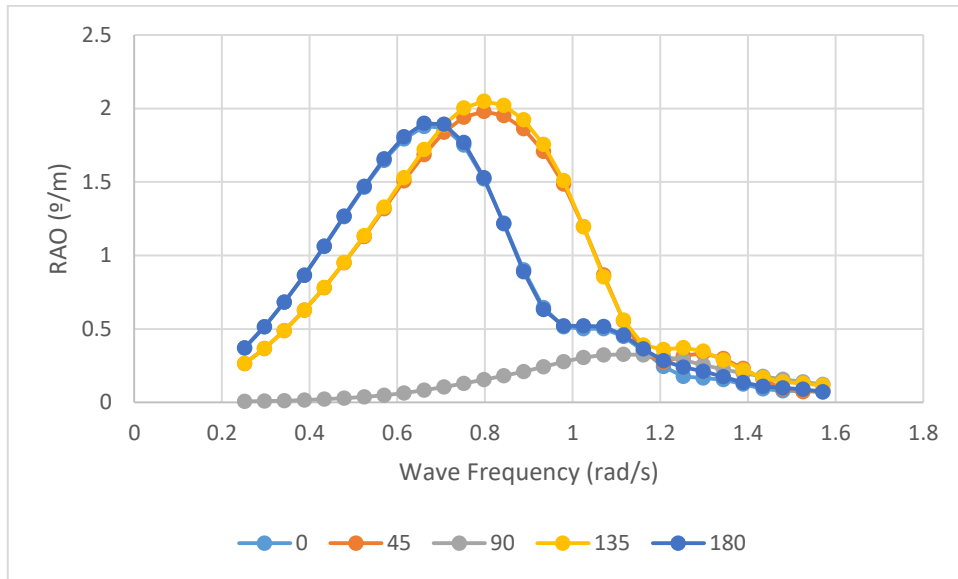
Gambar 4.38 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Ballast Departure Vessel 1* pada Kecepatan 0 Knot



Gambar 4.39 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Ballast Departure Vessel 1* pada Kecepatan 12 Knot

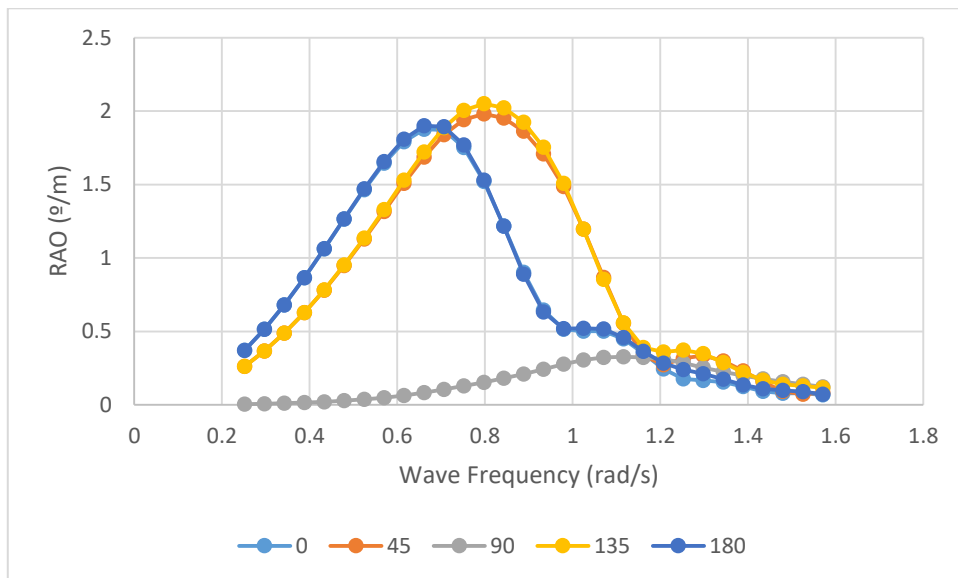


Gambar 4.40 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Ballast Departure Vessel 1* pada Kecepatan 12 Knot

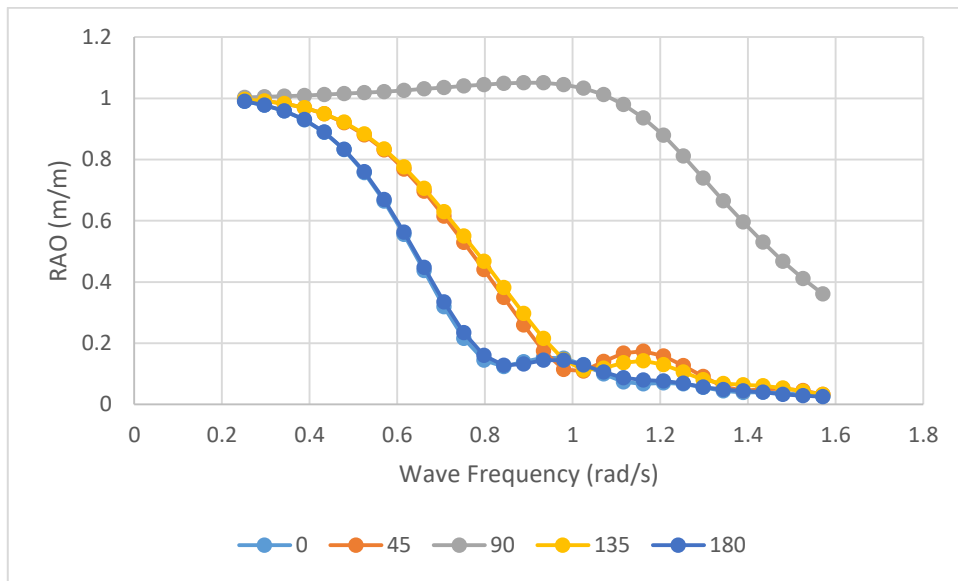


Gambar 4.41 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Ballast Departure Vessel 1* pada Kecepatan 12 Knot

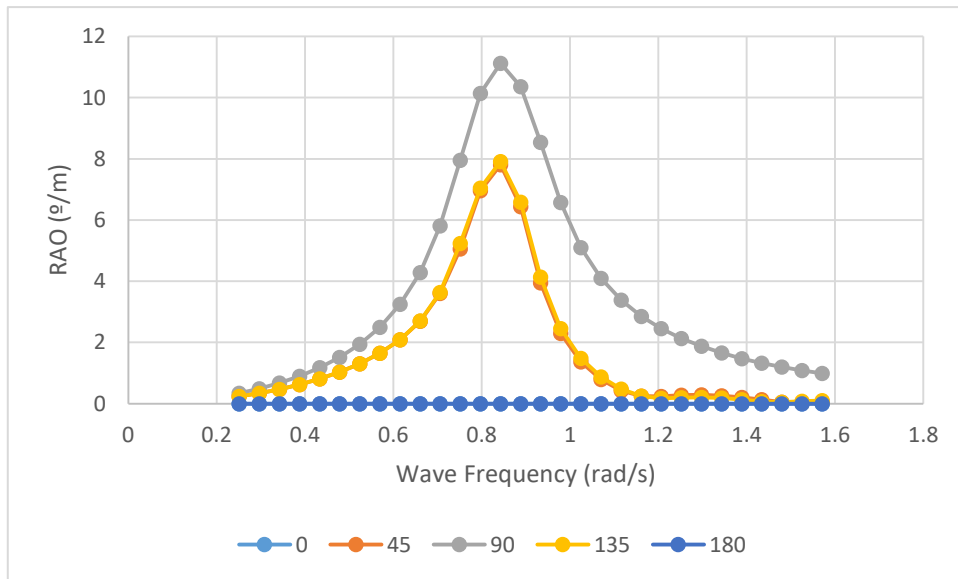
d. Kondisi *Ballast Arrival*



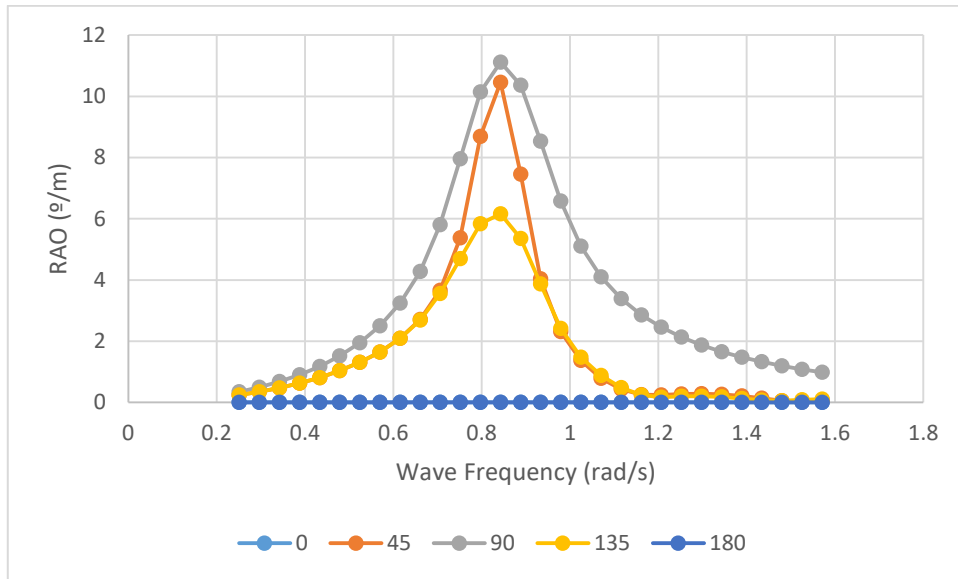
Gambar 4.42 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 1* pada Kecepatan 0 Knot



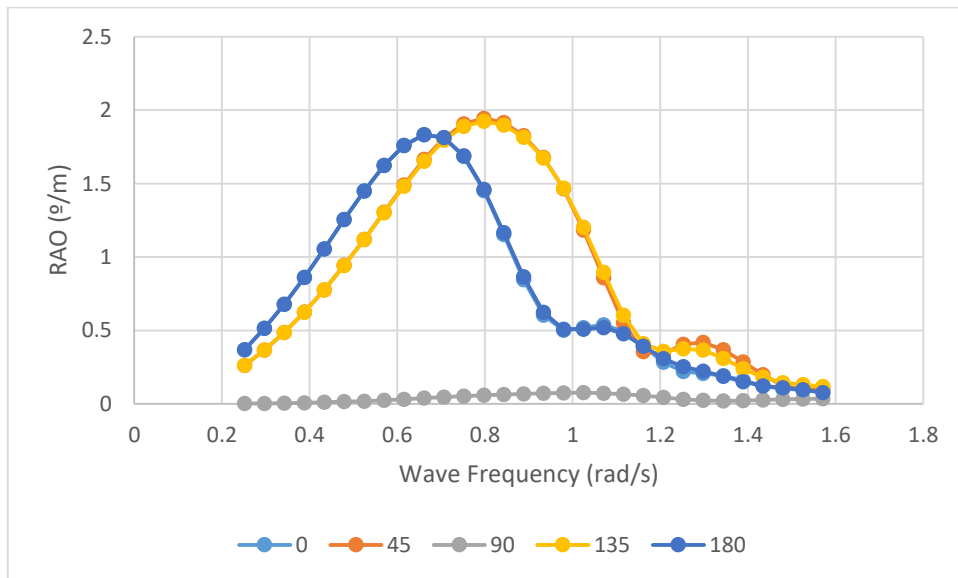
Gambar 4.43 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 1* pada Kecepatan 12 Knot



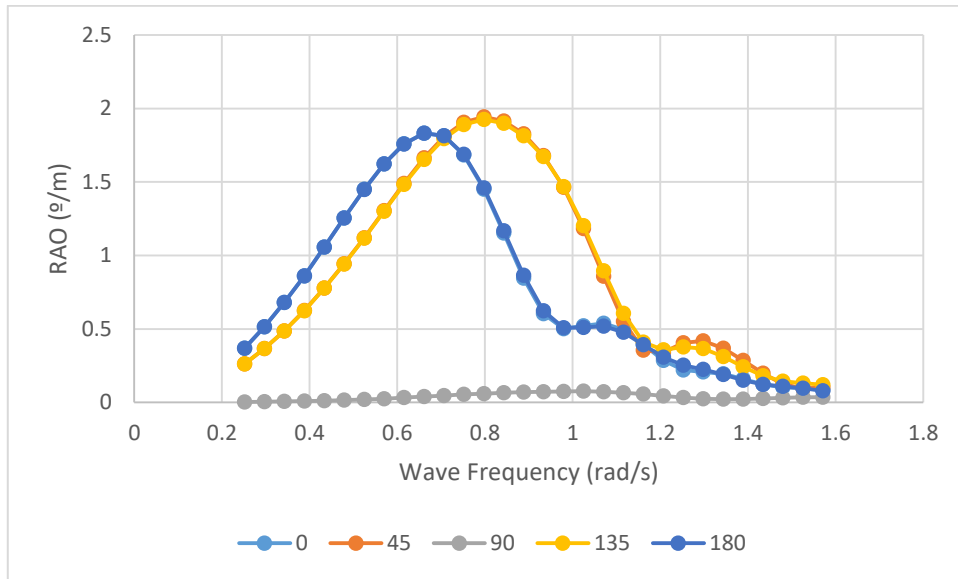
Gambar 4.44 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 1* pada Kecepatan 0 Knot



Gambar 4.45 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 1* pada Kecepatan 12 Knot



Gambar 4.46 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 1* pada Kecepatan 0 Knot

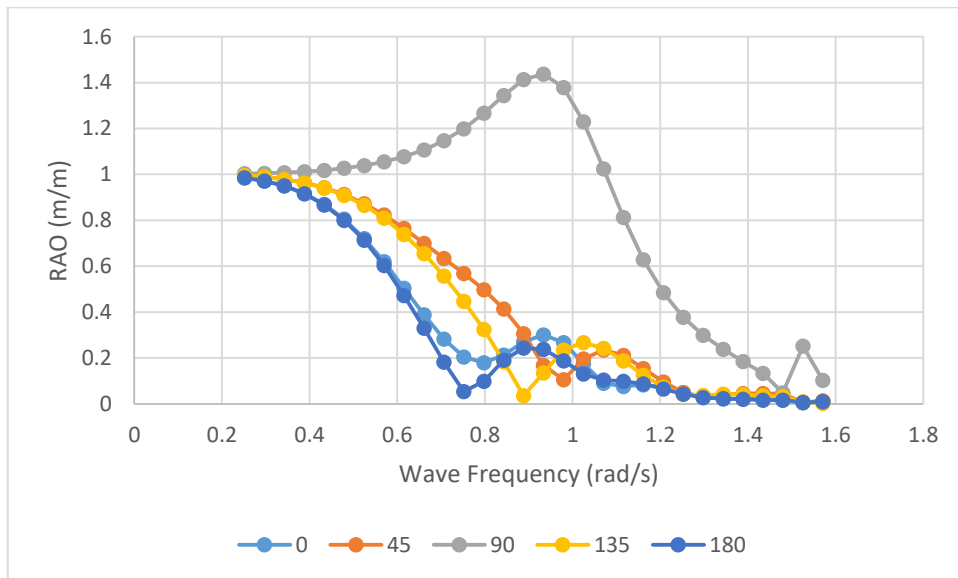


Gambar 4.47 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 1* pada Kecepatan 12 Knot

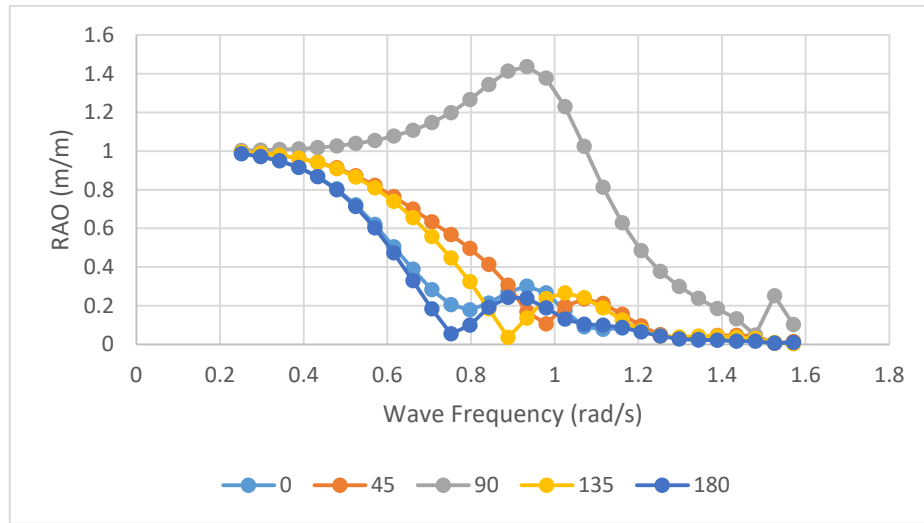
4.9.2 Karakteristik Gerakan pada Vessel 2

Karakteristik gerakan *vessel 2* pada tiap kondisi *loadcase* pada mode gerakan *heave*, *roll* dan *pitch* dengan variasi kecepatan 0 dan 12 Knot ditunjukkan pada Gambar.48-71.

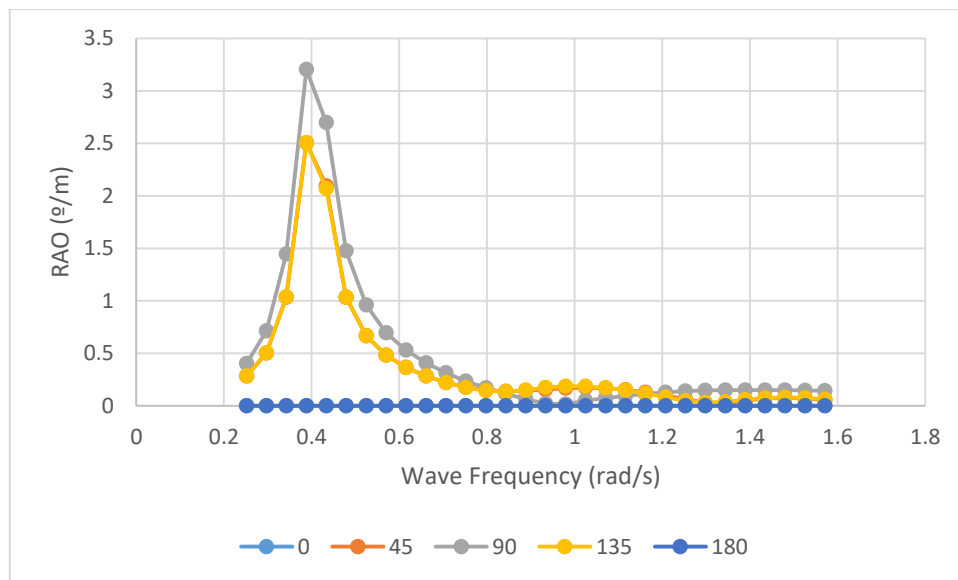
a. Kondisi *Full Load Departure*



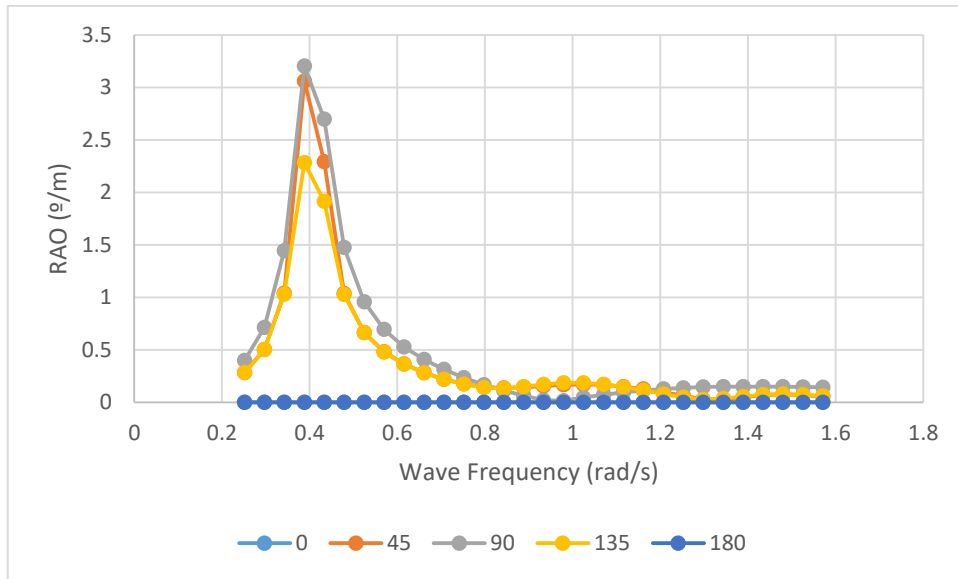
Gambar 4.48 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Full Load Departure Vessel 2* pada Kecepatan 0 Knot



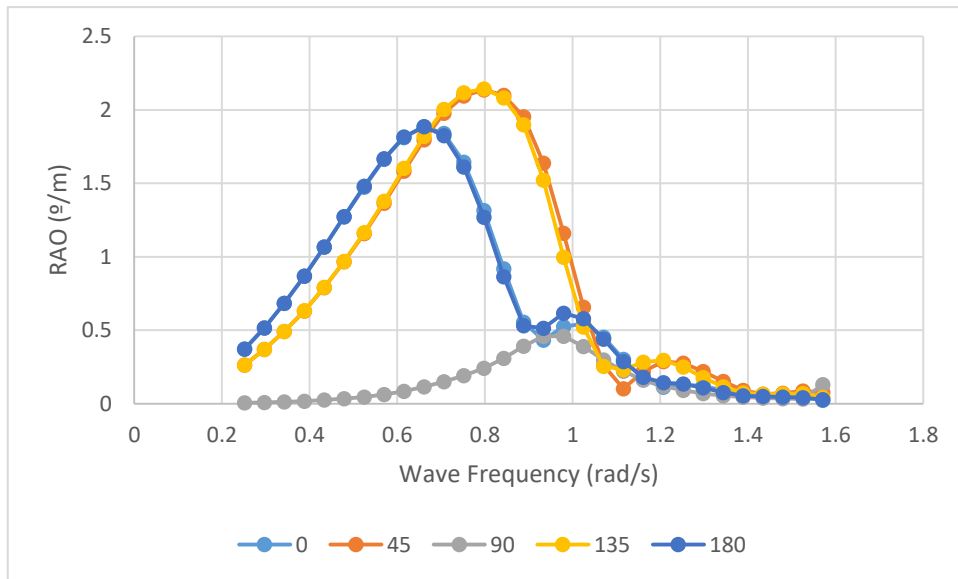
Gambar 4. 49 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Full Load Departure Vessel 2* pada Kecepatan 12 Knot



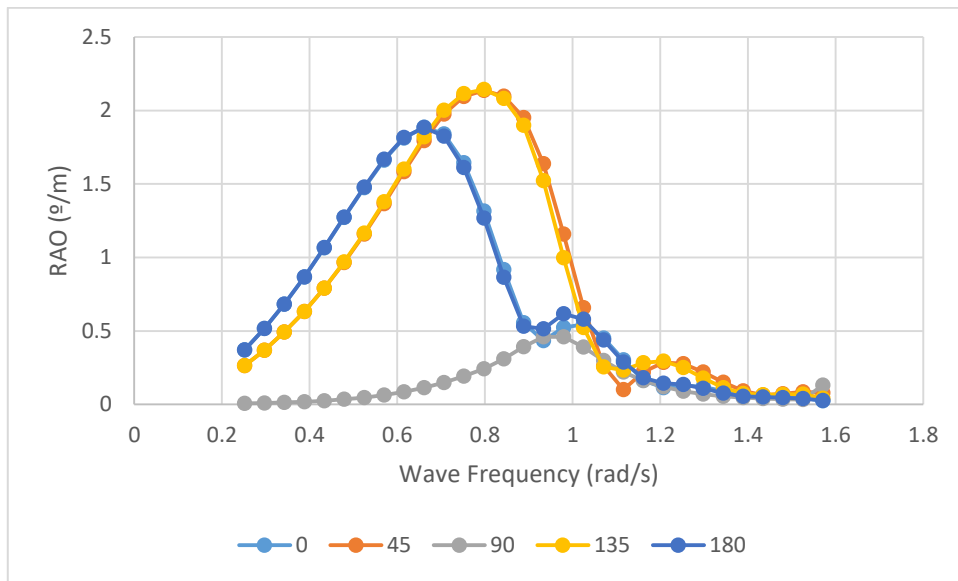
Gambar 4. 50 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Full Load Departure Vessel 2* pada Kecepatan 0 Knot



Gambar 4.51 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Full Load Departure Vessel 2* pada Kecepatan 12 Knot

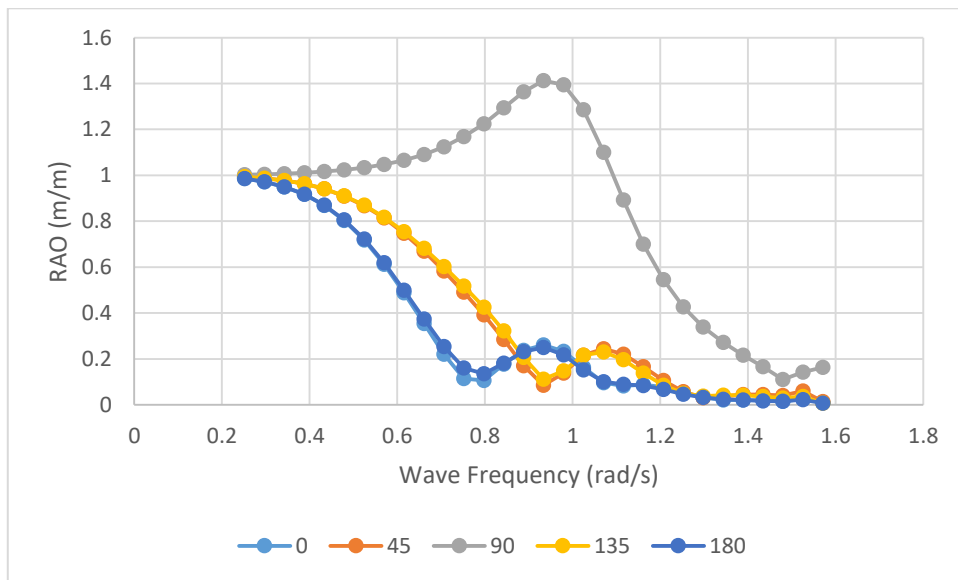


Gambar 4.52 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Full Load Departure Vessel 2* pada Kecepatan 0 Knot

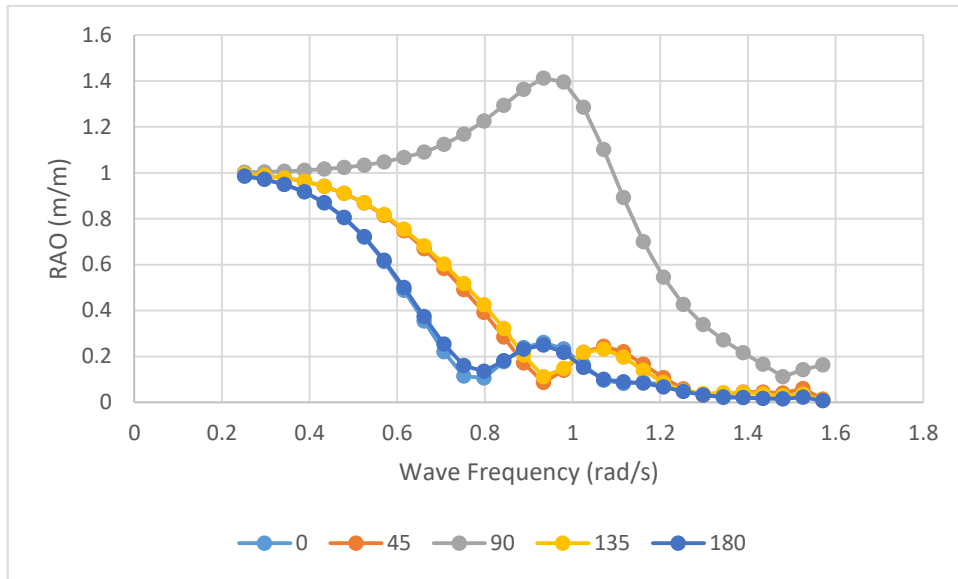


Gambar 4.53 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Full Load Departure Vessel 2* pada Kecepatan 12 Knot

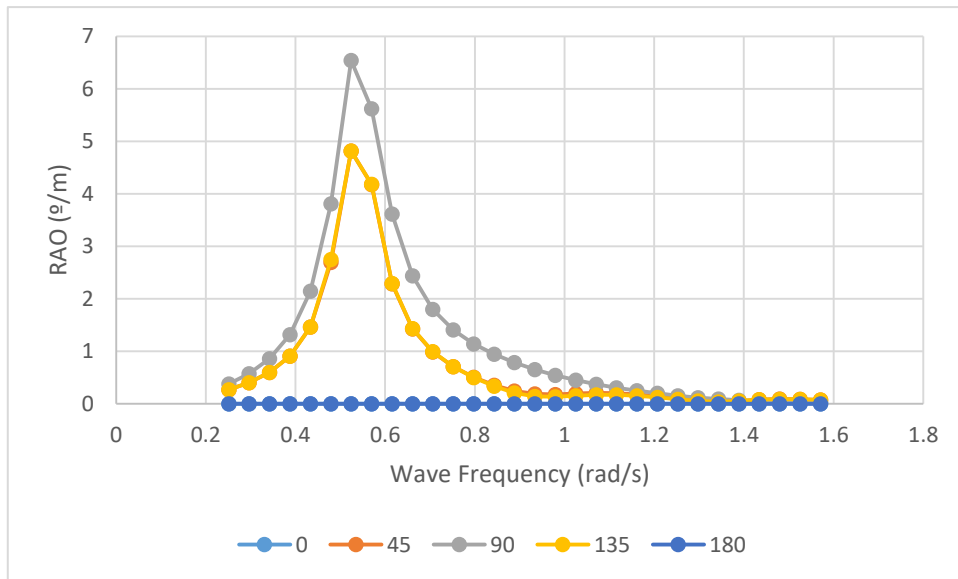
b. Kondisi *Full Load Arrival*



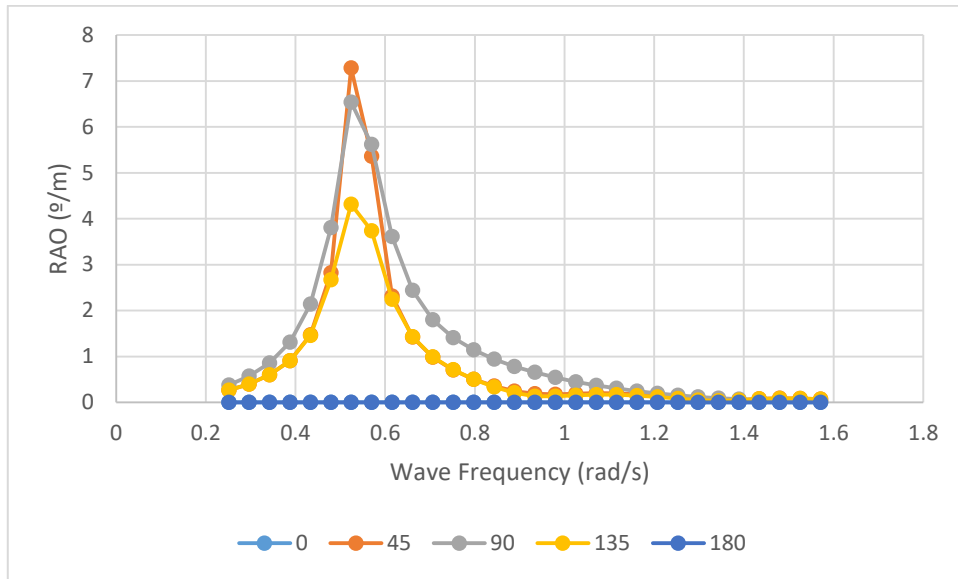
Gambar 4.54 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 2* pada Kecepatan 0 Knot



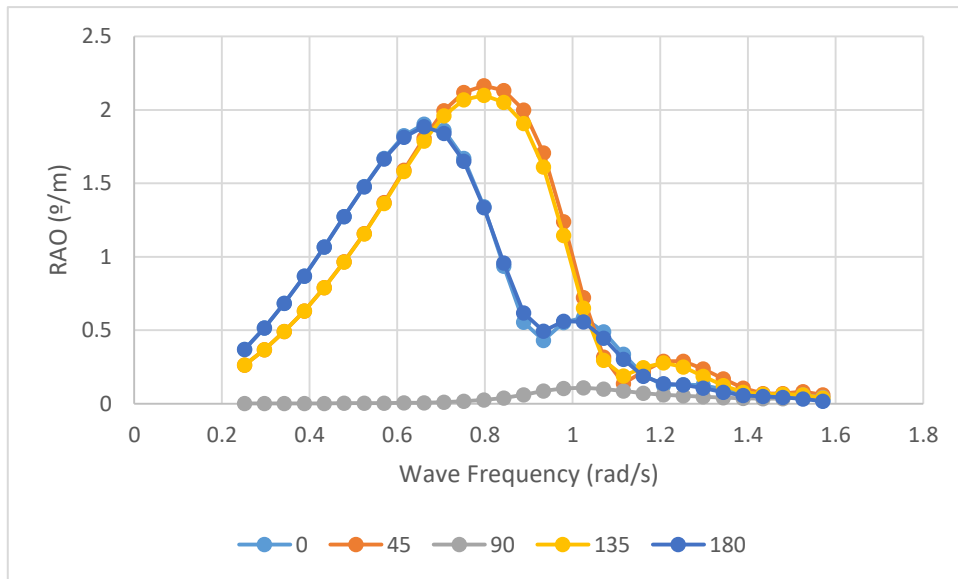
Gambar 4. 55 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 2* pada Kecepatan 12 Knot



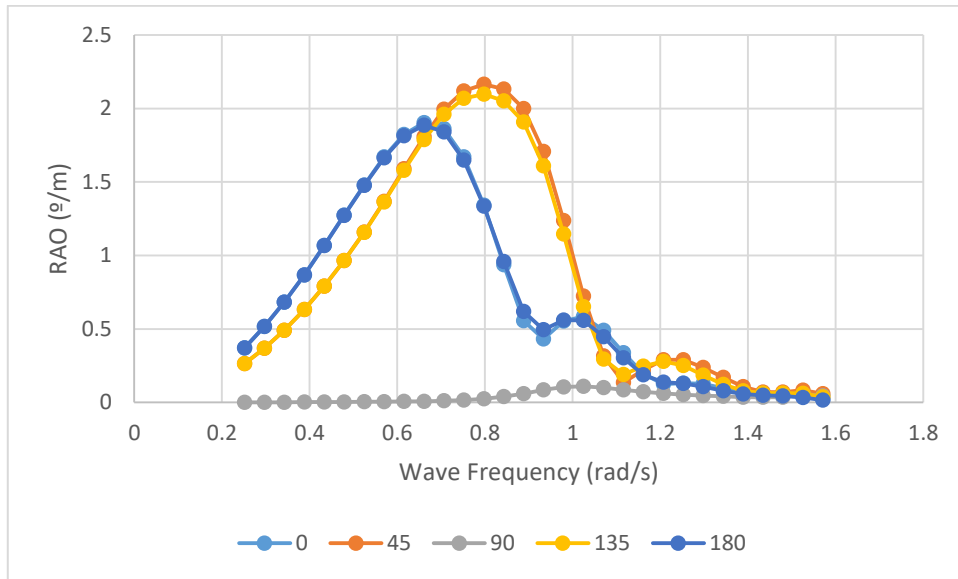
Gambar 4. 56 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 2* pada Kecepatan 0 Knot



Gambar 4.57 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 2* pada Kecepatan 12 Knot

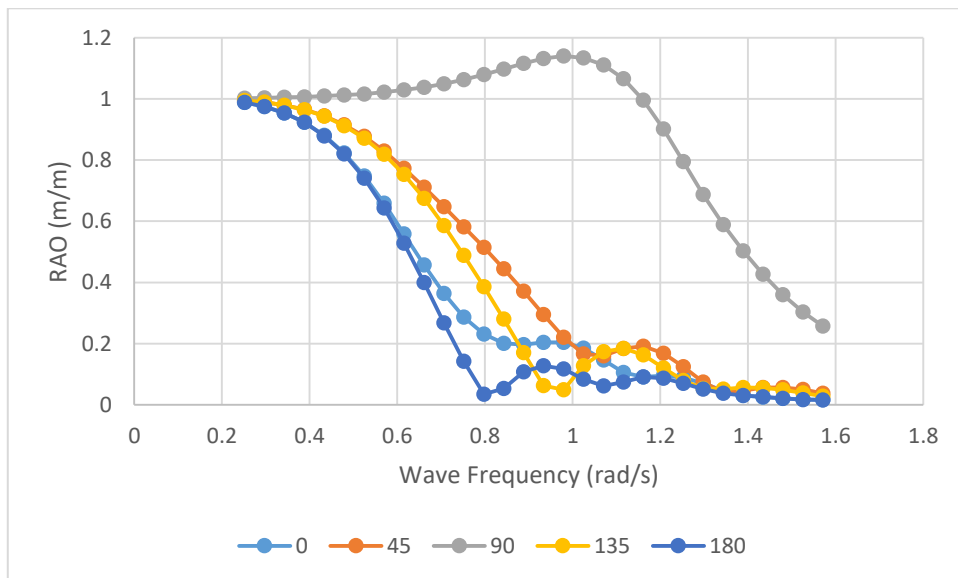


Gambar 4.58 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 2* pada Kecepatan 0 Knot

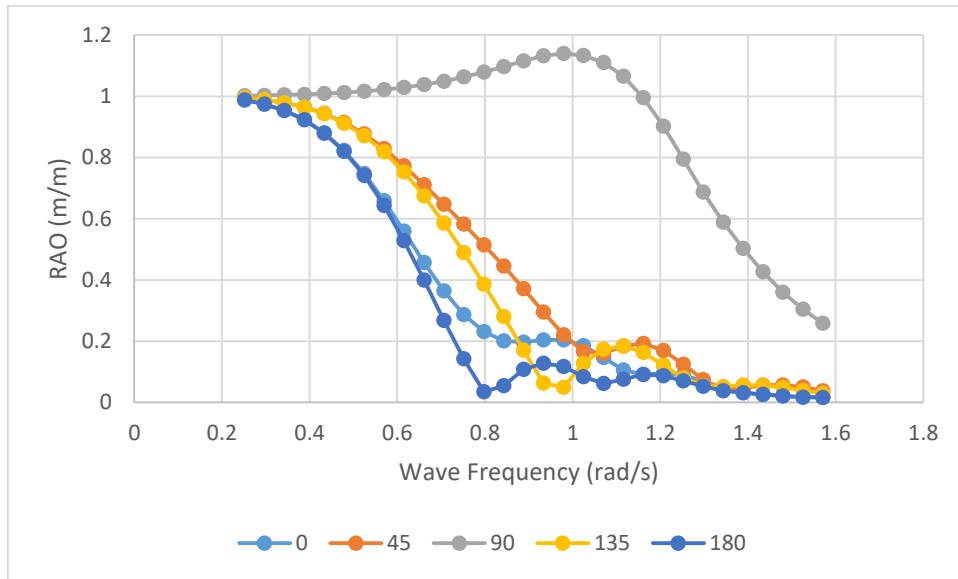


Gambar 4. 59 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 2* pada Kecepatan 12 Knot

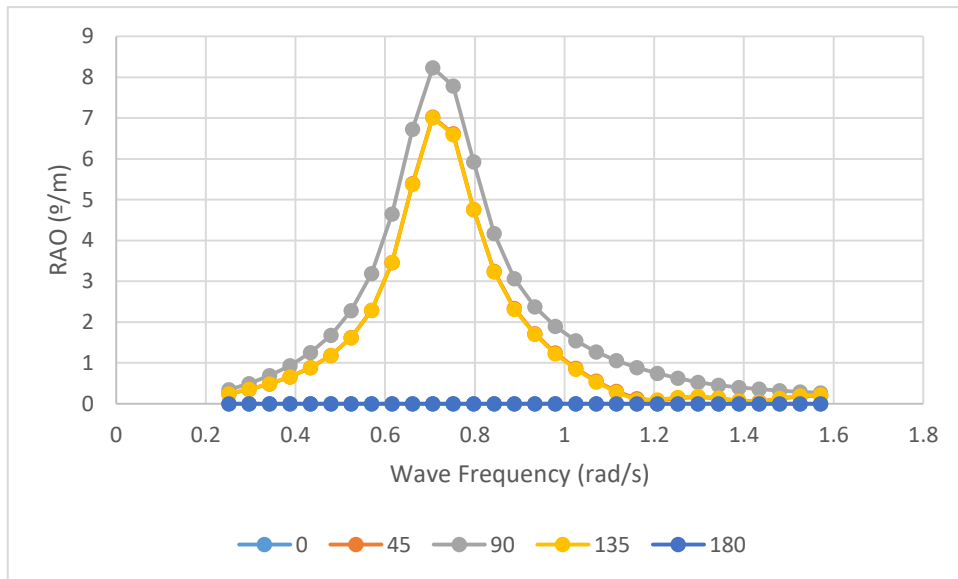
c. Kondisi *Ballast Departure*



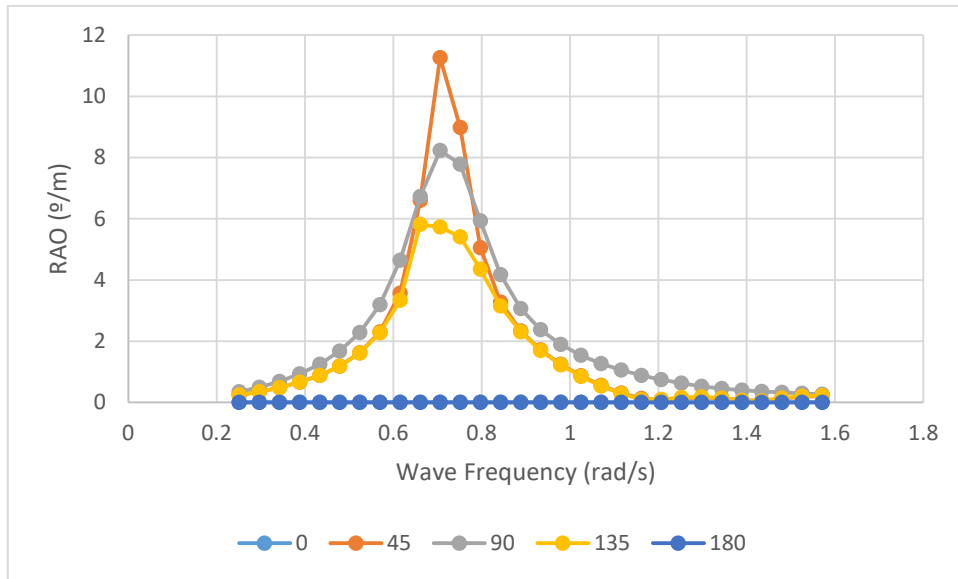
Gambar 4. 60 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Ballast Departure Vessel 2* pada Kecepatan 0 Knot



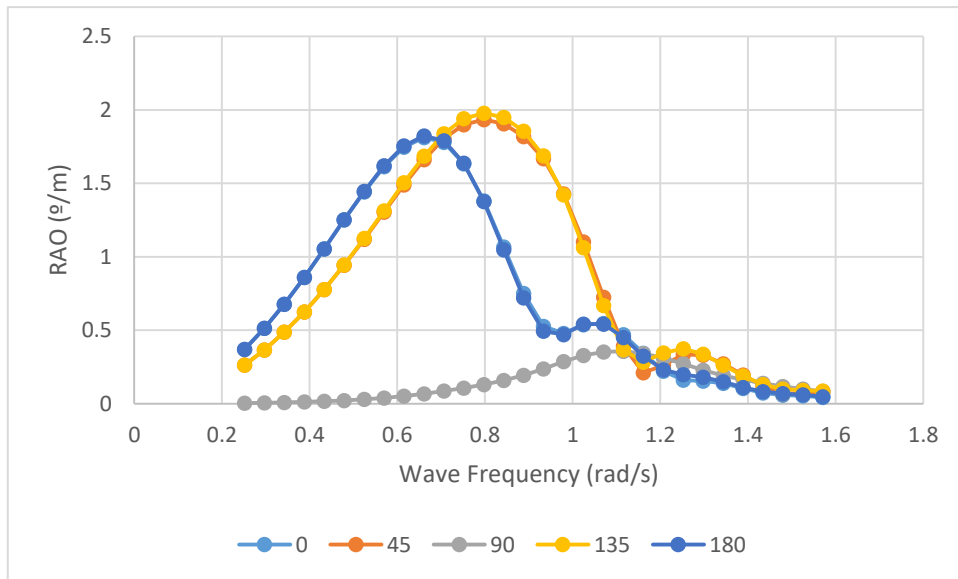
Gambar 4.61 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Ballast Departure Vessel 2* pada Kecepatan 12 Knot



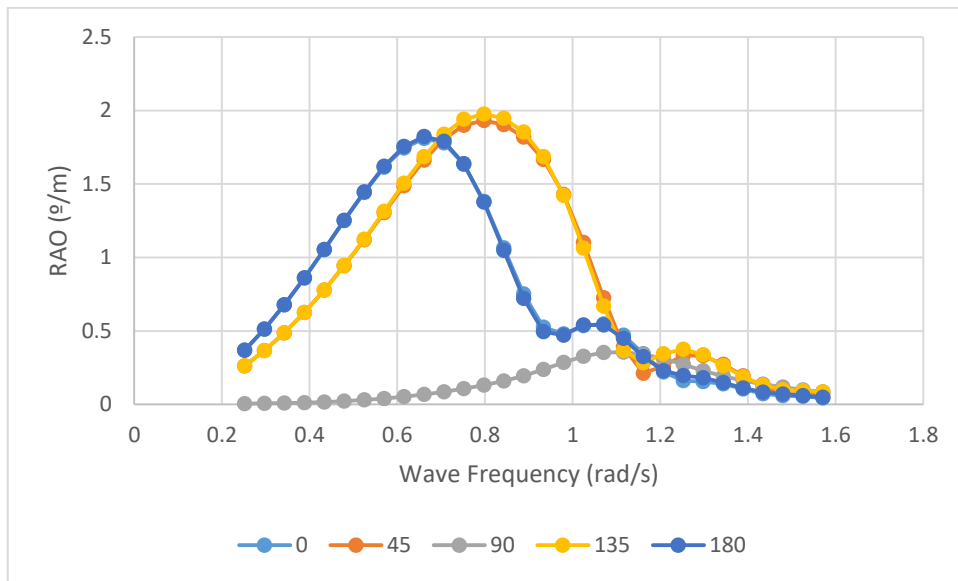
Gambar 4.62 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Ballast Departure Vessel 2* pada Kecepatan 0 Knot



Gambar 4.63 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Ballast Departure Vessel 2* pada Kecepatan 12 Knot

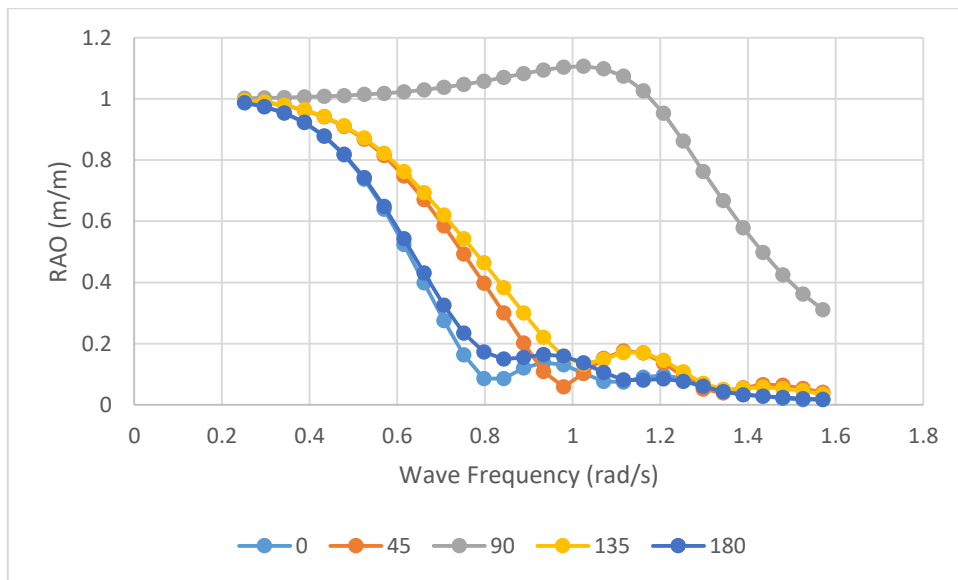


Gambar 4.64 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Ballast Departure Vessel 2* pada Kecepatan 0 Knot

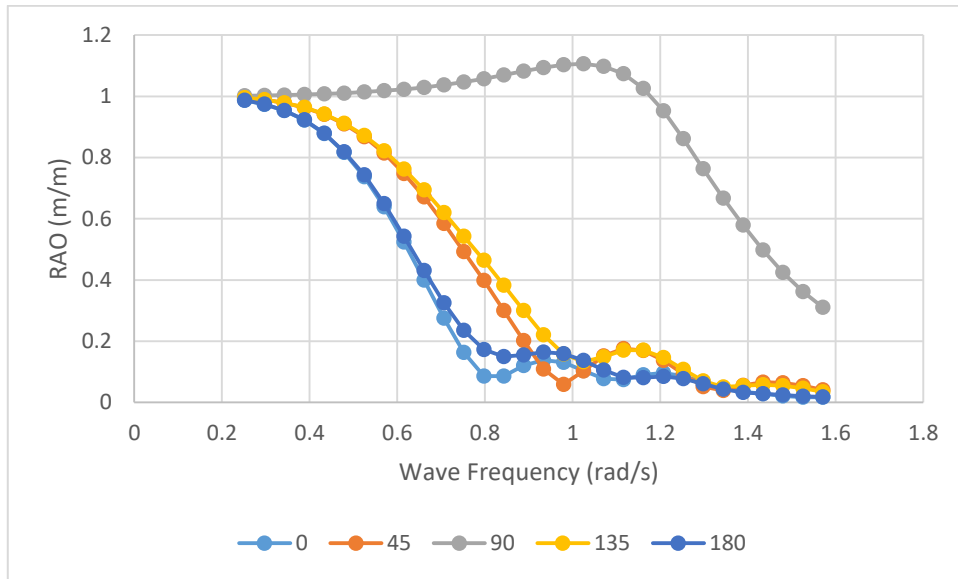


Gambar 4. 65 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Ballast Departure Vessel 2* pada Kecepatan 12 Knot

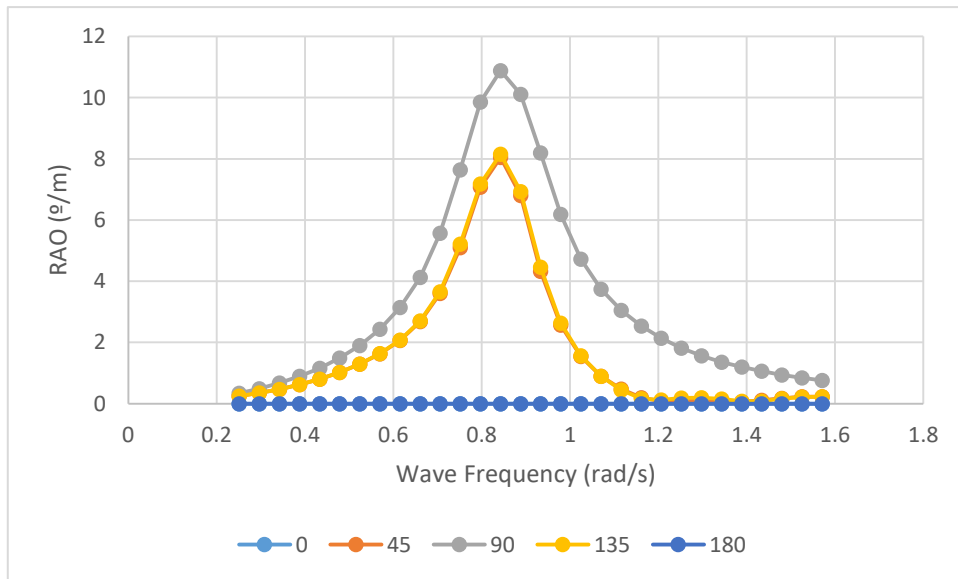
d. Kondisi *Ballast Arrival*



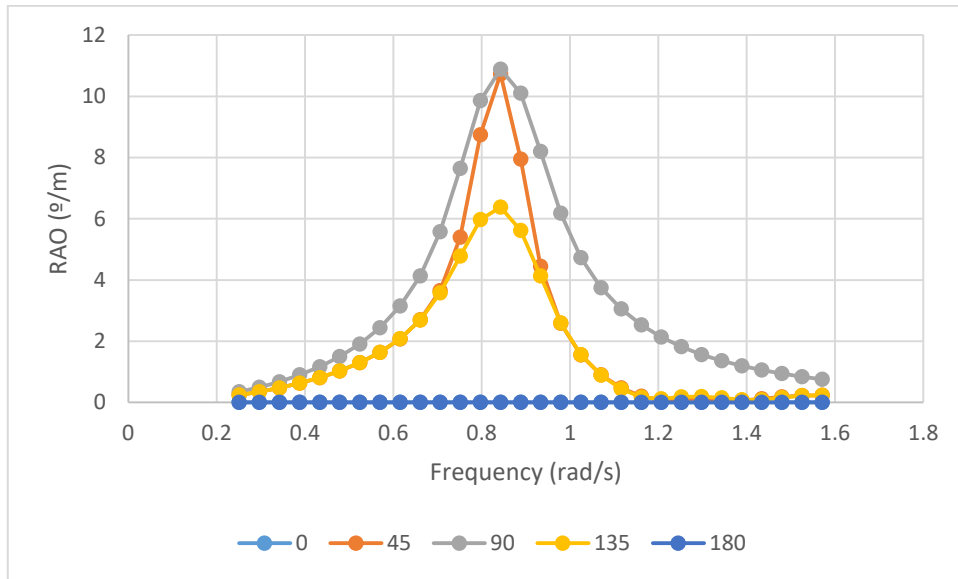
Gambar 4. 66 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 2* pada Kecepatan 0 Knot



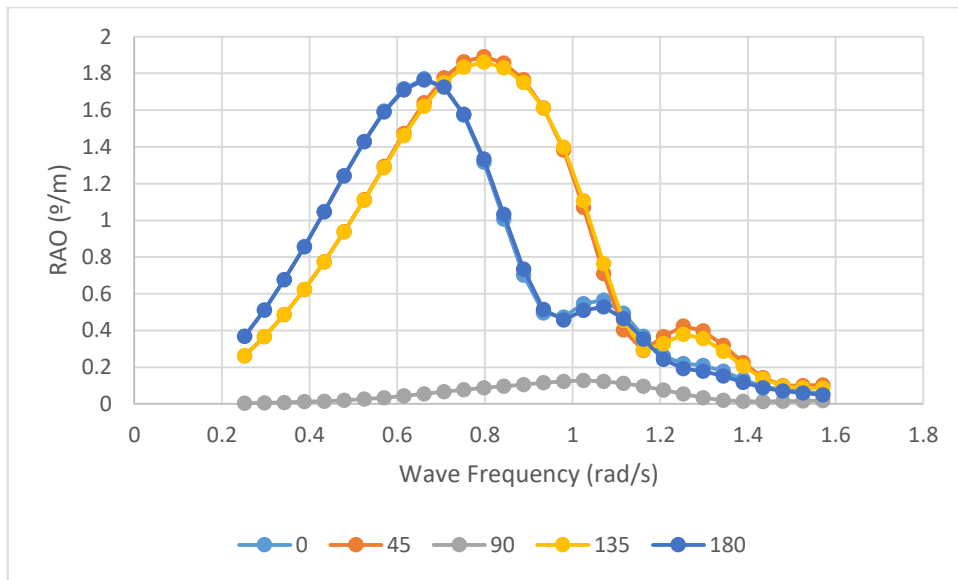
Gambar 4. 67 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 2* pada Kecepatan 12 Knot



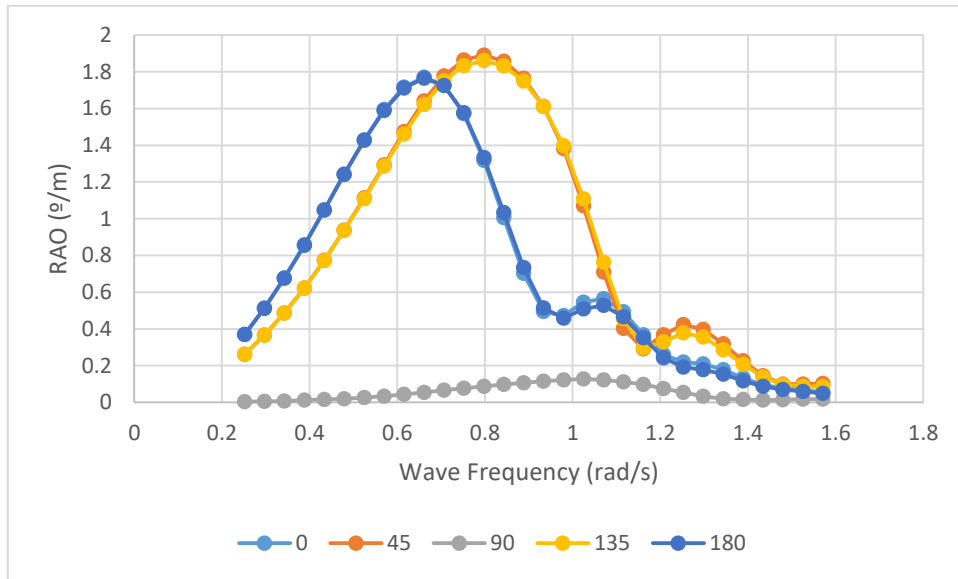
Gambar 4. 68 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 2* pada Kecepatan 0 Knot



Gambar 4.69 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 2* pada Kecepatan 12 Knot



Gambar 4.70 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 2* pada Kecepatan 0 Knot

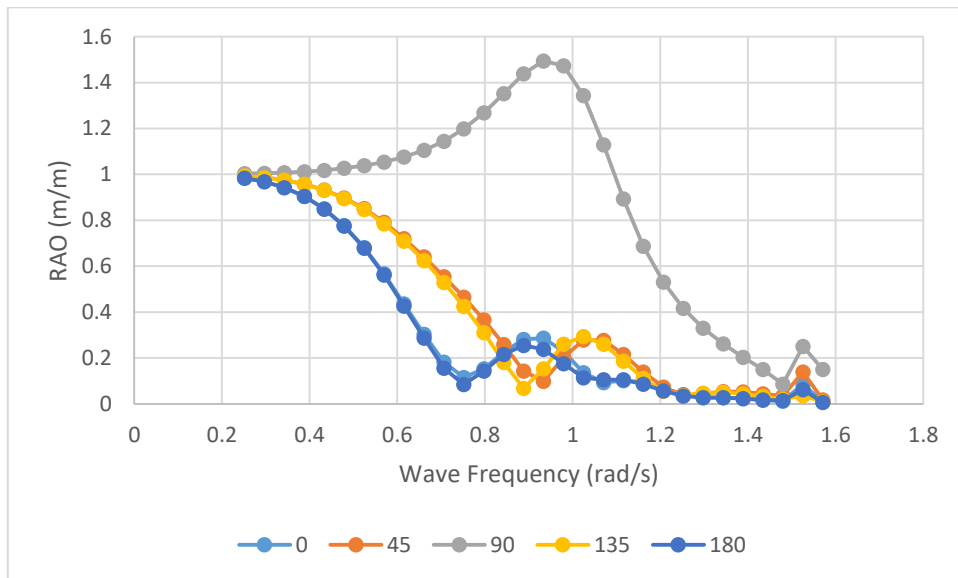


Gambar 4. 71 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 2* pada Kecepatan 12 Knot

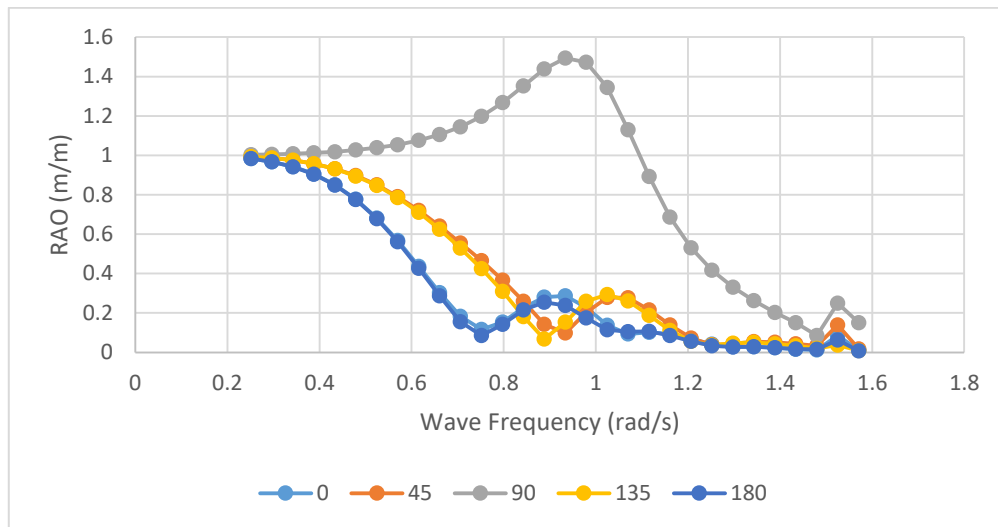
4.9.3 Karakteristik Gerakan pada Vessel 3

Karakteristik gerakan *vessel 2* pada tiap kondisi *loadcase* pada mode gerakan *heave*, *roll* dan *pitch* dengan variasi kecepatan 0 dan 12 Knot ditunjukkan pada Gambar.72-95.

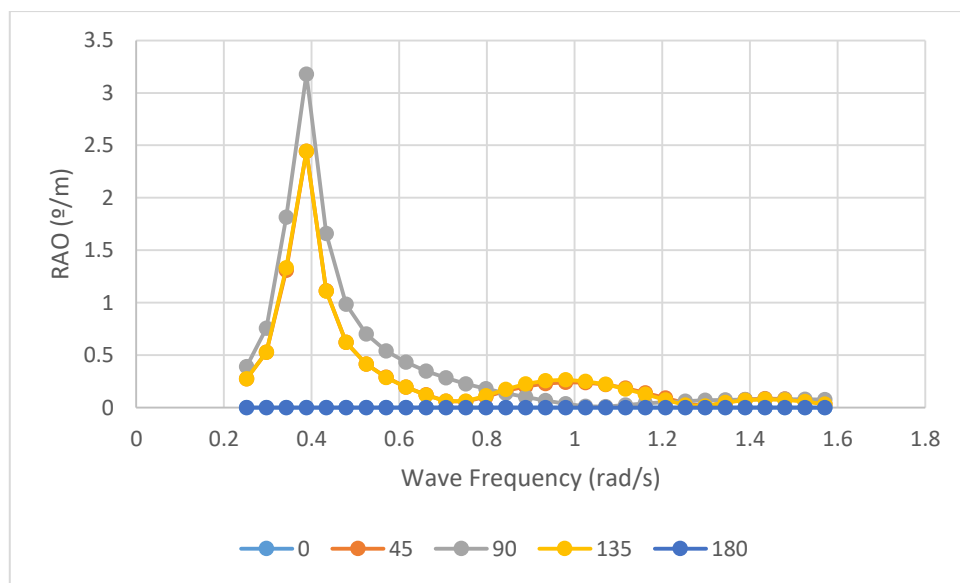
a. Kondisi *Full Load Departure*



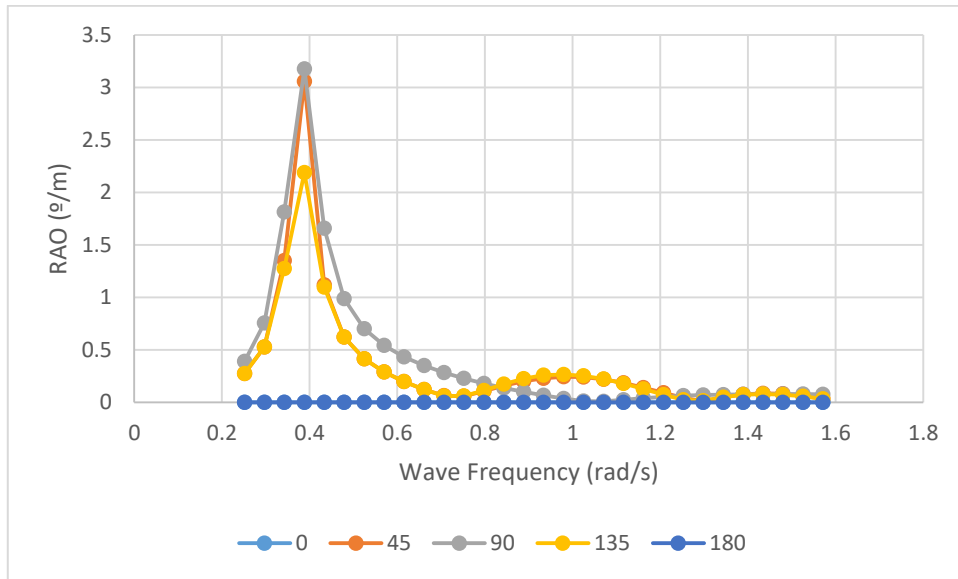
Gambar 4. 72 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Full Load Departure Vessel 3* pada Kecepatan 0 Knot



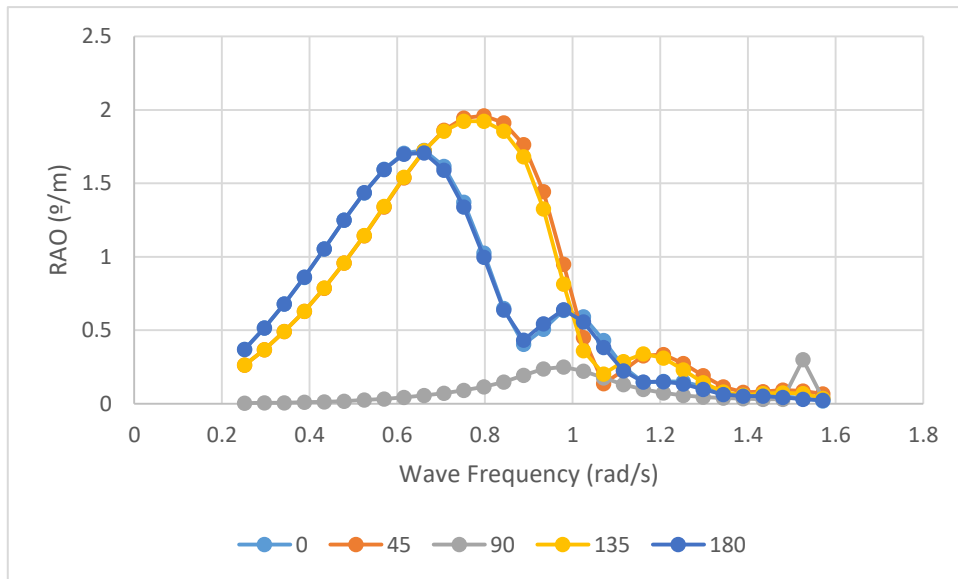
Gambar 4. 73 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Full Load Departure Vessel 3* pada Kecepatan 12 Knot



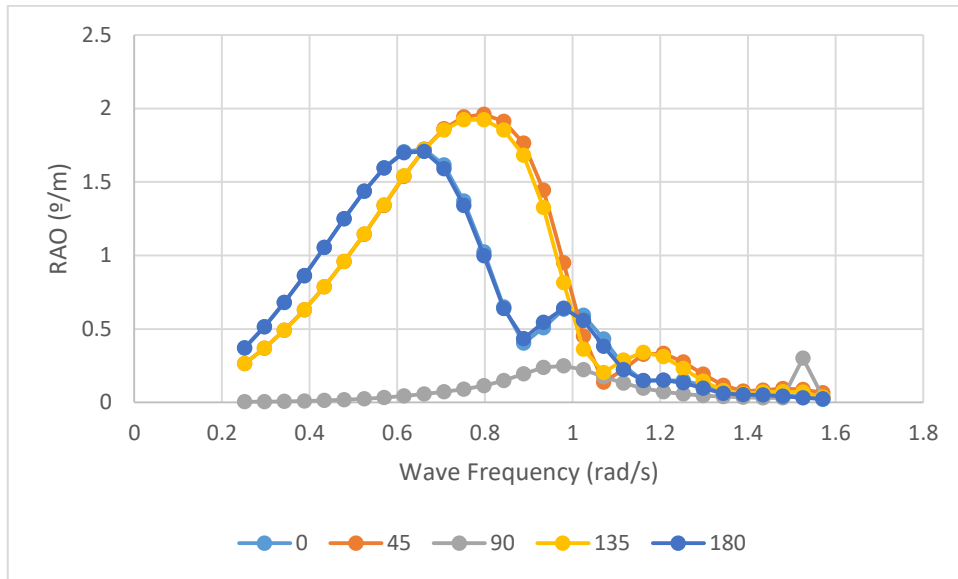
Gambar 4. 74 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Full Load Departure Vessel 3* pada Kecepatan 0 Knot



Gambar 4.75 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Full Load Departure Vessel 3* pada Kecepatan 12 Knot

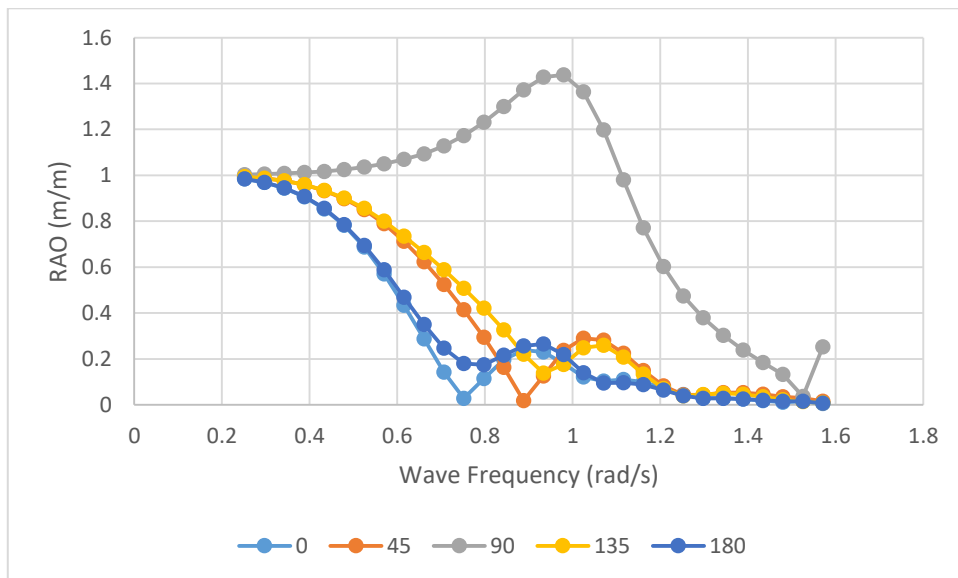


Gambar 4.76 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Full Load Departure Vessel 3* pada Kecepatan 0 Knot

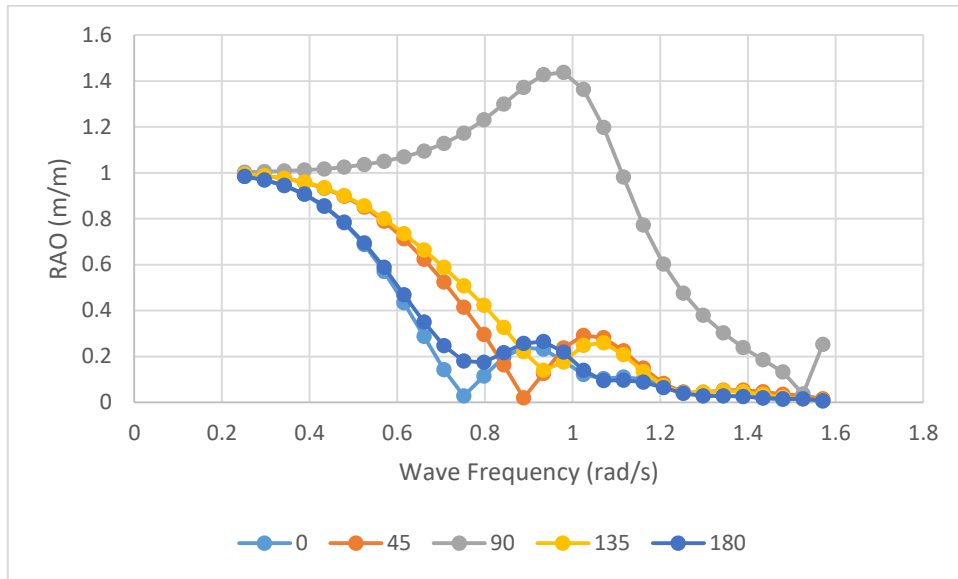


Gambar 4.77 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Full Load Departure Vessel 3* pada Kecepatan 12 Knot

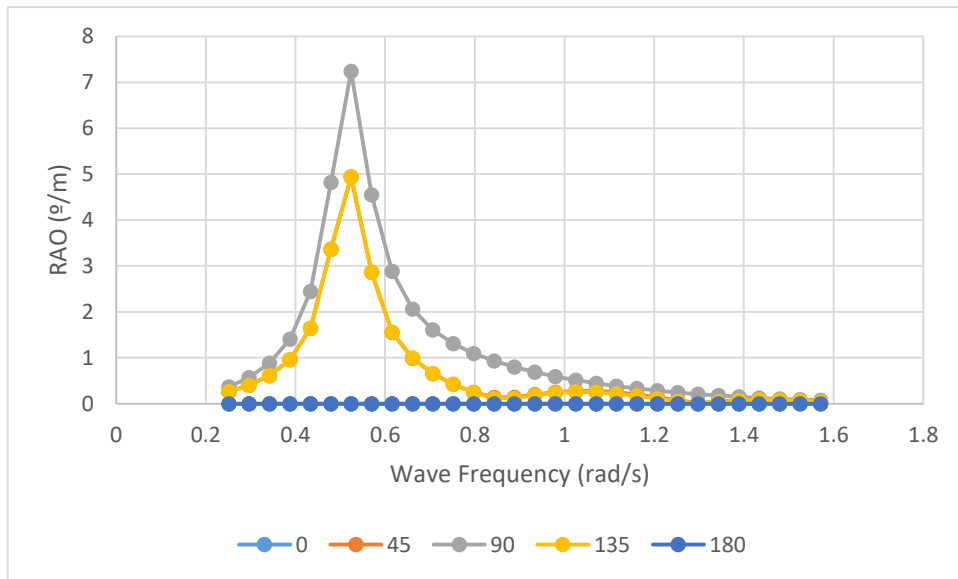
b. Kondisi *Full Load Arrival*



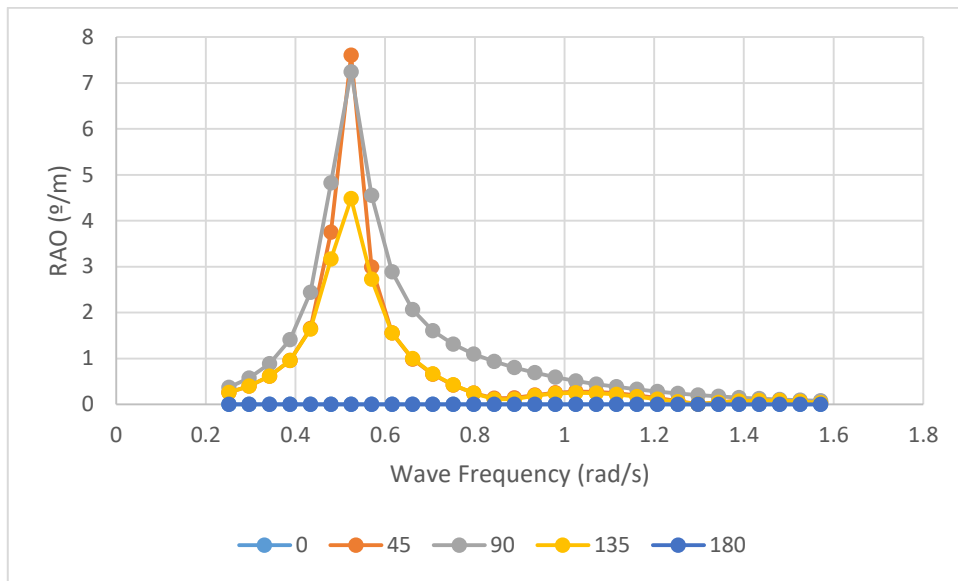
Gambar 4.78 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 3* pada Kecepatan 0 Knot



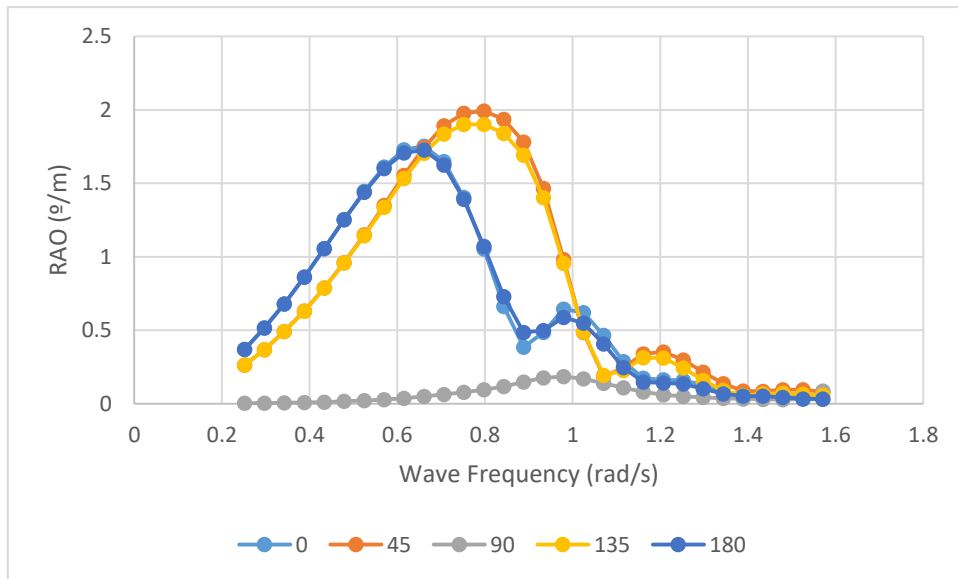
Gambar 4.79 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 3* pada Kecepatan 12 Knot



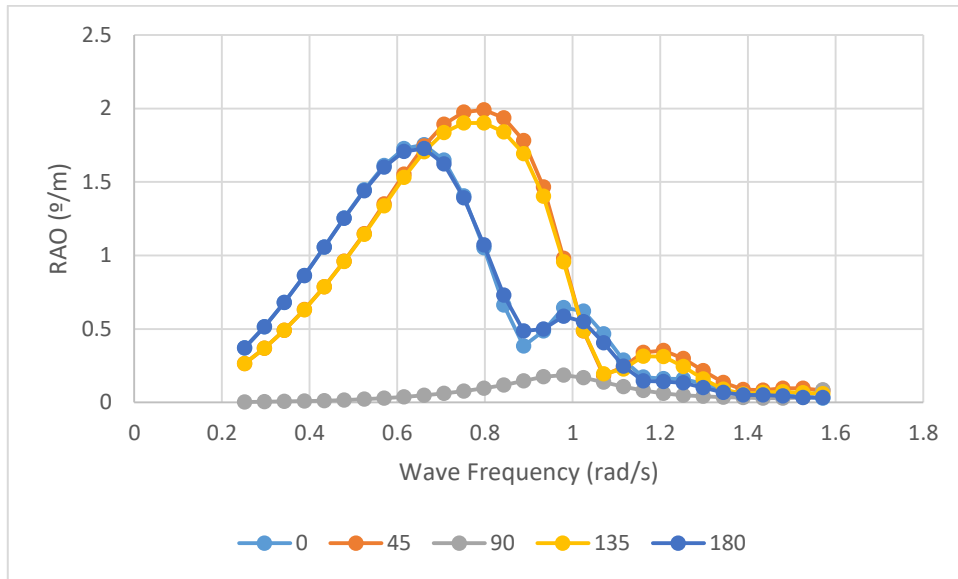
Gambar 4.80 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 3* pada Kecepatan 0 Knot



Gambar 4.81 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 3* pada Kecepatan 12 Knot

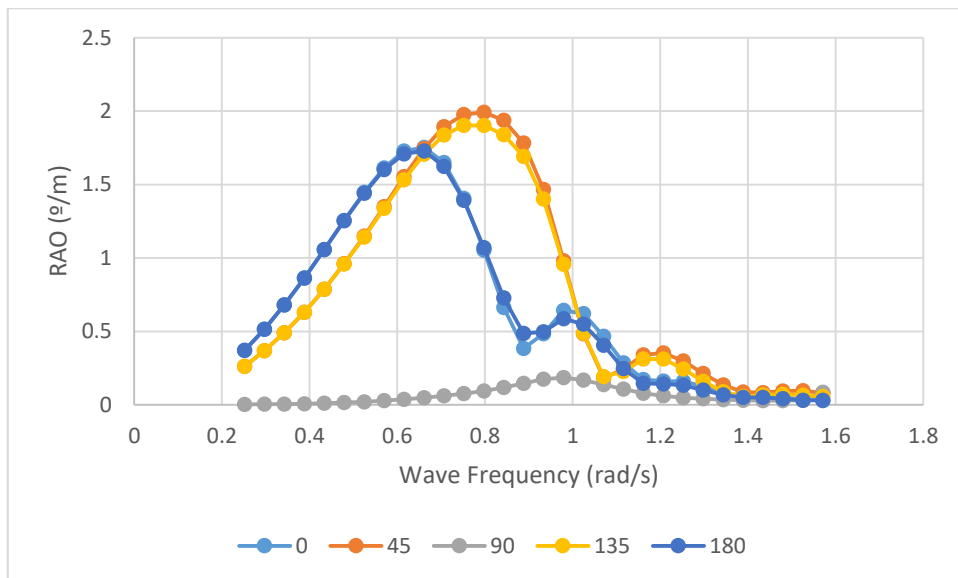


Gambar 4.82 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 3* pada Kecepatan 0 Knot

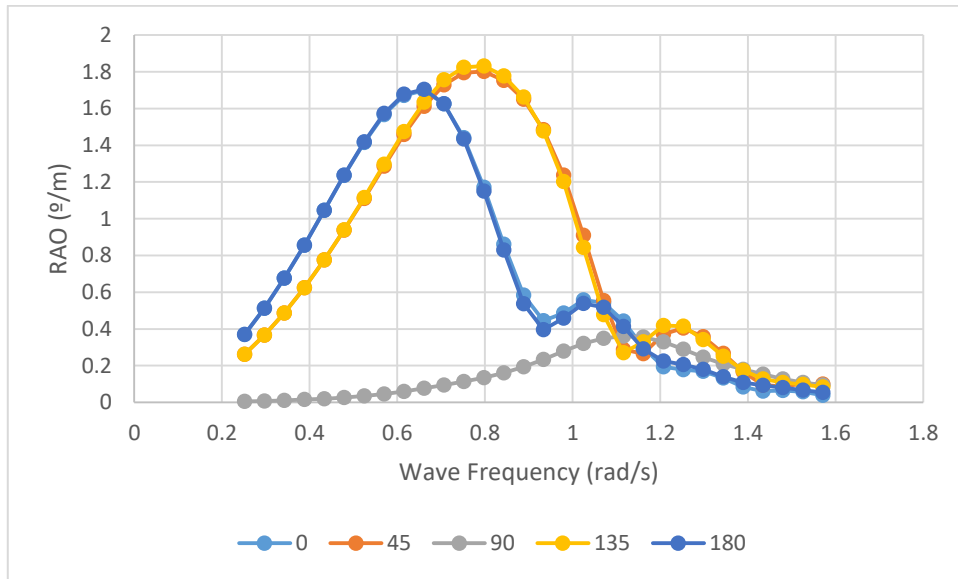


Gambar 4.83 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Full Load Arrival Vessel 3* pada Kecepatan 12 Knot

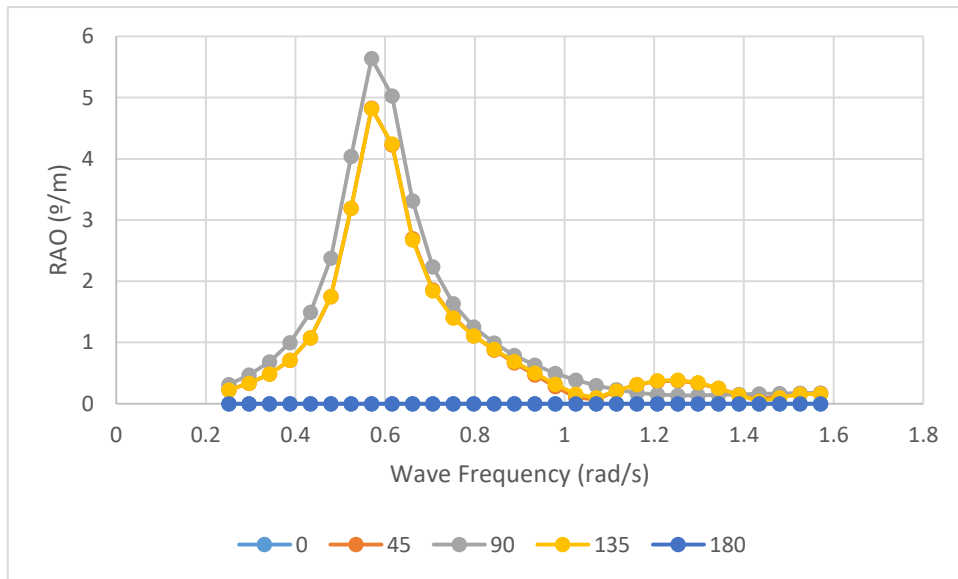
c. Kondisi *Ballast Departure*



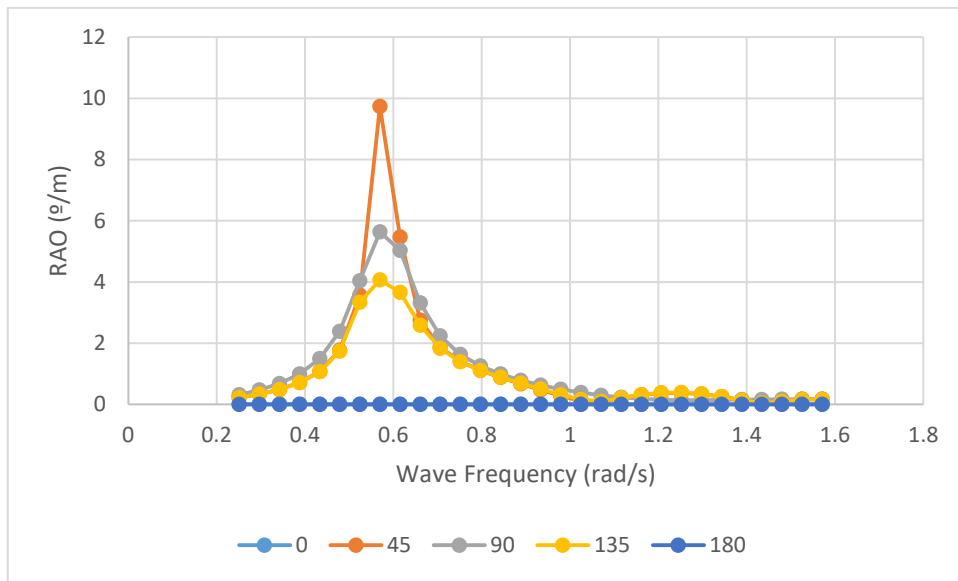
Gambar 4.84 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Ballast Departure Vessel 3* pada Kecepatan 0 Knot



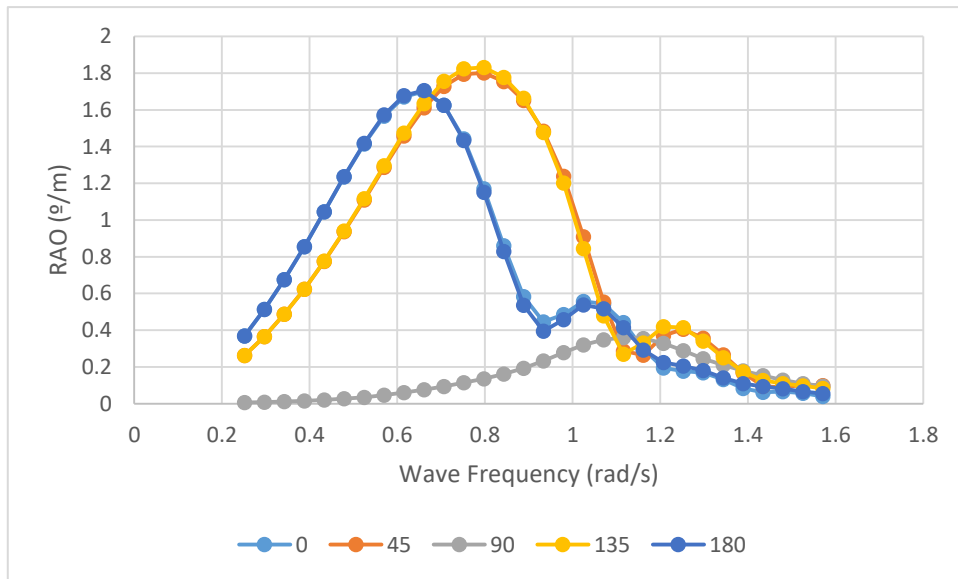
Gambar 4.85 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Ballast Departure Vessel 3* pada Kecepatan 12 Knot



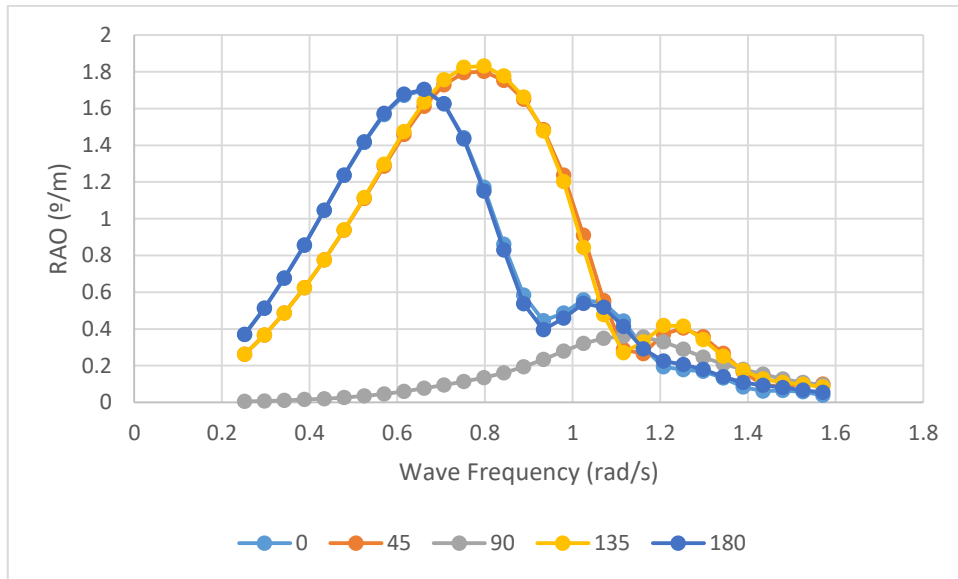
Gambar 4.86 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Ballast Departure Vessel 3* pada Kecepatan 0 Knot



Gambar 4.87 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Ballast Departure Vessel 3* pada Kecepatan 12 Knot

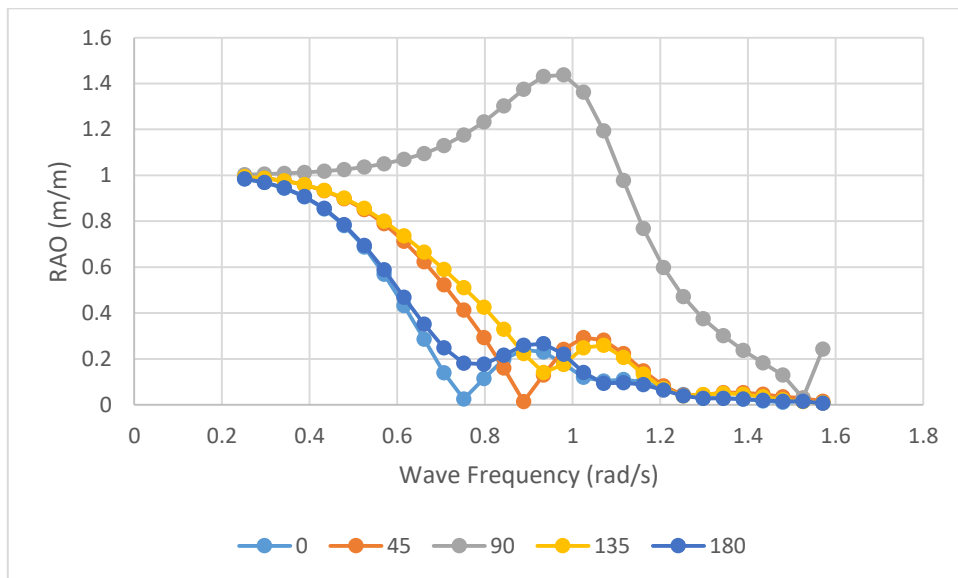


Gambar 4.88 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Ballast Departure Vessel 3* pada Kecepatan 0 Knot

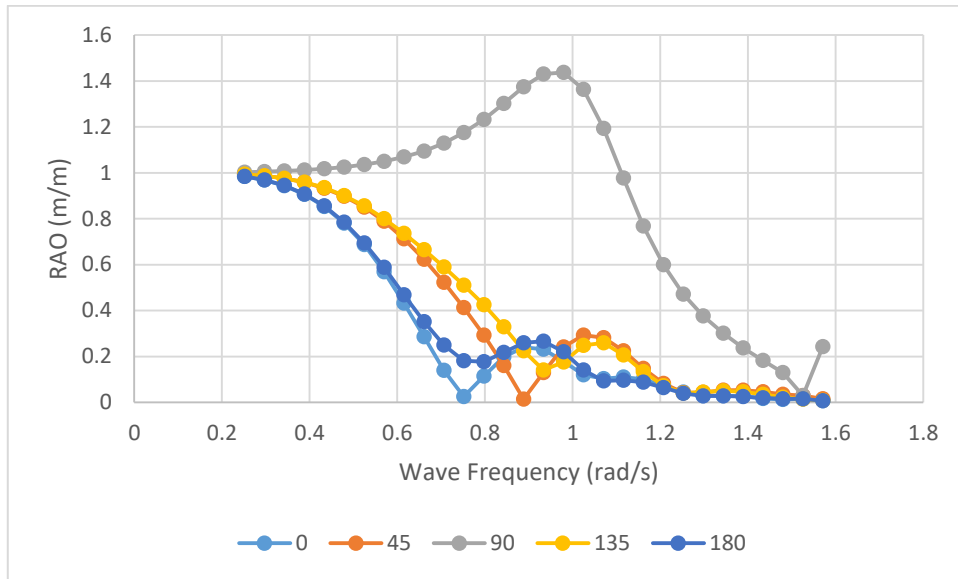


Gambar 4.89 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Ballast Departure Vessel 3* pada Kecepatan 12 Knot

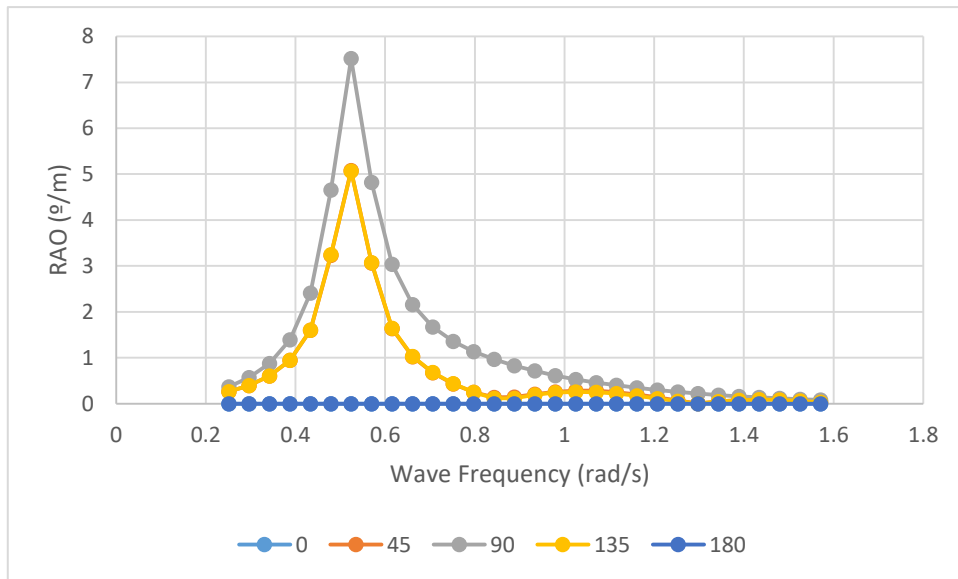
d. Kondisi *Ballast Arrival*



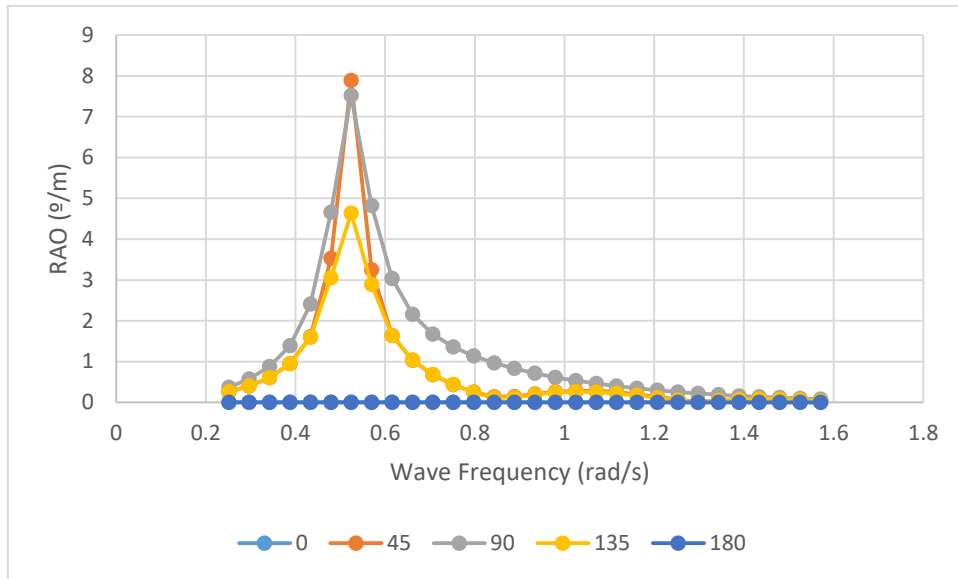
Gambar 4.90 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 3* pada Kecepatan 0 Knot



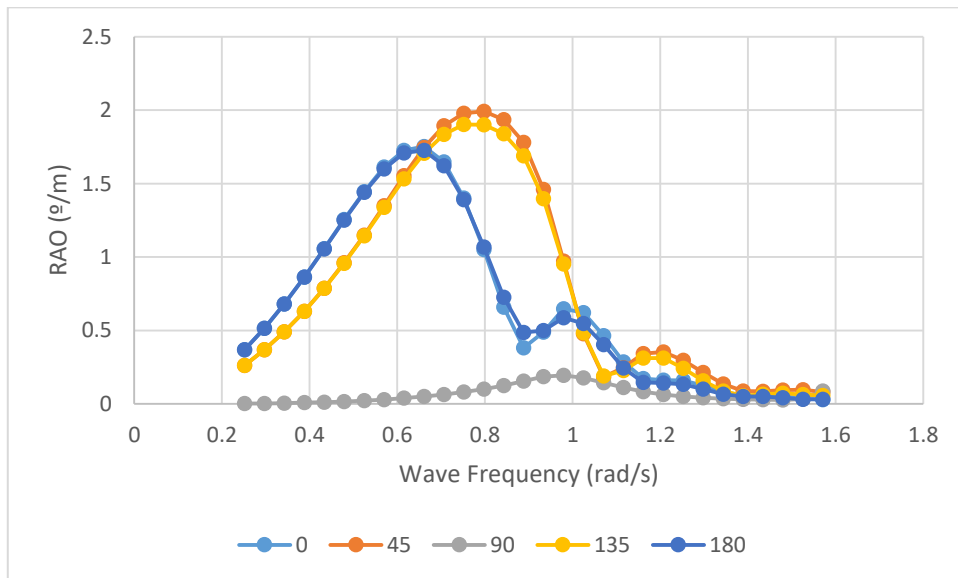
Gambar 4.91 RAO Gerakan *Heave* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 3* pada Kecepatan 12 Knot



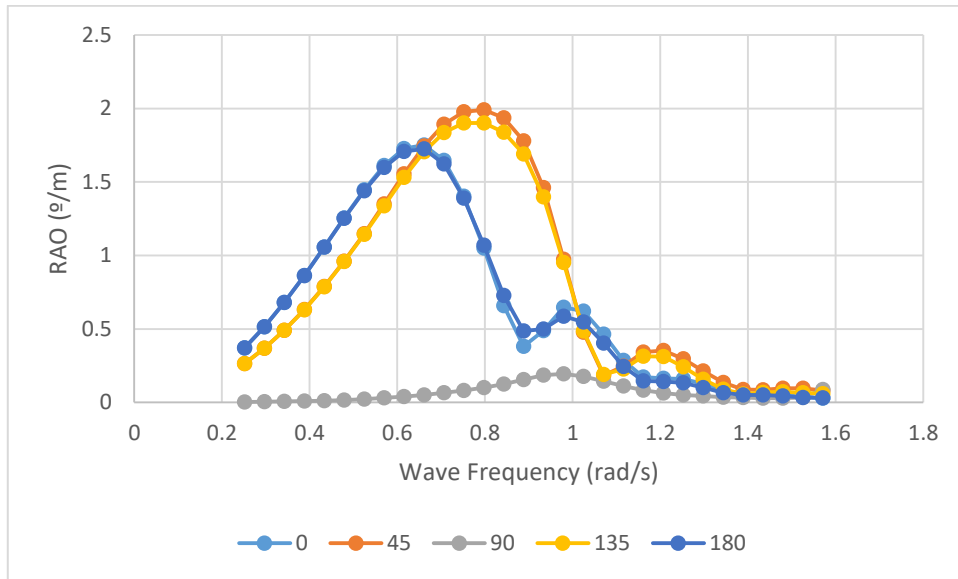
Gambar 4.92 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 3* pada Kecepatan 0 Knot



Gambar 4.93 RAO Gerakan *Roll* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 3* pada Kecepatan 12 Knot



Gambar 4.94 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 3* pada Kecepatan 0 Knot



Gambar 4.95 RAO Gerakan *Pitch* Kondisi *Ballast Arrival Vessel 3* pada Kecepatan 12 Knot

4.9.4 Pembahasan Karakteristik Gerakan pada Tiap Model

Dari ketiga model yang telah dilakukan analisis karakteristik gerakan, dapat kita lihat dari Gambar 4.21-95 bahwa terjadi gerakan yang sangat signifikan pada gerakan *roll* pada saat bergerak dengan kecepatan 12 knot. Jika simpangan maksimum gerakan pada masing-masing gerakan dibuat tabulasi, maka hasilnya sebagai berikut:

Tabel 4.38 Simpangan Gerakan Maksimum *Vessel 1* pada Kecepatan 0 Knot

<i>Loadcase</i>	<i>Heave</i>		<i>Roll</i>		<i>Pitch</i>	
	<i>Heave</i>	<i>Heading</i> (°)	<i>Roll</i>	<i>Heading</i> (°)	<i>Pitch</i>	<i>Heading</i> (°)
FLD	1,369	90	7,739	90	2,293	135
FLA	1,301	90	10,353	90	2,337	45
BD	1,063	90	9,625	90	2,05	135
BA	1,051	90	11,12	90	1,943	45

Tabel 4. 39 Simpangan Gerakan Maksimum *Vessel 1* pada Kecepatan 12 Knot

<i>Loadcase</i>	<i>Heave</i>	<i>Heave Heading</i> (°)	<i>Roll</i>	<i>Roll Heading</i> (°)	<i>Pitch</i>	<i>Pitch Heading</i> (°)
FLD	1,369	90	11,076	45	2,293	135
FLA	1,301	90	11,521	45	2,337	45
BD	1,063	90	10,877	45	2,05	135
BA	1,051	90	11,12	90	1,943	45

Tabel 4. 40 Simpangan Gerakan Maksimum *Vessel 2* pada Kecepatan 0 Knot

<i>Loadcase</i>	<i>Heave</i>	<i>Heave Heading</i> (°)	<i>Roll</i>	<i>Roll Heading</i> (°)	<i>Pitch</i>	<i>Pitch Heading</i> (°)
FLD	1,437	90	3,204	90	2,144	135
FLA	1,412	90	6,542	90	2,165	45
BD	1,14	90	8,235	90	1,977	135
BA	1,106	90	10,887	90	1,891	45

Tabel 4. 41 Simpangan Gerakan Maksimum *Vessel 2* pada Kecepatan 12 Knot

<i>Loadcase</i>	<i>Heave</i>	<i>Heave Heading</i> (°)	<i>Roll</i>	<i>Roll Heading</i> (°)	<i>Pitch</i>	<i>Pitch Heading</i> (°)
FLD	1,437	90	3,204	90	2,144	135
FLA	1,412	90	7,282	45	2,165	45
BD	1,14	90	11,264	45	1,977	135
BA	1,106	90	10,887	90	1,891	45

Tabel 4. 42 Simpangan Gerakan Maksimum *Vessel 3* pada Kecepatan 0 Knot

<i>Loadcase</i>	<i>Heave</i>	<i>Heave Heading</i> (°)	<i>Roll</i>	<i>Roll Heading</i> (°)	<i>Pitch</i>	<i>Pitch Heading</i> (°)
FLD	1,494	90	3,179	90	1,96	45
FLA	1,437	90	7,24	90	1,992	45
BD	1,167	90	5,639	90	1,831	135
BA	1,438	90	7,522	90	1,992	45

Tabel 4. 43 Simpangan Gerakan Maksimum *Vessel 3* pada Kecepatan 12 Knot

<i>Loadcase</i>	<i>Heave</i>	<i>Heave Heading</i> (°)	<i>Roll</i>	<i>Roll Heading</i> (°)	<i>Pitch</i>	<i>Pitch Heading</i> (°)
FLD	1,494	90	3,179	90	1,96	45
FLA	1,437	90	7,605	45	1,992	45
BD	1,167	90	9,737	45	1,831	135
BA	1,438	90	7,89	45	1,992	45

Dari hasil yang telah ditunjukkan pada Tabel 4.38-43, maka dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Terjadi peningkatan simpangan maksimum gerakan pada gerakan *roll* pada kecepatan 12 knot. Hal tersebut ditunjukkan dengan meningkatnya puncak simpangan gerakannya. Peningkatan simpangan gerakan pada gerakan *roll* dengan kecepatan 12 knot terjadi pada sudut gelombang 45°.
2. Gerakan *heave* dan *pitch* pada tiap model pada dua kecepatan yang berbeda memiliki karakteristik yang sama. Hal tersebut menunjukkan tidak ada perubahan gerakan yang berarti pada saat kapal bergerak pada kecepatan 12 knot.

3. Dari ketiga model, gerakan *heave* maksimum paling kecil terjadi pada *vessel 2*. Gerakan *roll* maksimum paling kecil terjadi pada *vessel 3* dan gerakan *pitch* maksimum paling kecil terjadi pada *vessel 3*. Jika hanya ditinjau dari gerakan *roll* nya saja, maka karakteristik gerakan pada *vessel 3* adalah yang paling baik dibandingkan dengan model yang lain.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari variasi ukuran utama dan pemodelan menggunakan *software*, didapatkan ukuran utama ditunjukkan pada Tabel 5.1:

Tabel 5. 1 Ukuran Utama Optimum

<i>Minimize Total Resistance</i>					
Model	Initial	Vessel 1	Vessel 2	Vessel 3	Unit
L	103,8	109	114,2	119,4	m
B	19,2	18,2	17,3	16,3	m
H	9,3	9,3	9,3	9,3	m
T	6	6	6	6	m
Cb	0,776	0,776	0,776	0,776	-
Displ	9516	9462	9478	9285	Ton

Setelah didapatkan model dan parameter hidrostatiknya, maka dapat dilakukan analisis tahanan total dengan menggunakan *software* dengan hasil ditunjukkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Tahanan Total pada tiap Ukuran Utama

No	Model	<i>Resistance</i> (kN)	<i>Power</i> (kW)
1	<i>Initial</i>	216	1936,908
2	<i>Vessel 1</i>	213,4	1914,31
3	<i>Vessel 2</i>	206	1847,6
4	<i>Vessel 3</i>	193,3	1733,88

Berdasarkan analisis tahanan total, maka dapat dikatakan bahwa ukuran utama *vessel 3* menghasilkan tahanan total yang minimum sebesar 193,3 kN.

- Setelah dilakukan analisis tahanan pada tiap ukuran, maka perlu dilakukan analisis stabilitas sesuai dengan kriteria IMO dan SOLAS. Semua model telah memenuhi kriteria-kriteria yang diberikan dan karakteristiknya ditunjukkan pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 sebagai berikut:

Tabel 5. 3 Sudut Tenggelam pada Masing-Masing Model pada Kondisi *Full Load Departure*

Model	Sudut Tenggelam			
	<i>Initial Ship</i>	<i>Vessel 1</i>	<i>Vessel 2</i>	<i>Vessel 3</i>
<i>Full Load Departure</i>	72°	70°	73°	69°

Tabel 5. 4 Luasan di Bawah Kurva pada Masing-Masing Model pada Kondisi *Full Load Departure*

Model	Luasan di Bawah Kurva (m.degree)			
	<i>Initial Ship</i>	<i>Vessel 1</i>	<i>Vessel 2</i>	<i>Vessel 3</i>
<i>Full Load Departure</i>	-	43,813	42,28	28,62

Pada Tabel 5.3 dan 5.4 menunjukkan bahwa pada model *vessel 2* memiliki *range* stabilitas yang paling baik dimana dia mampu oleng sejauh 73° sebelum *capsize* pada kondisi *full load departure*. Sedangkan *vessel 1* memiliki stabilitas dinamis yang paling baik karena memiliki luasan dibawah kurva paling besar sebesar 43,813 m.deg.

- Dari ketiga model, terjadi kenaikan puncak simpangan gerakan *roll* pada kecepatan 12 knot pada sudut gelombang 45°. Gerakan *heave* dan *pitch* pada tiap variasi kecepatan pada tiap model dan kondisi tidak mengalami perubahan yang signifikan. Gerakan *heave* maksimum paling kecil terjadi

pada *vessel 2*. Gerakan *roll* maksimum paling kecil terjadi pada *vessel 3* dan gerakan *pitch* maksimum paling kecil terjadi pada *vessel 2*. Jika hanya ditinjau dari gerakan *roll* nya saja, maka karakteristik gerakan pada *vessel 3* adalah yang paling baik dibandingkan dengan model yang lain.

4. Dari analisis-*analisis* yang telah dilakukan, maka dapat diambil keputusan bahwa ukuran utama paling baik dalam kasus ini adalah ukuran utama pada *vessel 3*. Hal tersebut disebabkan karena *vessel 3* memiliki tahanan yang paling minimum diantara semua model. Stabilitas *vessel 3* juga sudah memenuhi kriteria yang disyaratkan oleh IMO dan SOLAS. Karakteristik gerakannya juga dapat dikatakan baik karena pada kondisi normal (*full load departure*) memiliki gerakan *roll* dan *pitch* paling kecil dibanding semua model baik pada kecepatan 0 knot maupun kecepatan dinas.

5.2. Saran

Berikut adalah saran-saran yang diberikan penulis agar dapat menyempurnakan hasil penelitian yang telah dibuat:

1. Perlu dilakukan analisis optimasi agar didapatkan nilai optimum dari ukuran awal kapal.
2. Dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam mengenai desain dan pengaruh *bulbous bow* terhadap tahanan total.
3. Dapat dilakukan analisis parametric *hull* agar didapatkan tahanan yang lebih baik.
4. Dapat dilakukan analisis terkait operabilitas kapal.
5. Diperlukan analisis kekuatan memanjang kapal terkait kekuatan struktur kapal.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Barras, B. (2004). *Ship Design and Performance for Masters and Mates*. Boston: Elsevier.
- Barras, B., & Derrett, D. (2006). *Ship Stability for Masters and Mates. Sixth Edition*. Boston: Elsevier.
- Bhattacharyya, R. (1978). *Dynamics of Marine Vehicles*. New York: John Wiley & Sons.
- BKI. (2018). *Vol. II Rules for Hull*. Jakarta.
- Chinneck, J. (2015). *Practical Optimization: A Gentle Introduction*. Ottawa: Carleton University.
- Cudina, P. (2008). Design Procedure and Mathematical Models in the Concept Design of Tankers and Bulk Carriers. *Brodogradnja*, 323-339.
- Djarmiko, E. B. (2012). *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak*. Surabaya: ITS Press.
- DNV. (2011). *Pt. 6 Ch. 9 Rules for Classification of Ship*. Oslo.
- Edalat, P., & Barzandeh, A. (2017). Fuel Efficiency Optimization of Tanker with Focus on Hull Parameters. *Journal of Ocean Engineering and Science*, 10.1016/j.joes.2017.03.002.
- Hayler, M., & Keever, J. (2003). *American Merchant Seaman's Manual*. New York: Cornell Maritime Press.
- Holtrop, J., & Mennen, G. (1982). An Approximate Power Prediction Method. *ISP*, 166.
- IACS. (2018). *Common Structural Rules for Bulk Carriers and Oil Tankers*. London.

- IMO. (1993). *Resolution A.749(18) Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments*.
- IMO. (2016). *Introduction to IMO*. Diambil kembali dari <http://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx>
- Janson, C., & Larsson, L. (1997). A Method for the Optimization of Ship Hulls from a Resistance Point of View. *Twenty-First Symposium of Naval Hydrodynamic* (hal. 680-696). Washington DC: The National Academies Press.
- Lasdon, L., Fox, R., & Ratner, M. (1973). *Nonlinear Optimization Using the Generalized Reduced Gradient Method*. Cleveland: Case Western Reserve University.
- Lewis, E. (1988). *Principle of Naval Architecture*. New Jersey: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Lindstad, H., Jullumstrø, E., & Sandaas, I. (2013). Reductions in Cost and Greenhouse Gas Emissions with New Bulk Ship Designs Enabled by Panama Canal Expansion. *Energy Policy*, 59:341-349.
- Lloyd's Register of Shipping. (1964). *Distribution of Lightweight for Still Water Bending Moment Calculation*.
- Michalski, J. (2014). Parametric Method for Evaluating Optimal Ship Deadweight. *Polish Maritime Research* 2(82) Vol 21, 3-8.
- Misra, S. (2016). *Design Principle of Ships and Marine Structures*. Boca Raton: CRC Press.
- Molland, A. (2008). *The Maritime Engineering Reference Book A Guide to Ship Design, Construction and Operation*. Oxford: Elsevier.
- Munro-Smith, R. (1975). *Elements of Ship Design*. London: Marine Media Management.
- Murtedjo, M. (2002). *Tahanan dan Sistem Propulsi*. Surabaya.

- NASDEC. (2018). *Product Tanker 6500 DWT Hydrostatic Table*. Surabaya: NASDEC.
- Papanikolau, A. (2014). *Ship Design - Methodologies of Preliminary Design*. New York: Springer.
- Papanikolau, A., & Liu, S. (2016). Fast Approach to Estimation of the Added Resistance of Ships in Head Waves. *Ocean Engineering* 112, 211-225.
- PT Dok dan Perkapalan Surabaya [Persero]. (2018). *Product Tanker 6500 DWT General Arrangement and Lines Plan*. Surabaya: PT. Dok dan Perkapalan Surabaya [Persero].
- PT. Dok dan Perkapalan Surabaya [Persero]. (2018). *Product Tanker 6500 DWT Preliminary Trim and Stability*. Surabaya: PT. Dok dan Perkapalan Surabaya [Persero].
- Rosyid, D. M. (2009). *Optimasi: Teknik Pengambilan Keputusan Secara Kuantitatif*. Surabaya: ITS Press.
- Schneekluth, H., & Bertram, V. (1998). *Ship Design for Efficiency and Economy*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Siddall, J. (1983). *Probabilistic Engineering Design*. New York: Marcel Dekker.
- UNCTAD. (2018). *Review of Maritime Transport 2018*. Geneva: United Nations Publications.
- Utby, H. (2016). *Hydrodynamic Optimization of Bulk and Tank Ship Hull*. Trondheim: Master Thesis Department of Marine Technology NTNU.
- Ventura, M. (2006). *Lecture Notes Ch. 3 Estimation Methods for Basic Ship Design*. Lisbon: Instituto Superior Tecnico.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design*. Oxford: Elsevier.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Hydrostatics - Vessel 1

Stability 20.00.02.31, build: 31

Model file: D:\Semester 8\TA Bismillah 120\Revisi\Model\Vessel 1 (Medium precision, 65 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP;
Vert. datum: User def.. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0.01000(0.100); Trim%(LCG-TCG): 0.01000(0.100); Heel%(LCG-TCG): 0.01000(0.100)

Damage Case - Intact

Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Draft Amidships m	0.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
Displacement t	0.0000	1357	2892	4476	6096	7755	9462
Heel deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Draft at FP m	0.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
Draft at AP m	0.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
Draft at LCF m	0.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
Trim (+ve by stern) m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
WL Length m	0.000	107.012	107.308	106.427	105.721	106.791	109.000
Beam max extents on WL m	0.000	18.024	18.161	18.185	18.194	18.197	18.199
Wetted Area m ²	0.000	1536.286	1767.358	1991.849	2211.771	2432.653	2662.912
Waterpl. Area m ²	0.000	1460.393	1525.693	1562.430	1599.159	1640.534	1692.446
Prismatic coeff. (Cp)	0.000	0.719	0.745	0.767	0.785	0.788	0.784
Block coeff. (Cb)	0.000	0.686	0.724	0.752	0.773	0.779	0.776
Max Sect. area coeff. (Cm)		0.956	0.973	0.981	0.985	0.988	0.990
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.000	0.757	0.783	0.807	0.831	0.844	0.853
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	51.082	54.134	54.479	54.757	54.954	55.063	55.087
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	51.082	54.531	55.046	55.447	55.514	55.362	54.976
KB m	5.216	0.529	1.046	1.561	2.077	2.596	3.120
BMt m	0.000	22.866	11.898	8.161	6.283	5.149	4.414
BML m	0.000	726.792	365.539	245.186	188.937	158.270	140.923
KMt m	5.216	23.395	12.944	9.722	8.360	7.744	7.534
KML m	5.216	727.321	366.585	246.747	191.014	160.866	144.043

Stability Calculation - Vessel 1

Stability 20.00.02.31, build: 31

Model file: D:\Semester 8\TA Bismillah 120\Revisi\Model\Vessel 1 (Medium precision, 65 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP;
Vert. datum: User def.. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0.01000(0.100); Trim%(LCG-TCG): 0.01000(0.100); Heel%(LCG-TCG): 0.01000(0.100)

Loadcase - Full Load Departure 1

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

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	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	3008.320	3008.320			44.600	0.000	6.740	0.000	User Specified
Subtotal			3008.320			44.600	0.000	6.740	0.000	
.										
Cargo Oil Tank 1 P	98%	368.053	360.692	511.185	500.962	93.723	-3.621	5.448	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 1 S	98%	368.053	360.692	511.185	500.962	93.723	3.621	5.448	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 2 P	98%	679.626	666.034	943.925	925.047	81.535	-3.930	5.354	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 2 S	98%	679.626	666.034	943.925	925.047	81.535	3.930	5.354	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 3 P	98%	743.277	728.411	1032.329	1011.682	65.600	-3.987	5.333	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 3 S	98%	743.277	728.411	1032.329	1011.682	65.600	3.987	5.333	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 4 P	98%	635.815	623.099	883.076	865.415	50.200	-3.987	5.333	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 4 S	98%	635.815	623.099	883.076	865.415	50.200	3.987	5.333	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 5 P	98%	565.851	554.534	785.904	770.186	36.800	-3.998	5.322	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 5 S	98%	565.851	554.534	785.904	770.186	36.800	3.998	5.322	0.000	Maximum
Subtotal	98%	5985.245	5865.541	8312.840	8146.584	63.960	0.000	5.350	0.000	
.										
Fresh Water Tank S	98%	102.732	100.678	102.732	100.678	8.652	5.818	7.644	0.000	Maximum
Fresh Water Tank P	98%	102.732	100.678	102.732	100.678	8.652	-5.818	7.644	0.000	Maximum
Diesel Oil Tank S	98%	179.654	176.061	207.692	203.539	24.300	6.352	4.757	0.000	Maximum
Diesel Oil Tank P	98%	179.654	176.061	207.692	203.539	24.300	-6.352	4.757	0.000	Maximum
HSD Fuel S	98%	42.871	42.014	42.871	42.014	24.214	3.868	1.028	0.000	Maximum
HSD Fuel P	98%	42.871	42.014	42.871	42.014	24.214	-3.868	1.028	0.000	Maximum
Lube Oil Tank S	98%	36.852	36.115	40.057	39.256	21.418	3.629	1.038	0.000	Maximum
Lube Oil Tank P	98%	36.852	36.115	40.057	39.256	21.418	-3.629	1.038	0.000	Maximum
Subtotal	98%	724.220	709.736	786.706	770.972	19.557	0.000	4.756	0.000	
.										
Water Ballast Tank 5 S	0%	168.021	0.000	163.923	0.000	38.084	2.161	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 1 P	0%	69.776	0.000	68.074	0.000	93.469	-0.005	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 1 S	0%	69.776	0.000	68.074	0.000	93.469	0.005	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 P	0%	156.199	0.000	152.389	0.000	80.585	-0.009	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 S	0%	156.199	0.000	152.389	0.000	80.585	0.009	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 P	0%	211.567	0.000	206.407	0.000	68.650	-0.019	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 S	0%	211.567	0.000	206.407	0.000	68.650	0.019	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 P	0%	190.836	0.000	186.182	0.000	48.205	-2.153	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 S	0%	190.836	0.000	186.182	0.000	48.205	2.153	0.001	0.000	Maximum

Water Ballast Tank 5 P	0%	168.021	0.000	163.923	0.000	38.084	-2.161	0.001	0.000	Maximum
Subtotal	0%	1592.799	0.000	1553.950	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
.										
After Peak Water Ballast Tank	0%	147.740	0.000	144.137	0.000	1.603	0.000	6.000	0.000	Maximum
Fore Peak Water Ballast Tank	0%	404.666	0.000	394.796	0.000	104.136	0.000	0.000	0.000	Maximum
Total Loadcase			9583.597	11192.430	8917.556	54.595	0.000	5.742	0.000	
FS correction								0.000		
VCG fluid								5.742		

Heel to Starboard deg	-30.0	-20.0	-10.0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
GZ m	-1.015	-0.731	-0.325	0.000	0.325	0.732	1.015	1.009	0.787	0.439	0.024	-0.418
Area under GZ curve from zero heel m.deg	15.6825	6.8546	1.5525	0.0000	1.5580	6.8324	15.7660	26.1131	35.2286	41.4346	43.7833	41.8221
Displacement t	9584	9584	9583	9583	9584	9583	9584	9584	9584	9584	9584	9584
Draft at FP m	5.919	5.843	5.870	5.881	5.871	5.842	5.922	6.258	6.824	7.752	9.544	14.777
Draft at AP m	6.155	6.123	6.235	6.265	6.236	6.123	6.153	6.496	7.063	7.963	9.680	14.644
WL Length m	110.178	109.233	109.474	109.538	109.475	109.232	110.179	110.328	110.806	110.985	111.036	110.978
Beam max extents on WL m	16.867	19.350	18.479	18.199	18.479	19.350	16.867	14.410	12.132	10.736	9.895	9.442
Wetted Area m^2	2988.663	2749.720	2693.968	2683.218	2694.105	2749.511	2988.643	3103.106	3141.890	3158.939	3169.068	3176.806
Waterpl. Area m^2	1591.882	1846.324	1734.599	1700.737	1734.638	1846.339	1591.871	1375.735	1197.230	1078.209	1005.952	967.362
Prismatic coeff. (Cp)	0.802	0.789	0.777	0.773	0.777	0.789	0.802	0.819	0.826	0.831	0.835	0.838
Block coeff. (Cb)	0.544	0.533	0.634	0.752	0.634	0.533	0.544	0.578	0.638	0.693	0.743	0.793
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	54.584	54.588	54.586	54.585	54.586	54.588	54.589	54.589	54.590	54.591	54.593	54.595
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	54.015	53.655	54.457	54.654	54.457	53.655	54.011	54.247	54.537	54.683	54.767	54.916
KB m	3.773	3.453	3.226	3.158	3.226	3.453	3.773	4.062	4.289	4.468	4.619	4.756
KG fluid m	5.742	5.742	5.742	5.742	5.742	5.742	5.742	5.742	5.742	5.742	5.742	5.742
GMt corrected m	0.701	2.742	2.003	1.793	2.003	2.742	0.701	-0.734	-1.707	-2.231	-2.482	-2.548
KMt m	6.857	8.569	7.772	7.536	7.772	8.569	6.857	5.829	5.248	5.006	4.916	4.889
Righting moment (trans.) tonne.m	-9728.173	-7010.563	-3113.888	0.000	3114.161	7009.945	9728.060	9666.016	7545.642	4202.727	229.299	-4002.050
Max deck inclination deg	30.0002	20.0005	10.0018	0.2036	10.0018	20.0005	30.0002	40.0001	50.0000	60.0000	70.0000	80.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	0.1252	0.1485	0.1937	0.2036	0.1937	0.1486	0.1229	0.1260	0.1270	0.1121	0.0718	-0.0705

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 109.234 m)		0	n/a
Deck Edge (immersion pos = 109.234 m)		0	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
SOLAS, II-1/8	8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
	8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	1.047	Pass	+2517.50
	8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	1.047	Pass	+2517.50
	8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	1.043	Pass	+2507.50
SOLAS, II-1/8	8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	1.047	Pass	+1994.00
SOLAS, II-1/8	8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	70.5	Pass	+907.86
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	15.7660	Pass	+400.30
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	26.1131	Pass	+406.40
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	10.3471	Pass	+501.96
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	1.047	Pass	+423.50
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	34.5	Pass	+38.18
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	1.793	Pass	+1095.33

Stability Calculation - Vessel 1

Stability 20.00.02.31, build: 31

Model file: D:\Semester 8\TA Bismillah 120\Revisi\Model\Vessel 1 (Medium precision, 65 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP;
Vert. datum: User def.. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.%.: 0.01000(0.100); Trim%(LCG-TCG): 0.01000(0.100); Heel%(LCG-TCG): 0.01000(0.100)

Loadcase - Full Load Arrival

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

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	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	3008.320	3008.320			44.600	0.000	6.740	0.000	User Specified
subtotal			3008.320			44.600	0.000	6.740	0.000	
.										
Cargo Oil Tank 1 P	98%	368.053	360.692	511.185	500.962	93.723	-3.621	5.448	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 1 S	98%	368.053	360.692	511.185	500.962	93.723	3.621	5.448	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 2 P	98%	679.626	666.034	943.925	925.047	81.535	-3.930	5.354	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 2 S	98%	679.626	666.034	943.925	925.047	81.535	3.930	5.354	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 3 P	98%	743.277	728.411	1032.329	1011.682	65.600	-3.987	5.333	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 3 S	98%	743.277	728.411	1032.329	1011.682	65.600	3.987	5.333	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 4 P	98%	635.815	623.099	883.076	865.415	50.200	-3.987	5.333	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 4 S	98%	635.815	623.099	883.076	865.415	50.200	3.987	5.333	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 5 P	98%	565.851	554.534	785.904	770.186	36.800	-3.998	5.322	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 5 S	98%	565.851	554.534	785.904	770.186	36.800	3.998	5.322	0.000	Maximum
subtotal	98%	5985.245	5865.541	8312.840	8146.584	63.960	0.000	5.350	0.000	
.										
Fresh Water Tank P	10%	102.732	10.273	102.732	10.273	10.945	-4.878	4.777	91.435	Maximum
Fresh Water Tank S	10%	102.732	10.273	102.732	10.273	10.945	4.878	4.777	91.435	Maximum
Diesel Oil Tank P	10%	179.654	17.965	207.692	20.769	24.361	-6.222	2.294	66.500	Maximum
Diesel Oil Tank S	10%	179.654	17.965	207.692	20.769	24.361	6.222	2.294	66.500	Maximum
HSD Fuel P	10%	42.871	4.287	42.871	4.287	24.226	-3.164	0.139	133.316	Maximum
HSD Fuel S	10%	42.871	4.287	42.871	4.287	24.226	3.164	0.139	133.316	Maximum
Lube Oil Tank P	10%	36.852	3.685	40.057	4.006	21.433	-2.860	0.149	106.346	Maximum
Lube Oil Tank S	10%	36.852	3.685	40.057	4.006	21.433	2.860	0.149	106.346	Maximum
subtotal	10%	724.220	72.422	786.706	78.671	20.241	0.000	2.525	795.194	
.										
Water Ballast Tank 1 P	0%	69.776	0.000	68.074	0.000	93.469	-0.005	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 1 S	0%	69.776	0.000	68.074	0.000	93.469	0.005	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 P	0%	156.199	0.000	152.389	0.000	80.585	-0.009	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 S	0%	156.199	0.000	152.389	0.000	80.585	0.009	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 P	0%	211.567	0.000	206.407	0.000	68.650	-0.019	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 S	0%	211.567	0.000	206.407	0.000	68.650	0.019	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 P	0%	190.836	0.000	186.182	0.000	48.205	-2.153	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 S	0%	190.836	0.000	186.182	0.000	48.205	2.153	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 5 P	0%	168.021	0.000	163.923	0.000	38.084	-2.161	0.001	0.000	Maximum

Water Ballast Tank 5 S	0%	168.021	0.000	163.923	0.000	38.084	2.161	0.001	0.000	Maximum
After Peak Water Ballast Tank	0%	147.740	0.000	144.137	0.000	1.603	0.000	6.000	0.000	Maximum
Fore Peak Water Ballast Tank	0%	404.666	0.000	394.796	0.000	104.136	0.000	0.000	0.000	Maximum
subtotal	0%	2145.205	0.000	2092.883	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
.										
Total Loadcase			8946.283	11192.430	8225.255	57.096	0.000	5.794	795.194	
FS correction								0.089		
VCG fluid								5.883		

Heel to Starboard deg	-30.0	-20.0	-10.0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
GZ m	-1.050	-0.696	-0.309	0.000	0.309	0.696	1.050	1.066	0.819	0.431	-0.027	-0.512
Area under GZ curve from zero heel m.deg	15.2511	6.4892	1.4903	0.0000	1.4975	6.4604	15.3588	26.2310	35.8137	42.1433	44.2039	41.5173
Displacement t	8946	8946	8946	8946	8946	8946	8946	8946	8946	8946	8946	8946
Draft at FP m	6.502	6.361	6.428	6.449	6.429	6.361	6.506	7.007	7.813	9.123	11.637	18.932
Draft at AP m	4.701	4.855	4.897	4.908	4.897	4.854	4.698	4.592	4.479	4.311	4.011	3.189
WL Length m	110.311	106.773	106.874	106.900	106.874	106.773	110.312	110.656	110.973	111.064	111.020	110.906
Beam max extents on WL m	17.861	19.350	18.477	18.198	18.477	19.350	17.862	14.451	12.136	10.737	9.896	9.442
Wetted Area m^2	2827.443	2619.943	2591.185	2584.510	2591.185	2619.943	2827.308	2943.667	2980.976	2998.727	3007.787	3012.163
Waterpl. Area m^2	1635.298	1790.146	1698.546	1668.582	1698.545	1790.141	1635.165	1392.509	1209.268	1091.143	1020.455	984.898
Prismatic coeff. (Cp)	0.786	0.796	0.788	0.785	0.788	0.796	0.786	0.799	0.805	0.809	0.812	0.815
Block coeff. (Cb)	0.494	0.527	0.636	0.696	0.636	0.527	0.494	0.555	0.618	0.674	0.725	0.774
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	57.133	57.135	57.137	57.137	57.137	57.135	57.141	57.153	57.165	57.176	57.184	57.188
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	53.340	55.561	55.918	56.001	55.918	55.561	53.338	53.288	53.337	53.334	53.229	53.120
KB m	3.659	3.285	3.049	2.977	3.049	3.285	3.659	3.992	4.241	4.436	4.601	4.749
KG fluid m	5.883	5.883	5.883	5.883	5.883	5.883	5.883	5.883	5.883	5.883	5.883	5.883
GMt corrected m	1.132	2.590	1.913	1.701	1.913	2.590	1.132	-0.779	-1.882	-2.455	-2.728	-2.794
KMt m	7.389	8.555	7.820	7.584	7.820	8.555	7.389	5.972	5.301	5.029	4.925	4.894
Righting moment (trans.) tonne.m	-9393.230	-6222.489	-2763.405	0.000	2763.410	6222.501	9392.221	9540.300	7323.780	3856.453	-238.809	-4579.040
Max deck inclination deg	30.0103	20.0135	10.0316	0.8175	10.0316	20.0135	30.0104	40.0100	50.0095	60.0082	70.0061	80.0032
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.9556	-0.7990	-0.8121	-0.8175	-0.8122	-0.7991	-0.9591	-1.2809	-1.7685	-2.5514	-4.0390	-8.2936

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 109.234 m)		0	n/a
Deck Edge (immersion pos = 109.234 m)		0	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
SOLAS, II-1/8	8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
	8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	1.102	Pass	+2655.00
	8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	1.102	Pass	+2655.00
	8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	1.098	Pass	+2645.00
SOLAS, II-1/8	8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	1.102	Pass	+2104.00
SOLAS, II-1/8	8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	69.4	Pass	+892.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	15.3588	Pass	+387.38
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	26.2310	Pass	+408.69
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	10.8722	Pass	+532.51
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	1.102	Pass	+451.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	35.5	Pass	+41.82
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	1.701	Pass	+1034.00

Stability Calculation - Vessel 1

Stability 20.00.02.31, build: 31

Model file: D:\Semester 8\TA Bismillah 120\Revisi\Model\Vessel 1 (Medium precision, 65 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP;
Vert. datum: User def.. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.%.: 0.01000(0.100); Trim%(LCG-TCG): 0.01000(0.100); Heel%(LCG-TCG): 0.01000(0.100)

Loadcase - Ballast Departure

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

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	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	3008.320	3008.320			44.600	0.000	6.740	0.000	User Specified
Subtotal			3008.320			44.600	0.000	6.740	0.000	
.										
Cargo Oil Tank 1 P	0%	368.053	0.000	511.185	0.000	93.638	-2.958	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 1 S	0%	368.053	0.000	511.185	0.000	93.638	2.958	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 2 P	0%	679.626	0.000	943.925	0.000	81.409	-3.668	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 2 S	0%	679.626	0.000	943.925	0.000	81.409	3.668	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 3 P	0%	743.277	0.000	1032.329	0.000	65.600	-3.814	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 3 S	0%	743.277	0.000	1032.329	0.000	65.600	3.814	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 4 P	0%	635.815	0.000	883.076	0.000	50.200	-3.814	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 4 S	0%	635.815	0.000	883.076	0.000	50.200	3.814	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 5 P	0%	565.851	0.000	785.904	0.000	36.800	-3.998	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 5 S	0%	565.851	0.000	785.904	0.000	36.800	3.998	1.500	0.000	Maximum
Subtotal	0%	5985.245	0.000	8312.840	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
.										
Fresh Water Tank P	98%	102.732	100.678	102.732	100.678	8.652	-5.818	7.644	0.000	Maximum
Fresh Water Tank S	98%	102.732	100.678	102.732	100.678	8.652	5.818	7.644	0.000	Maximum
Diesel Oil Tank P	98%	179.654	176.061	207.692	203.539	24.300	-6.352	4.757	0.000	Maximum
Diesel Oil Tank S	98%	179.654	176.061	207.692	203.539	24.300	6.352	4.757	0.000	Maximum
HSD Fuel P	98%	42.871	42.014	42.871	42.014	24.214	-3.868	1.028	0.000	Maximum
HSD Fuel S	98%	42.871	42.014	42.871	42.014	24.214	3.868	1.028	0.000	Maximum
Lube Oil Tank P	98%	36.852	36.115	40.057	39.256	21.418	-3.629	1.038	0.000	Maximum
Lube Oil Tank S	98%	36.852	36.115	40.057	39.256	21.418	3.629	1.038	0.000	Maximum
Subtotal	98%	724.220	709.736	786.706	770.972	19.557	0.000	4.756	0.000	
.										
Water Ballast Tank 1 P	98%	69.776	68.380	68.074	66.712	93.610	-2.588	0.802	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 1 S	98%	69.776	68.380	68.074	66.712	93.610	2.588	0.802	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 P	98%	156.199	153.075	152.389	149.341	81.254	-3.388	0.788	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 S	98%	156.199	153.075	152.389	149.341	81.254	3.388	0.788	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 P	98%	211.567	207.336	206.407	202.279	65.381	-4.194	0.766	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 S	98%	211.567	207.336	206.407	202.279	65.381	4.194	0.766	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 P	0%	190.836	0.000	186.182	0.000	48.205	-2.153	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 S	0%	190.836	0.000	186.182	0.000	48.205	2.153	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 5 P	0%	168.021	0.000	163.923	0.000	38.084	-2.161	0.001	0.000	Maximum

Water Ballast Tank 5 S	0%	168.021	0.000	163.923	0.000	38.084	2.161	0.001	0.000	Maximum
After Peak Water Ballast Tank	0%	147.740	0.000	144.137	0.000	1.603	0.000	6.000	0.000	Maximum
Fore Peak Water Ballast Tank	98%	404.666	396.573	394.796	386.900	104.426	0.000	5.460	0.000	Maximum
Subtotal	58.46%	2145.205	1254.154	2092.883	1223.565	84.680	0.000	2.260	0.000	
.										
Subtotal	0%	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
.										
Total Loadcase			4972.211	11192.430	1994.538	51.135	0.000	5.327	0.000	
FS correction								0.000		
VCG fluid								5.327		

Heel to Starboard deg	-30.0	-20.0	-10.0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
GZ m	-2.000	-1.412	-0.677	0.000	0.677	1.412	2.000	2.298	2.172	1.745	1.145	0.448
Area under GZ curve from zero heel m.deg	30.9878	13.8189	3.3266	0.0000	3.3310	13.8025	31.0510	52.8576	75.5352	95.3101	109.8693	117.8920
Displacement t	4972	4972	4972	4972	4972	4972	4972	4972	4972	4972	4973	4972
Draft at FP m	1.913	2.260	2.387	2.424	2.387	2.260	1.913	1.179	-0.094	-2.136	-6.068	-17.476
Draft at AP m	3.995	4.210	4.234	4.234	4.233	4.210	3.994	3.419	2.728	1.739	-0.071	-5.294
WL Length m	107.031	106.839	106.732	106.698	106.733	106.838	107.031	111.430	111.096	109.521	109.109	109.790
Beam max extents on WL m	17.346	18.856	18.458	18.191	18.458	18.856	17.346	14.466	12.139	10.738	9.896	9.442
Wetted Area m^2	2012.157	2067.087	2060.112	2056.792	2060.072	2067.105	2012.107	2028.862	2049.184	2056.269	2060.397	2061.898
Waterpl. Area m^2	1554.957	1621.558	1592.153	1572.368	1592.145	1621.567	1554.923	1429.972	1233.540	1097.246	1007.382	952.256
Prismatic coeff. (Cp)	0.715	0.704	0.699	0.697	0.699	0.704	0.715	0.697	0.705	0.718	0.723	0.721
Block coeff. (Cb)	0.383	0.403	0.506	0.607	0.506	0.403	0.383	0.414	0.479	0.545	0.605	0.661
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	51.066	51.070	51.074	51.075	51.074	51.070	51.066	51.063	51.053	51.041	51.030	51.025
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	53.393	54.409	54.797	54.887	54.797	54.409	53.393	53.892	53.837	53.765	53.602	53.423
KB m	2.761	2.225	1.866	1.752	1.866	2.225	2.761	3.358	3.846	4.219	4.524	4.790
KG fluid m	5.327	5.327	5.327	5.327	5.327	5.327	5.327	5.327	5.327	5.327	5.327	5.327
GMt corrected m	2.568	4.170	4.032	3.806	4.032	4.170	2.568	0.508	-1.738	-3.023	-3.770	-4.161
KMt m	8.550	9.727	9.414	9.132	9.414	9.727	8.550	7.193	5.874	5.327	5.114	5.046
Righting moment (trans.) tonne.m	-9945.282	-7021.676	-3368.486	0.000	3368.523	7021.677	9945.018	11426.713	10802.295	8677.973	5694.690	2228.766
Max deck inclination deg	30.0138	20.0226	10.0459	0.9600	10.0459	20.0226	30.0138	40.0086	50.0068	60.0053	70.0038	80.0019
Trim angle (+ve by stern) deg	1.1041	1.0343	0.9793	0.9600	0.9793	1.0343	1.1041	1.1886	1.4973	2.0552	3.1781	6.4360

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 109.234 m)		0	n/a
Deck Edge (immersion pos = 109.234 m)		0	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
SOLAS, II-1/8	8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
	8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	2.306	Pass	+5665.00
	8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	2.306	Pass	+5665.00
	8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	2.296	Pass	+5640.00
SOLAS, II-1/8	8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	2.306	Pass	+4512.00
SOLAS, II-1/8	8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	86.1	Pass	+1129.91
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	31.0510	Pass	+885.34
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	52.8576	Pass	+925.05
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	21.8067	Pass	+1168.64
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	2.306	Pass	+1053.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	41.8	Pass	+67.27
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	3.806	Pass	+2437.33

Stability Calculation - Vessel 1

Stability 20.00.02.31, build: 31

Model file: D:\Semester 8\TA Bismillah 120\Revisi\Model\Vessel 1 (Medium precision, 65 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP;
Vert. datum: User def.. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.%.: 0.01000(0.100); Trim%(LCG-TCG): 0.01000(0.100); Heel%(LCG-TCG): 0.01000(0.100)

Loadcase - Ballast Arrival

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

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	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	3008.320	3008.320			44.600	0.000	6.740	0.000	User Specified
Subtotal			3008.320			44.600	0.000	6.740	0.000	
.										
Cargo Oil Tank 1 P	0%	368.053	0.000	511.185	0.000	93.638	-2.958	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 1 S	0%	368.053	0.000	511.185	0.000	93.638	2.958	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 2 P	0%	679.626	0.000	943.925	0.000	81.409	-3.668	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 2 S	0%	679.626	0.000	943.925	0.000	81.409	3.668	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 3 P	0%	743.277	0.000	1032.329	0.000	65.600	-3.814	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 3 S	0%	743.277	0.000	1032.329	0.000	65.600	3.814	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 4 P	0%	635.815	0.000	883.076	0.000	50.200	-3.814	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 4 S	0%	635.815	0.000	883.076	0.000	50.200	3.814	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 5 P	0%	565.851	0.000	785.904	0.000	36.800	-3.998	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 5 S	0%	565.851	0.000	785.904	0.000	36.800	3.998	1.500	0.000	Maximum
subtotal	0%	5985.245	0.000	8312.840	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
.										
Fresh Water Tank P	10%	102.732	10.273	102.732	10.273	10.945	-4.878	4.777	91.435	Maximum
Fresh Water Tank S	10%	102.732	10.273	102.732	10.273	10.945	4.878	4.777	91.435	Maximum
Diesel Oil Tank P	10%	179.654	17.965	207.692	20.769	24.361	-6.222	2.294	66.500	Maximum
Diesel Oil Tank S	10%	179.654	17.965	207.692	20.769	24.361	6.222	2.294	66.500	Maximum
HSD Fuel P	10%	42.871	4.287	42.871	4.287	24.226	-3.164	0.139	133.316	Maximum
HSD Fuel S	10%	42.871	4.287	42.871	4.287	24.226	3.164	0.139	133.316	Maximum
Lube Oil Tank P	10%	36.852	3.685	40.057	4.006	21.433	-2.860	0.149	106.346	Maximum
Lube Oil Tank S	10%	36.852	3.685	40.057	4.006	21.433	2.860	0.149	106.346	Maximum
subtotal	10%	724.220	72.422	786.706	78.671	20.241	0.000	2.525	795.194	
.										
Water Ballast Tank 1 P	98%	69.776	68.380	68.074	66.712	93.610	-2.588	0.802	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 1 S	98%	69.776	68.380	68.074	66.712	93.610	2.588	0.802	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 P	98%	156.199	153.075	152.389	149.341	81.254	-3.388	0.788	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 S	98%	156.199	153.075	152.389	149.341	81.254	3.388	0.788	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 P	98%	211.567	207.336	206.407	202.279	65.381	-4.194	0.766	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 S	98%	211.567	207.336	206.407	202.279	65.381	4.194	0.766	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 P	0%	190.836	0.000	186.182	0.000	48.205	-2.153	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 S	0%	190.836	0.000	186.182	0.000	48.205	2.153	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 5 P	0%	168.021	0.000	163.923	0.000	38.084	-2.161	0.001	0.000	Maximum

Water Ballast Tank 5 S	0%	168.021	0.000	163.923	0.000	38.084	2.161	0.001	0.000	Maximum
Fore Peak Water Ballast Tank	98%	404.666	396.573	394.796	386.900	104.426	0.000	5.460	0.000	Maximum
After Peak Water Ballast Tank	0%	147.740	0.000	144.137	0.000	1.603	0.000	6.000	0.000	Maximum
subtotal	58.46%	2145.205	1254.155	2092.883	1223.565	84.680	0.000	2.260	0.000	
.										
Total Loadcase			4334.897	11192.430	1302.236	55.789	0.000	5.373	795.194	
FS correction								0.183		
VCG fluid								5.557		

Heel to Starboard deg	-30.0	-20.0	-10.0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
GZ m	-2.006	-1.551	-0.775	0.000	0.775	1.551	2.006	2.199	2.094	1.648	1.013	0.275
Area under GZ curve from zero heel m.deg	33.6123	15.6136	3.8225	0.0000	3.8257	15.6008	33.6602	54.8917	76.6436	95.5836	108.9988	115.4945
Displacement t	4335	4335	4335	4335	4335	4335	4335	4335	4335	4335	4335	4335
Draft at FP m	2.627	2.968	3.097	3.135	3.097	2.968	2.627	1.934	0.887	-0.710	-3.731	-12.510
Draft at AP m	2.286	2.629	2.677	2.676	2.677	2.629	2.286	1.493	0.120	-2.048	-6.166	-18.059
WL Length m	107.041	106.649	106.468	106.388	106.468	106.649	107.041	107.260	111.381	111.017	109.752	110.242
Beam max extents on WL m	15.452	17.749	18.421	18.183	18.421	17.749	15.452	14.467	12.139	10.738	9.896	9.442
Wetted Area m^2	1857.245	1957.233	1975.100	1973.009	1975.100	1957.233	1857.237	1823.254	1859.471	1871.657	1880.032	1883.874
Waterpl. Area m^2	1445.969	1560.740	1577.362	1561.373	1577.363	1560.740	1445.963	1407.791	1216.030	1074.682	985.628	930.525
Prismatic coeff. (Cp)	0.774	0.780	0.769	0.764	0.769	0.780	0.774	0.763	0.731	0.732	0.741	0.740
Block coeff. (Cb)	0.415	0.420	0.520	0.698	0.520	0.420	0.415	0.413	0.464	0.531	0.604	0.670
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	55.801	55.802	55.804	55.806	55.805	55.802	55.802	55.804	55.813	55.824	55.835	55.842
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	56.084	55.602	55.479	55.527	55.479	55.602	56.084	55.804	55.717	55.777	55.680	55.713
KB m	2.553	2.037	1.648	1.518	1.648	2.037	2.553	3.144	3.705	4.131	4.477	4.776
KG fluid m	5.557	5.557	5.557	5.557	5.557	5.557	5.557	5.557	5.557	5.557	5.557	5.557
GMt corrected m	1.620	3.844	4.564	4.375	4.564	3.844	1.620	0.718	-1.739	-3.185	-3.993	-4.396
KMt m	7.962	9.700	10.186	9.932	10.186	9.700	7.962	7.520	6.043	5.392	5.143	5.064
Righting moment (trans.) tonne.m	-8694.577	-6725.158	-3359.854	0.000	3359.860	6725.162	8694.539	9533.481	9076.183	7145.498	4390.241	1191.193
Max deck inclination deg	30.0004	20.0007	10.0024	0.2433	10.0024	20.0007	30.0004	40.0003	50.0005	60.0006	70.0006	80.0004
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.1810	-0.1797	-0.2230	-0.2433	-0.2230	-0.1798	-0.1810	-0.2343	-0.4067	-0.7098	-1.2915	-2.9416

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 109.234 m)		0	n/a
Deck Edge (immersion pos = 109.234 m)		0	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
SOLAS, II-1/8	8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
	8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	2.205	Pass	+5412.50
	8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	2.205	Pass	+5412.50
	8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	2.193	Pass	+5382.50
SOLAS, II-1/8	8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	2.205	Pass	+4310.00
SOLAS, II-1/8	8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	83.6	Pass	+1093.64
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	33.6602	Pass	+968.14
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	54.8917	Pass	+964.49
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	21.2315	Pass	+1135.18
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	2.205	Pass	+1002.50
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	41.8	Pass	+67.27
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	4.375	Pass	+2816.67

Hydrostatics - Vessel 2

Stability 20.00.02.31, build: 31

Model file: D:\Semester 8\TA Bismillah 120\Revisi\Model\Vessel 2 (Medium precision, 65 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP;

Vert. datum: User def.. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0.01000(0.100); Trim%(LCG-TCG): 0.01000(0.100); Heel%(LCG-TCG): 0.01000(0.100)

Damage Case - Intact

Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Draft Amidships m	0.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
Displacement t	0.0000	1359	2897	4483	6106	7768	9478
Heel deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Draft at FP m	0.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
Draft at AP m	0.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
Draft at LCF m	0.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
Trim (+ve by stern) m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
WL Length m	0.000	112.117	112.427	111.504	110.764	111.886	114.200
Beam max extents on WL m	0.000	17.232	17.363	17.386	17.394	17.397	17.399
Wetted Area m ²	0.000	1544.472	1785.148	2019.491	2249.166	2479.812	2719.877
Waterpl. Area m ²	0.000	1462.807	1528.215	1565.013	1601.803	1643.247	1695.243
Prismatic coeff. (Cp)	0.000	0.719	0.745	0.767	0.785	0.788	0.784
Block coeff. (Cb)	0.000	0.686	0.724	0.752	0.773	0.779	0.776
Max Sect. area coeff. (Cm)		0.956	0.973	0.981	0.985	0.988	0.990
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.000	0.757	0.783	0.807	0.831	0.844	0.853
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	51.467	56.564	56.925	57.216	57.423	57.537	57.561
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	51.467	56.979	57.519	57.939	58.010	57.850	57.445
KB m	5.216	0.529	1.046	1.561	2.077	2.596	3.120
BMt m	0.000	20.900	10.875	7.459	5.743	4.706	4.035
BML m	0.000	797.792	401.248	269.138	207.394	173.732	154.689
KMt m	5.216	21.429	11.921	9.020	7.820	7.302	7.155
KML m	5.216	798.320	402.294	270.699	209.471	176.327	157.810

Stability Calculation - Vessel 2

Stability 20.00.02.31, build: 31

Model file: D:\Semester 8\TA Bismillah 120\Revisi\Model\Vessel 2 (Medium precision, 65 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP; Vert. datum: User def.. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.%; 0.01000(0.100); Trim%(LCG-TCG): 0.01000(0.100); Heel%(LCG-TCG): 0.01000(0.100)

Loadcase - Full Load Departure

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

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	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	3139.460	3139.460			46.450	0.000	6.200	0.000	User Specified
Subtotal			3139.460			46.450	0.000	6.200	0.000	
.										
Cargo Oil Tank 1 P	98%	422.300	413.854	586.528	574.797	95.175	-3.108	5.292	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 1 S	98%	422.300	413.854	586.528	574.797	95.175	3.108	5.292	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 2 P	98%	628.126	615.564	872.398	854.950	81.500	-3.633	5.385	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 2 S	98%	628.126	615.564	872.398	854.950	81.500	3.633	5.385	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 3 P	98%	657.811	644.655	913.627	895.354	66.186	-3.803	5.336	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 3 S	98%	657.811	644.655	913.627	895.354	66.186	3.803	5.336	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 4 P	98%	659.236	646.052	915.606	897.294	50.800	-3.811	5.333	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 4 S	98%	659.236	646.052	915.606	897.294	50.800	3.811	5.333	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 5 P	98%	599.306	587.320	832.369	815.722	36.100	-3.811	5.333	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 5 S	98%	599.306	587.320	832.369	815.722	36.100	3.811	5.333	0.000	Maximum
Subtotal	98%	5933.559	5814.888	8241.054	8076.233	64.058	0.000	5.339	0.000	
.										
Fresh Water Tank S	98%	99.634	97.641	99.634	97.641	8.399	5.377	7.677	0.000	Maximum
Fresh Water Tank P	98%	99.634	97.641	99.634	97.641	8.399	-5.377	7.677	0.000	Maximum
Diesel Oil Tank S	98%	199.768	195.773	230.946	226.327	25.310	5.201	4.486	0.000	Maximum
Diesel Oil Tank P	98%	199.768	195.773	230.946	226.327	25.310	-5.201	4.486	0.000	Maximum
HSD Fuel Tank S	98%	47.718	46.764	57.354	56.207	25.475	3.715	1.027	0.000	Maximum
HSD Fuel Tank P	98%	47.718	46.764	57.354	56.207	25.475	-3.715	1.027	0.000	Maximum
Lube Oil Tank S	98%	26.566	26.034	28.876	28.298	22.460	3.486	1.037	0.000	Maximum
Lube Oil Tank P	98%	26.566	26.034	28.876	28.298	22.460	-3.486	1.037	0.000	Maximum
Subtotal	98%	747.371	732.424	833.617	816.945	20.619	0.000	4.650	0.000	
.										
Water Ballast Tank 5 P	0%	176.461	0.000	172.157	0.000	29.403	-0.040	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 1 P	0%	105.475	0.000	102.902	0.000	95.340	-0.005	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 1 S	0%	105.475	0.000	102.902	0.000	95.340	0.005	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 P	0%	158.627	0.000	154.758	0.000	80.580	-0.011	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 S	0%	158.627	0.000	154.758	0.000	80.580	0.011	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 P	0%	191.617	0.000	186.944	0.000	70.235	-0.020	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 S	0%	191.617	0.000	186.944	0.000	70.235	0.020	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 P	0%	197.901	0.000	193.074	0.000	49.394	-2.060	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 S	0%	197.901	0.000	193.074	0.000	49.394	2.060	0.001	0.000	Maximum

Water Ballast Tank 5 S	0%	176.461	0.000	172.157	0.000	29.403	0.040	0.001	0.000	Maximum
After Peak Water Ballast Tank	0%	148.333	0.000	144.715	0.000	1.533	0.000	6.000	0.000	Maximum
Fore Peak Water Ballast Tank	0%	569.397	0.000	555.509	0.000	107.905	0.000	0.000	0.000	Maximum
Total Loadcase			9686.772	11394.564	8893.178	55.067	0.000	5.566	0.000	
FS correction								0.000		
VCG fluid								5.566		

Heel to Starboard deg	-30.0	-20.0	-10.0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
GZ m	-0.925	-0.666	-0.299	0.000	0.299	0.666	0.925	0.949	0.779	0.483	0.119	-0.275
Area under GZ curve from zero heel m.deg	14.3164	6.2739	1.4304	0.0000	1.4348	6.2564	14.3813	23.9456	32.7167	39.1052	42.1550	41.3851
Displacement t	9687	9687	9687	9687	9687	9687	9687	9687	9687	9687	9687	9687
Draft at FP m	5.131	5.206	5.208	5.210	5.209	5.207	5.129	5.205	5.414	5.773	6.488	8.619
Draft at AP m	7.037	6.856	6.993	7.035	6.993	6.855	7.040	7.627	8.573	10.084	12.958	21.263
WL Length m	115.318	115.326	115.330	115.331	115.330	115.326	115.318	115.331	115.699	116.101	116.281	116.353
Beam max extents on WL m	16.602	18.505	17.667	17.399	17.667	18.505	16.603	14.358	12.130	10.735	9.895	9.442
Wetted Area m ²	3053.057	2866.126	2785.655	2772.049	2785.644	2866.101	3053.094	3171.058	3217.671	3237.422	3247.285	3252.932
Waterpl. Area m ²	1613.450	1821.856	1765.600	1729.189	1765.587	1821.891	1613.405	1416.953	1242.977	1123.586	1049.722	1012.236
Prismatic coeff. (Cp)	0.769	0.753	0.741	0.738	0.741	0.753	0.768	0.783	0.792	0.797	0.801	0.805
Block coeff. (Cb)	0.530	0.525	0.615	0.681	0.615	0.525	0.530	0.559	0.617	0.669	0.717	0.763
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	55.034	55.033	55.029	55.029	55.030	55.035	55.029	55.023	55.015	55.010	55.007	55.008
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	57.721	55.827	55.487	55.785	55.487	55.826	57.724	58.073	58.393	58.629	58.799	59.008
KB m	3.766	3.472	3.267	3.204	3.267	3.472	3.766	4.047	4.278	4.462	4.618	4.759
KG fluid m	5.566	5.566	5.566	5.566	5.566	5.566	5.566	5.566	5.566	5.566	5.566	5.566
GMt corrected m	0.758	2.168	1.855	1.645	1.855	2.168	0.758	-0.457	-1.397	-1.932	-2.203	-2.290
KMt m	6.685	7.831	7.444	7.211	7.444	7.831	6.685	5.826	5.265	5.018	4.924	4.897
Righting moment (trans.) tonne.m	-8964.914	-6454.687	-2891.744	0.000	2891.685	6454.632	8964.471	9193.291	7546.348	4679.615	1153.647	-2666.120
Max deck inclination deg	30.0106	20.0148	10.0392	0.9252	10.0392	20.0148	30.0106	40.0092	50.0078	60.0060	70.0040	80.0019
Trim angle (+ve by stern) deg	0.9667	0.8363	0.9049	0.9252	0.9046	0.8359	0.9687	1.2277	1.6017	2.1846	3.2773	6.3846

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 114.292 m)		0	n/a
Deck Edge (immersion pos = 114.292 m)		0	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
SOLAS, II-1/8	8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
	8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	0.967	Pass	+2317.50
	8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	0.967	Pass	+2317.50
	8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	0.963	Pass	+2307.50
SOLAS, II-1/8	8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	0.967	Pass	+1834.00
SOLAS, II-1/8	8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	73.1	Pass	+943.73
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	14.3813	Pass	+356.36
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	23.9456	Pass	+364.37
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	9.5643	Pass	+456.42
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	0.967	Pass	+383.50
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	35.5	Pass	+41.82
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	1.645	Pass	+996.67

Stability Calculation - Vessel 2

Stability 20.00.02.31, build: 31

Model file: D:\Semester 8\TA Bismillah 120\Revisi\Model\Vessel 2 (Medium precision, 65 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP;
Vert. datum: User def.. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.%.: 0.01000(0.100); Trim%(LCG-TCG): 0.01000(0.100); Heel%(LCG-TCG): 0.01000(0.100)

Loadcase - Full Load Arrival

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

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	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	3139.460	3139.460			46.450	0.000	6.200	0.000	User Specified
Subtotal			3139.460			46.450	0.000	6.200	0.000	
.										
Cargo Oil Tank 1 P	98%	422.300	413.854	586.528	574.797	95.175	-3.108	5.292	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 1 S	98%	422.300	413.854	586.528	574.797	95.175	3.108	5.292	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 2 P	98%	628.126	615.564	872.398	854.950	81.500	-3.633	5.385	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 2 S	98%	628.126	615.564	872.398	854.950	81.500	3.633	5.385	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 3 P	98%	657.811	644.655	913.627	895.354	66.186	-3.803	5.336	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 3 S	98%	657.811	644.655	913.627	895.354	66.186	3.803	5.336	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 4 P	98%	659.236	646.052	915.606	897.294	50.800	-3.811	5.333	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 4 S	98%	659.236	646.052	915.606	897.294	50.800	3.811	5.333	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 5 P	98%	599.306	587.320	832.369	815.722	36.100	-3.811	5.333	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 5 S	98%	599.306	587.320	832.369	815.722	36.100	3.811	5.333	0.000	Maximum
Subtotal	98%	5933.559	5814.888	8241.054	8076.233	64.058	0.000	5.339	0.000	
.										
Fresh Water Tank P	10%	99.634	9.963	99.634	9.963	10.630	-4.384	4.882	91.209	Maximum
Fresh Water Tank S	10%	99.634	9.963	99.634	9.963	10.630	4.384	4.882	91.209	Maximum
Diesel Oil Tank P	10%	199.768	19.977	230.946	23.095	25.340	-5.088	2.261	135.408	Maximum
Diesel Oil Tank S	10%	199.768	19.977	230.946	23.095	25.340	5.088	2.261	135.408	Maximum
HSD Fuel Tank P	10%	47.718	4.772	57.354	5.735	25.497	-3.046	0.138	136.369	Maximum
HSD Fuel Tank S	10%	47.718	4.772	57.354	5.735	25.497	3.046	0.138	136.369	Maximum
Lube Oil Tank P	10%	26.566	2.657	28.876	2.888	22.467	-2.755	0.148	70.474	Maximum
Lube Oil Tank S	10%	26.566	2.657	28.876	2.888	22.467	2.755	0.148	70.474	Maximum
Subtotal	10%	747.371	74.737	833.617	83.362	21.234	0.000	2.538	866.919	
.										
Water Ballast Tank 1 P	0%	105.475	0.000	102.902	0.000	95.340	-0.005	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 1 S	0%	105.475	0.000	102.902	0.000	95.340	0.005	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 P	0%	158.627	0.000	154.758	0.000	80.580	-0.011	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 S	0%	158.627	0.000	154.758	0.000	80.580	0.011	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 P	0%	191.617	0.000	186.944	0.000	70.235	-0.020	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 S	0%	191.617	0.000	186.944	0.000	70.235	0.020	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 P	0%	197.901	0.000	193.074	0.000	49.394	-2.060	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 S	0%	197.901	0.000	193.074	0.000	49.394	2.060	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 5 P	0%	176.461	0.000	172.157	0.000	29.403	-0.040	0.001	0.000	Maximum

Water Ballast Tank 5 S	0%	176.461	0.000	172.157	0.000	29.403	0.040	0.001	0.000	Maximum
Fore Peak Water Ballast Tank	0%	569.397	0.000	555.509	0.000	107.905	0.000	0.000	0.000	Maximum
After Peak Water Ballast Tank	0%	148.333	0.000	144.715	0.000	1.533	0.000	6.000	0.000	Maximum
Subtotal	0%	2377.890	0.000	2319.893	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
.										
Total Loadcase			9029.085	11394.564	8159.595	57.581	0.000	5.615	866.919	
FS correction								0.096		
VCG fluid								5.711		

Heel to Starboard deg	-30.0	-20.0	-10.0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
GZ m	-0.966	-0.603	-0.265	0.000	0.265	0.603	0.966	1.022	0.826	0.487	0.073	-0.372
Area under GZ curve from zero heel m.deg	13.4211	5.5771	1.2841	0.0000	1.2910	5.5493	13.5247	23.7441	33.1406	39.7906	42.6298	41.1416
Displacement t	9029	9028	9029	9029	9029	9029	9029	9029	9029	9029	9029	9029
Draft at FP m	5.703	5.689	5.733	5.749	5.733	5.690	5.705	5.952	6.396	7.132	8.564	12.743
Draft at AP m	5.558	5.646	5.715	5.732	5.716	5.646	5.556	5.685	5.942	6.358	7.160	9.510
WL Length m	115.393	113.376	113.534	113.572	113.534	113.377	115.394	115.441	115.969	116.236	116.327	116.308
Beam max extents on WL m	17.222	18.505	17.666	17.399	17.666	18.505	17.223	14.433	12.135	10.737	9.895	9.442
Wetted Area m^2	2893.405	2695.073	2664.093	2656.095	2664.143	2695.185	2893.271	3015.749	3055.069	3071.353	3078.372	3084.856
Waterpl. Area m^2	1693.915	1813.072	1711.333	1680.117	1711.346	1813.108	1693.943	1460.640	1271.342	1146.315	1071.085	1029.842
Prismatic coeff. (Cp)	0.800	0.797	0.788	0.785	0.788	0.797	0.800	0.818	0.823	0.826	0.829	0.831
Block coeff. (Cb)	0.509	0.533	0.639	0.775	0.639	0.533	0.509	0.557	0.621	0.679	0.733	0.784
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	57.581	57.582	57.582	57.588	57.582	57.582	57.585	57.587	57.590	57.593	57.596	57.598
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	56.296	56.872	57.441	57.597	57.441	56.872	56.295	56.423	56.658	56.771	56.788	56.902
KB m	3.627	3.263	3.049	2.984	3.049	3.264	3.627	3.961	4.218	4.421	4.592	4.746
KG fluid m	5.711	5.711	5.711	5.711	5.711	5.711	5.711	5.711	5.711	5.711	5.711	5.711
GMt corrected m	1.212	2.327	1.650	1.455	1.650	2.327	1.213	-0.509	-1.617	-2.204	-2.492	-2.579
KMt m	7.244	8.104	7.382	7.166	7.382	8.104	7.244	5.978	5.305	5.030	4.927	4.896
Righting moment (trans.) tonne.m	-8725.377	-5446.942	-2393.880	0.000	2393.945	5447.262	8725.460	9229.764	7459.700	4394.209	657.830	-3363.423
Max deck inclination deg	30.0001	20.0000	10.0000	0.0089	10.0000	20.0000	30.0001	40.0001	50.0002	60.0002	70.0002	80.0001
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.0737	-0.0219	-0.0090	-0.0089	-0.0090	-0.0219	-0.0751	-0.1353	-0.2300	-0.3927	-0.7118	-1.6385

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 114.292 m)		0	n/a
Deck Edge (immersion pos = 114.292 m)		0	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
SOLAS, II-1/8	8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
	8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	1.040	Pass	+2500.00
	8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	1.040	Pass	+2500.00
	8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	1.035	Pass	+2487.50
SOLAS, II-1/8	8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	1.040	Pass	+1980.00
SOLAS, II-1/8	8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	71.7	Pass	+923.73
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	13.5247	Pass	+329.18
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	23.7441	Pass	+360.46
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	10.2194	Pass	+494.53
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	1.040	Pass	+420.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	36.4	Pass	+45.46
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	1.455	Pass	+870.00

Stability Calculation - Vessel 2

Stability 20.00.02.31, build: 31

Model file: D:\Semester 8\TA Bismillah 120\Revisi\Model\Vessel 2 (Medium precision, 65 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP;
Vert. datum: User def.. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.%; 0.01000(0.100); Trim%(LCG-TCG): 0.01000(0.100); Heel%(LCG-TCG): 0.01000(0.100)

Loadcase - Ballast Departure

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

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	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	3139.460	3139.460			46.450	0.000	6.200	0.000	User Specified
Subtotal			3139.460			46.450	0.000	6.200	0.000	
.										
Cargo Oil Tank 1 P	0%	422.300	0.000	586.528	0.000	95.090	-2.763	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 1 S	0%	422.300	0.000	586.528	0.000	95.090	2.763	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 2 P	0%	628.126	0.000	872.398	0.000	81.434	-3.333	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 2 S	0%	628.126	0.000	872.398	0.000	81.434	3.333	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 3 P	0%	657.811	0.000	913.627	0.000	66.173	-3.631	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 3 S	0%	657.811	0.000	913.627	0.000	66.173	3.631	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 4 P	0%	659.236	0.000	915.606	0.000	50.800	-3.646	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 4 S	0%	659.236	0.000	915.606	0.000	50.800	3.646	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 5 P	0%	599.306	0.000	832.369	0.000	36.100	-3.646	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 5 S	0%	599.306	0.000	832.369	0.000	36.100	3.646	1.500	0.000	Maximum
Subtotal	0%	5933.559	0.000	8241.054	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
.										
Fresh Water Tank P	98%	99.634	97.641	99.634	97.641	8.399	-5.377	7.677	0.000	Maximum
Fresh Water Tank S	98%	99.634	97.641	99.634	97.641	8.399	5.377	7.677	0.000	Maximum
Diesel Oil Tank P	98%	199.768	195.773	230.946	226.327	25.310	-5.201	4.486	0.000	Maximum
Diesel Oil Tank S	98%	199.768	195.773	230.946	226.327	25.310	5.201	4.486	0.000	Maximum
HSD Fuel Tank P	98%	47.718	46.764	57.354	56.207	25.475	-3.715	1.027	0.000	Maximum
HSD Fuel Tank S	98%	47.718	46.764	57.354	56.207	25.475	3.715	1.027	0.000	Maximum
Lube Oil Tank P	98%	26.566	26.034	28.876	28.298	22.460	-3.486	1.037	0.000	Maximum
Lube Oil Tank S	98%	26.566	26.034	28.876	28.298	22.460	3.486	1.037	0.000	Maximum
Subtotal	98%	747.371	732.424	833.617	816.945	20.619	0.000	4.650	0.000	
.										
Water Ballast Tank 1 P	98%	105.475	103.365	102.902	100.844	95.669	-2.623	0.799	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 1 S	98%	105.475	103.365	102.902	100.844	95.669	2.623	0.799	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 P	98%	158.627	155.454	154.758	151.663	81.290	-3.429	0.785	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 S	98%	158.627	155.454	154.758	151.663	81.290	3.429	0.785	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 P	98%	191.617	187.785	186.944	183.205	66.069	-4.083	0.762	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 S	98%	191.617	187.785	186.944	183.205	66.069	4.083	0.762	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 P	0%	197.901	0.000	193.074	0.000	49.394	-2.060	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 S	0%	197.901	0.000	193.074	0.000	49.394	2.060	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 5 P	0%	176.461	0.000	172.157	0.000	29.403	-0.040	0.001	0.000	Maximum

Water Ballast Tank 5 S	0%	176.461	0.000	172.157	0.000	29.403	0.040	0.001	0.000	Maximum
Fore Peak Water Ballast Tank	98%	569.397	558.009	555.509	544.399	108.251	0.000	5.407	0.000	Maximum
After Peak Water Ballast Tank	0%	148.333	0.000	144.715	0.000	1.533	0.000	6.000	0.000	Maximum
Subtotal	61.03%	2377.890	1451.217	2319.893	1415.821	89.766	0.000	2.559	0.000	
.										
Total Loadcase			5323.100	11394.564	2232.766	54.705	0.000	4.994	0.000	
FS correction								0.000		
VCG fluid								4.994		

Heel to Starboard deg	-30.0	-20.0	-10.0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
GZ m	-1.834	-1.225	-0.579	0.000	0.579	1.225	1.834	2.207	2.160	1.818	1.304	0.689
Area under GZ curve from zero heel m.deg	27.1893	11.8580	2.8482	0.0000	2.8519	11.8447	27.2414	47.7460	69.9038	89.9712	105.6888	115.7156
Displacement t	5323	5323	5323	5323	5323	5323	5323	5324	5323	5323	5323	5323
Draft at FP m	2.492	2.752	2.855	2.887	2.855	2.752	2.492	1.906	0.910	-0.674	-3.708	-12.538
Draft at AP m	3.995	4.164	4.183	4.184	4.183	4.164	3.994	3.475	2.815	1.859	0.097	-4.977
WL Length m	111.904	111.608	111.440	111.350	111.440	111.608	111.904	116.658	116.698	116.292	114.867	115.427
Beam max extents on WL m	17.126	18.249	17.651	17.392	17.651	18.249	17.125	14.466	12.139	10.739	9.896	9.442
Wetted Area m^2	2127.914	2154.279	2141.218	2138.042	2141.158	2154.288	2127.895	2147.719	2178.213	2182.534	2185.642	2188.157
Waterpl. Area m^2	1628.456	1655.004	1604.592	1583.812	1604.580	1655.008	1628.443	1507.087	1304.825	1159.285	1064.818	1008.663
Prismatic coeff. (Cp)	0.743	0.733	0.726	0.725	0.726	0.733	0.743	0.721	0.727	0.733	0.744	0.743
Block coeff. (Cb)	0.399	0.427	0.538	0.654	0.538	0.427	0.399	0.425	0.491	0.554	0.621	0.681
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	54.663	54.665	54.668	54.669	54.668	54.665	54.663	54.663	54.658	54.652	54.647	54.645
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	56.411	57.150	57.460	57.548	57.460	57.149	56.411	56.845	56.904	56.627	56.459	56.391
KB m	2.771	2.260	1.944	1.845	1.944	2.260	2.771	3.362	3.840	4.208	4.511	4.775
KG fluid m	4.994	4.994	4.994	4.994	4.994	4.994	4.994	4.994	4.994	4.994	4.994	4.994
GMt corrected m	2.891	3.893	3.460	3.251	3.460	3.893	2.891	0.952	-1.265	-2.535	-3.287	-3.709
KMt m	8.415	9.071	8.501	8.245	8.502	9.071	8.415	7.142	5.835	5.301	5.095	5.029
Righting moment (trans.) tonne.m	-9760.346	-6522.878	-3084.546	0.000	3084.574	6522.879	9760.247	11750.660	11495.617	9675.623	6941.655	3668.164
Max deck inclination deg	30.0066	20.0108	10.0217	0.6577	10.0217	20.0108	30.0066	40.0039	50.0028	60.0021	70.0014	80.0007
Trim angle (+ve by stern) deg	0.7620	0.7157	0.6731	0.6577	0.6731	0.7157	0.7619	0.7956	0.9658	1.2842	1.9282	3.8279

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 114.292 m)		0	n/a
Deck Edge (immersion pos = 114.292 m)		0	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
SOLAS, II-1/8	8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
	8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	2.236	Pass	+5490.00
	8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	2.236	Pass	+5490.00
	8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	2.226	Pass	+5465.00
SOLAS, II-1/8	8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	2.236	Pass	+4372.00
SOLAS, II-1/8	8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	90.0	Pass	+1185.71
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	27.2414	Pass	+764.45
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	47.7460	Pass	+825.92
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	20.5046	Pass	+1092.89
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	2.236	Pass	+1018.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	43.6	Pass	+74.54
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	3.251	Pass	+2067.33

Stability Calculation - Vessel 2

Stability 20.00.02.31, build: 31

Model file: D:\Semester 8\TA Bismillah 120\Revisi\Model\Vessel 2 (Medium precision, 65 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP;
Vert. datum: User def.. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.%.: 0.01000(0.100); Trim%(LCG-TCG): 0.01000(0.100); Heel%(LCG-TCG): 0.01000(0.100)

Loadcase - Ballast Arrival

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

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	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	3139.460	3139.460			46.450	0.000	6.200	0.000	User Specified
Subtotal			3139.460			46.450	0.000	6.200	0.000	
.										
Cargo Oil Tank 1 P	0%	422.300	0.000	586.528	0.000	95.090	-2.763	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 1 S	0%	422.300	0.000	586.528	0.000	95.090	2.763	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 2 P	0%	628.126	0.000	872.398	0.000	81.434	-3.333	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 2 S	0%	628.126	0.000	872.398	0.000	81.434	3.333	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 3 P	0%	657.811	0.000	913.627	0.000	66.173	-3.631	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 3 S	0%	657.811	0.000	913.627	0.000	66.173	3.631	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 4 P	0%	659.236	0.000	915.606	0.000	50.800	-3.646	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 4 S	0%	659.236	0.000	915.606	0.000	50.800	3.646	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 5 P	0%	599.306	0.000	832.369	0.000	36.100	-3.646	1.500	0.000	Maximum
Cargo Oil Tank 5 S	0%	599.306	0.000	832.369	0.000	36.100	3.646	1.500	0.000	Maximum
Subtotal	0%	5933.559	0.000	8241.054	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
.										
Fresh Water Tank P	10%	99.634	9.963	99.634	9.963	10.630	-4.384	4.882	91.209	Maximum
Fresh Water Tank S	10%	99.634	9.963	99.634	9.963	10.630	4.384	4.882	91.209	Maximum
Diesel Oil Tank P	10%	199.768	19.977	230.946	23.095	25.340	-5.088	2.261	135.408	Maximum
Diesel Oil Tank S	10%	199.768	19.977	230.946	23.095	25.340	5.088	2.261	135.408	Maximum
HSD Fuel Tank P	10%	47.718	4.772	57.354	5.735	25.497	-3.046	0.138	136.369	Maximum
HSD Fuel Tank S	10%	47.718	4.772	57.354	5.735	25.497	3.046	0.138	136.369	Maximum
Lube Oil Tank P	10%	26.566	2.657	28.876	2.888	22.467	-2.755	0.148	70.474	Maximum
Lube Oil Tank S	10%	26.566	2.657	28.876	2.888	22.467	2.755	0.148	70.474	Maximum
Subtotal	10%	747.371	74.737	833.617	83.362	21.234	0.000	2.538	866.919	
.										
Water Ballast Tank 1 P	98%	105.475	103.365	102.902	100.844	95.669	-2.623	0.799	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 1 S	98%	105.475	103.365	102.902	100.844	95.669	2.623	0.799	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 P	98%	158.627	155.454	154.758	151.663	81.290	-3.429	0.785	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 S	98%	158.627	155.454	154.758	151.663	81.290	3.429	0.785	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 P	98%	191.617	187.785	186.944	183.205	66.069	-4.083	0.762	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 S	98%	191.617	187.785	186.944	183.205	66.069	4.083	0.762	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 P	0%	197.901	0.000	193.074	0.000	49.394	-2.060	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 S	0%	197.901	0.000	193.074	0.000	49.394	2.060	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 5 P	0%	176.461	0.000	172.157	0.000	29.403	-0.040	0.001	0.000	Maximum

Water Ballast Tank 5 S	0%	176.461	0.000	172.157	0.000	29.403	0.040	0.001	0.000	Maximum
Fore Peak Water Ballast Tank	98%	569.397	558.009	555.509	544.399	108.251	0.000	5.407	0.000	Maximum
After Peak Water Ballast Tank	0%	148.333	0.000	144.715	0.000	1.533	0.000	6.000	0.000	Maximum
Subtotal	61.03%	2377.890	1451.217	2319.893	1415.821	89.766	0.000	2.559	0.000	
.										
Total Loadcase			4665.414	11394.564	1499.183	59.520	0.000	5.009	866.919	
FS correction								0.186		
VCG fluid								5.194		

Heel to Starboard deg	-30.0	-20.0	-10.0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
GZ m	-1.848	-1.346	-0.655	0.000	0.655	1.346	1.848	2.118	2.085	1.728	1.184	0.534
Area under GZ curve from zero heel m.deg	29.4102	13.3059	3.2228	0.0000	3.2261	13.2928	29.4597	49.5035	70.7982	90.0839	104.7528	113.4062
Displacement t	4665	4665	4665	4665	4665	4665	4665	4665	4665	4665	4665	4665
Draft at FP m	3.201	3.464	3.569	3.601	3.569	3.464	3.201	2.635	1.835	0.652	-1.559	-7.951
Draft at AP m	2.288	2.565	2.598	2.598	2.598	2.565	2.287	1.576	0.278	-1.803	-5.779	-17.295
WL Length m	111.626	111.335	111.240	111.197	111.240	111.335	111.626	112.157	116.676	116.680	116.331	115.795
Beam max extents on WL m	15.679	17.676	17.627	17.386	17.627	17.676	15.679	14.466	12.139	10.739	9.896	9.442
Wetted Area m^2	1968.404	2048.087	2048.581	2046.393	2048.581	2048.087	1968.393	1938.307	1973.156	1993.547	2003.653	2008.351
Waterpl. Area m^2	1516.367	1605.717	1590.419	1572.742	1590.420	1605.716	1516.357	1470.247	1277.358	1137.011	1045.447	989.360
Prismatic coeff. (Cp)	0.778	0.776	0.764	0.761	0.764	0.776	0.778	0.768	0.735	0.734	0.737	0.741
Block coeff. (Cb)	0.417	0.427	0.539	0.654	0.539	0.427	0.417	0.420	0.471	0.535	0.602	0.673
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	59.547	59.548	59.550	59.551	59.551	59.549	59.548	59.552	59.562	59.576	59.589	59.599
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	58.976	58.260	58.155	58.208	58.155	58.260	58.977	58.743	58.394	58.821	58.857	58.898
KB m	2.586	2.088	1.742	1.630	1.742	2.088	2.586	3.164	3.706	4.123	4.462	4.758
KG fluid m	5.194	5.194	5.194	5.194	5.194	5.194	5.194	5.194	5.194	5.194	5.194	5.194
GMt corrected m	2.033	3.792	3.883	3.691	3.883	3.792	2.033	1.026	-1.250	-2.653	-3.463	-3.896
KMt m	7.880	9.218	9.132	8.885	9.132	9.218	7.880	7.342	5.989	5.365	5.123	5.044
Righting moment (trans.) tonne.m	-8623.816	-6280.799	-3057.122	0.000	3057.128	6280.809	8623.801	9880.001	9728.332	8061.944	5522.314	2493.350
Max deck inclination deg	30.0024	20.0044	10.0116	0.5087	10.0116	20.0044	30.0024	40.0018	50.0019	60.0020	70.0017	80.0010
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.4628	-0.4560	-0.4924	-0.5087	-0.4925	-0.4561	-0.4633	-0.5367	-0.7897	-1.2449	-2.1384	-4.7268

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 114.292 m)		0	n/a
Deck Edge (immersion pos = 114.292 m)		0	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
SOLAS, II-1/8	8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
	8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	2.145	Pass	+5262.50
	8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	2.145	Pass	+5262.50
	8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	2.133	Pass	+5232.50
SOLAS, II-1/8	8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	2.145	Pass	+4190.00
SOLAS, II-1/8	8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	87.7	Pass	+1152.59
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	29.4597	Pass	+834.84
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	49.5035	Pass	+860.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	20.0439	Pass	+1066.09
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	2.145	Pass	+972.50
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	44.5	Pass	+78.18
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	3.691	Pass	+2360.67

Hydrostatics - Vessel 3

Stability 20.00.02.31, build: 31

Model file: D:\Semester 8\TA Bismillah 120\Revisi\Model\Vessel 3 (Medium precision, 65 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP;
Vert. datum: User def.. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0.01000(0.100); Trim%(LCG-TCG): 0.01000(0.100); Heel%(LCG-TCG): 0.01000(0.100)

Damage Case - Intact

Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Draft Amidships m	0.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
Displacement t	0.0000	1334	2841	4394	5983	7611	9285
Heel deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Draft at FP m	0.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
Draft at AP m	0.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
Draft at LCF m	0.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
Trim (+ve by stern) m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
WL Length m	0.000	116.970	117.321	116.405	115.660	116.889	119.400
Beam max extents on WL m	0.000	16.144	16.266	16.287	16.294	16.297	16.299
Wetted Area m ²	0.000	1522.766	1771.371	2013.882	2255.013	2491.096	2740.725
Waterpl. Area m ²	0.000	1434.012	1497.053	1532.439	1568.059	1608.622	1659.895
Prismatic coeff. (Cp)	0.000	0.722	0.747	0.769	0.786	0.789	0.784
Block coeff. (Cb)	0.000	0.689	0.726	0.754	0.774	0.780	0.776
Max Sect. area coeff. (Cm)		0.956	0.973	0.981	0.985	0.988	0.990
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.000	0.759	0.785	0.808	0.832	0.844	0.853
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	51.556	59.611	59.954	60.233	60.430	60.529	60.533
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	51.556	59.997	60.529	60.939	60.982	60.771	60.282
KB m	5.216	0.529	1.046	1.560	2.076	2.595	3.119
BMt m	0.000	18.411	9.571	6.558	5.045	4.132	3.542
BML m	0.000	866.694	436.040	292.673	225.696	189.264	168.792
KMt m	5.216	18.939	10.617	8.119	7.121	6.727	6.661
KML m	5.216	867.223	437.086	294.234	227.772	191.859	171.911

Stability Calculation - Vessel 3

Stability 20.00.02.31, build: 31

Model file: D:\Semester 8\TA Bismillah 120\Revisi\Model\Vessel 3 (Medium precision, 65 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP;
 Vert. datum: User def.. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0.01000(0.100); Trim%(LCG-TCG): 0.01000(0.100); Heel%(LCG-TCG): 0.01000(0.100)

Loadcase - Full load Departure 3

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

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	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	3169.250	3169.250			51.670	0.000	6.300	0.000	User Specified
Subtotal			3169.250			51.670	0.000	6.300	0.000	
.										
Cargo Tank 1 P	98%	400.502	392.492	556.252	545.127	100.525	-3.026	5.373	0.000	Maximum
Cargo Tank 1 S	98%	400.502	392.492	556.252	545.127	100.525	3.026	5.373	0.000	Maximum
Cargo Tank 2 P	98%	629.827	617.231	874.760	857.265	86.771	-3.484	5.365	0.000	Maximum
Cargo Tank 2 S	98%	629.827	617.231	874.760	857.265	86.771	3.484	5.365	0.000	Maximum
Cargo Tank 3 P	98%	645.638	632.726	896.720	878.786	70.750	-3.570	5.333	0.000	Maximum
Cargo Tank 3 S	98%	645.638	632.726	896.720	878.786	70.750	3.570	5.333	0.000	Maximum
Cargo Tank 4 P	98%	645.638	632.726	896.720	878.786	54.650	-3.570	5.333	0.000	Maximum
Cargo Tank 4 S	98%	645.638	632.726	896.720	878.786	54.650	3.570	5.333	0.000	Maximum
Cargo Tank 5 P	98%	645.638	632.726	896.720	878.785	38.550	-3.570	5.333	0.000	Maximum
Cargo Tank 5 S	98%	645.638	632.726	896.720	878.785	38.550	3.570	5.333	0.000	Maximum
Subtotal	98%	5934.488	5815.799	8242.344	8077.498	67.660	0.000	5.345	0.000	
.										
Freshwater Tank P	98%	109.512	107.322	109.512	107.322	8.320	-4.614	7.634	0.000	Maximum
Freshwater Tank S	98%	109.512	107.322	109.512	107.322	8.320	4.614	7.634	0.000	Maximum
Diesel Fuel Oil Tank P	98%	192.501	188.651	229.168	224.585	27.720	-3.860	4.625	0.000	Maximum
Diesel Fuel Oil Tank S	98%	192.501	188.651	229.168	224.585	27.720	3.860	4.625	0.000	Maximum
HSD Fuel Oil Tank P	98%	40.974	40.154	49.247	48.262	28.767	-3.549	1.024	0.000	Maximum
HSD Fuel Oil Tank S	98%	40.974	40.154	49.247	48.262	28.767	3.549	1.024	0.000	Maximum
Lube Oil Tank	98%	51.621	50.589	56.110	54.988	25.958	0.000	1.032	0.000	Maximum
Subtotal	98%	737.595	722.843	831.965	815.325	21.952	0.000	4.867	0.000	
.										
After Peak Water Ballast Tank	0%	151.315	0.000	147.624	0.000	2.565	0.000	4.500	0.000	Maximum
Fore Peak Water Ballast Tank	0%	366.534	0.000	357.594	0.000	114.070	0.000	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 1 P	0%	92.488	0.000	90.232	0.000	100.585	-0.005	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 1 S	0%	92.488	0.000	90.232	0.000	100.585	0.005	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 P	0%	154.942	0.000	151.163	0.000	85.759	-0.010	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 S	0%	154.942	0.000	151.163	0.000	85.759	0.010	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 P	0%	187.726	0.000	183.147	0.000	74.964	-0.019	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 S	0%	187.726	0.000	183.147	0.000	74.964	0.019	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 P	0%	193.849	0.000	189.121	0.000	53.202	-1.930	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 S	0%	193.849	0.000	189.121	0.000	53.202	1.930	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 5 P	0%	189.346	0.000	184.728	0.000	30.844	-0.026	0.001	0.000	Maximum

Water Ballast Tank 5 S	0%	189.346	0.000	184.728	0.000	30.844	0.026	0.001	0.000	Maximum
Total Loadcase			9707.892	11176.310	8892.823	59.036	0.000	5.621	0.000	
FS correction								0.000		
VCG fluid								5.621		

Heel to Starboard deg	-30.0	-20.0	-10.0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	-0.673	-0.465	-0.199	0.000	0.199	0.465	0.673	0.682	0.537	0.278	-0.043	-0.390	-0.735
Area under GZ curve from zero heel m.deg	9.9925	4.2567	0.9431	0.0000	0.9470	4.2407	10.0516	16.9854	23.1878	27.3344	28.5412	26.3815	20.7510
Displacement t	9707	9708	9708	9708	9708	9708	9708	9707	9707	9708	9708	9709	9708
Draft at FP m	5.734	5.724	5.723	5.725	5.723	5.724	5.734	5.963	6.419	7.189	8.668	13.017	n/a
Draft at AP m	6.670	6.622	6.748	6.781	6.748	6.621	6.671	7.073	7.793	8.956	11.202	17.689	n/a
WL Length m	120.720	120.719	120.720	120.721	120.720	120.719	120.720	120.763	121.229	121.524	121.623	121.594	121.468
Beam max extents on WL m	15.721	17.341	16.550	16.299	16.550	17.341	15.720	14.169	12.124	10.734	9.895	9.442	9.299
Wetted Area m^2	3084.456	2888.826	2829.723	2818.710	2829.689	2888.735	3084.647	3204.996	3259.441	3280.758	3293.243	3300.134	3303.964
Waterpl. Area m^2	1621.969	1828.285	1724.913	1691.133	1724.898	1828.293	1621.859	1448.877	1284.755	1163.432	1087.602	1049.523	1043.509
Prismatic coeff. (Cp)	0.785	0.769	0.759	0.756	0.759	0.769	0.785	0.802	0.812	0.818	0.823	0.828	0.832
Block coeff. (Cb)	0.554	0.548	0.637	0.717	0.637	0.548	0.554	0.566	0.621	0.677	0.730	0.782	0.814
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	59.020	59.019	59.016	59.015	59.016	59.019	59.019	59.018	59.016	59.023	59.016	59.017	59.020
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	59.696	58.189	58.879	59.111	58.880	58.189	59.697	60.002	60.277	60.427	60.537	60.514	60.739
KB m	3.757	3.489	3.311	3.257	3.310	3.489	3.757	4.021	4.252	4.441	4.601	4.746	4.886
KG fluid m	5.621	5.621	5.621	5.621	5.621	5.621	5.621	5.621	5.621	5.621	5.621	5.621	5.621
GMt corrected m	0.523	1.820	1.259	1.084	1.259	1.820	0.523	-0.401	-1.214	-1.703	-1.941	-2.005	-1.926
KMt m	6.411	7.490	6.896	6.706	6.896	7.490	6.410	5.752	5.252	5.010	4.917	4.889	4.886
Righting moment (trans.) tonne.m	-6529.850	-4511.053	-1932.202	0.001	1932.123	4510.778	6529.390	6621.012	5211.341	2696.717	-420.081	-3787.660	-7137.144
Max deck inclination deg	30.0023	20.0040	10.0119	0.5126	10.0119	20.0040	30.0023	40.0018	50.0013	60.0009	70.0006	80.0002	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	0.4547	0.4358	0.4977	0.5126	0.4975	0.4358	0.4551	0.5387	0.6673	0.8579	1.2301	2.2675	90.0000

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 119.258 m)		0	n/a
Deck Edge (immersion pos = 119.258 m)		0	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
------	----------	-------	-------	--------	--------	----------

SOLAS, II-1/8	8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
	8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	0.702	Pass	+1655.00
	8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	0.702	Pass	+1655.00
	8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	0.698	Pass	+1645.00
SOLAS, II-1/8	8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	0.702	Pass	+1304.00
SOLAS, II-1/8	8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	68.7	Pass	+881.67
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	10.0516	Pass	+218.97
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	16.9854	Pass	+229.39
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	6.9338	Pass	+303.39
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	0.702	Pass	+251.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	35.5	Pass	+41.82
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	1.084	Pass	+622.67

Stability Calculation - Vessel 3

Stability 20.00.02.31, build: 31

Model file: D:\Semester 8\TA Bismillah 120\Revisi\Model\Vessel 3 (Medium precision, 65 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP;
 Vert. datum: User def.. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0.01000(0.100); Trim%(LCG-TCG): 0.01000(0.100); Heel%(LCG-TCG): 0.01000(0.100)

Loadcase - Full Load Arrival 3

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

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	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	3169.250	3169.250			51.670	0.000	6.300	0.000	User Specified
Subtotal			3169.250			51.670	0.000	6.300	0.000	
.										
Cargo Tank 1 P	98%	400.502	392.492	556.252	545.127	100.525	-3.026	5.373	0.000	Maximum
Cargo Tank 1 S	98%	400.502	392.492	556.252	545.127	100.525	3.026	5.373	0.000	Maximum
Cargo Tank 2 P	98%	629.827	617.231	874.760	857.265	86.771	-3.484	5.365	0.000	Maximum
Cargo Tank 2 S	98%	629.827	617.231	874.760	857.265	86.771	3.484	5.365	0.000	Maximum
Cargo Tank 3 P	98%	645.638	632.726	896.720	878.786	70.750	-3.570	5.333	0.000	Maximum
Cargo Tank 3 S	98%	645.638	632.726	896.720	878.786	70.750	3.570	5.333	0.000	Maximum
Cargo Tank 4 P	98%	645.638	632.726	896.720	878.786	54.650	-3.570	5.333	0.000	Maximum
Cargo Tank 4 S	98%	645.638	632.726	896.720	878.786	54.650	3.570	5.333	0.000	Maximum
Cargo Tank 5 P	98%	645.638	632.726	896.720	878.785	38.550	-3.570	5.333	0.000	Maximum
Cargo Tank 5 S	98%	645.638	632.726	896.720	878.785	38.550	3.570	5.333	0.000	Maximum
Subtotal	98%	5934.488	5815.799	8242.344	8077.498	67.660	0.000	5.345	0.000	
.										
Freshwater Tank P	10%	109.512	10.951	109.512	10.951	10.462	-3.528	4.814	108.841	Maximum
Freshwater Tank S	10%	109.512	10.951	109.512	10.951	10.462	3.528	4.814	108.841	Maximum
Diesel Fuel Oil Tank P	10%	192.501	19.250	229.168	22.917	27.730	-3.754	2.273	197.593	Maximum
Diesel Fuel Oil Tank S	10%	192.501	19.250	229.168	22.917	27.730	3.754	2.273	197.593	Maximum
HSD Fuel Oil Tank P	10%	40.974	4.097	49.247	4.925	28.780	-2.944	0.135	105.008	Maximum
HSD Fuel Oil Tank S	10%	40.974	4.097	49.247	4.925	28.780	2.944	0.135	105.008	Maximum
Lube Oil Tank P	10%	25.811	2.581	28.055	2.806	25.964	-2.721	0.143	62.586	Maximum
After Peak Water Ballast Tank	0%	151.315	0.000	147.624	0.000	2.565	0.000	4.500	0.000	Maximum
Fore Peak Water Ballast Tank	0%	366.534	0.000	357.594	0.000	114.070	0.000	0.000	0.000	Maximum
Subtotal	5.79%	1229.633	71.178	1309.128	80.391	22.473	-0.099	2.731	885.471	
.										
Water Ballast Tank 1 P	0%	92.488	0.000	90.232	0.000	100.585	-0.005	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 1 S	0%	92.488	0.000	90.232	0.000	100.585	0.005	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 P	0%	154.942	0.000	151.163	0.000	85.759	-0.010	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 S	0%	154.942	0.000	151.163	0.000	85.759	0.010	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 P	0%	187.726	0.000	183.147	0.000	74.964	-0.019	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 S	0%	187.726	0.000	183.147	0.000	74.964	0.019	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 P	0%	193.849	0.000	189.121	0.000	53.199	-1.930	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 S	0%	193.849	0.000	189.121	0.000	53.199	1.930	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 5 P	0%	189.346	0.000	184.728	0.000	30.845	-0.026	0.001	0.000	Maximum

Water Ballast Tank 5 S	0%	189.346	0.000	184.728	0.000	30.845	0.026	0.001	0.000	Maximum
Subtotal	0%	1636.702	0.000	1596.782	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
.										
Lube Oil Tank S	98%	25.811	25.294	28.055	27.494	25.958	3.380	1.032	0.000	Maximum
Total Loadcase			9081.521	11176.310	8185.383	61.609	0.009	5.646	885.471	
FS correction								0.098		
VCG fluid								5.743		

Heel to Starboard deg	-30.0	-20.0	-10.0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
GZ m	-0.683	-0.410	-0.178	-0.009	0.161	0.394	0.669	0.720	0.561	0.270	-0.089	-0.474
Area under GZ curve from zero heel m.deg	9.2411	3.7873	0.8983	-0.0157	0.7313	3.4286	8.8214	15.9789	22.5253	26.7622	27.7054	24.8965
Displacement t	9082	9082	9082	9082	9081	9081	9081	9082	9081	9081	9081	9081
Draft at FP m	6.260	6.197	6.237	6.249	6.237	6.197	6.262	6.647	7.311	8.413	10.544	16.751
Draft at AP m	5.296	5.422	5.476	5.491	5.476	5.421	5.293	5.303	5.418	5.614	6.005	7.167
WL Length m	120.824	118.077	118.212	118.249	118.211	118.076	120.824	120.946	121.438	121.617	121.620	121.512
Beam max extents on WL m	16.660	17.337	16.549	16.299	16.549	17.337	16.663	14.390	12.133	10.736	9.895	9.442
Wetted Area m^2	2916.293	2736.268	2711.137	2704.295	2711.020	2736.196	2915.876	3054.452	3101.508	3121.590	3130.989	3135.891
Waterpl. Area m^2	1690.409	1774.129	1677.433	1647.357	1677.408	1774.108	1690.477	1491.667	1309.759	1185.640	1110.592	1071.894
Prismatic coeff. (Cp)	0.789	0.794	0.787	0.785	0.787	0.794	0.789	0.804	0.811	0.816	0.819	0.822
Block coeff. (Cb)	0.510	0.550	0.651	0.736	0.651	0.550	0.510	0.545	0.609	0.667	0.722	0.775
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	61.622	61.626	61.627	61.627	61.627	61.627	61.629	61.634	61.641	61.646	61.651	61.654
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	58.583	60.366	60.771	60.891	60.772	60.366	58.582	58.494	58.585	58.626	58.550	58.511
KB m	3.619	3.300	3.116	3.059	3.115	3.300	3.619	3.936	4.195	4.401	4.576	4.735
KG fluid m	5.743	5.743	5.743	5.743	5.743	5.743	5.743	5.743	5.743	5.743	5.743	5.743
GMt corrected m	0.972	1.670	1.083	0.913	1.086	1.676	0.982	-0.346	-1.357	-1.900	-2.159	-2.224
KMt m	6.927	7.453	6.841	6.656	6.841	7.453	6.928	5.941	5.301	5.027	4.922	4.890
Righting moment (trans.) tonne.m	-6207.325	-3727.819	-1614.087	-78.478	1459.379	3580.158	6071.316	6539.705	5097.671	2451.978	-805.819	-4307.967
Max deck inclination deg	30.0025	20.0030	10.0066	0.3684	10.0066	20.0030	30.0025	40.0026	50.0026	60.0023	70.0018	80.0010
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.4678	-0.3764	-0.3695	-0.3684	-0.3696	-0.3765	-0.4703	-0.6525	-0.9192	-1.3588	-2.2032	-4.6434

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 119.258 m)		0	n/a
Deck Edge (immersion pos = 119.258 m)		0	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
SOLAS, II-1/8	8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
	8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	0.731	Pass	+1727.50
	8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	0.731	Pass	+1727.50
	8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	0.727	Pass	+1717.50
SOLAS, II-1/8	8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	0.731	Pass	+1362.00
SOLAS, II-1/8	8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	67.1	Pass	+858.29
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	8.8214	Pass	+179.93
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	15.9789	Pass	+209.87
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	7.1575	Pass	+316.40
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	0.731	Pass	+265.50
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	37.3	Pass	+49.09
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	0.923	Pass	+515.33

Stability Calculation - Vessel 3

Stability 20.00.02.31, build: 31

Model file: D:\Semester 8\TA Bismillah 120\Revisi\Model\Vessel 3 (Medium precision, 65 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP;
Vert. datum: User def.. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp.%; 0.01000(0.100); Trim%(LCG-TCG): 0.01000(0.100); Heel%(LCG-TCG): 0.01000(0.100)

Loadcase - Ballast Departure 3

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

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	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	3169.250	3169.250			51.670	0.000	6.300	0.000	User Specified
Subtotal			3169.250			51.670	0.000	6.300	0.000	
.										
Cargo Tank 1 P	0%	400.502	0.000	556.252	0.000	100.462	-2.699	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 1 S	0%	400.502	0.000	556.252	0.000	100.462	2.699	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 2 P	0%	629.827	0.000	874.760	0.000	86.694	-3.255	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 2 S	0%	629.827	0.000	874.760	0.000	86.694	3.255	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 3 P	0%	645.638	0.000	896.720	0.000	70.750	-3.416	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 3 S	0%	645.638	0.000	896.720	0.000	70.750	3.416	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 4 P	0%	645.638	0.000	896.720	0.000	54.650	-3.416	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 4 S	0%	645.638	0.000	896.720	0.000	54.650	3.416	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 5 P	0%	645.638	0.000	896.720	0.000	38.550	-3.416	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 5 S	0%	645.638	0.000	896.720	0.000	38.550	3.416	1.500	0.000	Maximum
Subtotal	0%	5934.488	0.000	8242.344	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
.										
Freshwater Tank P	98%	109.512	107.322	109.512	107.322	8.320	-4.614	7.634	0.000	Maximum
Freshwater Tank S	98%	109.512	107.322	109.512	107.322	8.320	4.614	7.634	0.000	Maximum
Diesel Fuel Oil Tank P	98%	192.501	188.651	229.168	224.585	27.720	-3.860	4.625	0.000	Maximum
Diesel Fuel Oil Tank S	98%	192.501	188.651	229.168	224.585	27.720	3.860	4.625	0.000	Maximum
HSD Fuel Oil Tank P	98%	40.974	40.154	49.247	48.262	28.767	-3.549	1.024	0.000	Maximum
HSD Fuel Oil Tank S	98%	40.974	40.154	49.247	48.262	28.767	3.549	1.024	0.000	Maximum
Lube Oil Tank	98%	51.621	50.589	56.110	54.988	25.958	0.000	1.032	0.000	Maximum
Subtotal	98%	737.595	722.843	831.965	815.325	21.952	0.000	4.867	0.000	
.										
After Peak Water Ballast Tank	0%	151.315	0.000	147.624	0.000	2.565	0.000	4.500	0.000	Maximum
Fore Peak Water Ballast Tank	98%	366.534	359.204	357.594	350.443	114.369	0.000	5.461	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 1 P	98%	92.488	90.638	90.232	88.428	100.870	-2.463	0.799	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 1 S	98%	92.488	90.638	90.232	88.428	100.870	2.463	0.799	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 P	98%	154.942	151.844	151.163	148.140	86.517	-3.205	0.785	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 S	98%	154.942	151.844	151.163	148.140	86.517	3.205	0.785	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 P	98%	187.726	183.971	183.147	179.484	70.613	-3.826	0.762	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 S	98%	187.726	183.971	183.147	179.484	70.613	3.826	0.762	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 P	0%	193.849	0.000	189.121	0.000	53.202	-1.930	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 S	0%	193.849	0.000	189.121	0.000	53.202	1.930	0.001	0.000	Maximum

Water Ballast Tank 5 P	0%	189.346	0.000	184.728	0.000	30.844	-0.026	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 5 S	0%	189.346	0.000	184.728	0.000	30.844	0.026	0.001	0.000	Maximum
Subtotal	56.26%	2154.551	1212.110	2102.001	1182.546	92.090	0.000	2.166	0.000	
.										
Total Loadcase			5104.203	11176.310	1997.872	57.060	0.000	5.115	0.000	
FS correction								0.000		
VCG fluid								5.115		

Heel to Starboard deg	-30.0	-20.0	-10.0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
GZ m	-1.437	-0.935	-0.434	0.000	0.434	0.935	1.437	1.778	1.791	1.509	1.057	0.506
Area under GZ curve from zero heel m.deg	20.8105	8.9419	2.1298	0.0000	2.1323	8.9316	20.8449	37.1411	55.2707	71.9623	84.8988	92.7743
Displacement t	5104	5104	5104	5104	5104	5104	5104	5104	5104	5104	5104	5104
Draft at FP m	2.368	2.596	2.686	2.712	2.686	2.597	2.368	1.840	0.848	-0.752	-3.828	-12.792
Draft at AP m	4.083	4.213	4.229	4.231	4.229	4.214	4.083	3.612	2.985	2.091	0.461	-4.222
WL Length m	116.800	116.580	116.445	116.370	116.445	116.580	116.800	121.957	121.967	121.497	119.871	120.563
Beam max extents on WL m	16.481	17.171	16.536	16.292	16.536	17.171	16.481	14.466	12.139	10.739	9.897	9.442
Wetted Area m^2	2118.994	2139.774	2127.423	2124.380	2127.417	2139.893	2118.972	2132.055	2158.600	2171.851	2176.314	2180.053
Waterpl. Area m^2	1608.459	1623.230	1569.061	1548.316	1569.060	1623.270	1608.445	1547.317	1349.430	1207.079	1110.258	1052.570
Prismatic coeff. (Cp)	0.732	0.722	0.716	0.715	0.716	0.722	0.732	0.711	0.718	0.724	0.737	0.736
Block coeff. (Cb)	0.396	0.431	0.538	0.635	0.538	0.431	0.396	0.407	0.473	0.538	0.608	0.669
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	57.013	57.015	57.020	57.015	57.020	57.016	57.014	57.015	57.010	57.005	57.000	56.998
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	59.300	60.022	60.333	60.415	60.333	60.022	59.301	59.112	59.396	59.090	58.807	58.787
KB m	2.659	2.186	1.902	1.813	1.902	2.186	2.659	3.233	3.744	4.143	4.473	4.759
KG fluid m	5.115	5.115	5.115	5.115	5.115	5.115	5.115	5.115	5.115	5.115	5.115	5.115
GMt corrected m	2.419	3.105	2.622	2.423	2.622	3.104	2.419	1.205	-0.930	-2.186	-2.927	-3.333
KMt m	7.928	8.352	7.773	7.538	7.773	8.352	7.928	7.182	5.889	5.329	5.107	5.035
Righting moment (trans.) tonne.m	-7335.045	-4770.827	-2217.425	0.000	2217.429	4770.735	7334.977	9077.700	9140.411	7703.779	5395.638	2583.738
Max deck inclination deg	30.0079	20.0130	10.0269	0.7376	10.0269	20.0130	30.0079	40.0045	50.0033	60.0024	70.0016	80.0008
Trim angle (+ve by stern) deg	0.8331	0.7850	0.7490	0.7376	0.7490	0.7850	0.8328	0.8604	1.0374	1.3802	2.0818	4.1542

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 119.258 m)		0	n/a
Deck Edge (immersion pos = 119.258 m)		0	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
SOLAS, II-1/8	8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
	8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	1.828	Pass	+4470.00
	8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	1.828	Pass	+4470.00
	8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	1.817	Pass	+4442.50
SOLAS, II-1/8	8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	1.828	Pass	+3556.00
SOLAS, II-1/8	8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	88.5	Pass	+1164.23
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	20.8449	Pass	+561.47
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	37.1411	Pass	+620.26
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	16.2962	Pass	+848.06
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	1.828	Pass	+814.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	45.5	Pass	+81.82
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	2.423	Pass	+1515.33

Stability Calculation - Vessel 3

Stability 20.00.02.31, build: 31

Model file: D:\Semester 8\TA Bismillah 120\Revisi\Model\Vessel 3 (Medium precision, 65 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP;
Vert. datum: User def.. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0.01000(0.100); Trim%(LCG-TCG): 0.01000(0.100); Heel%(LCG-TCG): 0.01000(0.100)

Loadcase - Ballast Arrival 3

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

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	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	3169.250	3169.250			51.670	0.000	6.300	0.000	User Specified
Subtotal			3169.250			51.670	0.000	6.300	0.000	
.										
Cargo Tank 1 P	0%	400.502	0.000	556.252	0.000	100.462	-2.699	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 1 S	0%	400.502	0.000	556.252	0.000	100.462	2.699	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 2 P	0%	629.827	0.000	874.760	0.000	86.694	-3.255	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 2 S	0%	629.827	0.000	874.760	0.000	86.694	3.255	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 3 P	0%	645.638	0.000	896.720	0.000	70.750	-3.416	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 3 S	0%	645.638	0.000	896.720	0.000	70.750	3.416	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 4 P	0%	645.638	0.000	896.720	0.000	54.650	-3.416	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 4 S	0%	645.638	0.000	896.720	0.000	54.650	3.416	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 5 P	0%	645.638	0.000	896.720	0.000	38.550	-3.416	1.500	0.000	Maximum
Cargo Tank 5 S	0%	645.638	0.000	896.720	0.000	38.550	3.416	1.500	0.000	Maximum
Subtotal	0%	5934.488	0.000	8242.344	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
.										
Freshwater Tank P	10%	109.512	10.951	109.512	10.951	10.462	-3.528	4.814	108.841	Maximum
Freshwater Tank S	10%	109.512	10.951	109.512	10.951	10.462	3.528	4.814	108.841	Maximum
Diesel Fuel Oil Tank P	10%	192.501	19.250	229.168	22.917	27.730	-3.754	2.273	197.593	Maximum
Diesel Fuel Oil Tank S	10%	192.501	19.250	229.168	22.917	27.730	3.754	2.273	197.593	Maximum
HSD Fuel Oil Tank P	10%	40.974	4.097	49.247	4.925	28.780	-2.944	0.135	105.008	Maximum
HSD Fuel Oil Tank S	10%	40.974	4.097	49.247	4.925	28.780	2.944	0.135	105.008	Maximum
Lube Oil Tank P	10%	25.811	2.581	28.055	2.806	25.964	-2.721	0.143	62.586	Maximum
Subtotal	10%	711.784	71.178	803.910	80.391	22.473	-0.099	2.731	885.471	
.										
After Peak Water Ballast Tank	0%	151.315	0.000	147.624	0.000	2.565	0.000	4.500	0.000	Maximum
Fore Peak Water Ballast Tank	98%	366.534	359.203	357.594	350.442	114.369	0.000	5.461	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 1 P	98%	92.488	90.638	90.232	88.428	100.870	-2.463	0.799	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 1 S	98%	92.488	90.638	90.232	88.428	100.870	2.463	0.799	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 P	98%	154.942	151.844	151.163	148.140	86.517	-3.205	0.785	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 2 S	98%	154.942	151.844	151.163	148.140	86.517	3.205	0.785	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 P	0%	187.726	0.000	183.147	0.000	74.964	-0.019	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 3 S	0%	187.726	0.000	183.147	0.000	74.964	0.019	0.000	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 P	0%	193.849	0.000	189.121	0.000	53.199	-1.930	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 4 S	0%	193.849	0.000	189.121	0.000	53.199	1.930	0.001	0.000	Maximum

Water Ballast Tank 5 P	0%	189.346	0.000	184.728	0.000	30.845	-0.026	0.001	0.000	Maximum
Water Ballast Tank 5 S	0%	189.346	0.000	184.728	0.000	30.845	0.026	0.001	0.000	Maximum
Subtotal	39.18%	2154.551	844.167	2102.001	823.578	101.450	0.000	2.778	0.000	
.										
Lube Oil Tank S	98%	25.811	25.294	28.055	27.494	25.958	3.380	1.032	0.000	Maximum
Total Loadcase			4109.890	11176.310	931.463	61.231	0.019	5.482	885.471	
FS correction								0.215		
VCG fluid								5.698		

Heel to Starboard deg	-30.0	-20.0	-10.0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
GZ m	-1.349	-1.027	-0.508	-0.019	0.470	0.991	1.316	1.426	1.417	1.109	0.606	0.002
Area under GZ curve from zero heel m.deg	22.3536	10.3380	2.5831	-0.0347	2.2072	9.5734	21.3205	35.1445	49.5377	62.4031	71.0852	74.1771
Displacement t	4110	4110	4110	4110	4110	4110	4110	4110	4110	4110	4110	4110
Draft at FP m	2.610	2.882	2.983	3.013	2.983	2.882	2.610	2.031	1.032	-0.503	-3.400	-11.815
Draft at AP m	2.333	2.580	2.611	2.611	2.611	2.580	2.333	1.703	0.502	-1.475	-5.254	-16.201
WL Length m	117.036	116.716	116.558	116.486	116.558	116.716	117.036	117.278	122.002	121.624	120.008	120.673
Beam max extents on WL m	14.377	16.368	16.504	16.284	16.504	16.368	14.377	13.597	12.139	10.738	9.896	9.442
Wetted Area m^2	1883.891	1968.955	1972.383	1970.218	1972.383	1968.956	1883.881	1843.046	1875.574	1895.509	1900.166	1906.859
Waterpl. Area m^2	1455.643	1553.295	1545.130	1528.146	1545.130	1553.296	1455.635	1419.875	1319.465	1173.045	1071.447	1013.572
Prismatic coeff. (Cp)	0.775	0.778	0.767	0.764	0.767	0.778	0.775	0.764	0.728	0.728	0.737	0.735
Block coeff. (Cb)	0.416	0.423	0.531	0.702	0.531	0.423	0.416	0.410	0.436	0.505	0.583	0.656
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	61.239	61.242	61.244	61.245	61.244	61.242	61.240	61.241	61.245	61.253	61.260	61.266
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	61.452	60.993	60.945	60.987	60.945	60.993	61.452	61.489	60.778	60.825	60.943	60.909
KB m	2.371	1.906	1.577	1.469	1.577	1.906	2.371	2.905	3.509	3.999	4.396	4.740
KG fluid m	5.698	5.698	5.698	5.698	5.698	5.698	5.698	5.698	5.698	5.698	5.698	5.698
GMt corrected m	1.035	2.756	2.924	2.736	2.930	2.769	1.054	0.384	-0.956	-2.422	-3.229	-3.618
KMt m	7.268	8.639	8.665	8.434	8.665	8.639	7.268	6.909	6.169	5.447	5.162	5.071
Righting moment (trans.) tonne.m	-5545.167	-4220.225	-2086.719	-78.475	1932.154	4072.739	5409.233	5863.127	5825.772	4556.081	2489.606	6.494
Max deck inclination deg	30.0002	20.0005	10.0016	0.1952	10.0016	20.0005	30.0002	40.0002	50.0002	60.0003	70.0003	80.0002
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.1344	-0.1464	-0.1806	-0.1952	-0.1806	-0.1464	-0.1347	-0.1593	-0.2574	-0.4717	-0.9001	-2.1286

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 119.258 m)		0	n/a
Deck Edge (immersion pos = 119.258 m)		0	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
SOLAS, II-1/8	8.2.3.3: Maximum residual GZ (method 1)				Pass	
	8.2.3.3: Passenger crowding heeling arm	0.040	m	1.448	Pass	+3520.00
	8.2.3.3: Launching heeling moment	0.040	m	1.448	Pass	+3520.00
	8.2.3.3: Wind heeling arm	0.040	m	1.434	Pass	+3485.00
SOLAS, II-1/8	8.2.4.a Maximum GZ (intermediate stages)	0.050	m	1.448	Pass	+2796.00
SOLAS, II-1/8	8.2.4.b Range of positive stability (intermediate stages)	7.0	deg	79.6	Pass	+1037.40
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	21.3205	Pass	+576.56
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	35.1445	Pass	+581.54
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	13.8240	Pass	+704.23
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	1.448	Pass	+624.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	45.5	Pass	+81.82

BIODATA PENULIS



Yosrifal Albastomi Yudhan Aqsannata lahir di Madiun, 12 Agustus 1997 putra sulung dari pasangan Agus Suprpto, S.E dan Khomsatun Khasanah, Dra. Penulis menempuh pendidikan di SD Islam Sabilillah Malang, MTs Negeri 1 Malang dan SMA Negeri 8 Malang. Penulis diterima di Departemen Teknik Kelautan FTK ITS pada tahun 2015. Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan organisasi mahasiswa diantaranya HIMATEKLA FTK ITS sebagai *staff* ahli Departemen Dalam Negeri, BEM FTK ITS sebagai *staff* Badan Koordinasi Pemandu, BEM ITS sebagai *manager* Bidang *Database*. Penulis juga aktif sebagai Pemandu Samudera X FTK tahun 2017-2019. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero) pada pertengahan tahun 2018. Ilmu yang penulis dapat selama melaksanakan kerja praktek dipelajari lebih lanjut sehingga penulis tertarik untuk membuat penelitian tentang alternatif desain dari kapal *product tanker* 6500 DWT yang sedang dikerjakan disana.

Kontak Penulis:

e-mail : ytomi26@gmail.com