



**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**ANALISIS *PITCHING* DAN *HEAVING* AKIBAT  
PENGUNAAN *TRIM-TAB* PADA KAPAL *CORVETTE*  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE NUMERIK**

**Audia Naomi Putri Nababan  
NRP 0411154000030**

**Dosen Pembimbing  
Aries Sulisetyono, S.T., MA.Sc., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**



**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**ANALISIS *PITCHING* DAN *HEAVING* AKIBAT  
PENGUNAAN *TRIM-TAB* PADA KAPAL *CORVETTE*  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE NUMERIK**

**Audia Naomi Putri Nababan  
NRP 0411154000030**

**Dosen Pembimbing  
Aries Sulisetyono, S.T., MA.Sc., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**



---

**FINAL PROJECT - MN 184802**

**PITCHING AND HEAVING ANALYSIS DUE TO USE OF  
TRIM-TAB IN CORVETTE SHIP USING NUMERIC  
METHODS**

**Audia Naomi Putri Nababan  
NRP 04111540000030**

**Supervisor  
Aries Sulisetyono, S.T., MA.Sc., Ph.D.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

### **ANALISIS *PITCHING* DAN *HEAVING* AKIBAT PENGUNAAN *TRIM-TAB* PADA KAPAL *CORVETTE* DENGAN MENGGUNAKAN METODE NUMERIK**

#### **TUGAS AKHIR**

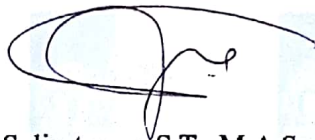
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**AUDIA NAOMI PUTRI NABABAN**  
NRP 0411154000030

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing



Ariès Sulisetyono, S.T., M.A.Sc., Ph.D.  
NIP 19710320 199512 1 002

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.  
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, JANUARI 2020

## LEMBAR REVISI

# ANALISIS *PITCHING* DAN *HEAVING* AKIBAT PENGUNAAN *TRIM-TAB* PADA KAPAL *CORVETTE* DENGAN MENGGUNAKAN METODE NUMERIK

### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 7 Januari 2020

Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**AUDIA NAOMI PUTRI NABABAN**  
NRP 0411154000030


Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. M. Nurul Misbah, S.T., M.T.



.....

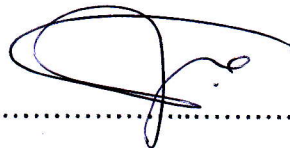
2. Dr. Ir. I Ketut Suastika



.....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Aries Sulisetyono S.T., MA.Sc., Ph.D.



.....

SURABAYA, JANUARI 2020

Alhamdulillah, dengan segenap hati Laporan Tugas Akhir ini penulis dedikasikan kepada Bapak (Bantor Nababan, S.T), Mama (Naniek Endrati, S.T), adik (Lamhot Titut Prakoso Nababan) dan semua orang terdekat yang selalu memberikan dukungan serta doa kepada penulis agar dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas karunia-Nya Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Pitching dan Heaving Akibat Penggunaan Trim-Tab pada Kapal Corvette dengan Menggunakan Metode Numerik**” ini dapat terselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Aries Sulisetyono, S.T., MA.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasi selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. M. Nurul Misbah, S.T., M.T., Dr. Ir. I Ketut Suastika dan Dr. Eng. Yuda Apri Hermawan, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Tugas Akhir ini;
3. Kedua orang tua penulis, Bapak Bantor Nababan, S.T dan Ibu Naniek Endrati, S.T yang selalu memberikan dukungan dan doa selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
4. Adik tersayang yang selalu mendoakan dan menyemangati serta membantu penulis;
5. Teman-teman dan senior yang sudah membantu, memberikan semangat dan bisa diajak diskusi tentang proses pengerjaan Tugas Akhir : Sabrina Alifia, Trevin Andrian, Wirya Dharmata, Arum Dwi Kurniati, Aditya P.W, Ihsan Fadhlurrohman, M. Hafiz Nurwahyu A, Ahmad Firdhaus, dan Pratama Yulianto;
6. Teman-teman KENYEH yang menjadi teman main selama proses perkuliahan;
7. Teman-teman angkatan P55 Samudra Raksa yang selama ini selalu menemani dikala suka dan duka ketika kuliah;
8. Pihak-pihak lain yang turut membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yang tidak bisa penulis tuliskan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Sekian kata pengantar yang dapat penulis sampaikan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 7 Januari 2020

Audia Naomi Putri Nababan

# ANALISIS PITCHING DAN HEAVING AKIBAT PENGGUNAAN TRIM-TAB PADA KAPAL CORVETTE DENGAN MENGGUNAKAN METODE NUMERIK

Nama Mahasiswa : Audia Naomi Putri Nababan  
NRP : 04111540000030  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : Aries Sulisetyono, S.T., MA.Sc., Ph.D.

## ABSTRAK

Penggunaan *trim-tab* pada *high speed craft* seperti *speed boat* sudah sering ditemukan. Namun tidak untuk kapal perang seperti kapal korvet. Maka dibutuhkan suatu analisis olah gerak kapal dengan cara membandingkan tiga variasi sudut *trim-tab* (0 derajat, 3 derajat, 5 derajat) dengan tiga variasi luasan bidang *trim-tab* (AR1.5, AR1.75, AR2) pada dua kecepatan kapal korvet yaitu 15 dan 30 knot. Penerapan metode numerik berbasis *panel method 3D-Diffraction* yang dibantu oleh perangkat lunak ANSYS AQWA serta program *3D-Modelling* seperti *Maxsurf* dan *Rhinoceros*, dapat mempermudah proses *running data*. Pemodelan *trim-tab* pada penelitian ini dimodelkan sama dengan bentuk *airfoil* tipe NASA SC (2)-0402. Analisis ini berguna untuk mencari besar nilai *RAO* (*Reponse Amplitude Operator*), nilai respon gerakan pada gelombang *irregular* dan beberapa koefisiensi lain yang dapat mempengaruhi nilai *pitching* dan *heaving* saat kapal melaju dengan tambahan *trim-tab* pada bagian transom kapal. Hasil analisis yang didapatkan adalah kondisi kecepatan, rasio bidang dan sudut *trim-tab* yang paling optimal dalam pengurangan nilai *RAO pitching* dan *heaving*. Persentase pengurangan nilai *RAO pitching* dan *heaving* secara berurutan pada 15knot (AR2-3 = 17.032% dan AR2-5 = 7.480%) dan 30knot (AR2-3 = 22.403% dan AR2-5 = 6.442%). Selanjutnya untuk nilai respon gerakan pada gelombang *irregular* pengurangan respon spektrum *pitching* dan *heaving* secara berurutan pada 15knot (AR2-3 = 41.983% dan AR2-5 = 32.529%) dan 30knot (AR2-3 = 49.602% dan AR2-5 = 34.295%). Lalu, nilai *added damping* yang diakibatkan oleh tambahan *trim-tab* secara keseluruhan dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan paling besar terjadi pada AR2-3, dengan semakin besar penambahan ini akan berakibat pula pada besarnya penurunan nilai *RAO*. Proses analisis dari permasalahan kali ini diharapkan dapat mendorong adanya penelitian lebih lanjut untuk mengoreksi *high bow condition* pada *high speed craft* akibat penggunaan *trim-tab*, baik dari segi tingkat ekonomis, keselamatan dan lain sebagainya.

Kata kunci: Kapal korvet, *RAO*, *Trim-Tab*, *Aspek Rasio(AR)*



# PITCHING AND HEAVING ANALYSIS DUE TO USE OF TRIM-TAB IN CORVETTE SHIP USING NUMERIC METHODS

Author : Audia Naomi Putri Nababan  
Student Number : 0411154000030  
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology  
Supervisor : Aries Sulisetyono, S.T., MA.Sc., Ph.D.

## ABSTRACT

The use of trim-tabs on high speed craft such as speed boats are often found. But not for warships like corvette ships. So an analysis of the ship motion by comparing three variations of the trim-tab angle (0 degrees, 3 degrees, 5 degrees) with three variations of the trim-tab plane area (AR1.5, AR1.75, AR2) at two velocity vessels which are 15 and 30 knots is needed. The application of panel-based numerical methods 3D-Diffraction method which is assisted by ANSYS AQWA software and 3D-Modeling programs such as Maxsurf and Rhinoceros can facilitate the process of running data. Trim-tab modeling in this study is modeled the same as the NASA SC (2) -0402 type airfoil. This analysis is used to find the RAO (Response Amplitude Operator) value, the response value of movements in irregular waves and some other coefficients that can affect the pitching and heaving values when the ship is moving with additional trim-tabs on the transom of the ship. The analysis results obtained are velocity condition, field ratio and the most optimal trim-tab angle in reducing RAO pitching and heaving values. The percentages in RAO pitching and heaving values reduction are 15knot (AR2-3 = 17,032% and AR2-3 = 7,480%) and 30knot (AR2-3 = 22,403% and AR2-5 = 6,442%). Furthermore, for the motion response value on irregular waves, the reductions of pitching and heaving spectrum response are respectively 15knot (AR2-3 = 41,983% and AR2-3 = 32,529%) and 30knot (AR2-3 = 49,602% and AR2-3 = 34,295%). Then, the added value of damping caused by the addition of the trim-tab as a whole can be concluded that the greatest addition occurs in AR2-3, the greater addition will impact the magnitude of the value decrement of RAO. The analysis process of this problem is expected to encourage a further research to correct high bow conditions in high speed craft due to the use of trim-tabs, both in terms of economic, safety and etc.

Keywords: *Corvette ship, RAO, Trim-Tab, Aspect Ratio(AR)*

# DAFTAR ISI

LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Hipotesis.....	3
BAB 2 STUDI LITERATUR.....	5
2.1. Dasar Teori.....	5
2.1.1. Kapal Korvet.....	5
2.1.2. Teori Gelombang Laut.....	6
2.1.3. Olah Gerak Kapal ( <i>Seakeeping</i> ).....	8
2.1.4. Respon Gerakan pada Gelombang Reguler ( <i>Response Amplitude Operator</i> ).....	8
2.1.5. Respon Gerakan pada Gelombang <i>Irregular</i> .....	9
2.1.6. Spektrum Gelombang.....	10
2.1.7. <i>Sea State</i> .....	10
2.1.8. Teori <i>Thin-Airfoil</i> .....	11
2.1.9. <i>Trim-tab</i> .....	12
2.1.10. Pemodelan Matematis Momen Foil.....	15
2.1.11. <i>Root Mean Square Error</i> .....	16
2.1.12. <i>Ansys AQWA</i> .....	17
2.2. Tinjauan Pustaka.....	17
2.2.1. Tinjauan dari Jurnal Tugas Akhir dengan judul “Perbandingan Variasi Bidang <i>Trim tab</i> Pada Kapal <i>Pilot Boat</i> 15,85 meter dengan menggunakan Pendekatan <i>CFD</i> ”.....	18
2.2.2. Tinjauan dari <i>paper</i> “ <i>A New Ship Motion Control System For High-Speed Craft</i> ”.....	18
BAB 3 METODOLOGI.....	19
3.1. Bagan Alir.....	19
3.2. Tahapan Proses Pengerjaan.....	20
3.2.1. Studi Literatur.....	20
3.2.2. Pengumpulan Data.....	20
3.2.3. Pemodelan Numerik.....	22
3.2.4. <i>Grid Independence</i> .....	23
3.2.5. Perhitungan <i>Added Damping</i> akibat <i>Trim-tab</i> .....	26
3.2.6. Perhitungan Respon Gerakan pada Gelombang Reguler.....	26

3.2.7. Validasi Respon Gerakan Kapal Korvet .....	33
3.2.8. Perhitungan Spektrum Gelombang .....	36
3.2.9. Perhitungan Respon Gerakan pada Gelombang <i>Irregular</i> .....	38
3.3. Spesifikasi Komputer.....	38
3.4. Kesimpulan dan Saran .....	38
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....	39
4.1. Validasi Nilai <i>Heaving</i> dan <i>Pitching</i> .....	39
4.2. <i>Added Damping</i> akibat <i>Trim-tab</i> .....	40
4.3. <i>Response Amplitude Operator</i> Kapal Korvet tanpa <i>Trim-tab</i> .....	42
4.4. <i>Response Amplitude Operator</i> Kapal Korvet dengan <i>Trim-tab</i> .....	44
4.4.1. Hasil Perhitungan pada AR1.5 (Aspek Rasio 1.5).....	44
4.4.2. Hasil Perhitungan pada AR1.75 (Aspek Rasio 1.75).....	47
4.4.3. Hasil Perhitungan pada AR2 (Aspek Rasio 2).....	51
4.5. <i>Added Mass</i> Kapal Korvet dengan <i>Trim-tab</i> .....	55
4.6. Respon Gerakan pada Gelombang <i>Irregular</i> .....	56
4.6.1. Hasil Perhitungan pada AR1.5 (Aspek Rasio 1.5).....	56
4.6.2. Hasil Perhitungan pada AR1.75 (Aspek Rasio 1.75).....	59
4.6.3. Hasil Perhitungan pada AR2 (Aspek Rasio 2).....	62
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	67
5.1. Kesimpulan .....	67
5.2. Saran .....	68
DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN	
Lampiran A Data Koefisien <i>Lift</i> dan Koefisien <i>Drag Airfoil</i>	
Lampiran B <i>RAO</i> dan <i>Added Mass</i> Kapal Korvet tanpa <i>Trim-tab</i>	
Lampiran C <i>RAO</i> dan <i>Added Mass</i> Kapal Korvet dengan <i>Trim-tab</i>	
Lampiran D Spektrum Gelombang	
Lampiran E Respon Struktur pada Gelombang <i>Irregular</i>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kapal Korvet 365.....	5
Gambar 2. 2 Gelombang Reguler .....	7
Gambar 2. 3 Gelombang Irreguler.....	7
Gambar 2. 4 <i>Seakeeping</i> Kapal.....	8
Gambar 2. 5 NASA SC(2)-0402 <i>AIRFOIL</i> .....	11
Gambar 2. 6 Grafik $C_l$ , $C_d$ pada tiap <i>Angle of attack</i> .....	12
Gambar 2. 7 Gerakan <i>Lift Trim-tab</i> .....	12
Gambar 2. 8 Efek Kapal akibat <i>Trim-tab</i> .....	13
Gambar 2. 9 Sketsa <i>Trim-tab</i> .....	14
Gambar 2. 10 Kapal dengan <i>Hydrofoil Anti- Pitching</i> Tanpa Sudut Serang.....	15
Gambar 2. 11 Komponen Sudut Serang pada <i>Hydrofoil</i> .....	16
Gambar 2. 12 <i>ANSYS AQWA in Workbench</i> .....	17
Gambar 3. 1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	19
Gambar 3. 2 <i>Linesplan</i> Kapal Korvet.....	21
Gambar 3. 3 <i>General Arrangement</i> Kapal Korvet .....	21
Gambar 3. 4 Pemodelan Kapal Korvet tanpa <i>Trim-tab</i> .....	22
Gambar 3. 5 Pemodelan Kapal dengan <i>Trim-tab</i> .....	22
Gambar 3. 6 <i>Grid Independence Heaving</i> .....	25
Gambar 3. 7 <i>Grid Independence Pitching</i> .....	25
Gambar 3. 8 Proses <i>Mirror</i> pada Geometri .....	27
Gambar 3. 9 Proses <i>Slice</i> pada Geometri .....	27
Gambar 3. 10 <i>Point Mass</i> dan <i>Radius of Gyration</i> .....	28
Gambar 3. 11 Ordo 6x6 Matrix <i>Added Damping</i> pada <i>Anslys AQWA</i> .....	29
Gambar 3. 12 Ukuran <i>Meshing</i> yang Digunakan .....	30
Gambar 3. 13 Hasil <i>Meshing</i> .....	30
Gambar 3. 14 Bentuk <i>Mesh</i> pada <i>Trim-tab</i> .....	31
Gambar 3. 15 <i>Wave Directions</i> .....	31
Gambar 3. 16 <i>Wave Frequency</i> .....	32
Gambar 3. 17 Langkah Menambahkan <i>Output-an Analisis</i> yang Diinginkan .....	32
Gambar 3. 18 Langkah Memulai <i>Running</i> .....	33
Gambar 3. 19 Kolam, kereta, dan ruang kontrol di Laboratorium Hidrodinamika ITS .....	33
Gambar 3. 20 <i>RAO</i> gerak <i>heave</i> .....	35
Gambar 3. 21 <i>RAO</i> gerak <i>pitch</i> .....	36
Gambar 3. 22 <i>Encounter Wave Spectrum 180° 15KNOT</i> .....	37
Gambar 3. 23 <i>Encounter Wave Spectrum 180° 30KNOT</i> .....	37
Gambar 4. 1 <i>RAO Pitching Head Seas</i> pada 20Knot .....	39
Gambar 4. 2 <i>RAO Heaving Head Seas</i> pada 20Knot .....	39
Gambar 4. 3 <i>RAO Heaving</i> Kapal Korvet .....	42
Gambar 4. 4 <i>Added Mass Heaving</i> Kapal Korvet .....	42
Gambar 4. 5 <i>RAO Pitching</i> Kapal Korvet .....	43
Gambar 4. 6 <i>Added Mass Pitching</i> Kapal Korvet .....	43

Gambar 4. 7 <i>RAO Heaving</i> Kapal Korvet AR1.5 15knot.....	44
Gambar 4. 8 <i>RAO Pitching</i> Kapal Korvet AR1.5 15knot.....	45
Gambar 4. 9 <i>RAO Heaving</i> Kapal Korvet AR1.5 30knot.....	46
Gambar 4. 10 <i>RAO Pitching</i> Kapal Korvet AR1.5 30knot.....	47
Gambar 4. 11 <i>RAO Heaving</i> Kapal Korvet AR1.75 15knot.....	48
Gambar 4. 12 <i>RAO Pitching</i> Kapal Korvet AR1.75 15knot.....	49
Gambar 4. 13 <i>RAO Heaving</i> Kapal Korvet AR1.75 30knot.....	50
Gambar 4. 14 <i>RAO Pitching</i> Kapal Korvet AR1.75 30knot.....	51
Gambar 4. 15 <i>RAO Heaving</i> Kapal Korvet AR2 15knot.....	52
Gambar 4. 16 <i>RAO Pitching</i> Kapal Korvet AR2 15knot.....	53
Gambar 4. 17 <i>RAO Heaving</i> Kapal Korvet AR2 30knot.....	54
Gambar 4. 18 <i>RAO Pitching</i> Kapal Korvet AR2 30knot.....	55
Gambar 4. 19 <i>Heave Spectrum Response</i> Kapal Korvet AR1.5 15knot.....	57
Gambar 4. 20 <i>Pitch Spectrum Response</i> Kapal Korvet AR1.5 15knot .....	57
Gambar 4. 21 <i>Heave Spectrum Response</i> Kapal Korvet AR1.5 30knot.....	58
Gambar 4. 22 <i>Pitch Spectrum Response</i> Kapal Korvet AR1.5 30knot .....	59
Gambar 4. 23 <i>Heave Spectrum Response</i> Kapal Korvet AR1.75 15knot.....	60
Gambar 4. 24 <i>Pitch Spectrum Response</i> Kapal Korvet AR1.75 15knot .....	60
Gambar 4. 25 <i>Heave Spectrum Response</i> Kapal Korvet AR1.75 30knot.....	61
Gambar 4. 26 <i>Pitch Spectrum Response</i> Kapal Korvet AR1.75 30knot .....	62
Gambar 4. 27 <i>Heave Spectrum Response</i> Kapal Korvet AR2 15knot.....	63
Gambar 4. 28 <i>Pitch Spectrum Response</i> Kapal Korvet AR2 15knot .....	63
Gambar 4. 29 <i>Heave Spectrum Response</i> Kapal Korvet AR2 30knot.....	64
Gambar 4. 30 <i>Pitch Spectrum Response</i> Kapal Korvet AR2 30knot .....	65

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Persamaan <i>RAO</i> .....	9
Tabel 2. 2 <i>Sea State</i> .....	11
Tabel 3. 1 Ukuran Utama Kapal Korvet .....	20
Tabel 3. 2 Dimensi dan Kode Penamaan <i>Trim-tab</i> .....	23
Tabel 3. 3 <i>Grid Independence Heave</i> .....	24
Tabel 3. 4 <i>Grid Independence Pitch</i> .....	25
Tabel 3. 5 Ukuran Model 1:90 .....	34
Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan RMSE pada <i>RAO Heaving</i> dan <i>RAO Pitching</i> .....	40
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan <i>Added Damping AR1.5</i> .....	40
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan <i>Added Damping AR1.75</i> .....	41
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan <i>Added Damping AR2</i> .....	41

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan negara maritim yang mempunyai sekitar 70% laut dari seluruh luasan daerah kekuasaannya. Sehingga dalam proses pengamanan yang baik, suatu negara dibutuhkan adanya kegiatan patroli dan operasi sergap mandiri. Tidak hanya itu, dikenal dengan sumber kekayaan yang melimpah, laut Indonesia menjadi sasaran empuk para nelayan asing yang berlayar dan menangkap sumber daya laut Indonesia tanpa izin (*illegal fishing*). Penyelundupan barang, pembajakan dan bahkan *human trafficking* juga marak dilakukan di tengah laut. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah kapal yang mempunyai olah gerak (*manouvering* dan *seakeeping*) yang baik dalam proses penanganan ini. *Manouvering* adalah kemampuan olah gerak kapal karena pengaruh badan kapal itu sendiri, sedangkan penyebab utama *seakeeping* berasal dari faktor luar seperti gelombang air laut dan lain sebagainya.

Dalam dunia kemaritiman dikenal salah satu moda transportasi yaitu kapal cepat (*high speed craft*). *High speed craft* adalah kapal dengan model lambung yang dimodifikasi agar dapat mengangkat sebagian permukaan luasan lambung ke atas permukaan air menggunakan gaya hidrodinamik. Kapal cepat yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah jenis kapal perang bersenjata yang berguna untuk operasi sergap mandiri, yaitu kapal korvet. Kelengkapan persenjataan kapal ini menyerupai kapal fregat dan berukuran relatif kecil daripada kapal fregat. Namun jika dibandingkan kapal patroli cepat pada umumnya, kapal korvet mempunyai ukuran lebih besar dengan kecepatan dan kelincahan relatif sama. Kapal korvet menjadi alat utama untuk meningkatkan sistem pertahanan negara (ALUTISTA) di wilayah maritim Indonesia.

Terdapat beberapa kapal korvet yang di desain mempunyai kecepatan maksimal sebesar 30 knot. Hal ini akan mempengaruhi kualitas *seakeeping* pada kapal tersebut. Selain itu, kapal korvet diharapkan juga dapat berlayar dengan baik pada beberapa kondisi. Kondisi air laut yang secara general dibagi menjadi 10 keadaan, dari *sea state* 0-9. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah alat yang memberikan efek pada kualitas *seakeeping* kapal korvet. Pengaplikasian alat seperti *trim-tab* dapat menjadi solusi untuk masalah ini sekaligus memberikan kelancaran dalam pengoperasian senjata dan kenyamanan ABK. *Trim-tab* yang diaplikasikan pada bagian

transom kapal dapat mengurangi nilai *pitching* dan *heaving* (Kayatama, Toru, Koji, & Yoshiho, 2003). Berdasarkan uraian latar belakang berikut, maka penulis akan melakukan analisis *pitching* dan *heaving* dalam penggunaan *trim-tab* pada kapal korvet dengan beberapa perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat serta hipotesis yang akan diuraikan pada poin selanjutnya.

### 1.2. Perumusan Masalah

1. Berapa persentase pengurangan nilai *RAO pitching* dan *heaving* pada kapal korvet yang disebabkan oleh tambahan *trim-tab*?
2. Berapa aspek rasio luasan dan sudut *trim-tab* yang optimal dalam menghasilkan nilai *pitching* dan *heaving* terkecil?
3. Berapa persentase pengurangan nilai respon gerakan *pitching* dan *heaving* kapal korvet pada gelombang *irregular* yang disebabkan oleh tambahan *trim-tab*?
4. Berapa nilai *added mass*, dan *added damping* yang dihasilkan setelah mengalami penambahan *trim-tab* pada transom kapal?

### 1.3. Tujuan

1. Mengetahui persentase pengurangan nilai *RAO pitching* dan *heaving* pada kapal korvet yang disebabkan oleh tambahan *trim-tab*
2. Mengetahui aspek rasio luasan dan sudut *trim-tab* yang optimal dalam menghasilkan nilai *pitching* dan *heaving* terkecil
3. Mengetahui persentase pengurangan nilai respon gerakan *pitching* dan *heaving* kapal korvet pada gelombang *irregular* yang disebabkan oleh tambahan *trim-tab*
4. Mengetahui nilai *added mass*, dan *added damping* yang dihasilkan setelah mengalami penambahan *trim-tab* pada transom kapal

### 1.4. Batasan Masalah

1. Rasio bidang *trim-tab* yang digunakan adalah *AR 1.5*, *AR 1.75*, *AR 2*
2. Sudut masuk *trim-tab* yang digunakan adalah  $0^\circ$ ,  $3^\circ$  dan  $5^\circ$
3. Kecepatan kapal korvet yang digunakan 15 knot dan 30 knot
4. Menggunakan *panel method 3D-Diffraction* pada *software ANSYS AQWA*
5. Menggunakan sudut *heading*  $180^\circ$
6. Diasumsikan berlayar pada perairan yang dalam



### **1.5. Manfaat**

Penulisan Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat :

1. Secara akademis, dapat menunjang proses belajar mengajar dalam bidang terkait dan memberikan pengetahuan baru tentang manfaat dan kekurangan *trim-tab* dalam proses olah gerak kapal
2. Secara praktis, dapat memberikan inovasi dalam penggunaan *trim-tab* pada jenis kapal lain.

### **1.6. Hipotesis**

Pada penulisan Laporan Tugas Akhir ini, penulis mempunyai hipotesis bahwa dengan adanya tambahan *trim-tab* pada transom kapal korvet dapat menurunkan nilai RAO *pitching* dan *heaving* kapal tersebut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB 2**

### **STUDI LITERATUR**

#### **2.1. Dasar Teori**

Pada bab sebelumnya penulis telah menguraikan beberapa lingkup pekerjaan dalam Tugas Akhir ini. Maka dibutuhkan dukungan lain berupa dasaran ilmiah yang sesuai dengan referensi teori sebelumnya. Memasuki pada bagian bab II ini, akan dituliskan definisi, penerapan rumus, dan beberapa pemahaman terkait dengan kapal korvet, *trim-tab*, *seakeeping* kapal dan lain sebagainya.

##### **2.1.1. Kapal Korvet**

Kapal perang bersenjata sesuai pada Gambar 2. 1 merupakan kapal yang lazimnya digunakan oleh angkatan laut dalam bertempur. Kapal ini dinamakan dengan kapal korvet, yang pada umumnya memiliki kelengkapan senjata, seperti: meriam anti serangan udara dan darat, peluru kendali anti serangan udara, dan bahkan anti kapal selam. Torpedo, ranjau, dan rudal adalah macam-macam peluru kendali yang biasa dioperasikan pada kapal korvet. Selain itu kapal ini juga dilengkapi dengan landasan helikopter yang biasanya didesain pada geladak buritan kapal.



Gambar 2. 1 Kapal Korvet 365  
(Lobo, 2016)

Kapal korvet merupakan salah satu jenis kapal perang yang mempunyai ukuran lebih besar daripada kapal patroli cepat, namun relatif lebih kecil daripada kapal fregat. Korvet adalah desain terbaru yang menyerupai fregat dengan peralatan senjata ringan. Korvet juga

mempunyai kemampuan olah gerak kapal yang tinggi. Kapal korvet pada umumnya berkecepatan tinggi bahkan mampu mencapai 30 knot. Desain kapal korvet merupakan hasil pengembangan dari kapal penangkap ikan paus (*whale chatcher*) dan merupakan inovasi baru dari kapal perusak (*destroyer*) atau kapal penghancur (*torpedo boat destroyer*) yang berukuran lebih besar.

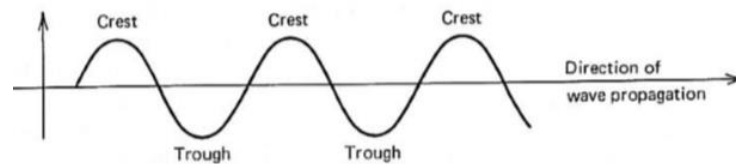
Pertama kalinya istilah korvet diperkenalkan oleh Angkatan Laut Perancis pada abad ke-17 untuk menyebut kapal kecil (biasanya membawa 20 meriam) yang berguna melindungi kapal dagang dan patroli lepas pantai. Angkatan Laut Inggris kemudian juga mengadopsi istilah ini pada abad ke-19, dikarenakan mereka memerlukan kapal kecil gesit untuk melindungi kapal-kapal dagang mereka. (Wikipedia Ensiklopedia Bebas, 2019)

### 2.1.2. Teori Gelombang Laut

Dalam studi olah gerak kapal perlu dipelajari terlebih dahulu masalah gelombang. Gelombang yang didefinisikan pada kasus ini adalah gelombang air laut yang disebabkan adanya perubahan bentuk permukaan air laut tersebut. Sebelum mempelajari lebih jauh mengenai gelombang, perlu terlebih dahulu dipahami tentang beberapa hal yang berhubungan dengan gelombang, diantaranya sebagai berikut:

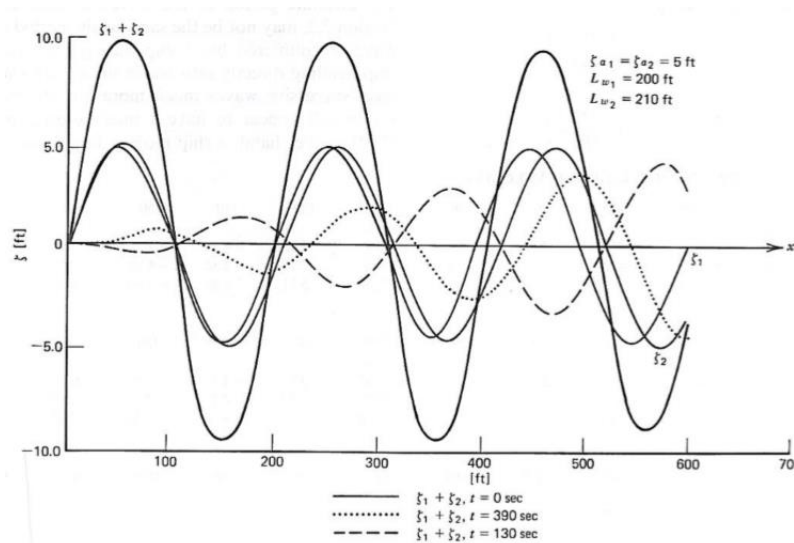
- ✓ Puncak gelombang (*Crest*) adalah titik dimana permukaan air berada pada elevasi tertinggi
- ✓ Lembah gelombang (*Trough*) adalah titik dimana permukaan air berada pada elevasi terendah
- ✓ Garis datum adalah garis datar permukaan air (diambil secara statistik) pada waktu air tenang
- ✓ Elevasi gelombang ( $\zeta$ ) adalah jarak suatu titik pada permukaan gelombang dengan garis datum pada suatu waktu tertentu
- ✓ Amplitudo gelombang ( $\zeta_w$ ) adalah garis vertikal antara titik tertinggi atau titik terendah dengan garis datum
- ✓ Panjang gelombang ( $\lambda$ ) adalah jarak dari puncak (lembah) gelombang dengan puncak (lembah) gelombang berikutnya
- ✓ Kecepatan gelombang ( $V$ ) adalah jarak yang ditempuh suatu titik per satuan waktu.
- ✓ Frekuensi gelombang ( $\omega$ ) adalah banyaknya puncak (lembah) gelombang yang dilalui oleh suatu titik per satuan waktu (Bhattacharyya, 1978).

Gelombang laut pada kenyataannya mempunyai bentuk dan sifat yang kompleks, tetapi untuk perhitungan ilmiah dilakukan pendekatan untuk menggambarkan sifat dari gelombang tersebut. Gelombang mempunyai sifat yang berbeda untuk perairan dalam dan dangkal. Terdapat dua macam gelombang yaitu gelombang reguler dan gelombang *irregular* (Bhattacharyya, 1978).



Gambar 2. 2 Gelombang Reguler  
(Bhattacharyya, 1978)

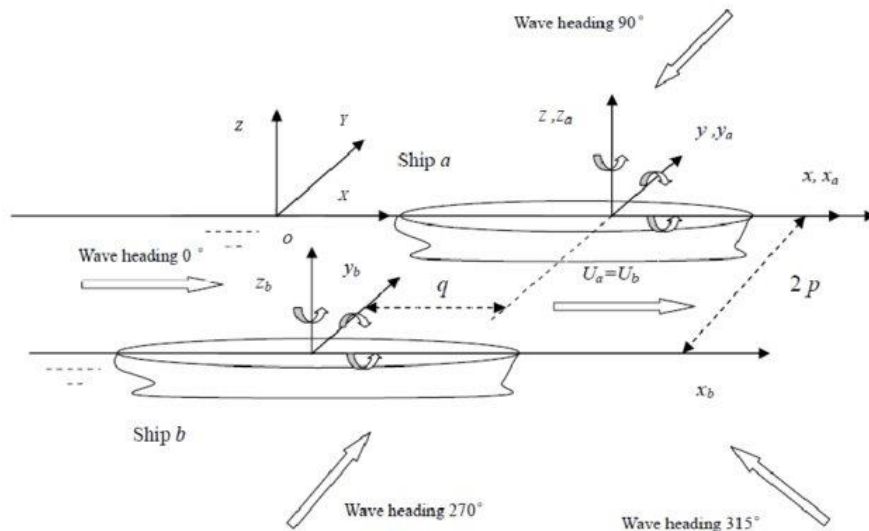
Gelombang reguler sesuai pada Gambar 2. 2 merupakan gelombang dengan periode tunggal dan frekuensi tunggal. Sedangkan gelombang *irregular* yang digambarkan pada Gambar 2. 3 merupakan gelombang superposisi dari beberapa gelombang reguler yang mempunyai frekuensi dan tinggi gelombang yang berbeda-beda. Gelombang hasil penggabungan tidak menunjukkan pola yang pasti untuk ketinggian gelombang, panjang gelombang, ataupun periode gelombang tertentu (Bhattacharyya, 1978). Tidak hanya itu pola gelombang tidak pernah terulang dari satu waktu ke waktu lain. Namun, ada satu cara untuk menghitung gelombang *irregular* yaitu dengan menentukan total energi dari gelombang tersebut. Hal ini diperoleh dengan menjumlahkan energi dari semua gelombang reguler yang menghasilkan gelombang *irregular* dengan superposisi.



Gambar 2. 3 Gelombang Irreguler  
(Bhattacharyya, 1978)

**2.1.3. Olah Gerak Kapal (Seakeeping)**

Secara umum gerakan kapal dapat dibagi menjadi dua jenis gerakan yaitu gerakan translasi dan rotasi. Pada kedua jenis gerakan tersebut memiliki tiga dimensi arah gerak berdasarkan sumbu koordinat x, y, dan z. Gerakan translasi yang dialami oleh kapal, diantaranya : gerakan ke arah depan belakang searah sumbu x (*surge*), gerakan ke arah kanan kiri searah sumbu y (*sway*), dan gerakan vertikal naik turun searah sumbu z (*heave*). Selanjutnya untuk gerakan rotasi yang dialami oleh kapal, diantaranya : gerakan rotasi terhadap sumbu x (*roll*), gerakan rotasi terhadap sumbu y (*pitch*), dan gerakan rotasi terhadap sumbu z (*yaw*). Keenam gerakan sesuai Gambar 2. 4 disebut dengan Enam Derajat Kebebasan Kapal (*Six Degrees of Freedom*) yang terjadi pada saat kapal mendapatkan gaya dari gelombang air laut maupun air tawar.



Gambar 2. 4 *Seakeeping* Kapal (Xiang, 2012)

**2.1.4. Respon Gerakan pada Gelombang Reguler (*Response Amplitude Operator*)**

Olah gerak kapal pada gelombang reguler disebut *Response Amplitudo Operator (RAO)*. *RAO* memiliki persamaan umum dengan enam variabel matematis pada setiap gerakan, persamaan ini dituliskan sesuai dengan Tabel 2. 1. Berikut adalah penjabaran dari salah satu persamaan gerakan kapal yaitu gerakan *heave* :

$$F_0 \cos \omega_e = a\ddot{z} + b\dot{z} + cz \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

F<sub>0</sub> = *Exsisting force* atau *encountering force* (gaya luar yang bekerja pada kapal)

Nilai  $F_0$  akan bernilai nol jika kapal berlayar pada kondisi air tenang (*calm water*)

$\omega_e$  = *Encountering frequency*

$a$  = *Virtual mass* (massa kapal ditambah dengan *added mass*)

$b$  = *Damping coefficient* (gaya melawan arah gerakan kapal)

$c$  = *Restoring force* (gaya pengembali ke titik kesetimbangan kapal)

(Bhattacharyya, 1978)

Tabel 2. 1 Persamaan *RAO*  
(Bhattacharyya, 1978)

No.	Gerakan	RAO
1	<i>Surge</i>	$x_a/\delta a$
2	<i>Sway</i>	$y_a/\delta a$
3	<i>Heave</i>	$z_a/\delta a$
4	<i>Roll</i>	$\Theta_a/\delta a$
5	<i>Pitch</i>	$\Theta_a/\delta a$
6	<i>Yaw</i>	$\phi_a/\delta a$

Nilai *RAO* mudah didapatkan hasilnya dengan beberapa cara perhitungan yaitu menggunakan pemodelan kapal pada *towing tank* dan pendekatan numerik secara analitis. Untuk pendekatan numerik secara analitis diharapkan untuk melakukan proses validasi dengan metode eksperimen, agar hasil yang didapatkan sesuai harapan dengan margin *error* yang dianggap layak.

### 2.1.5. Respon Gerakan pada Gelombang *Irregular*

Gelombang *irregular* adalah gabungan dari beberapa gelombang reguler yang dijumlahkan, dimana gelombang tersebut memiliki frekuensi, tinggi, dan fase gelombang yang berbeda-beda. Respon gerakan yang terjadi pada gelombang *irregular* didapatkan dengan cara mengalikan nilai *RAO* dengan spektrum gelombang pada gelombang *irregular*. Frekuensi gelombang ( $\omega$ ) sebelumnya harus diubah terlebih dahulu menjadi frekuensi *encountered* ( $\omega_e$ ). Berikut dibawah ini persamaan matematis untuk frekuensi *encountered* :

$$\omega_e = \omega_w - (\omega_w^2 V / g \cos\mu) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

$\omega_w$  = *Wave frequency*

$\omega_e$  = *Encountering frequency*

$V$  = Kecepatan kapal

$g$  = Percepatan gravitasi

$\mu$  = Sudut hadap kapal terhadap gelombang

(Bhattacharyya, 1978)

### 2.1.6. Spektrum Gelombang

Gelombang dapat timbul karena adanya pengaruh angin. Semakin tinggi kecepatan angin, semakin lama angin berhembus dan semakin luar area hembusan angin, maka gelombang yang akan timbul juga semakin besar. Spektrum gelombang diperlukan dalam proses merancang kapal maupun bangunan lepas pantai, guna memperkirakan seberapa besar gelombang maksimum yang ditimbulkan saat kapal beroperasi atau daerah tempat bangunan lepas pantai tersebut akan dibangun.

Salah satu spektrum gelombang yang dapat menjadi acuan perhitungan adalah *wave spectrum* yang berasal dari *International Towing Tank Conference (ITTC)*. Pada acara *International Towing Tank Conference* ke-14 tahun 1975 di kota Ottawa, Canada, Mirokhin dan Kholodilin telah mengajukan sebuah formula baru untuk spektra gelombang, dengan mempertimbangkan perkembangan data mutakhir pada saat itu. Para peserta yang terdiri dari pakar hidrodinamika dari berbagai laboratorium hidrodinamika sedunia bergabung dalam kegiatan *International Towing Tank Conference* dan kemudian menyetujui formulasi tersebut untuk dijadikan standar utama dalam berbagai pengujian perilaku gerakan kapal di *irregular wave*. *ITTC* kemudian berkomunikasi dengan *International Ship Structure Congress (ISSC)*, dan menghasilkan kesepakatan memakai formulasi tersebut. Formulasi tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$S\zeta(\omega) = A/\omega_w^5 \times e^{(-B)/\omega_w^4} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

- A = 172.25 x H<sub>char</sub><sup>2</sup>/T<sup>4</sup>
- H<sub>char</sub> = Tinggi gelombang signifikan
- ω<sub>w</sub> = Wave frequency
- B = 691 / T<sup>4</sup>

(Bentley Systems, 2015)

### 2.1.7. Sea State

Gerakan kapal saat berlayar di laut dipengaruhi oleh banyak hal, diantaranya : kecepatan angin, tinggi gelombang, rata-rata periode gelombang, rata-rata tinggi gelombang dan minimal durasi gelombang itu sendiri. Keadaan tersebut dirangkum untuk dibedakan dalam berapa tipe *sea state*. Terdapat 10 tipe *sea state* dengan lima perbedaan keadaan yang sudah disebutkan pada awal paragraf. Semakin tinggi *sea state* maka kondisi suatu perairan dan kondisi



gelombangnya juga semakin tinggi. Data *sea state* tersebut disajikan pada di bawah ini. Berikut adalah data *sea state* yang digunakan dalam Tugas Akhir ini :

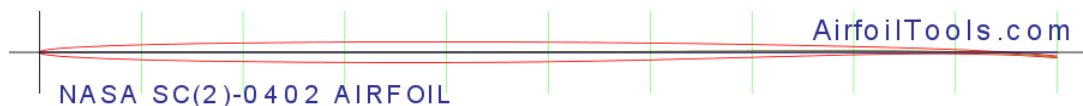
Tabel 2. 2 *Sea State*  
(Bhattacharyya, 1978)

SEA STATE	0	1	2	3	4	5
Wind Velocity (m/s)	1.029	4.373	6.945	8.231	9.774	12.347
Wave Height (m)	0.030	0.488	1.006	1.433	2.012	3.200
Average Periode (sec)	0.5	2.3	3.6	4.3	5.1	6.4
Average Wave Length (m)	0.254	0.508	1.321	1.803	2.515	4.064
Minimum Duration (hr)	0.3	1.7	4.8	6.6	9.2	14

### 2.1.8. Teori *Thin-Airfoil*

Adanya perubahan medan aliran yang dihasilkan karena bentuk *airfoil* dapat ditentukan dengan mengetahui karakteristik *airfoil* tersebut, diantaranya : sudut serang pada *zero lift*, gaya angkat, *pitching moment*, distribusi tekanan, dan bentuk aliran. Sedangkan dalam praktiknya, penggunaan *airfoil* terdapat dua proses penting yang perlu lebih dalam dikaji, yaitu: mencari karakteristik *airfoil* yang telah digunakan dan mencari karakteristik *airfoil* yang mengalami pengembangan tertentu. Solusi untuk menyelesaikan kedua proses tersebut adalah dengan mempertimbangkan metode untuk menentukan *airfoil* yang dimensinya sudah diketahui sebelumnya.

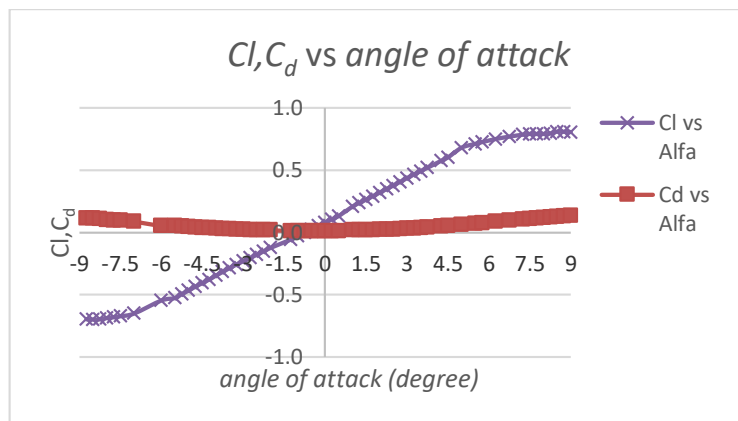
Teori *thin-airfoil* yang sedang dibahas pada sub bab ini, menjelaskan bahwa ketebalan *airfoil* tidak begitu berpengaruh untuk merubah nilai gaya angkat dan momen *airfoil*. Fakta ini didukung dengan adanya sistematika perhitungan yang lebih mudah guna membantu menganalisis perhitungan aerodinamika pada *airfoil* yang relatif tebal. Teori yang digunakan pada *thin-airfoil* dikemukakan oleh *Munk-Glauert-Birnbaum*. (Pope, 1951)



Gambar 2. 5 NASA SC(2)-0402 AIRFOIL  
(Tools, 2019)

*Airfoil* pada Gambar 2. 5 adalah *airfoil* yang digunakan pada Tugas Akhir ini. Penggunaan *airfoil* tipe NASA SC (2)-0402 AIRFOIL bertujuan mewakili bentuk *trim-tab* yang tipis. Kekurangan *trim-tab* yang tidak mudah untuk dimodelkan pada *Ansys AQWA*, menjadi alasan utama untuk menggunakan *airfoil*. *Airfoil* digunakan untuk mempermudah dalam proses mencari nilai *lift* dan *drag* akibat dari *trim-tab*. Berikut Gambar 2. 6 merupakan grafik koefisien *lift* dan koefisien *drag* pada setiap sudut serang. Dari grafik tersebut didapatkan

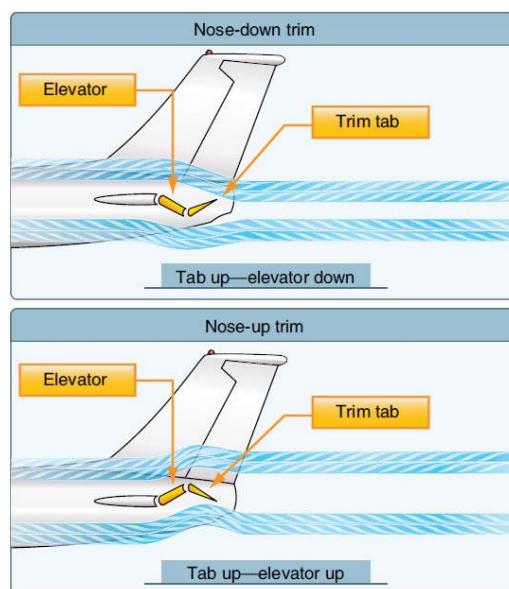
nilai gradien yang kemudian akan digunakan dalam perhitungan nilai *pitching moment* akibat *airfoil* yang akan dibahas pada sub-bab 2.1.10.



Gambar 2. 6 Grafik  $C_l$ ,  $C_d$  pada tiap *Angle of attack* (Tools, 2019)

### 2.1.9. *Trim-tab*

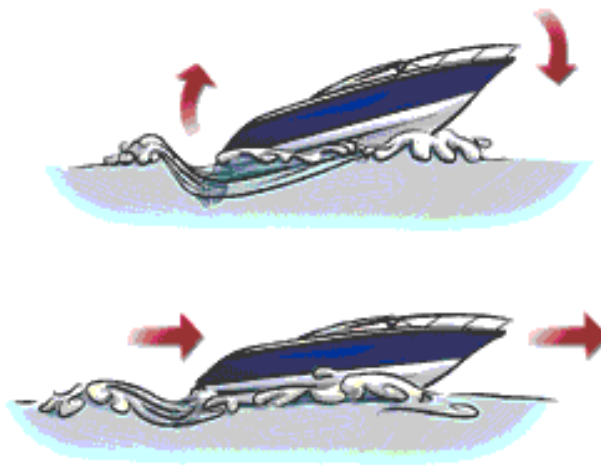
*Trim-tab* ialah alat yang sudah banyak diaplikasikan pada industri penerbangan. Alat ini bertujuan untuk mengatur aliran udara yang melewati sayap pada pesawat yang dikontrol dari pusat kemudi. Dikarenakan adanya *trim-tab* maka aliran udara masuk yang menyentuh permukaan alat ini, dapat menyebabkan *trailing edge*. Hal ini mengakibatkan *trim-tab* bergerak naik, dan elevator bergerak ke bawah seperti pada Gambar 2. 7.



Gambar 2. 7 Gerakan *Lift Trim-tab* (Flightliteracy, 2015)

Pengaplikasian *trim-tab* pada dunia perkapalan sudah sering ditemukan, khususnya pada kapal kecil dengan *planing hull* atau *semi-planing hull* yang mempunyai kecenderungan

berkecepatan tinggi. Hal tersebut akan menyebabkan terjadinya *lift* dan kemudian pada beberapa saat akan terjadi *stall*, kejadian ini dinamakan *pitching*. *Trim-tab* dipasang pada buritan kapal yang dapat membantu *pitching* kapal agar lebih stabil pada saat kapal mengalami *lift*. Terdapat dua desain instalasi yaitu *fix* menempel pada buritan kapal atau *trim-tab* dengan menerapkan sistem hidrolik. *Trim-tab* dirancang untuk meningkatkan *lift* dan stabilitas kapal, hal ini mampu meningkatkan performa kapal saat berlayar. Sesuai dengan Gambar 2. 8, ketika kontrol kemudi ditekan, gaya air pada permukaan *trim-tab* menimbulkan gaya tekan ke atas, maka buritan kapal naik dan menurunkan haluan.



Gambar 2. 8 Efek Kapal akibat *Trim-tab*  
(Dopang, 2014)

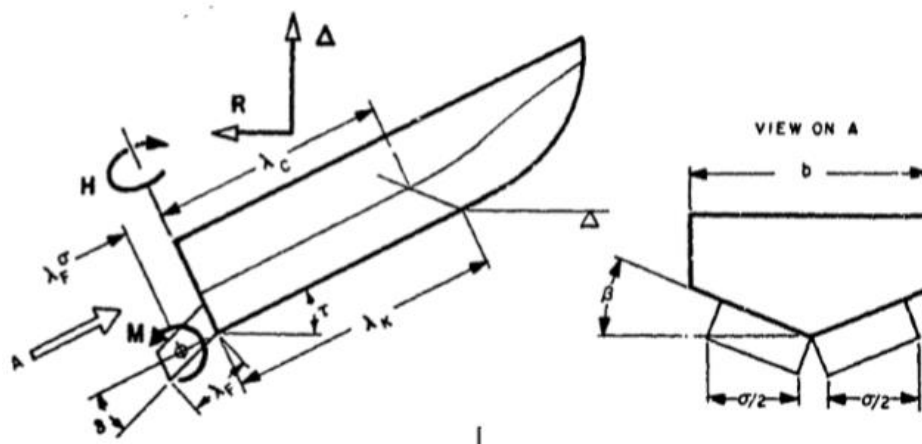
*Trim-tab* yang diaplikasikan pada kapal mampu mempengaruhi gerakan kapal *6DOF*. Gerakan yang paling mendominasi dalam memberikan efek adalah *pitch*, *heave* dan *roll*. *Trim-tab* efektif pada sumbu RX untuk mengurangi kecondongan kapal oleng, terutama pada kapal yang mempunyai lambung berbentuk ‘V’. Sedangkan pada sumbu RY *trim-tab* mampu menaikkan buritan dan menurunkan haluan kapal. *Trim-tab* diinstalasi pada buritan kapal *planning hull* dengan sistem hidrolik dengan unit penggerak linier aktuator atau silinder hidrolik yang dikontrol dari panel utama. Panel utama mampu mengatur sudut kemiringan sesuai dengan kebutuhan kapal. *Trim-tab* mempunyai istilah dimensi yaitu *span* dan *chord* yang berbeda-beda. Perbandingan *span* (*B*) dan *chord* (*C*) biasa disebut dengan istilah *AR* (*Aspect Ratio*).

$$AR = B/C \dots\dots\dots (2.4)$$

Eksperimen *trim-tab* pada *planning hull* telah banyak dipublikasikan. *Trim-tab* yang pada awalnya berguna untuk perancangan pesawat amfibi, kini sudah banyak mengalami

perubahan dan melakukan inovasi. Kegiatan tersebut dapat dilakukan dengan mempertimbangkan pengaruh *trim-tab*, *warping deadrise*, bentuk haluan, dan bentuk gelombang dari penelitian sebelumnya. Eksperimen ini dilakukan karena adanya dorongan untuk memberikan informasi desain yang lebih baik pada *desain powering* kapal, terkhusus kapal kecil. (Brown, 1971)

Terdapat karakteristik khusus yaitu: *lift force*, *drag force*, dan *pitching moment* pada bagian transom kapal yang diinstalasi *trim-tab*. Sesuai dengan Gambar 2. 9 berikut merupakan contoh sketsa pemasangan *trim-tab* pada *planning hull*.



Gambar 2. 9 Sketsa *Trim-tab*  
(Brown, 1971)

Berikut merupakan keunggulan *trim-tab*, diantaranya:

✓ Akselerasi lebih cepat

Pertambahan gaya angkat mampu mengurangi kecepatan dan propeller lebih efisien digunakan

✓ Peningkatan Stabilitas

Penambahan permukaan di kedua sisi buritan *port* dan *starboard* mampu meningkatkan stabilitas pada keadaan berkecepatan tinggi.

✓ Peningkatan Ekonomi

Keuntungan ekonomis dari *trim-tab* tersebut dalam dua bentuk, yaitu konsumsi bahan bakar berkurang dan kelelahan mesin berkurang akibat berkurangnya hambatan dan ketegangan.

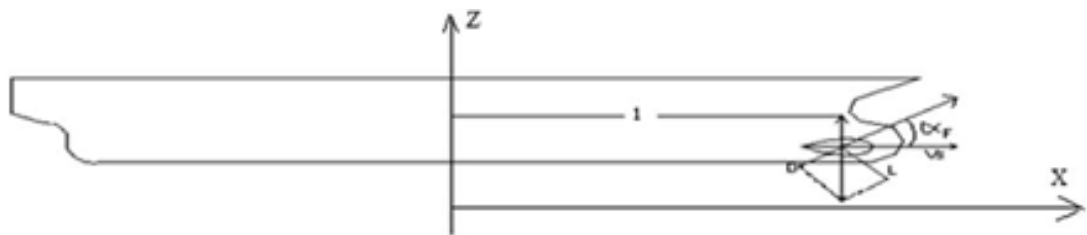
✓ Peningkatan Keselamatan

Visibilitas yang lebih baik pada kecepatan lambat mampu menambahkan faktor keamanan.

**2.1.10. Pemodelan Matematis Momen Foil**

*Anti-pitching* paling sederhana yang paling mudah untuk dibayangkan adalah *hydrofoil*. *Anti-pitching* ini terdiri dari sepasang bagian *hydrofoil* yang melekat pada permukaan lambung kapal. Pemasangan *hydrofoil* dapat diaplikasikan pada haluan atau buritan kapal. *Hydrofoil* harus dipasang serendah mungkin untuk menghindari keluarnya air, biasanya dipasang dibawah garis air. *Lift* yang diproduksi oleh *hydrofoil anti-pitching* dapat digunakan untuk menjelaskan prinsip dasar redaman *pitch*.

*Hydrofoil* mampu mengurangi gerakan *pitch* dari kapal. Untuk melakukan ini, kecepatan orbital vertikal di sekitar permukaan *hydrofoil* dimaksimalkan dan kapal harus melaju pada kecepatan maksimal pula, sehingga momen penyeimbang yang dihasilkan oleh *hydrofoil* mengurangi efek momen eksitasi akibat gelombang. Kapal dengan *hydrofoil anti-pitching* ditunjukkan pada Gambar 2. 10 berikut ini.



Gambar 2. 10 Kapal dengan *Hydrofoil Anti- Pitching* Tanpa Sudut Serang (Bhattacharyya, 1978)

Sudut serang atau “ $\alpha_f$ ” yang diinduksi pada *hydrofoil*, bergantung pada kecepatan *heave*, kecepatan angular *pitch*, sudut *pitch*, kecepatan kapal, dan kecepatan orbital dari partikel gelombang pada *hydrofoil*, yang digambarkan sesuai pada Gambar 2. 11. Sudut serang adalah sudut yang dibentuk oleh *hydrofoil*. Sudut ini digunakan dalam perhitungan mencari nilai *lift* dan *drag* pada *hydrofoil*. Dengan menurunkan beberapa rumus formula umum dari *lift force* dan *drag force*, maka didapatkan persamaan untuk mendapatkan nilai *damping moment* akibat *hydrofoil* sebagai berikut:

$$b_f = \left(\frac{\partial M_f}{\partial \theta}\right)_{\dot{\theta}=0} = -\frac{1}{2} \rho A V_s l^2 \left[ \left(\frac{\partial CL}{\partial \alpha}\right) + CD \right] \dots\dots\dots (2.5)$$

Pada sudut serang *hydrofoil* yang relatif kecil, nilai *drag force* juga akan bernilai kecil, sehingga dapat direduksi dengan menyederhanakan persamaan menjadi:

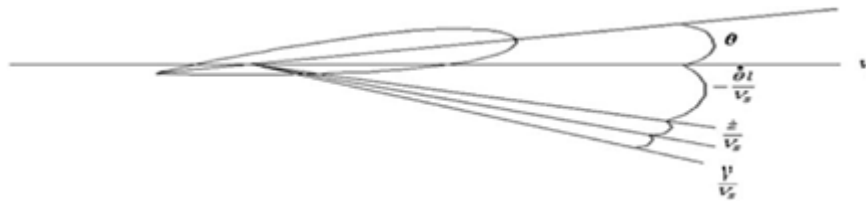
$$b_f = \left(\frac{\partial M_f}{\partial \theta}\right)_{\dot{\theta}=0} = -\frac{1}{2} \rho A V_s l^2 \left[ \left(\frac{\partial CL}{\partial \alpha}\right) \right] \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

- $b_f$  = *Damping force* akibat *hydrofoil*
- $M_f$  = *Moment pitching* akibat *hydrofoil*
- $\theta$  = *Angular displacement pitching*
- $\rho$  = Massa jenis air laut
- $A$  = Luasan *hydrofoil*
- $V_s$  = Kecepatan kapal
- $l$  = Lengan (diukur dari titik berat kapal – titik berat *hydrofoil*)
- $CL$  = Koefisien *lift*
- $\alpha$  = Sudut serang
- $CD$  = Koefisien *drag*

(Bhattacharyya, 1978)

Dikarenakan nilai dari  $\frac{\partial CL}{\partial \alpha}$  bergantung pada aspek rasio dari *hydrofoil*, maka massa dari *hydrofoil* dapat diabaikan pada perhitungan *motion*, tetapi untuk perhitungan *added mass* hal tersebut perlu untuk diperhitungkan. *Added mass* pada *hydrofoil* berpengaruh pada *heave motion* (Bhattacharyya, 1978).



Gambar 2. 11 Komponen Sudut Serang pada *Hydrofoil*  
(Bhattacharyya, 1978)

### 2.1.11. Root Mean Square Error

*Root mean square error* atau standar deviasi eror adalah salah satu persamaan untuk mengukur tingkat performa dari suatu variabel yang memiliki nilai sebaran eror tertentu. Semakin kecil *RMSE* berarti sistem memiliki performa semakin baik (Mehmet Unstuntag, 2013). Penggunaan persamaan *RMSE* guna mendapatkan besar nilai eror pada proses validasi model kapal korvet tanpa *trim-tab*. Berikut persamaan *RMSE*:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (G(i) - T(i))^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

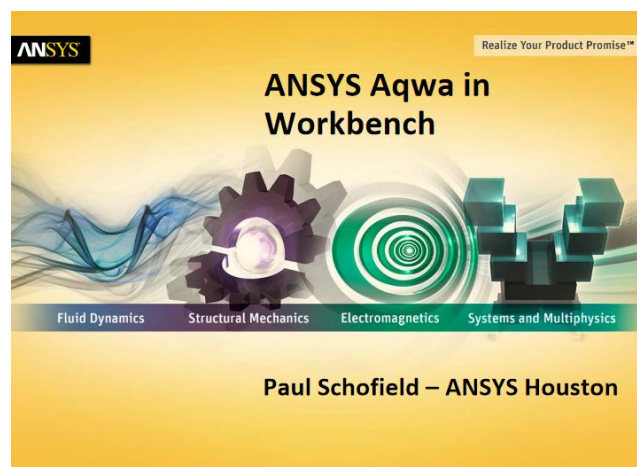
Dimana :

- $G(i)$  = Nilai *RAO* yang didapatkan
- $T(i)$  = Nilai *RAO* hasil eksperimen
- $n$  = Jumlah nilai *RAO* pada setiap frekuensi

(Mehmet Unstuntag, 2013)

### 2.1.12. Ansys AQWA

*Ansys* adalah suatu *software* analisis menggunakan metode elemen hingga (*finite element*) yang biasa dipakai untuk melakukan analisis mekanika benda tegar, analisis fluida, analisis perpindahan panas, dan lain sebagainya. Salah satu jenis *Ansys* yang dapat menganalisis struktur saat berada di dalam fluida adalah *Ansys AQWA*. Sesuai pada Gambar 2. 12, terdapat *Ansys AQWA in Workbench* yang bekerja berdasarkan teori *3D-Diffraction*. Perangkat lunak ini dapat menganalisis gerakan dan beban gelombang yang terjadi pada suatu struktur bangunan apung dengan metode elemen hingga.



Gambar 2. 12 ANSYS AQWA *in Workbench* (Houston, 2012)

Pada *Ansys AQWA* akan terlihat frekuensi dan beban gelombang yang terjadi pada suatu struktur bangunan apung saat bangunan apung tersebut bergerak. Proses awal analisis pada *Ansys AQWA* dapat dilakukan dengan membuat permodelan struktur menggunakan perangkat lunak pendukung, seperti: *Maxsurf Design Modeler*, *AutoCad* atau *Rhinoceros 3D-Modeling*. Model yang dapat dibaca untuk dianalisis pada *Ansys AQWA* adalah model yang berbentuk *nurb surface* (Houston, 2012).

## 2.2. Tinjauan Pustaka

Sub-bab berikut ini disebut tinjauan pustaka. Tinjauan pustaka membahas tentang hasil analisis secara kritis bagian dari artikel jurnal melalui proses meringkas, mengklasifikasi dan membandingkan dengan penelitian sebelumnya. Proses pembuatan tinjauan pustaka dapat dilakukan secara terpisah atau menjadi satu pada sebuah artikel, atau dapat juga digunakan untuk menjadi kerangka teoritis dan rasional pada suatu penelitian (Oxford, 2019). Namun pada

Laporan Tugas Akhir ini, tinjauan pustaka dituliskan pada Bab II, dengan beberapa pengambilan teori yang diuraikan secara rinci pada sub-bab berikut, dibawah ini:

### **2.2.1. Tinjauan dari Jurnal Tugas Akhir dengan judul “Perbandingan Variasi Bidang *Trim tab* Pada Kapal *Pilot Boat* 15,85 meter dengan menggunakan Pendekatan *CFD*”**

Tugas akhir ini berjudul Perbandingan Variasi Bidang *Trim tab* Pada Kapal *Pilot Boat* 15,85 meter dengan menggunakan Pendekatan *CFD*. Penelitian tentang pengaruh variasi bidang pada *trim-tab* kapal *pilot boat* 15.85 meter dengan menggunakan metode numerik dan simulasi *CFD* dilakukan dengan variasi bidang AR (Aspek Rasio) 2.5 dan AR 4.5. Model pada pengujian ini disimulasikan dengan lima variasi sudut dan satu variasi kecepatan dengan Fr 0.9. Hasil penelitian ini menghasilkan perhitungan numerik dan visual yang menunjukkan bahwa AR 4.5 dapat mengurangi kecepatan pada Fr 0.9 sebesar 30% dengan jarak henti yang lebih pendek dibandingkan AR 2.5.

### **2.2.2. Tinjauan dari *paper* “A New Ship Motion Control System For High-Speed Craft”**

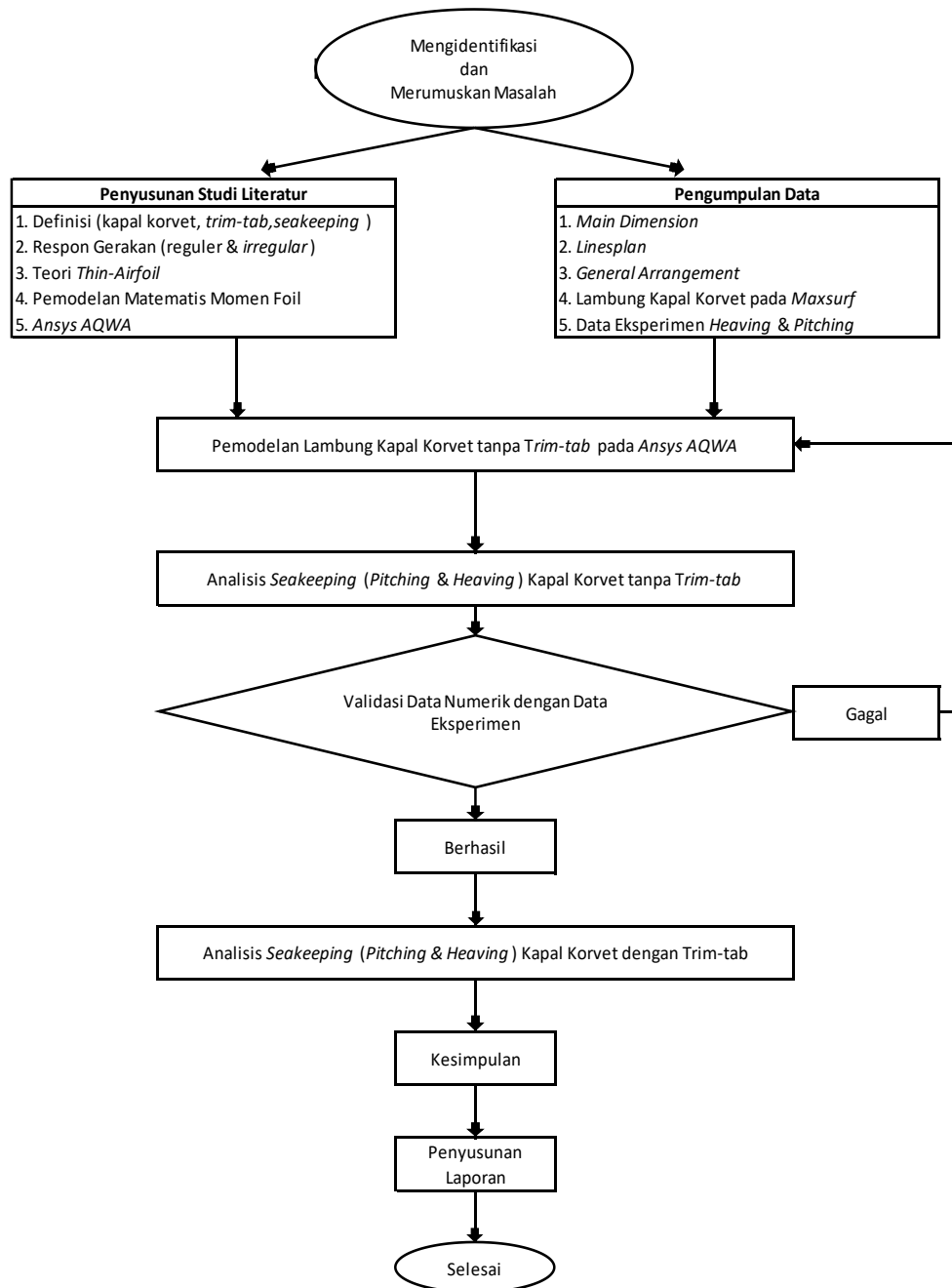
*Paper* ini menyebutkan bahwa kapal dengan kecepatan tinggi dapat ditingkatkan kenyamanan berkendaranya dengan menggunakan sistem kontrol kendara berupa *trim-tab*. Prinsip dasarnya adalah untuk mengurangi pergerakan kapal akibat gelombang. Terdapat tiga bagian dasar yang dapat diambil dari *paper* ini. Diantaranya : dapat mengetahui karakteristik dari penggunaan *trim-tab*, mendapatkan kinerja *trim-tab* yang kurang efektif jika digunakan pada frekuensi gelombang tinggi, sehingga diperlukan kontrol hibrida baru yaitu dengan penggunaan persamaan gelombang momen *pitch* pada metode strip. Persamaan ini digunakan pada *heaving* dan *pitching* pada gelombang reguler dan *irregular*. Tidak hanya itu, *paper* ini juga menyimpulkan bahwa hasil dari *trim-tab* dapat mengurangi gerakan *pitching* kapal cepat dalam *head wave* yang signifikan.



# BAB 3 METODOLOGI

## 3.1. Bagan Alir

Secara garis besar metodologi pengerjaan Tugas Akhir ini, disajikan dalam bagan alir seperti pada Gambar 3. 1 berikut dibawah ini:



Gambar 3. 1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

### 3.2. Tahapan Proses Pengerjaan

Pada sub-bab berikut dibagi menjadi sembilan pokok bahasan penting mengenai proses pengerjaan Tugas Akhir. Proses tersebut dimulai dari penulisan studi literatur sampai dengan penarikan kesimpulan dan saran yang kedepannya diharapkan dapat mempermudah pembaca dalam memahami proses menganalisis olah gerak kapal akibat tambahan *trim-tab*.

#### 3.2.1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pembelajaran dan pengumpulan teori maupun kajian pustaka yang berkaitan dengan definisi kapal korvet, teori gelombang, olah gerak kapal (*seakeeping*), respon gerakan kapal pada gelombang reguler, respon gerakan kapal pada gelombang *irregular*, spektrum gelombang, *sea state*, teori *thin-airfoil*, *trim-tab*, pemodelan matematis momen foil dan yang terakhir adalah software *Ansys AQWA*.

#### 3.2.2. Pengumpulan Data

Data pengerjaan yang digunakan dalam mempermudah proses pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut dibawah ini :

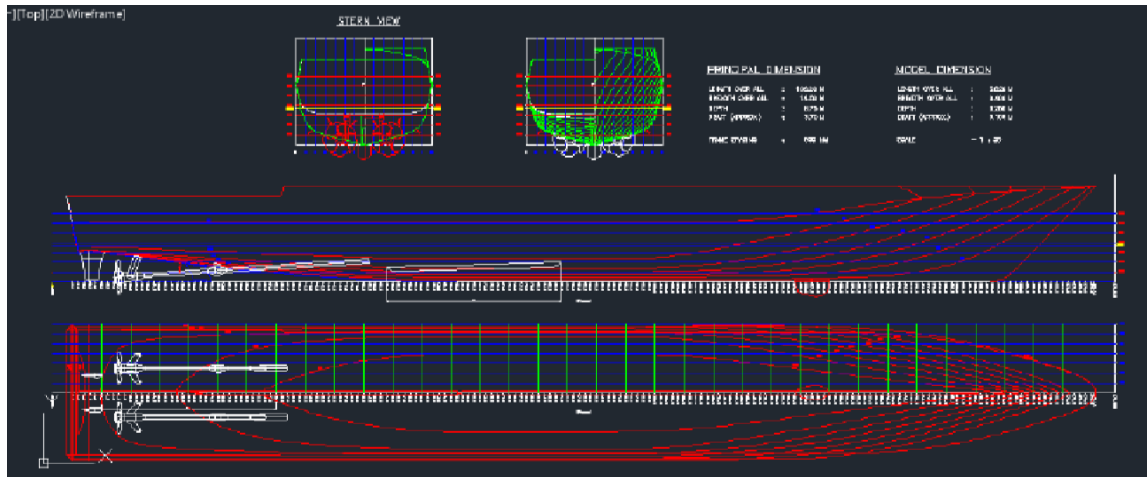
Tabel 3. 1 Ukuran Utama Kapal Korvet

Item	Nilai	Unit
LOA	106	m
B	14	m
T	3.7	m
H	8.75	m
Vs	30	knot

Pada Tabel 3. 1 diatas terdapat empat item ukuran utama kapal korvet yang dapat dijadikan acuan dalam melakukan proses perhitungan olah gerak kapal. Selain ukuran utama kapal, dibutuhkan data pendukung lain dari kapal korvet diantaranya:

✓ Rencana garis Kapal Korvet (*Linesplan*)

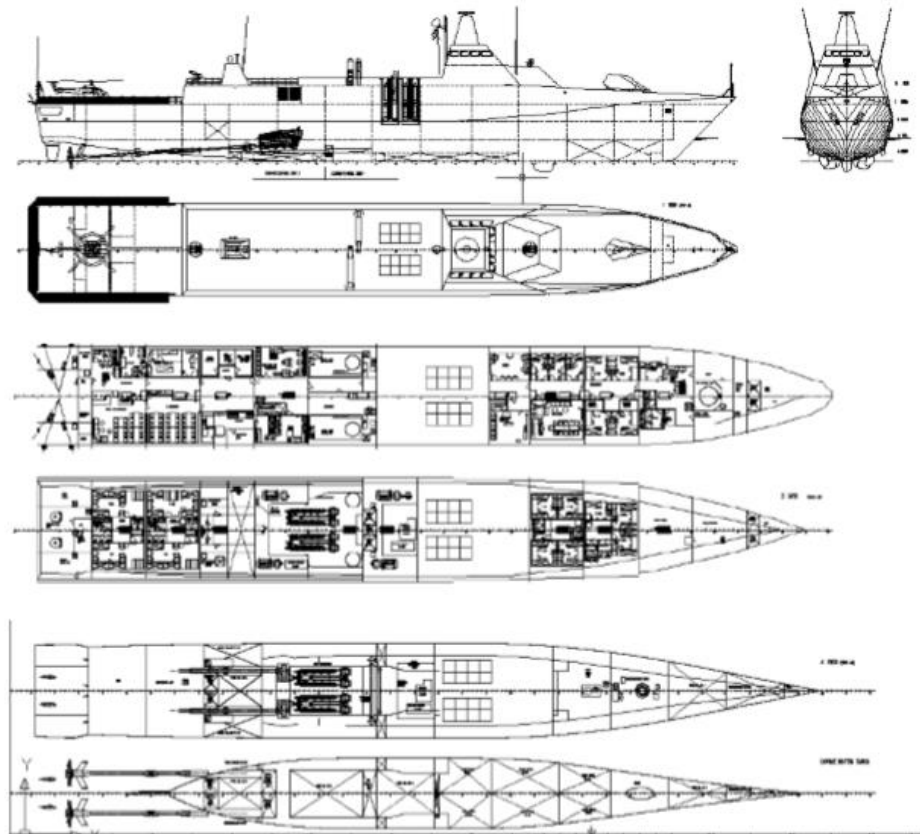
Sesuai pada Gambar 3. 2 adalah *linesplan* kapal korvet yang digambarkan pada bidang gambar *Auto-CAD*. Rencana garis tersebut adalah hasil dari pemodelan *maxsurf* yang telah di-*export* terlebih dahulu kedalam bentuk *DXF*.



Gambar 3. 2 Linesplan Kapal Korvet

✓ Rencana umum Kapal Korvet (*General Arrangement*)

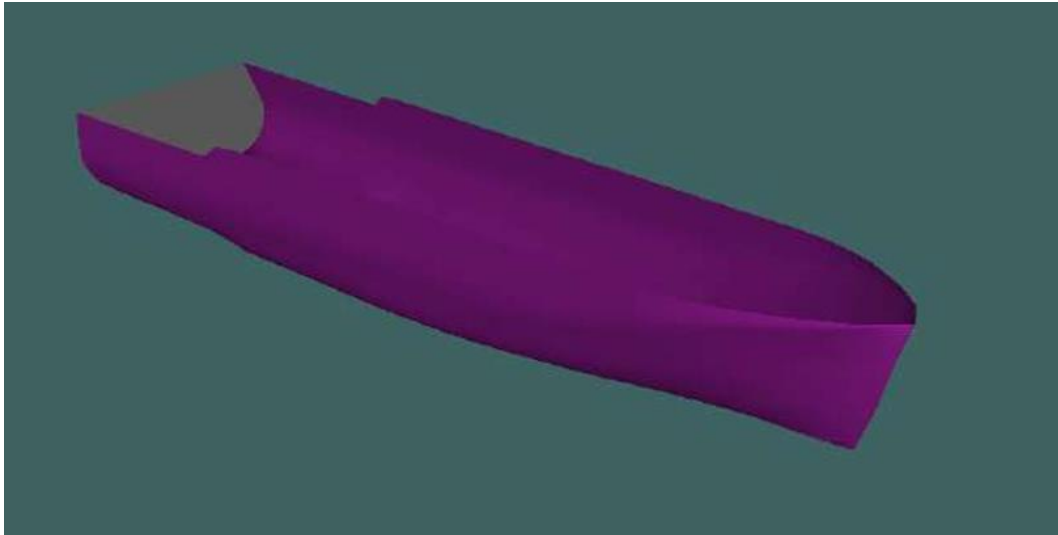
Berikut dibawah ini sesuai dengan Gambar 3. 3 adalah *general arrangement* kapal korvet yang digambarkan pada bidang gambar *Auto-CAD*. Kegunaan *general arrangement* pada penelitian ini adalah untuk mempermudah penulis mendapatkan luasan geladak pada kapal korvet, dimana luasan geladak tersebut kedepannya berguna untuk menghitung pendekatan nilai  $k_{xx}$ ,  $k_{yy}$  dan  $k_{zz}$  kapal korvet.



Gambar 3. 3 *General Arrangement* Kapal Korvet

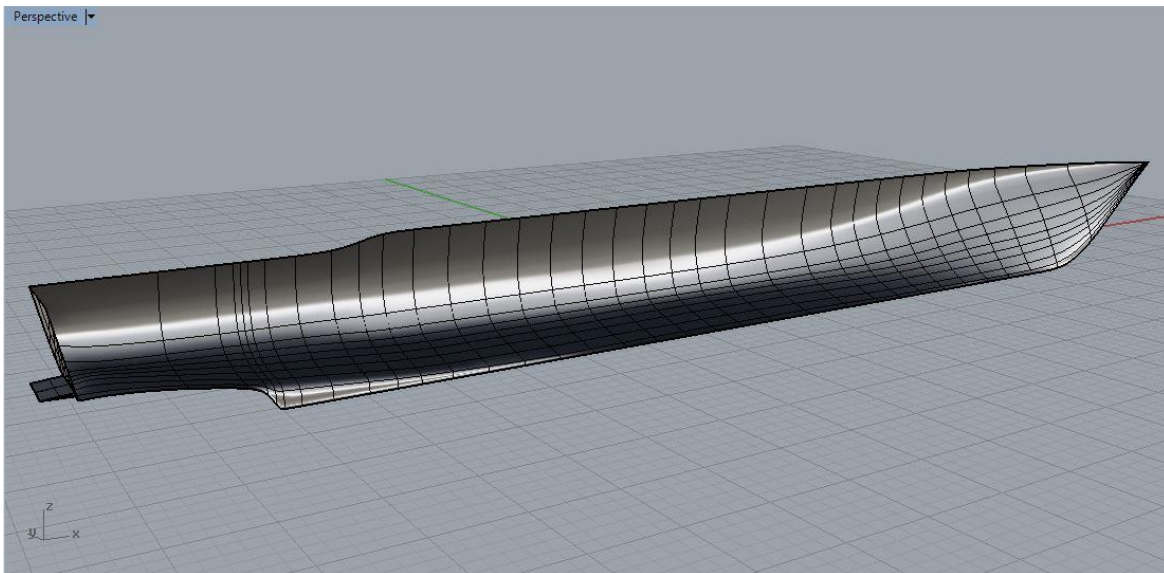
✓ *Pemodelan 3D Maxsurf*

Pada Gambar 3. 4 merupakan gambar pemodelan kapal korvet menggunakan *3D-Maxsurf Modeler*. Pada langkah pengerjaan berikut ini, gambar harus disimpan dalam bentuk *.iges* atau *.igs*, dengan cara meng-*eksport* gambar menggunakan menu *eksport* pada *tools file* dan dipilih *DXF and IGES*.



Gambar 3. 4 Pemodelan Kapal Korvet tanpa *Trim-tab*

**3.2.3. Pemodelan Numerik**



Gambar 3. 5 Pemodelan Kapal dengan *Trim-tab*

Pada proses pengerjaan ini, dilakukan menggunakan salah satu *software* pemodelan lain yaitu *Rhinoceros*. Kapal korvet tanpa *trim-tab* yang dimodelkan diawal menggunakan *3D-Maxsurf Modeller* yang telah di *eksport* ke *.iges* atau *.igs*, selanjutnya di-*import* ke *Rhinoceros* untuk proses pemodelan *trim-tab*. Pemodelan *trim-tab* sesuai pada Gambar 3. 5 diharapkan

seperti lambungnya yaitu berbentuk *nurb surface*. Pada pemodelan tahap ini kapal sengaja untuk dimodelkan separuh bentuk badan kapal dan mengubah titik nol kapal setinggi sarat kapal korvet yang telah diketahui yaitu setinggi 3.7m.

Pemodelan *trim-tab* dilakukan dengan cara mengambil model *airfoil* tipe NASA SC (2)-0402 *AIRFOIL* yang dianggap dapat mewakili bentuk *trim-tab* yang tipis. Bentuk 2D dari tipe *airfoil* tersebut di plot sesuai dengan koordinat yang sudah ada pada *Rhinoceros* dan mengatur *chord* dari *trim-tab* tersebut sepanjang dua meter, lalu meng-*extrude* sepanjang *span* yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan variasi pemodelan. Tidak hanya itu, terdapat tiga variasi sudut yang digunakan dalam pemodelan Tugas Akhir ini yaitu 0 derajat, 3 derajat, dan 5 derajat dengan sumbu nol adalah garis yang sejajar dengan *baseline* kapal. Pengambilan tiga sudut ini sesuai pada Gambar 2. 6 dengan nilai  $C_d$ ,  $C_l$ , dan sudut serang (*angle of attack*), terkhusus nilai  $\frac{\partial C_L}{\partial \alpha}$  yang dapat diukur pada sudut 0-5.25 derajat. Sesuai pada yang Berikut pada Tabel 3. 2 adalah tabel ukuran berdasarkan tiga variasi AR dan tiga variasi sudut dengan kode penamaan guna mempermudah dalam memberikan pembeda antara *trim-tab* satu dengan lainnya:

Tabel 3. 2 Dimensi dan Kode Penamaan *Trim-tab*

Variasi AR	Variasi Sudut <i>Trim-tab</i> (degree)	Kode Penamaan	Ukuran Dimensi <i>Trim-tab</i> (m <sup>2</sup> )
AR1.5	0	AR1.5-0	2x3
	3	AR1.5-3	
	5	AR1.5-5	
AR1.75	0	AR1.75-0	2x3.5
	3	AR1.75-3	
	5	AR1.75-5	
AR2	0	AR2-0	2x4
	3	AR2-3	
	5	AR2-5	

Selanjutnya adalah kembali meng-*export* model ke dalam bentuk .igs atau .iges untuk mempermudah dalam proses geometri *Ansys AQWA*.

### 3.2.4. *Grid Independence*

Sebelum menuju pada proses menganalisis kapal korvet dengan *trim-tab*, penting juga untuk fokus pada bahasan mencari nilai *RAO* kapal korvet tanpa *trim-tab*. Oleh karena itu, pada sub-bab berikut akan menjelaskan langkah untuk mencari nilai *grid independence* kapal korvet

tanpa *trim-tab*. Hal ini diperlukan dan dianggap penting, dimana telah dijelaskan pada sub-bab 2.1.12 bahwa *Ansys AQWA* menerapkan metode *3D Diffraction*. Metode *3D Diffraction* akan memodelkan objek yang akan dianalisis menjadi beberapa panel-panel, dimana terdapat beberapa *nodes* pada setiap panelnya. Proses pemodelan panel-panel pada kapal di program *Ansys AQWA* ini dilakukan dengan memaksimalkan proses *meshing*. Proses *meshing* akan menentukan tingkat ketelitian hasil simulasi yang akan dilakukan, maka dari itu perlu dilakukan penentuan jumlah *meshing* yang akan digunakan sebagai acuan untuk melakukan simulasi terhadap model. Semakin tinggi tingkat spesifikasi dari komputer yang digunakan, maka semakin tinggi pula *meshing* yang dapat dibentuk dari model. Selain itu, banyaknya jumlah *meshing* yang dibuat maka akan semakin lama juga waktu dalam proses *running* program.

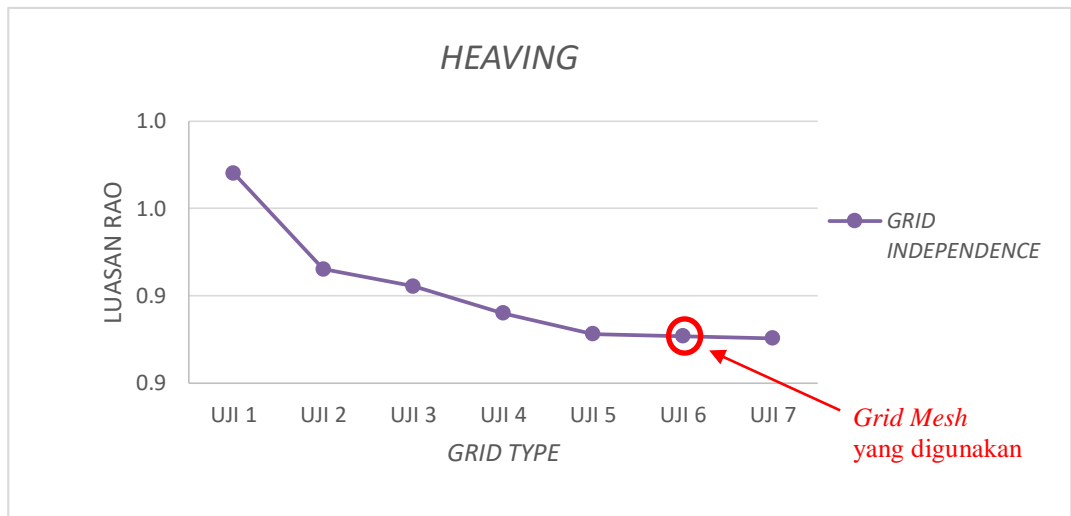
Analisis *grid independence* dilakukan untuk mencari nilai *Response Amplitude Operator (RAO)* paling optimal. Nilai *RAO* yang dijadikan acuan ialah *heaving* dan *pitching*. Dalam tugas akhir ini dibuat beberapa variasi jumlah *meshing* terhadap model kapal korvet yang akan disimulasikan, dimana jumlah elemen tiap percobaan secara berurutan adalah dua kali dari percobaan sebelumnya atau mendekati. Dalam proses *meshing*, dilakukan pencarian jumlah *meshing* yang paling optimal baik dari nilai yang dihasilkan, kemampuan komputer yang digunakan maupun lama waktu dalam melakukan proses *running*. *Output* yang digunakan sebagai acuan dalam proses *meshing* ini adalah luasan *RAO*. Hasil dari simulasi sesuai dengan Tabel 3. 3 dan Tabel 3. 4 berupa nilai *RAO* yang berbeda-beda dan dilakukan pemilihan nilai *meshing* yang paling optimal. Nilai *meshing* optimal yang dipilih adalah pengujian ke-6 dengan persentase perbedaan pada *RAO Heave* 0.13% dan *RAO Pitch* 0.42%. Pemilihan ini guna agar tidak banyak waktu untuk melakukan proses *running* program dan penggunaan komputer tidak perlu dipaksakan.

Tabel 3. 3 *Grid Independence Heave*

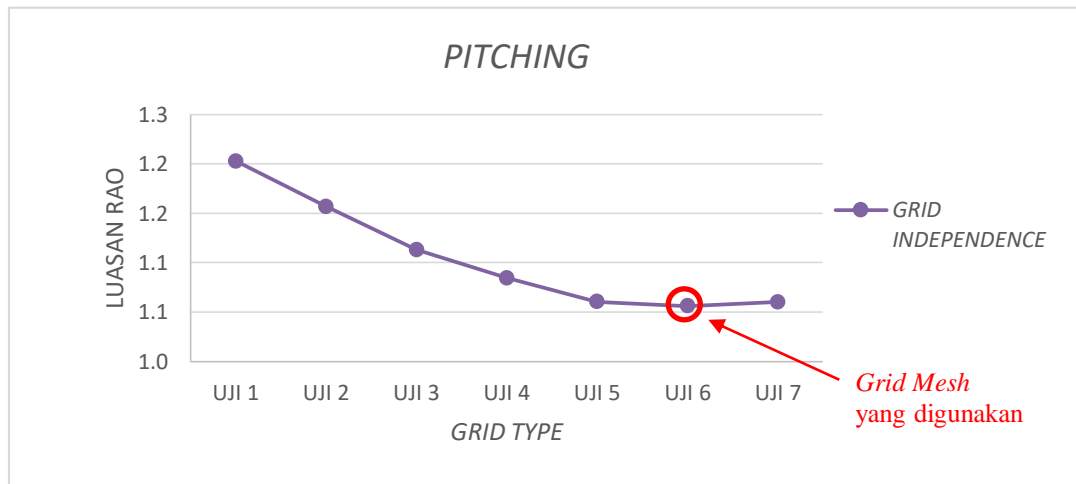
GRID	UKURAN ELEMEN	JUMLAH ELEMEN	LUASAN RAO HEAVE (m <sup>2</sup> )	PRESENTASE PERBEDAAN
UJI 1	5	335	9.70E-01	
UJI 2	3.25	700	9.15E-01	5.67
UJI 3	2.25	1405	9.05E-01	1.06
UJI 4	1.6	2841	8.90E-01	1.71
UJI 5	1.125	5815	8.78E-01	1.34
UJI 6	0.795	11669	8.77E-01	0.13
UJI 7	0.5675	23077	8.76E-01	0.15

Tabel 3. 4 *Grid Independence Pitch*

GRID	UKURAN ELEMEN	JUMLAH ELEMEN	LUASAN RAO PITCH (deg <sup>2</sup> )	PRESENTASE PERBEDAAN
UJI 1	5	335	1.20E+00	
UJI 2	3.25	700	1.16E+00	3.82
UJI 3	2.25	1405	1.11E+00	3.79
UJI 4	1.6	2841	1.08E+00	2.57
UJI 5	1.125	5815	1.06E+00	2.20
UJI 6	0.795	11669	1.06E+00	0.42
UJI 7	0.5675	23077	1.06E+00	0.40



Gambar 3. 6 *Grid Independence Heaving*



Gambar 3. 7 *Grid Independence Pitching*

Dari Gambar 3. 6 dan Gambar 3. 7 menunjukkan bahwa pada uji 6 persentase perbedaan luasan *RAO* untuk *heave* dan *pitch* menghasilkan persentase perbedaan yang paling kecil. Dengan kata lain, *meshing* kapal yang dihasilkan pada uji 6 sudah tidak menunjukkan perubahan hasil yang signifikan terhadap perubahan ukuran *meshing* dan masih dalam batas

kemampuan komputer. Maka dapat disimpulkan ukuran *meshing* yang optimal pada pemodelan kapal korvet tanpa *trim-tab* dan kapal korvet dengan *trim-tab* menggunakan ketentuan *meshing* sebagai berikut dibawah ini :

- ✓ *Local element size* : 0.795 m
- ✓ *Number of elements* : 11669
- ✓ *Number of nodes* : 11912
- ✓ *Number of diffraction elements* : 5708
- ✓ *Number of diffraction nodes* : 5933

### 3.2.5. Perhitungan *Added Damping* akibat *Trim-tab*

Perhitungan *added damping* akibat *trim-tab* menggunakan rumus yang dijelaskan pada sub-bab 2.1.10 pada persamaan 2.4. Persamaan tersebut diproses dengan cara memasukkan nilai  $\frac{\partial C_L}{\partial \alpha}$  (gradien  $C_L$  pada sudut serang tertentu) *airfoil* yang digunakan sebagai model. Setelah itu memasukan nilai dari variabel yang telah didapatkan dari dimensi *trim-tab* itu sendiri, termasuk luasan *trim-tab*, lengan yang diukur dari titik berat kapal menuju ke titik berat *trim-tab*, kecepatan yang digunakan pada setiap *trim-tab*. Nilai yang didapatkan dari perhitungan berikut ini kemudian akan diinput dalam proses "pemodelan" dalam *Ansys AQWA*.

### 3.2.6. Perhitungan Respon Gerakan pada Gelombang Reguler

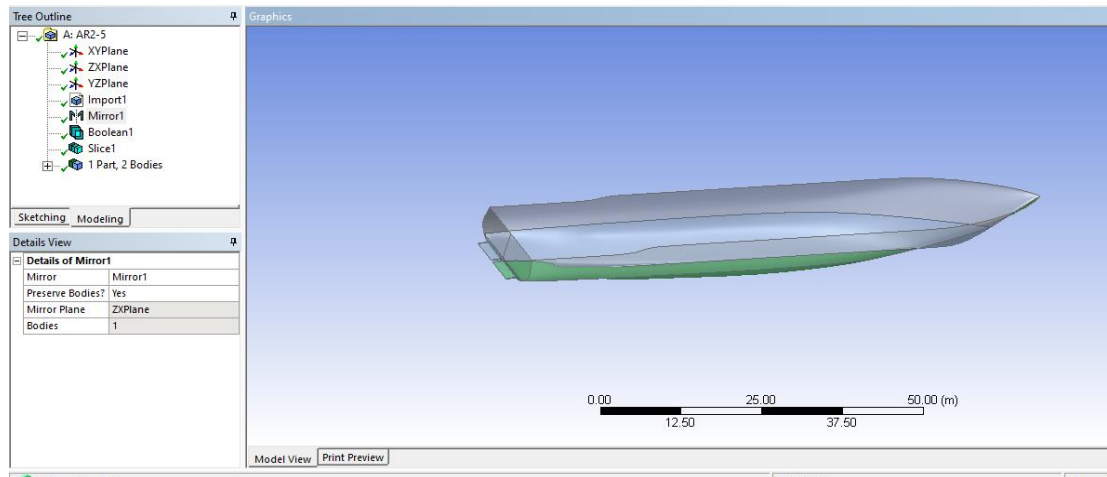
Pada proses berikut ini terdapat lima poin penting yang akan dibahas dalam melakukan analisis kapal korvet dengan *trim-tab* pada *Ansys AQWA* :

- ✓ Geometri Lambung Kapal Korvet dengan *Trim-Tab*

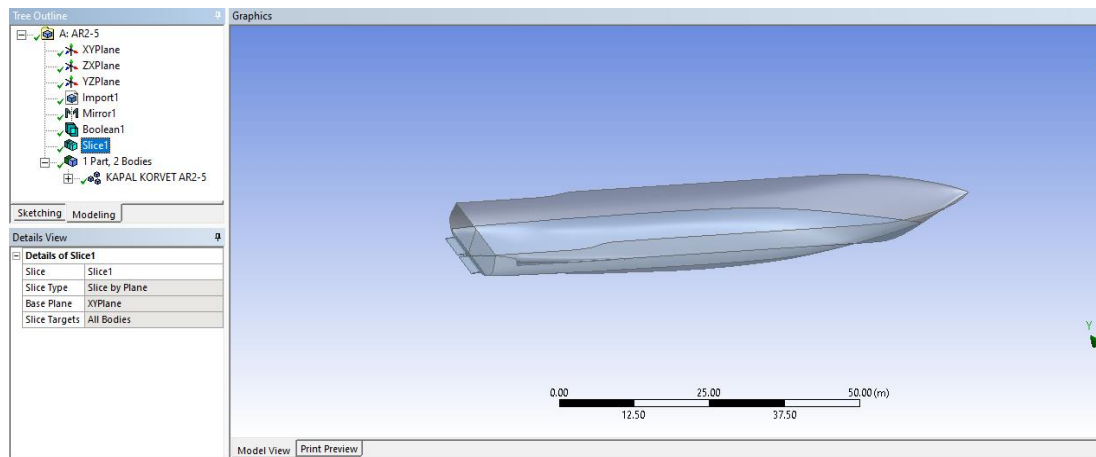
Pertama proses geometri, proses ini diawali dengan meng-*import* model dari *Rhinoceros* dengan skala 1:1 dalam bentuk .iges. Proses *import* dilakukan dengan memilih menu *file* lalu klik *Import Eksternal Geometri*, lalu selanjutnya klik *generate*.

Setelah *file .iges* bisa ditampilkan dalam *Ansys AQWA*, model masih terdiri dari bagian-bagian seperti transom, sisi lambung, dan *trim-tab* pada setengah badan kapal. Sehingga diperlukan langkah-langkah berikut untuk menjadikan model tersebut menjadi satu kesatuan *body* yang utuh dengan cara *Create > Body Operation > Mirror* pada sumbu *ZXPlane* sesuai pada Gambar 3. 8. Lalu klik *generate* sehingga badan kapal menjadi model yang utuh. Setelah itu *Create > Boolean* untuk menyatukan kedua bagian lambung kapal yang telah di *mirror* tadi. Lalu *generate*. Setelah itu memilih *Create > Slice* untuk memotong model tepat pada sarat kapal, yang sesuai dengan Gambar 3. 9.





Gambar 3. 8 Proses *Mirror* pada Geometri



Gambar 3. 9 Proses *Slice* pada Geometri

Setelah itu proses terakhir pada geometri adalah dengan mengganti nama dan menyatukan badan kapal menjadi satu *part*. Kegiatan ini dilakukan dengan cara memilih bagian yang akan disatukan, klik kanan pada nama yang ingin diganti, pilih menu *rename* dan memberi nama model sesuai dengan *trim-tab* yang digunakan.

✓ Pemodelan Kapal Korvet dengan *Trim-tab*

Proses kedua setelah proses geometri adalah pemodelan kapal. Dimana pada proses ini akan dimasukkan data-data kapal penunjang lambung kapal untuk keperluan *running* berupa *point of mass*, *massa* kapal dan radius girasi. Sedangkan untuk kapal dengan *trim-tab* akan dimasukkan nilai *added damping* dari hasil perhitungan yang sudah dijelaskan pada sub-bab 3.2.5.

Proses *input point of mass* dilakukan dengan klik kanan pada menu *add* lalu klik *point of mass* sehingga muncul tampilan seperti berikut :

Details	
<b>Details of Point Mass</b>	
Name	Point Mass
Visibility	Visible
Activity	Not Suppressed
<input type="checkbox"/> X	2.99 m
<input type="checkbox"/> Y	0.0 m
<input type="checkbox"/> Z	0.0 m
Mass Definition	Manual
<input type="checkbox"/> Mass	25190.6431699 kg
Define Inertia Values by	via Radius of Gyration
<input type="checkbox"/> Kxx	6.365209592 m
<input type="checkbox"/> Kyy	24.25 m
<input type="checkbox"/> Kzz	24.25 m
Ixx	1020621.40705368 kg.m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Ixy	0.0 kg.m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Ixz	0.0 kg.m <sup>2</sup>
Iyy	14813672.5990993 kg.m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Iyz	0.0 kg.m <sup>2</sup>
Izz	14813672.5990993 kg.m <sup>2</sup>

Gambar 3. 10 *Point Mass* dan *Radius of Gyration*

Dari gambar Gambar 3. 10 pada *mass definition* diubah menjadi manual, lalu memasukkan nilai *point mass* kapal sesuai dengan perhitungan pada program *maxsurf*. Setelah itu memasukkan besar massa kapal korvet sebesar 25190.6431699 kg (diambil dari data *displacement* kapal pada *maxsurf* lalu dibagi dengan gravitasi bumi). Dan yang terakhir adalah melakukan *input* data radius girasi (Kxx, Kyy dan Kzz) dengan memilih *via Radius of Gyration* pada *define inertia values by*. Untuk input radius girasi pada perangkat lunak ini diberikan secara umum dengan rumus :

$$\left(\frac{k^{xx}}{B}\right)^2 = f[Cb Cm + 1.10 Ce (1 - Cb) \left(\frac{Hn}{d} - 2.20\right) + \left(\frac{Hn}{Bu}\right)^2 ]$$

Dimana :

$B$  = Lebar Kapal

$f$  = Konstanta berdasarkan tipe kapal (kapal perang: 0.177)

$Cb$  = Koefisien Blok

$Cm$  = Koefisien *Midship*

$Ce$  = Koefisien Luasasn Daerah *Deck* yang ter-expose

$Hn$  = Tinggi dari atas *keel* sampai ke *upper deck* + proyeksi luasan lateral dari *forecastle*, dan bawah senjata.

$d$  = Sarat Kapal

$Bu$  = Maksimal Lebar Kapal pada Sarat Kapal

$$K_{yy} = 0.25 * Lwl$$

$$K_{zz} = 0.25 * Lwl$$

Dari tiga persamaan diatas didapatkan nilai sebagai berikut :

$$K_{xx} = 6.365209592 \text{ m}$$

$$K_{yy} = 24.250 \text{ m}$$

$$K_{zz} = 24.250 \text{ m}$$

(Bhattacharyya, 1978)

Langkah selanjutnya adalah memasukkan nilai *added damping* kapal korvet yang dimodelkan dengan *trim-tab*. Proses ini dilakukan dengan cara klik kanan pada menu *add* lalu klik *additional damping* sehingga muncul tampilan seperti berikut:

	X	Y	Z	RX	RY	RZ
X	0.0 N/(m/s)	0.0 N/(m/s)	0.0 N/(m/s)	0.0 N/(°/s)	0.0 N/(°/s)	0.0 N/(°/s)
Y	0.0 N/(m/s)	0.0 N/(m/s)	0.0 N/(m/s)	0.0 N/(°/s)	0.0 N/(°/s)	0.0 N/(°/s)
Z	0.0 N/(m/s)	0.0 N/(m/s)	59088.88924 N/(m/s)	0.0 N/(°/s)	0.0 N/(°/s)	0.0 N/(°/s)
RX	0.0 N.m/(m/s)	0.0 N.m/(m/s)	0.0 N.m/(m/s)	0.0 N.m/(°/s)	0.0 N.m/(°/s)	0.0 N.m/(°/s)
RY	0.0 N.m/(m/s)	0.0 N.m/(m/s)	0.0 N.m/(m/s)	0.0 N.m/(°/s)	40052842.59 N.m/(°/s)	0.0 N.m/(°/s)
RZ	0.0 N.m/(m/s)	0.0 N.m/(m/s)	0.0 N.m/(m/s)	0.0 N.m/(°/s)	0.0 N.m/(°/s)	0.0 N.m/(°/s)

Gambar 3. 11 Ordo 6x6 Matrix *Added Damping* pada *Ansys AQWA*

Pada Gambar 3. 11 adalah ordo 6x6 matrix *added damping*, nilai yang dimasukkan pada ordo berikut ini adalah hasil perhitungan *added damping* akibat *trim-tab*. Nilai tersebut diinput sesuai kebutuhan ordo, dimana untuk *heave* pada 3x3 dan *pitch* pada 5x5.

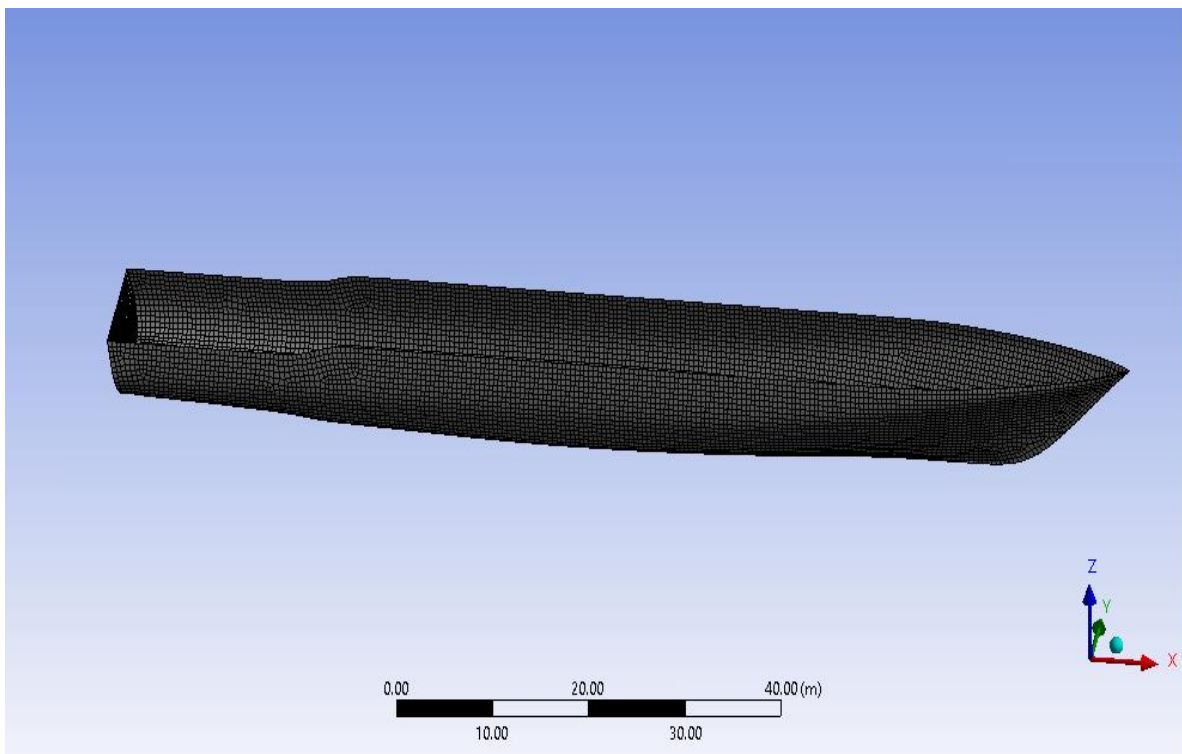
#### ✓ *Meshing*

Setelah memasukkan semua *input* data pada proses model, maka tahap selanjutnya adalah *meshing*. Proses ini bertujuan untuk mendefinisikan kapal menjadi elemen-elemen kecil sehingga nilai hidrodinamis dari model bisa didapatkan. Proses *meshing* sangat mempengaruhi hasil dari *running* karena semakin kecil *meshing* dan semakin banyak jumlah *meshing* maka semakin akurat hasil yang akan didapatkan, namun semakin kecil ukuran *meshing* maka waktu *running* akan semakin lama. Ukuran elemen dari *meshing* juga mempengaruhi rentang frekuensi gelombang yang dapat digunakan dalam *running*. Berikut Gambar 3. 12 adalah pengaturan ukuran elemen yang digunakan:

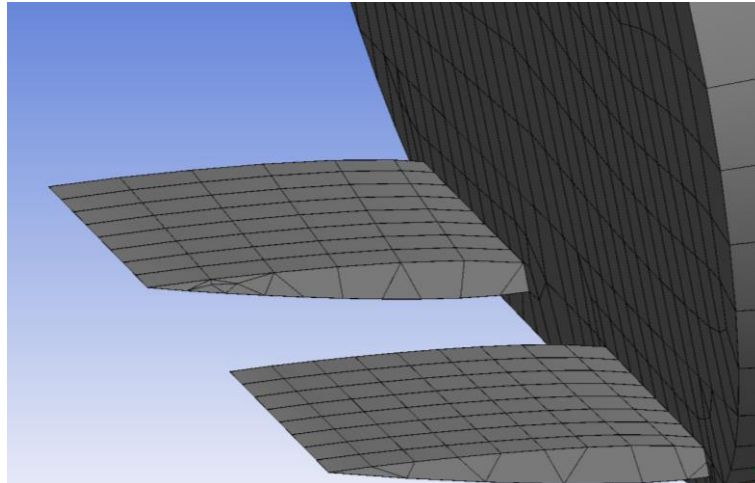
Details	
[-] Details of Mesh	
[-] Defaults	
Global Control	Basic Controls
[-] Mesh Parameters	
Defeaturing Tolerance	0.1 m
Max Element Size	0.795 m
Max Allowed Frequency	4.002 rad/s
Meshing Type	Program Controlled
[-] Generated Mesh Information	
Number of Nodes	11912
Number of Elements	11669
Number of Diff Nodes	5933
Number of Diff Elements	5708

Gambar 3. 12 Ukuran *Meshing* yang Digunakan

Pada Gambar 3. 13 dan Gambar 3. 14 dibawah ini adalah hasil *meshing* dari pengaturan *mesh* yang telah dijelaskan pada paragraf sebelumnya. Variabel dari *mesh parameters* yang perlu dimasukkan nilai adalah *defeaturing tolerance* dan *max element size*, dimana besar nilai *defeaturing tolerance* tidak boleh melebihi  $0.6 \times \text{max element size}$ . Setelah itu klik *generate mesh* dengan cara klik kanan pada '*mesh*' dan klik *generate mesh*. Setelah langkah tersebut dilakukan, maka didapatkan *max allowed frequency* sebesar 4.002 rad/s. Sedangkan untuk *default* bentuk *mesh* yang digunakan adalah *basic controls* (berbentuk persegi).



Gambar 3. 13 Hasil *Meshing*



Gambar 3. 14 Bentuk *Mesh* pada *Trim-tab*

✓ Analisis *Wave Direction* dan *Wave Frequency*

Proses analisis *wave direction* dan *wave frequency* bertujuan untuk menentukan sudut hadap datangnya gelombang, kecepatan kapal, dan besarnya frekuensi gelombang yang akan dianalisis. Dalam analisis yang dilakukan menggunakan sudut hadap 180 derajat dengan kecepatan dinas kapal dan setengah dari kecepatan dinas kapal. Sehingga perlu dilakukan proses input sudut hadap kapal dan kecepatan kapal dengan cara klik *hydrodynamic diffraction* lalu klik *wave direction* sehingga muncul tampilan seperti pada Gambar 3. 15 berikut:

Details	
[-] Details of Wave Directions	
Name	Wave Directions
Type	Single Direction, Forward speed
<input type="checkbox"/> Forward Speed	15.4333 m/s
<input type="checkbox"/> Wave Direction	180°

Gambar 3. 15 *Wave Directions*

Sedangkan pada Gambar 3. 16 berikut dibawah ini adalah pengaturan *wave frequency* kapal. Pada *intervals based upon* pilih *frequency*, dan pada *range* pilih *manual definition*. Maka dapat diatur *lowest frequency* sebesar 0.05rad/s dan *highest frequency* sebesar 2rad/s. Setelah

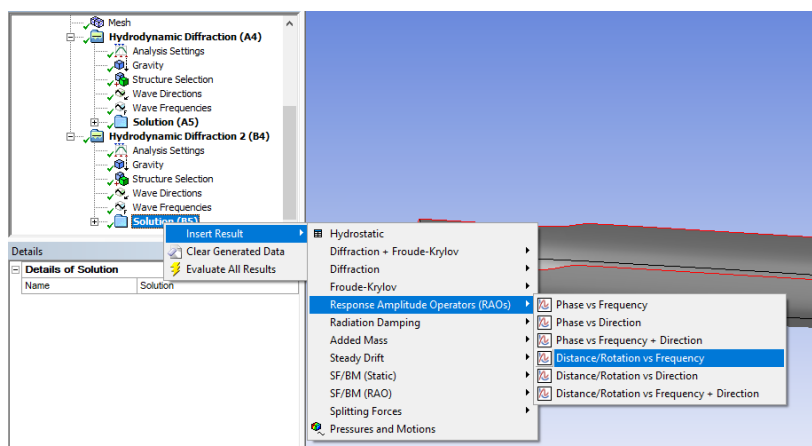
itu, agar *interval frequency* mengeluarkan *output* 0.05rad/s, pada pengaturan *number of intermediate* perlu untuk dimasukkan nilai 38.

Details	
<b>Details of Wave Frequencies</b>	
Name	Wave Frequencies
Intervals Based Upon	Frequency
<b>Frequency/Period Definition</b>	
Range	Manual Definition
Definition Type	Range
Lowest Frequency Defi...	Manual Definition
Lowest Frequency	0.05 rad/s
Longest Period	125.66371 s
Highest Frequency Defi...	Manual Definition
Highest Frequency	2 rad/s
Shortest Period	3.14159 s
Number of Intermediate ...	38
Interval Frequency	0.05 rad/s
<b>Additional Frequencies A</b>	
Additional Range	None
<b>Additional Frequencies B</b>	
Additional Range	None
<b>Additional Frequencies C</b>	
Additional Range	None
<b>Additional Frequencies D</b>	
Additional Range	None

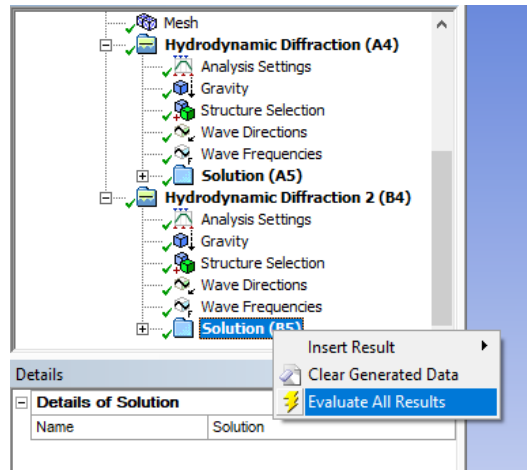
Gambar 3. 16 *Wave Frequency*

✓ *Solving*

Proses terakhir yang dilakukan adalah *Solving* untuk mendapatkan hasil dari pemodelan kapal yang telah dibuat. Pada pemodelan *Ansys AQWA* mampu menampilkan berbagai solusi yang diinginkan meliputi *RAO*, *added mass*, dan lain sebagainya. Dalam menampilkan hasil *solution* dengan cara klik *menu solution>insert Solution> pilih solution* yang diinginkan seperti pada Gambar 3. 17 dibawah ini. Sedangkan untuk memulai proses *running data*, langkah yang dilakukan dengan klik pada *evaluate all result*, yang sesuai dengan Gambar 3. 18 :



Gambar 3. 17 Langkah Menambahkan *Output-an Analisis* yang Diinginkan



Gambar 3. 18 Langkah Memulai *Running*

### 3.2.7. Validasi Respon Gerakan Kapal Korvet

Perhitungan olah gerak kapal bisa juga dilakukan dengan pengujian eksperimen di laboratorium hidrodinamika atau lebih dikenal dengan *towing tank*. Dalam pengujian ini dibuat model kapal yang ukurannya merupakan skala dari desain kapal sebenarnya. Ukuran model ditentukan dengan mempertimbangkan ukuran daripada kolam laboratorium dan kemampuan kecepatan kereta yang menarik model kapal. Pengujian olah gerak kapal ini dilakukan di Laboratorium Hidrodinamika Departemen Perkapalan ITS sesuai pada Gambar 3. 19 memiliki ukuran kolam sebagai berikut:

- ✓ Panjang : 50 m
- ✓ Lebar : 3 m
- ✓ Tinggi : 2 m
- ✓ Sarat : 1.8 m



Gambar 3. 19 Kolam, kereta, dan ruang kontrol di Laboratorium Hidrodinamika ITS

Data ukuran *towing tank* diatas diperkirakan ukuran dari model kapal agar tidak terlalu berhimpit dengan dinding kapal untuk menghindari gelombang pantul dari dinding yang mempengaruhi keakurasian dari pengukuran. Fasilitas penting lainnya adalah kereta tarik model pada *towing tank* yang terbuat dari bahan alumunium dengan tujuh buah roda sintetis, dan digerakkan oleh empat buah motor linear, yang memungkinkan dicapainya kecepatan konstan yang diinginkan dengan waktu yang relatif singkat. Kecepatan kereta ini dikendalikan dari ruang kontrol yang merupakan tempat untuk mengirimkan perintah pada kereta untuk bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Dalam ruang ini juga terdapat perlengkapan yang mampu merubah data analog sensor yang dipasang pada model kapal menjadi data chart yang bisa dibaca atau diinterpretasikan menjadi nilai *motion* model kapal.

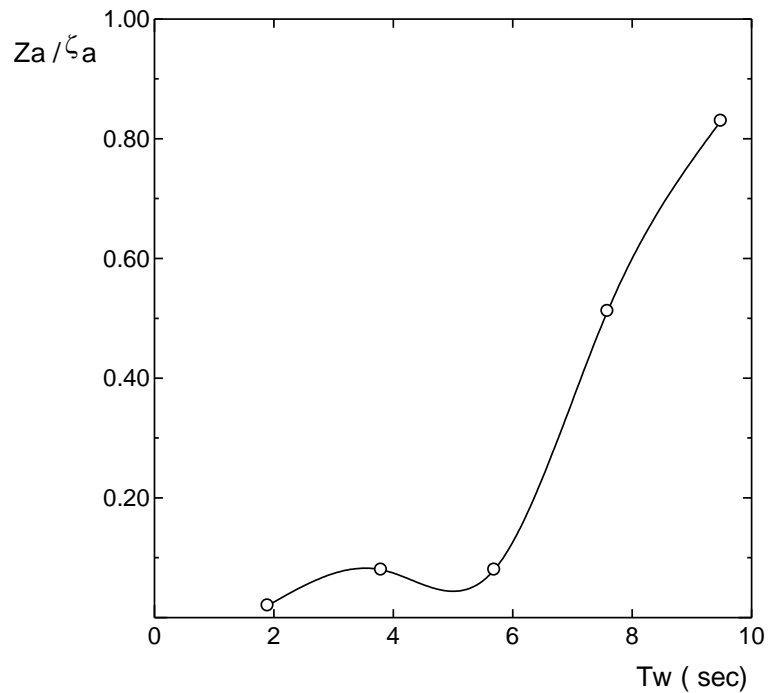
Tabel 3. 5 Ukuran Model 1:90

Ukuran Model	
Loa (m)	1.178
B (m)	0.156
H (m)	0.041
T (m)	0.097

Ukuran model kapal ditentukan dengan pendekatan *Froude number* (Fr), dimana Fr pada kondisi uji di laboratorium harus sama dengan bilangan *Froude number* pada kondisi di lapangan. Setelah mempertimbangkan faktor ukuran kolam, *range* kecepatan kereta, dan desain kecepatan kapal skala penuh, maka di tentukan ukuran model dengan skala 1:90 sesuai pada Tabel 3. 5. Pengujian dilakukan pada kondisi model dengan *forward speed* 20 knot, menggunakan gelombang reguler pada periode ( $T_w = 1.9 - 9.5$ )sekon dengan arah relatif gelombang terhadap kapal 180 derajat (*head seas*).

Berikut pada Gambar 3. 20 dan Gambar 3. 21 adalah hasil dari pengujian *towing tank* yang digunakan pada kapal korvet. Pada Gambar 3. 20 terlihat bahwa respon *heave* terbesar terjadi pada relatif *heave*  $Z_a/\zeta_a$  adalah 0.83 pada periode gelombang di sekitar 9.50 sekon. Pada kapal ini pengaruh frekuensi gelombang terhadap gerak *heave* perlu diperhatikan untuk periode gelombang di atas 10 sec karena kecenderungan gerak *heave* akan mengalami gerak *heave* maksimum menerus bila sudah mencapai  $Z_a/\zeta_a$  sama dengan satu. Jadi kapal ini bila dioperasikan dalam heading 180 derajat dan kecepatan 20 knot, untuk menghindari gerakan *heave* yang besar perlu dioperasikan pada kondisi gelombang di bawah 10 sec.

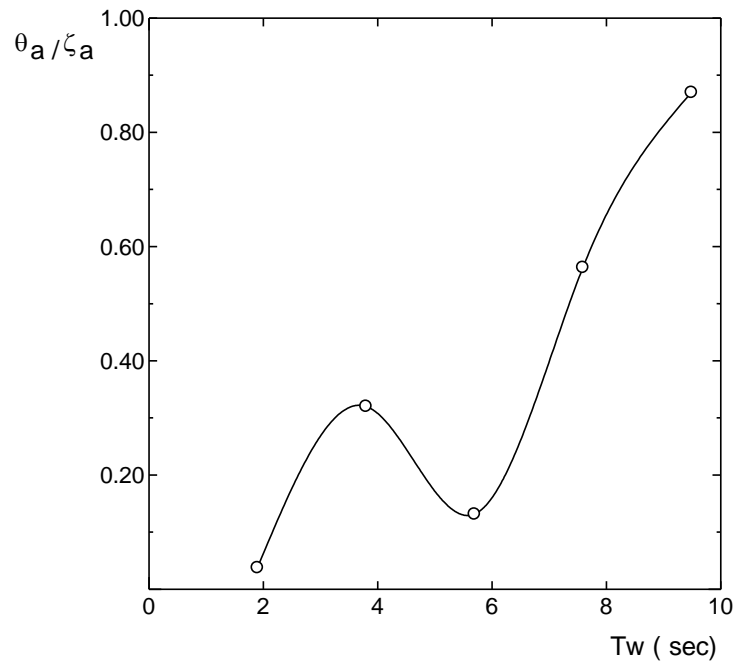




Gambar 3. 20 RAO gerak *heave*

Pada kondisi *head seas*, selain *heaving* penting juga untuk menganalisis gerakan *pitching*. Pengaruh *pitch* ini sangat penting diperhatikan karena berkaitan dengan fenomena *slamming*, *deck wetness* dan percepatan vertikal. Karena gerakan *pitching* adalah gerak yang cenderung terhadap memanjang kapal, maka pada arah gelombang 0 derajat dan 180 derajat perlu perhatian khusus pada kondisi *heading* tersebut.

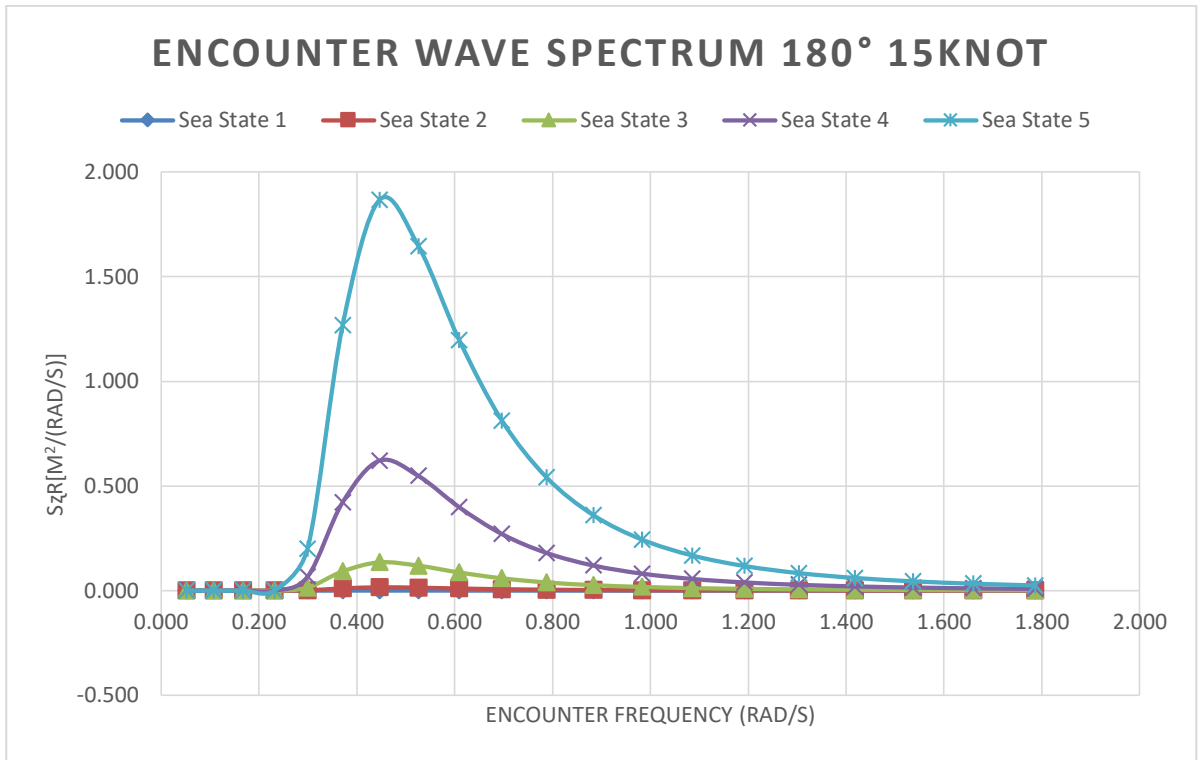
Prediksi respon gerak *pitching* disajikan pada Gambar 3. 21. Respon *pitch* terbesar terlihat pada periode gelombang sekitar 9.50 sec dimana relatif *pitch* terhadap gelombang  $\theta a/\zeta a$  adalah 0.87. Berbeda dengan *heave*, kecenderungan gerak *pitch* yang mana akan mencapai suatu nilai resonansi tertentu dan akhirnya menurun kembali pada periode berikutnya. Sehingga pengujian dalam *range* periode gelombang yang lebar akan memberikan informasi yang baik mengenai kondisi resonansi *pitch* dimana akan terjadi.



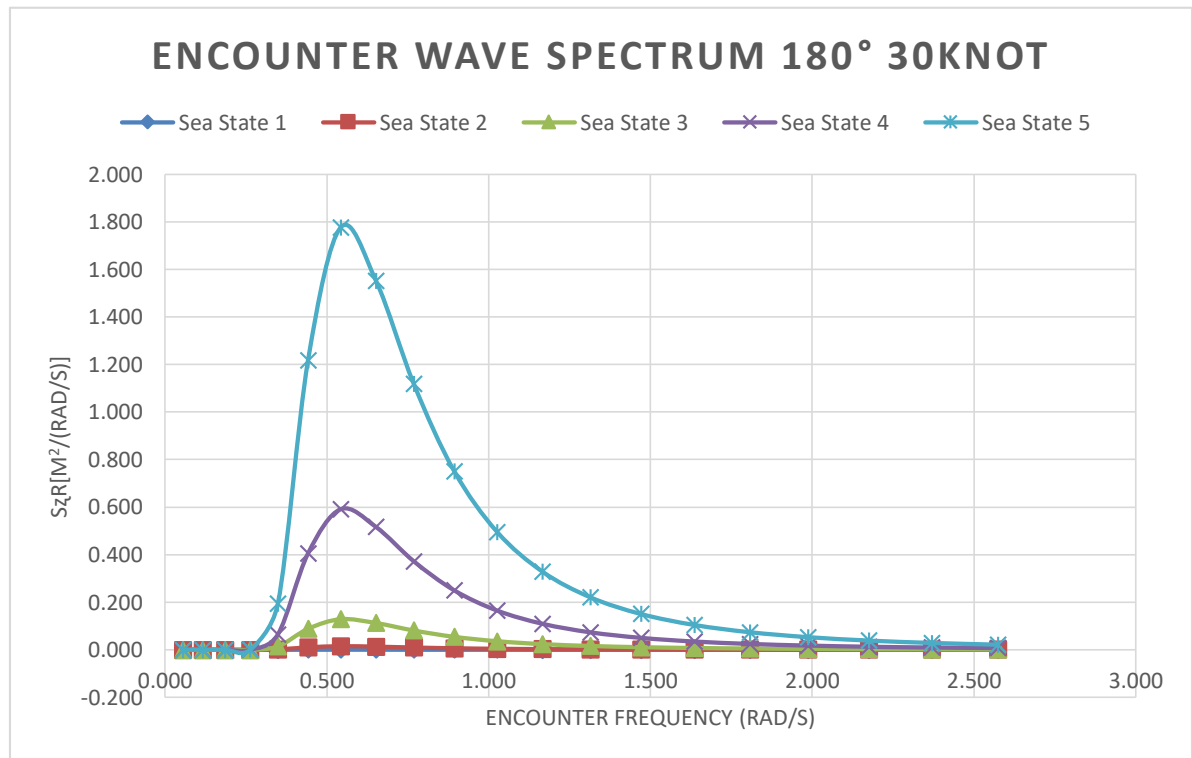
Gambar 3. 21 RAO gerak *pitch*

### 3.2.8. Perhitungan Spektrum Gelombang

Pada proses perhitungan spektrum gelombang, penulis menggunakan metode *ITTC* (*International Towing Tank Conference*) dengan menerapkan rumus yang telah dijelaskan pada sub-bab 2.1.6. Pengujian kapal korvet dengan *trim-tab* dilakukan pada dua variasi kecepatan, yaitu 15knot dan 30knot. Maka sesuai dengan variasi kecepatan yang dibutuhkan, tergambaran grafik *encounter wave spectrum 180°* pada Gambar 3. 22 dan Gambar 3. 23 berikut dibawah ini secara berurutan:



Gambar 3.22 Encounter Wave Spectrum 180° 15KNOT



Gambar 3.23 Encounter Wave Spectrum 180° 30KNOT

### 3.2.9. Perhitungan Respon Gerakan pada Gelombang *Irregular*

Pada penelitian ini, perilaku gerak kapal korvet dikaji dalam kondisi gelombang *irregular* dengan rentang frekuensi gelombang yang dianalisis antara 0.05– 2 rad/s dengan interval frekuensi sebesar 0.05 rad/s. Perhitungan spektrum gelombang berguna untuk menggambarkan kondisi gelombang yang diinginkan sesuai dengan penjelasan pada poin sebelumnya. Spektrum gelombang dibuat dalam lima variasi *sea state* yaitu skala 1-5. Selanjutnya spektrum gelombang diubah menjadi spektrum gelombang *encountered* dengan sudut datang  $180^\circ$  pada kecepatan dinas kapal dan setengah dari kecepatan dinas kapal. Respon gerakan pada gelombang *irregular* dapat dilakukan dengan mentransformasikan spektrum gelombang *encountered* menjadi spektrum respon. Spektrum respon didefinisikan sebagai respon kerapatan energi pada struktur. Hal ini didapatkan dengan mengalikan harga dari *response amplitude operators* (RAO) dengan spektrum gelombang *encountered*.

### 3.3. Spesifikasi Komputer

Agar lancar dalam proses menganalisis kapal korvet pada *software Ansys AQWA*, Penulis menggunakan sebuah alat berupa komputer. Oleh karena itu, diperlukan spesifikasi tertentu dari komputer agar proses *running* berjalan dengan cepat dan lancar. Adapun spesifikasi yang digunakan oleh Penulis adalah:

- ✓ *Processor* : Intel ® Core™ i5-7200U CPU @2.50Ghz- 2.70 GHz
- ✓ *Installed Memory* (RAM) : 8.00 GB
- ✓ *System Type* : 64-bit Operating System, x64-based processor
- ✓ *Operating System* : Windows 10 Pro © 2019 Microsoft Corporation

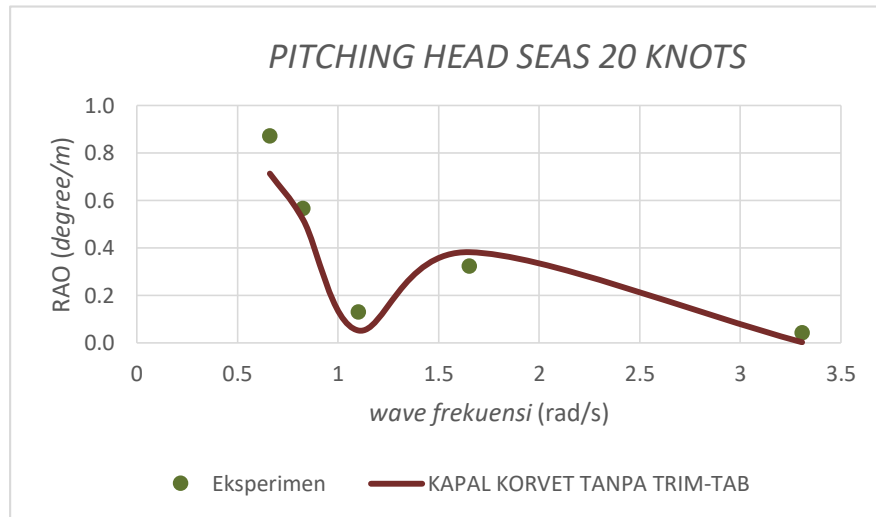
### 3.4. Kesimpulan dan Saran

Tahapan terakhir dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah penarikan kesimpulan dan saran. Kesimpulan yang didapatkan harus mampu menjawab permasalahan yang ada, diantaranya: pengurangan nilai *heaving* dan *pitching* akibat *trim-tab*, rasio perbandingan luasan dan sudut *trim-tab* yang optimal dalam mengecilkan nilai *heaving* dan *pitching*, nilai respon gerakan *heaving* dan *pitching* kapal korvet akibat *trim-tab* pada gelombang *irregular*, dan nilai *added mass* dan *added damping* akibat *trim-tab*. Sedangkan untuk saran yang diberikan berupa masukan terhadap penelitian ini kedepannya.

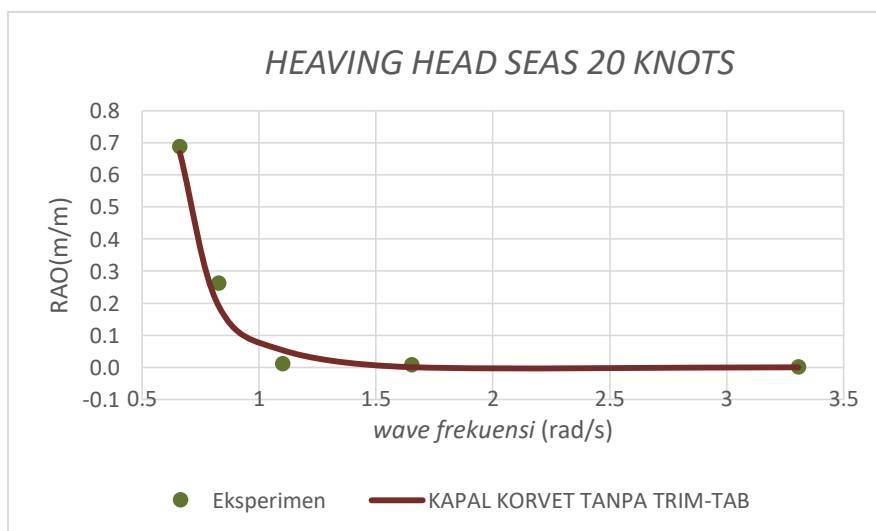
## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Validasi Nilai *Heaving* dan *Pitching*

Proses validasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai *RAO pitching* dan *heaving* pada pengujian eksperimen dengan hasil analisis menggunakan *Ansys AQWA*. Proses validasi ini berguna untuk memastikan bahwa parameter yang dimasukkan pada *Ansys AQWA* sudah bernilai benar. Berikut Gambar 4. 1 dan Gambar 4. 2 adalah gambar grafik *pitching* dan *heaving* hasil validasi kapal korvet pada kecepatan 20knot yang digambarkan sesuai pada grafik dibawah ini:



Gambar 4. 1 RAO *Pitching Head Seas* pada 20Knot



Gambar 4. 2 RAO *Heaving Head Seas* pada 20Knot

Grafik yang digambarkan pada sub-bab 3.2.7 adalah gambar grafik pengujian eksperimen yang mengacu pada periode gelombang, sedangkan grafik pada Gambar 4. 1 adalah grafik *RAO* yang sudah diubah menjadi bentuk *wave frequency*. Begitu pula pada Gambar 4. 2 yang menggunakan tolok ukur *wave frequency* yaitu pada frekuensi 0.66139rad/s - 3.30694rad/s. Proses validasi pada sub-bab berikut ini menerapkan persamaan RMSE untuk mencari nilai *error* antara keduanya.

Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan RMSE pada *RAO Heaving* dan *RAO Pitching*

HEAVING						
EKSPERIMEN (a) (m/m)	ANSYS AQWA (b) (m/m)	(b-a) (m/m)	(b-a) <sup>2</sup> (m/m) <sup>2</sup>	S(b-a) <sup>2</sup> (m/m) <sup>2</sup>	(S(b-a) <sup>2</sup> )/5 (m/m) <sup>2</sup>	RMSE
6.88E-01	6.69E-01	-1.86E-02	3.45E-04	7.07E-03	1.41E-03	0.038
2.62E-01	1.92E-01	-6.94E-02	4.81E-03			
9.94E-03	5.33E-02	4.34E-02	1.88E-03			
6.63E-03	7.09E-04	-5.92E-03	3.50E-05			
4.06E-04	2.77E-04	-1.29E-04	1.67E-08			
PITCHING						
EKSPERIMEN (a) (deg/m)	ANSYS AQWA (b) (deg/m)	(b-a) (deg/m)	(b-a) <sup>2</sup> (deg/m) <sup>2</sup>	S(b-a) <sup>2</sup> (deg/m) <sup>2</sup>	(S(b-a) <sup>2</sup> )/5 (deg/m) <sup>2</sup>	RMSE
8.70E-01	7.13E-01	-1.57E-01	2.47E-02	3.81E-02	7.61E-03	0.087
5.66E-01	5.19E-01	-4.73E-02	2.24E-03			
1.30E-01	5.17E-02	-7.80E-02	6.08E-03			
3.22E-01	3.82E-01	5.98E-02	3.58E-03			
4.09E-02	2.30E-03	-3.86E-02	1.49E-03			

Pada Tabel 4. 1 adalah hasil perhitungan RMSE pada *RAO Heaving* dan *RAO Pitching*. Nilai *RAO Heaving* mempunyai nilai eror sebesar 0.038 dan nilai *RAO Pitching* mempunyai nilai eror sebesar 0.087. Pengujian diatas dilakukan pada *head seas* dengan kecepatan 20knot.

#### 4.2. Added Damping akibat Trim-tab

Nilai *added damping* yang didapatkan dari hasil perhitungan sesuai pada persamaan yang sudah dijelaskan pada sub-bab 2.1.10 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan *Added Damping AR1.5*

ADDED DAMPING AR 1.5			
ANGEL OF ATTACK	KECEPATAN	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
0 DEGREE	15KNOT	4358.013	12338844
	30KNOT	8716.026	24677688
3 DEGREE	15KNOT	22158.33	15019816
	30KNOT	44316.67	30039632
5 DEGREE	15KNOT	35297.86	12878534
	30KNOT	70595.73	25757067

Pada Tabel 4. 2 merupakan hasil perhitungan *added damping* pada AR1.5, dari hasil tersebut nilai *added damping* paling besar untuk *heaving* pada kecepatan 15knot dan 30knot secara berurutan adalah AR1.5-5 (35297.86 N/(m/s)) dan AR1.5-5 (70595.73 N/(m/s)). Sedangkan untuk nilai *added damping* paling besar untuk *pitching* pada kecepatan 15knot dan 30knot secara berurutan adalah AR1.5-3 (15019816 N.m/(°/s)) dan AR1.5-3 (30039632 N.m/(°/s)).

Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan *Added Damping* AR1.75

<b>ADDED DAMPING AR 1.75</b>			
<b>ANGEL OF ATTACK</b>	<b>KECEPATAN</b>	<b>HEAVING (N/(m/s))</b>	<b>PITCHING (N.m/(°/s))</b>
0 DEGREE	15KNOT	5084.348	14395318
	30KNOT	10168.7	28790636
3 DEGREE	15KNOT	25851.39	17523119
	30KNOT	51702.78	35046237
5 DEGREE	15KNOT	41180.84	15024956
	30KNOT	82361.68	30049912

Pada Tabel 4. 3 merupakan hasil perhitungan *added damping* pada AR1.75, dari hasil tersebut nilai *added damping* paling besar untuk *heaving* pada kecepatan 15knot dan 30knot secara berurutan adalah AR1.5-5 (41180.84 N/(m/s)) dan AR1.5-5 (82361.68 N/(m/s)). Sedangkan untuk nilai *added damping* paling besar untuk *pitching* pada kecepatan 15knot dan 30knot secara berurutan adalah AR1.5-3 (17523119 N.m/(°/s)) dan AR1.5-3 (35046237 N.m/(°/s)).

Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan *Added Damping* AR2

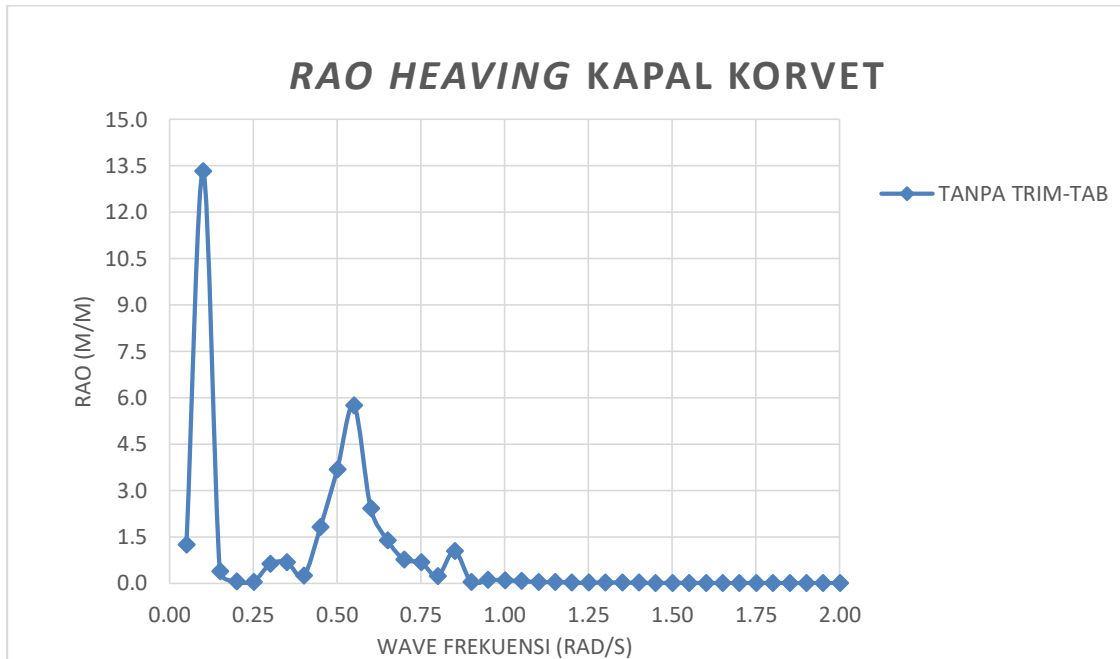
<b>ADDED DAMPING AR 2</b>			
<b>ANGEL OF ATTACK</b>	<b>KECEPATAN</b>	<b>HEAVING (N/(m/s))</b>	<b>PITCHING (N.m/(°/s))</b>
0 DEGREE	15KNOT	5810.684	16451792
	30KNOT	11621.37	32903584
3 DEGREE	15KNOT	29544.44	20026421
	30KNOT	59088.89	40052843
5 DEGREE	15KNOT	47063.82	17171378
	30KNOT	94127.63	34342756

Pada Tabel 4. 4 merupakan hasil perhitungan *added damping* pada AR2, dari hasil tersebut nilai *added damping* paling besar untuk *heaving* pada kecepatan 15knot dan 30knot secara berurutan adalah AR1.5-5 (47063.82 N/(m/s)) dan AR1.5-5 (94127.63 N/(m/s)). Sedangkan untuk nilai *added damping* paling besar untuk *pitching* pada kecepatan 15knot dan

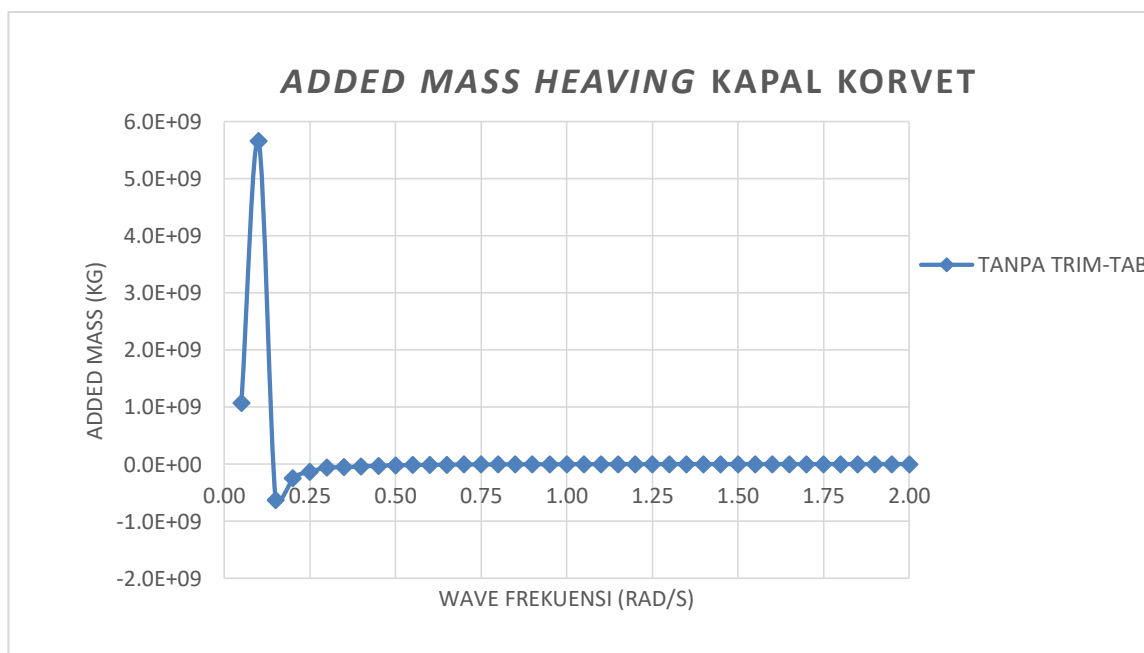
30knot secara berurutan adalah AR1.5-3 (20026421 N.m/(°/s)) dan AR1.5-3 (40052843 N.m/(°/s)).

#### 4.3. Response Amplitude Operator Kapal Korvet tanpa Trim-tab

Pada sub-bab berikut ini akan membahas tentang hasil perhitungan RAO Kapal Korvet dengan Trim-tab. Terdapat tiga variasi yang digunakan sebagai acuan yaitu pada AR1.5, AR1.75 dan AR2, maka hasil yang didapatkan adalah berikut dibawah ini:



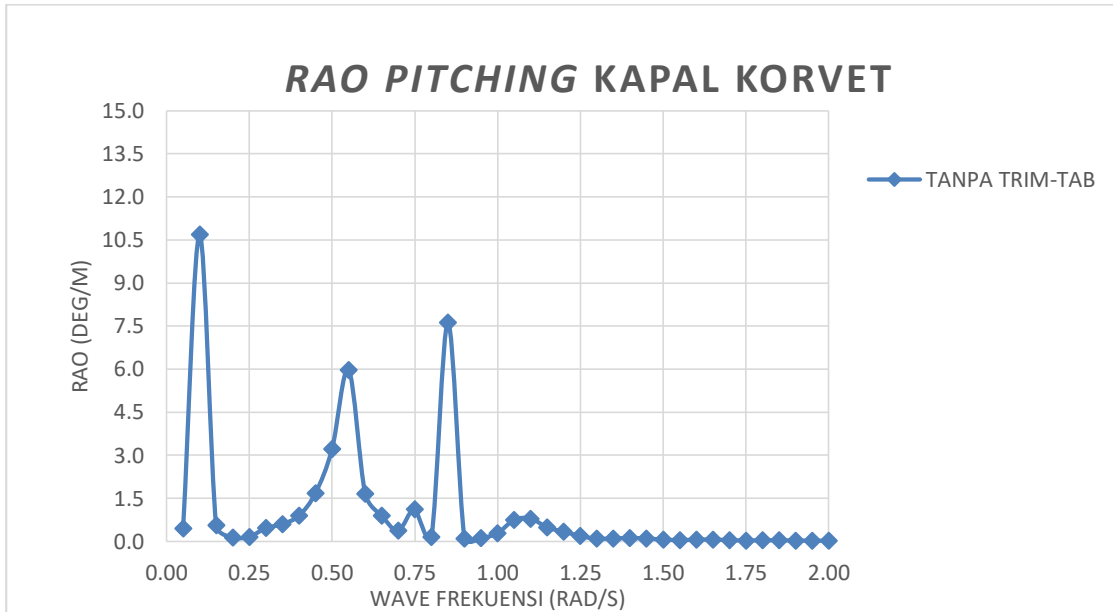
Gambar 4. 3 RAO Heaving Kapal Korvet



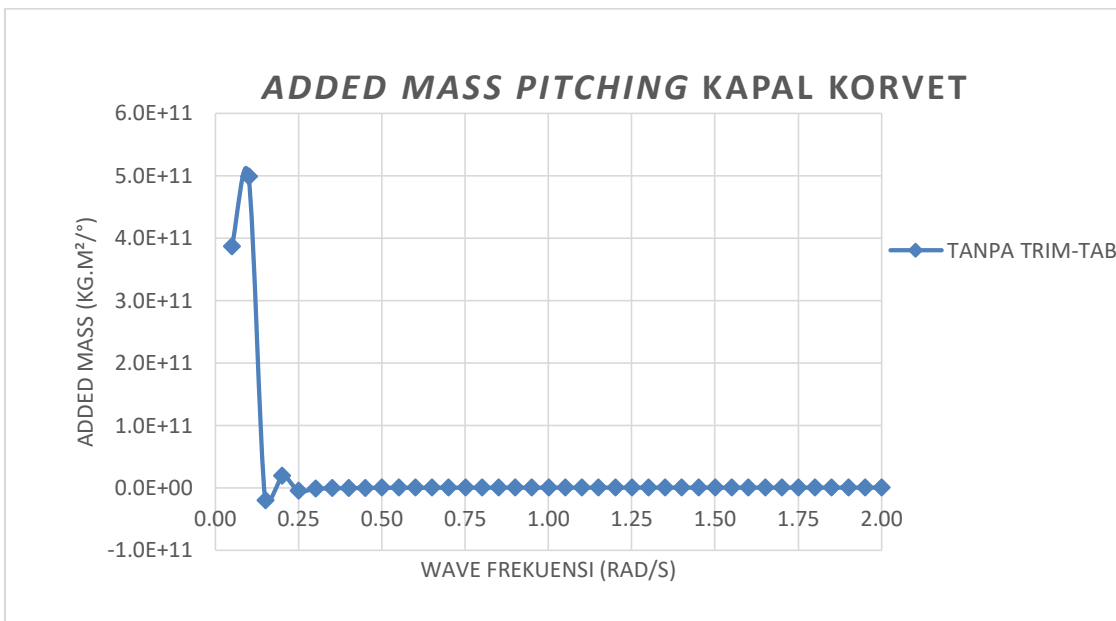
Gambar 4. 4 Added Mass Heaving Kapal Korvet



Pada Gambar 4. 3 diatas adalah gambar grafik *RAO* dari hasil pengujian *Ansys AQWA*. Dimana pada nilai *RAO heaving* terdapat tiga puncak yaitu pada frekuensi 0.1rad/s, 0.55rad/s dan 0.85rad/s, yang secara berurutan mempunyai nilai *RAO* : 13.3m/m, 5.75m/m dan 1.04m/m. Dari beberapa puncak tersebut yang akan menjadi fokus dalam menurunkan nilai amplitudo *RAO* kapal. Sedangkan pada Gambar 4. 4 adalah nilai *added mass* kapal korvet akan bernilai tinggi pada saat frekuensi 0.1rad/s sebesar 5.66E+09kg.



Gambar 4. 5 *RAO Pitching* Kapal Korvet



Gambar 4. 6 *Added Mass Pitching* Kapal Korvet

Pada Gambar 4. 5 diatas adalah gambar grafik *RAO* dari hasil pengujian *Ansys AQWA*. Dimana pada nilai *RAO pitching* terdapat tiga puncak yaitu pada frekuensi 0.1rad/s, 0.55rad/s

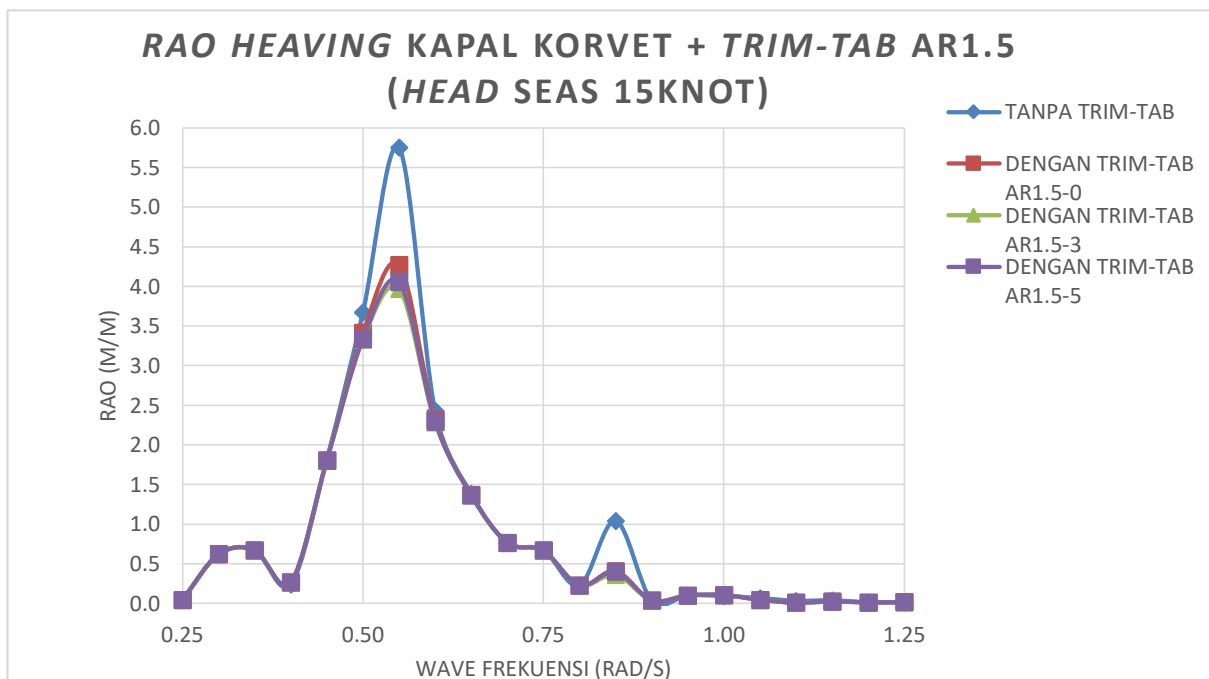
dan 0.85rad/s, yang secara berurutan mempunya nilai  $RAO$  : 10.7deg/m, 5.98deg/m dan 7.62deg/m. Dari beberapa puncak tersebut yang akan menjadi fokus dalam menurunkan nilai amplitudo  $RAO$  kapal. Sedangkan pada Gambar 4. 6 adalah nilai *added mass* kapal korvet akan bernilai tinggi pada saat frekuensi 0.1rad/s sebesar  $4.98E+11\text{kg.m}^2/\text{deg}$ .

#### 4.4. Response Amplitude Operator Kapal Korvet dengan Trim-tab

Pada sub-bab berikut ini akan membahas tentang hasil perhitungan  $RAO$  Kapal Korvet dengan *Trim-tab*. Terdapat tiga variasi yang digunakan sebagai acuan yaitu pada AR1.5, AR1.75 dan AR2, maka hasil yang didapatkan adalah berikut dibawah ini:

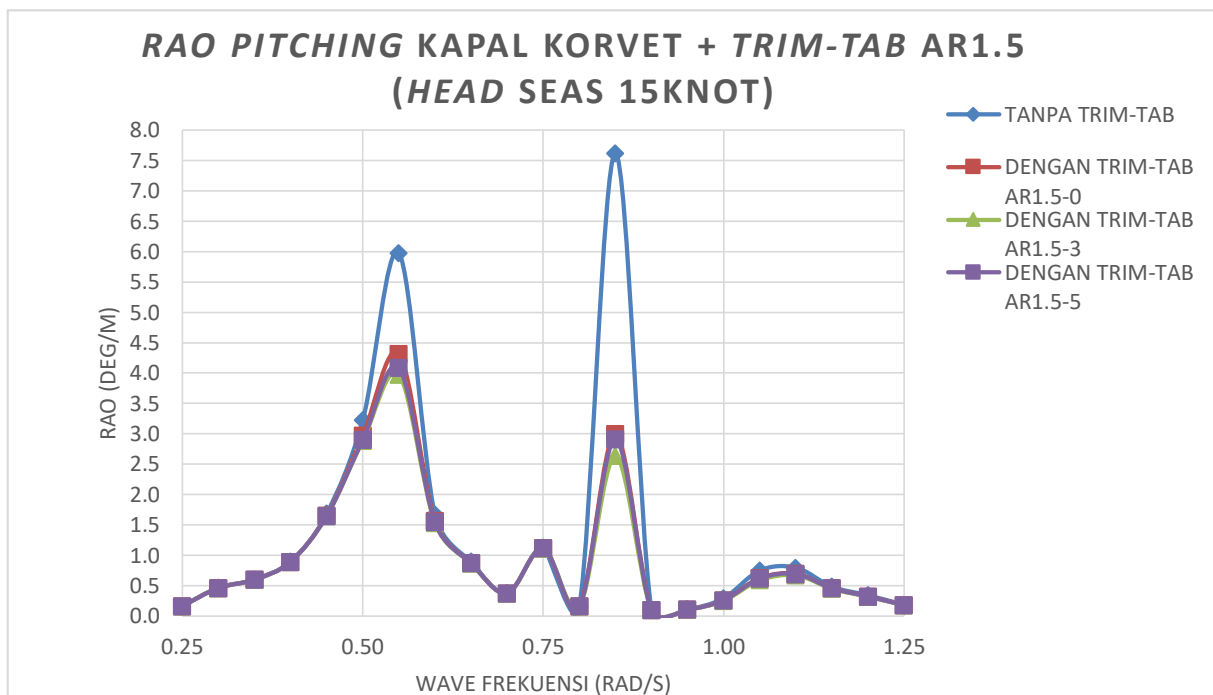
##### 4.4.1. Hasil Perhitungan pada AR1.5 (Aspek Rasio 1.5)

Pada Gambar 4. 7 dan Gambar 4. 8 secara berurutan merupakan grafik  $RAO$  heaving dan pitching kapal korvet dengan tambahan *trim-tab* AR1.5. Grafik ini adalah hasil  $RAO$  yang disimulasikan terjadi pada sudut datang *head seas* (180 degree) dan saat kapal korvet melaju dengan kecepatan 15knot. Kedua gambar ini masing-masing menyajikan empat grafik, diantaranya: kapal korvet tanpa *trim-tab* (biru), kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.5-0 (merah), kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.5-3 (hijau), dan kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.5-5 (ungu).



Gambar 4. 7  $RAO$  Heaving Kapal Korvet AR1.5 15knot

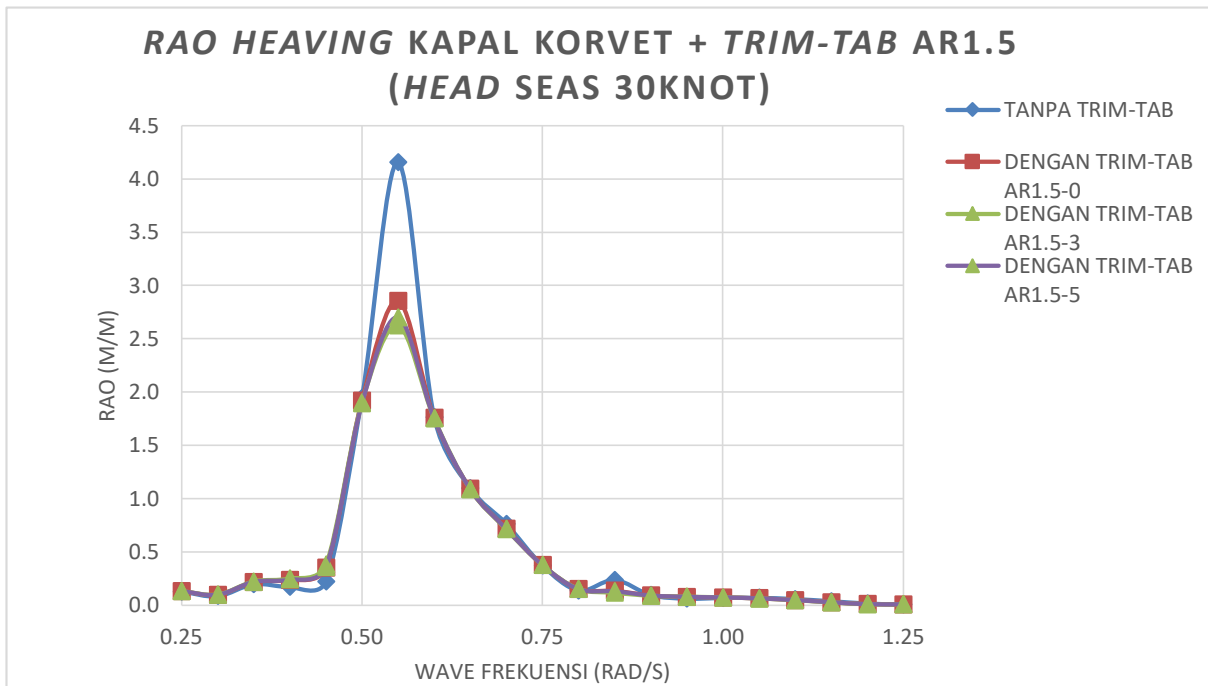
Pada Gambar 4. 7 nilai *RAO heaving* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi gelombang (0.25-1.25) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Pada range yang disajikan, diketahui bahwa pada frekuensi gelombang 0.55rad/s dan 0.85rad/s mengalami perubahan. Pada 0.55rad/s bernilai sebesar: 5.75m/m untuk tanpa *trim-tab*, 4.27m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-0, 3.97m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-3, dan 4.06m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-5. Sedangkan pada 0.85rad/s bernilai sebesar: 1.04m/m untuk tanpa *trim-tab*, 0.41m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-0, 0.361m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-3, dan 0.398m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-5. Sehingga jika dihitung persentase penurunan nilai *RAO* dengan tolok ukur kapal korvet tanpa *trim-tab*, yaitu sebesar: 5.150% untuk dengan *trim-tab* AR1.5-0, 6.230% untuk dengan *trim-tab* AR1.5-3, dan 5.954% untuk dengan *trim-tab* AR1.5-5.



Gambar 4. 8 *RAO Pitching* Kapal Korvet AR1.5 15knot

Pada Gambar 4. 8 nilai *RAO pitching* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi gelombang (0.25-1.25) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Pada range yang disajikan, diketahui bahwa pada frekuensi gelombang 0.55rad/s dan 0.85rad/s mengalami perubahan. Pada 0.55rad/s bernilai sebesar: 5.98deg/m untuk tanpa *trim-tab*, 4.32deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-0, 3.98deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-3, dan 4.09deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-5. Sedangkan pada 0.85rad/s bernilai sebesar: 7.62deg/m untuk tanpa *trim-tab*, 2.99deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-0, 2.64deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-3, dan

0.291deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-5. Sehingga jika dihitung penurunan nilai *RAO* dengan tolok ukur kapal korvet tanpa *trim-tab*, yaitu sebesar: 12.629% untuk dengan *trim-tab* AR1.5-0, 14.490% untuk dengan *trim-tab* AR1.5-3, dan 13.557% untuk dengan *trim-tab* AR1.5-5.

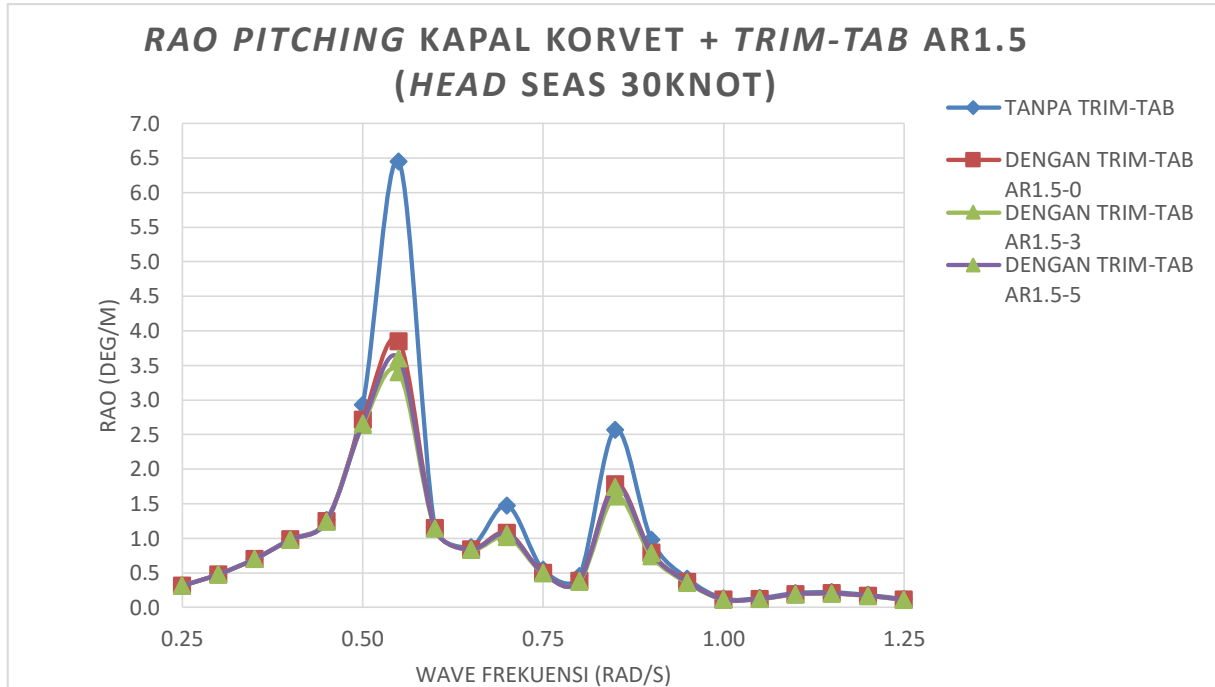


Gambar 4. 9 *RAO Heaving* Kapal Korvet AR1.5 30knot

Pada Gambar 4. 9 dan Gambar 4. 10 secara berurutan merupakan grafik *RAO heaving* dan *pitching* kapal korvet dengan tambahan *trim-tab* AR1.5. Grafik ini adalah hasil *RAO* yang disimulasikan terjadi pada sudut datang *head seas* (180 degree) dan saat kapal korvet melaju dengan kecepatan 30knot. Kedua gambar ini masing-masing menyajikan empat grafik, diantaranya: kapal korvet tanpa *trim-tab* (biru), kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.5-0 (merah), kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.5-3 (hijau), dan kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.5-5 (ungu).

Gambar 4. 9 nilai *RAO heaving* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi gelombang (0.25-1.25) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Pada range yang disajikan, diketahui bahwa pada frekuensi gelombang 0.55rad/s mengalami perubahan. Pada 0.55rad/s benilai sebesar: 4.16m/m untuk tanpa *trim-tab*, 2.86m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-0, 2.62m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-3, dan 2.70m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-5. Sehingga jika

dihitung persentase penurunan nilai *RAO* dengan tolok ukur kapal korvet tanpa *trim-tab*, yaitu sebesar: 4.647% untuk dengan *trim-tab* AR1.5-0, 5.588% untuk dengan *trim-tab* AR1.5-3, dan 5.470% untuk dengan *trim-tab* AR1.5-5.



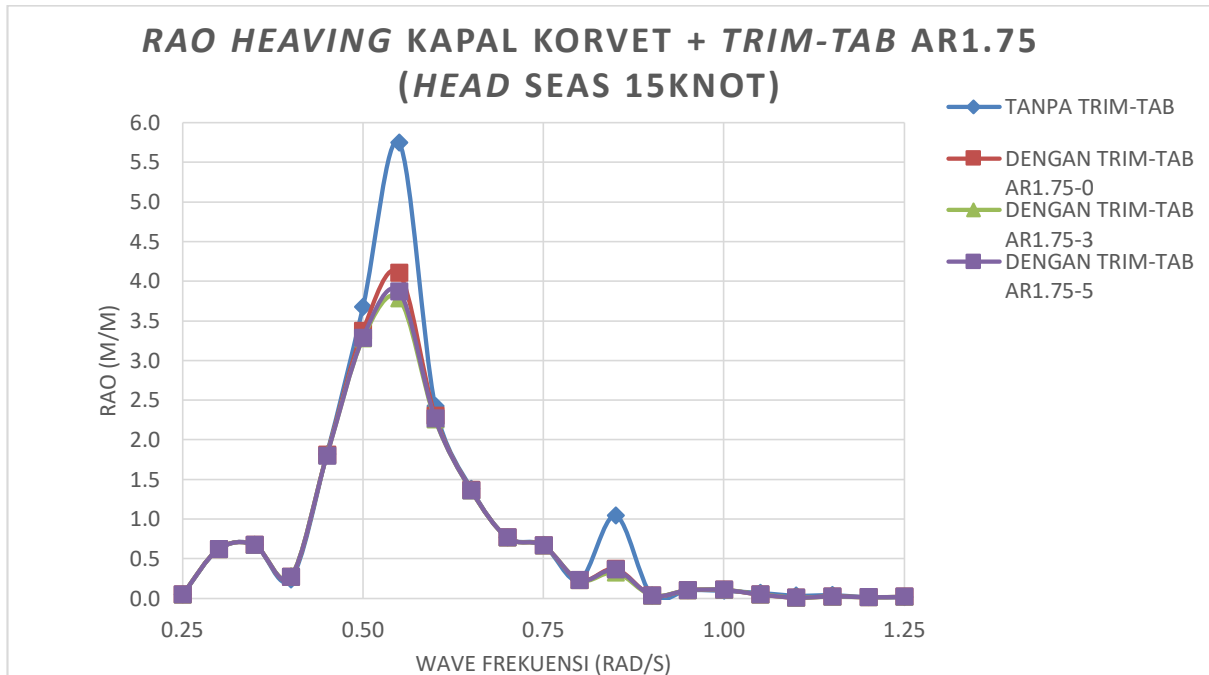
Gambar 4. 10 *RAO Pitching* Kapal Korvet AR1.5 30knot

Pada Gambar 4. 10 nilai *RAO pitching* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi gelombang (0.25-1.25) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Pada range yang disajikan, diketahui bahwa pada frekuensi gelombang 0.55rad/s dan 0.85rad/s mengalami perubahan. Pada 0.55rad/s bernilai sebesar: 6.45deg/m untuk tanpa *trim-tab*, 3.85deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-0, 3.40Edeg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-3, dan 3.60deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-5. Sedangkan pada 0.85rad/s bernilai sebesar: 2.57deg/m untuk tanpa *trim-tab*, 1.78deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-0, 1.61deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-3, dan 0174deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.5-5. Sehingga jika dihitung penurunan nilai *RAO* dengan tolok ukur kapal korvet tanpa *trim-tab*, yaitu sebesar: 14.730% untuk dengan *trim-tab* AR1.5-0, 17.870% untuk dengan *trim-tab* AR1.5-3, dan 16.107% untuk dengan *trim-tab* AR1.5-5.

#### 4.4.2. Hasil Perhitungan pada AR1.75 (Aspek Rasio 1.75)

Pada Gambar 4. 11 dan Gambar 4. 12 secara berurutan merupakan grafik *RAO heaving* dan *pitching* kapal korvet dengan tambahan *trim-tab* AR1.75. Grafik ini adalah hasil *RAO* yang

disimulasikan terjadi pada sudut datang *head seas* (180 *degree*) dan saat kapal korvet melaju dengan kecepatan 15knot. Kedua gambar ini masing-masing menyajikan empat grafik, diantaranya: kapal korvet tanpa *trim-tab* (biru), kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.75-0 (merah), kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.75-3 (hijau), dan kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.75-5 (ungu).

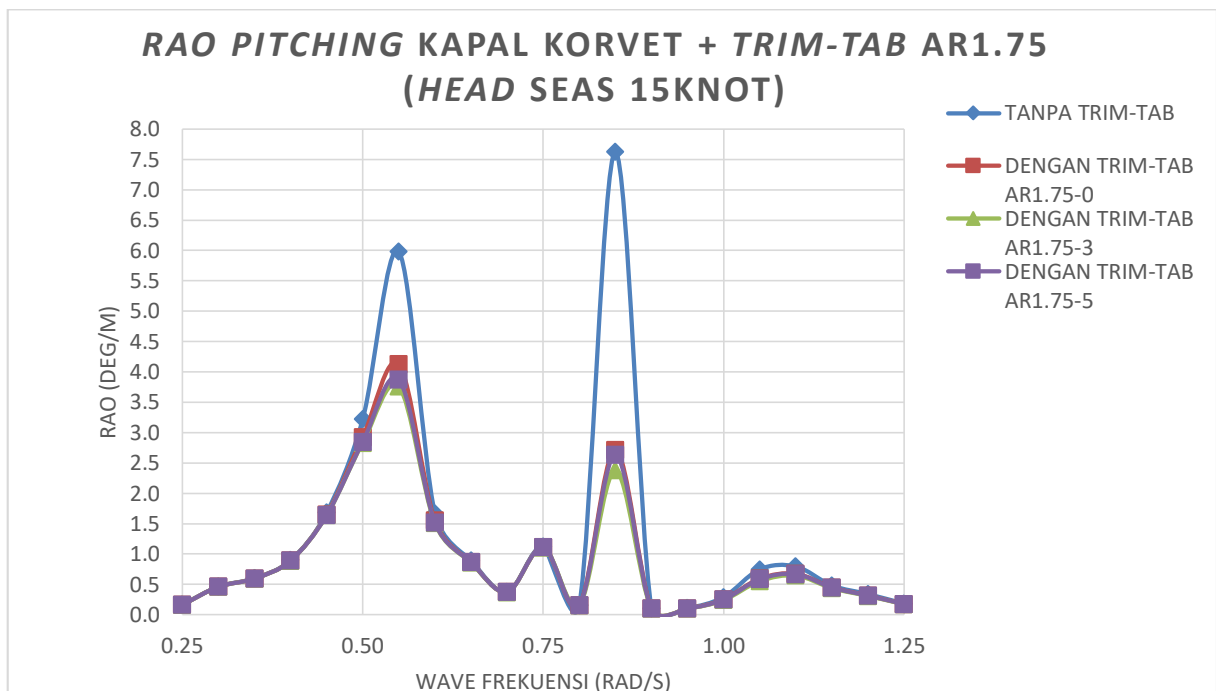


Gambar 4. 11 RAO Heaving Kapal Korvet AR1.75 15knot

Pada Gambar 4. 11 nilai *RAO heaving* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi gelombang (0.25-1.25) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Pada range yang disajikan, diketahui bahwa pada frekuensi gelombang 0.55rad/s dan 0.85rad/s mengalami perubahan. Pada 0.55rad/s bernilai sebesar: 5.75m/m untuk tanpa *trim-tab*, 4.10m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-0, 3.78m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-3, dan 3.87m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-5. Sedangkan pada 0.85rad/s bernilai sebesar: 1.04m/m untuk tanpa *trim-tab*, 0.372m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-0, 0.326m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-3, dan 0.361m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-5. Sehingga jika dihitung penurunan nilai *RAO* dengan tolok ukur kapal korvet tanpa *trim-tab*, yaitu sebesar: 5.720% untuk dengan *trim-tab* AR1.75-0, 6.884% untuk dengan *trim-tab* AR1.75-3, dan 6.613% untuk dengan *trim-tab* AR1.75-5.

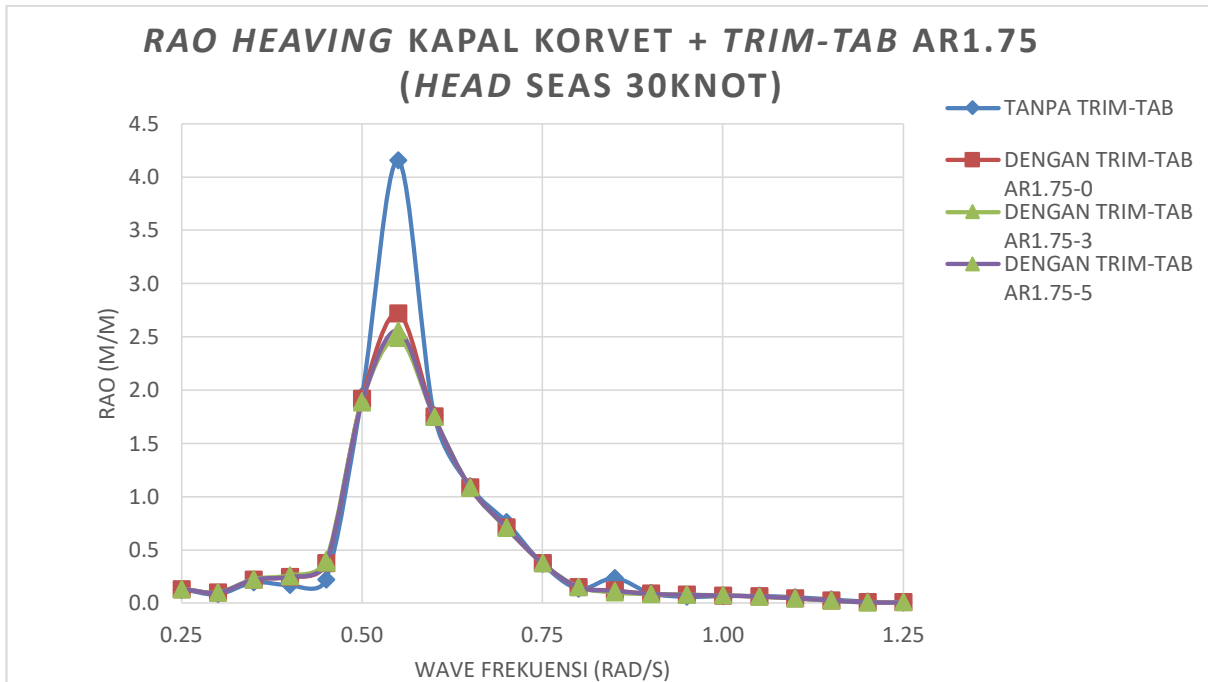
Pada Gambar 4. 12 nilai *RAO pitching* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi gelombang (0.25-1.25) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-*

*tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Pada range yang disajikan, diketahui bahwa pada frekuensi gelombang 0.55rad/s dan 0.85rad/s mengalami perubahan. Pada 0.55rad/s bernilai sebesar: 5.98deg/m untuk tanpa *trim-tab*, 4.12deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-0, 3.76deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-3, dan 3.88deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-5. Sedangkan pada 0.85rad/s bernilai sebesar: 7.62deg/m untuk tanpa *trim-tab*, 2.72deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-0, 2.38deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-3, dan 2.64deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-5. Sehingga jika dihitung penurunan nilai *RAO* dengan tolok ukur kapal korvet tanpa *trim-tab*, yaitu sebesar: 13.827% untuk dengan *trim-tab* AR1.75-0, 15.818% untuk dengan *trim-tab* AR1.75-3, dan 14.844% untuk dengan *trim-tab* AR1.75-5.



Gambar 4. 12 *RAO Pitching* Kapal Korvet AR1.75 15knot

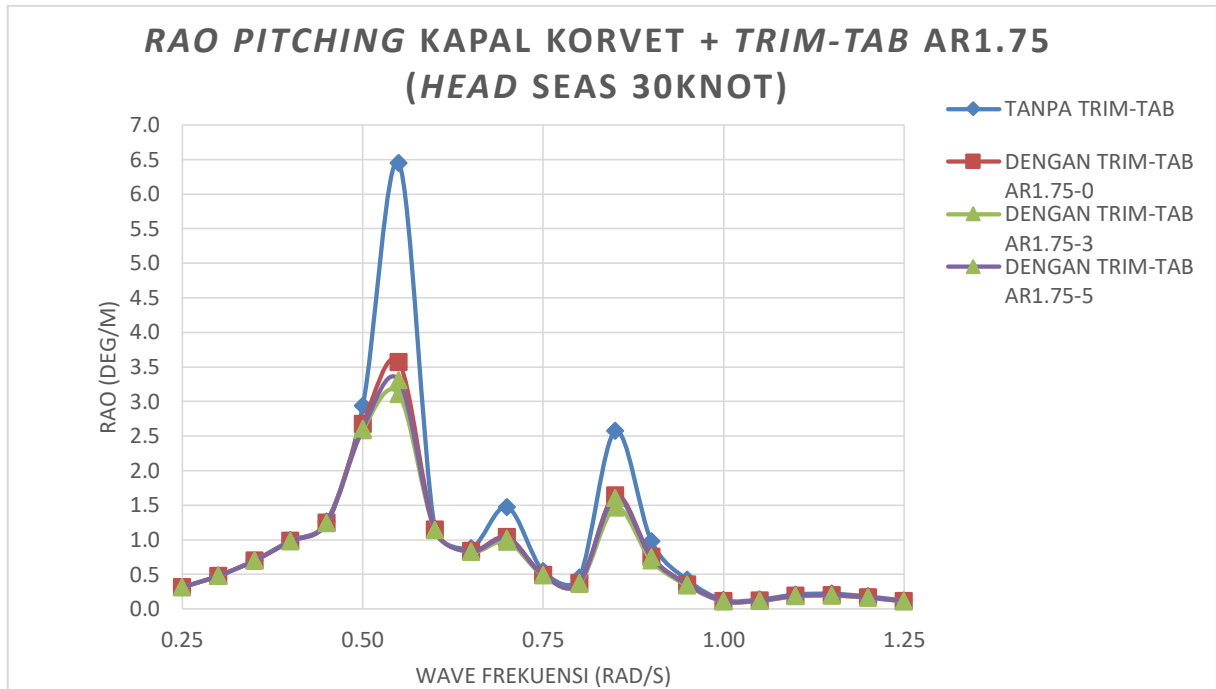
Pada Gambar 4. 13 dan Gambar 4. 14 secara berurutan merupakan grafik *RAO heaving* dan *pitching* kapal korvet dengan tambahan *trim-tab* AR1.75. Grafik ini adalah hasil *RAO* yang disimulasikan terjadi pada sudut datang *head seas* (180 degree) dan saat kapal korvet melaju dengan kecepatan 30knot. Kedua gambar ini masing-masing menyajikan empat grafik, diantaranya: kapal korvet tanpa *trim-tab* (biru), kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.75-0 (merah), kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.75-3 (hijau), dan kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.75-5 (ungu).



Gambar 4. 13 RAO Heaving Kapal Korvet AR1.75 30knot

Gambar 4. 13 nilai *RAO heaving* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi gelombang (0.25-1.25) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Pada range yang disajikan, diketahui bahwa pada frekuensi gelombang 0.55rad/s mengalami perubahan. Pada 0.55rad/s bernilai sebesar: 4.16m/m untuk tanpa *trim-tab*, 2.72m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-0, 2.49m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-3, dan 2.56m/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-5. Sehingga jika dihitung persentase penurunan nilai *RAO* dengan tolok ukur kapal korvet tanpa *trim-tab*, yaitu sebesar: 5.096% untuk dengan *trim-tab* AR1.75-0, 6.046% untuk dengan *trim-tab* AR1.75-3, dan 6.000% untuk dengan *trim-tab* AR1.75-5.



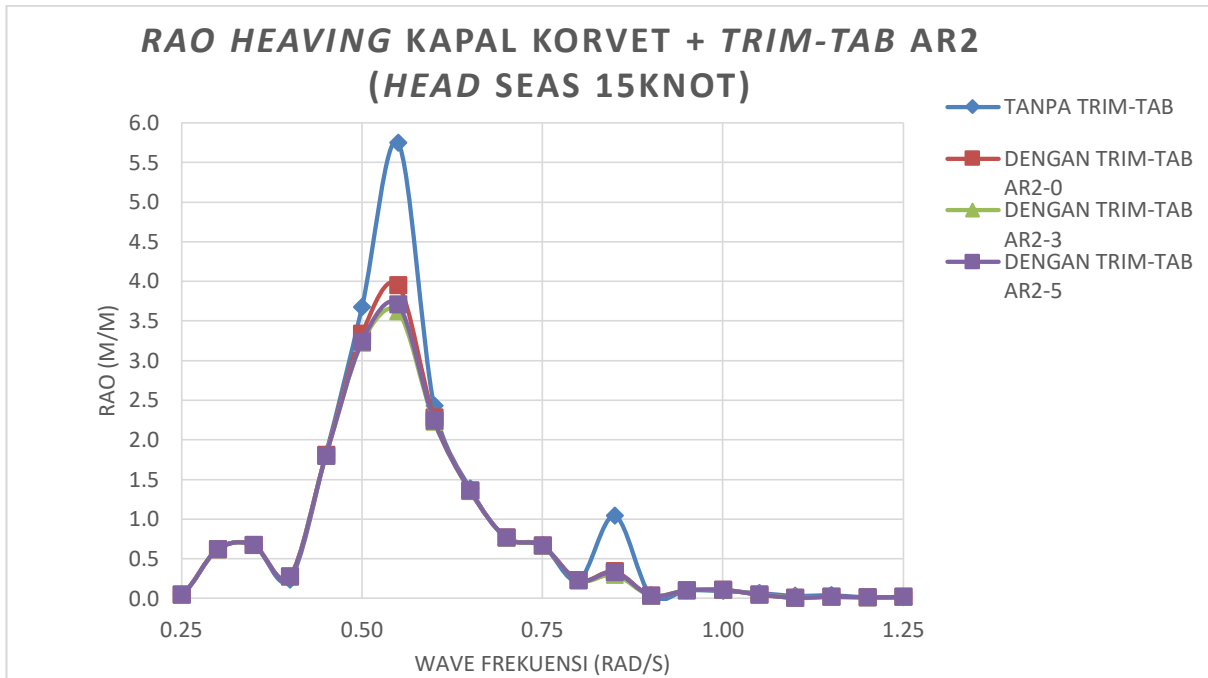


Gambar 4. 14 RAO Pitching Kapal Korvet AR1.75 30knot

Pada Gambar 4. 14 nilai RAO pitching kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi gelombang (0.25-1.25) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Pada range yang disajikan, diketahui bahwa pada frekuensi gelombang 0.55rad/s dan 0.85rad/s mengalami perubahan. Pada 0.55rad/s bernilai sebesar: 5.98deg/m untuk tanpa *trim-tab*, 3.57deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-0, 3.11deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-3, dan 3.31deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-5. Sedangkan pada 0.85rad/s bernilai sebesar: 7.62deg/m untuk tanpa *trim-tab*, 1.65deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-0, 1.46deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-3, dan 1.61deg/m untuk dengan *trim-tab* AR1.75-5. Sehingga jika dihitung persentase penurunan nilai RAO dengan tolok ukur kapal korvet tanpa *trim-tab*, yaitu sebesar: 16.834% untuk dengan *trim-tab* AR1.75-0, 20.233% untuk dengan *trim-tab* AR1.75-3, dan 18.342% untuk dengan *trim-tab* AR1.75-5.

#### 4.4.3. Hasil Perhitungan pada AR2 (Aspek Rasio 2)

Pada Gambar 4. 15 dan Gambar 4. 16 secara berurutan merupakan grafik RAO heaving dan pitching kapal korvet dengan tambahan *trim-tab* AR2. Grafik ini adalah hasil RAO yang disimulasikan terjadi pada sudut datang *head seas* (180 degree) dan saat kapal korvet melaju dengan kecepatan 15knot. Kedua gambar ini masing-masing menyajikan empat grafik, diantaranya: kapal korvet tanpa *trim-tab* (biru), kapal korvet dengan *trim-tab* AR2-0 (merah), kapal korvet dengan *trim-tab* AR2-3 (hijau), dan kapal korvet dengan *trim-tab* AR2-5 (ungu).

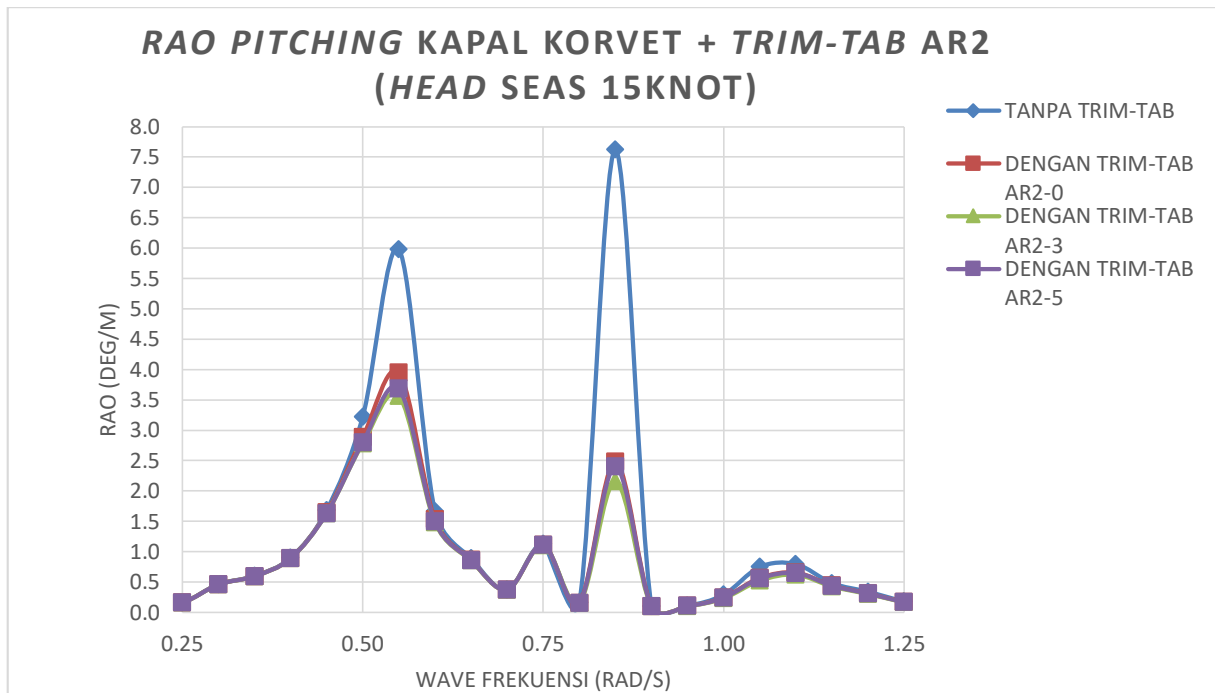


Gambar 4. 15 RAO Heaving Kapal Korvet AR2 15knot

Pada Gambar 4. 15 nilai *RAO heaving* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi gelombang (0.25-1.25) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Pada range yang disajikan, diketahui bahwa pada frekuensi gelombang 0.55rad/s dan 0.85rad/s mengalami perubahan. Pada 0.55rad/s bernilai sebesar: 5.75m/m untuk tanpa *trim-tab*, 3.95m/m untuk dengan *trim-tab* AR2-0, 3.62m/m untuk dengan *trim-tab* AR2-3, dan 3.71m/m untuk dengan *trim-tab* AR2-5. Sedangkan pada 0.85rad/s bernilai sebesar: 1.04m/m untuk tanpa *trim-tab*, 0.341m/m untuk dengan *trim-tab* AR2-0, 0.297m/m untuk dengan *trim-tab* AR2-3, dan 0.33m/m untuk dengan *trim-tab* AR2-5. Sehingga jika dihitung persentase penurunan nilai *RAO* dengan tolok ukur kapal korvet tanpa *trim-tab*, yaitu sebesar: 6.241% untuk dengan *trim-tab* AR2-0, 7.480% untuk dengan *trim-tab* AR2-3, dan 7.216% untuk dengan *trim-tab* AR2-5.

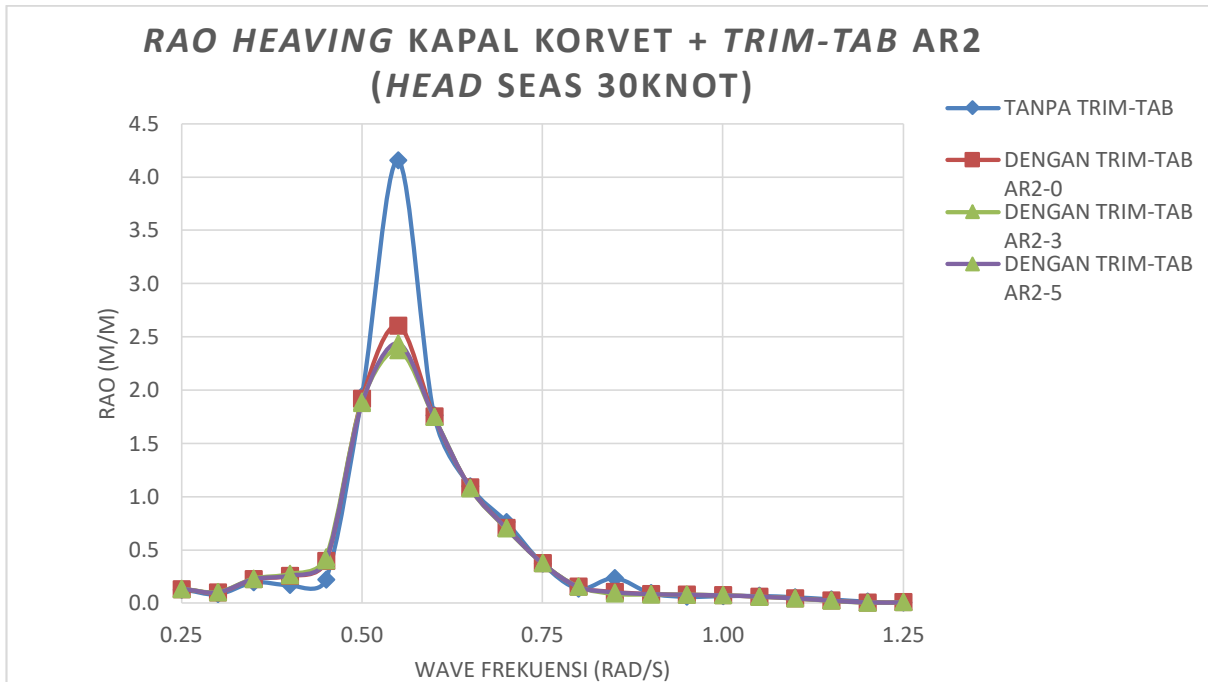
Pada Gambar 4. 16 nilai *RAO pitching* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi gelombang (0.25-1.25) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Pada range yang disajikan, diketahui bahwa pada frekuensi gelombang 0.55rad/s dan 0.85rad/s mengalami perubahan. Pada 0.55rad/s bernilai sebesar: 5.98deg/m untuk tanpa *trim-tab*, 3.95deg/m untuk dengan *trim-tab* AR2-0, 3.57deg/m untuk dengan *trim-tab* AR2-3, dan 3.68deg/m untuk dengan *trim-tab* AR2-5. Sedangkan pada 0.85rad/s bernilai sebesar: 7.62deg/m untuk tanpa *trim-tab*, 2.48deg/m untuk dengan *trim-tab* AR2-0, 2.16deg/m untuk dengan *trim-tab* AR2-3, dan 2.41deg/m untuk dengan *trim-tab* AR2-5. Sehingga jika dihitung persentase penurunan nilai *RAO* dengan tolok

ukur kapal korvet tanpa *trim-tab*, yaitu sebesar: 14.925% untuk dengan *trim-tab* AR2-0, 17.032% untuk dengan *trim-tab* AR2-3, dan 16.022% untuk dengan *trim-tab* AR2-5.



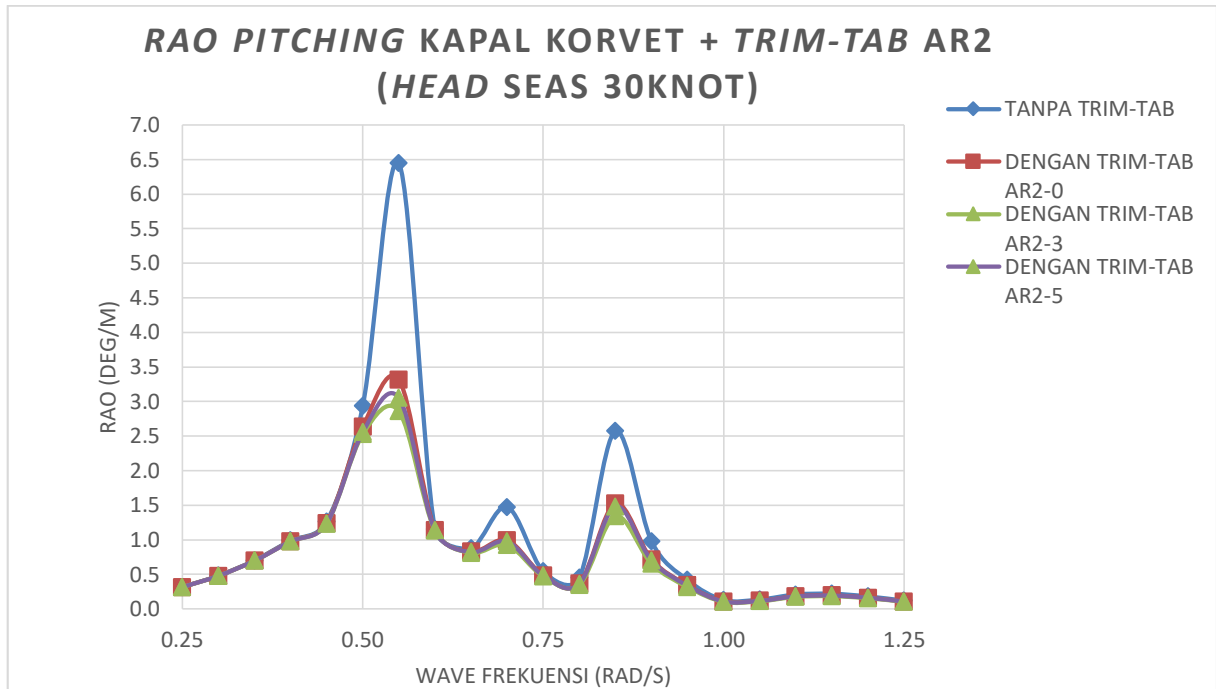
Gambar 4. 16 *RAO Pitching* Kapal Korvet AR2 15knot

Pada Gambar 4. 17 dan Gambar 4. 18 secara berurutan merupakan grafik *RAO heaving* dan *pitching* kapal korvet dengan tambahan *trim-tab* AR2. Grafik ini adalah hasil *RAO* yang disimulasikan terjadi pada sudut datang *head seas* (180 *degree*) dan saat kapal korvet melaju dengan kecepatan 30knot. Kedua gambar ini masing-masing menyajikan empat grafik, diantaranya: kapal korvet tanpa *trim-tab* (biru), kapal korvet dengan *trim-tab* AR2-0 (merah), kapal korvet dengan *trim-tab* AR2-3 (hijau), dan kapal korvet dengan *trim-tab* AR2-5 (ungu).



Gambar 4. 17 *RAO Heaving* Kapal Korvet AR2 30knot

Gambar 4. 17 nilai *RAO heaving* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi gelombang (0.25-1.25) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Pada range yang disajikan, diketahui bahwa pada frekuensi gelombang 0.55rad/s mengalami perubahan. Pada 0.55rad/s benilai sebesar: 4.16m/m untuk tanpa *trim-tab*, 2.61m/m untuk dengan *trim-tab* AR2-0, 2.37m/m untuk dengan *trim-tab* AR2-3, dan 2.44m/m untuk dengan *trim-tab* AR2-5. Sehingga jika dihitung persentase penurunan nilai *RAO* dengan tolok ukur kapal korvet tanpa *trim-tab*, yaitu sebesar: 5.464% untuk dengan *trim-tab* AR2-0, 6.407% untuk dengan *trim-tab* AR2-3, dan 6.442% untuk dengan *trim-tab* AR2-5.



Gambar 4. 18 RAO Pitching Kapal Korvet AR2 30knot

Pada Gambar 4. 18 nilai RAO pitching kapal korvet tanpa trim-tab ditampilkan pada frekuensi gelombang (0.25-1.25) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan trim-tab yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Pada range yang disajikan, diketahui bahwa pada frekuensi gelombang 0.55rad/s dan 0.85rad/s mengalami perubahan. Pada 0.55rad/s bernilai sebesar: 5.98deg/m untuk tanpa trim-tab, 3.32deg/m untuk dengan trim-tab AR2-0, 2.86deg/m untuk dengan trim-tab AR2-3, dan 3.05deg/m untuk dengan trim-tab AR2-5. Sedangkan pada 0.85rad/s bernilai sebesar: 7.62deg/m untuk tanpa trim-tab, 1.52deg/m untuk dengan trim-tab AR2-0, 1.34deg/m untuk dengan trim-tab AR2-3, dan 1.48deg/m untuk dengan trim-tab AR2-5. Sehingga jika dihitung persentase penurunan nilai RAO dengan tolok ukur kapal korvet tanpa trim-tab, yaitu sebesar: 18.796% untuk dengan trim-tab AR2-0, 22.403% untuk dengan trim-tab AR2-3, dan 20.419% untuk dengan trim-tab AR2-5.

#### 4.5. Added Mass Kapal Korvet dengan Trim-tab

Pada sub-bab berikut ini membahas tentang hasil perhitungan added mass kapal korvet dengan Trim-tab. Terdapat tiga variasi yang digunakan sebagai acuan yaitu pada AR1.5, AR1.75 dan AR2. Tiga variasi tersebut menghasilkan perubahan nilai yang kurang signifikan sehingga pada pembahasan kali ini, untuk hasil yang lebih rinci diharap dapat melihat hasil pada Lampiran C. Berikut merupakan nilai dari hasil added mass pada setiap gerakan dengan dua variasi kecepatan:

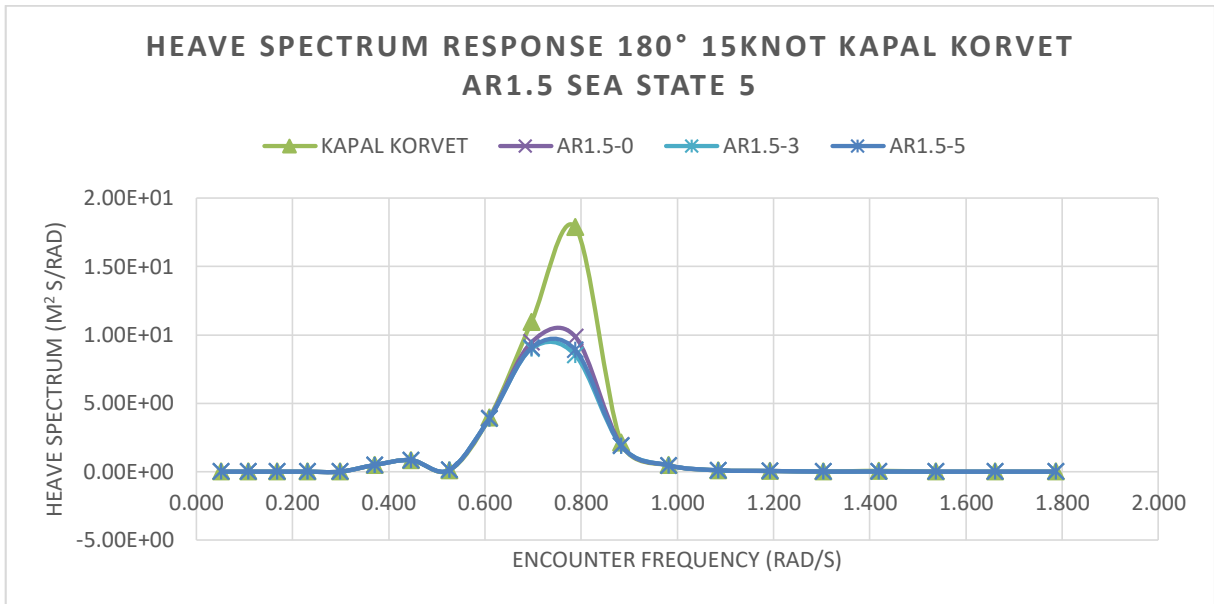
- ✓ *Added Mass Pitching* (kg.m<sup>2</sup>/°),
  - a) Kecepatan 15 knot = AR1.5-0 (0.043), AR1.5-3 (0.043), AR1.5-5 (0.052), AR1.75-0 (0.042), AR1.75-3 (0.050), AR1.75-5 (0.066), AR2-0 (0.066), AR2-3 (0.065), AR2-5 (0.065);
  - b) Kecepatan 30 knot = AR1.5-0 (0.010), AR1.5-3 (0.011), AR1.5-5 (0.012), AR1.75-0 (0.012), AR1.75-3 (0.012), AR1.75-5 (0.014), AR2-0 (0.015), AR2-3 (0.015), AR2-5 (0.015);
- ✓ *Added Mass Heaving* (kg),
  - a) Kecepatan 15 knot = AR1.5-0 (0.020), AR1.5-3 (0.020), AR1.5-5 (0.027), AR1.75-0 (0.017), AR1.75-3 (0.024), AR1.75-5 (0.038), AR2-0 (0.035), AR2-3 (0.035), AR2-5 (0.035);
  - b) Kecepatan 30 knot = AR1.5-0 (0.004), AR1.5-3 (0.004), AR1.5-5 (0.005), AR1.75-0 (0.004), AR1.75-3 (0.004), AR1.75-5 (0.005), AR2-0 (0.006), AR2-3 (0.006), AR2-5 (0.006);

#### 4.6. Respon Gerakan pada Gelombang *Irregular*

Pada sub-bab berikut ini akan membahas tentang hasil perhitungan respon gerakan Kapal Korvet dengan *Trim-tab* pada gelombang *irregular*. Terdapat tiga variasi yang digunakan sebagai acuan yaitu pada AR1.5, AR1.75 dan AR2, maka hasil yang didapatkan adalah berikut dibawah ini:

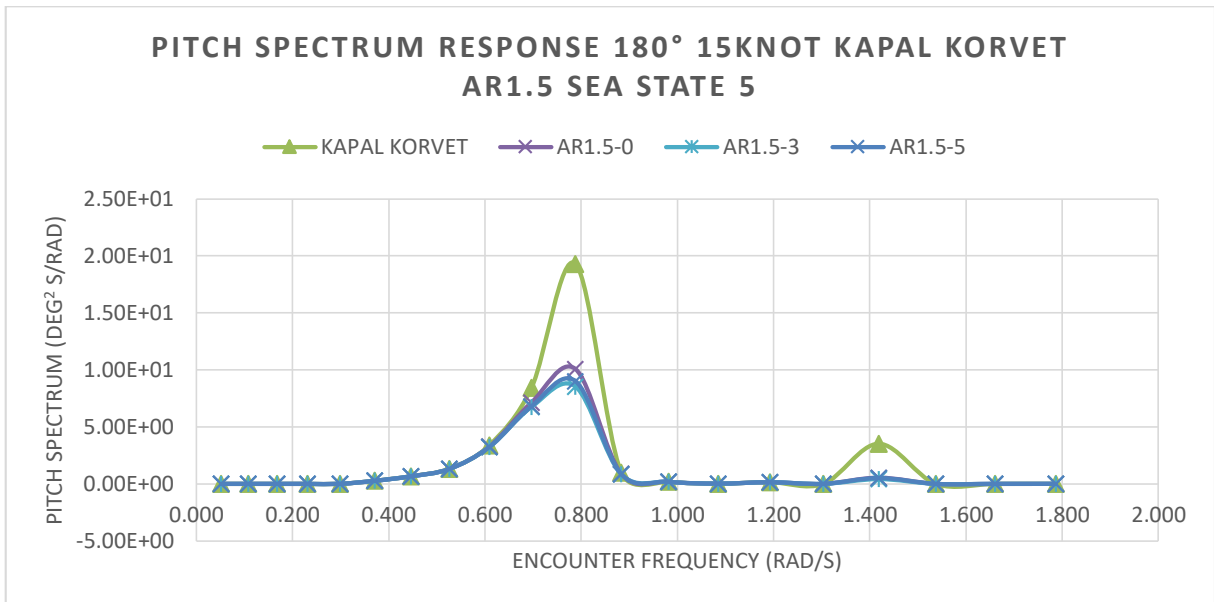
##### 4.6.1. Hasil Perhitungan pada AR1.5 (Aspek Rasio 1.5)

Pada Gambar 4. 19 dan Gambar 4. 20 secara berurutan merupakan grafik *spectrum response heaving* dan *pitching* kapal korvet dengan tambahan *trim-tab* AR1.5. Grafik ini adalah hasil *RAO* yang disimulasikan terjadi pada sudut datang *head seas* (180 *degree*), saat kapal korvet melaju dengan kecepatan 15knot dan pada *sea state* 5 menurut *ITTC*. Kedua gambar ini masing-masing menyajikan empat grafik, diantaranya: kapal korvet tanpa *trim-tab* (hijau), kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.5-0 (ungu), kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.5-3 (biru muda), dan kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.5-5 (biru tua).



Gambar 4. 19 *Heave Spectrum Response* Kapal Korvet AR1.5 15knot

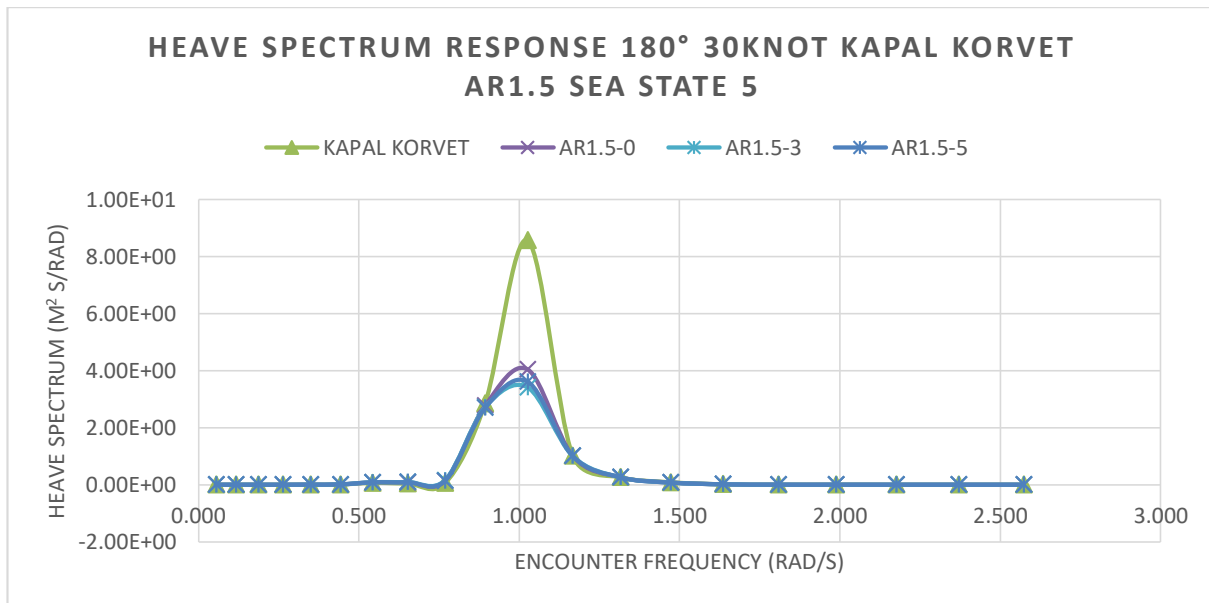
Pada Gambar 4. 19 nilai *Heave Spectrum* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi *encounter* (0.052-1.787) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Persentase penurunan nilai yang disebabkan karena *trim-tab* yang terjadi pada kriteria kondisi ini adalah sebagai berikut: AR1.5-0 (22.448%), AR1.5-3 (27.253%), AR1.5-5 (26.234%).



Gambar 4. 20 *Pitch Spectrum Response* Kapal Korvet AR1.5 15knot

Pada Gambar 4. 20 nilai *Pitch Spectrum* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi *encounter* (0.052-1.787) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Persentase penurunan

nilai yang disebabkan karena *trim-tab* yang terjadi pada kriteria kondisi ini adalah sebagai berikut: AR1.5-0 (30.746%), AR1.5-3 (36.016%), AR1.5-5 (34.524%).

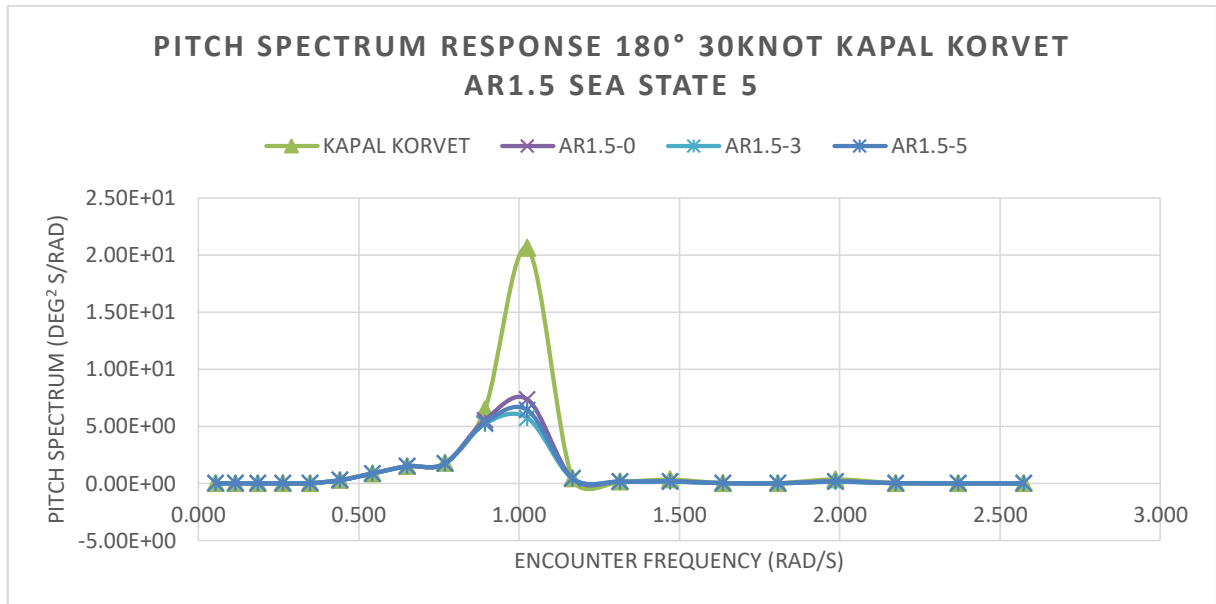


Gambar 4. 21 *Heave Spectrum Response* Kapal Korvet AR1.5 30knot

Pada Gambar 4. 21 dan Gambar 4. 22 secara berurutan merupakan grafik *spectrum response heaving* dan *pitching* kapal korvet dengan tambahan *trim-tab* AR1.5. Grafik ini adalah hasil *RAO* yang disimulasikan terjadi pada sudut datang *head seas* (180 *degree*), saat kapal korvet melaju dengan kecepatan 30knot dan pada *sea state* 5 menurut *ITTC*. Kedua gambar ini masing-masing menyajikan empat grafik, diantaranya: kapal korvet tanpa *trim-tab* (hijau), kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.5-0 (ungu), kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.5-3 (biru muda), dan kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.5-5 (biru tua).

Pada Gambar 4. 21 nilai *Heave Spectrum* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi *encounter* (0.054-2.574) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Persentase penurunan nilai yang disebabkan karena *trim-tab* yang terjadi pada kriteria kondisi ini adalah sebagai berikut: AR1.5-0 (26.627%), AR1.5-3 (30.767%), AR1.5-5 (30.114%).



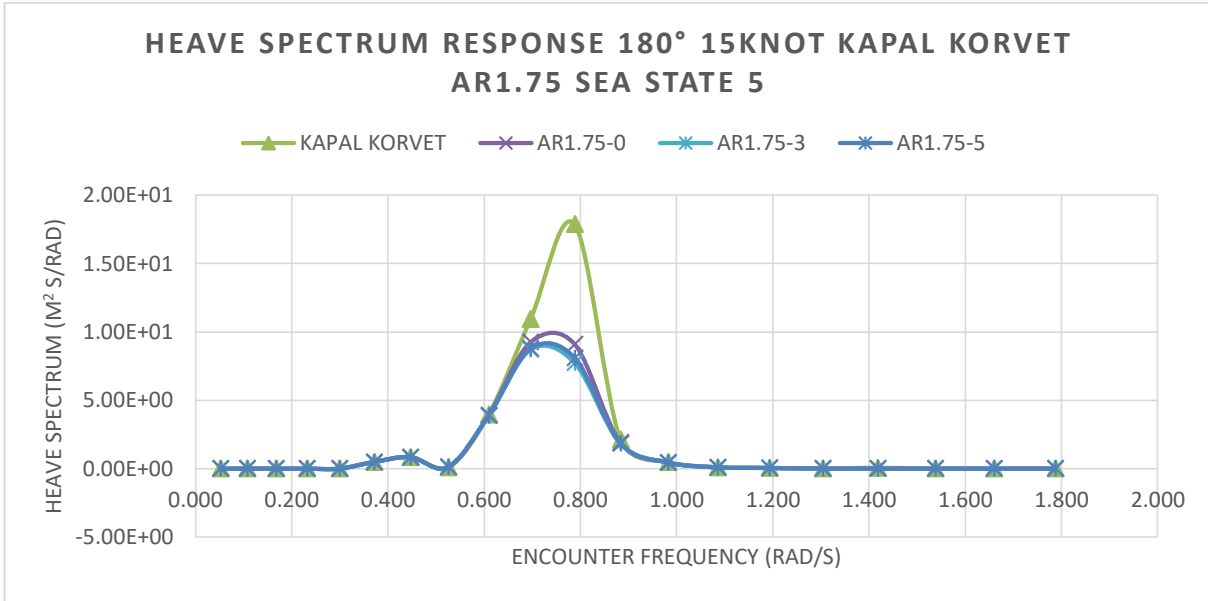


Gambar 4. 22 *Pitch Spectrum Response* Kapal Korvet AR1.5 30knot

Pada nilai Gambar 4. 22 *Pitch Spectrum* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi *encounter* (0.054-2.574) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Persentase penurunan nilai yang disebabkan karena *trim-tab* yang terjadi pada kriteria kondisi ini adalah sebagai berikut: AR1.5-0 (37.490%), AR1.5-3 (43.155%), AR1.5-5 (40.939%)

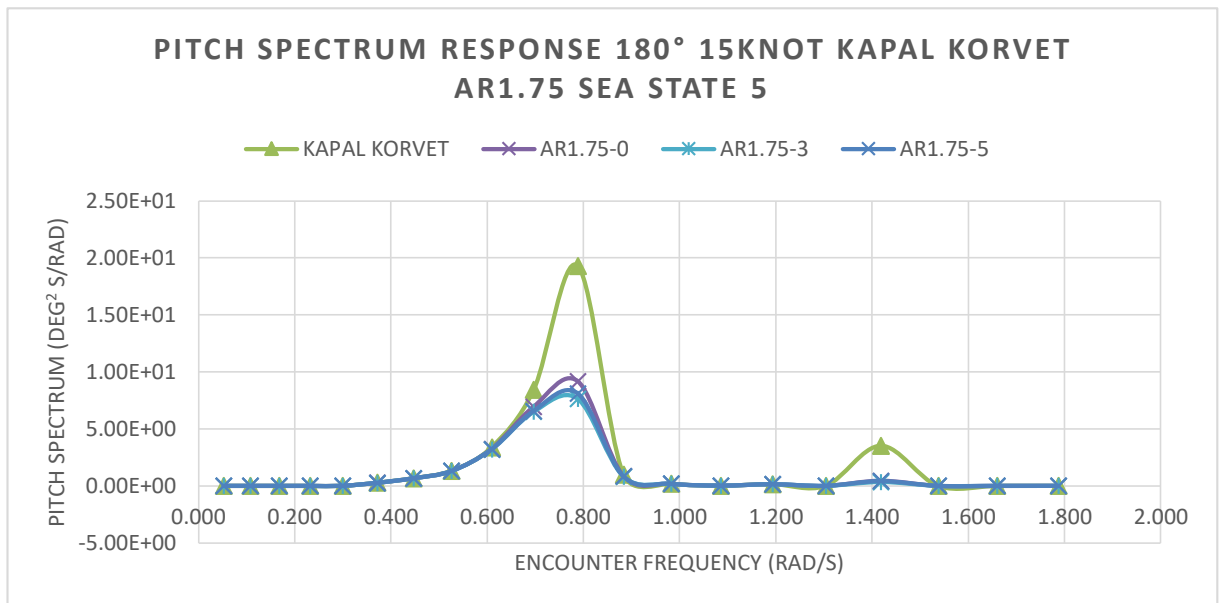
#### 4.6.2. Hasil Perhitungan pada AR1.75 (Aspek Rasio 1.75)

Pada Gambar 4. 23 dan Gambar 4. 24 secara berurutan merupakan grafik *spectrum response heaving* dan *pitching* kapal korvet dengan tambahan *trim-tab* AR1.75. Grafik ini adalah hasil *RAO* yang disimulasikan terjadi pada sudut datang *head seas* (180 *degree*), saat kapal korvet melaju dengan kecepatan 15knot dan pada *sea state* 5 menurut *ITTC*. Kedua gambar ini masing-masing menyajikan empat grafik, diantaranya: kapal korvet tanpa *trim-tab* (hijau), kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.75-0 (ungu), kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.75-3 (biru muda), dan kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.75-5 (biru tua).



Gambar 4. 23 *Heave Spectrum Response* Kapal Korvet AR1.75 15knot

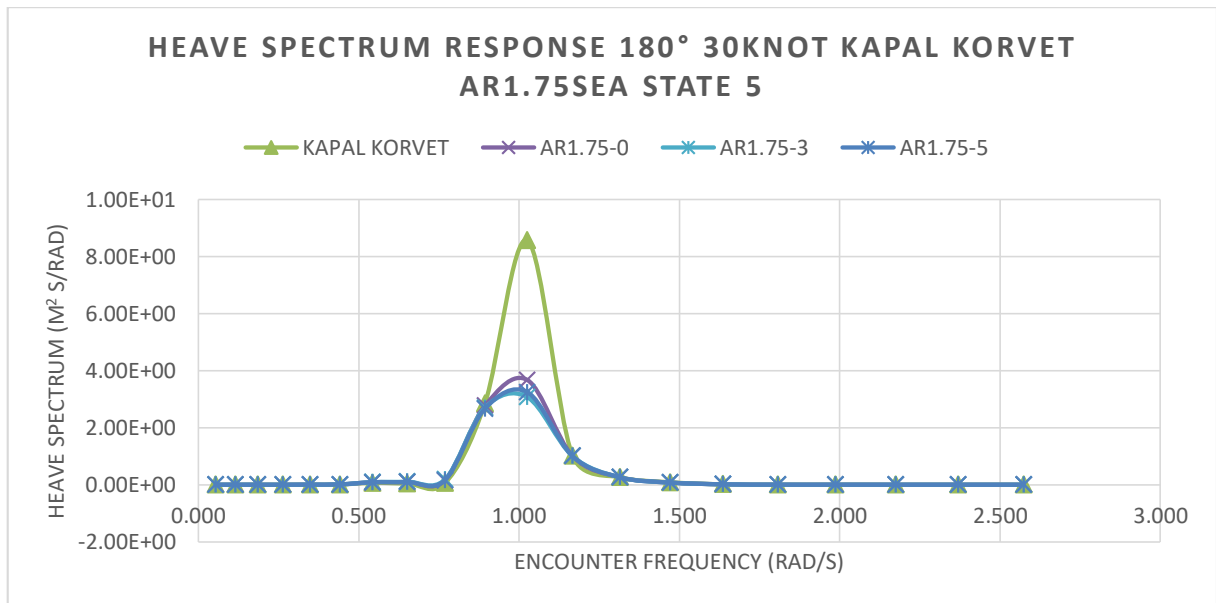
Pada Gambar 4. 23 nilai *Heave Spectrum* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi *encounter* (0.052-1.787) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Persentase penurunan nilai yang disebabkan karena *trim-tab* yang terjadi pada kriteria kondisi ini adalah sebagai berikut: AR1.75-0 (24.918%), AR1.75-3 (30.031%), AR1.75-5 (29.024%).



Gambar 4. 24 *Pitch Spectrum Response* Kapal Korvet AR1.75 15knot

Pada Gambar 4. 24 nilai *Pitch Spectrum* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi *encounter* (0.052-1.787) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Persentase penurunan

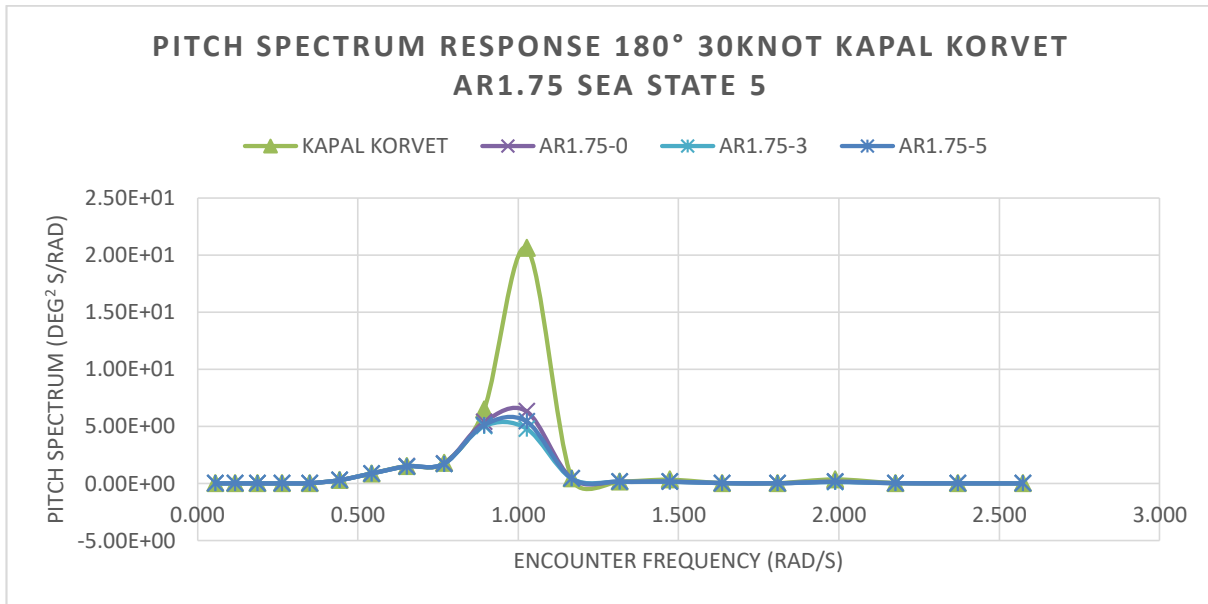
nilai yang disebabkan karena *trim-tab* yang terjadi pada kriteria kondisi ini adalah sebagai berikut: AR1.75-0 (33.653%), AR1.75-3 (39.174%), AR1.75-5 (37.682%).



Gambar 4. 25 Heave Spectrum Response Kapal Korvet AR1.75 30knot

Pada Gambar 4. 25 dan Gambar 4. 26 secara berurutan merupakan grafik *spectrum response heaving* dan *pitching* kapal korvet dengan tambahan *trim-tab* AR1.75. Grafik ini adalah hasil *RAO* yang disimulasikan terjadi pada sudut datang *head seas* (180 degree), saat kapal korvet melaju dengan kecepatan 30knot dan pada *sea state 5* menurut *ITTC*. Kedua gambar ini masing-masing menyajikan empat grafik, diantaranya: kapal korvet tanpa *trim-tab* (hijau), kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.75-0 (ungu), kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.75-3 (biru muda), dan kapal korvet dengan *trim-tab* AR1.75-5 (biru tua).

Pada Gambar 4. 25 nilai *Heave Spectrum* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi *encounter* (0.054-2.574) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Persentase penurunan nilai yang disebabkan karena *trim-tab* yang terjadi pada kriteria kondisi ini adalah sebagai berikut: AR1.75-0 (28.710%), AR1.75-3 (32.754%), AR1.75-5 (32.399%)

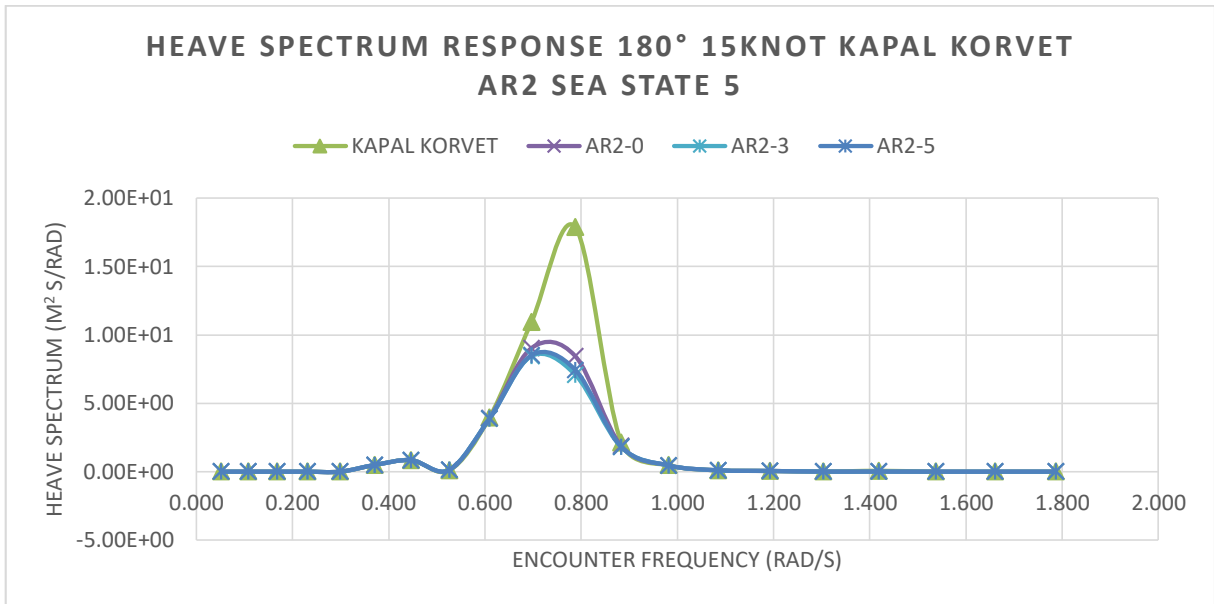


Gambar 4. 26 *Pitch Spectrum Response* Kapal Korvet AR1.75 30knot

Pada nilai Gambar 4. 26 *Pitch Spectrum* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi *encounter* (0.054-2.574) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Persentase penurunan nilai yang disebabkan karena *trim-tab* yang terjadi pada kriteria kondisi ini adalah sebagai berikut: AR1.75-0 (40.951%), AR1.75-3 (46.636%), AR1.75-5 (44.508%)

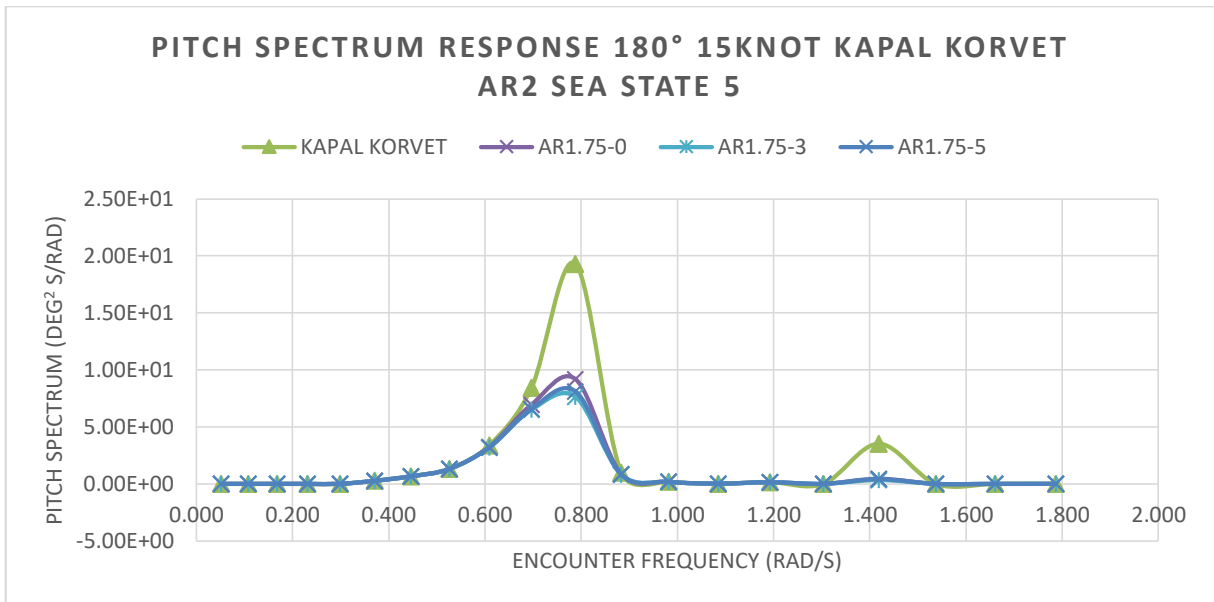
#### 4.6.3. Hasil Perhitungan pada AR2 (Aspek Rasio 2)

Pada Gambar 4. 27 dan Gambar 4. 28 secara berurutan merupakan grafik *spectrum response heaving* dan *pitching* kapal korvet dengan tambahan *trim-tab* AR2. Grafik ini adalah hasil *RAO* yang disimulasikan terjadi pada sudut datang *head seas* (180 *degree*), saat kapal korvet melaju dengan kecepatan 15knot dan pada *sea state* 5 menurut *ITTC*. Kedua gambar ini masing-masing menyajikan empat grafik, diantaranya: kapal korvet tanpa *trim-tab* (hijau), kapal korvet dengan *trim-tab* AR2-0 (ungu), kapal korvet dengan *trim-tab* AR2-3 (biru muda), dan kapal korvet dengan *trim-tab* AR2-5 (biru tua).



Gambar 4. 27 *Heave Spectrum Response* Kapal Korvet AR2 15knot

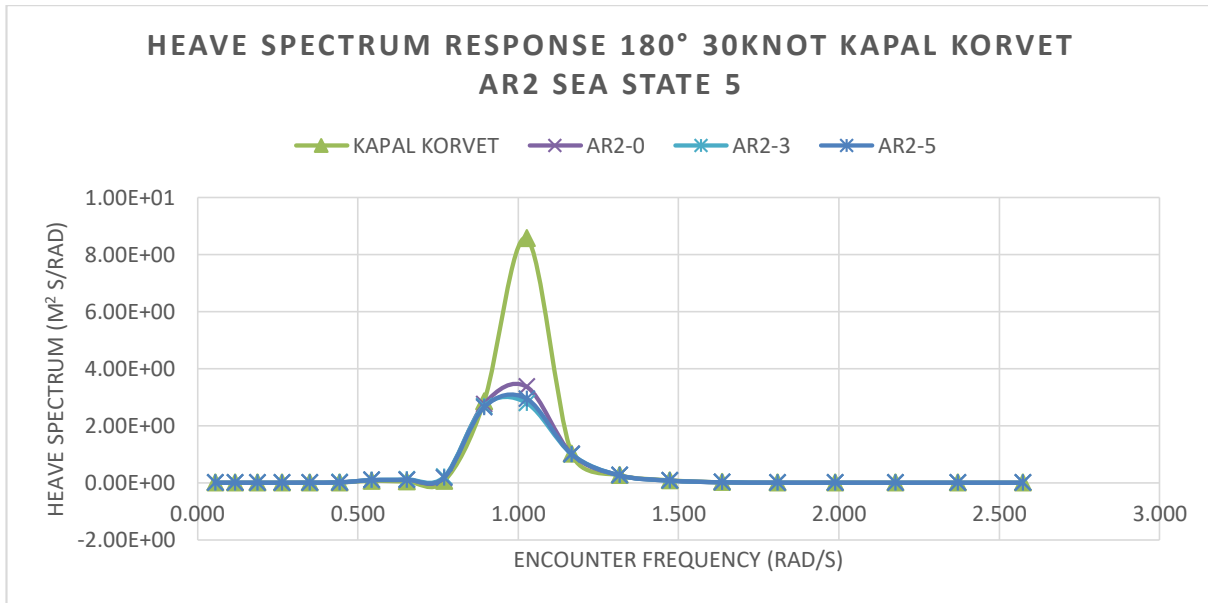
Pada Gambar 4. 27 nilai *Heave Spectrum* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi *encounter* (0.052-1.787) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Persentase penurunan nilai yang disebabkan karena *trim-tab* yang terjadi pada kriteria kondisi ini adalah sebagai berikut: AR2-0 (27.165%), AR2-3 (32.529%), AR2-5 (31.551%).



Gambar 4. 28 *Pitch Spectrum Response* Kapal Korvet AR2 15knot

Pada Gambar 4. 28 nilai *Pitch Spectrum* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi *encounter* (0.052-1.787) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Persentase penurunan

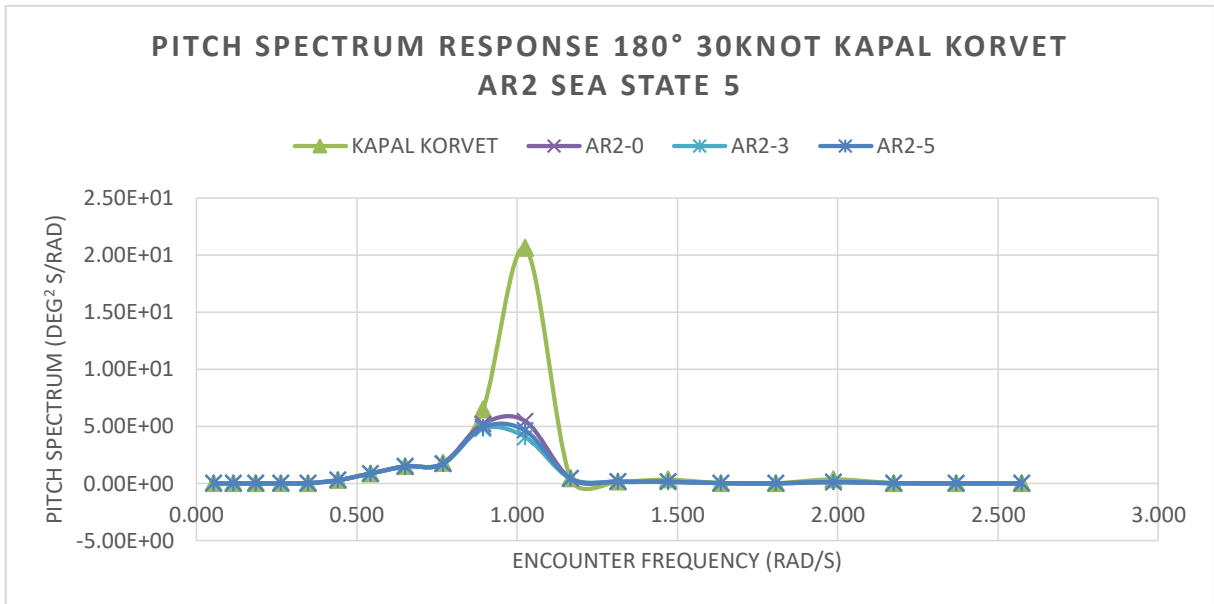
nilai yang disebabkan karena *trim-tab* yang terjadi pada kriteria kondisi ini adalah sebagai berikut: AR2-0 (36.266%), AR2-3 (41.983%), AR2-5 (40.504%).



Gambar 4. 29 Heave Spectrum Response Kapal Korvet AR2 30knot

Pada Gambar 4. 29 dan Gambar 4. 30 secara berurutan merupakan grafik *spectrum response heaving* dan *pitching* kapal korvet dengan tambahan *trim-tab* AR2. Grafik ini adalah hasil *RAO* yang disimulasikan terjadi pada sudut datang *head seas* (180 degree), saat kapal korvet melaju dengan kecepatan 30knot dan pada *sea state 5* menurut *ITTC*. Kedua gambar ini masing-masing menyajikan empat grafik, diantaranya: kapal korvet tanpa *trim-tab* (hijau), kapal korvet dengan *trim-tab* AR2-0 (ungu), kapal korvet dengan *trim-tab* AR2-3 (biru muda), dan kapal korvet dengan *trim-tab* AR2-5 (biru tua).

Pada Gambar 4. 29 nilai *Heave Spectrum* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi *encounter* (0.054-2.574) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Persentase penurunan nilai yang disebabkan karena *trim-tab* yang terjadi pada kriteria kondisi ini adalah sebagai berikut: AR2-0 (30.377%), AR2-3 (34.295%), AR2-5 (34.250%).



Gambar 4. 30 *Pitch Spectrum Response* Kapal Korvet AR2 30knot

Pada nilai Gambar 4. 30 *Pitch Spectrum* kapal korvet tanpa *trim-tab* ditampilkan pada frekuensi *encounter* (0.054-2.574) rad/s. Tidak hanya itu, ketiga grafik kapal korvet dengan *trim-tab* yang lain juga disajikan pada frekuensi gelombang yang sama. Persentase penurunan nilai yang disebabkan karena *trim-tab* yang terjadi pada kriteria kondisi ini adalah sebagai berikut: AR2-0 (43.933%), AR2-3 (49.602%), AR2-5 (47.571%).

Halaman ini sengaja dikosongkan



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Setelah dilakukan analisis dan pembahasan pada penelitian yang berjudul “**Analisis Pitching dan Heaving Akibat Penggunaan Trim-Tab pada Kapal Corvette dengan Menggunakan Metode Numerik**”, maka pada bagian bab terakhir ini dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Persentase pengurangan nilai *RAO pitching* dan *heaving* pada kapal korvet yang disebabkan oleh tambahan *trim-tab* adalah sebagai berikut :
  - ✓ *RAO Pitching*,
    - a) Kecepatan 15 knot = AR2-3 (17.032%)
    - b) Kecepatan 30 knot = AR2-3 (22.403%)
  - ✓ *RAO Heaving*,
    - a) Kecepatan 15 knot = AR2-5 (7.480%)
    - b) Kecepatan 30 knot = AR2-5 (6.442%)
2. Aspek rasio luasan dan sudut *trim-tab* yang optimal dalam menghasilkan nilai *pitching* dan *heaving* terkecil adalah sebagai berikut :
  - ✓ *RAO Pitching*,
    - a) Kecepatan 15 knot = AR2-3, dengan nilai *RAO* pada frekuensi 0.85rad/s sebesar 2.161°/m dan untuk Kapal Korvet tanpa *trim-tab* 7.622°/m
    - b) Kecepatan 30 knot = AR2-3, dengan nilai *RAO* pada frekuensi 0.55rad/s sebesar 2.860°/m dan untuk Kapal Korvet tanpa *trim-tab* 6.448°/m
  - ✓ *RAO Heaving*,
    - a) Kecepatan 15 knot = AR2-5, dengan nilai *RAO* pada frekuensi 0.55rad/s sebesar 2.375m/m dan untuk Kapal Korvet tanpa *trim-tab* 5.749m/m
    - b) Kecepatan 30 knot = AR2-5, dengan nilai *RAO* pada frekuensi 0.55rad/s sebesar 2.438m/m dan untuk Kapal Korvet tanpa *trim-tab* 4.157m/m
3. Persentase pengurangan nilai respon gerakan *pitching* dan *heaving* pada gelombang *irregular* yang disebabkan oleh tambahan *trim-tab* adalah sebagai berikut :
  - ✓ *RAO Pitching*,
    - a) Kecepatan 15 knot = AR2-3 (41.983%)

b) Kecepatan 30 knot = AR2-3 (49.602%)

✓ *RAO Heaving*,

a) Kecepatan 15 knot = AR2-3 (32.529%)

b) Kecepatan 30 knot = AR2-3 (34.295%)

4. Nilai *added mass* gerakan kapal akibat tambahan *trim-tab* tidak terlalu signifikan mengalami perubahan, sedangkan untuk nilai *added damping* sebagai berikut :

✓ *Added Damping Pitching*

a) Kecepatan 15 knot = AR2-3 (20026421.294 N.m/(°/s))

b) Kecepatan 30 knot = AR2-3 (40052842.588 N.m/(°/s))

✓ *Added Damping Heaving* (N/(m/s))

a) Kecepatan 15 knot = AR2-5 (47063.817(N/(m/s))

b) Kecepatan 30 knot = AR2-5 (94127.635(N/(m/s))

## 5.2. Saran

Penelitian berikut ini masih memiliki beberapa kekurangan, oleh karena itu Penulis memberikan anjuran untuk melakukan penelitian dan pengembangan kembali pada pembahasan yang sama. Berikut saran yang Penulis dapat sampaikan, diantaranya :

1. Melakukan pengembangan dan penelitian lebih lanjut tentang olah gerak kapal akibat hidrolisik *trim-tab*.
2. Perhitungan lebih baik dilakukan pada lebih banyak variasi, dengan menambahkan variasi sudut masuk atau kecepatan dinas kapal.
3. Menghitung kriteria lain seperti *deck wetness*, *bottom slamming*, akselerasi vertikal, *bottom pressure* kapal akibat *trim-tab*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, R. (2017). *Analisis Pengaruh Gerakan Kapal Terhadap Bottom Impact Studi Kasus : Kapal Corvette*. Surabaya: Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut teknologi Sepuluh Nopember.
- Ansys Aqwa-User Manual. (2012). Century Dynamic Limited.
- Arianto, P. Y. (2016). *Analisis Tegangan Akibat Beban Gelombang Pada Struktur Kapal Perang Tipe Corvette*. Surabaya: Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Bentley Systems, I. (2015). *Maxsurf Motions program & User Manual*.
- Bhattacharyya, R. (1978). *Dynamics of Marine Vehicles*. New York: A Wiley-Interscience Publication.
- Brown, P. W. (1971). *An Experimental and Theoretical Study of Planing Surfaces with Trim Flaps*. Davidson Laboratory Report 1463: Stevens Institute of Technology.
- Dopang. (2014, Januari 16). *RC Boat Hull*. Retrieved from Apa itu Trim-tab?: <http://rcboathulls.blogspot.com/2014/01/apa-itu-trim-tab-trim-tab-adalah-bagian.html>
- Flightliteracy. (2015). *Flight Control Systems – Secondary Flight Controls (Part Two)*. Retrieved from <https://www.flightliteracy.com/wp-content/uploads/2017/11/6-20.jpg>
- Houston, P. S.-A. (2012, November 26). *ANSYS Aqwa in Workbench*. Retrieved from [https://storage.ansys.com/corp/2012/November/aqwa/wb\\_update.pdf](https://storage.ansys.com/corp/2012/November/aqwa/wb_update.pdf)
- Kayatama, Toru, S., Koji, I., & Yoshiho. (2003). *A New Ship Motion Control System For High-Speed Craft*.
- Lobo, K. P. (2016, Oktober 9). *Mengenal Kapal Perang Sigma Kelas Diponegoro Milik TNI AL*. Retrieved from <https://www.hobbymiliter.com>
- Mehmet Unstuntag, A. (2013). Performance Comparison of wavelet thresholding techniques of weak ECG signal denoising. *Przegląd Elektrotechniczny*.
- Oxford, U. o. (2019). Retrieved from <https://id.oxforddictionaries.com/tata-bahasa/menulis-tinjauan-pustaka-dalam-karya-ilmiah-apa-mengapa-dan-bagaimana>
- Perdana, D. (2013). *Analisis Beban gelombang Terhadap Konstruksi Kapal Perang Tipe Corvette di Kondisi Perairan Indonesia*. Surabaya: Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut teknologi Sepuluh Nopember.
- Pope, A. (1951). *Basic Wing and Airfoil Theory*. New York, Toronto, London: McGraw-Hill Book Company, INC.
- Priyono, A. A. (2012). *Perancangan Trim Tab pada Kapal Kecil dengan Menggunakan Pendekatan CFD*. Surabaya: Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut teknologi Sepuluh Nopember.
- Putranto, T., & Sulisetyono, A. (2015). *Analisa Numerik Gerakan dan Kekuatan Kapal Akibat Beban Slamming pada Kapal Perang Tipe Corvette*.
- Reguram, B. R., Surendran, S., & Lee, S. K. (2016). Application of Fin System to Reduce Pitch Motion. *ScienceDirect*.
- Tools, A. (2019). Retrieved from <http://airfoiltools.com/airfoil/index>
- Wikipedia Ensiklopedia Bebas. (2019, Juli 12). Retrieved from Korvet: <https://id.wikipedia.org/wiki/Korvet>
- Xiang, X. (2012). *Maneuvering of Two Interacting Ships in Waves*. Trondheim: NTNU.

## LAMPIRAN

Lampiran A Data Koefisien *Lift* dan Koefisien *Drag Airfoil*

Lampiran B *RAO* dan *Added Mass* Kapal Korvet tanpa *Trim-tab*

Lampiran C *RAO* dan *Added Mass* Kapal Korvet dengan *Trim-tab*

Lampiran D Spektrum Gelombang

Lampiran E Respon Struktur pada Gelombang *Irregular*

**LAMPIRAN A**  
**DATA KOEFISIEN *LIFT* DAN KOEFISIEN *DRAG AIRFOIL***

## NASA SC(2)-0402 AIRFOIL

Alpha	Cl	Cd	Cdp	Cm	Top_Xtr	Bot_Xtr
-8.75	-0.6954	0.11455	0.10811	0.0293	1	0.0777
-8.5	-0.6977	0.11211	0.10578	0.0243	1	0.0801
-8.25	-0.6962	0.10921	0.10296	0.0159	1	0.0809
-8	-0.6854	0.10297	0.09671	0.0233	1	0.0855
-7.75	-0.6792	0.09905	0.09282	0.0198	1	0.0902
-7.5	-0.6711	0.09572	0.08947	0.0049	1	0.094
-7	-0.6494	0.08642	0.08014	-0.0008	1	0.1072
-6	-0.5445	0.05358	0.047	-0.0064	1	0.1618
-5.5	-0.5252	0.05572	0.04769	-0.0182	1	0.0637
-5.25	-0.4929	0.05066	0.04217	-0.0206	1	0.0385
-5	-0.4652	0.04607	0.0372	-0.0229	1	0.0327
-4.75	-0.4329	0.04257	0.03308	-0.0244	1	0.0274
-4.5	-0.4058	0.03857	0.02872	-0.0259	1	0.0253
-4.25	-0.376	0.03508	0.02473	-0.027	1	0.0233
-4	-0.3455	0.03194	0.02105	-0.0277	1	0.0216
-3.75	-0.3149	0.02916	0.01772	-0.0279	1	0.0201
-3.5	-0.2849	0.02677	0.0148	-0.0277	1	0.0189
-3.25	-0.2564	0.02469	0.01232	-0.0272	1	0.0187
-3	-0.2296	0.02292	0.0103	-0.0267	1	0.0217
-2.75	-0.2036	0.02161	0.0087	-0.0257	1	0.0262
-2.5	-0.1775	0.02032	0.00717	-0.0249	1	0.0301
-2.25	-0.1506	0.01912	0.00581	-0.0246	1	0.034
-2	-0.123	0.01825	0.00474	-0.0245	1	0.0367
-1.25	-0.0561	0.01283	0.00168	-0.0186	1	1
-1	-0.0289	0.0128	0.00138	-0.0185	1	1
-0.75	-0.0018	0.01279	0.00118	-0.0185	1	1
-0.5	0.0253	0.01279	0.00108	-0.0184	1	1
-0.25	0.0522	0.01281	0.00108	-0.0184	1	1

0	0.079	0.01283	0.00118	-0.0183	1	1
0.25	0.1058	0.01287	0.00137	-0.0181	1	1
0.5	0.1326	0.01292	0.00167	-0.018	1	1
1	0.2083	0.01788	0.00429	-0.0205	0.0385	1
1.25	0.2362	0.01871	0.00533	-0.0202	0.035	1
1.5	0.2638	0.01972	0.00652	-0.0199	0.0318	1
1.75	0.2915	0.02119	0.00818	-0.0196	0.0277	1
2	0.3203	0.0224	0.00972	-0.0191	0.023	1
2.25	0.3486	0.02406	0.01163	-0.0187	0.0191	1
2.5	0.3771	0.02611	0.01403	-0.0182	0.0184	1
2.75	0.4066	0.02834	0.01675	-0.0176	0.0195	1
3	0.436	0.03091	0.01985	-0.0171	0.0209	1
3.25	0.4648	0.03379	0.02326	-0.0167	0.0225	1
3.5	0.4928	0.03695	0.02693	-0.0166	0.0243	1
3.75	0.5191	0.04048	0.03089	-0.0168	0.0263	1
4.25	0.5747	0.0478	0.03925	-0.0175	0.0355	1
4.5	0.6019	0.0521	0.04397	-0.0182	0.0474	1
5	0.6799	0.06388	0.05699	-0.0262	0.1651	1
5.5	0.7106	0.07282	0.06682	-0.0278	0.1346	1
5.75	0.7244	0.07733	0.07143	-0.0296	0.1214	1
6.25	0.7494	0.08648	0.0808	-0.038	0.1022	1
6.75	0.7686	0.09621	0.09056	-0.041	0.0928	1
7.25	0.7843	0.10503	0.09943	-0.0471	0.0821	1
7.5	0.7903	0.11036	0.10471	-0.0487	0.0803	1
7.75	0.7896	0.11349	0.10779	-0.0568	0.0784	1
8	0.79	0.11709	0.11133	-0.0605	0.0752	1
8.25	0.7931	0.12108	0.11529	-0.0623	0.0721	1
8.5	0.8087	0.12904	0.12328	-0.0564	0.0677	1
8.75	0.8071	0.13202	0.12619	-0.0611	0.0674	1
9	0.8052	0.13477	0.12886	-0.0654	0.0668	1

**LAMPIRAN B**  
***RAO DAN ADDED MASS KAPAL KORVET TANPA TRIM-TAB***



**RAO KAPAL KORVET HEAD SEAS 15KNOT**

Ww	We	HEAVING (m/m)	PITCHING (°/m)
0.05	0.052	1.24E+00	4.51E-01
0.10	0.108	1.33E+01	1.07E+01
0.15	0.168	3.77E-01	5.57E-01
0.20	0.231	4.63E-02	1.42E-01
0.25	0.299	4.43E-02	1.64E-01
0.30	0.371	6.17E-01	4.64E-01
0.35	0.446	6.74E-01	6.00E-01
0.40	0.526	2.38E-01	8.99E-01
0.45	0.609	1.82E+00	1.69E+00
0.50	0.697	3.67E+00	3.22E+00
0.55	0.788	5.75E+00	5.98E+00
0.60	0.883	2.43E+00	1.67E+00
0.65	0.982	1.38E+00	8.95E-01
0.70	1.086	7.67E-01	3.76E-01
0.75	1.193	6.73E-01	1.13E+00
0.80	1.304	2.27E-01	1.59E-01
0.85	1.419	1.04E+00	7.62E+00
0.90	1.537	3.70E-02	1.01E-01
0.95	1.660	1.01E-01	1.12E-01
1.00	1.787	9.24E-02	2.90E-01
1.05	1.918	6.67E-02	7.48E-01
1.10	2.052	3.26E-02	7.95E-01
1.15	2.191	3.83E-02	4.82E-01
1.20	2.333	1.40E-02	3.40E-01
1.25	2.480	1.21E-02	1.84E-01
1.30	2.630	2.06E-02	9.31E-02
1.35	2.784	1.94E-02	1.04E-01
1.40	2.942	1.10E-02	1.17E-01
1.45	3.104	1.79E-03	1.03E-01
1.50	3.270	8.15E-03	6.17E-02
1.55	3.440	9.67E-03	4.67E-02
1.60	3.614	5.46E-03	5.96E-02
1.65	3.792	5.56E-04	6.44E-02
1.70	3.974	5.06E-03	4.20E-02
1.75	4.160	5.15E-03	3.24E-02
1.80	4.349	2.56E-03	3.76E-02
1.85	4.543	1.42E-03	3.83E-02
1.90	4.741	2.82E-03	2.93E-02
1.95	4.942	2.08E-03	2.46E-02
2.00	5.148	6.36E-04	2.64E-02

**ADDED MASS KAPAL KORVET HEAD SEAS 15KNOT**

Ww	We	HEAVING (kg)	PITCHING (kg.m <sup>2</sup> /°)
0.05	0.052	1.08E+09	3.86E+11
0.10	0.108	5.66E+09	4.98E+11
0.15	0.168	-6.25E+08	-2.04E+10
0.20	0.231	-2.44E+08	1.90E+10
0.25	0.299	-1.30E+08	-5.07E+09
0.30	0.371	-6.16E+07	-1.93E+09
0.35	0.446	-5.34E+07	-1.07E+09
0.40	0.526	-3.71E+07	-7.24E+08
0.45	0.609	-2.67E+07	-4.56E+08
0.50	0.697	-1.98E+07	-3.15E+08
0.55	0.788	-1.49E+07	-2.30E+08
0.60	0.883	-1.13E+07	-1.70E+08
0.65	0.982	-8.67E+06	-1.27E+08
0.70	1.086	-6.65E+06	-9.90E+07
0.75	1.193	-5.10E+06	-7.64E+07
0.80	1.304	-3.87E+06	-5.96E+07
0.85	1.419	-2.90E+06	-4.60E+07
0.90	1.537	-2.11E+06	-3.57E+07
0.95	1.660	-1.47E+06	-2.73E+07
1.00	1.787	-9.42E+05	-2.01E+07
1.05	1.918	-5.11E+05	-1.48E+07
1.10	2.052	-1.45E+05	-1.01E+07
1.15	2.191	1.60E+05	-6.26E+06
1.20	2.333	4.20E+05	-2.98E+06
1.25	2.480	6.43E+05	-1.83E+05
1.30	2.630	8.33E+05	2.21E+06
1.35	2.784	9.96E+05	4.24E+06
1.40	2.942	1.14E+06	6.01E+06
1.45	3.104	1.26E+06	7.51E+06
1.50	3.270	1.37E+06	8.82E+06
1.55	3.440	1.46E+06	9.98E+06
1.60	3.614	1.54E+06	1.10E+07
1.65	3.792	1.61E+06	1.19E+07
1.70	3.974	1.68E+06	1.27E+07
1.75	4.160	1.74E+06	1.34E+07
1.80	4.349	1.80E+06	1.41E+07
1.85	4.543	1.85E+06	1.47E+07
1.90	4.741	1.89E+06	1.52E+07
1.95	4.942	1.93E+06	1.56E+07
2.00	5.148	1.96E+06	1.61E+07

RAO KAPAL KORVET HEAD SEAS 30KNOT	Ww	We	HEAVING (m/m)	PITCHING (°/m)
	0.05	0.054	1.30E+00	2.73E-01
	0.10	0.116	4.52E+00	2.00E+00
	0.15	0.185	1.83E-01	1.35E-01
	0.20	0.263	9.83E-02	1.17E-01
	0.25	0.348	1.27E-01	3.13E-01
	0.30	0.442	8.28E-02	4.80E-01
	0.35	0.543	1.95E-01	7.02E-01
	0.40	0.652	1.71E-01	9.91E-01
	0.45	0.769	2.22E-01	1.27E+00
	0.50	0.893	1.94E+00	2.93E+00
	0.55	1.026	4.16E+00	6.45E+00
	0.60	1.167	1.76E+00	1.16E+00
	0.65	1.315	1.10E+00	8.75E-01
	0.70	1.471	7.63E-01	1.47E+00
	0.75	1.635	3.72E-01	5.45E-01
	0.80	1.807	1.37E-01	4.52E-01
	0.85	1.987	2.36E-01	2.57E+00
	0.90	2.175	9.36E-02	9.80E-01
	0.95	2.370	6.02E-02	4.18E-01
1.00	2.574	6.66E-02	1.30E-01	
1.05	2.785	6.78E-02	1.36E-01	
1.10	3.004	5.60E-02	2.09E-01	
1.15	3.231	3.57E-02	2.20E-01	
1.20	3.466	1.41E-02	1.81E-01	
1.25	3.709	2.71E-03	1.20E-01	
1.30	3.960	1.24E-02	6.12E-02	
1.35	4.218	1.36E-02	5.33E-02	
1.40	4.485	9.17E-03	6.78E-02	
1.45	4.759	2.70E-03	6.35E-02	
1.50	5.041	3.72E-03	4.31E-02	
1.55	5.331	5.98E-03	2.62E-02	
1.60	5.629	4.64E-03	3.54E-02	
1.65	5.935	1.23E-03	4.01E-02	
1.70	6.248	1.96E-03	3.06E-02	
1.75	6.570	3.06E-03	2.02E-02	
1.80	6.899	1.99E-03	2.24E-02	
1.85	7.236	4.12E-04	2.30E-02	
1.90	7.581	1.63E-03	1.64E-02	
1.95	7.934	1.54E-03	1.28E-02	
2.00	8.295	4.95E-04	1.43E-02	

ADDED MASS KAPAL KORVET HEAD SEAS 30KNOT	Ww	We	HEAVING (kg)	PITCHING (kg.m <sup>2</sup> /°)
	0.05	0.054	1.13E+09	1.39E+12
	0.10	0.116	-4.66E+09	-1.38E+12
	0.15	0.185	-4.49E+08	-4.99E+10
	0.20	0.263	-1.77E+08	-2.05E+10
	0.25	0.348	-9.07E+07	-4.91E+09
	0.30	0.442	-5.47E+07	-1.99E+09
	0.35	0.543	-3.46E+07	-1.01E+09
	0.40	0.652	-2.31E+07	-5.47E+08
	0.45	0.769	-1.58E+07	-3.31E+08
	0.50	0.893	-1.10E+07	-2.08E+08
	0.55	1.026	-7.74E+06	-1.38E+08
	0.60	1.167	-5.44E+06	-9.38E+07
	0.65	1.315	-3.76E+06	-6.49E+07
	0.70	1.471	-2.51E+06	-4.41E+07
	0.75	1.635	-1.59E+06	-3.07E+07
	0.80	1.807	-8.72E+05	-2.03E+07
	0.85	1.987	-3.14E+05	-1.25E+07
	0.90	2.175	1.29E+05	-6.58E+06
	0.95	2.370	4.81E+05	-1.92E+06
1.00	2.574	7.67E+05	1.79E+06	
1.05	2.785	9.97E+05	4.66E+06	
1.10	3.004	1.19E+06	7.03E+06	
1.15	3.231	1.34E+06	8.93E+06	
1.20	3.466	1.47E+06	1.05E+07	
1.25	3.709	1.58E+06	1.18E+07	
1.30	3.960	1.67E+06	1.30E+07	
1.35	4.218	1.76E+06	1.40E+07	
1.40	4.485	1.83E+06	1.48E+07	
1.45	4.759	1.89E+06	1.55E+07	
1.50	5.041	1.94E+06	1.61E+07	
1.55	5.331	1.99E+06	1.66E+07	
1.60	5.629	2.03E+06	1.71E+07	
1.65	5.935	2.06E+06	1.74E+07	
1.70	6.248	2.09E+06	1.78E+07	
1.75	6.570	2.12E+06	1.81E+07	
1.80	6.899	2.14E+06	1.83E+07	
1.85	7.236	2.16E+06	1.86E+07	
1.90	7.581	2.18E+06	1.88E+07	
1.95	7.934	2.19E+06	1.89E+07	
2.00	8.295	2.21E+06	1.91E+07	

**LAMPIRAN C**  
***RAO DAN ADDED MASS KAPAL KORVET DENGAN TRIM-***  
***TAB***

RAO AR1.5-0 HEAD SEAS 15KNOT	Ww	We	HEAVING (m/m)	PITCHING (°/m)
	0.05	0.052	1.24E+00	4.51E-01
	0.10	0.108	1.33E+01	1.07E+01
	0.15	0.168	3.77E-01	5.57E-01
	0.20	0.231	4.67E-02	1.42E-01
	0.25	0.299	4.61E-02	1.64E-01
	0.30	0.371	6.20E-01	4.62E-01
	0.35	0.446	6.73E-01	5.98E-01
	0.40	0.526	2.64E-01	8.93E-01
	0.45	0.609	1.81E+00	1.66E+00
	0.50	0.697	3.41E+00	2.97E+00
	0.55	0.788	4.27E+00	4.32E+00
	0.60	0.883	2.32E+00	1.57E+00
	0.65	0.982	1.37E+00	8.73E-01
	0.70	1.086	7.66E-01	3.74E-01
	0.75	1.193	6.68E-01	1.11E+00
	0.80	1.304	2.27E-01	1.58E-01
	0.85	1.419	4.10E-01	2.99E+00
	0.90	1.537	3.67E-02	1.00E-01
	0.95	1.660	1.01E-01	1.08E-01
1.00	1.787	1.04E-01	2.61E-01	
1.05	1.918	4.57E-02	6.22E-01	
1.10	2.052	8.90E-03	6.96E-01	
1.15	2.191	2.52E-02	4.57E-01	
1.20	2.333	1.32E-02	3.22E-01	
1.25	2.480	1.67E-02	1.78E-01	
1.30	2.630	2.11E-02	9.05E-02	
1.35	2.784	1.76E-02	1.01E-01	
1.40	2.942	8.54E-03	1.15E-01	
1.45	3.104	2.30E-03	1.01E-01	
1.50	3.270	8.75E-03	6.05E-02	
1.55	3.440	9.15E-03	4.58E-02	
1.60	3.614	4.42E-03	5.85E-02	
1.65	3.792	9.33E-04	6.34E-02	
1.70	3.974	5.52E-03	4.14E-02	
1.75	4.160	5.00E-03	3.19E-02	
1.80	4.349	2.07E-03	3.70E-02	
1.85	4.543	1.83E-03	3.79E-02	
1.90	4.741	2.98E-03	2.89E-02	
1.95	4.942	1.89E-03	2.43E-02	
2.00	5.148	7.23E-04	2.61E-02	

ADDED MASS AR1.5-0 HEAD SEAS 15KNOT	Ww	We	HEAVING (kg)	PITCHING (kg.m <sup>2</sup> /°)
	0.05	0.052	1.10E+09	3.95E+11
	0.10	0.108	2.08E+09	1.84E+11
	0.15	0.168	-6.18E+08	-2.01E+10
	0.20	0.231	-2.43E+08	2.37E+10
	0.25	0.299	-1.30E+08	-4.98E+09
	0.30	0.371	-6.55E+07	-2.09E+09
	0.35	0.446	-5.33E+07	-1.07E+09
	0.40	0.526	-3.71E+07	-7.15E+08
	0.45	0.609	-2.67E+07	-4.54E+08
	0.50	0.697	-1.98E+07	-3.14E+08
	0.55	0.788	-1.49E+07	-2.29E+08
	0.60	0.883	-1.13E+07	-1.70E+08
	0.65	0.982	-8.66E+06	-1.27E+08
	0.70	1.086	-6.65E+06	-9.88E+07
	0.75	1.193	-5.09E+06	-7.63E+07
	0.80	1.304	-3.87E+06	-5.94E+07
	0.85	1.419	-2.90E+06	-4.59E+07
	0.90	1.537	-2.11E+06	-3.56E+07
	0.95	1.660	-1.47E+06	-2.72E+07
1.00	1.787	-9.40E+05	-2.00E+07	
1.05	1.918	-5.10E+05	-1.47E+07	
1.10	2.052	-1.43E+05	-1.01E+07	
1.15	2.191	1.62E+05	-6.17E+06	
1.20	2.333	4.22E+05	-2.89E+06	
1.25	2.480	6.44E+05	-1.00E+05	
1.30	2.630	8.35E+05	2.30E+06	
1.35	2.784	9.98E+05	4.33E+06	
1.40	2.942	1.14E+06	6.09E+06	
1.45	3.104	1.26E+06	7.59E+06	
1.50	3.270	1.37E+06	8.90E+06	
1.55	3.440	1.46E+06	1.01E+07	
1.60	3.614	1.54E+06	1.11E+07	
1.65	3.792	1.62E+06	1.20E+07	
1.70	3.974	1.68E+06	1.28E+07	
1.75	4.160	1.74E+06	1.35E+07	
1.80	4.349	1.80E+06	1.42E+07	
1.85	4.543	1.85E+06	1.47E+07	
1.90	4.741	1.89E+06	1.53E+07	
1.95	4.942	1.93E+06	1.57E+07	
2.00	5.148	1.96E+06	1.61E+07	

**RAO AR1.5-0 HEAD SEAS 30KNOT**

Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
0.05	0.054	1.30E+00	2.73E-01
0.10	0.116	4.52E+00	2.00E+00
0.15	0.185	1.83E-01	1.35E-01
0.20	0.263	9.86E-02	1.17E-01
0.25	0.348	1.31E-01	3.13E-01
0.30	0.442	9.60E-02	4.79E-01
0.35	0.543	2.17E-01	7.00E-01
0.40	0.652	2.36E-01	9.84E-01
0.45	0.769	3.52E-01	1.25E+00
0.50	0.893	1.92E+00	2.72E+00
0.55	1.026	2.86E+00	3.85E+00
0.60	1.167	1.76E+00	1.15E+00
0.65	1.315	1.09E+00	8.42E-01
0.70	1.471	7.18E-01	1.08E+00
0.75	1.635	3.76E-01	5.01E-01
0.80	1.807	1.50E-01	3.88E-01
0.85	1.987	1.34E-01	1.78E+00
0.90	2.175	9.04E-02	7.95E-01
0.95	2.370	7.67E-02	3.69E-01
1.00	2.574	7.14E-02	1.17E-01
1.05	2.785	6.29E-02	1.25E-01
1.10	3.004	4.73E-02	1.93E-01
1.15	3.231	2.72E-02	2.04E-01
1.20	3.466	8.67E-03	1.70E-01
1.25	3.709	6.97E-03	1.13E-01
1.30	3.960	1.29E-02	5.79E-02
1.35	4.218	1.21E-02	5.06E-02
1.40	4.485	6.96E-03	6.47E-02
1.45	4.759	8.28E-04	6.08E-02
1.50	5.041	4.21E-03	4.14E-02
1.55	5.331	5.59E-03	2.53E-02
1.60	5.629	3.68E-03	3.42E-02
1.65	5.935	3.53E-04	3.89E-02
1.70	6.248	2.36E-03	2.98E-02
1.75	6.570	2.87E-03	1.97E-02
1.80	6.899	1.49E-03	2.18E-02
1.85	7.236	5.75E-04	2.25E-02
1.90	7.581	1.70E-03	1.61E-02
1.95	7.934	1.36E-03	1.25E-02
2.00	8.295	2.82E-04	1.41E-02

**ADDED MASS AR1.5-0 HEAD SEAS 30KNOT**

Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
0.05	0.054	1.16E+09	1.43E+12
0.10	0.116	-4.33E+09	-1.28E+12
0.15	0.185	-4.45E+08	-4.95E+10
0.20	0.263	-1.77E+08	-1.98E+10
0.25	0.348	-9.06E+07	-4.88E+09
0.30	0.442	-5.46E+07	-1.99E+09
0.35	0.543	-3.46E+07	-1.01E+09
0.40	0.652	-2.30E+07	-5.46E+08
0.45	0.769	-1.58E+07	-3.29E+08
0.50	0.893	-1.10E+07	-2.08E+08
0.55	1.026	-7.74E+06	-1.38E+08
0.60	1.167	-5.43E+06	-9.37E+07
0.65	1.315	-3.76E+06	-6.47E+07
0.70	1.471	-2.52E+06	-4.45E+07
0.75	1.635	-1.59E+06	-3.06E+07
0.80	1.807	-8.70E+05	-2.01E+07
0.85	1.987	-3.13E+05	-1.24E+07
0.90	2.175	1.30E+05	-6.49E+06
0.95	2.370	4.83E+05	-1.83E+06
1.00	2.574	7.70E+05	1.89E+06
1.05	2.785	9.99E+05	4.75E+06
1.10	3.004	1.19E+06	7.11E+06
1.15	3.231	1.34E+06	9.01E+06
1.20	3.466	1.47E+06	1.06E+07
1.25	3.709	1.58E+06	1.19E+07
1.30	3.960	1.68E+06	1.30E+07
1.35	4.218	1.76E+06	1.40E+07
1.40	4.485	1.83E+06	1.49E+07
1.45	4.759	1.89E+06	1.56E+07
1.50	5.041	1.95E+06	1.62E+07
1.55	5.331	1.99E+06	1.67E+07
1.60	5.629	2.03E+06	1.71E+07
1.65	5.935	2.06E+06	1.75E+07
1.70	6.248	2.09E+06	1.79E+07
1.75	6.570	2.12E+06	1.82E+07
1.80	6.899	2.14E+06	1.84E+07
1.85	7.236	2.16E+06	1.86E+07
1.90	7.581	2.18E+06	1.88E+07
1.95	7.934	2.19E+06	1.90E+07
2.00	8.295	2.21E+06	1.92E+07

RAO AR1.5-3 HEAD SEAS 15KNOT	Ww	We	HEAVING (m/m)	PITCHING (°/m)
	0.05	0.052	1.24E+00	4.51E-01
	0.10	0.108	1.33E+01	1.07E+01
	0.15	0.168	3.77E-01	5.57E-01
	0.20	0.231	4.68E-02	1.42E-01
	0.25	0.299	4.65E-02	1.64E-01
	0.30	0.371	6.21E-01	4.61E-01
	0.35	0.446	6.72E-01	5.97E-01
	0.40	0.526	2.70E-01	8.91E-01
	0.45	0.609	1.80E+00	1.64E+00
	0.50	0.697	3.33E+00	2.88E+00
	0.55	0.788	3.97E+00	3.98E+00
	0.60	0.883	2.28E+00	1.53E+00
	0.65	0.982	1.36E+00	8.66E-01
	0.70	1.086	7.65E-01	3.72E-01
	0.75	1.193	6.66E-01	1.11E+00
	0.80	1.304	2.26E-01	1.57E-01
	0.85	1.419	3.61E-01	2.64E+00
	0.90	1.537	3.67E-02	1.00E-01
	0.95	1.660	1.01E-01	1.07E-01
	1.00	1.787	1.06E-01	2.51E-01
	1.05	1.918	4.71E-02	5.86E-01
	1.10	2.052	7.75E-03	6.70E-01
	1.15	2.191	2.24E-02	4.48E-01
1.20	2.333	1.32E-02	3.16E-01	
1.25	2.480	1.76E-02	1.76E-01	
1.30	2.630	2.13E-02	8.94E-02	
1.35	2.784	1.73E-02	9.99E-02	
1.40	2.942	8.07E-03	1.14E-01	
1.45	3.104	2.68E-03	9.96E-02	
1.50	3.270	8.93E-03	6.00E-02	
1.55	3.440	9.08E-03	4.54E-02	
1.60	3.614	4.23E-03	5.80E-02	
1.65	3.792	1.17E-03	6.29E-02	
1.70	3.974	5.64E-03	4.11E-02	
1.75	4.160	5.00E-03	3.17E-02	
1.80	4.349	2.00E-03	3.68E-02	
1.85	4.543	1.95E-03	3.76E-02	
1.90	4.741	3.03E-03	2.87E-02	
1.95	4.942	1.87E-03	2.42E-02	
2.00	5.148	7.75E-04	2.60E-02	

ADDED MASS AR1.5-3 HEAD SEAS 15KNOT	Ww	We	HEAVING (kg)	PITCHING (kg.m²/°)
	0.05	0.052	1.10E+09	3.95E+11
	0.10	0.108	1.99E+09	1.76E+11
	0.15	0.168	-6.18E+08	-2.01E+10
	0.20	0.231	-2.43E+08	2.35E+10
	0.25	0.299	-1.30E+08	-4.99E+09
	0.30	0.371	-6.36E+07	-2.07E+09
	0.35	0.446	-5.34E+07	-1.07E+09
	0.40	0.526	-3.71E+07	-7.16E+08
	0.45	0.609	-2.67E+07	-4.54E+08
	0.50	0.697	-1.98E+07	-3.14E+08
	0.55	0.788	-1.49E+07	-2.30E+08
	0.60	0.883	-1.13E+07	-1.70E+08
	0.65	0.982	-8.66E+06	-1.27E+08
	0.70	1.086	-6.65E+06	-9.88E+07
	0.75	1.193	-5.09E+06	-7.63E+07
	0.80	1.304	-3.87E+06	-5.94E+07
	0.85	1.419	-2.90E+06	-4.59E+07
	0.90	1.537	-2.11E+06	-3.56E+07
	0.95	1.660	-1.47E+06	-2.72E+07
	1.00	1.787	-9.40E+05	-1.99E+07
	1.05	1.918	-5.10E+05	-1.47E+07
	1.10	2.052	-1.43E+05	-1.01E+07
	1.15	2.191	1.62E+05	-6.17E+06
1.20	2.333	4.22E+05	-2.89E+06	
1.25	2.480	6.44E+05	-1.00E+05	
1.30	2.630	8.35E+05	2.30E+06	
1.35	2.784	9.98E+05	4.33E+06	
1.40	2.942	1.14E+06	6.09E+06	
1.45	3.104	1.26E+06	7.59E+06	
1.50	3.270	1.37E+06	8.90E+06	
1.55	3.440	1.46E+06	1.01E+07	
1.60	3.614	1.54E+06	1.11E+07	
1.65	3.792	1.62E+06	1.20E+07	
1.70	3.974	1.68E+06	1.28E+07	
1.75	4.160	1.74E+06	1.35E+07	
1.80	4.349	1.80E+06	1.42E+07	
1.85	4.543	1.85E+06	1.47E+07	
1.90	4.741	1.89E+06	1.53E+07	
1.95	4.942	1.93E+06	1.57E+07	
2.00	5.148	1.96E+06	1.61E+07	

**RAO AR1.5-3 HEAD SEAS 30KNOT**

Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
0.05	0.054	1.30E+00	2.73E-01
0.10	0.116	4.52E+00	2.00E+00
0.15	0.185	1.83E-01	1.35E-01
0.20	0.263	9.86E-02	1.17E-01
0.25	0.348	1.31E-01	3.13E-01
0.30	0.442	9.88E-02	4.79E-01
0.35	0.543	2.22E-01	6.98E-01
0.40	0.652	2.49E-01	9.81E-01
0.45	0.769	3.79E-01	1.24E+00
0.50	0.893	1.90E+00	2.64E+00
0.55	1.026	2.62E+00	3.40E+00
0.60	1.167	1.75E+00	1.14E+00
0.65	1.315	1.09E+00	8.31E-01
0.70	1.471	7.11E-01	1.02E+00
0.75	1.635	3.76E-01	4.90E-01
0.80	1.807	1.52E-01	3.73E-01
0.85	1.987	1.15E-01	1.61E+00
0.90	2.175	8.74E-02	7.44E-01
0.95	2.370	7.85E-02	3.51E-01
1.00	2.574	7.25E-02	1.12E-01
1.05	2.785	6.24E-02	1.20E-01
1.10	3.004	4.58E-02	1.87E-01
1.15	3.231	2.54E-02	1.98E-01
1.20	3.466	7.48E-03	1.65E-01
1.25	3.709	7.85E-03	1.10E-01
1.30	3.960	1.32E-02	5.65E-02
1.35	4.218	1.20E-02	4.95E-02
1.40	4.485	6.55E-03	6.34E-02
1.45	4.759	6.77E-04	5.97E-02
1.50	5.041	4.41E-03	4.07E-02
1.55	5.331	5.57E-03	2.49E-02
1.60	5.629	3.49E-03	3.37E-02
1.65	5.935	2.64E-04	3.84E-02
1.70	6.248	2.49E-03	2.94E-02
1.75	6.570	2.87E-03	1.95E-02
1.80	6.899	1.40E-03	2.16E-02
1.85	7.236	6.68E-04	2.23E-02
1.90	7.581	1.74E-03	1.59E-02
1.95	7.934	1.34E-03	1.24E-02
2.00	8.295	2.65E-04	1.40E-02

**ADDED MASS AR1.5-3 HEAD SEAS 30KNOT**

Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
0.05	0.054	1.16E+09	1.43E+12
0.10	0.116	-4.33E+09	-1.28E+12
0.15	0.185	-4.45E+08	-4.94E+10
0.20	0.263	-1.77E+08	-1.99E+10
0.25	0.348	-9.06E+07	-4.88E+09
0.30	0.442	-5.46E+07	-1.99E+09
0.35	0.543	-3.46E+07	-1.01E+09
0.40	0.652	-2.30E+07	-5.46E+08
0.45	0.769	-1.58E+07	-3.29E+08
0.50	0.893	-1.10E+07	-2.08E+08
0.55	1.026	-7.74E+06	-1.38E+08
0.60	1.167	-5.43E+06	-9.37E+07
0.65	1.315	-3.76E+06	-6.47E+07
0.70	1.471	-2.52E+06	-4.46E+07
0.75	1.635	-1.59E+06	-3.06E+07
0.80	1.807	-8.70E+05	-2.01E+07
0.85	1.987	-3.13E+05	-1.24E+07
0.90	2.175	1.30E+05	-6.49E+06
0.95	2.370	4.83E+05	-1.84E+06
1.00	2.574	7.70E+05	1.89E+06
1.05	2.785	9.99E+05	4.74E+06
1.10	3.004	1.19E+06	7.11E+06
1.15	3.231	1.34E+06	9.01E+06
1.20	3.466	1.47E+06	1.06E+07
1.25	3.709	1.58E+06	1.19E+07
1.30	3.960	1.68E+06	1.30E+07
1.35	4.218	1.76E+06	1.40E+07
1.40	4.485	1.83E+06	1.49E+07
1.45	4.759	1.89E+06	1.56E+07
1.50	5.041	1.95E+06	1.62E+07
1.55	5.331	1.99E+06	1.67E+07
1.60	5.629	2.03E+06	1.71E+07
1.65	5.935	2.06E+06	1.75E+07
1.70	6.248	2.09E+06	1.79E+07
1.75	6.570	2.12E+06	1.82E+07
1.80	6.899	2.14E+06	1.84E+07
1.85	7.236	2.16E+06	1.86E+07
1.90	7.581	2.18E+06	1.88E+07
1.95	7.934	2.19E+06	1.90E+07
2.00	8.295	2.21E+06	1.92E+07

RAO AR1.5-5 HEAD SEAS 15KNOT	Ww	We	HEAVING (m/m)	PITCHING (°/m)
	0.05	0.052	1.24E+00	4.51E-01
	0.10	0.108	1.33E+01	1.07E+01
	0.15	0.168	3.77E-01	5.57E-01
	0.20	0.231	4.67E-02	1.42E-01
	0.25	0.299	4.62E-02	1.64E-01
	0.30	0.371	6.20E-01	4.61E-01
	0.35	0.446	6.72E-01	5.97E-01
	0.40	0.526	2.65E-01	8.91E-01
	0.45	0.609	1.80E+00	1.65E+00
	0.50	0.697	3.34E+00	2.90E+00
	0.55	0.788	4.06E+00	4.09E+00
	0.60	0.883	2.29E+00	1.54E+00
	0.65	0.982	1.37E+00	8.71E-01
	0.70	1.086	7.65E-01	3.73E-01
	0.75	1.193	6.67E-01	1.11E+00
	0.80	1.304	2.26E-01	1.58E-01
	0.85	1.419	3.98E-01	2.91E+00
	0.90	1.537	3.67E-02	1.00E-01
	0.95	1.660	1.01E-01	1.07E-01
	1.00	1.787	1.04E-01	2.58E-01
	1.05	1.918	4.59E-02	6.15E-01
	1.10	2.052	8.43E-03	6.91E-01
	1.15	2.191	2.46E-02	4.56E-01
1.20	2.333	1.32E-02	3.21E-01	
1.25	2.480	1.69E-02	1.78E-01	
1.30	2.630	2.11E-02	9.03E-02	
1.35	2.784	1.75E-02	1.01E-01	
1.40	2.942	8.44E-03	1.15E-01	
1.45	3.104	2.37E-03	1.00E-01	
1.50	3.270	8.78E-03	6.04E-02	
1.55	3.440	9.13E-03	4.57E-02	
1.60	3.614	4.38E-03	5.84E-02	
1.65	3.792	9.81E-04	6.33E-02	
1.70	3.974	5.54E-03	4.13E-02	
1.75	4.160	5.00E-03	3.19E-02	
1.80	4.349	2.06E-03	3.70E-02	
1.85	4.543	1.86E-03	3.78E-02	
1.90	4.741	2.99E-03	2.89E-02	
1.95	4.942	1.89E-03	2.43E-02	
2.00	5.148	7.33E-04	2.61E-02	

ADDED MASS AR1.5-5 HEAD SEAS 15KNOT	Ww	We	HEAVING (kg)	PITCHING (kg.m²/°)
	0.05	0.052	1.11E+09	3.97E+11
	0.10	0.108	8.20E+08	7.28E+10
	0.15	0.168	-6.17E+08	-2.00E+10
	0.20	0.231	-2.43E+08	2.52E+10
	0.25	0.299	-1.30E+08	-4.96E+09
	0.30	0.371	-6.99E+07	-2.14E+09
	0.35	0.446	-5.33E+07	-1.07E+09
	0.40	0.526	-3.71E+07	-7.14E+08
	0.45	0.609	-2.67E+07	-4.54E+08
	0.50	0.697	-1.98E+07	-3.14E+08
	0.55	0.788	-1.49E+07	-2.29E+08
	0.60	0.883	-1.13E+07	-1.70E+08
	0.65	0.982	-8.66E+06	-1.27E+08
	0.70	1.086	-6.65E+06	-9.88E+07
	0.75	1.193	-5.09E+06	-7.63E+07
	0.80	1.304	-3.87E+06	-5.94E+07
	0.85	1.419	-2.90E+06	-4.59E+07
	0.90	1.537	-2.11E+06	-3.56E+07
	0.95	1.660	-1.47E+06	-2.72E+07
	1.00	1.787	-9.40E+05	-1.99E+07
	1.05	1.918	-5.10E+05	-1.47E+07
	1.10	2.052	-1.43E+05	-1.01E+07
	1.15	2.191	1.62E+05	-6.17E+06
1.20	2.333	4.22E+05	-2.89E+06	
1.25	2.480	6.44E+05	-9.87E+04	
1.30	2.630	8.35E+05	2.30E+06	
1.35	2.784	9.98E+05	4.33E+06	
1.40	2.942	1.14E+06	6.09E+06	
1.45	3.104	1.26E+06	7.60E+06	
1.50	3.270	1.37E+06	8.91E+06	
1.55	3.440	1.46E+06	1.01E+07	
1.60	3.614	1.54E+06	1.11E+07	
1.65	3.792	1.62E+06	1.20E+07	
1.70	3.974	1.68E+06	1.28E+07	
1.75	4.160	1.74E+06	1.35E+07	
1.80	4.349	1.80E+06	1.42E+07	
1.85	4.543	1.85E+06	1.47E+07	
1.90	4.741	1.89E+06	1.53E+07	
1.95	4.942	1.93E+06	1.57E+07	
2.00	5.148	1.96E+06	1.61E+07	



**RAO AR1.5-5 HEAD SEAS 30KNOT**

Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
0.05	0.054	1.30E+00	2.73E-01
0.10	0.116	4.52E+00	2.00E+00
0.15	0.185	1.83E-01	1.35E-01
0.20	0.263	9.86E-02	1.17E-01
0.25	0.348	1.31E-01	3.13E-01
0.30	0.442	9.65E-02	4.79E-01
0.35	0.543	2.18E-01	6.98E-01
0.40	0.652	2.38E-01	9.81E-01
0.45	0.769	3.57E-01	1.24E+00
0.50	0.893	1.89E+00	2.66E+00
0.55	1.026	2.70E+00	3.60E+00
0.60	1.167	1.75E+00	1.14E+00
0.65	1.315	1.09E+00	8.37E-01
0.70	1.471	7.15E-01	1.07E+00
0.75	1.635	3.75E-01	4.98E-01
0.80	1.807	1.50E-01	3.85E-01
0.85	1.987	1.30E-01	1.74E+00
0.90	2.175	8.97E-02	7.84E-01
0.95	2.370	7.71E-02	3.65E-01
1.00	2.574	7.16E-02	1.16E-01
1.05	2.785	6.27E-02	1.24E-01
1.10	3.004	4.69E-02	1.92E-01
1.15	3.231	2.68E-02	2.03E-01
1.20	3.466	8.43E-03	1.69E-01
1.25	3.709	7.15E-03	1.12E-01
1.30	3.960	1.30E-02	5.77E-02
1.35	4.218	1.21E-02	5.05E-02
1.40	4.485	6.87E-03	6.45E-02
1.45	4.759	7.80E-04	6.06E-02
1.50	5.041	4.25E-03	4.13E-02
1.55	5.331	5.58E-03	2.52E-02
1.60	5.629	3.64E-03	3.41E-02
1.65	5.935	3.27E-04	3.88E-02
1.70	6.248	2.38E-03	2.97E-02
1.75	6.570	2.87E-03	1.96E-02
1.80	6.899	1.47E-03	2.18E-02
1.85	7.236	5.93E-04	2.25E-02
1.90	7.581	1.71E-03	1.61E-02
1.95	7.934	1.36E-03	1.25E-02
2.00	8.295	2.78E-04	1.41E-02

**ADDED MASS AR1.5-5 HEAD SEAS 30KNOT**

Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
0.05	0.054	1.16E+09	1.44E+12
0.10	0.116	-4.25E+09	-1.26E+12
0.15	0.185	-4.44E+08	-4.93E+10
0.20	0.263	-1.77E+08	-1.97E+10
0.25	0.348	-9.06E+07	-4.87E+09
0.30	0.442	-5.46E+07	-1.98E+09
0.35	0.543	-3.46E+07	-1.01E+09
0.40	0.652	-2.30E+07	-5.46E+08
0.45	0.769	-1.58E+07	-3.29E+08
0.50	0.893	-1.10E+07	-2.08E+08
0.55	1.026	-7.74E+06	-1.38E+08
0.60	1.167	-5.43E+06	-9.37E+07
0.65	1.315	-3.76E+06	-6.47E+07
0.70	1.471	-2.52E+06	-4.46E+07
0.75	1.635	-1.59E+06	-3.06E+07
0.80	1.807	-8.70E+05	-2.01E+07
0.85	1.987	-3.13E+05	-1.24E+07
0.90	2.175	1.30E+05	-6.49E+06
0.95	2.370	4.83E+05	-1.83E+06
1.00	2.574	7.70E+05	1.89E+06
1.05	2.785	9.99E+05	4.75E+06
1.10	3.004	1.19E+06	7.11E+06
1.15	3.231	1.34E+06	9.02E+06
1.20	3.466	1.47E+06	1.06E+07
1.25	3.709	1.58E+06	1.19E+07
1.30	3.960	1.68E+06	1.30E+07
1.35	4.218	1.76E+06	1.40E+07
1.40	4.485	1.83E+06	1.49E+07
1.45	4.759	1.89E+06	1.56E+07
1.50	5.041	1.95E+06	1.62E+07
1.55	5.331	1.99E+06	1.67E+07
1.60	5.629	2.03E+06	1.71E+07
1.65	5.935	2.06E+06	1.75E+07
1.70	6.248	2.09E+06	1.79E+07
1.75	6.570	2.12E+06	1.82E+07
1.80	6.899	2.14E+06	1.84E+07
1.85	7.236	2.16E+06	1.86E+07
1.90	7.581	2.18E+06	1.89E+07
1.95	7.934	2.19E+06	1.90E+07
2.00	8.295	2.21E+06	1.92E+07

RAO AR1.75-0 HEAD SEAS 15KNOT	Ww	We	HEAVING (m/m)	PITCHING (°/m)
	0.05	0.052	1.24E+00	4.51E-01
	0.10	0.108	1.33E+01	1.07E+01
	0.15	0.168	3.77E-01	5.57E-01
	0.20	0.231	4.68E-02	1.42E-01
	0.25	0.299	4.64E-02	1.64E-01
	0.30	0.371	6.21E-01	4.61E-01
	0.35	0.446	6.73E-01	5.97E-01
	0.40	0.526	2.68E-01	8.92E-01
	0.45	0.609	1.81E+00	1.65E+00
	0.50	0.697	3.37E+00	2.93E+00
	0.55	0.788	4.10E+00	4.12E+00
	0.60	0.883	2.30E+00	1.55E+00
	0.65	0.982	1.37E+00	8.68E-01
	0.70	1.086	7.66E-01	3.73E-01
	0.75	1.193	6.67E-01	1.11E+00
	0.80	1.304	2.26E-01	1.57E-01
	0.85	1.419	3.72E-01	2.72E+00
	0.90	1.537	3.67E-02	1.00E-01
	0.95	1.660	1.01E-01	1.07E-01
1.00	1.787	1.06E-01	2.53E-01	
1.05	1.918	4.67E-02	5.95E-01	
1.10	2.052	7.74E-03	6.76E-01	
1.15	2.191	2.30E-02	4.50E-01	
1.20	2.333	1.32E-02	3.17E-01	
1.25	2.480	1.74E-02	1.76E-01	
1.30	2.630	2.12E-02	8.97E-02	
1.35	2.784	1.74E-02	1.00E-01	
1.40	2.942	8.17E-03	1.14E-01	
1.45	3.104	2.59E-03	9.98E-02	
1.50	3.270	8.89E-03	6.01E-02	
1.55	3.440	9.09E-03	4.55E-02	
1.60	3.614	4.27E-03	5.81E-02	
1.65	3.792	1.12E-03	6.30E-02	
1.70	3.974	5.62E-03	4.12E-02	
1.75	4.160	5.00E-03	3.18E-02	
1.80	4.349	2.01E-03	3.69E-02	
1.85	4.543	1.92E-03	3.77E-02	
1.90	4.741	3.02E-03	2.88E-02	
1.95	4.942	1.88E-03	2.42E-02	
2.00	5.148	7.62E-04	2.60E-02	

ADDED MASS AR1.75-0 HEAD SEAS 15KNOT	Ww	We	HEAVING (kg)	PITCHING (kg.m <sup>2</sup> /°)
	0.05	0.052	1.10E+09	3.94E+11
	0.10	0.108	2.69E+09	2.38E+11
	0.15	0.168	-6.19E+08	-2.01E+10
	0.20	0.231	-2.43E+08	2.33E+10
	0.25	0.299	-1.30E+08	-4.99E+09
	0.30	0.371	-6.37E+07	-2.07E+09
	0.35	0.446	-5.34E+07	-1.07E+09
	0.40	0.526	-3.71E+07	-7.15E+08
	0.45	0.609	-2.67E+07	-4.54E+08
	0.50	0.697	-1.98E+07	-3.14E+08
	0.55	0.788	-1.49E+07	-2.29E+08
	0.60	0.883	-1.13E+07	-1.70E+08
	0.65	0.982	-8.66E+06	-1.27E+08
	0.70	1.086	-6.65E+06	-9.88E+07
	0.75	1.193	-5.09E+06	-7.63E+07
	0.80	1.304	-3.87E+06	-5.94E+07
	0.85	1.419	-2.90E+06	-4.59E+07
	0.90	1.537	-2.11E+06	-3.55E+07
	0.95	1.660	-1.47E+06	-2.72E+07
1.00	1.787	-9.39E+05	-1.99E+07	
1.05	1.918	-5.10E+05	-1.47E+07	
1.10	2.052	-1.43E+05	-1.00E+07	
1.15	2.191	1.62E+05	-6.16E+06	
1.20	2.333	4.22E+05	-2.88E+06	
1.25	2.480	6.45E+05	-8.60E+04	
1.30	2.630	8.35E+05	2.32E+06	
1.35	2.784	9.98E+05	4.35E+06	
1.40	2.942	1.14E+06	6.10E+06	
1.45	3.104	1.26E+06	7.61E+06	
1.50	3.270	1.37E+06	8.92E+06	
1.55	3.440	1.46E+06	1.01E+07	
1.60	3.614	1.54E+06	1.11E+07	
1.65	3.792	1.62E+06	1.20E+07	
1.70	3.974	1.68E+06	1.28E+07	
1.75	4.160	1.74E+06	1.35E+07	
1.80	4.349	1.80E+06	1.42E+07	
1.85	4.543	1.85E+06	1.48E+07	
1.90	4.741	1.89E+06	1.53E+07	
1.95	4.942	1.93E+06	1.58E+07	
2.00	5.148	1.96E+06	1.62E+07	

	RAO AR1.75-0 HEAD SEAS 30KNOT			
	Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
0.05	0.054	1.30E+00	2.73E-01	
0.10	0.116	4.52E+00	2.00E+00	
0.15	0.185	1.83E-01	1.35E-01	
0.20	0.263	9.86E-02	1.17E-01	
0.25	0.348	1.31E-01	3.13E-01	
0.30	0.442	9.82E-02	4.79E-01	
0.35	0.543	2.21E-01	6.99E-01	
0.40	0.652	2.46E-01	9.82E-01	
0.45	0.769	3.73E-01	1.25E+00	
0.50	0.893	1.92E+00	2.68E+00	
0.55	1.026	2.72E+00	3.57E+00	
0.60	1.167	1.75E+00	1.14E+00	
0.65	1.315	1.09E+00	8.35E-01	
0.70	1.471	7.13E-01	1.04E+00	
0.75	1.635	3.76E-01	4.94E-01	
0.80	1.807	1.51E-01	3.77E-01	
0.85	1.987	1.19E-01	1.65E+00	
0.90	2.175	8.81E-02	7.56E-01	
0.95	2.370	7.82E-02	3.55E-01	
1.00	2.574	7.23E-02	1.13E-01	
1.05	2.785	6.25E-02	1.21E-01	
1.10	3.004	4.61E-02	1.88E-01	
1.15	3.231	2.58E-02	2.00E-01	
1.20	3.466	7.76E-03	1.66E-01	
1.25	3.709	7.65E-03	1.11E-01	
1.30	3.960	1.32E-02	5.69E-02	
1.35	4.218	1.20E-02	4.98E-02	
1.40	4.485	6.64E-03	6.37E-02	
1.45	4.759	6.90E-04	6.00E-02	
1.50	5.041	4.37E-03	4.09E-02	
1.55	5.331	5.57E-03	2.50E-02	
1.60	5.629	3.53E-03	3.38E-02	
1.65	5.935	2.74E-04	3.85E-02	
1.70	6.248	2.46E-03	2.95E-02	
1.75	6.570	2.87E-03	1.95E-02	
1.80	6.899	1.42E-03	2.17E-02	
1.85	7.236	6.46E-04	2.24E-02	
1.90	7.581	1.73E-03	1.60E-02	
1.95	7.934	1.34E-03	1.24E-02	
2.00	8.295	2.68E-04	1.40E-02	

	ADDED MASS AR1.75-0 HEAD SEAS 30KNOT			
	Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
0.05	0.054	1.15E+09	1.42E+12	
0.10	0.116	-4.37E+09	-1.29E+12	
0.15	0.185	-4.46E+08	-4.95E+10	
0.20	0.263	-1.77E+08	-1.99E+10	
0.25	0.348	-9.07E+07	-4.88E+09	
0.30	0.442	-5.46E+07	-1.99E+09	
0.35	0.543	-3.46E+07	-1.01E+09	
0.40	0.652	-2.30E+07	-5.46E+08	
0.45	0.769	-1.58E+07	-3.29E+08	
0.50	0.893	-1.10E+07	-2.08E+08	
0.55	1.026	-7.74E+06	-1.38E+08	
0.60	1.167	-5.43E+06	-9.37E+07	
0.65	1.315	-3.76E+06	-6.47E+07	
0.70	1.471	-2.52E+06	-4.46E+07	
0.75	1.635	-1.59E+06	-3.06E+07	
0.80	1.807	-8.70E+05	-2.01E+07	
0.85	1.987	-3.12E+05	-1.24E+07	
0.90	2.175	1.30E+05	-6.48E+06	
0.95	2.370	4.83E+05	-1.82E+06	
1.00	2.574	7.70E+05	1.91E+06	
1.05	2.785	9.99E+05	4.76E+06	
1.10	3.004	1.19E+06	7.13E+06	
1.15	3.231	1.34E+06	9.03E+06	
1.20	3.466	1.47E+06	1.06E+07	
1.25	3.709	1.58E+06	1.19E+07	
1.30	3.960	1.68E+06	1.31E+07	
1.35	4.218	1.76E+06	1.40E+07	
1.40	4.485	1.83E+06	1.49E+07	
1.45	4.759	1.89E+06	1.56E+07	
1.50	5.041	1.95E+06	1.62E+07	
1.55	5.331	1.99E+06	1.67E+07	
1.60	5.629	2.03E+06	1.72E+07	
1.65	5.935	2.06E+06	1.76E+07	
1.70	6.248	2.09E+06	1.79E+07	
1.75	6.570	2.12E+06	1.82E+07	
1.80	6.899	2.14E+06	1.84E+07	
1.85	7.236	2.16E+06	1.87E+07	
1.90	7.581	2.18E+06	1.89E+07	
1.95	7.934	2.19E+06	1.90E+07	
2.00	8.295	2.21E+06	1.92E+07	

	RAO AR1.75-3 HEAD SEAS 15KNOT			
	Ww	We	HEAVING (m/m)	PITCHING (°/m)
0.05	0.052	1.24E+00	4.51E-01	
0.10	0.108	1.33E+01	1.07E+01	
0.15	0.168	3.77E-01	5.57E-01	
0.20	0.231	4.69E-02	1.42E-01	
0.25	0.299	4.69E-02	1.64E-01	
0.30	0.371	6.21E-01	4.60E-01	
0.35	0.446	6.72E-01	5.96E-01	
0.40	0.526	2.75E-01	8.90E-01	
0.45	0.609	1.80E+00	1.64E+00	
0.50	0.697	3.28E+00	2.83E+00	
0.55	0.788	3.78E+00	3.76E+00	
0.60	0.883	2.26E+00	1.51E+00	
0.65	0.982	1.36E+00	8.60E-01	
0.70	1.086	7.65E-01	3.71E-01	
0.75	1.193	6.65E-01	1.11E+00	
0.80	1.304	2.26E-01	1.57E-01	
0.85	1.419	3.26E-01	2.38E+00	
0.90	1.537	3.66E-02	9.99E-02	
0.95	1.660	1.01E-01	1.06E-01	
1.00	1.787	1.08E-01	2.41E-01	
1.05	1.918	4.95E-02	5.54E-01	
1.10	2.052	9.19E-03	6.45E-01	
1.15	2.191	1.99E-02	4.38E-01	
1.20	2.333	1.33E-02	3.09E-01	
1.25	2.480	1.84E-02	1.73E-01	
1.30	2.630	2.16E-02	8.82E-02	
1.35	2.784	1.71E-02	9.87E-02	
1.40	2.942	7.67E-03	1.12E-01	
1.45	3.104	3.05E-03	9.86E-02	
1.50	3.270	9.12E-03	5.94E-02	
1.55	3.440	9.04E-03	4.50E-02	
1.60	3.614	4.07E-03	5.75E-02	
1.65	3.792	1.40E-03	6.24E-02	
1.70	3.974	5.77E-03	4.08E-02	
1.75	4.160	5.01E-03	3.15E-02	
1.80	4.349	1.94E-03	3.66E-02	
1.85	4.543	2.06E-03	3.74E-02	
1.90	4.741	3.09E-03	2.86E-02	
1.95	4.942	1.86E-03	2.41E-02	
2.00	5.148	8.30E-04	2.59E-02	

	ADDED MASS AR1.75-3 HEAD SEAS 15KNOT			
	Ww	We	HEAVING (kg)	PITCHING (kg.m <sup>2</sup> /°)
0.05	0.052	1.10E+09	3.96E+11	
0.10	0.108	1.51E+09	1.34E+11	
0.15	0.168	-6.18E+08	-2.01E+10	
0.20	0.231	-2.43E+08	2.44E+10	
0.25	0.299	-1.30E+08	-4.97E+09	
0.30	0.371	-6.85E+07	-2.13E+09	
0.35	0.446	-5.33E+07	-1.07E+09	
0.40	0.526	-3.71E+07	-7.14E+08	
0.45	0.609	-2.67E+07	-4.54E+08	
0.50	0.697	-1.98E+07	-3.14E+08	
0.55	0.788	-1.49E+07	-2.29E+08	
0.60	0.883	-1.13E+07	-1.70E+08	
0.65	0.982	-8.66E+06	-1.27E+08	
0.70	1.086	-6.65E+06	-9.88E+07	
0.75	1.193	-5.09E+06	-7.63E+07	
0.80	1.304	-3.87E+06	-5.94E+07	
0.85	1.419	-2.89E+06	-4.59E+07	
0.90	1.537	-2.11E+06	-3.55E+07	
0.95	1.660	-1.47E+06	-2.72E+07	
1.00	1.787	-9.40E+05	-1.99E+07	
1.05	1.918	-5.09E+05	-1.47E+07	
1.10	2.052	-1.43E+05	-1.00E+07	
1.15	2.191	1.62E+05	-6.16E+06	
1.20	2.333	4.22E+05	-2.88E+06	
1.25	2.480	6.45E+05	-8.65E+04	
1.30	2.630	8.35E+05	2.31E+06	
1.35	2.784	9.98E+05	4.34E+06	
1.40	2.942	1.14E+06	6.10E+06	
1.45	3.104	1.26E+06	7.61E+06	
1.50	3.270	1.37E+06	8.91E+06	
1.55	3.440	1.46E+06	1.01E+07	
1.60	3.614	1.54E+06	1.11E+07	
1.65	3.792	1.62E+06	1.20E+07	
1.70	3.974	1.68E+06	1.28E+07	
1.75	4.160	1.74E+06	1.35E+07	
1.80	4.349	1.80E+06	1.42E+07	
1.85	4.543	1.85E+06	1.48E+07	
1.90	4.741	1.89E+06	1.53E+07	
1.95	4.942	1.93E+06	1.57E+07	
2.00	5.148	1.96E+06	1.62E+07	

**RAO AR1.75-3 HEAD SEAS 30KNOT**

Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
0.05	0.054	1.30E+00	2.73E-01
0.10	0.116	4.52E+00	2.00E+00
0.15	0.185	1.83E-01	1.35E-01
0.20	0.263	9.87E-02	1.17E-01
0.25	0.348	1.32E-01	3.13E-01
0.30	0.442	1.02E-01	4.78E-01
0.35	0.543	2.26E-01	6.98E-01
0.40	0.652	2.63E-01	9.79E-01
0.45	0.769	4.04E-01	1.24E+00
0.50	0.893	1.90E+00	2.58E+00
0.55	1.026	2.49E+00	3.11E+00
0.60	1.167	1.75E+00	1.14E+00
0.65	1.315	1.08E+00	8.21E-01
0.70	1.471	7.05E-01	9.71E-01
0.75	1.635	3.76E-01	4.81E-01
0.80	1.807	1.54E-01	3.60E-01
0.85	1.987	1.00E-01	1.46E+00
0.90	2.175	8.46E-02	6.98E-01
0.95	2.370	7.97E-02	3.34E-01
1.00	2.574	7.35E-02	1.07E-01
1.05	2.785	6.21E-02	1.16E-01
1.10	3.004	4.46E-02	1.81E-01
1.15	3.231	2.40E-02	1.92E-01
1.20	3.466	6.41E-03	1.60E-01
1.25	3.709	8.61E-03	1.07E-01
1.30	3.960	1.35E-02	5.51E-02
1.35	4.218	1.19E-02	4.84E-02
1.40	4.485	6.22E-03	6.20E-02
1.45	4.759	7.65E-04	5.85E-02
1.50	5.041	4.62E-03	3.99E-02
1.55	5.331	5.56E-03	2.44E-02
1.60	5.629	3.32E-03	3.32E-02
1.65	5.935	3.02E-04	3.78E-02
1.70	6.248	2.62E-03	2.90E-02
1.75	6.570	2.88E-03	1.92E-02
1.80	6.899	1.32E-03	2.14E-02
1.85	7.236	7.59E-04	2.21E-02
1.90	7.581	1.79E-03	1.58E-02
1.95	7.934	1.32E-03	1.23E-02
2.00	8.295	2.64E-04	1.39E-02

**ADDED MASS AR1.75-3 HEAD SEAS 30KNOT**

Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
0.05	0.054	1.16E+09	1.43E+12
0.10	0.116	-4.29E+09	-1.27E+12
0.15	0.185	-4.45E+08	-4.94E+10
0.20	0.263	-1.77E+08	-1.98E+10
0.25	0.348	-9.06E+07	-4.87E+09
0.30	0.442	-5.46E+07	-1.98E+09
0.35	0.543	-3.46E+07	-1.01E+09
0.40	0.652	-2.30E+07	-5.46E+08
0.45	0.769	-1.58E+07	-3.29E+08
0.50	0.893	-1.10E+07	-2.08E+08
0.55	1.026	-7.73E+06	-1.38E+08
0.60	1.167	-5.43E+06	-9.37E+07
0.65	1.315	-3.76E+06	-6.47E+07
0.70	1.471	-2.52E+06	-4.46E+07
0.75	1.635	-1.59E+06	-3.06E+07
0.80	1.807	-8.70E+05	-2.01E+07
0.85	1.987	-3.12E+05	-1.24E+07
0.90	2.175	1.30E+05	-6.48E+06
0.95	2.370	4.83E+05	-1.82E+06
1.00	2.574	7.70E+05	1.91E+06
1.05	2.785	9.99E+05	4.76E+06
1.10	3.004	1.19E+06	7.12E+06
1.15	3.231	1.34E+06	9.02E+06
1.20	3.466	1.47E+06	1.06E+07
1.25	3.709	1.58E+06	1.19E+07
1.30	3.960	1.68E+06	1.31E+07
1.35	4.218	1.76E+06	1.40E+07
1.40	4.485	1.83E+06	1.49E+07
1.45	4.759	1.89E+06	1.56E+07
1.50	5.041	1.95E+06	1.62E+07
1.55	5.331	1.99E+06	1.67E+07
1.60	5.629	2.03E+06	1.72E+07
1.65	5.935	2.06E+06	1.76E+07
1.70	6.248	2.09E+06	1.79E+07
1.75	6.570	2.12E+06	1.82E+07
1.80	6.899	2.14E+06	1.84E+07
1.85	7.236	2.16E+06	1.87E+07
1.90	7.581	2.18E+06	1.89E+07
1.95	7.934	2.19E+06	1.90E+07
2.00	8.295	2.21E+06	1.92E+07

RAO AR1.75-5 HEAD SEAS 15KNOT	Ww	We	HEAVING (m/m)	PITCHING (°/m)
	0.05	0.052	1.24E+00	4.51E-01
	0.10	0.108	1.33E+01	1.07E+01
	0.15	0.168	3.77E-01	5.57E-01
	0.20	0.231	4.68E-02	1.42E-01
	0.25	0.299	4.65E-02	1.64E-01
	0.30	0.371	6.21E-01	4.60E-01
	0.35	0.446	6.72E-01	5.96E-01
	0.40	0.526	2.70E-01	8.90E-01
	0.45	0.609	1.80E+00	1.64E+00
	0.50	0.697	3.29E+00	2.85E+00
	0.55	0.788	3.87E+00	3.88E+00
	0.60	0.883	2.27E+00	1.52E+00
	0.65	0.982	1.36E+00	8.66E-01
	0.70	1.086	7.65E-01	3.72E-01
	0.75	1.193	6.66E-01	1.11E+00
	0.80	1.304	2.26E-01	1.57E-01
	0.85	1.419	3.61E-01	2.64E+00
	0.90	1.537	3.67E-02	1.00E-01
	0.95	1.660	1.01E-01	1.06E-01
	1.00	1.787	1.06E-01	2.50E-01
	1.05	1.918	4.71E-02	5.86E-01
	1.10	2.052	7.75E-03	6.70E-01
	1.15	2.191	2.24E-02	4.48E-01
1.20	2.333	1.32E-02	3.16E-01	
1.25	2.480	1.76E-02	1.76E-01	
1.30	2.630	2.13E-02	8.94E-02	
1.35	2.784	1.73E-02	1.00E-01	
1.40	2.942	8.07E-03	1.14E-01	
1.45	3.104	2.68E-03	9.96E-02	
1.50	3.270	8.93E-03	6.00E-02	
1.55	3.440	9.08E-03	4.54E-02	
1.60	3.614	4.23E-03	5.80E-02	
1.65	3.792	1.17E-03	6.29E-02	
1.70	3.974	5.64E-03	4.11E-02	
1.75	4.160	5.00E-03	3.17E-02	
1.80	4.349	2.00E-03	3.68E-02	
1.85	4.543	1.95E-03	3.76E-02	
1.90	4.741	3.03E-03	2.87E-02	
1.95	4.942	1.87E-03	2.42E-02	
2.00	5.148	7.75E-04	2.60E-02	

ADDED MASS AR1.75-5 HEAD SEAS 15KNOT	Ww	We	HEAVING (kg)	PITCHING (kg.m²/°)
	0.05	0.052	1.11E+09	4.00E+11
	0.10	0.108	-5.97E+08	-5.19E+10
	0.15	0.168	-6.15E+08	-1.99E+10
	0.20	0.231	-2.42E+08	2.79E+10
	0.25	0.299	-1.30E+08	-4.92E+09
	0.30	0.371	-7.92E+07	-2.22E+09
	0.35	0.446	-5.33E+07	-1.07E+09
	0.40	0.526	-3.71E+07	-7.11E+08
	0.45	0.609	-2.67E+07	-4.53E+08
	0.50	0.697	-1.98E+07	-3.14E+08
	0.55	0.788	-1.49E+07	-2.29E+08
	0.60	0.883	-1.13E+07	-1.70E+08
	0.65	0.982	-8.66E+06	-1.27E+08
	0.70	1.086	-6.65E+06	-9.88E+07
	0.75	1.193	-5.09E+06	-7.63E+07
	0.80	1.304	-3.87E+06	-5.94E+07
	0.85	1.419	-2.89E+06	-4.59E+07
	0.90	1.537	-2.11E+06	-3.55E+07
	0.95	1.660	-1.47E+06	-2.72E+07
	1.00	1.787	-9.40E+05	-1.99E+07
	1.05	1.918	-5.09E+05	-1.47E+07
	1.10	2.052	-1.43E+05	-1.00E+07
	1.15	2.191	1.62E+05	-6.16E+06
1.20	2.333	4.22E+05	-2.88E+06	
1.25	2.480	6.44E+05	-8.60E+04	
1.30	2.630	8.35E+05	2.31E+06	
1.35	2.784	9.98E+05	4.34E+06	
1.40	2.942	1.14E+06	6.10E+06	
1.45	3.104	1.26E+06	7.61E+06	
1.50	3.270	1.37E+06	8.91E+06	
1.55	3.440	1.46E+06	1.01E+07	
1.60	3.614	1.54E+06	1.11E+07	
1.65	3.792	1.62E+06	1.20E+07	
1.70	3.974	1.68E+06	1.28E+07	
1.75	4.160	1.74E+06	1.35E+07	
1.80	4.349	1.80E+06	1.42E+07	
1.85	4.543	1.85E+06	1.48E+07	
1.90	4.741	1.89E+06	1.53E+07	
1.95	4.942	1.93E+06	1.57E+07	
2.00	5.148	1.96E+06	1.62E+07	

RAO AR1.75-5 HEAD SEAS 30KNOT	Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
	0.05	0.054	1.30E+00	2.73E-01
	0.10	0.116	4.52E+00	2.00E+00
	0.15	0.185	1.83E-01	1.35E-01
	0.20	0.263	9.86E-02	1.17E-01
	0.25	0.348	1.31E-01	3.13E-01
	0.30	0.442	9.88E-02	4.78E-01
	0.35	0.543	2.22E-01	6.98E-01
	0.40	0.652	2.49E-01	9.79E-01
	0.45	0.769	3.79E-01	1.24E+00
	0.50	0.893	1.88E+00	2.61E+00
	0.55	1.026	2.56E+00	3.31E+00
	0.60	1.167	1.75E+00	1.14E+00
	0.65	1.315	1.09E+00	8.29E-01
	0.70	1.471	7.10E-01	1.02E+00
	0.75	1.635	3.75E-01	4.90E-01
	0.80	1.807	1.52E-01	3.73E-01
	0.85	1.987	1.15E-01	1.61E+00
	0.90	2.175	8.74E-02	7.43E-01
	0.95	2.370	7.85E-02	3.51E-01
1.00	2.574	7.25E-02	1.12E-01	
1.05	2.785	6.23E-02	1.21E-01	
1.10	3.004	4.57E-02	1.87E-01	
1.15	3.231	2.54E-02	1.98E-01	
1.20	3.466	7.48E-03	1.65E-01	
1.25	3.709	7.85E-03	1.10E-01	
1.30	3.960	1.32E-02	5.65E-02	
1.35	4.218	1.20E-02	4.95E-02	
1.40	4.485	6.55E-03	6.34E-02	
1.45	4.759	6.77E-04	5.97E-02	
1.50	5.041	4.41E-03	4.07E-02	
1.55	5.331	5.57E-03	2.49E-02	
1.60	5.629	3.48E-03	3.37E-02	
1.65	5.935	2.64E-04	3.84E-02	
1.70	6.248	2.49E-03	2.94E-02	
1.75	6.570	2.87E-03	1.95E-02	
1.80	6.899	1.40E-03	2.16E-02	
1.85	7.236	6.68E-04	2.23E-02	
1.90	7.581	1.74E-03	1.59E-02	
1.95	7.934	1.34E-03	1.24E-02	
2.00	8.295	2.65E-04	1.40E-02	

ADDED MASS AR1.75-5 HEAD SEAS 30KNOT	Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
	0.05	0.054	1.17E+09	1.45E+12
	0.10	0.116	-4.16E+09	-1.23E+12
	0.15	0.185	-4.43E+08	-4.92E+10
	0.20	0.263	-1.76E+08	-1.94E+10
	0.25	0.348	-9.07E+07	-4.86E+09
	0.30	0.442	-5.46E+07	-1.98E+09
	0.35	0.543	-3.46E+07	-1.00E+09
	0.40	0.652	-2.30E+07	-5.46E+08
	0.45	0.769	-1.58E+07	-3.29E+08
	0.50	0.893	-1.10E+07	-2.08E+08
	0.55	1.026	-7.73E+06	-1.38E+08
	0.60	1.167	-5.43E+06	-9.36E+07
	0.65	1.315	-3.76E+06	-6.47E+07
	0.70	1.471	-2.52E+06	-4.45E+07
	0.75	1.635	-1.59E+06	-3.06E+07
	0.80	1.807	-8.70E+05	-2.01E+07
	0.85	1.987	-3.12E+05	-1.24E+07
	0.90	2.175	1.30E+05	-6.48E+06
	0.95	2.370	4.83E+05	-1.82E+06
1.00	2.574	7.70E+05	1.91E+06	
1.05	2.785	9.99E+05	4.76E+06	
1.10	3.004	1.19E+06	7.12E+06	
1.15	3.231	1.34E+06	9.03E+06	
1.20	3.466	1.47E+06	1.06E+07	
1.25	3.709	1.58E+06	1.19E+07	
1.30	3.960	1.68E+06	1.31E+07	
1.35	4.218	1.76E+06	1.40E+07	
1.40	4.485	1.83E+06	1.49E+07	
1.45	4.759	1.89E+06	1.56E+07	
1.50	5.041	1.95E+06	1.62E+07	
1.55	5.331	1.99E+06	1.67E+07	
1.60	5.629	2.03E+06	1.72E+07	
1.65	5.935	2.06E+06	1.76E+07	
1.70	6.248	2.09E+06	1.79E+07	
1.75	6.570	2.12E+06	1.82E+07	
1.80	6.899	2.14E+06	1.84E+07	
1.85	7.236	2.16E+06	1.87E+07	
1.90	7.581	2.18E+06	1.89E+07	
1.95	7.934	2.19E+06	1.90E+07	
2.00	8.295	2.21E+06	1.92E+07	

RAO AR2-0 HEAD SEAS 15KNOT	Ww	We	HEAVING (m/m)	PITCHING (°/m)
	0.05	0.052	1.24E+00	4.51E-01
	0.10	0.108	1.33E+01	1.07E+01
	0.15	0.168	3.77E-01	5.57E-01
	0.20	0.231	4.68E-02	1.42E-01
	0.25	0.299	4.67E-02	1.64E-01
	0.30	0.371	6.21E-01	4.61E-01
	0.35	0.446	6.73E-01	5.97E-01
	0.40	0.526	2.73E-01	8.91E-01
	0.45	0.609	1.81E+00	1.65E+00
	0.50	0.697	3.34E+00	2.89E+00
	0.55	0.788	3.95E+00	3.95E+00
	0.60	0.883	2.28E+00	1.53E+00
	0.65	0.982	1.36E+00	8.63E-01
	0.70	1.086	7.65E-01	3.72E-01
	0.75	1.193	6.66E-01	1.11E+00
	0.80	1.304	2.26E-01	1.57E-01
	0.85	1.419	3.41E-01	2.48E+00
	0.90	1.537	3.66E-02	1.00E-01
	0.95	1.660	1.01E-01	1.06E-01
1.00	1.787	1.07E-01	2.45E-01	
1.05	1.918	4.84E-02	5.67E-01	
1.10	2.052	8.35E-03	6.56E-01	
1.15	2.191	2.09E-02	4.42E-01	
1.20	2.333	1.32E-02	3.12E-01	
1.25	2.480	1.81E-02	1.74E-01	
1.30	2.630	2.14E-02	8.87E-02	
1.35	2.784	1.72E-02	9.92E-02	
1.40	2.942	7.84E-03	1.13E-01	
1.45	3.104	2.89E-03	9.90E-02	
1.50	3.270	9.04E-03	5.96E-02	
1.55	3.440	9.05E-03	4.52E-02	
1.60	3.614	4.14E-03	5.77E-02	
1.65	3.792	1.30E-03	6.26E-02	
1.70	3.974	5.71E-03	4.09E-02	
1.75	4.160	5.01E-03	3.16E-02	
1.80	4.349	1.96E-03	3.67E-02	
1.85	4.543	2.01E-03	3.75E-02	
1.90	4.741	3.06E-03	2.87E-02	
1.95	4.942	1.87E-03	2.41E-02	
2.00	5.148	8.06E-04	2.59E-02	

ADDED MASS AR2-0 HEAD SEAS 15KNOT	Ww	We	HEAVING (kg)	PITCHING (kg.m²/°)
	0.05	0.052	1.11E+09	3.99E+11
	0.10	0.108	-2.44E+08	-2.11E+10
	0.15	0.168	-6.15E+08	-1.99E+10
	0.20	0.231	-2.42E+08	2.69E+10
	0.25	0.299	-1.30E+08	-4.94E+09
	0.30	0.371	-7.59E+07	-2.19E+09
	0.35	0.446	-5.33E+07	-1.07E+09
	0.40	0.526	-3.71E+07	-7.12E+08
	0.45	0.609	-2.67E+07	-4.53E+08
	0.50	0.697	-1.98E+07	-3.14E+08
	0.55	0.788	-1.49E+07	-2.29E+08
	0.60	0.883	-1.13E+07	-1.70E+08
	0.65	0.982	-8.66E+06	-1.27E+08
	0.70	1.086	-6.65E+06	-9.88E+07
	0.75	1.193	-5.09E+06	-7.63E+07
	0.80	1.304	-3.87E+06	-5.94E+07
	0.85	1.419	-2.90E+06	-4.59E+07
	0.90	1.537	-2.11E+06	-3.55E+07
	0.95	1.660	-1.47E+06	-2.72E+07
1.00	1.787	-9.39E+05	-1.99E+07	
1.05	1.918	-5.09E+05	-1.47E+07	
1.10	2.052	-1.43E+05	-1.00E+07	
1.15	2.191	1.62E+05	-6.14E+06	
1.20	2.333	4.22E+05	-2.86E+06	
1.25	2.480	6.45E+05	-7.16E+04	
1.30	2.630	8.35E+05	2.33E+06	
1.35	2.784	9.98E+05	4.36E+06	
1.40	2.942	1.14E+06	6.12E+06	
1.45	3.104	1.26E+06	7.63E+06	
1.50	3.270	1.37E+06	8.93E+06	
1.55	3.440	1.46E+06	1.01E+07	
1.60	3.614	1.54E+06	1.11E+07	
1.65	3.792	1.62E+06	1.20E+07	
1.70	3.974	1.68E+06	1.28E+07	
1.75	4.160	1.75E+06	1.35E+07	
1.80	4.349	1.80E+06	1.42E+07	
1.85	4.543	1.85E+06	1.48E+07	
1.90	4.741	1.89E+06	1.53E+07	
1.95	4.942	1.93E+06	1.58E+07	
2.00	5.148	1.96E+06	1.62E+07	



RAO AR2-0 HEAD SEAS 30KNOT	Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
	0.05	0.054	1.30E+00	2.73E-01
	0.10	0.116	4.52E+00	2.00E+00
	0.15	0.185	1.83E-01	1.35E-01
	0.20	0.263	9.87E-02	1.17E-01
	0.25	0.348	1.32E-01	3.13E-01
	0.30	0.442	1.00E-01	4.79E-01
	0.35	0.543	2.24E-01	6.99E-01
	0.40	0.652	2.57E-01	9.81E-01
	0.45	0.769	3.94E-01	1.24E+00
	0.50	0.893	1.92E+00	2.64E+00
	0.55	1.026	2.61E+00	3.32E+00
	0.60	1.167	1.75E+00	1.14E+00
	0.65	1.315	1.09E+00	8.27E-01
	0.70	1.471	7.08E-01	9.94E-01
	0.75	1.635	3.76E-01	4.86E-01
	0.80	1.807	1.53E-01	3.66E-01
	0.85	1.987	1.06E-01	1.52E+00
	0.90	2.175	8.58E-02	7.17E-01
	0.95	2.370	7.93E-02	3.42E-01
1.00	2.574	7.31E-02	1.09E-01	
1.05	2.785	6.22E-02	1.18E-01	
1.10	3.004	4.51E-02	1.83E-01	
1.15	3.231	2.46E-02	1.95E-01	
1.20	3.466	6.87E-03	1.63E-01	
1.25	3.709	8.29E-03	1.08E-01	
1.30	3.960	1.34E-02	5.57E-02	
1.35	4.218	1.19E-02	4.88E-02	
1.40	4.485	6.36E-03	6.26E-02	
1.45	4.759	7.03E-04	5.90E-02	
1.50	5.041	4.53E-03	4.03E-02	
1.55	5.331	5.56E-03	2.46E-02	
1.60	5.629	3.39E-03	3.34E-02	
1.65	5.935	2.71E-04	3.81E-02	
1.70	6.248	2.56E-03	2.91E-02	
1.75	6.570	2.87E-03	1.93E-02	
1.80	6.899	1.35E-03	2.15E-02	
1.85	7.236	7.20E-04	2.22E-02	
1.90	7.581	1.77E-03	1.58E-02	
1.95	7.934	1.33E-03	1.24E-02	
2.00	8.295	2.63E-04	1.39E-02	

ADDED MASS AR2-0 HEAD SEAS 30KNOT	Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
	0.05	0.054	1.17E+09	1.44E+12
	0.10	0.116	-4.18E+09	-1.24E+12
	0.15	0.185	-4.44E+08	-4.92E+10
	0.20	0.263	-1.76E+08	-1.95E+10
	0.25	0.348	-9.06E+07	-4.86E+09
	0.30	0.442	-5.46E+07	-1.98E+09
	0.35	0.543	-3.46E+07	-1.00E+09
	0.40	0.652	-2.30E+07	-5.46E+08
	0.45	0.769	-1.58E+07	-3.29E+08
	0.50	0.893	-1.10E+07	-2.08E+08
	0.55	1.026	-7.73E+06	-1.38E+08
	0.60	1.167	-5.43E+06	-9.36E+07
	0.65	1.315	-3.76E+06	-6.47E+07
	0.70	1.471	-2.52E+06	-4.46E+07
	0.75	1.635	-1.59E+06	-3.06E+07
	0.80	1.807	-8.69E+05	-2.01E+07
	0.85	1.987	-3.12E+05	-1.24E+07
	0.90	2.175	1.31E+05	-6.46E+06
	0.95	2.370	4.83E+05	-1.81E+06
1.00	2.574	7.70E+05	1.91E+06	
1.05	2.785	9.99E+05	4.77E+06	
1.10	3.004	1.19E+06	7.14E+06	
1.15	3.231	1.35E+06	9.04E+06	
1.20	3.466	1.48E+06	1.07E+07	
1.25	3.709	1.58E+06	1.20E+07	
1.30	3.960	1.68E+06	1.31E+07	
1.35	4.218	1.76E+06	1.41E+07	
1.40	4.485	1.84E+06	1.49E+07	
1.45	4.759	1.89E+06	1.56E+07	
1.50	5.041	1.95E+06	1.62E+07	
1.55	5.331	1.99E+06	1.67E+07	
1.60	5.629	2.03E+06	1.72E+07	
1.65	5.935	2.06E+06	1.76E+07	
1.70	6.248	2.09E+06	1.79E+07	
1.75	6.570	2.12E+06	1.82E+07	
1.80	6.899	2.14E+06	1.84E+07	
1.85	7.236	2.16E+06	1.87E+07	
1.90	7.581	2.18E+06	1.89E+07	
1.95	7.934	2.19E+06	1.91E+07	
2.00	8.295	2.21E+06	1.92E+07	

	RAO AR2-3 HEAD SEAS 15KNOT			
	Ww	We	HEAVING (m/m)	PITCHING (°/m)
0.05	0.052	1.24E+00	4.51E-01	
0.10	0.108	1.33E+01	1.07E+01	
0.15	0.168	3.77E-01	5.57E-01	
0.20	0.231	4.70E-02	1.42E-01	
0.25	0.299	4.73E-02	1.64E-01	
0.30	0.371	6.22E-01	4.60E-01	
0.35	0.446	6.72E-01	5.96E-01	
0.40	0.526	2.81E-01	8.88E-01	
0.45	0.609	1.80E+00	1.63E+00	
0.50	0.697	3.23E+00	2.78E+00	
0.55	0.788	3.62E+00	3.57E+00	
0.60	0.883	2.23E+00	1.48E+00	
0.65	0.982	1.35E+00	8.53E-01	
0.70	1.086	7.64E-01	3.70E-01	
0.75	1.193	6.63E-01	1.10E+00	
0.80	1.304	2.26E-01	1.56E-01	
0.85	1.419	2.97E-01	2.16E+00	
0.90	1.537	3.66E-02	9.97E-02	
0.95	1.660	1.01E-01	1.05E-01	
1.00	1.787	1.09E-01	2.31E-01	
1.05	1.918	5.23E-02	5.22E-01	
1.10	2.052	1.19E-02	6.21E-01	
1.15	2.191	1.75E-02	4.27E-01	
1.20	2.333	1.34E-02	3.02E-01	
1.25	2.480	1.92E-02	1.70E-01	
1.30	2.630	2.18E-02	8.68E-02	
1.35	2.784	1.69E-02	9.74E-02	
1.40	2.942	7.31E-03	1.11E-01	
1.45	3.104	3.44E-03	9.74E-02	
1.50	3.270	9.31E-03	5.87E-02	
1.55	3.440	9.01E-03	4.45E-02	
1.60	3.614	3.93E-03	5.69E-02	
1.65	3.792	1.62E-03	6.18E-02	
1.70	3.974	5.89E-03	4.05E-02	
1.75	4.160	5.03E-03	3.12E-02	
1.80	4.349	1.89E-03	3.63E-02	
1.85	4.543	2.17E-03	3.71E-02	
1.90	4.741	3.15E-03	2.84E-02	
1.95	4.942	1.86E-03	2.39E-02	
2.00	5.148	8.89E-04	2.57E-02	

	ADDED MASS AR2-3 HEAD SEAS 15KNOT			
	Ww	We	HEAVING (kg)	PITCHING (kg.m²/°)
0.05	0.052	1.11E+09	3.99E+11	
0.10	0.108	-6.77E+07	-5.56E+09	
0.15	0.168	-6.15E+08	-2.00E+10	
0.20	0.231	-2.43E+08	2.68E+10	
0.25	0.299	-1.30E+08	-4.94E+09	
0.30	0.371	-7.58E+07	-2.19E+09	
0.35	0.446	-5.33E+07	-1.07E+09	
0.40	0.526	-3.71E+07	-7.12E+08	
0.45	0.609	-2.67E+07	-4.53E+08	
0.50	0.697	-1.98E+07	-3.14E+08	
0.55	0.788	-1.49E+07	-2.29E+08	
0.60	0.883	-1.13E+07	-1.70E+08	
0.65	0.982	-8.66E+06	-1.27E+08	
0.70	1.086	-6.65E+06	-9.88E+07	
0.75	1.193	-5.09E+06	-7.63E+07	
0.80	1.304	-3.87E+06	-5.94E+07	
0.85	1.419	-2.90E+06	-4.59E+07	
0.90	1.537	-2.11E+06	-3.55E+07	
0.95	1.660	-1.47E+06	-2.72E+07	
1.00	1.787	-9.39E+05	-1.99E+07	
1.05	1.918	-5.09E+05	-1.47E+07	
1.10	2.052	-1.43E+05	-1.00E+07	
1.15	2.191	1.62E+05	-6.15E+06	
1.20	2.333	4.22E+05	-2.86E+06	
1.25	2.480	6.45E+05	-7.27E+04	
1.30	2.630	8.35E+05	2.33E+06	
1.35	2.784	9.98E+05	4.36E+06	
1.40	2.942	1.14E+06	6.12E+06	
1.45	3.104	1.26E+06	7.63E+06	
1.50	3.270	1.37E+06	8.93E+06	
1.55	3.440	1.46E+06	1.01E+07	
1.60	3.614	1.54E+06	1.11E+07	
1.65	3.792	1.62E+06	1.20E+07	
1.70	3.974	1.68E+06	1.28E+07	
1.75	4.160	1.75E+06	1.35E+07	
1.80	4.349	1.80E+06	1.42E+07	
1.85	4.543	1.85E+06	1.48E+07	
1.90	4.741	1.89E+06	1.53E+07	
1.95	4.942	1.93E+06	1.58E+07	
2.00	5.148	1.96E+06	1.62E+07	

**RAO AR2-3 HEAD SEAS 30KNOT**

Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
0.05	0.054	1.30E+00	2.73E-01
0.10	0.116	4.52E+00	2.00E+00
0.15	0.185	1.83E-01	1.35E-01
0.20	0.263	9.87E-02	1.17E-01
0.25	0.348	1.33E-01	3.13E-01
0.30	0.442	1.04E-01	4.78E-01
0.35	0.543	2.31E-01	6.97E-01
0.40	0.652	2.76E-01	9.77E-01
0.45	0.769	4.30E-01	1.23E+00
0.50	0.893	1.89E+00	2.53E+00
0.55	1.026	2.37E+00	2.86E+00
0.60	1.167	1.75E+00	1.14E+00
0.65	1.315	1.08E+00	8.11E-01
0.70	1.471	7.00E-01	9.26E-01
0.75	1.635	3.76E-01	4.71E-01
0.80	1.807	1.55E-01	3.48E-01
0.85	1.987	8.76E-02	1.34E+00
0.90	2.175	8.18E-02	6.55E-01
0.95	2.370	8.05E-02	3.17E-01
1.00	2.574	7.43E-02	1.02E-01
1.05	2.785	6.20E-02	1.11E-01
1.10	3.004	4.36E-02	1.74E-01
1.15	3.231	2.26E-02	1.85E-01
1.20	3.466	5.39E-03	1.55E-01
1.25	3.709	9.30E-03	1.04E-01
1.30	3.960	1.39E-02	5.36E-02
1.35	4.218	1.18E-02	4.71E-02
1.40	4.485	5.94E-03	6.06E-02
1.45	4.759	1.00E-03	5.72E-02
1.50	5.041	4.82E-03	3.91E-02
1.55	5.331	5.57E-03	2.40E-02
1.60	5.629	3.17E-03	3.26E-02
1.65	5.935	4.20E-04	3.72E-02
1.70	6.248	2.75E-03	2.85E-02
1.75	6.570	2.90E-03	1.89E-02
1.80	6.899	1.25E-03	2.11E-02
1.85	7.236	8.50E-04	2.18E-02
1.90	7.581	1.83E-03	1.56E-02
1.95	7.934	1.31E-03	1.22E-02
2.00	8.295	2.76E-04	1.37E-02

**ADDED MASS AR2-3 HEAD SEAS 30KNOT**

Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
0.05	0.054	1.17E+09	1.44E+12
0.10	0.116	-4.20E+09	-1.24E+12
0.15	0.185	-4.44E+08	-4.92E+10
0.20	0.263	-1.76E+08	-1.95E+10
0.25	0.348	-9.07E+07	-4.86E+09
0.30	0.442	-5.46E+07	-1.98E+09
0.35	0.543	-3.46E+07	-1.00E+09
0.40	0.652	-2.30E+07	-5.46E+08
0.45	0.769	-1.58E+07	-3.29E+08
0.50	0.893	-1.10E+07	-2.08E+08
0.55	1.026	-7.73E+06	-1.38E+08
0.60	1.167	-5.43E+06	-9.36E+07
0.65	1.315	-3.76E+06	-6.47E+07
0.70	1.471	-2.52E+06	-4.46E+07
0.75	1.635	-1.59E+06	-3.06E+07
0.80	1.807	-8.69E+05	-2.01E+07
0.85	1.987	-3.12E+05	-1.24E+07
0.90	2.175	1.31E+05	-6.47E+06
0.95	2.370	4.83E+05	-1.81E+06
1.00	2.574	7.70E+05	1.91E+06
1.05	2.785	9.99E+05	4.77E+06
1.10	3.004	1.19E+06	7.14E+06
1.15	3.231	1.35E+06	9.04E+06
1.20	3.466	1.48E+06	1.06E+07
1.25	3.709	1.58E+06	1.20E+07
1.30	3.960	1.68E+06	1.31E+07
1.35	4.218	1.76E+06	1.41E+07
1.40	4.485	1.84E+06	1.49E+07
1.45	4.759	1.89E+06	1.56E+07
1.50	5.041	1.95E+06	1.62E+07
1.55	5.331	1.99E+06	1.67E+07
1.60	5.629	2.03E+06	1.72E+07
1.65	5.935	2.06E+06	1.76E+07
1.70	6.248	2.09E+06	1.79E+07
1.75	6.570	2.12E+06	1.82E+07
1.80	6.899	2.14E+06	1.84E+07
1.85	7.236	2.16E+06	1.87E+07
1.90	7.581	2.18E+06	1.89E+07
1.95	7.934	2.19E+06	1.91E+07
2.00	8.295	2.21E+06	1.92E+07

RAO AR2-5 HEAD SEAS 15KNOT	Ww	We	HEAVING (m/m)	PITCHING (°/m)
	0.05	0.052	1.24E+00	4.51E-01
	0.10	0.108	1.33E+01	1.07E+01
	0.15	0.168	3.77E-01	5.57E-01
	0.20	0.231	4.69E-02	1.42E-01
	0.25	0.299	4.68E-02	1.64E-01
	0.30	0.371	6.21E-01	4.60E-01
	0.35	0.446	6.72E-01	5.96E-01
	0.40	0.526	2.74E-01	8.89E-01
	0.45	0.609	1.80E+00	1.63E+00
	0.50	0.697	3.24E+00	2.80E+00
	0.55	0.788	3.71E+00	3.68E+00
	0.60	0.883	2.24E+00	1.50E+00
	0.65	0.982	1.36E+00	8.60E-01
	0.70	1.086	7.64E-01	3.71E-01
	0.75	1.193	6.65E-01	1.11E+00
	0.80	1.304	2.26E-01	1.57E-01
	0.85	1.419	3.30E-01	2.41E+00
	0.90	1.537	3.66E-02	1.00E-01
	0.95	1.660	1.01E-01	1.06E-01
	1.00	1.787	1.07E-01	2.42E-01
	1.05	1.918	4.91E-02	5.58E-01
	1.10	2.052	8.88E-03	6.49E-01
	1.15	2.191	2.02E-02	4.39E-01
1.20	2.333	1.33E-02	3.10E-01	
1.25	2.480	1.83E-02	1.73E-01	
1.30	2.630	2.15E-02	8.84E-02	
1.35	2.784	1.71E-02	9.89E-02	
1.40	2.942	7.72E-03	1.13E-01	
1.45	3.104	3.00E-03	9.87E-02	
1.50	3.270	9.09E-03	5.95E-02	
1.55	3.440	9.04E-03	4.51E-02	
1.60	3.614	4.09E-03	5.76E-02	
1.65	3.792	1.37E-03	6.25E-02	
1.70	3.974	5.75E-03	4.08E-02	
1.75	4.160	5.01E-03	3.15E-02	
1.80	4.349	1.95E-03	3.66E-02	
1.85	4.543	2.04E-03	3.74E-02	
1.90	4.741	3.08E-03	2.86E-02	
1.95	4.942	1.86E-03	2.41E-02	
2.00	5.148	8.22E-04	2.59E-02	

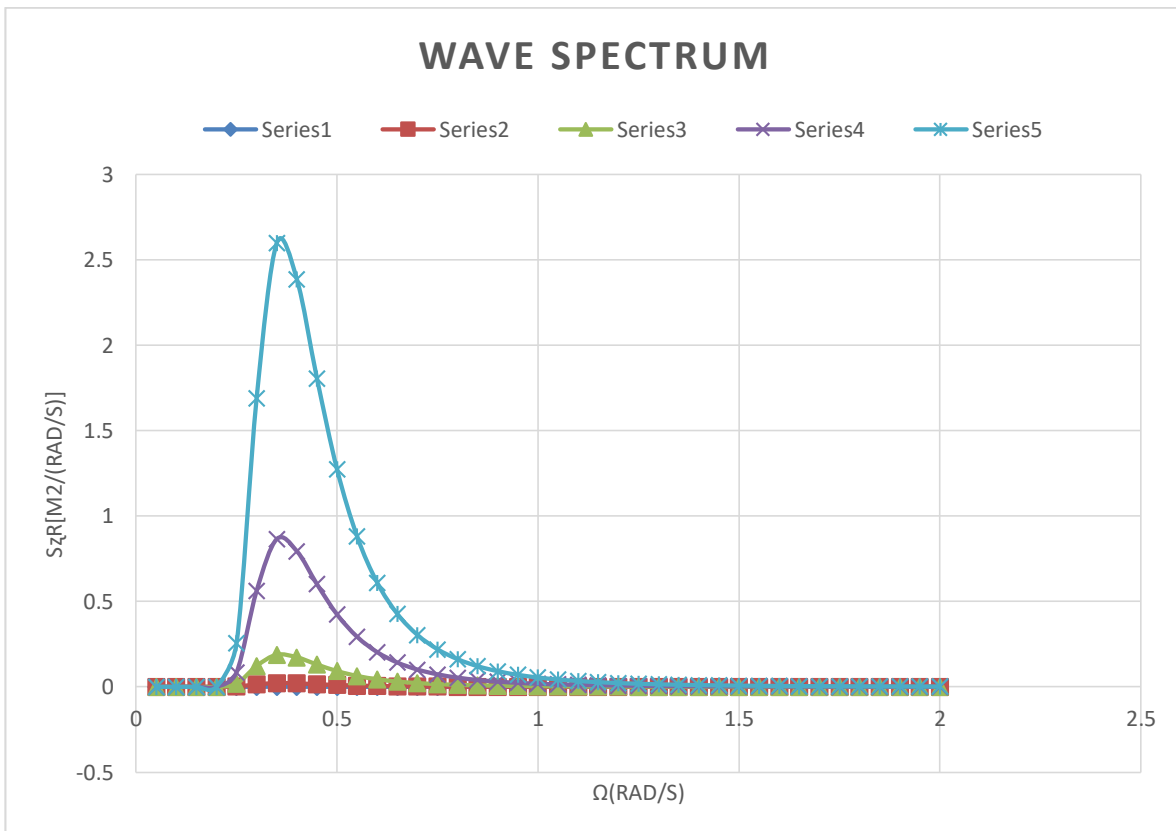
ADDED MASS AR2-5 HEAD SEAS 15KNOT	Ww	We	HEAVING (kg)	PITCHING (kg.m²/°)
	0.05	0.052	1.11E+09	3.99E+11
	0.10	0.108	-1.79E+08	-1.54E+10
	0.15	0.168	-6.15E+08	-2.00E+10
	0.20	0.231	-2.42E+08	2.67E+10
	0.25	0.299	-1.30E+08	-4.94E+09
	0.30	0.371	-7.54E+07	-2.19E+09
	0.35	0.446	-5.33E+07	-1.07E+09
	0.40	0.526	-3.71E+07	-7.12E+08
	0.45	0.609	-2.67E+07	-4.53E+08
	0.50	0.697	-1.98E+07	-3.14E+08
	0.55	0.788	-1.49E+07	-2.29E+08
	0.60	0.883	-1.13E+07	-1.70E+08
	0.65	0.982	-8.66E+06	-1.27E+08
	0.70	1.086	-6.65E+06	-9.88E+07
	0.75	1.193	-5.09E+06	-7.63E+07
	0.80	1.304	-3.87E+06	-5.94E+07
	0.85	1.419	-2.90E+06	-4.59E+07
	0.90	1.537	-2.11E+06	-3.55E+07
	0.95	1.660	-1.47E+06	-2.72E+07
	1.00	1.787	-9.39E+05	-1.99E+07
	1.05	1.918	-5.09E+05	-1.47E+07
	1.10	2.052	-1.43E+05	-1.00E+07
	1.15	2.191	1.62E+05	-6.14E+06
1.20	2.333	4.23E+05	-2.86E+06	
1.25	2.480	6.45E+05	-7.08E+04	
1.30	2.630	8.35E+05	2.33E+06	
1.35	2.784	9.98E+05	4.36E+06	
1.40	2.942	1.14E+06	6.12E+06	
1.45	3.104	1.26E+06	7.62E+06	
1.50	3.270	1.37E+06	8.93E+06	
1.55	3.440	1.46E+06	1.01E+07	
1.60	3.614	1.54E+06	1.11E+07	
1.65	3.792	1.62E+06	1.20E+07	
1.70	3.974	1.68E+06	1.28E+07	
1.75	4.160	1.75E+06	1.35E+07	
1.80	4.349	1.80E+06	1.42E+07	
1.85	4.543	1.85E+06	1.48E+07	
1.90	4.741	1.89E+06	1.53E+07	
1.95	4.942	1.93E+06	1.58E+07	
2.00	5.148	1.96E+06	1.62E+07	

	RAO AR2-5 HEAD SEAS 30KNOT			
	Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
0.05	0.054	1.30E+00	2.73E-01	
0.10	0.116	4.52E+00	2.00E+00	
0.15	0.185	1.83E-01	1.35E-01	
0.20	0.263	9.87E-02	1.17E-01	
0.25	0.348	1.32E-01	3.13E-01	
0.30	0.442	1.01E-01	4.78E-01	
0.35	0.543	2.26E-01	6.97E-01	
0.40	0.652	2.60E-01	9.77E-01	
0.45	0.769	4.00E-01	1.23E+00	
0.50	0.893	1.88E+00	2.56E+00	
0.55	1.026	2.44E+00	3.05E+00	
0.60	1.167	1.75E+00	1.14E+00	
0.65	1.315	1.08E+00	8.20E-01	
0.70	1.471	7.05E-01	9.75E-01	
0.75	1.635	3.76E-01	4.81E-01	
0.80	1.807	1.53E-01	3.62E-01	
0.85	1.987	1.02E-01	1.48E+00	
0.90	2.175	8.49E-02	7.04E-01	
0.95	2.370	7.95E-02	3.36E-01	
1.00	2.574	7.33E-02	1.08E-01	
1.05	2.785	6.21E-02	1.17E-01	
1.10	3.004	4.47E-02	1.82E-01	
1.15	3.231	2.42E-02	1.93E-01	
1.20	3.466	6.56E-03	1.61E-01	
1.25	3.709	8.50E-03	1.07E-01	
1.30	3.960	1.35E-02	5.53E-02	
1.35	4.218	1.19E-02	4.86E-02	
1.40	4.485	6.26E-03	6.23E-02	
1.45	4.759	7.41E-04	5.87E-02	
1.50	5.041	4.59E-03	4.00E-02	
1.55	5.331	5.56E-03	2.45E-02	
1.60	5.629	3.34E-03	3.33E-02	
1.65	5.935	2.90E-04	3.79E-02	
1.70	6.248	2.60E-03	2.90E-02	
1.75	6.570	2.88E-03	1.93E-02	
1.80	6.899	1.33E-03	2.14E-02	
1.85	7.236	7.46E-04	2.21E-02	
1.90	7.581	1.78E-03	1.58E-02	
1.95	7.934	1.32E-03	1.23E-02	
2.00	8.295	2.63E-04	1.39E-02	

	ADDED MASS AR2-5 HEAD SEAS 30KNOT			
	Ww	We	HEAVING (N/(m/s))	PITCHING (N.m/(°/s))
0.05	0.054	1.17E+09	1.44E+12	
0.10	0.116	-4.19E+09	-1.24E+12	
0.15	0.185	-4.44E+08	-4.92E+10	
0.20	0.263	-1.76E+08	-1.95E+10	
0.25	0.348	-9.06E+07	-4.86E+09	
0.30	0.442	-5.46E+07	-1.98E+09	
0.35	0.543	-3.46E+07	-1.00E+09	
0.40	0.652	-2.30E+07	-5.46E+08	
0.45	0.769	-1.58E+07	-3.29E+08	
0.50	0.893	-1.10E+07	-2.08E+08	
0.55	1.026	-7.73E+06	-1.38E+08	
0.60	1.167	-5.43E+06	-9.36E+07	
0.65	1.315	-3.76E+06	-6.47E+07	
0.70	1.471	-2.52E+06	-4.46E+07	
0.75	1.635	-1.59E+06	-3.06E+07	
0.80	1.807	-8.69E+05	-2.01E+07	
0.85	1.987	-3.12E+05	-1.24E+07	
0.90	2.175	1.31E+05	-6.46E+06	
0.95	2.370	4.83E+05	-1.81E+06	
1.00	2.574	7.70E+05	1.91E+06	
1.05	2.785	9.99E+05	4.77E+06	
1.10	3.004	1.19E+06	7.14E+06	
1.15	3.231	1.35E+06	9.04E+06	
1.20	3.466	1.48E+06	1.06E+07	
1.25	3.709	1.58E+06	1.20E+07	
1.30	3.960	1.68E+06	1.31E+07	
1.35	4.218	1.76E+06	1.41E+07	
1.40	4.485	1.84E+06	1.49E+07	
1.45	4.759	1.89E+06	1.56E+07	
1.50	5.041	1.95E+06	1.62E+07	
1.55	5.331	1.99E+06	1.67E+07	
1.60	5.629	2.03E+06	1.72E+07	
1.65	5.935	2.06E+06	1.76E+07	
1.70	6.248	2.09E+06	1.79E+07	
1.75	6.570	2.12E+06	1.82E+07	
1.80	6.899	2.14E+06	1.84E+07	
1.85	7.236	2.16E+06	1.87E+07	
1.90	7.581	2.18E+06	1.89E+07	
1.95	7.934	2.19E+06	1.91E+07	
2.00	8.295	2.21E+06	1.92E+07	

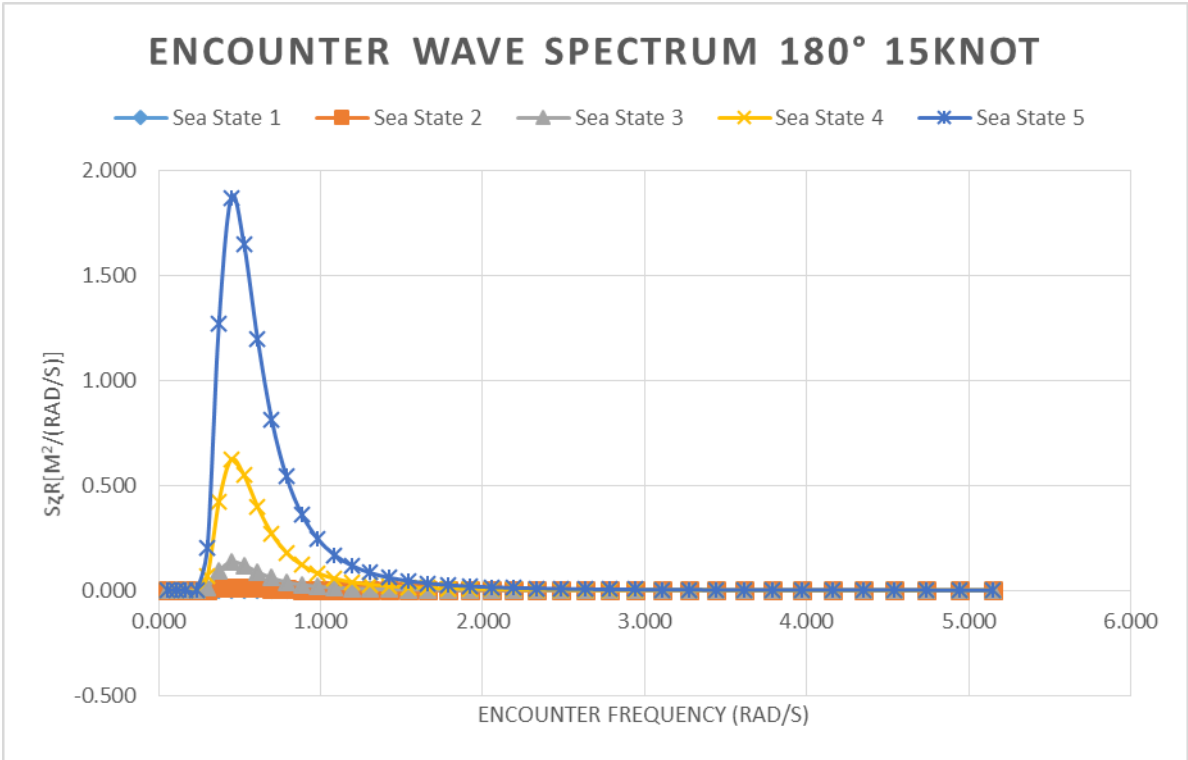
**LAMPIRAN D**  
**SPEKTRUM GELOMBANG**

Sea State Code	Significant Wave Height [m]		
	Range	Mean	Description
0	0	0	Calm (Glassy)
1	0.0 - 0.1	0.050	Calm (rippled)
2	0.1- 0.5	0.300	Smooth (Wavelets)
3	0.5 - 1.25	0.875	Slight
4	1.25 - 2.5	1.875	Moderate
5	2.5 - 4.0	3.250	Rough
6	4.0 - 6.0	5.000	Very Rough
7	6.0 - 9.0	7.500	High
8	9.0 - 14.0	11.500	Very High
9	over 14.0	over 14.0	Phenomenal

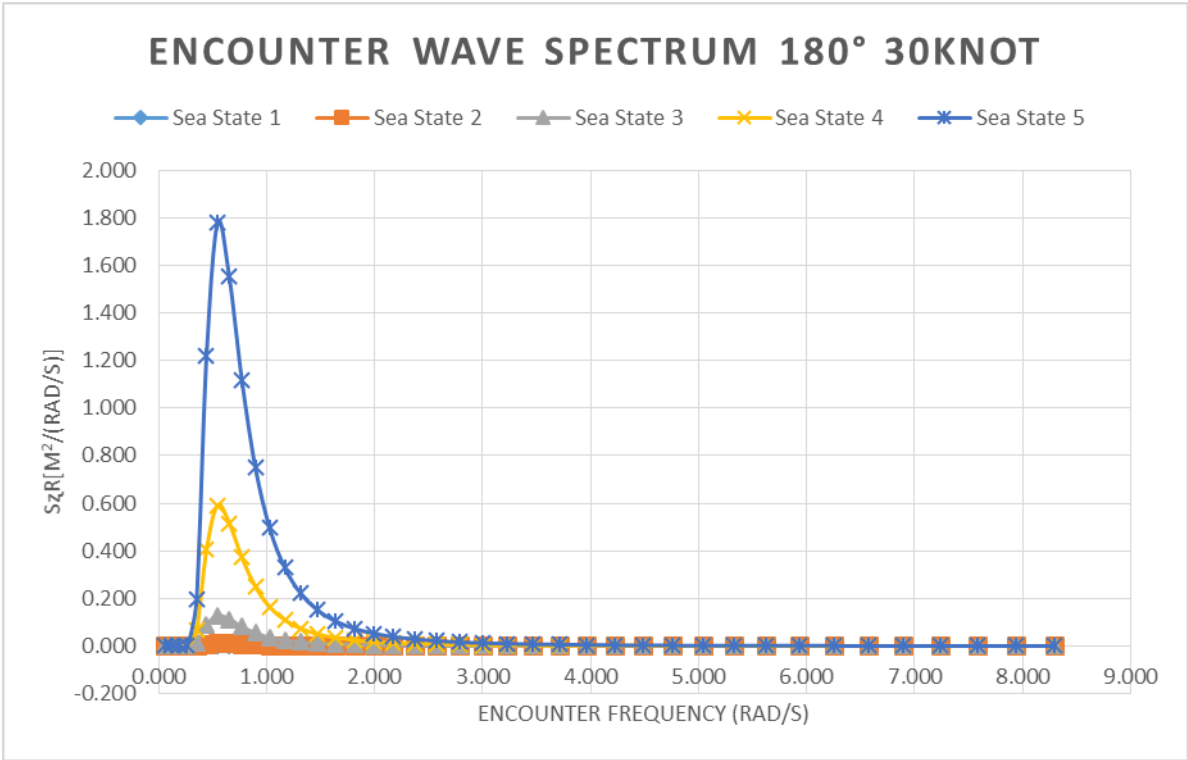








Ww	We	Sea State 1	Sea State 2	Sea State 3	Sea State 4	Sea State 5
0.05	0.052	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
0.1	0.108	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
0.15	0.168	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
0.2	0.231	0.0000000621	0.0000022357	0.0000190191	0.0000873326	0.0002623861
0.25	0.299	0.0000473883	0.0017059801	0.0145126776	0.0666398461	0.2002157155
0.3	0.371	0.0003000274	0.0108009862	0.0918833896	0.4219135236	1.2676157420
0.35	0.446	0.0004419709	0.0159109517	0.1353535823	0.6215215513	1.8673269719
0.4	0.526	0.0003895909	0.0140252718	0.1193122078	0.5478621785	1.6460214785
0.45	0.609	0.0002832656	0.0101975616	0.0867500896	0.3983422483	1.1967971549
0.5	0.697	0.0001921239	0.0069164612	0.0588379509	0.2701742646	0.8117235682
0.55	0.788	0.0001279083	0.0046047000	0.0391719272	0.1798710944	0.5404127102
0.6	0.883	0.0000854424	0.0030759280	0.0261667487	0.1201534377	0.3609943284
0.65	0.982	0.0000578073	0.0020810615	0.0177034746	0.0812914649	0.2442356900
0.7	1.086	0.0000397579	0.0014312837	0.0121758513	0.0559095215	0.1679770512
0.75	1.193	0.0000278250	0.0010017009	0.0085214138	0.0391289407	0.1175607285
0.8	1.304	0.0000198114	0.0007132111	0.0060672470	0.0278598076	0.0837032440
0.85	1.419	0.0000143388	0.0005161981	0.0043912684	0.0201639875	0.0605815804
0.9	1.537	0.0000105386	0.0003793892	0.0032274428	0.0148198906	0.0445255379
0.95	1.660	0.0000078568	0.0002828462	0.0024061565	0.0110486779	0.0331951391
1	1.787	0.0000059354	0.0002136727	0.0018177019	0.0083465901	0.0250768664
1.05	1.918	0.0000045388	0.0001633973	0.0013900115	0.0063827058	0.0191764849
1.1	2.052	0.0000035102	0.0001263672	0.0010749988	0.0049362190	0.0148305957
1.15	2.191	0.0000027431	0.0000987528	0.0008400849	0.0038575328	0.0115897431
1.2	2.333	0.0000021645	0.0000779213	0.0006628719	0.0030437994	0.0091449261
1.25	2.480	0.0000017232	0.0000620370	0.0005277451	0.0024233194	0.0072807285
1.3	2.630	0.0000013834	0.0000498034	0.0004236751	0.0019454470	0.0058449875
1.35	2.784	0.0000011193	0.0000402934	0.0003427738	0.0015739615	0.0047288798
1.4	2.942	0.0000009121	0.0000328360	0.0002793337	0.0012826550	0.0038536655
1.45	3.104	0.0000007483	0.0000269403	0.0002291797	0.0010523557	0.0031617441
1.5	3.270	0.0000006179	0.0000222437	0.0001892257	0.0008688936	0.0026105427
1.55	3.440	0.0000005132	0.0000184754	0.0001571689	0.0007216939	0.0021682892
1.6	3.614	0.0000004287	0.0000154315	0.0001312747	0.0006027919	0.0018110547
1.65	3.792	0.0000003599	0.0000129571	0.0001102255	0.0005061376	0.0015206622
1.7	3.974	0.0000003037	0.0000109337	0.0000930124	0.0004270976	0.0012831909
1.75	4.160	0.0000002575	0.0000092697	0.0000788565	0.0003620963	0.0010878981
1.8	4.349	0.0000002193	0.0000078939	0.0000671527	0.0003083543	0.0009264333
1.85	4.543	0.0000001875	0.0000067506	0.0000574272	0.0002636962	0.0007922607
1.9	4.741	0.0000001610	0.0000057961	0.0000493067	0.0002264084	0.0006802316
1.95	4.942	0.0000001388	0.0000049954	0.0000424955	0.0001951325	0.0005862647
2	5.148	0.0000001200	0.0000043209	0.0000367577	0.0001687854	0.0005071062



Ww	We	Sea State 1	Sea State 2	Sea State 3	Sea State 4	Sea State 5
0.05	0.054	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
0.1	0.116	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
0.15	0.185	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
0.2	0.263	0.0000000608	0.0000021876	0.0000186101	0.0000854544	0.0002567431
0.25	0.348	0.0000459544	0.0016543586	0.0140735370	0.0646233840	0.1941573671
0.3	0.442	0.0002882277	0.0103761977	0.0882697371	0.4053202215	1.2177620876
0.35	0.543	0.0004205595	0.0151401404	0.1287963331	0.5914117338	1.7768636981
0.4	0.652	0.0003672176	0.0132198332	0.1124603869	0.5163997359	1.5514943176
0.45	0.769	0.0002645253	0.0095229104	0.0810108694	0.3719886859	1.1176193406
0.5	0.893	0.0001777983	0.0064007397	0.0544507369	0.2500288941	0.7511979218
0.55	1.026	0.0001173424	0.0042243248	0.0359360967	0.1650126889	0.4957714565
0.6	1.167	0.0000777301	0.0027982832	0.0238048396	0.1093079371	0.3284096245
0.65	1.315	0.0000521691	0.0018780873	0.0159767846	0.0733627865	0.2204144162
0.7	1.471	0.0000356063	0.0012818261	0.0109044235	0.0500713324	0.1504365364
0.75	1.635	0.0000247381	0.0008905722	0.0075760481	0.0347879760	0.1045185413
0.8	1.807	0.0000174914	0.0006296917	0.0053567522	0.0245973315	0.0739013159
0.85	1.987	0.0000125762	0.0004527420	0.0038514506	0.0176852325	0.0531342986
0.9	2.175	0.0000091850	0.0003306612	0.0028129161	0.0129164515	0.0388067609
0.95	2.370	0.0000068068	0.0002450446	0.0020845805	0.0095720531	0.0287587018
1	2.574	0.0000051129	0.0001840629	0.0015658128	0.0071899568	0.0216018258
1.05	2.785	0.0000038887	0.0001399921	0.0011909047	0.0054684398	0.0164296237
1.1	3.004	0.0000029919	0.0001077077	0.0009162634	0.0042073320	0.0126406953
1.15	3.231	0.0000023266	0.0000837571	0.0007125170	0.0032717616	0.0098298258
1.2	3.466	0.0000018272	0.0000657790	0.0005595784	0.0025694928	0.0077198983
1.25	3.709	0.0000014482	0.0000521357	0.0004435155	0.0020365509	0.0061187041
1.3	3.960	0.0000011577	0.0000416760	0.0003545350	0.0016279670	0.0048911363
1.35	4.218	0.0000009328	0.0000335803	0.0002856660	0.0013117316	0.0039410247
1.4	4.485	0.0000007572	0.0000272586	0.0002318874	0.0010647893	0.0031991002
1.45	4.759	0.0000006189	0.0000222809	0.0001895425	0.0008703481	0.0026149124
1.5	5.041	0.0000005092	0.0000183309	0.0001559397	0.0007160494	0.0021513308
1.55	5.331	0.0000004215	0.0000151733	0.0001290786	0.0005927080	0.0017807581
1.6	5.629	0.0000003509	0.0000126319	0.0001074587	0.0004934329	0.0014824918
1.65	5.935	0.0000002937	0.0000105731	0.0000899444	0.0004130099	0.0012408652
1.7	6.248	0.0000002471	0.0000088950	0.0000756691	0.0003474601	0.0010439246
1.75	6.570	0.0000002089	0.0000075193	0.0000639666	0.0002937242	0.0008824781
1.8	6.899	0.0000001774	0.0000063855	0.0000543208	0.0002494322	0.0007494053
1.85	7.236	0.0000001513	0.0000054460	0.0000463290	0.0002127354	0.0006391516
1.9	7.581	0.0000001296	0.0000046639	0.0000396752	0.0001821820	0.0005473557
1.95	7.934	0.0000001114	0.0000040096	0.0000341094	0.0001566250	0.0004705712
2	8.295	0.0000000961	0.0000034599	0.0000294332	0.0001351526	0.0004060584

**LAMPIRAN E**  
**RESPON STRUKTUR PADA GELOMBANG *IRREGULAR***











ENCOUNTERING WAVE SPECTRA
KAPAL KORVET AR1.75-0 15 KNOT
SEA STATE 5, Fs, RAO HEAVING, SCR, SCR\*Fs, RAO PITCHING, SCR, SCR\*Fs

ENCOUNTERING WAVE SPECTRA
KAPAL KORVET AR1.75-0 30 KNOT
SEA STATE 5, Fs, RAO HEAVING, SCR, SCR\*Fs, RAO PITCHING, SCR, SCR\*Fs











PRESENTASE PENGURANGAN SPECTRUM				
ASPEK RASIO- SUDUT	15KNOT		30KNOT	
	HEAVE	PITCH	HEAVE	PITCH
AR1.5-0	22.448	30.746	26.627	37.490
AR1.5-3	27.253	36.016	30.767	43.155
AR1.5-5	26.234	34.524	30.114	40.939
AR1.75-0	24.918	33.653	28.710	40.951
AR1.75-3	30.031	39.174	32.754	46.636
AR1.75-5	29.024	37.682	32.399	44.508
AR2-0	27.165	36.266	30.377	43.933
AR2-3	32.529	41.983	34.295	49.602
AR2-5	31.551	40.504	34.250	47.571



## BIODATA PENULIS



Audia Naomi Putri Nababan, adalah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Bekasi, 24 Januari 1998. Penulis merupakan anak pertama dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada SDN Negeri II Klaten, dan melanjutkan pendidikan ke SMPN 1 Klaten dan SMAN 1 Klaten. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di salah satu perguruan tinggi negeri yaitu Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2015 melalui jalur SNMPTN.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Hidrodinamika Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi sekretaris Departemen Kastrat HIMATEKPAL ITS 2016/2017 dan menjadi ketua Departemen Kastrat HIMATEKPAL ITS 2017/2018. Selan itu, Penulis juga pernah menjadi *grader* untuk mata kuliah Rencana Garis dan Mekanika Teknik I.

Email: [audianaomi08@gmail.com](mailto:audianaomi08@gmail.com)