



TESIS - MN142532

**STUDI KARAKTERISTIK HIDRODINAMIKA KAPAL
IKAN TRADISIONAL DI PERAIRAN PUGER
JEMBER**

HERY INDRIA DWI PUSPITA

NRP. 4114 203 003

DOSEN PEMIMBING

Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama., M.Sc., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER

BIDANG KEAHLIAN HIDRODINAMIKA KAPAL

PROGRAM STUDI TEKNIK PRODUKSI DAN MATERIAL KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2016



TESIS - MN142532

**HYDRODYNAMICS CHARACTERISTIC STUDY OF
THE TRADITIONAL FISHING VESSEL IN PUGER
JEMBER WATERS**

HERY INDRIA DWI PUSPITA

NRP. 4114 203 003

SUPERVISORS

Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama., M.Sc., Ph.D.

POSTGRADUATE PROGRAMME

AREA OF EXPERTISE SHIP HYDRODYNAMICS

THE STUDY PROGRAMME OF MARINE MATERIAL AND PRODUCTION ENGINEERING

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SURABAYA

2016

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

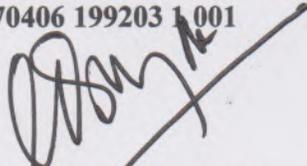
**Oleh:
HERY INDRIA DWI PUSPITA
NRP. 4114 203 003**

**Tanggal Ujian: 19 Juli 2016
Periode Wisuda: September 2016**

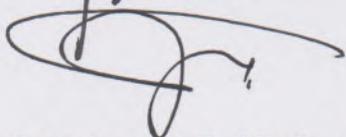
Disetujui oleh:



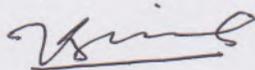
**1. Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D. (Pembimbing I)
NIP: 19670406 199203 1 001**



**2. Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D. (Penguji)
NIP: 19590505 198403 1 012**



**3. Aries Sulisetyono, S.T., MA.Sc., Ph.D. (Penguji)
NIP: 19710320 199512 1 002**



**4. Dr. Ir. I Ketut Suastika, M.Sc. (Penguji)
NIP: 19691231 200604 1 178**



Direktur Program Pascasarjana,

**Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.
NIP: 19601202 198701 1 001**

STUDI KARAKTERISTIK HIDRODINAMIKA KAPAL IKAN TRADISIONAL DI PERAIRAN PUGER JEMBER

Nama Mahasiswa : Hery Indria Dwi Puspita
NRP : 4114203003
Pembimbing : Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama., M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Pengrajin kapal ikan tradisional di Puger Kabupaten Jember pada dasarnya hanya memodifikasi dari desain kapal sebelumnya dengan dasar keterampilan yang didapatkan dari turun-temurun pendahulunya, karena kapal ikan tradisional di Puger tidak ada proses formal dalam pembangunan kapal sehingga diperlukan studi karakteristik hidrodinamika untuk kapal ikan tradisional tersebut. Karakteristik tersebut meliputi hambatan dan *seakeeping*.

Pada penelitian ini mengevaluasi hambatan dan *seakeeping* untuk bentuk lambung kapal ikan tradisional di Puger sehingga dapat memberikan informasi mengenai hidrodinamika dari kapal ikan tradisional di Puger. Tujuan memberikan informasi mengenai desain kapal ikan yang lebih baik dari segi hambatan dan *seakeeping* untuk pelayaran kapal ikan di perairan Puger sehingga mampu meningkatkan faktor keselamatan nelayan pada saat berlayar dan menangkap ikan.

Dari hasil analisa ketiga kapal Puger dengan metode CFD, kapal-1 pada kecepatan 7 knot memiliki hambatan 1.862 kN, kapal-2 memiliki hambatan 3.989 kN, dan kapal-3 memiliki hambatan 3.293 kN. Sehingga dapat diketahui kapal yang memiliki hambatan paling besar adalah kapal-2. Bila ditinjau dari olah gerak ketiga model kapal, pada dasarnya dapat diketahui yang mempunyai kualitasnya yang cukup baik merupakan kapal-2. Hal tersebut dapat dilihat dari mode gerakan *pitch* dan *roll*. Pada gerakan *pitch* untuk kapal-2 memiliki nilai RAO maksimum pada sudut 180° pada kecepatan 7 knot adalah 1.090 deg/m pada frekuensi 1.657 rad/s, sedangkan untuk gerakan *roll* kapal-2 memiliki nilai RAO pada sudut 90° pada kecepatan 7 knot adalah 6.500 deg/m pada frekuensi 1.567 rad/s.

Kata kunci: hidrodinamika, hambatan, dan *seakeeping*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

HYDRODYNAMICS CHARACTERISTIC STUDY OF THE TRADITIONAL FISHING VESSEL IN PUGER JEMBER WATERS

By : Hery Indria Dwi Puspita
Student Identity Number : 4114203003
Supervisor : Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama., M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Traditional fishing vessel makers in Puger basically only modified from the ship design in the past using a base skills that obtained from hereditary its predecessor. Because traditional fishing vessel in Puger have not formal process on build ship, so hydrodynamics characteristic study of the traditional fishing vessel is needed. The study is required to analyze the ship hull from resistance and seakeeping aspect.

In this research, author evaluated resistance and seakeeping of ship hull of traditional fishing vessel in Puger so that it can give information about hydrodynamic of traditional fishing vessel in Puger. Aimed to give information about a better design of fishing vessel according to its resistance and seakeeping. So, it can increase safety of fisherman when he sailed and caught fishes.

From the analysis result of three of Puger's ship with CFD method, ship-1 with velocity 7 knots has resistance 1.862 kN, ship-2 has resistance 3.989 kN, and ship-3 has resistance 3.293 kN. So, we know that ship-2 has the biggest resistance. If considered from seakeeping of the three ships, basically known that ship-2 has enough good quality. It can be seen by its pitch and roll motion. Based on its pitch motion, ship-2 with RAO value in angle 180° and velocity 7 knots is 1.090 deg/m in wave frequency 1.657 rad/s, while for roll motion ship-2 has RAO value in angle 90° and velocity 7 knots is 6.500 deg/m in wave frequency 1.567 rad/s.

Keywords: hydrodynamics, resistance, and seakeeping.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan tesis dengan judul **“Studi Karakteristik Hidrodinamika Kapal Ikan Tradisional di Perairan Puger Jember”**. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Program Studi Teknik Produksi dan Material Kelautan (TPMK) Program Pascasarjana FTK-ITS Surabaya. Pada penyusunan tesis ini banyak pihak yang telah memberikan bantuan materil maupun spiritual. Untuk itu ucapan terimakasih yang sebesar –besarnya ingin saya tujukan kepada:

1. Prof. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran, masukan, semangat dan bimbingan dalam penulisan tesis ini.
2. Bapak dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan dalam menyempurnakan isi tesis ini.
3. Bapak dan Ibu dosen Pascasarjana Teknik Produksi dan Material Kelautan FTK-ITS yang telah memberikan ilmu selama kuliah dan bermanfaat buat penulisan tesis ini yang tidak bisa saya disebutkan satu persatu.
4. Kedua Orang tua tercinta Ayahanda Sudibyو dan Ibunda Siti Heriasih yang telah memberikan Do’a dan semangatnya.
5. Saudaraku tercinta, Kakakku Hery Indra Tulloh Maulida dan Kakak ipar Aniendhita Damayanti Ayu yang selalu menumbuhkan rasa semangat untuk menyelesaikan Tesis ini.
6. Teman – teman sekaligus keluarga Pra Pasca Mas Anca, Mas Adi, Mas Edy, Mbak Fitria, Mas Ganjar, Mas Ishak, Mas Khadafi, Mas Sawal, Mas Wandu, Mas Eri, Mas Habibi, Mas Rocky, dan lain-lain.
7. Teman – teman sekaligus keluarga di Surabaya Mbak Nisa, Diah, Intan, Indru, dan lain-lain
8. Teman-teman Laboratorium Pasca Sarjana yang telah memberikan semangat dan membantu dalam menyelesaikan tesis ini.

9. Untuk seluruh teman – teman Teknik Produksi dan Material Kelautan FTK-ITS yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
10. Pihak – pihak terkait yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Surabaya, 25 Juli 2016

Hery Indria Dwi Puspita

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Hipotesa	5
BAB 2. KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Kapal Ikan di Perairan Pantai Puger	7
2.2 Jenis-jenis Bentuk Lambung Kapal	8
2.3 Hambatan Kapal	9
2.4 Teori Gerakan Bangunan Apung	14
2.4.1. Gerakan <i>Heave</i>	15
2.4.2. Gerakan <i>Pitching</i>	16
2.4.3. Gerakan <i>Rolling</i>	17
2.4.4. Kopel Gerakan <i>Heaving</i> dan <i>Pitch</i>	18
2.5 <i>Response Amplitudo Operators</i> (RAO)	20
2.6 Kriteria Olah Gerak Kapal (<i>Seakeeping</i>)	20
2.7 Respons Bangunan Laut di Gelombang Acak	21

BAB 3. METODE PENELITIAN	23
3.1 <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tesis	23
3.2 Langkah-langkah Pengerjaan Tesis	24
3.2.1. Studi Literatur	24
3.2.2. Pengumpulan Data.....	24
3.2.3. Penggambaran Model Lambung Kapal Ikan Tradisional Puger	25
3.2.4. Evaluasi Hambatan dan <i>Seakeeping</i>	25
3.2.5. Validasi	25
3.2.6. Analisa Hambatan dan <i>Seakeeping</i>	25
3.2.7. Korelasi antara Hambatan dan <i>Seakeeping</i>	26
3.2.8. Kesimpulan.....	26
BAB 4. ANALISA HAMBATAN	27
4.1 Penggambaran Model	27
4.2 Evaluasi Hambatan	31
4.2.1. Konvergensi.....	32
4.2.2. <i>Grid Independence</i>	34
4.3 Hasil Simulasi Hambatan.....	37
4.3.1. Hasil Simulasi Hambatan dengan Menggunakan <i>Computational</i> <i>Fluids Dynamics</i>	37
4.3.2. Hasil Simulasi Menggunakan <i>Software Maxsurf-Hullspeed</i>	38
4.4 <i>Total Pressure</i>	40
4.5 Aliran Fluida	44
BAB 5. ANALISA SEAKEEPING.....	47
5.1 Analisa <i>Seakeeping</i>	47
5.1.1. Radius Girasi	47
5.1.2. Validasi <i>Seakeeping</i>	48
5.2 <i>Response Amplitude Operators</i> (RAO) Kapal Ikan Tradisional Puger pada Gelombang Reguler	51
5.2.1. <i>Response Amplitude Operators</i> (RAO) Kapal-1 Puger.....	51
5.2.2. <i>Response Amplitude Operators</i> (RAO) Kapal-2 Puger.....	58
5.2.3. <i>Response Amplitude Operators</i> (RAO) Kapal-3 Puger.....	65
5.3 Pengaruh Gerakan Kapal terhadap Kecepatan.....	71

5.3.1. Gerakan <i>Heave</i> tiap Kapal terhadap Kecepatan.....	71
5.3.2. Gerakan <i>Pitch</i> tiap Kapal terhadap Kecepatan	73
5.3.3. Gerakan <i>Roll</i> tiap Kapal terhadap Kecepatan	74
5.4 Spektra Respons Gelombang.....	76
5.4.1. Spektra Respons pada Kapal-1	78
5.4.1.1. Spektra Respons Heave pada Model Kapal-1.....	78
5.4.1.2. Spektra Respons Pitch pada Model Kapal-1.....	81
5.4.1.3. Spektra Respons Roll pada Model Kapal-1	83
5.4.2. Spektra Respons pada Kapal-2	85
5.4.2.1. Spektra Respons Heave pada Model Kapal-2.....	85
5.4.2.2. Spektra Respons Pitch pada Model Kapal-2.....	88
5.4.2.3. Spektra Respons Roll pada Model Kapal-2.....	90
5.4.3. Spektra Respons pada Kapal-3	92
5.4.3.1. Spektra Respons Heave pada Model Kapal-3.....	92
5.4.3.2. Spektra Respons Pitch pada Model Kapal-3.....	95
5.4.3.3. Spektra Respons Roll pada Model Kapal-3.....	97
5.5 Gerakan Signifikan Amplitudo Kapal Ikan Puger.....	100
5.6 Operabilitas Kapal Ikan Tradisional Puger	105
BAB 6. KORELASI ANTARA HAMBATAN DAN SEAKEEPING	109
BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN.....	117
7.1 Kesimpulan.....	117
7.2 Saran.....	118
DAFTAR PUSTAKA	119
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Persyaratan Penggunaan Metode Numerik Perhitungan Hambatan Kapal.....	13
Tabel 2.2 Hubungan Percepatan Vertikal dengan Kenyamanan.....	20
Tabel 2.3 Periode Gerakan <i>Rolling</i>	21
Tabel 3.1 Pengambilan Data	24
Tabel 4.1 Ukuran Utama Kapal di Puger Jember	28
Tabel 4.2 Parameter Ukuran Kapal.....	28
Tabel 4.3 <i>Grid Independence</i> Kapal-1	34
Tabel 4.4 <i>Grid Independence</i> Kapal-2.....	35
Tabel 4.5 <i>Grid Independence</i> Kapal-3	36
Tabel 4.6 Jumlah Optimum Elemen setiap Model Kapal	36
Tabel 4.7 Nilai Hambatan masing-masing Kapal menggunakan CFD.....	37
Tabel 4.8 Nilai Hambatan dengan menggunakan metode <i>Van Oortmeersen</i>	38
Tabel 5.1 Radius Girasi untuk Tiga Model Kapal Puger.....	48
Tabel 5.2 Perhitungan Signifikan <i>Heave</i> Amplitudo	101
Tabel 5.3 Perhitungan Signifikan <i>Pitch</i> Amplitudo.....	102
Tabel 5.4 Perhitungan Signifikan <i>Roll</i> Amplitudo.....	103
Tabel 5.5 Kriteria <i>Seakeeping</i> (kriteria umum) menurut Oslon, (1987).....	105
Tabel 6.1 Nilai Hambatan terhadap Kenaikan Kecepatan	109

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Peta Jember <i>Regency Tourism Map</i> menunjukkan Lokasi Pantai Puger.....	1
Gambar 2.1a Kapal Ikan Tradisional di Perairan Pantai Puger	7
Gambar 2.1b Kapal Ikan Tradisional di Perairan Pantai Puger	8
Gambar 2.2 Macam-macam Bentuk Lambung.....	9
Gambar 2.3 Ilustrasi Isometrik Gerakan dalam 6-derajat Kebebasan	14
Gambar 2.4 Gerak Bangunan Apung dalam 6-derajat Kebebasan	15
Gambar 2.5 Transformasi Spektra Gelombang menjadi Spektra Respons.....	22
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tesis.....	23
Gambar 4.1 Tipe Kapal-1.....	28
Gambar 4.2 Tipe Kapal-2.....	29
Gambar 4.3 Tipe Kapal-3.....	29
Gambar 4.4 <i>Bodyplan</i> Kapal-1, Kapal-2, Kapal-3.....	29
Gambar 4.5a <i>Meshing</i> Simulasi <i>Free Surface</i> CFD Kapal-1	30
Gambar 4.5b <i>Meshing</i> Simulasi <i>Free Surface</i> CFD Kapal-2.....	30
Gambar 4.5c <i>Meshing</i> Simulasi <i>Free Surface</i> CFD Kapal-3.....	30
Gambar 4.6 Pembagian Dua Jenis Fluida	32
Gambar 4.7 Parameter di CFD pada Kapal.....	32
Gambar 4.8 Grafik Konvergensi dalam Proses Simulasi.....	33
Gambar 4.9 Grafik <i>Grid Independence</i> Kapal-1.....	35
Gambar 4.10 Grafik <i>Grid Independence</i> Kapal-2.....	35
Gambar 4.11 Grafik <i>Grid Independence</i> Kapal-3.....	36
Gambar 4.12 Grafik Hubungan antara Kecepatan dengan Hambatan dari setiap Kapal	37
Gambar 4.13 Grafik Hubungan antara Hambatan dan Kecepatan dari setiap Kapal dengan Menggunakan Metode <i>Van Oortmeersen</i>	39

Gambar 4.14 Grafik Nilai Hambatan dari setiap Kapal dengan Menggunakan Metode CFD dan <i>Van Oortmeersen</i>	39
Gambar 4.15a Kontur Tekanan Kapal-1 Tampak Depan	40
Gambar 4.15b Kontur Tekanan Kapal-2 Tampak Depan.....	40
Gambar 4.15c Kontur Tekanan Kapal-3 Tampak Depan	41
Gambar 4.16a Kontur Tekanan Kapal-1 Tampak Samping	41
Gambar 4.16b Kontur Tekanan Kapal-2 Tampak Samping	41
Gambar 4.16c Kontur Tekanan Kapal-3 Tampak Samping	41
Gambar 4.17a Kontur Tekanan Kapal-1 Tampak Bawah	42
Gambar 4.17b Kontur Tekanan Kapal-2 Tampak Bawah	42
Gambar 4.17c Kontur Tekanan Kapal-3 Tampak Bawah	42
Gambar 4.18 Grafik Hubungan antara <i>Total Pressure</i> dengan Kecepatan	43
Gambar 4.19 Kontur Aliran Fluida yang ditimbulkan oleh Kapal-1.....	44
Gambar 4.20 Kontur Aliran Fluida yang ditimbulkan oleh Kapal-2.....	44
Gambar 4.21 Kontur Aliran Fluida yang ditimbulkan oleh Kapal-3.....	44
Gambar 5.1 Sudut Datang Gelombang.....	47
Gambar 5.2 <i>Output Heave</i> pada Kecepatan 0 Knot.....	49
Gambar 5.3 <i>Output Pitch</i> pada Kecepatan 0 Knot	49
Gambar 5.4 <i>Output Roll</i> pada Kecepatan 0 Knot	50
Gambar 5.5 Grafik RAO <i>Heave</i> Kapal-1 dengan Kecepatan 0 Knot.....	52
Gambar 5.6 Grafik RAO <i>Heave</i> Kapal-1 dengan Kecepatan 5 Knot.....	52
Gambar 5.7 Grafik RAO <i>Heave</i> Kapal-1 dengan Kecepatan 7 Knot.....	53
Gambar 5.8 Grafik RAO <i>Pitch</i> Kapal-1 dengan Kecepatan 0 Knot.....	54
Gambar 5.9 Grafik RAO <i>Pitch</i> Kapal-1 dengan Kecepatan 5 Knot.....	55
Gambar 5.10 Grafik RAO <i>Pitch</i> Kapal-1 dengan Kecepatan 7 Knot.....	55
Gambar 5.11 Grafik RAO <i>Roll</i> Kapal-1 dengan Kecepatan 0 Knot	56
Gambar 5.12 Grafik RAO <i>Roll</i> Kapal-1 dengan Kecepatan 5 Knot	57
Gambar 5.13 Grafik RAO <i>Roll</i> Kapal-1 dengan Kecepatan 7 Knot	57
Gambar 5.14 Grafik RAO <i>Heave</i> Kapal-2 dengan Kecepatan 0 Knot.....	59
Gambar 5.15 Grafik RAO <i>Heave</i> Kapal-2 dengan Kecepatan 5 Knot.....	59
Gambar 5.16 Grafik RAO <i>Heave</i> Kapal-2 dengan Kecepatan 7 Knot.....	60
Gambar 5.17 Grafik RAO <i>Pitch</i> Kapal-2 dengan Kecepatan 0 Knot.....	61

Gambar 5.18	Grafik RAO <i>Pitch</i> Kapal-2 dengan Kecepatan 5 Knot	62
Gambar 5.19	Grafik RAO <i>Pitch</i> Kapal-2 dengan Kecepatan 7 Knot	62
Gambar 5.20	Grafik RAO <i>Roll</i> Kapal-2 dengan Kecepatan 0 Knot.....	63
Gambar 5.21	Grafik RAO <i>Roll</i> Kapal-2 dengan Kecepatan 5 Knot.....	64
Gambar 5.22	Grafik RAO <i>Roll</i> Kapal-2 dengan Kecepatan 7 Knot.....	64
Gambar 5.23	Grafik RAO <i>Heave</i> Kapal-3 dengan Kecepatan 0 Knot	65
Gambar 5.24	Grafik RAO <i>Heave</i> Kapal-3 dengan Kecepatan 5 Knot	66
Gambar 5.25	Grafik RAO <i>Heave</i> Kapal-3 dengan Kecepatan 7 Knot	66
Gambar 5.26	Grafik RAO <i>Pitch</i> Kapal-3 dengan Kecepatan 0 Knot	67
Gambar 5.27	Grafik RAO <i>Pitch</i> Kapal-3 dengan Kecepatan 5 Knot	68
Gambar 5.28	Grafik RAO <i>Pitch</i> Kapal-3 dengan Kecepatan 7 Knot	68
Gambar 5.29	Grafik RAO <i>Roll</i> Kapal-3 dengan Kecepatan 0 Knot.....	69
Gambar 5.30	Grafik RAO <i>Roll</i> Kapal-3 dengan Kecepatan 5 Knot.....	69
Gambar 5.31	Grafik RAO <i>Roll</i> Kapal-3 dengan Kecepatan 7 Knot.....	70
Gambar 5.32	Grafik RAO <i>Heave</i> setiap Kapal dengan Kecepatan 0 Knot	71
Gambar 5.33	Grafik RAO <i>Heave</i> setiap Kapal dengan Kecepatan 5 Knot	72
Gambar 5.34	Grafik RAO <i>Heave</i> setiap Kapal dengan Kecepatan 7 Knot	72
Gambar 5.35	Grafik RAO <i>Pitch</i> setiap Kapal dengan Kecepatan 0 Knot	73
Gambar 5.36	Grafik RAO <i>Pitch</i> setiap Kapal dengan Kecepatan 5 Knot	73
Gambar 5.37	Grafik RAO <i>Pitch</i> setiap Kapal dengan Kecepatan 7 Knot.....	74
Gambar 5.38	Grafik RAO <i>Roll</i> setiap Kapal dengan Kecepatan 0 Knot.....	75
Gambar 5.39	Grafik RAO <i>Roll</i> setiap Kapal dengan Kecepatan 5 Knot.....	75
Gambar 5.40	Grafik RAO <i>Roll</i> setiap Kapal dengan Kecepatan 7 Knot.....	76
Gambar 5.41	Spektra Respons <i>Heave</i> Kapal-1 Sudut <i>Heading</i> 180°.....	79
Gambar 5.42	Spektra Respons <i>Heave</i> Kapal-1 Sudut <i>Heading</i> 135°.....	79
Gambar 5.43	Spektra Respons <i>Heave</i> Kapal-1 Sudut <i>Heading</i> 90°.....	80
Gambar 5.44	Spektra Respons <i>Heave</i> Kapal-1 Sudut <i>Heading</i> 45°.....	80
Gambar 5.45	Spektra Respons <i>Pitch</i> Kapal-1 Sudut <i>Heading</i> 180°	81
Gambar 5.46	Spektra Respons <i>Pitch</i> Kapal-1 Sudut <i>Heading</i> 135°	82
Gambar 5.47	Spektra Respons <i>Pitch</i> Kapal-1 Sudut <i>Heading</i> 90°	82
Gambar 5.48	Spektra Respons <i>Pitch</i> Kapal-1 Sudut <i>Heading</i> 45°	83
Gambar 5.49	Spektra Respons <i>Roll</i> Kapal-1 Sudut <i>Heading</i> 135°.....	84

Gambar 5.50	Spektra Respons <i>Roll</i> Kapal-1 Sudut <i>Heading</i> 90°	84
Gambar 5.51	Spektra Respons <i>Roll</i> Kapal-1 Sudut <i>Heading</i> 45°	85
Gambar 5.52	Spektra Respons <i>Heave</i> Kapal-2 Sudut <i>Heading</i> 180°	86
Gambar 5.53	Spektra Respons <i>Heave</i> Kapal-2 Sudut <i>Heading</i> 135°	86
Gambar 5.54	Spektra Respons <i>Heave</i> Kapal-2 Sudut <i>Heading</i> 90°	87
Gambar 5.55	Spektra Respons <i>Heave</i> Kapal-2 Sudut <i>Heading</i> 45°	87
Gambar 5.56	Spektra Respons <i>Pitch</i> Kapal-2 Sudut <i>Heading</i> 180°	88
Gambar 5.57	Spektra Respons <i>Pitch</i> Kapal-2 Sudut <i>Heading</i> 135°	89
Gambar 5.58	Spektra Respons <i>Pitch</i> Kapal-2 Sudut <i>Heading</i> 90°	89
Gambar 5.59	Spektra Respons <i>Pitch</i> Kapal-2 Sudut <i>Heading</i> 45°	90
Gambar 5.60	Spektra Respons <i>Roll</i> Kapal-1 Sudut <i>Heading</i> 135°	91
Gambar 5.61	Spektra Respons <i>Roll</i> Kapal-1 Sudut <i>Heading</i> 90°	91
Gambar 5.62	Spektra Respons <i>Roll</i> Kapal-1 Sudut <i>Heading</i> 45°	92
Gambar 5.63	Spektra Respons <i>Heave</i> Kapal-3 Sudut <i>Heading</i> 180°	93
Gambar 5.64	Spektra Respons <i>Heave</i> Kapal-3 Sudut <i>Heading</i> 135°	93
Gambar 5.65	Spektra Respons <i>Heave</i> Kapal-3 Sudut <i>Heading</i> 90°	94
Gambar 5.66	Spektra Respons <i>Heave</i> Kapal-3 Sudut <i>Heading</i> 45°	94
Gambar 5.67	Spektra Respons <i>Pitch</i> Kapal-3 Sudut <i>Heading</i> 180°	95
Gambar 5.68	Spektra Respons <i>Pitch</i> Kapal-3 Sudut <i>Heading</i> 135°	96
Gambar 5.69	Spektra Respons <i>Pitch</i> Kapal-3 Sudut <i>Heading</i> 90°	96
Gambar 5.70	Spektra Respons <i>Pitch</i> Kapal-3 Sudut <i>Heading</i> 45°	97
Gambar 5.71	Spektra Respons <i>Roll</i> Kapal-3 Sudut <i>Heading</i> 135°	98
Gambar 5.72	Spektra Respons <i>Roll</i> Kapal-3 Sudut <i>Heading</i> 90°	98
Gambar 5.73	Spektra Respons <i>Roll</i> Kapal-3 Sudut <i>Heading</i> 45°	99
Gambar 5.74	Kenaikan Amplitudo <i>Heave</i> Signifikan terhadap Kenaikan Tinggi Gelombang untuk Ketiga Kapal Ikan Puger dengan Kecepatan 7 knot	101
Gambar 5.75	Kenaikan Amplitudo <i>Pitch</i> Signifikan terhadap Kenaikan Tinggi Gelombang untuk Ketiga Kapal Ikan Puger dengan Kecepatan 7 knot	102

Gambar 5.76	Kenaikan Amplitudo <i>Roll</i> Signifikan terhadap Kenaikan Tinggi Gelombang untuk Ketiga Kapal Ikan Puger dengan Kecepatan 7 knot.....	104
Gambar 5.77	Grafik Percepatan <i>Heave</i> terhadap Kenaikan Tinggi Gelombang Signifikan untuk setiap Kapal dengan $V_s = 7$ Knot.....	106
Gambar 5.78	Grafik Percepatan <i>Pitch</i> terhadap Kenaikan Tinggi Gelombang Signifikan untuk setiap Kapal dengan $V_s = 7$ Knot.....	107
Gambar 5.79	Grafik Percepatan <i>Pitch</i> terhadap Kenaikan Tinggi Gelombang Signifikan untuk setiap Kapal dengan $V_s = 7$ Knot.....	107
Gambar 6.1	Nilai Hambatan terhadap Kenaikan Kecepatan	109
Gambar 6.2	Grafik RAO <i>Heave</i> Setiap Kapal dengan Kecepatan 0 knot.....	110
Gambar 6.3	Grafik RAO <i>Heave</i> Setiap Kapal dengan Kecepatan 5 knot.....	111
Gambar 6.4	Grafik RAO <i>Heave</i> Setiap Kapal dengan Kecepatan 7 knot.....	111
Gambar 6.5	Grafik RAO <i>Pitch</i> Setiap Kapal dengan Kecepatan 0 knot	112
Gambar 6.6	Grafik RAO <i>Pitch</i> Setiap Kapal dengan Kecepatan 5 knot	112
Gambar 6.7	Grafik RAO <i>Pitch</i> Setiap Kapal dengan Kecepatan 7 knot	113
Gambar 6.8	Grafik RAO <i>Roll</i> Setiap Kapal dengan Kecepatan 0 knot	114
Gambar 6.9	Grafik RAO <i>Roll</i> Setiap Kapal dengan Kecepatan 5 knot	114
Gambar 6.10	Grafik RAO <i>Roll</i> Setiap Kapal dengan Kecepatan 7 knot	115

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Jember terdiri dari beberapa kecamatan salah satunya adalah Kecamatan Puger bagian selatan yang merupakan wilayah tanjung yang terdapat Tempat Pelelangan Ikan (TPI) dan pelabuhan. Gambar 1.1 menunjukkan lokasi pantai Puger yang ditunjukkan pada peta *Jember regency tourism map*. Pantai Puger yang berada di Kecamatan Puger merupakan kawasan yang dikenal sebagai TPI yang cukup besar di Kabupaten Jember. Di wilayah Puger sebagian besar penduduknya merupakan nelayan, pengolah ikan, dan pedagang ikan.



Gambar 1.1 Peta Jember *Regency Tourism Map* menunjukkan Lokasi Pantai Puger (EastJava, 2015)

Kapal ikan tradisional pada umumnya digunakan oleh nelayan di Indonesia terutama nelayan di Kecamatan Puger Kabupaten Jember dalam berlayar untuk menangkap ikan. Para pengrajin kapal ikan tradisional di Puger pada dasarnya hanya memodifikasi dari desain kapal sebelumnya dengan dasar keterampilan yang didapatkan dari turun-temurun pendahulunya. Karena kapal

ikan tradisional di Puger tidak melalui proses formal dalam pembangunan kapal, keamanan dari kapal ikan tersebut saat beroperasi masih dipertanyakan. Menurut Sukadana (2009), cara pembuatan kapal ikan tradisional lebih mengandalkan “*insting*” dari para pengrajin kapal ikan yang cenderung menghasilkan produk dengan ciri *culturebased* daripada *technology-based product*. Meskipun hal tersebut merupakan warisan yang perlu dilestarikan, namun kelemahan yang dimiliki oleh rancangan kapal tradisional perlu mendapatkan prioritas, tanpa meninggalkan sisi tradisi secara revolusioner. Selain itu, karakteristik dari bentuk lambung kapal ikan tradisional di Puger yang memiliki bentuk yang gemuk dan lebar yang menjadi ciri khas dari kapal ikan di Puger, dengan kata lain bentuk lambung yang gemuk dan lebar tersebut dapat menambah hambatan yang dialami, nilai hambatan yang besar akan mempengaruhi dari kecepatan kapal saat beroperasi. Oleh karena itu diperlukan studi karakteristik hidrodinamika kapal ikan tradisional untuk memenuhi kapasitas daripada faktor keamanan dan hidrodinamika. Karakteristik hidrodinamika tersebut meliputi hambatan dan *seakeeping*. *Seakeeping* yaitu perilaku gerak kapal dipengaruhi oleh gaya-gaya dari luar yang disebabkan oleh kondisi gelombang. Sedangkan, hambatan merupakan gaya hambat yang bekerja pada kapal dari media fluida yang arah gaya-nya berlawanan dengan gerakan kapal pada kecepatan tertentu.

Studi karakteristik hidrodinamika kapal ikan tradisional bertujuan untuk mengetahui kemampuan kapal bertahan dalam kondisi berbahaya saat beroperasi. Sehingga, diperlukan studi untuk menganalisa lambung kapal yang baik dari segi hambatan dan *seakeeping*. Menurut Sukadana (2009), yang pada penelitiannya mengenai studi eksperimental tahanan kapal ikan tradisional di Jawa Timur terutama pada daerah Brodong Lamongan, pada sarat penuh pengujian yang dilakukan menghasilkan tahanan kapal sebesar 2,510 kN. Dengan menggunakan konstanta hambatan spesifik, perbandingan kapal tradisional dengan model kapal lain yang sejenis menunjukkan karakteristik hambatan model yang kurang baik, sehingga masih diperlukan upaya pengembangannya. Menurut Zarma dkk (2015) yang dalam penelitiannya mengenai studi karakteristik *seakeeping* kapal ikan tradisional dan modern khususnya tipe Batang Jawa Tengah dan Banyuwangi, berdasarkan hasil evaluasi dari analisa kapal tradisional tersebut memiliki

karakteristik serupa dan performa kapal tradisional khususnya kapal ikan Banyuwangi tidak kalah dengan kapal modern.

Karakteristik hambatan dan *seakeeping* merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kenyamanan nelayan pada saat kapal berlayar serta dapat mengurangi kecelakaan. Sehingga, disini penulis mengevaluasi hambatan dan *seakeeping* untuk bentuk lambung kapal ikan tradisional di Puger sehingga dapat memberikan informasi mengenai hidrodinamika dari kapal ikan yang kemudian dapat memberikan rekomendasi untuk perbaikan kapal ikan tradisional di Puger. Kemudian, dari analisa *seakeeping* dan hambatan beberapa bentuk lambung tersebut dapat diketahui salah satu bentuk lambung kapal yang memiliki performa yang lebih baik dengan mengadaptasi ukuran utama dari kapal ikan yang telah ada.

Kapal dengan bentuk lambung yang lebih baik memberikan pengaruh terhadap hambatan yang ditimbulkan sehingga operasional kapal dan pergerakan kapal menjadi lebih baik dan sesuai dengan kondisi perairan tempat kapal beroperasi. Nilai hambatan kapal saat beroperasi juga merupakan salah satu yang mempengaruhi besarnya kecepatan kapal. Faktor umum yang memegang peranan penting adalah hambatan kapal yang dialami pada waktu berlayar yang berpengaruh terhadap kecepatan kapal. Kapal ikan juga memerlukan kecepatan tinggi karena kapal ikan harus sampai di tempat penangkapan ikan (*fishing ground*) dengan cepat agar tidak kehilangan waktu yang tepat untuk menangkap ikan. Analisa *seakeeping* dalam penelitian ini sangat diperlukan untuk melihat kemampuan kapal bertahan dalam kondisi berbahaya atau dalam kondisi gelombang yang tinggi. Untuk menganalisa *seakeeping* dan hambatan diperlukan adanya evaluasi pada kapal ikan tradisional yang telah ada di Puger saat ini terlebih dahulu. Sebagai langkah awal perlu adanya survey atau pengambilan data untuk mendapatkan data dimensi atau ukuran utama kapal, data bentuk lambung kapal, dan lain-lain. Dari data yang diperoleh tersebut dilakukan pengembangan bentuk lambung kapal ikan. Pada umumnya kapal ikan tradisional Puger memiliki bentuk lambung gemuk atau *round* dengan pertimbangan ruang muat yang dipakai lebih banyak. Selanjutnya, dari beberapa bentuk lambung kapal ikan diolah untuk memperoleh hasil *seakeeping* dan hambatan. Kemudian hasil evaluasi hambatan

dan *seakeeping* dari beberapa pengembangan bentuk lambung tersebut dibandingkan sehingga didapatkan kesimpulan bentuk lambung yang memiliki karakteristik hambatan dan *seakeeping* yang lebih baik serta sesuai dengan perairan pantai Puger. Sehingga dapat memperbaiki dan menambah performa dari kapal ikan tersebut dengan tujuan hasil penelitian ini yaitu dapat memberikan rekomendasi untuk perbaikan desain kapal ikan tradisional di perairan Puger Kabupaten Jember.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian yang melatarbelakangi penelitian ini, maka permasalahan yang muncul adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai hambatan dari kapal ikan tradisional di perairan Puger?
2. Bagaimana karakteristik *seakeeping* dari kapal ikan tradisional di perairan Puger?
3. Bagaimana korelasi antara nilai hambatan dan *seakeeping* yang dihasilkan?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lambung kapal ikan yang dijadikan obyek pada penelitian ini adalah lambung kapal ikan tradisional yang ada di perairan Puger Kabupaten Jember.
2. Pada penelitian ini diambil tiga model kapal ikan tradisional di perairan Puger Kabupaten Jember.
3. Karakteristik hidrodinamika dalam penelitian ini meliputi hambatan dan *seakeeping*.
4. Karakteristik *seakeeping* terdiri *Response Amplitudo Operator* (RAO) gerakan *heave*, *pitch*, dan *roll* dengan sudut *heading* 0°, 45°, 90°, 135°, dan 180°.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai hambatan dari kapal ikan tradisional di perairan Puger.

2. Mengetahui karakteristik *seakeeping* dari kapal ikan tradisional di perairan Puger.
3. Mengetahui korelasi antara nilai hambatan dan *seakeeping* yang dihasilkan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan rekomendasi perbaikan untuk desain kapal ikan tradisional yang lebih sesuai di perairan Puger Kabupaten Jember.
2. Memberikan informasi mengenai desain kapal ikan yang memiliki kualitas hidrodinamika yang lebih baik atau sesuai dengan perairan Puger dari segi hambatan dan *seakeeping* untuk pelayaran kapal ikan sehingga mampu meningkatkan faktor keselamatan nelayan pada saat berlayar dan menangkap ikan.
3. Memberikan sumbangan pemikiran untuk ilmu pengetahuan khususnya mengenai karakteristik hidrodinamika kapal ikan tradisional sehingga dapat dimanfaatkan oleh peneliti lain dalam mengembangkan penelitian selanjutnya.

1.6 Hipotesa

Berikut merupakan hipotesa yang muncul sebelum melakukan penelitian ini yaitu:

1. Kapal ikan dengan nilai rasio L/B yang besar dan nilai WSA yang kecil memiliki nilai hambatan yang kecil, sedangkan untuk nilai rasio L/B yang kecil memberikan kemampuan olah gerak *seakeeping* yang lebih baik.
2. Korelasi hubungan hambatan dan *seakeeping* berbanding terbalik, yaitu nilai hambatan besar maka karakteristik *seakeeping*-nya lebih baik, begitu sebaliknya.
3. Kapal ikan yang telah dikembangkan memiliki kualitas hidrodinamika yang lebih baik atau sesuai dengan perairan di Puger Jember dari segi hambatan dan *seakeeping*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Kapal Ikan Tradisional di Perairan Puger

Kapal ikan merupakan kapal yang digunakan khusus untuk melakukan penangkapan ikan, pengangkutan ikan, dan lain-lain. Kapal ikan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu kapal penangkap ikan dan kapal bukan penangkap ikan. Kapal penangkap ikan merupakan kapal yang secara khusus dipergunakan untuk menangkap ikan, termasuk menampung, menyimpan, mendinginkan, atau mengawetkan, sedangkan kapal bukan penangkap ikan atau kapal pengangkut ikan merupakan kapal yang secara khusus dipergunakan untuk mengangkut ikan, termasuk juga memuat, menampung, menyimpan, mendinginkan, atau mengawetkan. Kapal ikan yang banyak digunakan oleh nelayan di Puger Kabupaten Jember adalah kapal ikan tradisional. Gambar 2.1a dan 2.1b menunjukkan bentuk dari kapal ikan tradisional di perairan Puger Jember. Kapal ikan tradisional di Puger pada umumnya berbahan dasar kayu dengan alat tangkap berupa jaring payang. Dalam satu kali berlayar nelayan biasanya mendapatkan ± 2 ton ikan dan tangkapan tersebut berupa ikan jenis tongkol, dan ada beberapa jenis ikan lain.



Gambar 2.1a Kapal Ikan Tradisional di Perairan Pantai Puger



Gambar 2.1b Kapal Ikan Tradisional di Perairan Pantai Puger

Kapal ikan tradisional biasanya dioperasikan oleh nelayan dengan jangkauan wilayah perairan yang tidak terlalu jauh atau masih di sekitar pinggir pantai, begitu pula dengan penangkapannya tak sebesar kapal ikan modern. Para pengrajin kapal ikan tradisional di Puger pada dasarnya hanya memodifikasi dari desain kapal sebelumnya dengan dasar keterampilan yang didapatkan dari turun-temurun pendahulunya. Karena tidak ada proses formal dalam pembangunan kapal ikan sehingga diperlukan studi karakteristik hidrodinamika kapal ikan tradisional di perairan Puger Jember.

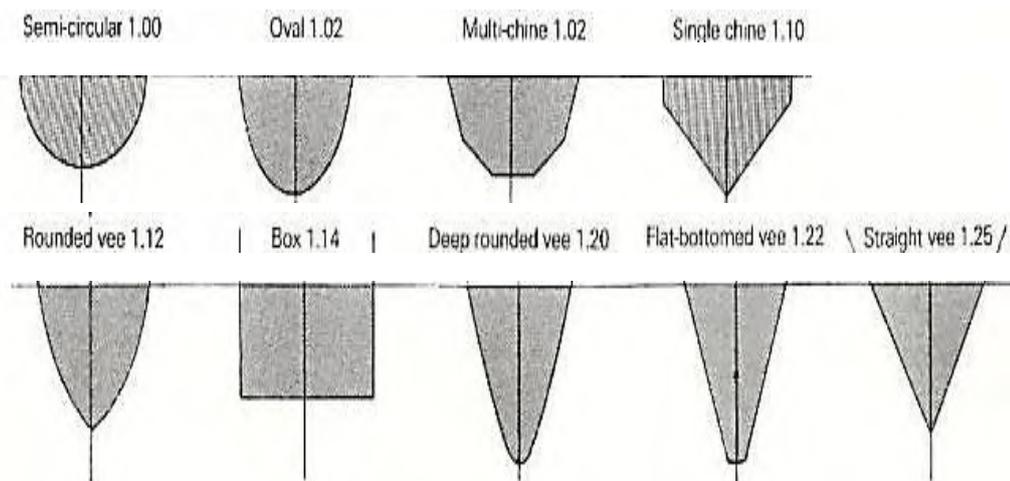
2. 2 Jenis-jenis Bentuk Lambung Kapal

Ada tiga hal yang perlu diperhatikan dalam mendesain kapal, yaitu (Markwood, 2010):

1. Pertama adalah displacemen, berat dari kapal itu sendiri ditambah *payload* yang direncanakan. Displasmen adalah total berat yang harus membuat kapal dapat mengapung di permukaan air.
2. Kedua adalah luas permukaan basah lambung kapal atau *wetted surface area* (WSA).

3. Ketiga adalah rasio panjang lambung dengan beam (LWL/Bh) di permukaan air.

Pada Gambar 2.2 menunjukkan bahwa lebar permukaan air (Bh) memiliki perbedaan antara satu dengan yang lain. Jika seorang desainer ingin kapal yang lebih ramping dengan perpindahan sama dengan kapal bentuk setengah lingkaran (*semi-circular*) untuk meminimalkan *drag* gelombang, maka desainer harus memilih bentuk lambung yang lebih sempit tetapi lebih mendalam. Tetapi jika bentuk lebih dalam maka akan memiliki permukaan basah yang lebih besar. Jika desainer ingin kapal dengan bentuk lambung yang lebih besar agar memiliki ruang muat yang lebih banyak maka dapat dipilih lambung kapal dengan lebar kapal yang lebih besar, tetapi hal tersebut dapat menambah nilai hambatan.



Gambar 2.2 Macam-macam Bentuk Lambung (Markwood, 2010)

2.3 Hambatan Kapal

Hambatan kapal adalah gaya hambat yang bekerja pada kapal dari media fluida yang arah gayanya berlawanan dengan gerakan kapal saat melaju pada kecepatan tertentu. Akibat dari adanya hambatan tersebut maka dibutuhkan gaya dorong (*thrust*) untuk mendorong kapal. Pada saat berlayar kapal akan mengalami beberapa hambatan akibat dari interaksi antara kapal dengan fluida atau air laut (Harvald, 1983). Hambatan-hambatan tersebut meliputi hambatan gelombang, hambatan viskos, dan hambatan gesek.

Hambatan ditransmisikan ke lambung sebagai distribusi tekanan dan gaya geser, tegangan geser ditimbulkan karena adanya viskositas dari air. Hambatan total dilambangkan dengan R_T . Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam perhitungan hambatan total yaitu:

a. Menghitung *Volume Displacement* (∇)

Volume displacement merupakan volume air yang dipindahkan oleh badan kapal yang berada dibawah permukaan air dimana kapal itu berada. *Volume displacement* ini merupakan variabel yang sangat penting dalam perhitungan hambatan kapal. Berikut ini merupakan rumus dari volume displacement:

$$\nabla = Lwl \times B \times T \times Cb \quad (2.1)$$

Dimana:

Lwl : panjang garis air kapal (m)

B : lebar kapal (m)

T : sarat kapal (m)

Cb : *Coefficient block*

b. Menghitung *Displacement* (Δ)

Displacement itu sendiri adalah berat zat cair atau air yang dipindahkan oleh badan kapal yang berada dibawah permukaan air dimana kapal itu berada. Berikut ini adalah rumus untuk menghitung *displacement*:

$$\Delta = Lwl \times B \times T \times Cb \times \rho \quad (2.2)$$

Dimana:

Lwl : panjang garis air (m)

B : lebar kapal (m)

T : sarat kapal (m)

Cb : *Coefficient block*

ρ : massa jenis air laut (1,025 ton/m³)

c. Menghitung Luas Permukaan Basah (S)

Luas permukaan basah merupakan luas permukaan lambung kapal yang tercelup air. Ada beberapa versi rumus untuk menghitung luas permukaan basah, yaitu sebagai berikut (Molland dkk, 2011):

Denny Mumford:

$$S = 1,7LT + \frac{\nabla}{T} \quad (2.3)$$

Froude:

$$S = 3,4\nabla^{2/3} + 0,485L \cdot \nabla^{1/3} \quad (2.4)$$

Taylor:

$$S = C_s \sqrt{\nabla \cdot L} \quad (2.5)$$

Dalam penelitian ini nilai WSA didapatkan dari data *hydrostatics* pada *software Maxsurf*. Dalam *software Maxsurf* metode yang digunakan untuk menghitung WSA yaitu dengan membagi *surface* menjadi elemen-elemen segitiga untuk menghitung luas permukaan basahanya (Formation Design Systems, 2007).

d. Menentukan Bilangan Froude (*Fr*)

Bilangan froude adalah sebuah bilangan yang digunakan untuk mengukur resistensi dari sebuah kapal atau benda yang bergerak melalui air. Berikut ini merupakan rumus untuk menghitung bilangan Froude:

$$Fr = \frac{V_s}{\sqrt{gLwl}} \quad (2.6)$$

Dimana:

V_s : kecepatan kapal (knot)

g : percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

Lwl : panjang garis air (m)

e. Menghitung Bilangan Reynolds (*Re*)

Bilang reynolds merupakan rasio antara gaya inersia terhadap gaya viskos.

Dibawah ini merupakan rumus dari bilangan Reynolds:

$$Re = \frac{V_s \times Lwl}{\nu} \quad (2.7)$$

Dimana:

V_s : kecepatan kapal (knot)

Lwl : panjang garis air (m)

ν : koefisien viskositas kinematis (m²/s)

f. Menghitung Hambatan Total kapal (*Total Resistance* R_T)

Besar dari gaya hambatan total merupakan jumlah dari semua komponen gaya hambat. Berikut ini merupakan rumus untuk menghitung hambatan total atau *total resistance*:

$$R_T = 0,5 \times \rho \times C_T \times S \times V_s^2 \quad (2.8)$$

Dimana:

ρ : massa jenis air laut (1,025 ton/m³)

C_T : koefisien hambatan total

S : luas permukaan basah (m²)

V_s : kecepatan kapal (knot)

Hambatan dihitung dengan menggunakan metode sesuai kriteria yang dimiliki oleh kapal. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat sebagai berikut:

a. *Savitsky*

Metode ini digunakan untuk perhitungan hambatan kapal cepat *planning hull*. Metode *Savitsky* dibagi menjadi metode *Savitsky pre planning* dan *Savitsky planning*. Metode *Savitsky pre planning* digunakan untuk perhitungan hambatan kapal cepat *planning hull* pada kondisi sebelum *planning* (*pre planning*). Sedangkan, metode *Savitsky planning* digunakan untuk perhitungan hambatan kapal cepat *planning hull* yang bekerja pada kondisi *planning* (kecepatan *planning*).

b. *Lahtiharju*

Metode ini digunakan untuk perhitungan hambatan pada kapal cepat *planning hull* pada kondisi *planning* (kecepatan *planning*).

c. *Holtrop*

Metode ini digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal tanker, kapal kargo, *tug boat*, kapal ikan, kapal kontainer, dan kapal frigate.

d. *Van Oortmerssen*

Metode ini digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal-kapal kecil, contohnya kapal *trawler* dan kapal *tug boat*.

e. *Series 60*

Metode ini digunakan untuk perhitungan hambatan pada kapal kargo dengan satu *propeller* (*single screw propeller*).

f. *Delft Series*

Metode ini digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal layar (*sailing yacht*).

Tabel 2.1 Persyaratan Penggunaan Metode Numerik Perhitungan Hambatan Kapal.

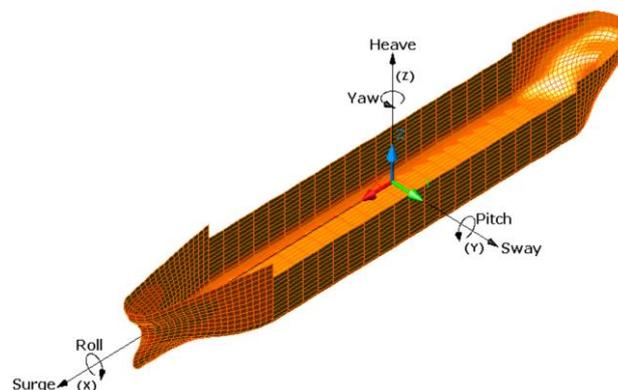
No.	Algoritma	Persyaratan
1.	Savitsky	$3.07 < L/V^{1/3} < 12.4$ $3.7 < ie < 28.6$ $2.52 < L/B < 18.26$ $1.7 < B/T < 9.8$ $0 < At/Ax < 1$ $-0.016 < LCG/L < 0.0656$
2.	Lahtiharju (Round Bilge)	$4.47 < L/V^{1/3} < 8.30$ $0.68 < B^3/V < 7.76$ $3.33 < L/B < 8.21$ $1.72 < B/T < 10.21$ $0.16 < At/Ax < 0.82$ $0.57 < Cm < 0.89$
3.	Lahtiharju (Hard Chine)	$4.49 < L/V^{1/3} < 6.81$ $2.73 < L/B < 5.43$ $3.75 < B/T < 7.54$ $0.43 < At/Ax < 0.995$
4.	Holtrop	$0.55 < Cp < 0.85$ $3.9 < L/B < 15$ $2.1 < B/T < 4.0$
5.	Van Oortmerssen	$8 < L < 80$ $3 < L/B < 6.2$ $0.5 < Cp < 0.73$ $-7 < 100 LCG / L < 2.8$ $5 < V < 3000$ $1.9 < B/T < 4.0$ $0.70 < Cm < 0.97$ $10 < ie < 46$
6.	Series 60	$0.6 < Cb < 0.8$ $5.5 < L/B < 8.5$ $2.5 < B/T < 3.5$ $-2.48\% < LCB < 3.51\%$
7.	Delft	$2.76 < L/B < 5.00$ $2.46 < B/T < 19.32$ $4.34 < L/V^{1/3} < 8.50$ $-6.0\% < LCB < 0.0\%$ $0.52 < Cp < 0.6$

Dalam penelitian ini metode perhitungan hambatan *Van Oortmerssen* karena metode ini sesuai untuk kapal-kapal kecil seperti kapal ikan tradisional di Puger (Prayitno, 2012). Seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1 yang menunjukkan bahwa kapal ikan di Puger masuk dalam syarat untuk menggunakan metode perhitungan hambatan *Van Oortmerssen*. Pada metode ini hambatan *viscous* dan hambatan gelombang direpresentasikan langsung pada komponen hambatan total kapal.

2. 4 Teori Gerakan Bangunan Apung

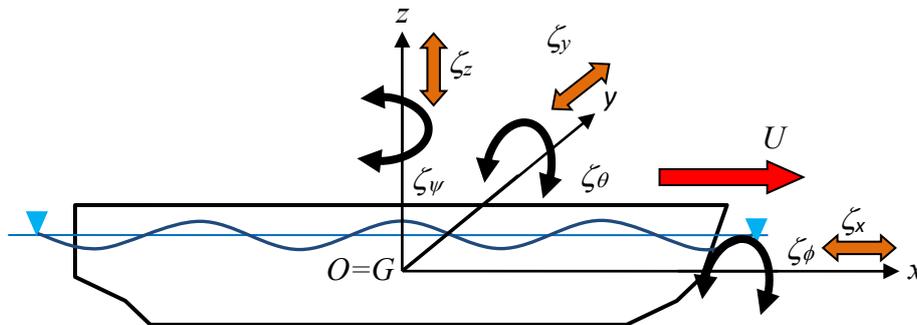
Gerakan osilasi bangunan apung akibat eksistensi gelombang terdiri dari 6-derajat kebebasan. Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.3, terdiri mode gerakan translasional yaitu *surge*, *sway*, dan *heave*, serta mode gerakan rotational yaitu *roll*, *pitch*, dan *yaw*. Gerakan translasional merupakan gerakan benda atau kapal yang sejajar dengan sumbu yang diacu. *Surging* adalah gerakan osilasi translasional dari benda atau kapal pada arah sumbu x (maju-mundur), *swaying* adalah gerakan translasi dari benda atau kapal pada arah sumbu y (melintang), dan *heave* adalah gerakan osilasi translasional dari suatu struktur terapung pada arah sumbu vertikal (sumbu- z). Sedangkan, gerak rotasional merupakan gerakan putaran benda apung dimana sumbu acuan menjadi porosnya. Gerakan *roll* merupakan gerakan rotasi benda apung yang berporos pada sumbu x , gerakan *pitch* merupakan gerakan rotasi benda apung yang berporos pada sumbu y , dan gerakan *yaw* merupakan gerakan rotasi benda apung yang berporos pada sumbu z (Kroukovsky dan Jacobs, 1957).

Gambar 2.4 merupakan definisi gerakan bangunan laut dalam enam derajat kebebasan.



Gambar 2.3 Ilustrasi Isometrik Gerakan dalam 6-derajat Kebebasan (Yuda, 2013)

Dengan memakai koversi sumbu tangan kanan, tiga gerakan translasi pada arah sumbu x , y , dan z , adalah masing-masing *surge* (ζ_1), *sway* (ζ_2) dan *heave* (ζ_3), sedangkan untuk gerakan rotasi terhadap ketiga sumbu adalah *roll* (ζ_4), *pitch* (ζ_5) dan *yaw* (ζ_6) (Djarmiko, 2012). Dapat dilihat seperti Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Gerak Bangunan Apung dalam 6-derajat kebebasan (Djarmiko, 2012)

2.4.1 Gerakan *Heave*

Pada gerakan *heaving* gaya kebawah akibat dari berat kapal membuat kapal tercelup air lebih dalam dan kembali ke awal hingga diperoleh kesetimbangan kapal. Ketika gaya *buoyancy* lebih besar akibat kapal tercelup, kapal akan bergerak secara vertikal keatas, ketika posisi kapal telah setimbang lantas tidak berhenti akan tetapi tetap naik dikarenakan ada pengaruh memontum. Selanjutnya kejadiannya akan berulang.

Pada kondisi *heaving* kapal hanya bergerak secara vertikal dalam satu arah yaitu translasi saja, sehingga pendekatan dalam memperhitungkan kondisi *heaving* adalah dengan menggunakan Hukum Newton II. Persamaan umum kapal pada kondisi *heaving* dapat dituliskan sebagai berikut (Bhattacharya, 1978):

$$a\ddot{z} - b\dot{z} - cz = F_0 \cos \omega_e t \quad (2.9)$$

Dimana:

- Inersia Force* : $F_a = -a\ddot{z}$
- Damping Force* : $F_b = b\dot{z}$
- Restoring Force* : $F_c = cz$
- Exciting Force* : $F = F_0 \cos \omega_e t$
- a : koefisien *inersia force*

b	: koefisien <i>damping force</i>
c	: koefisien <i>restoring force</i>
z	: <i>displacement of the center of gravity (CG)</i>
\dot{z}	: kecepatan vertikal
\ddot{z}	: percepatan vertikal
F_0	: amplitudo dari <i>encountering wave</i>
ω_e	: <i>encountering wave frequency</i>
t	: waktu

2.4.2 Gerakan *Pitching*

Berbeda halnya dengan *heaving* yang bergerak secara translasional. Namun kondisi *pitching* bergerak secara rotasional sehingga pendekatan perhitungan yang dapat diterapkan adalah Hukum Euler.

Konstruksi benda apung bisa mengalami *simple harmonic motion* yang berupa gerakan dalam arah sumbu transversal (x) maupun gerakan dalam arah sumbu longitudinal (y), apabila benda apung tersebut mengalami perpindahan posisi keseimbangannya dan kemudian dilepaskan atau pada benda apung tersebut dikenakan suatu kecepatan awal sehingga bergerak menjauh dari posisi keseimbangannya. Dalam berbagai analisa perhitungan gerakan benda *rolling* atau *pitching*, maka perhitungan dan analisa terhadap besarnya gaya momen memegang peranan yang lebih penting dibandingkan dengan perhitungan besarnya gaya itu sendiri.

Seperti halnya pada gerakan *heaving*, kapal menjalani gerakan harmonis sederhana tentang koordinat *axis* secara transversal maupun longitudinal *axis*. Gerakan tersebut akan berpengaruh *initial velocity* dari kesetimbangan posisi, sehingga perlu untuk memperhitungkan momen yang bekerja. Persamaan umum kapal pada kondisi *pitching* adalah sebagai berikut (Bhattacharya, 1978):

$$d\ddot{\theta} + e\dot{\theta} + h\theta = M_0 \cos \omega_e t \quad (2.10)$$

Dimana:

$$\text{Inersia Force} \quad : d \frac{d^2 \theta}{dt^2}$$

<i>Damping Force</i>	: $e \frac{d\theta}{dt}$
<i>Restoring Force</i>	: $h\theta$
<i>Exciting Force</i>	: $M_0 \cos \omega_e t$
<i>d</i>	: koefisien <i>inersia moment</i>
<i>e</i>	: koefisien <i>damping moment</i>
<i>h</i>	: koefisien <i>restoring moment</i>
θ	: <i>angular displacement of pitch</i>
$\dot{\theta}$: <i>angular velocity of pitch</i>
$\ddot{\theta}$: <i>angular acceleration of pitch</i>
M_0	: <i>exciting moment for pitching</i>
ω_e	: <i>encountering wave frequency</i>
<i>t</i>	: waktu

2.4.3 Gerakan *Rolling*

Gerakan *rolling* merupakan gerakan kapal yang bergerak secara rotasional.

Persamaan umum gerakan *rolling* adalah (Bhattacharya, 1978):

$$a \frac{d^2\phi}{dt^2} + b \frac{d\phi}{dt} + c\phi = M_0 \cos \omega_e t \quad (2.11)$$

Dimana:

<i>Inersia Force</i>	: $a \frac{d^2\phi}{dt^2}$
<i>Damping Force</i>	: $b \frac{d\phi}{dt}$
<i>Restoring Force</i>	: $c\phi$
<i>Exciting Force</i>	: $M_0 \cos \omega_e t$
<i>a</i>	: koefisien <i>inersia force</i>
<i>b</i>	: koefisien <i>damping force</i>
<i>c</i>	: koefisien <i>restoring force</i>
ϕ	: <i>angular displacement of roll</i>
$\frac{d\phi}{dt}$: <i>angular velocity of roll</i>
$\frac{d^2\phi}{dt^2}$: <i>angular acceleration of roll</i>

M_0 : exciting moment for pitching
 ω_e : encountering wave frequency
 t : waktu

2.4.4 Kopel Gerakan *Heaving* dan *Pitching*

Dasar utama dari persamaan gerak yang digunakan adalah respon frekuensi linier terhadap eksitasi harmonik. Eksitasi yang dimaksudkan adalah gangguan yang disebabkan oleh gaya gelombang, sedangkan gaya pengembali berupa gaya inersia akibat adanya massa bentuk dan massa hidrodinamika (*added mass*), gaya damping *wavemaking*, dan gaya pengembali akibat *bouyancy*.

Penyelesaian umum persamaan gerak kopel *Heave-Pitch* untuk kapal dapat ditulis sebagai berikut (Bhattacharya, 1978):

$$(m + a_z)\ddot{z} + b\dot{z} + cz + d\ddot{\theta} + e\dot{\theta} + h\theta = F(t) \quad (2.12)$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 m &= \int m_n d\xi \\
 a_z &= \int a_n d\xi \\
 b &= \int b_n d\xi
 \end{aligned}$$

Dengan asumsi bahwa $u \int \frac{d a_n}{d\xi} d\xi = 0$, maka

$$\begin{aligned}
 c &= \int c_n d\xi \\
 d &= - \int a_n \xi d\xi
 \end{aligned}$$

Jika $\int m_n \xi d\xi = 0$, maka:

$$e = - \int b_n \xi d\xi - 2u \int a_n d\xi - u \int \frac{d a_n}{d\xi} \xi d\xi \quad (2.13)$$

$$= - \int b_n \xi d\xi - u a_n \text{ dengan } -a_n = \int a_n d\xi = u \int \frac{d a_n}{d\xi} \xi d\xi$$

$$h = - \int c_n \xi d\xi - u \int b_n d\xi = u \int b_n \xi d\xi - ub \quad (2.14)$$

Persamaan 2.12 menunjukkan persamaan pertama gerak yang melibatkan semua gaya. Persamaan kedua gerak adalah penghitungan gerak angular pertama dan ditulis seperti berikut (Bhattacharya, 1978):

$$(I_{yy} + A_{yy})\ddot{\theta} + B\dot{\theta} + C\theta + D\ddot{z} + E\dot{z} + Hz = F(t) \quad (2.15)$$

Dimana:

$$A_{yy} = \int a_n \xi^2 d\xi$$

$$B = \int b_n \xi^2 d\xi$$

$$C = \int c_n \xi^2 d\xi - uE$$

$$D = d$$

$$E = - \int b_n \xi d\xi - u a_z$$

$$H = - \int c_n \xi d\xi$$

Keterangan:

m = massa kapal

a_z = *added mass heaving*

b, B = *damping coefficient untuk heaving, pitching*

c_n, C = *restoring force coefficient heaving, pitching*

d, D = *inertial moment coefficient heaving, pitching*

e, E = *damping moment coefficient heaving, pitching*

F = *exciting force*

I_{yy} = momen inersia kapal

A_{yy} = *added mass pitching*

M = *exciting moment*

Langkah selanjutnya adalah menghitung komponen-komponen hidrodinamika sampai didapatkan persamaan untuk gerakan *couple heaving* dan *pitching*, yang ditulis dalam persamaan berikut (Bhattacharya, 1978):

$$\text{Heave (persamaan pertama)} : z = z_a \cos(\omega_e t + \delta) \quad (2.16)$$

$$\text{Pitch (persamaan kedua)} : \theta = \theta_a \cos(\omega_e t + \varepsilon) \quad (2.17)$$

dimana:

z_a : *heave amplitude*

θ_a : *pitch amplitude*

δ : *phase lag for heave*

ε : *phase lag for pitch*

ω_e : *encountering wave frequency*

t : waktu

2.5 Response Amplitude Operators (RAO)

Hasil prediksi gerakan bangunan apung umumnya diberikan dalam bentuk perbandingan antara amplitudo mode gerakan tertentu dengan amplitudo gelombang insiden, yang berfungsi sebagai fungsi perubahan frekuensi gelombangnya. Perbandingan amplitudo tersebut, ζ_j/ζ_0 , disebut sebagai *Response Amplitudo Operator* (RAO). RAO disebut juga dengan *transfer function* yang merupakan fungsi respons gerakan dinamis suatu benda apung yang disebabkan oleh gelombang dengan rentang frekuensi tertentu. RAO merupakan alat untuk mentransfer gaya gelombang menjadi respons gerakan dinamis struktur. Persamaan RAO dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Chakrabarti, 1987):

$$RAO(\omega) = \frac{X_p(\omega)}{\eta(\omega)} \quad (2.18)$$

dimana:

$X_p(\omega)$ = Amplitudo struktur apung

$\eta(\omega)$ = Amplitudo gelombang

2.6 Kriteria Olah Gerak Kapal (*Seakeeping*)

Olah gerak kapal (*seakeeping*) memiliki kriteria kenyamanan yang bertujuan untuk mendapatkan kondisi yang nyaman bagi manusia atau nelayan pada saat kapal berlayar. Seperti yang dijelaskan pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 dibawah ini yang menunjukkan kemampuan aktifitas personil yang dikaitkan dengan percepatan gerak vertikal serta tabel yang menunjukkan periode batasan gerakan *rolling*.

Tabel 2.2 Hubungan Percepatan Vertikal dengan Kenyamanan

< 0.315 m/det ²	<i>Not Uncomfortable</i>
0.315 – 0.63	<i>A little Uncomfortable</i>
0.5 – 1.0	<i>Fairly Uncomfortable</i>
0.8 – 1.6	<i>Uncomfortable</i>
1.25 – 2.5	<i>Very Uncomfortable</i>
> 2.0 m/det ²	<i>Extremely Uncomfortable</i>

Sumber: Riola & de Arboleya, 2006

Tabel 2.3 Periode Gerakan *Rolling*

Types of Ships	T (second)
<i>Passenger</i>	20 – 25
<i>Cargo-Passenger</i>	10.5 – 14.5
<i>Cargo</i>	9 – 13
<i>Tanker</i>	9 – 10
<i>Fishing Boat</i>	5.5 – 7.0
<i>Whale Boat</i>	9 – 11.5
<i>Battleship</i>	14.5 – 17.0
<i>Cruiser</i>	12.0 – 13.0
<i>Destroyer</i>	9 – 9.5
<i>Torpedo Boat</i>	7 – 7.5

Sumber: Bhattacharya, 1978

2.7 Respons Bangunan Laut di Gelombang Acak

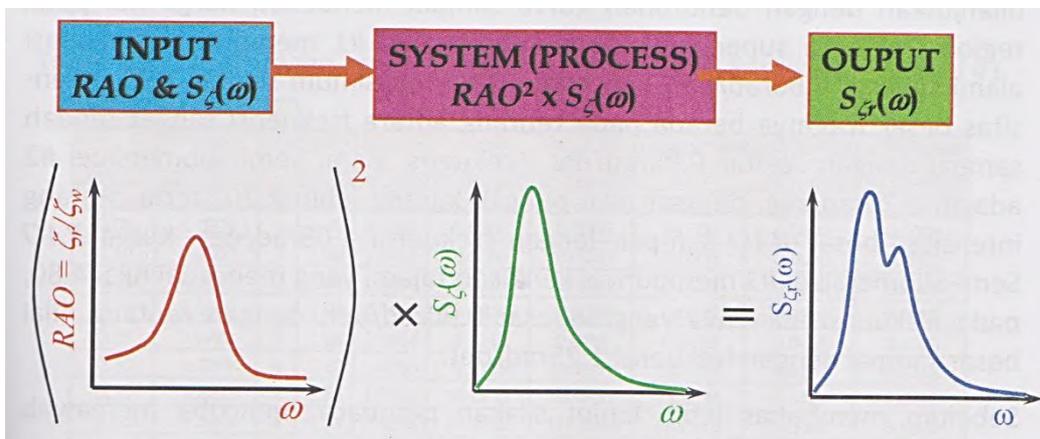
Gelombang acak merupakan superposisi dari komponen-komponen pembentuknya yang berupa gelombang sinusoidal, dalam jumlah yang tak terhingga. Tiap-tiap komponen gelombang tersebut memiliki tingkat energi tertentu yang dikontribusikan, yang kemudian diakumulasikan dalam bentuk spektrum energi gelombang. Spektrum energi gelombang merupakan representasi dari suatu gelombang acak tertentu. Oleh karena itu, untuk mengetahui karakteristik respons dari bangunan laut terhadap gelombang acak tertentu maka, pertama, gelombang acak tersebut harus dikomposisikan menjadi komponen-komponen gelombang reguler. Kemudian, tiap-tiap gelombang reguler hasil didekomposisi digunakan untuk menimbulkan eksitasi terhadap bangunan laut. Hasil dari eksitasi akan berupa respons berosilasi sinusoidal pula. Apabila keseluruhan osilasi respons sinusoidal yang diperoleh disuperposisi maka akan tersusun suatu pola osilasi respons acak bangunan laut.

Gelombang acak yang dikomposisi secara prinsip diwakili oleh luasan dibawah kurva spektra, $S_{\zeta}(\omega)$, yang dapat dibagi menjadi pias-pias berdasarkan kenaikan frekuensinya. Sedangkan komponen-komponen respons sinusoidal diwakili oleh kurva RAO. Sehingga dapat disimpulkan bahwa respons pada gelombang acak dapat diperoleh apabila RAO dapat dikorelasikan dengan $S_{\zeta}(\omega)$. Korelasi ini sama dengan mentransformasikan energi gelombang menjadi energi respons. Respons pada gelombang acak secara sederhana bisa didapatkan dengan

mengalikan nilai spektrum energi gelombang $S_{\zeta}(\omega)$ dengan RAO^2 . Proses ini pada dasarnya adalah mengubah spektra gelombang menjadi spektra respons, yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S_{\zeta_r}(\omega) = RAO^2 \times S_{\zeta}(\omega) \quad (2.19)$$

Persamaan 2.19 dapat diilustrasikan pada Gambar 2.5, dimana input berupa $S_{\zeta}(\omega)$ dan RAO menghasilkan spektra respons $S_{\zeta_r}(\omega)$. Proses tersebut dikenal sebagai analisis spektral atau *spectral analysis* (Djatkiko, 2012)



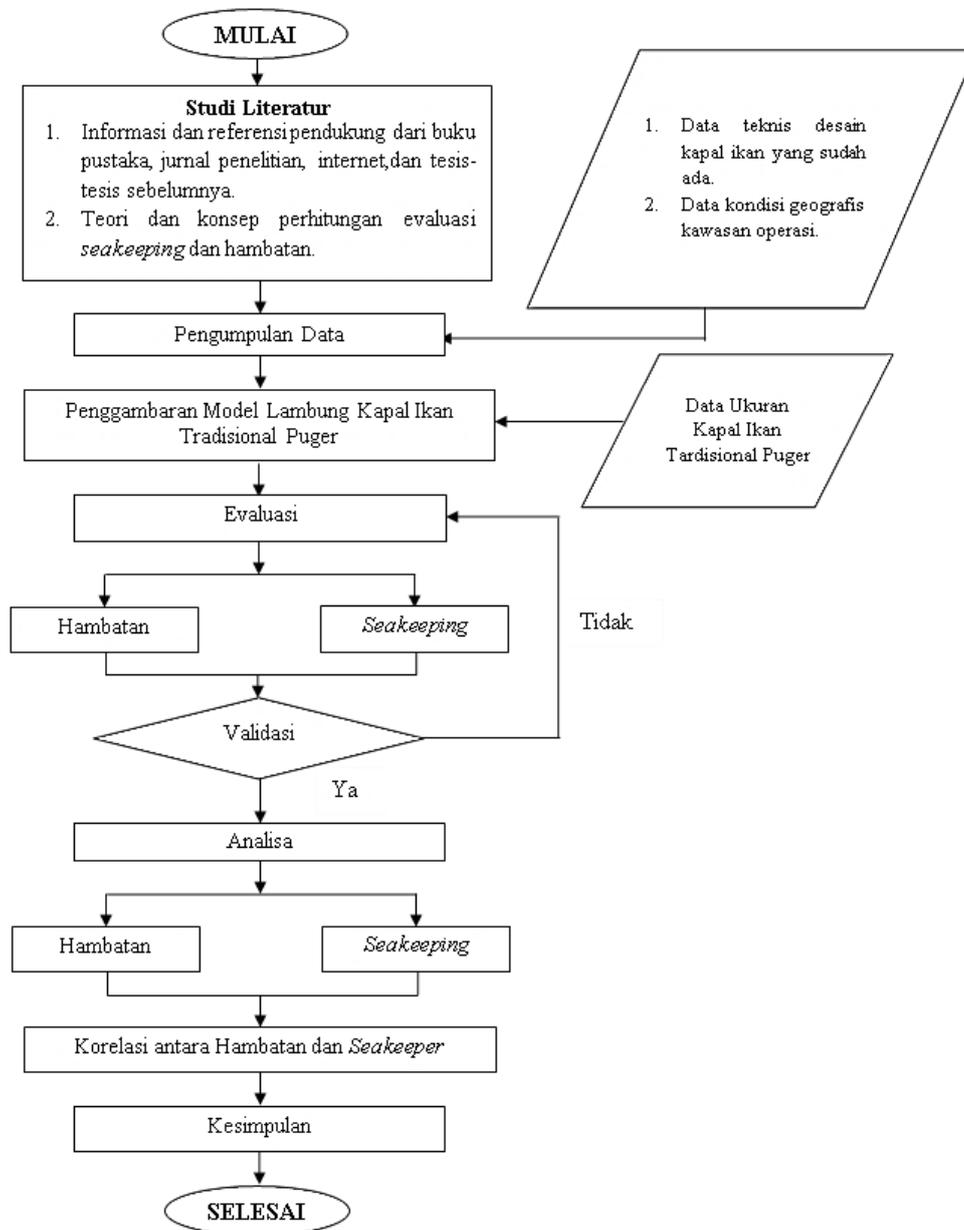
Gambar 2.5 Transformasi Spektra Gelombang menjadi Spektra Respons (Djatkiko, 2012).

BAB 3

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental semu dengan simulasi komputer. Untuk mendapatkan informasi tambahan yang diperlukan dalam penelitian diperoleh melalui studi literatur dari buku pustaka, jurnal penelitian, internet, tesis-tesis sebelumnya dan data survey.

3.1 *Flowchart* Pengerjaan Tesis



Gambar 3.1 *Flowchart* Pengerjaan Tesis

3.2 Langkah-langkah Pengerjaan Tesis

Dalam pengerjaan tesis kita harus membuat urutan pengerjaan yang nantinya akan menjadi alur pengerjaan untuk mempermudah proses pengerjaan. Secara umum proses pengerjaan tesis ini dimulai dengan pengambilan data input dilanjutkan dengan pengolahan data berdasarkan segala perhitungan yang *valid* kemudian dihasilkan *output* hasil yang diinginkan. Untuk secara rinci metode pengerjaannya adalah sebagai berikut:

3.2.1 Studi Literatur

Tahap pertama yang dilakukan dalam pengerjaan tesis ini adalah studi literatur. Studi literatur diperoleh dari buku pustaka, jurnal penelitian, internet dan tesis-tesis sebelumnya yang masih berkaitan. Studi literatur digunakan untuk mengetahui karakteristik dari kapal ikan serta teori-teori dan konsep dari perhitungan hambatan dan *seakeeping*.

3.2.2 Pengumpulan Data

Langkah kedua yang dilakukan adalah pengumpulan data yang dibutuhkan. Data tersebut harus meliputi segala sesuatu yang diperlukan dan berhubungan dalam pengerjaan tesis ini. Data yang dikumpulkan didapatkan dari wawancara langsung, pengukuran, dan pengamatan di lapangan.

a. Data Teknis Desain Kapal Ikan yang Sudah Ada

Untuk dapat membuat lambung kapal ikan yang sesuai dengan bentuk lambung kapal ikan di perairan Puger, maka diambil contoh dan ukuran kapal yang sudah ada. Pendekatan ini dilakukan agar kapal yang dirancang sesuai dengan yang diinginkan. Tabel. 3.1 menunjukkan data-data teknis yang dibutuhkan dari pengambilan data.

Tabel 3.1 Pengambilan Data

No	Data yang dibutuhkan	Ukuran	Satuan
1	Panjang (L)		m
2	Lebar (B)		m
3	Tinggi (H)		m
4	Sarat (T)		m
5	Kecepatan (v)		knot
6	Perkiraan jarak berlayar dari dermaga		millaut
7	Jumlah tangkapan satu kali berlayar		kg
9	Jenis alat tangkap		

b. Kondisi Geografis

Data ini meliputi data kondisi di perairan Puger yang dilalui oleh kapal ikan tradisional tersebut. Data perairan ini meliputi jarak kapal berlayar dari dermaga, kondisi tempat ikan beroperasi dan data tinggi gelombang yang sering terjadi di perairan Puger tempat kapal beroperasi.

3.2.3 Penggambaran Model Lambung Kapal Ikan Tradisional Puger

Penggambaran model yang dilakukan digunakan untuk evaluasi berdasarkan data dari tipe kapal dari hasil survey dan data untuk pemodelan lambung kapal ikan tipe perairan Puger yang dibuat dengan mengadaptasi bentuk lambung kapal ikan yang telah ada.

3.2.4 Evaluasi Hambatan dan *Seakeeping*

Setelah dilakukan penggambaran model bentuk lambung kapal ikan tradisional Puger, kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan bantuan *CFX* dan *AQWA*. Selanjutnya dilakukan evaluasi perhitungan untuk menyelesaikan tesis.

a. Evaluasi Hambatan

Perhitungan *total resistance* (hambatan total) pada kapal ikan tradisional Puger menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

b. Evaluasi *Seakeeping*

Evaluasi olah gerak kapal atau *seakeeping* kapal ikan tradisional di Puger menggunakan *software* pemodelan berbasis difraksi 3-dimensi.

3.2.5 Validasi

Validasi dilakukan untuk membuktikan bahwa hasil evaluasi telah dilakukan dengan baik. Dalam penelitian ini hasil validasi digunakan untuk dibandingkan dengan hasil evaluasi yang telah dilakukan.

3.2.6 Analisa Hambatan dan *Seakeeping*

Setelah dilakukan evaluasi hambatan dan *seakeeping*, langkah selanjutnya adalah analisa hambatan dan *seakeeping* dan penyusunan laporan tesis.

a. Analisa Hambatan

Analisa hambatan dari kapal ikan tradisional dilakukan dengan menganalisa hambatan dari kapal ikan tradisional di Puger pada setiap kenaikan

kecepatan. Analisa hambatan ini diperlukan untuk mengetahui peforma kapal dari segi nilai hambatan yang dihasilkan.

b. *Analisa Seakeeping*

Analisa olah gerak kapal atau *seakeeping* kapal ikan dengan menganalisa interaksi *body* kapal terhadap kondisi perairan di Puger. Misalnya, kondisi kapal terhadap gelombang, jadi tinggi gelombang diambil berdasarkan kondisi gelombang pada perairan tersebut. Analisa *seakeeping* terdiri dari *Response Amplitudo Operator* (RAO) gerakan *heave*, *pitch*, dan *roll*.

3.2.7 Korelasi antara Hambatan dan *Seakeeping*

Analisa korelasi hambatan dan *seakeeping* dilakukan untuk mengetahui hubungan nilai hambatan dan *seakeeping* yang dihasilkan dari evaluasi yang telah dilakukan.

3.2.8 Kesimpulan

Setelah semua tahapan selesai dilaksanakan, selanjutnya dapat ditarik kesimpulan dari analisa dan evaluasi yang telah dilakukan. Kesimpulan berupa nilai hambatan yang dihasilkan dan karakteristik *seakeeping* dari kapal ikan tradisional di perairan Puger.

BAB 4

ANALISA HAMBATAN

4.1 Penggambaran Model

Kapal ikan tradisional di wilayah perairan Puger Jember terdiri dari beberapa tipe, dalam tesis ini dilakukan beberapa tahap awal sebelum melakukan evaluasi hambatan, dan *seakeeping*. Langkah awal yang perlu dilakukan dalam tesis ini adalah survey lapangan di wilayah perairan Puger Jember untuk mendapatkan ukuran dari kapal yang akan di evaluasi. Disini terdiri dari tiga kapal yang di evaluasi, berdasarkan hasil survey dan pengukuran langsung maka diketahui bahwa tiga tipe kapal tersebut memiliki ukuran yang berbeda-beda.

Sebelum membahas lebih jauh mengenai evaluasi hambatan, dan *seakeeping*, perlu dibahas mengenai ukuran utama kapal dan bentuk kapal yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung di lapangan. Hal ini dilakukan untuk memperoleh model kapal ikan yang ukuran dan bentuknya sama dengan ukuran dan bentuk sebenarnya dari kapal ikan tradisional di Puger Jember.

Pertama proses yang dilakukan yaitu pengukuran langsung di lapangan yang terdiri dari ukuran utama kapal, dan pengukuran bentuk lambung. Selain pengukuran langsung, data juga diperoleh dari hasil wawancara dengan nelayan dan pekerja pembuat kapal yang meliputi perkiraan jarak berlayar dari dermaga, jumlah tangkapan satu kali berlayar, jenis ikan yang ditangkap, kapasitas kapal, dan lain-lain.

Berdasarkan hasil survey, diperoleh informasi ukuran utama untuk ketiga tipe kapal di Puger. Ukuran utama untuk ketiga tipe kapal di Puger memiliki ukuran berbeda-beda. Untuk lebih jelasnya mengenai ukuran utama kapal dari ketiga kapal di Puger dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Ukuran Utama Kapal di Puger Jember

No.	Nama Kapal	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Sarat (m)
1	Kapal-1	13	3,5	1,5	0,5
2	Kapal-2	15	5	1,5	0,6
3	Kapal-3	16	4,6	1,4	0,6

Setelah dilakukan pemodelan kapal 1, kapal 2, dan kapal 3 dengan ukuran sesuai dengan data kapal yang sebenarnya menggunakan *software Maxsurf* didapatkan nilai dengan beberapa parameter yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Parameter Ukuran Kapal

Parameter	Kapal 1	Kapal 2	Kapal 3	Satuan
<i>Displacement</i> (Δ)	8,305	17,58	14,847	Ton
<i>Volume Displacement</i> (∇)	8,102	17,151	14,485	m ³
<i>Length Water Line</i> (LWL)	11,721	13,85	14,119	m
<i>Beam Water Line</i> (BWL)	2,955	4,369	3,587	m
<i>Wetted Surface Area</i> (WSA)	27,528	46,222	38,473	m ²
<i>Coefficient Prismatic</i> (Cp)	0,634	0,623	0,733	
<i>Coefficient Block</i> (Cb)	0,468	0,472	0,477	
<i>Coefficient Midship</i> (Cm)	0,738	0,758	0,651	
Rasio L/B	3,966	3,170	3,936	

Untuk lebih jelasnya Gambar 4.1, Gambar 4.2, Gambar 4.3 menunjukkan ketiga tipe kapal,



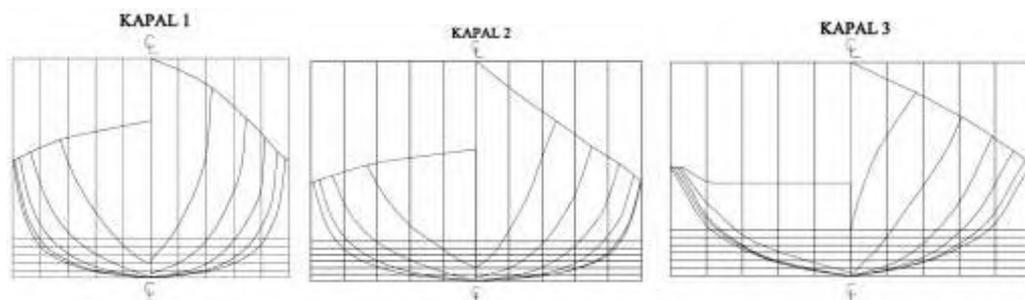
Gambar 4.1 Tipe Kapal-1



Gambar 4.2 Tipe Kapal-2



Gambar 4.3 Tipe Kapal-3

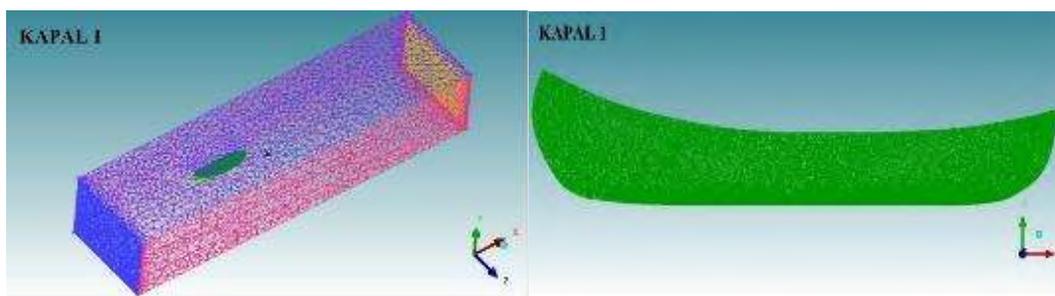


Gambar 4.4 *Bodyplan* Kapal 1, Kapal 2, dan Kapal 3

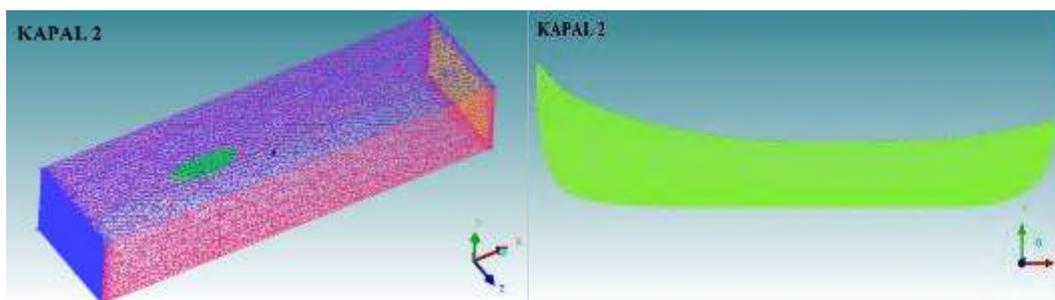
Berdasarkan hasil survey dari ketiga bentuk lambung kapal, pengukuran ketiga kapal dilakukan dengan membagi beberapa *station* sesuai dengan panjang

kapal dan juga membagi beberapa *line* sesuai dengan tinggi kapal. Sedangkan, untuk kapal-1 dan kapal-2 daerah haluan dan buritan dilakukan pengukuran dari luar karena sebagian dari kapal tertutup *deck*, serta untuk daerah haluan dan buritan pembagian *station*-nya lebih rapat karena pada bagian tersebut memiliki banyak lengkungan. Kemudian, kapal-3 untuk daerah haluan dan buritan dapat dilakukan dengan mengukur bagian dalamnya karena kapal-3 belum tertutup oleh *deck*.

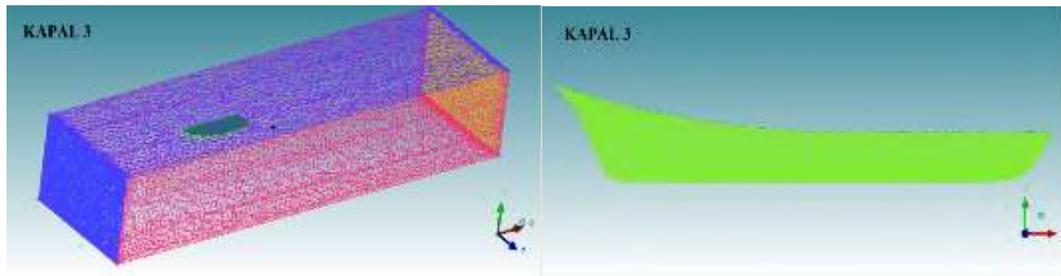
Proses berikutnya yang dilakukan yaitu penggambaran kapal dari bentuk dan ukuran yang sebenarnya menjadi sebuah model kapal. Tahap awal yaitu *linesplan* atau *bodyplan* digambarkan secara 2D menggunakan *AutoCAD* untuk mempermudah menggambar secara 3D. Selanjutnya, penggambaran model secara 3D menggunakan *software Maxsurf* untuk mendapatkan gambar model kapal yang menyerupai kapal sebenarnya. Kemudian, dari gambar model tersebut maka didapatkan beberapa data kapal lainnya yang diperlukan.



Gambar 4.5a *Meshing* Simulasi *Free Surface* CFD Kapal-1



Gambar 4.5b *Meshing* Simulasi *Free Surface* CFD Kapal-2



Gambar 4.5c *Meshing* Simulasi *Free Surface* CFD Kapal-3

Pada simulasi hambatan disini menggunakan metode *free surface* CFD sehingga terdapat dua jenis fluida yaitu udara dan air laut. Pada analisa ini, kapal bekerja pada kondisi keadaan aliran luar yaitu jarak sisi depan $2L$ kapal, jarak sisi samping $1,5L$ kapal, dan jarak sisi belakang $4L$ kapal. Dapat dilihat pada Gambar 4.5 yang menunjukkan kondisi keadaan dari setiap jarak sisi dan *meshing* simulasi *free surface* CFD pada model.

4.2 Evaluasi Hambatan

Dalam tahap penentuan hambatan total kapal menggunakan simulasi numerik *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Hambatan kapal akan dikalkulasi pada kecepatan 5 – 10 knot. Hal ini dilakukan karena untuk ketiga kapal ikan tidak diketahui secara persis berapa kecepatannya sehingga diperlukan penentuan beberapa variasi kecepatan. Hambatan total kapal dapat disajikan dalam rumus sebagai berikut (Molland dkk, 2011):

$$C_T = \frac{R_T}{1/2 \rho S V_s^2}$$

atau

$$R_T = 0,5 \times \rho \times C_T \times S \times V_s^2 \quad (5.1)$$

Dimana:

R_T : Hambatan total (kN)

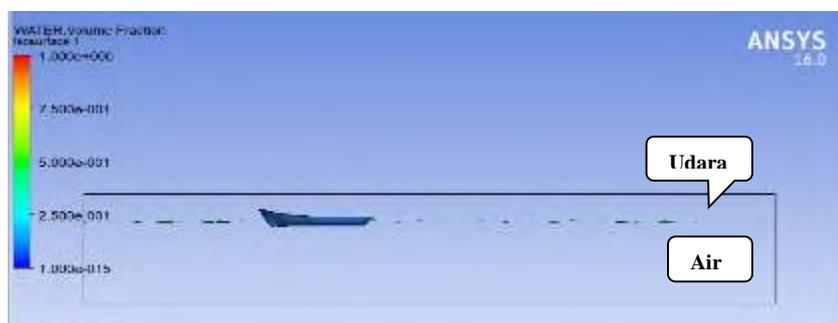
ρ : massa jenis air laut (1,025 ton/m³)

C_T : koefisien hambatan total

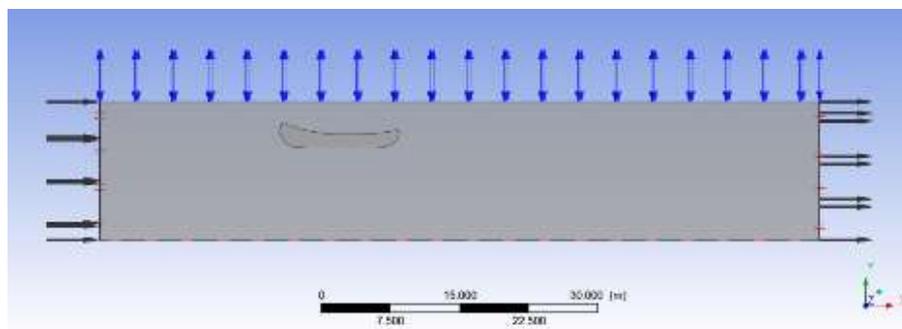
S : luas permukaan basah (m²)

V_s : kecepatan kapal (knot)

Pada simulasi ini menggunakan PC Laboratorium Pascasarjana Teknologi Kelautan dengan *processor intel core i7 3.6 GHz*, *harddisk 1 Tb* serta *memory 16 Gb*. Adapun metode yang digunakan adalah metode *free surface*, sehingga ada dua jenis fluida yang masuk kedalam simulasi yaitu fluida air laut dan udara, seperti yang terlihat pada Gambar 4.6. Pada simulasi ini kapal dibuat penuh tertutup *surface*, kemudian dilakukakn pemberian *boundary* atau batas-batas domain yang nantinya akan menjadi parameter dalam melakukan simulasi. Untuk ukuran domain dalam penelitian ini yaitu pada sisi depan (*inlet*) dengan jarak 2L kapal terhadap model, pada sisi samping (*symmetry*) dengan jarak 1.5L kapal terhadap model, dan pada sisi belakang (*outlet*) dengan jarak 4L kapal terhadap model. Pada kondisi ini *inlet* didefinisikan sebagai tempat masuknya fluida, dan *outlet* didefinisikan sebagai tempat keluarnya fluida, dengan massa jenis air laut 1025 kg/m^3 . Pada analisa ini *boundary* dijadikan *wall* dengan parameter *no slip* yang artinya tidak terjadi gesekan pada model apabila dilewati fluida. Model turbulen yang digunakan pada proses simulasi ini adalah *Shear Stress Transport (SST)*.



Gambar 4.6 Pembagian Dua Jenis Fluida

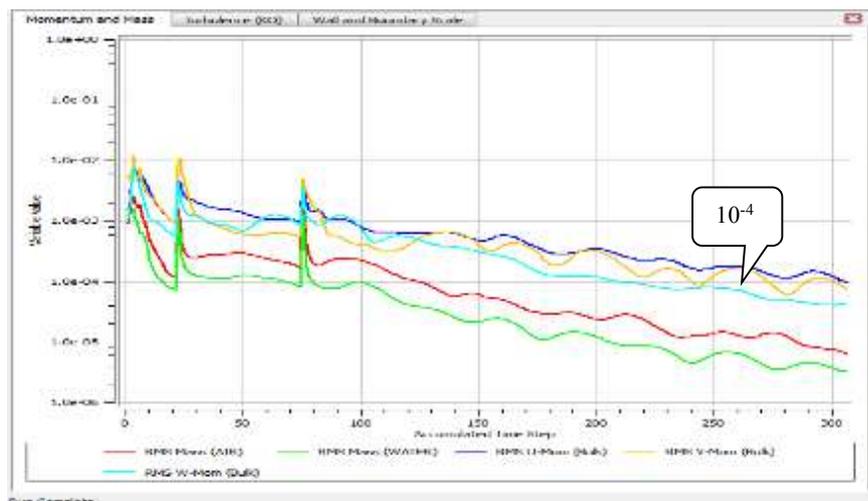


Gambar 4.7 Parameter di CFD pada kapal

Pada Gambar 4.7 menunjukkan parameter di CFD pada Kapal, arah panah masuk menunjukkan aliran fluida yang masuk melalui *inlet* dan keluar melalui *outlet*. Sedangkan panah pada *wall* dapat diartikan tidak ada gesekan pada model apabila dilewati fluida.

4.2.1. Konvergensi

Konvergensi merupakan analisis kebenaran internal dimana tingkat kesalahan yang dirancang dipenuhi oleh model yang dikembangkan. Konvergensi disebut juga sebagai pengaturan persamaan *solver control* untuk meminimalisir *error* pada hasil simulasi yang dilakukan. Proses perhitungan atau yang disebut sebagai proses iterasi pada tahap *flow solver* dilakukan jika semua data kondisi batas telah ditentukan. Penentuan banyaknya iterasi dipengaruhi oleh tingkat ketelitian dari model yang telah dibuat. Banyaknya iterasi sangat berpengaruh pada tingkat akurasi yang diperoleh. Jumlah total elemen yang digunakan pada pemodelan berbanding lurus dengan jumlah iterasi, sehingga semakin banyak jumlah elemen atau *grid* yang dipakai dalam pemodelan maka semakin banyak pula iterasi yang perlu dilakukan untuk perhitungan model. Penentuan iterasi atau tingkat ketelitian yang diatur juga mempengaruhi waktu dalam proses simulasi, semakin banyak elemen yang ditentukan maka tingkat ketelitiannya juga semakin tinggi sehingga waktu yang dibutuhkan dalam proses simulasi akan semakin lama.



Gambar 4.8 Grafik Konvergensi dalam Proses Simulasi

Gambar 4.8 menunjukkan grafik konvergensi dalam proses simulasi yang berhenti ketika kelima grafik melintasi nilai yang lebih kecil dari 10^{-4} . Berhentinya proses iterasi dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu proses iterasi telah mencapai batas jumlah iterasi yang telah ditentukan. Selain itu, proses iterasi berhenti apabila telah mencapai batas konvergen dalam proses simulasi, hal ini disebut sebagai posisi dimana tingkat keakuratan telah tercapai. Pada proses ini perhitungan dilakukan hingga didapatkan nilai error terkecil atau nilai yang konvergen. Kriteria nilai konvergensi yang digunakan dalam proses iterasi disini adalah 10^{-4} .

4.2.2. *Grid Independence*

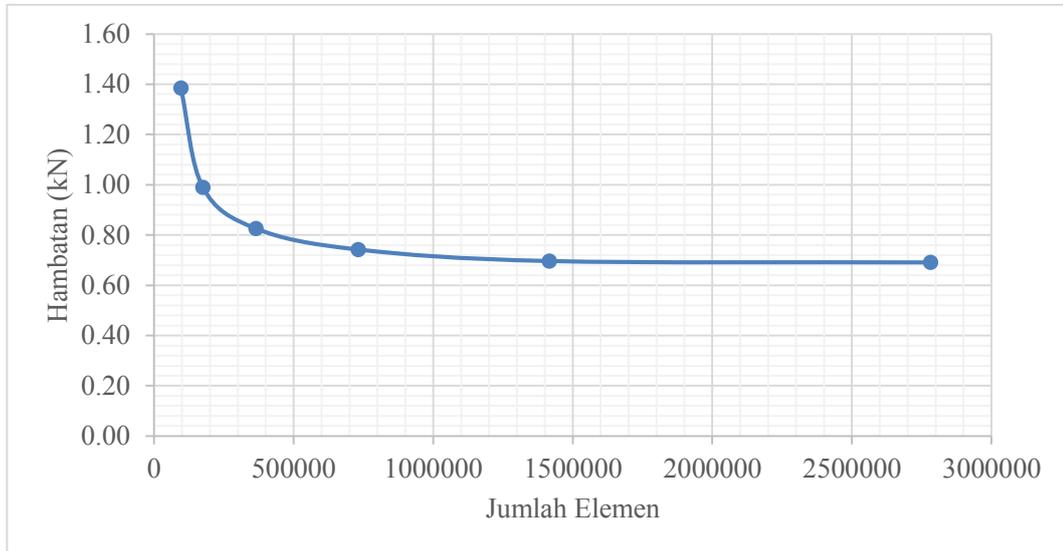
Suatu metode untuk menentukan titik optimum dari suatu nilai percobaan atau nilai hasil simulasi disebut *grid independence*. Ukuran *grid* atau jumlah elemen yang digunakan berpengaruh terhadap hasil yang akan diperoleh tetapi jumlah elemen juga perlu dipertimbangkan. Penggunaan jumlah elemen yang terlalu sedikit berpengaruh terhadap tingkat akurasi. Perlu diketahui bahwa dalam pemodelan numerik penggunaan jumlah elemen juga sangat mempengaruhi hasil sehingga perlu dilakukan suatu proses untuk mendapatkan jumlah *grid* atau elemen yang optimum. Semakin banyak jumlah elemen maka hasil yang didapatkan juga semakin akurat tetapi waktu *running* juga akan menjadi semakin lama. Titik optimum disini adalah titik dimana hasil menunjukkan keakuratan dengan jumlah elemen seminimum mungkin. *Grid independence* mencapai posisi optimum jika selisih perbedaan nilai hambatan antara jumlah elemen dengan elemen sebelumnya kurang dari 2% (Utama dan Hantoro, 2010).

Dalam menemukan jumlah elemen optimum yaitu dengan melakukan beberapa kali simulasi. Pada penelitian ini, ada tiga kapal yang perlu di analisa dan masing-masing kapal perlu dilakukan proses metode penentuan titik optimum *grid independence*.

Tabel 4.3 *Grid Independence* Kapal 1

Simulasi ke-	Jumlah Element	Hambatan (N)	Hambatan (kN)	%R
1	96145	1384.910	1.385	28.54
2	174794	989.668	0.990	16.63
3	365627	825.105	0.825	10.09

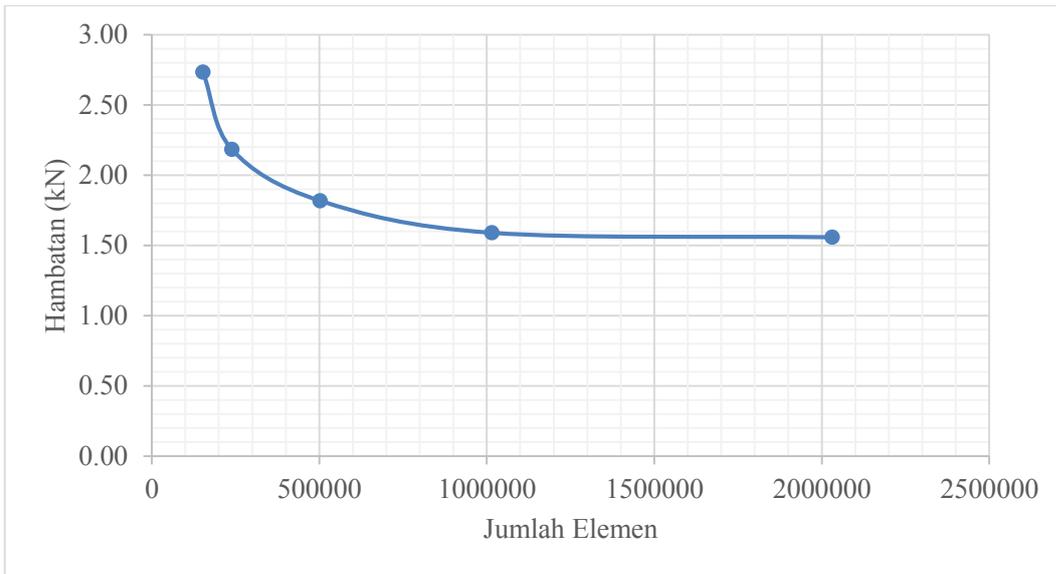
4	731141	741.832	0.742	6.18
5	1416196	695.982	0.696	0.80
6	2781475	690.439	0.690	-



Gambar 4.9 Grafik *Grid Independence* Kapal 1

Tabel 4.4 *Grid Independence* Kapal 2

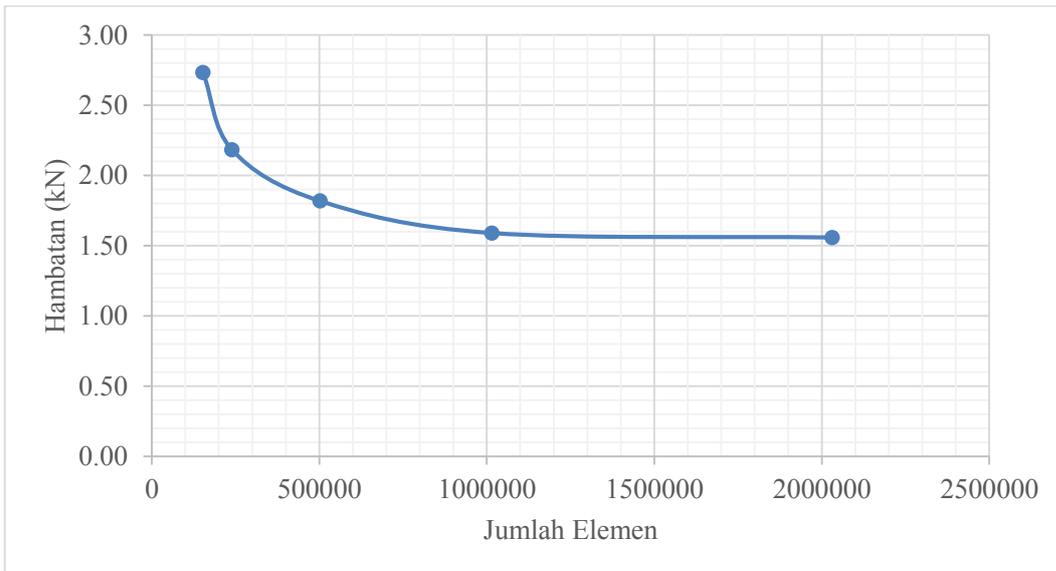
Simulasi ke-	Jumlah Element	Hambatan (N)	Hambatan (kN)	%R
1	152518	2732.53	2.733	20.12
2	238979	2182.77	2.183	16.70
3	502082	1818.24	1.818	12.55
4	1015418	1590.12	1.590	1.98
5	2030915	1558.57	1.559	-



Gambar 4.10 Grafik *Grid Independence* Kapal 2

Tabel 4.5 *Grid Independence* Kapal 3

Simulasi ke-	Jumlah Element	Hambatan (N)	Hambatan (kN)	%R
1	147390	2745.92	2.746	29.33
2	299193	1940.57	1.941	12.83
3	594944	1691.58	1.692	9.83
4	1161329	1525.29	1.525	1.45
5	2060228	1503.20	1.503	-



Gambar 4.11 Grafik *Grid Independence* Kapal 3

Tabel 4.3, 4.4, dan 4.5 menunjukkan tabel *grid independence*, serta Gambar 4.9, 4.10 dan 4.11 yang diplot dari nilai pada tabel menunjukkan gambar grafik *grid independence* untuk analisa total hambatan kapal 1, kapal 2, dan kapal 3 secara berturut-turut. Jadi, jumlah optimum elemen tersebut yang dijadikan untuk acuan dalam simulasi, baik pada kecepatan lainnya.

Tabel 4.6. Jumlah Optimum Elemen setiap Model Kapal

Model Kapal	Jumlah Elemen
Kapal-1	1416196
Kapal-2	1015418
Kapal-3	1161329

Pada Tabel 4.6 menunjukkan secara ringkas jumlah optimum elemen dari setiap model kapal. Jumlah optimum dari elemen tersebut kemudian digunakan untuk simulasi hambatan dengan menggunakan metode CFD.

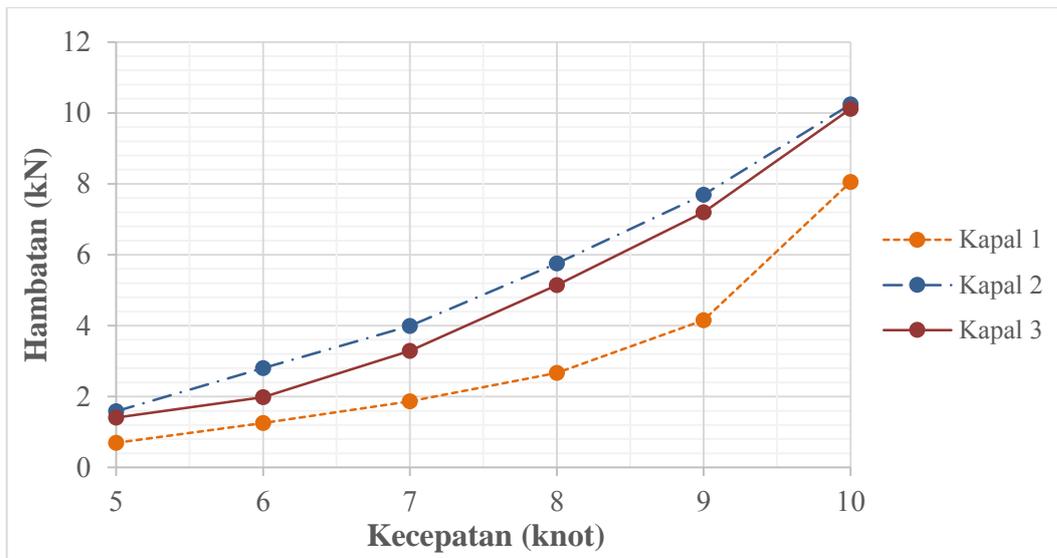
4.3 Hasil Simulasi Hambatan

4.3.1. Hasil Simulasi Hambatan dengan Menggunakan *Computational Fluids Dynamics*

Setelah dilakukan proses simulasi CFD, maka didapatkan nilai hambatan dari setiap kapal dengan beberapa variasi kecepatan sehingga selanjutnya dapat dianalisa. Hasil dari simulasi CFD ditunjukkan pada Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7 Nilai Hambatan masing-masing Kapal menggunakan CFD

	KAPAL 1	KAPAL 2	KAPAL 3
Kecepatan (knot)	Hambatan (kN)	Hambatan (kN)	Hambatan (kN)
5	0.696	1.590	1.525
6	1.250	2.800	2.304
7	1.862	3.989	3.293
8	2.667	5.759	5.143
9	4.156	7.693	7.217
10	8.056	10.238	10.110



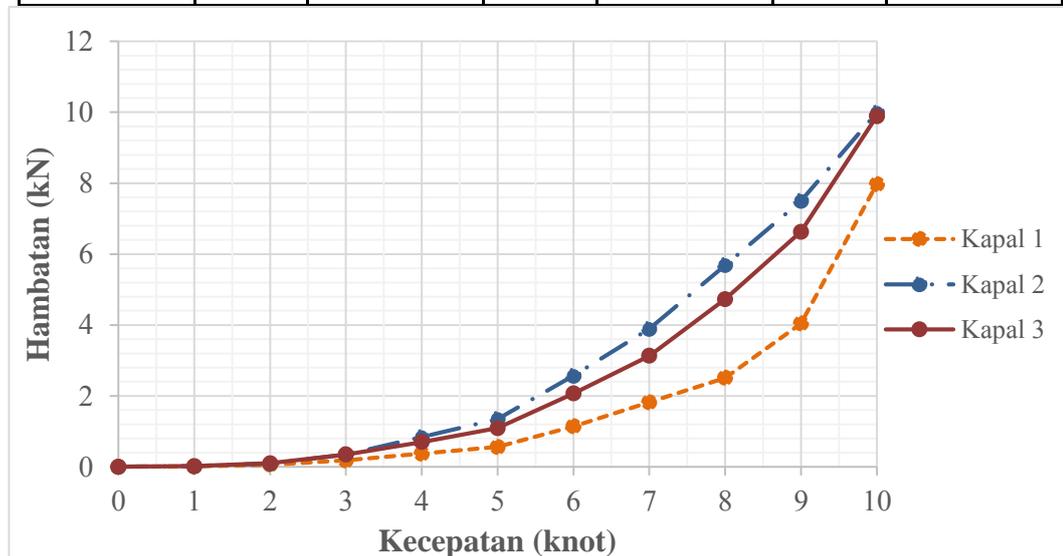
Gambar 4.12 Grafik Hubungan antara Kecepatan dengan Hambatan dari setiap Kapal

Gambar 4.12 menunjukkan hubungan antara kecepatan dengan hambatan kapal dari ketiga model kapal ikan di Puger pada kecepatan 5 knot sampai 10 knot. Pada gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa hambatan berbanding lurus dengan kecepatan. Semakin besar kecepatan maka semakin besar pula hambatannya. Terlihat pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.12, kapal yang memiliki nilai hambatan paling besar adalah kapal-2, selanjutnya kapal-3, dan yang paling kecil hambatannya adalah kapal-1. Jika dilihat dari bentuk *bodyplan* yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 kapal-2 memiliki bentuk lambung yang lebih gemuk dan lebar dari kedua kapal yang lainnya, sehingga dapat dimungkinkan bahwa hal tersebut yang menyebabkan nilai hambatan dari kapal-2 lebih besar. Selain itu, nilai WSA juga memiliki nilai yang lebih besar dari kedua kapal yang lainnya, hal tersebut juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya hambatan yang terjadi pada kapal-2. Selain itu, salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya hambatan kapal adalah nilai rasio L/B kapal-2 yang lebih kecil yaitu 3,170 dibandingkan dengan kapal-1 dan kapal-3 yaitu 3,966 dan 3,936. Karena, rasio L/B dapat menambah hambatan kapal (Schneekluth dan Bertram, 1998). Sedangkan, untuk kapal-1 memiliki nilai hambatan yang lebih kecil. Dilihat dari ukuran utamanya kapal-1 memiliki dimensi yang lebih kecil dari yang lainnya, sehingga kapal-1 memiliki nilai hambatan yang lebih kecil.

4.3.2. Hasil Simulasi Menggunakan *Software Maxsurf-Hullspeed*

Dalam analisa tahanan kapal menggunakan *software Maxsurf-Hullspeed*, metode yang digunakan dalam perhitungan adalah metode *Van Oortmeersen* karena metode ini sesuai untuk kapal-kapal kecil. Hasil dari evaluasi hambatan dilihat pada Tabel 4.8 yang menunjukkan nilai hambatan dari kecepatan 0 knot sampai 10 knot. Tabel 4.8 Nilai Hambatan dengan Menggunakan metode *Van Oortmeersen*

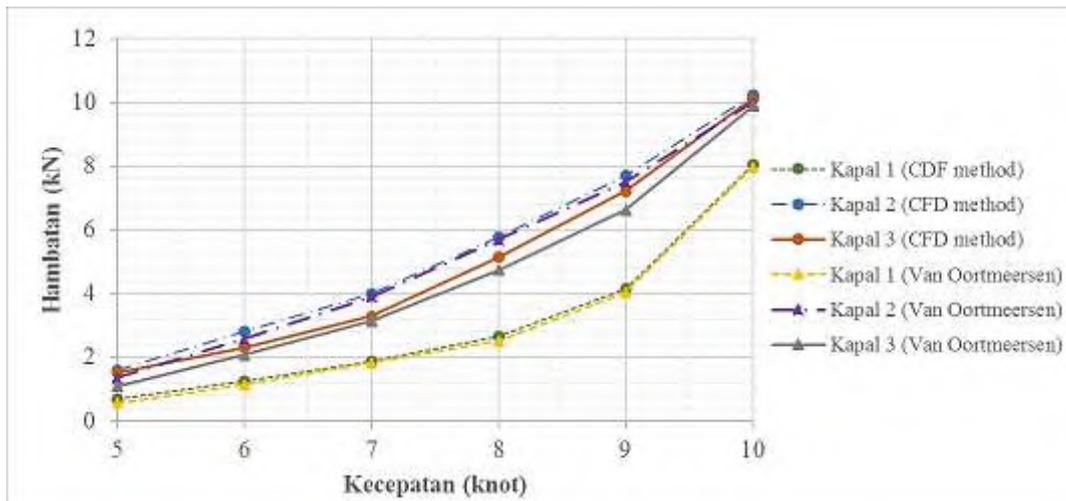
Kecepatan (knot)	Kapal 1		Kapal 2		Kapal 3	
	Fr	Hambatan (kN)	Fr	Hambatan (kN)	Fr	Hambatan (kN)
0	0	0	0	0	0	0
1	0.09	0.01	0.08	0.02	0.08	0.02
2	0.18	0.06	0.16	0.09	0.16	0.10
3	0.27	0.18	0.25	0.35	0.24	0.35
4	0.35	0.37	0.33	0.84	0.32	0.70
5	0.44	0.56	0.41	1.35	0.40	1.09
6	0.53	1.14	0.49	2.57	0.48	2.07
7	0.62	1.82	0.58	3.89	0.56	3.13
8	0.71	2.51	0.66	5.69	0.64	4.73
9	0.80	4.04	0.74	7.50	0.72	6.63
10	0.89	7.97	0.82	9.99	0.80	9.89



Gambar 4.13 Grafik Hubungan antara Hambatan dan Kecepatan dari setiap Kapal dengan Menggunakan Metode *Van Oortmeersen*

Dari Tabel 4.8 dapat di plot grafik Gambar 4.13 yang menunjukkan grafik hubungan hambatan dan kecepatan kapal dengan menggunakan metode *van oortmeersen*. Pada Gambar 4.13 dapat dilihat bahwa hambatan dari ketiga kapal

pada setiap kecepatan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan atau hambatan berbanding lurus dengan kecepatan. Hal ini sama halnya dengan hasil nilai hambatan dengan menggunakan metode CFD yaitu kapal-2 yang memiliki nilai hambatan yang lebih besar dibanding kedua kapal yang lainnya, walaupun terjadi perbedaan nilai hambatan pada kecepatan 5 knot sampai 10 knot.

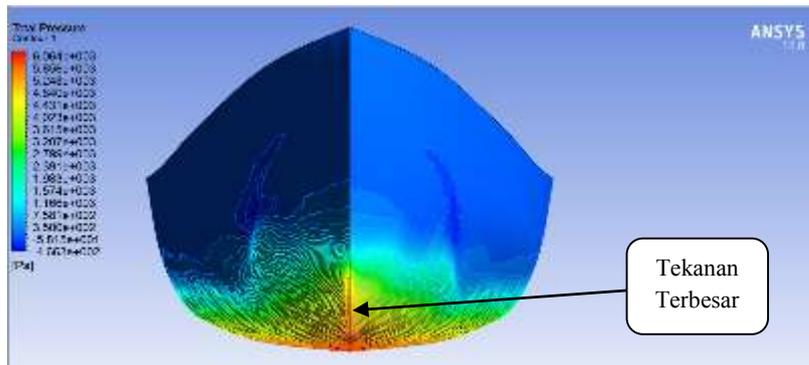


Gambar 4.14 Grafik Nilai Hambatan dari setiap Kapal dengan Menggunakan Metode CFD dan *Van Oortmeersen*

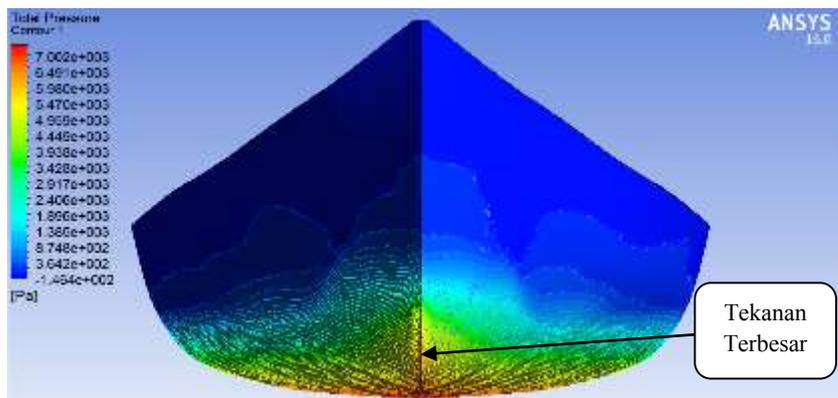
Dari Gambar 4.14 menunjukkan nilai hambatan dari setiap kapal dengan menggunakan metode *free surface* CFD dan *Van Oortmeersen*, dapat dilihat bahwa nilai hambatan dengan menggunakan CFD memiliki nilai yang lebih besar daripada nilai hambatan dengan menggunakan *Van Oortmeersen*. Hal tersebut dikarenakan metode *free surface* CFD dalam simulasinya ada dua fluida yaitu fluida air dan udara, sehingga dalam simulasi CFD sangat memperhitungkan hambatan udara sedangkan dengan menggunakan metode *Van Oortmeersen* dengan menggunakan *software Maxsurf Hullspeed* tidak memperhitungkan hambatan udara. Presentase perbedaan hasil hambatan dengan menggunakan metode CFD dengan menggunakan metode *Van Oortmeersen* untuk Kapal-1, Kapal-2, dan Kapal-3 secara berturut-turut sebesar 6.73 %, 5.32 %, dan 10.33 %.

4.4 Total Pressure

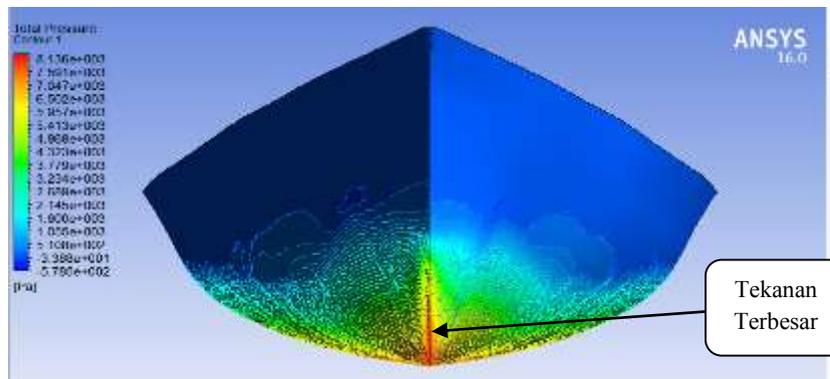
Analisa ini untuk menunjukkan tekanan total dari ketiga model kapal Puger. Gambar 4.15a sampai 4.17c menunjukkan kontur warna yang mewakili besarnya nilai dari tekanan dengan kecepatan 7 knot.



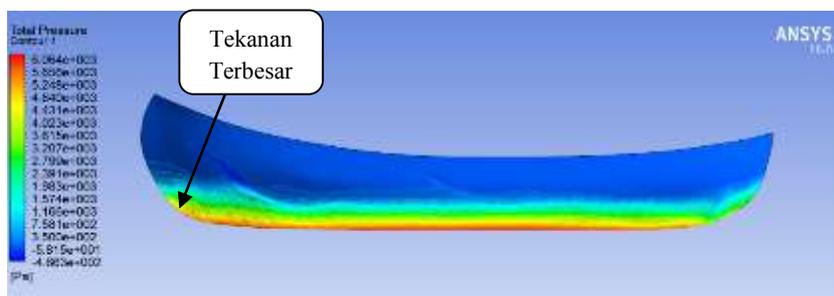
Gambar 4.15a Kontur Tekanan Kapal-1 Tampak Depan



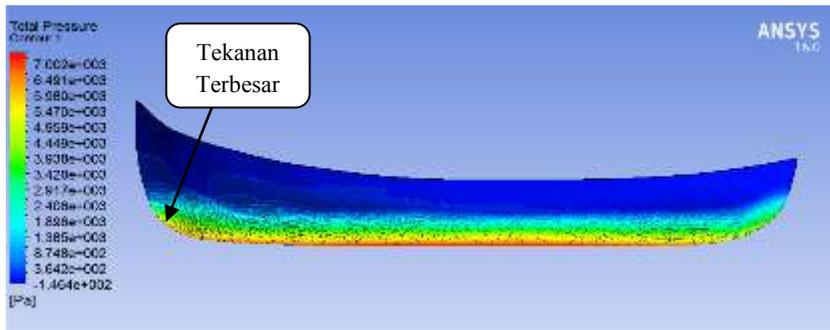
Gambar 4.15b Kontur Tekanan Kapal-2 Tampak Depan



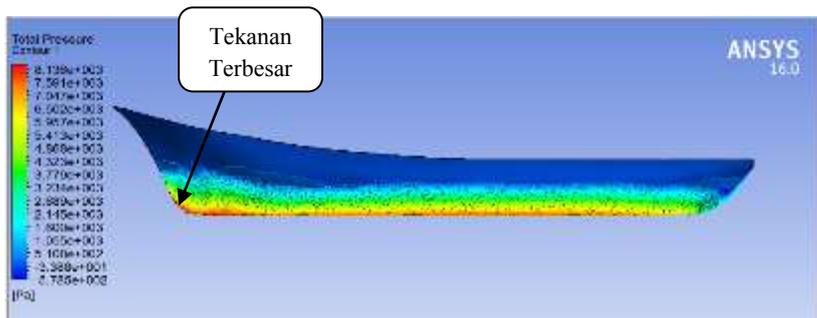
Gambar 4.15c Kontur Tekanan Kapal-3 Tampak Depan



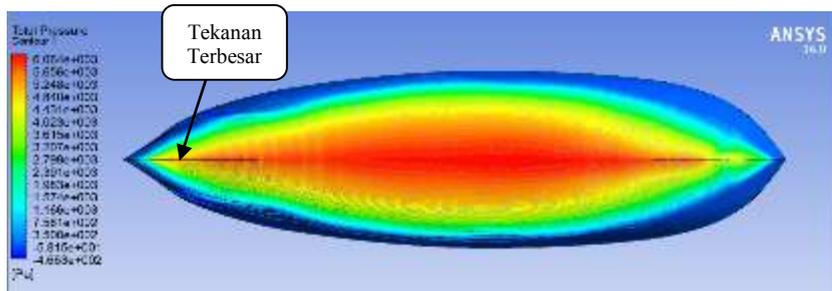
Gambar 4.16a Kontur Tekanan Kapal-1 Tampak Samping



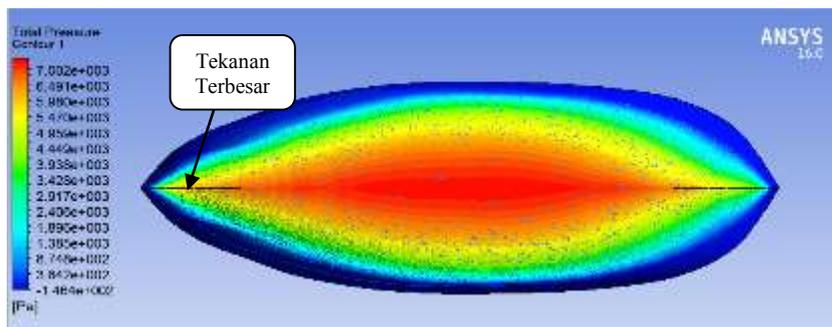
Gambar 4.16b Kontur Tekanan Kapal-2 Tampak Samping



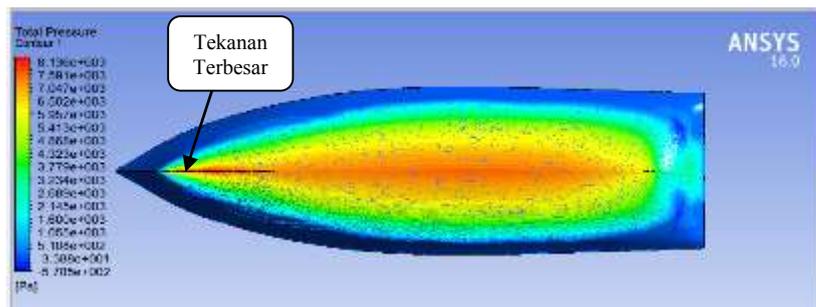
Gambar 4.16c Kontur Tekanan Kapal-3 Tampak Samping



Gambar 4.17a Kontur Tekanan Kapal-1 Tampak Bawah

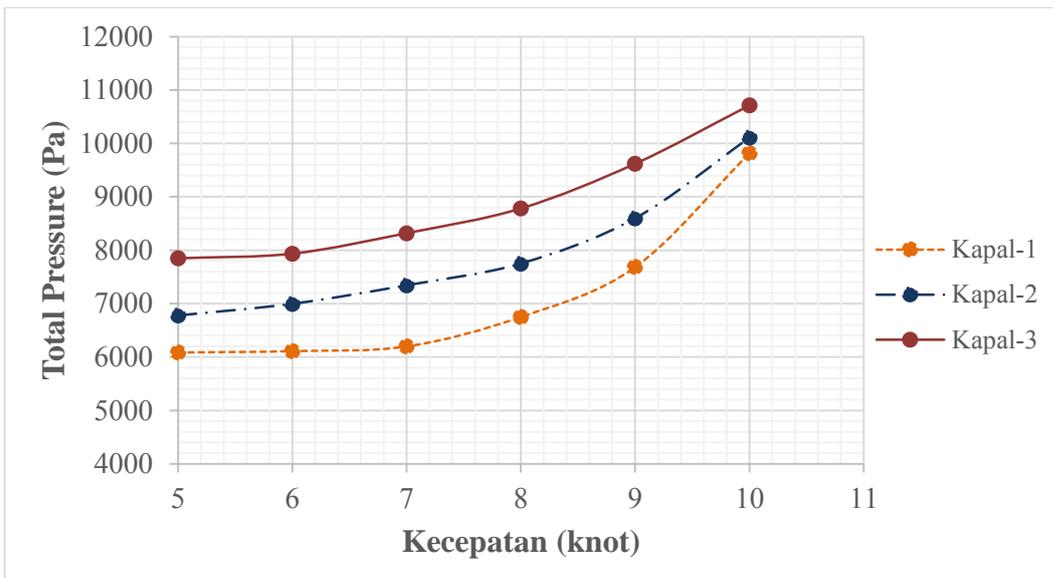


Gambar 4.17b Kontur Tekanan Kapal-2 Tampak Bawah



Gambar 4.17c Kontur Tekanan Kapal-3 Tampak Bawah

Pada Gambar 4.15a, 4.16a, dan 4.17a merupakan kontur tekanan dari kapal-1 dengan kecepatan 7 knot. Gambar 4.15a, 4.16a, dan 4.17a diatas menunjukkan bahwa tekanan terbesar berada dibagian haluan kapal yang ditunjukkan dengan warna merah yaitu sebesar 6200.08 Pa, meskipun pada bagian bawah kapal juga menunjukkan warna merah tetapi besarnya tekanan kapal pada bagian bawah tidak sebesar tekanan pada bagian haluan kapal. Hal tersebut dikarenakan pada bagian haluan mendapatkan terjangan air atau mendapat pukulan-pukulan ombak ketika kapal berlayar. Kemudian, untuk gambar 4.15b, 4.16b, dan 4.17b menunjukkan kontur tekanan dari kapal-2 dengan kecepatan 7 knot. Pada gambar 4.15b, 4.16b, dan 4.17b diatas dapat dilihat bahwa tekanan terbesar juga berada pada bagian haluan kapal, sama halnya dengan kontur tekanan pada kapal-1 juga menunjukkan kontur warna merah dibagian bawah kapal tetapi besarnya tekanan di bagian bawah tidak sebesar tekanan di bagian haluan kapal. Tekanan terbesar pada kapal-2 yaitu sebesar 7341.9 Pa. Sama halnya dengan kapal-1, hal yang menyebabkan bagian haluan memiliki tekanan terbesar yaitu karena bagian haluan mendapatkan terjangan ombak ketika berlayar. Begitu pula pada gambar 4.15c, 4.16c, dan 4.17c yang menunjukkan kontur warna tekanan untuk kapal-3, tekanan terbesar juga berada pada bagian haluan dengan kontur warna merah yaitu sebesar 8317.54 Pa. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa kapal dengan tekanan terbesar adalah kapal-3 di bagian haluan.

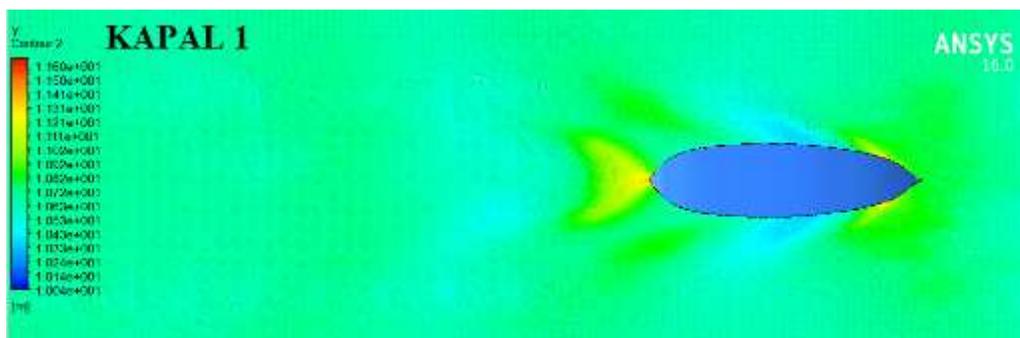


Gambar 4.18 Grafik Hubungan antara *Total Pressure* dengan Kecepatan

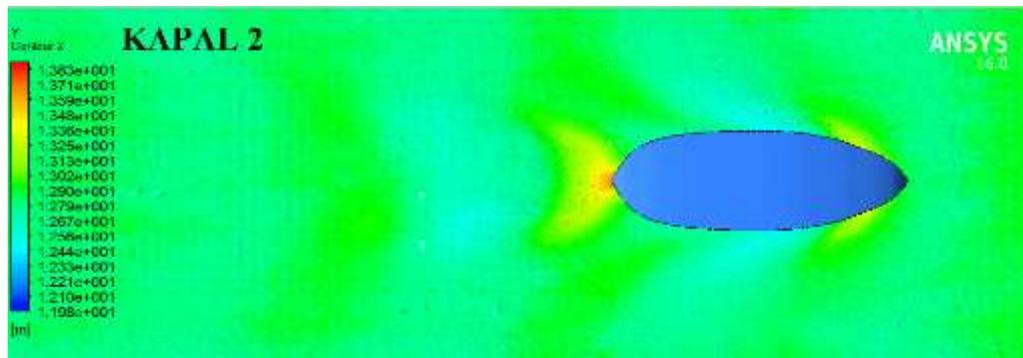
Gambar 4.18 merupakan grafik hubungan antara *Total Pressure* dengan kecepatan pada setiap kapal. Dapat dilihat pada gambar 4.18 bahwa terjadi kenaikan tekanan setiap kenaikan kecepatan kapal. Pada gambar 4.18 menunjukkan bahwa kecepatan kapal berbanding lurus dengan *total pressure*, jika semakin besar kecepatan kapal maka semakin besar pula *total pressure*. Dari gambar tersebut, kapal-3 memiliki nilai *total pressure* yang lebih tinggi dibandingkan kapal-1 dan kapal-2.

4.5 Aliran Fluida

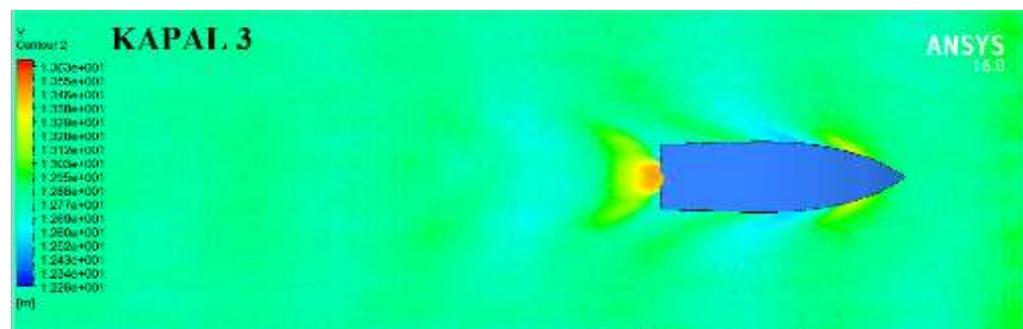
Pada gambar 4.19 sampai 4.21 menunjukkan berapa meter pengaruh tinggi fluida akibat dari kecepatan model ketiga kapal dan kontur dari aliran fluida setiap kapal.



Gambar 4.19 Kontur Aliran Fluida yang ditimbulkan oleh Kapal-1



Gambar 4.20 Kontur Aliran Fluida yang ditimbulkan oleh Kapal-2



Gambar 4.21 Kontur Aliran Fluida yang ditimbulkan oleh Kapal-3

Pada gambar 4.19 sampai 4.21 diatas menunjukkan bahwa aliran yang dibentuk pada permukaan *isosurface*. Pada gambar menunjukkan bahwa aliran yang terbentuk memiliki tinggi yang berbeda, dan memiliki bentuk kontur warna yang berbeda-beda. Pada gambar tersebut juga menunjukkan tempat aliran yang lebih tinggi terutama pada bagian haluan dan buritan kapal dengan warna merah yang terlihat pada *isosurface* tersebut. Pada gambar diatas, nilai tinggi aliran fluida maksimum untuk kapal-1 yaitu 11.6519 m, kemudian untuk kapal-2 yaitu 13.8829 m, dan untuk kapal-3 yaitu 13,6767 m. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kapal-2 yang memiliki aliran fluida maksimum yang lebih tinggi dibanding kedua kapal lainnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

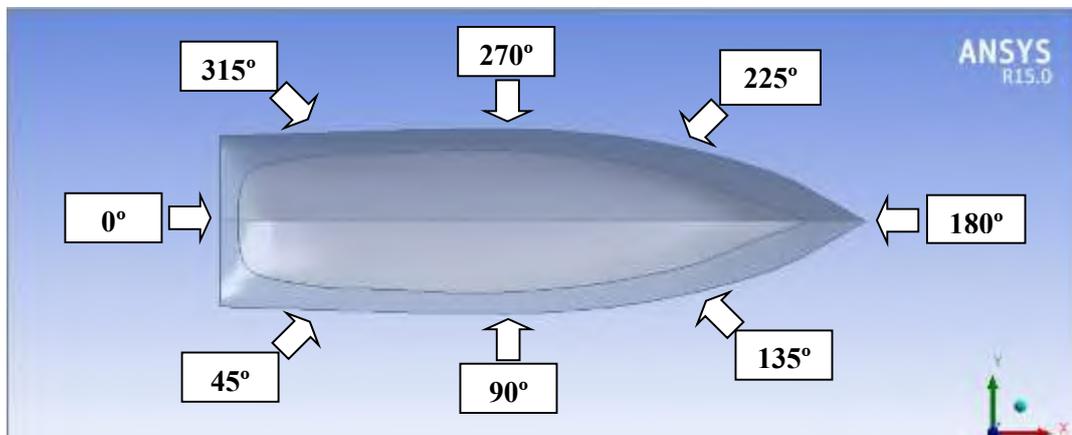
BAB 5

ANALISA SEAKEEPING

Pada bab ini dibahas mengenai hasil evaluasi *seakeeping* ketiga kapal ikan di Puger. Untuk menganalisa *seakeeping* dari model kapal ikan menggunakan ANSYS AQWA. Kemudian langkah berikutnya adalah menganalisa RAO (*Response Amplitudo Operators*) ketiga kapal ikan.

5.1 Analisa *Seakeeping*

Untuk mengetahui karakteristik hidrodinamika kapal ikan di Puger, yaitu dengan menganalisa karakteristik dari gerakan yang dialami oleh kapal pada saat berlayar. Karakteristik dari gerakan tersebut meliputi gerakan *heave*, *pitch*, dan *roll* pada sudut *heading* 0° , 45° , 90° , 135° , dan 180° . Pada analisa ini analisa *seakeeping* dilakukan dengan menggunakan *software* ANSYS AQWA. Gambar 5.1 menunjukkan arah sudut datang gelombang, dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 5.1 Sudut Datang Gelombang

5.1.1. Radius Girasi

Dalam menganalisa *seakeeping* perlu diketahui nilai radius girasi. Menurut journee (2001) untuk perhitungan rumus radius girasi dapat didekati sebagai berikut:

$$\text{Untuk kapal: } \begin{cases} k_{xx} \approx 0.30 \cdot B \text{ to } 0.40 \cdot B \\ k_{yy} \approx 0.22 \cdot L \text{ to } 0.28 \cdot L \\ k_{zz} \approx 0.22 \cdot L \text{ to } 0.28 \cdot L \end{cases} \quad (5.1)$$

Menurut referensi dari Batthacayya (1978), radius girasi dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{cases} k_{xx} = \sqrt{\frac{\sum w_i (y_i^2 + x_i^2)}{\Delta}} \\ k_{yy} = \sqrt{\frac{\sum w_i (x_i^2 + z_i^2)}{\Delta}} \\ k_{zz} = \sqrt{\frac{\sum w_i (x_i^2 + y_i^2)}{\Delta}} \end{cases} \quad (5.2)$$

juga dapat didekati dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{cases} k_{xx} = 0.40 \text{ dari lebar kapal atau } 0.40 \cdot B \\ k_{yy} = 0.25 \text{ dari panjang kapal atau } 0.25 \cdot L \\ k_{zz} = 0.25 \text{ dari panjang kapal atau } 0.25 \cdot L \end{cases} \quad (5.3)$$

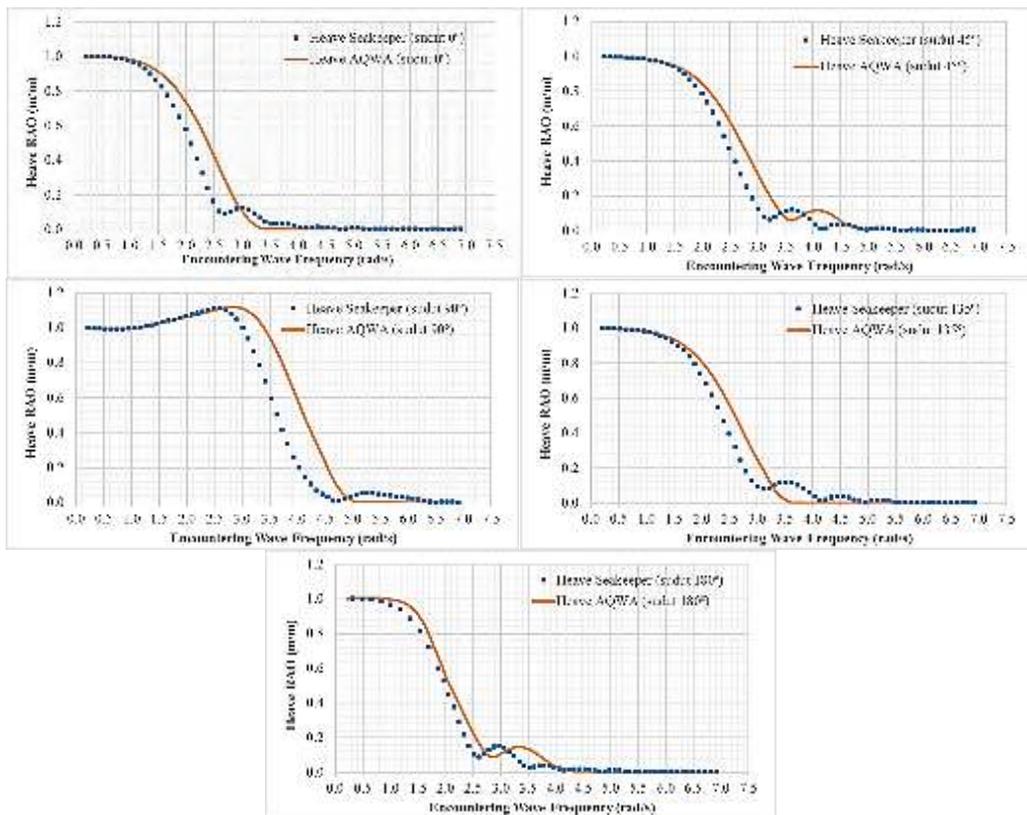
Jadi, radius girasi untuk ketiga kapal Puger pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada tabel 5.1 sebagai berikut:

Tabel 5.1 Radius Girasi untuk Tiga Model Kapal Puger

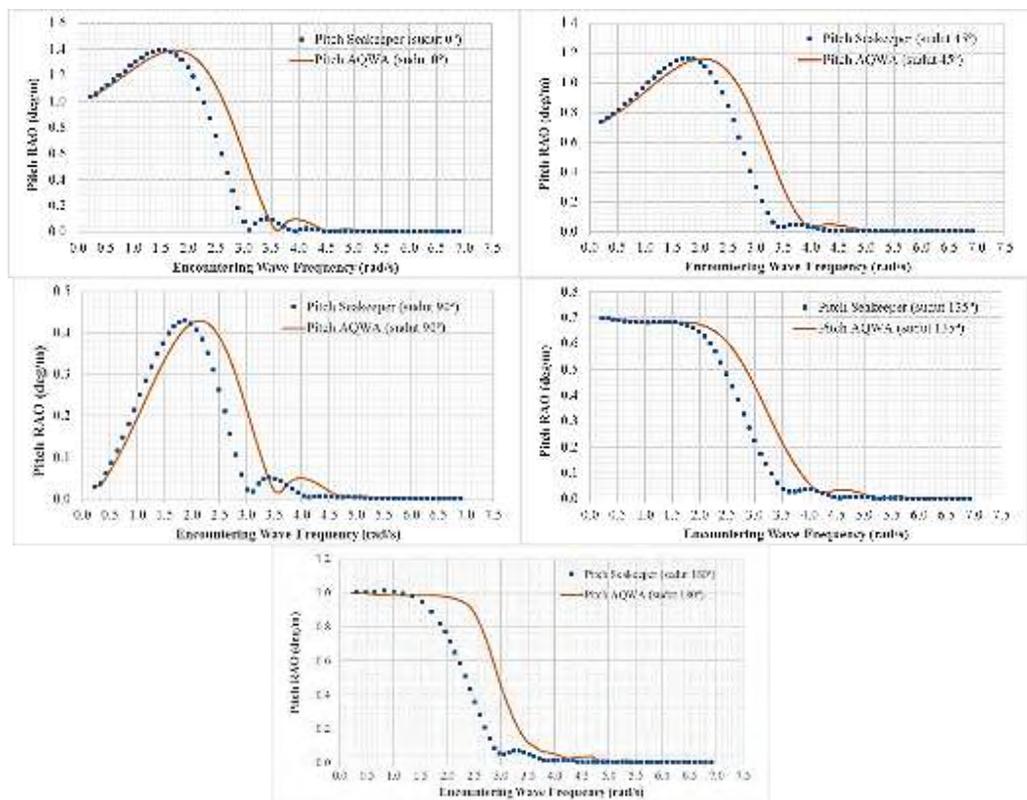
Model Kapal	R _{xx} (m)	R _{yy} (m)	R _{zz} (m)
Kapal-1	1.4	3.25	3.25
Kapal-2	2	3.75	3.75
Kapal-3	1.84	4	4

5.1.2. Validasi *Seakeeping*

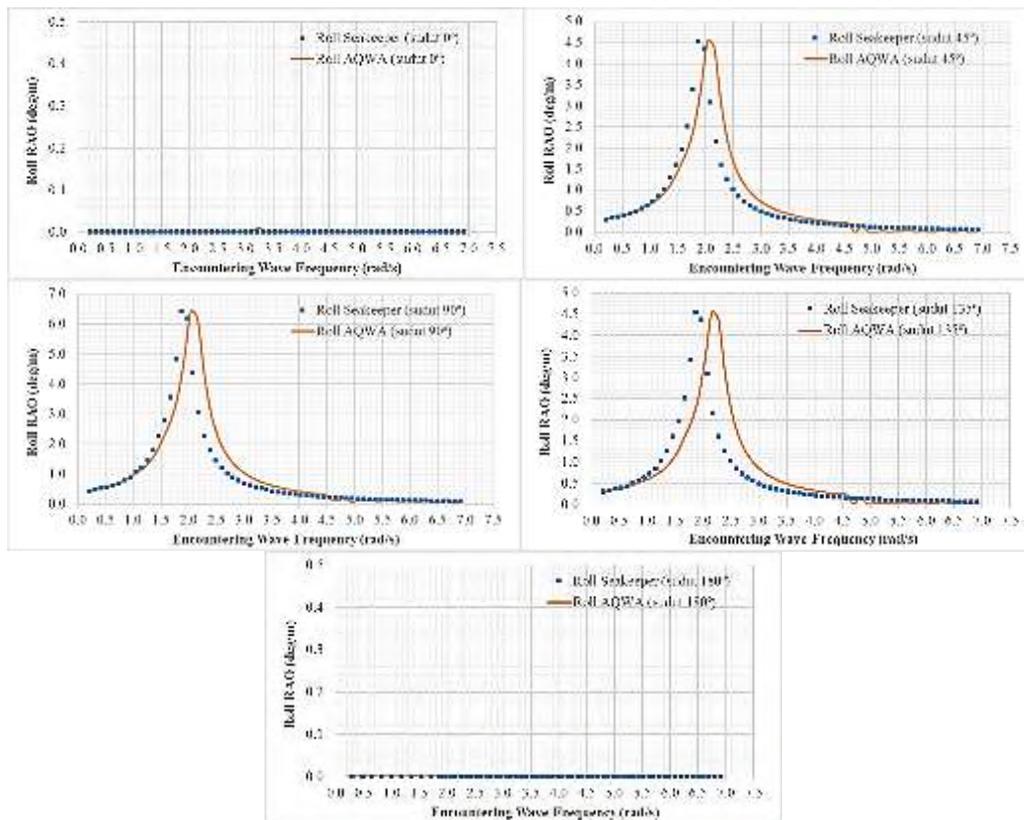
Dalam analisa ini dilakukan dengan menggunakan AQWA, selain itu dilakukan analisa dengan menggunakan *Maxsurf-Seakeeper* untuk validasi. Dari hasil kedua hasil evaluasi dari kedua *software* tersebut dibandingkan, untuk membandingkan diambil salah satu *output* dengan nilai RAO pada kecepatan 0 knot dengan sudut *heading* 0°, 45°, 90°, 135°, dan 180°. Berdasarkan hasil evaluasi kedua *software* yang dilakukan maka dapat diplot grafik untuk membandingkan nilai *output*, sehingga dapat dilihat pada Gambar 5.2 sampai 5.4.



Gambar 5.2 Output Heave pada kecepatan 0 knot



Gambar 5.3 Output Pitch pada kecepatan 0 knot



Gambar 5.4 *Output Roll* pada kecepatan 0 knot

Pada Gambar 5.2 sampai Gambar 5.4 menunjukkan gambar grafik *output heave, pitch, dan roll* pada kecepatan 0 knot dengan *heading* 0°, 45°, 90°, 135°, dan 180° secara berturut-turut. Gambar grafik diatas merupakan hasil perbandingan hasil *output* RAO dengan menggunakan ANSYS AQWA dan Maxsurf Seakeeper. Dari ketiga gambar dapat dilihat bahwa ada sedikit perbedaan dari nilai yang dihasilkan, walaupun demikian, hal ini dapat dikatakan mendekati karena setiap pola dari grafik memiliki kemiripan pola. Perbedaan dari nilai tersebut dikarena karena pada *Maxsurf Seakeeper* menggunakan metode *strip theory*, sedangkan pada ANSYS AQWA menggunakan metode 3D *panel method*. Perbedaan dari *strip theory* dan *panel method* yaitu *strip theory* dihitung berdasarkan konsep *section panel* untuk setiap *station* pada sepanjang lambung, sedangkan *panel method* dihitung berdasarkan *panel element* yang membentuk kulit lambung. Hal tersebut yang membedakan hasil perhitungan antara *software Maxsurf seakeeper* dengan ANSYS AQWA.

5.2 Response Amplitude Operators (RAO) Kapal Ikan Tradisional Puger pada Gelombang Reguler

Sub bab ini menjelaskan hasil *Response Amplitude Operators* berdasarkan hasil *running* menggunakan *software* ANSYS AQWA dari Kapal-1, Kapal-2, dan Kapal-3 pada gerakan *heave*, *pitch*, dan *roll* dengan sudut *heading* 0°, 45°, 90°, 135°, dan 180°. Dalam hal ini RAO untuk kapal dengan kecepatan $V \neq 0$, *wave frequency* ditransformasikan menjadi *encounter frequency*, dengan perhitungan rumus sebagai berikut:

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

dimana:

ω_e : *encountering wave frequency* (rad/s)

ω : *wave frequency* (rad/s)

V_s : kecepatan kapal (m/s)

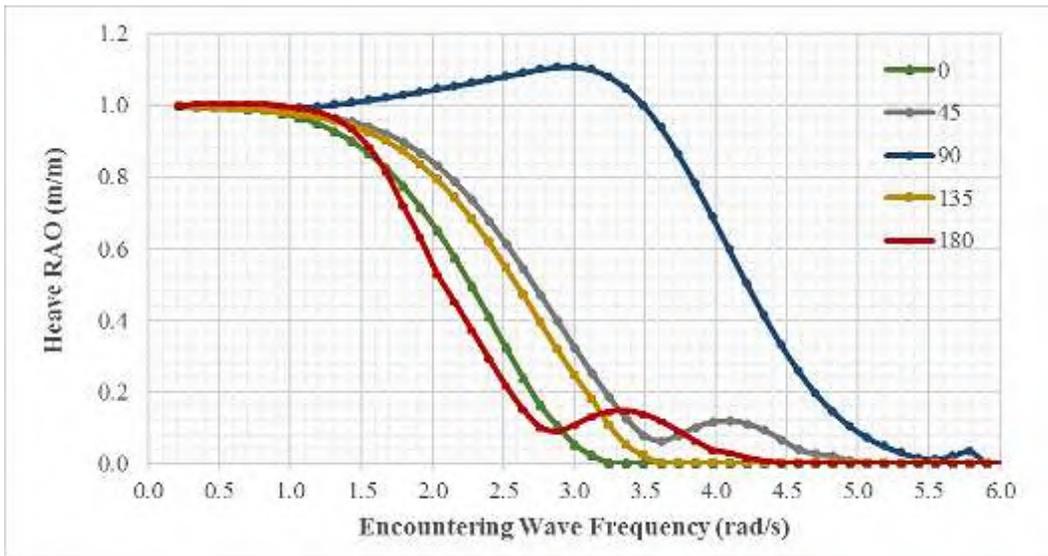
g : gravitasi (m/s²)

μ : sudut gelombang datang (°)

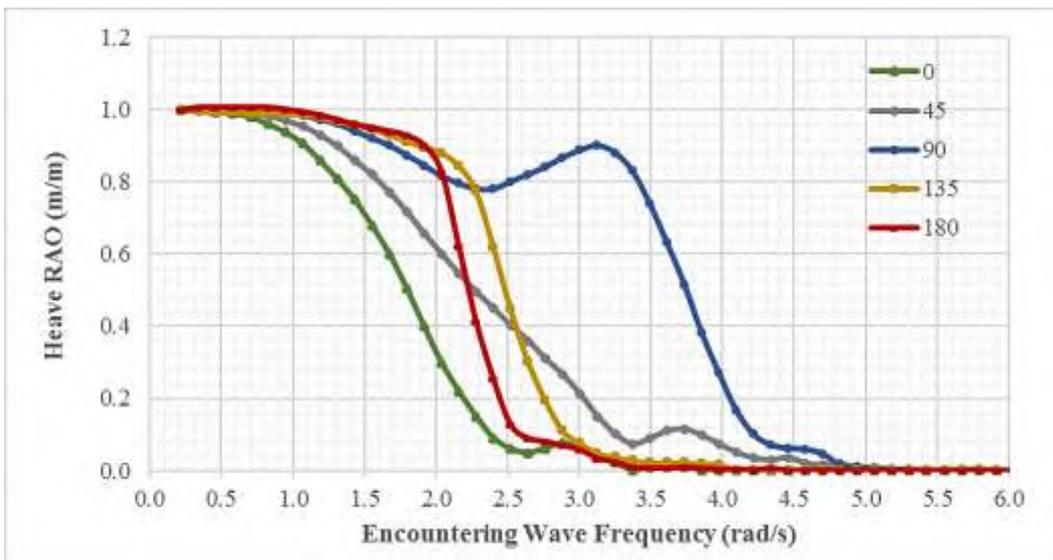
Untuk kapal yang bergerak, frekuensi gelombang yang dialami oleh kapal berbeda dengan frekuensi gelombang sebenarnya yang datang. Fenomena tersebut terjadi karena adanya gerakan relative dari kapal yang memiliki kecepatan dengan progresi gelombang. Frekuensi relatif ini disebut *encounter frequency* ω_e (frekuensi papasan).

5.2.1. Response Amplitude Operators (RAO) Kapal-1 Puger

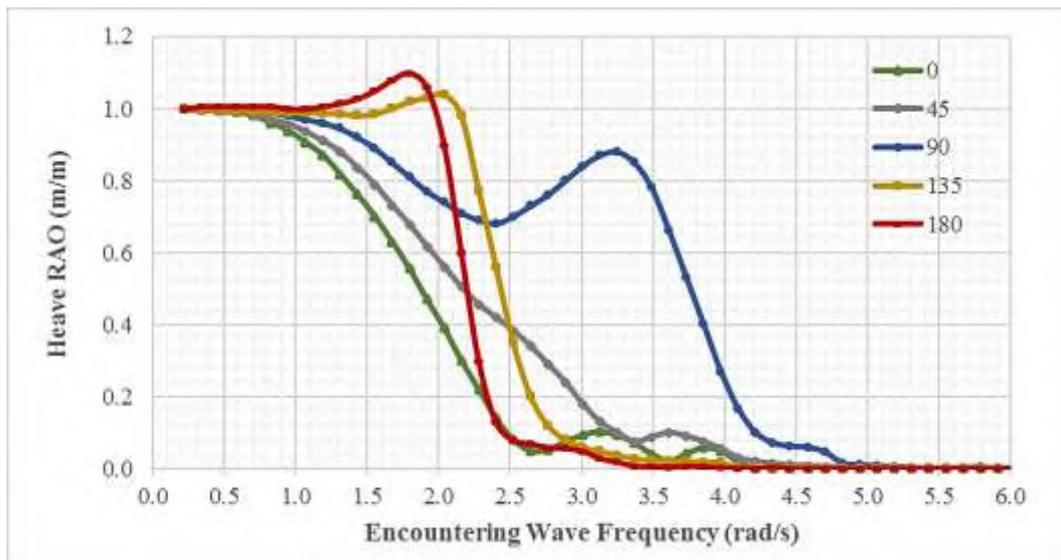
Gambar 5.5 sampai 5.13 merupakan gambar dari grafik yang menunjukkan hasil analisa dari *Response Amplitude Operators* (RAO) terhadap terhadap frekuensi dengan sudut *heading* 0°, 45°, 90°, 135°, dan 180° dari kapal-1. Hasil analisa RAO tersebut dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 5.5 Grafik RAO *Heave* Kapal-1 dengan Kecepatan 0 knot



Gambar 5.6 Grafik RAO *Heave* Kapal-1 dengan Kecepatan 5 knot

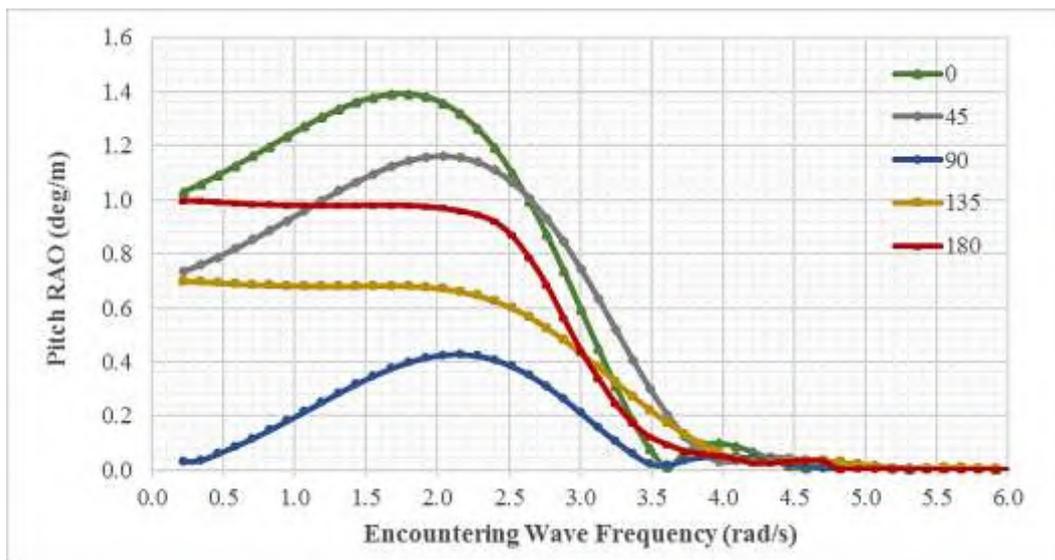


Gambar 5.7 Grafik RAO *Heave* Kapal-1 dengan Kecepatan 7 knot

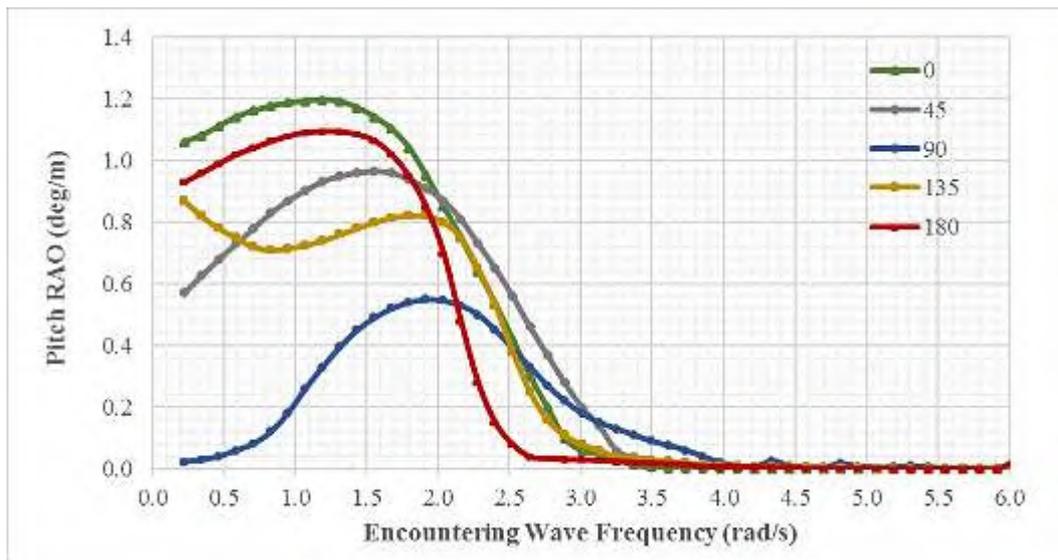
Pada Gambar 5.5, 5.6, dan 5.7 dapat dilihat bahwa kurva dari grafik RAO tersebut menunjukkan gerakan *heave* yaitu mengalami perbedaan nilai untuk setiap variasi kecepatan. Ketiga gambar menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan maka RAO dari model kapal juga semakin besar, hal tersebut ditunjukkan dari pola grafik untuk sudut 135° dan 180°. Pada mode gerakan *heave* ini terutama untuk sudut 135° dan 180° dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan pola grafik yang bertahap naik sesuai kenaikan kecepatan, dapat dilihat pada kecepatan 7 knot nilai maksimumnya adalah 1.791 m/m pada frekuensi 1.100 rad/s untuk sudut 180°, dan 1.040 m/m pada frekuensi 2.038 rad/s untuk sudut 135°. Sedangkan pada sudut 90° pada setiap kecepatan menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai RAO dari awal frekuensi, namun terjadi kenaikan nilai RAO kembali secara bertahap pada frekuensi 2.401 rad/s dengan nilai RAO 0.780 m/m hingga kemudian terjadi penurunan tajam pada frekuensi 3.128 rad/s dengan nilai RAO 0.900 m/m, hal ini terjadi pada kapal-1 dengan kecepatan 5 knot. Hal tersebut juga terjadi juga pada kecepatan 7 knot pada frekuensi yang sama, namun pada kecepatan ini penurunan dan kenaikan pola grafik RAO lebih tajam dari kapal-1 yang memiliki kecepatan 5 knot. Pada kecepatan 7 knot dari pola grafik Gambar 5.7 menunjukkan bahwa setelah terjadi penurunan nilai RAO, kemudian terjadi kenaikan secara bertahap kembali pada frekuensi 2.401 rad/s dengan nilai RAO 0.680 setelah itu pada frekuensi 3.128 rad/s terjadi penurunan nilai RAO kembali dengan nilai RAO 0.880

m/m. RAO *heave* yang ditunjukkan pada Gambar 5.5, 5.6 dan 5.7 diatas merupakan contoh yang menjelaskan suatu sistem dinamis yang mengalami eksitasi beban gelombang harmonik. RAO *heave* kapal-1 pada daerah resonansinya terbesar terjadi pada gelombang haluan yaitu pada sudut 180° kemudian diikuti oleh respons terhadap gelombang sudut 135° . RAO mengecil untuk gelombang buritan atau sudut 0° , seperempat buritan atau sudut 45° dan pada gelombang sisi 90° . Hal ini memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai acuan oleh operator, yaitu jika pada suatu saat tertentu ketika berlayar menghadapi gelombang yang relatif besar dapat diupayakan untuk bermanuver, sehingga gelombang akan berpropagasi menyilang atau dari sisi.

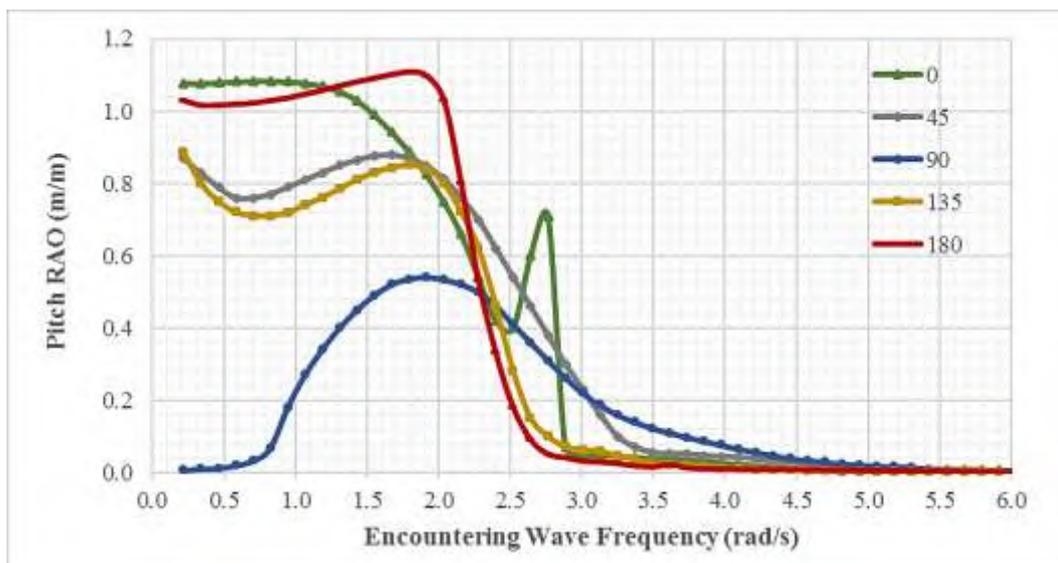
Kemudian untuk mode gerakan *pitch* dapat dilihat dari pada Gambar 5.8, 5.9, dan 5.10 berikut.



Gambar 5.8 Grafik RAO *Pitch* Kapal-1 dengan Kecepatan 0 knot



Gambar 5.9 Grafik RAO *Pitch* Kapal-1 dengan Kecepatan 5 knot

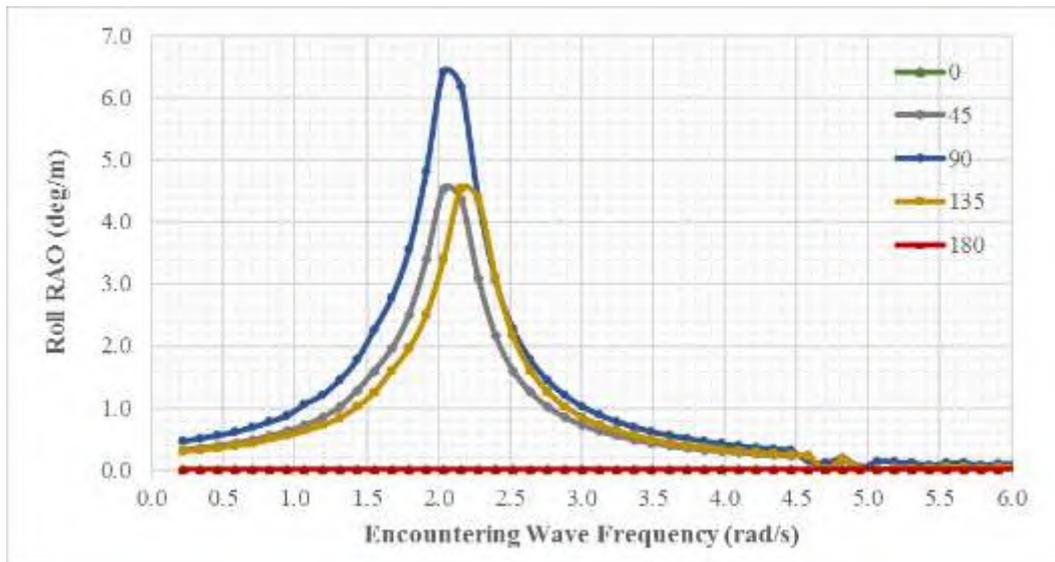


Gambar 5.10 Grafik RAO *Pitch* Kapal-1 dengan Kecepatan 7 knot

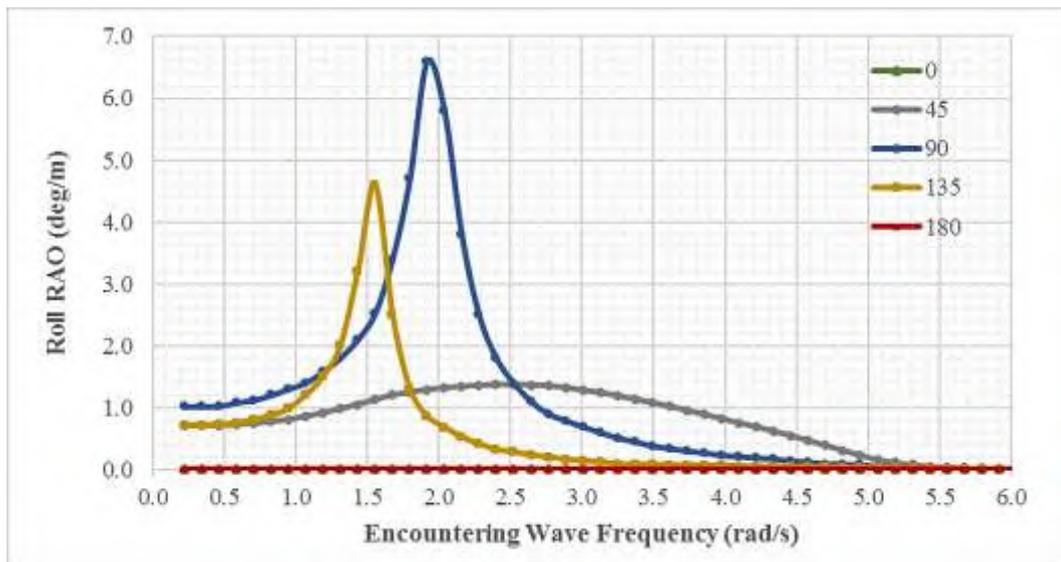
Pada Gambar 5.8, 5.9 dan 5.10 dapat dilihat bahwa kurva dari grafik RAO tersebut menunjukkan gerakan *pitch* yaitu mengalami perbedaan nilai untuk setiap variasi kecepatan. Pada gerakan *pitch* pada kapal-1 memiliki pola grafik RAO yang berdeda-beda pada setiap variasi kecepatan. Dapat dilihat dari ketiga gambar diatas bahwa terjadi kenaikan nilai RAO pada sudut 180° seiring dengan kenaikan kecepatan. Pada mode gerakan *pitch* ini terutama untuk sudut 180° dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan pola grafik yang bertahap naik sesuai kenaikan kecepatan, dapat dilihat pada kecepatan 5 knot dan 7 knot nilai maksimumnya

secara berturut-turut adalah 1.094 deg/m pada frekuensi 1.311 rad/s dan 1.107 deg/m pada frekuensi 1.796 rad/s. Pada sudut 0° terjadi penurunan nilai RAO setiap kenaikan kecepatan, namun pada kecepatan 7 knot terjadi kenaikan yang sangat tajam pada 2.765 rad/s dengan nilai RAO 0.710 deg/m. Karakteristik mode gerakan *pitch* bila diamati dari gambar 5.8, 5.9 dan 5.10 diatas berupa mode gerakan rotasi. Mengkaji efek dari arah gelombang, sebagaimana halnya dengan mode gerakan *heave*, intensitas gerakan *pitch* lebih didominasi oleh gelombang haluan yaitu sudut 180° , hal tersebut terlihat pada gambar 5.10 yaitu gambar grafik RAO *pitch* dengan kecepatan 7 knot. Respons gerakan *pitch* akan jauh lebih mengecil bersamaan dengan propagasi gelombang mengarah dari sisi. Lain halnya dengan kecepatan 5 knot pada Gambar 5.9, intensitas lebih didominasi oleh gelombang buritan atau sudut 0° .

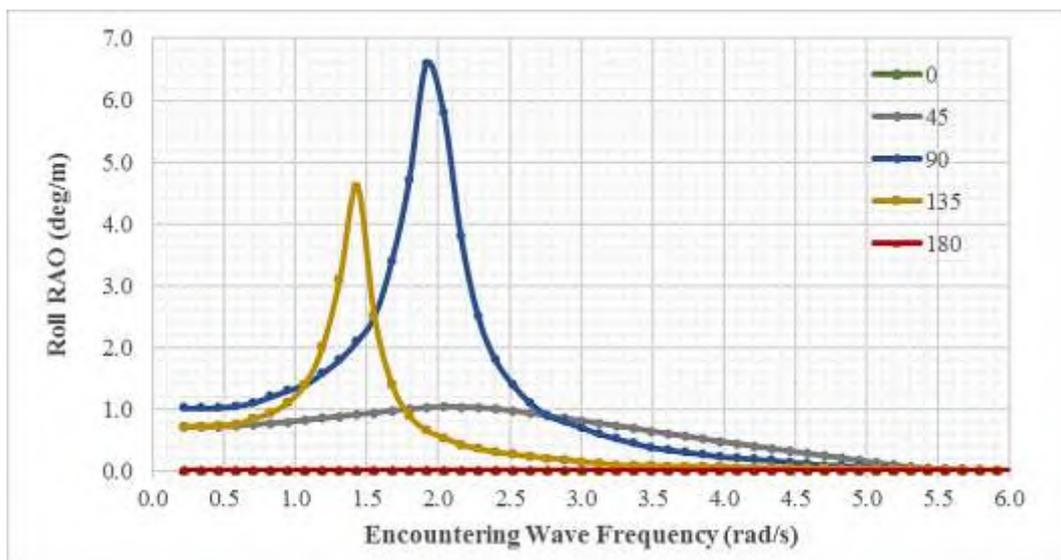
Kemudian untuk mode gerakan *roll* dapat dilihat dari pada Gambar 5.11, 5.12, dan 5.13 berikut.



Gambar 5.11 Grafik RAO *Roll* Kapal-1 dengan Kecepatan 0 knot



Gambar 5.12 Grafik RAO *Roll* Kapal-1 dengan Kecepatan 5 knot



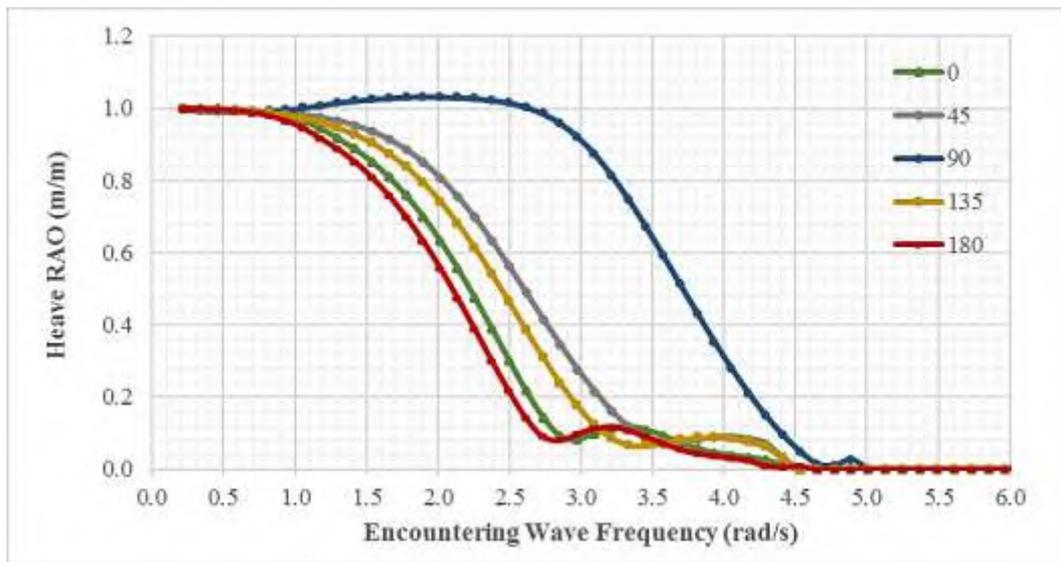
Gambar 5.13 Grafik RAO *Roll* Kapal-1 dengan Kecepatan 7 knot

Pada Gambar 5.11, 5.12 dan 5.13 dapat dilihat bahwa kurva dari grafik RAO tersebut menunjukkan gerakan *roll* yaitu mengalami perbedaan nilai untuk setiap variasi kecepatan. Pada gerakan *roll* pada kapal-1 memiliki pola grafik RAO yang berdeda-beda pada setiap variasi kecepatan. Pada ketiga gambar diatas juga menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan maka RAO dari model kapal juga semakin besar, namun pada mode gerakan *roll* kapal-1 tidak terjadi kenaikan yang sangat signifikan, hal tersebut dapat dilihat pada sudut 90° dan 135°. Pada mode gerakan *roll* ini terutama untuk sudut 90° dan 135° dapat dilihat bahwa grafik

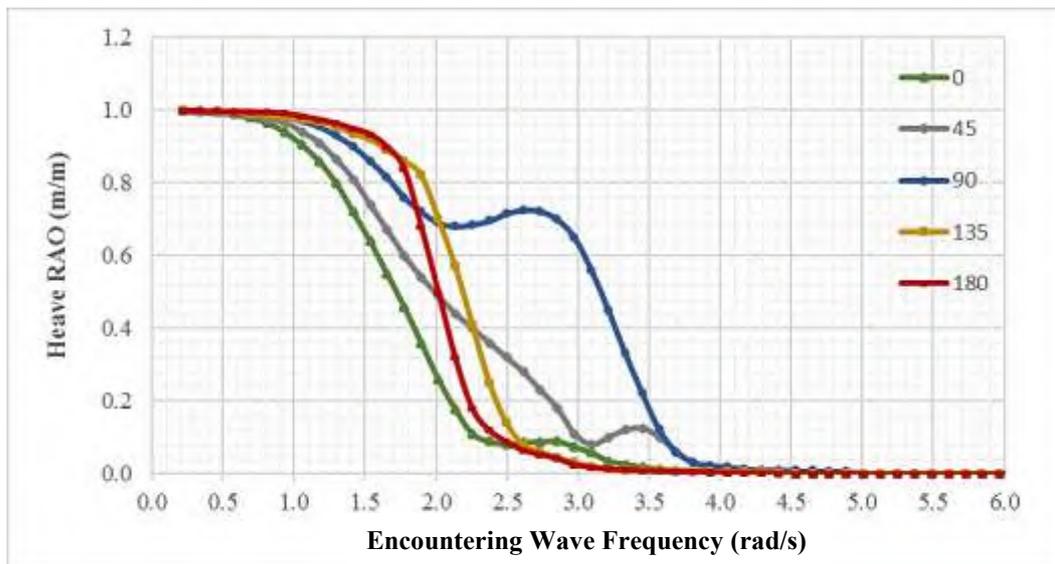
menunjukkan pola grafik yang bertahap naik sesuai kenaikan kecepatan. Terlihat pada ketiga gambar diatas pada sudut 135° pada kecepatan 0 knot, 5 knot, dan 7 knot secara berturut-turut yaitu pada kecepatan 0 knot memiliki nilai RAO *roll* 4.536 deg/m dengan frekuensi 2.159 rad/s, kemudian dengan naiknya kecepatan 5 knot memiliki nilai RAO 4.600 deg/m dengan frekuensi 1.553 rad/s, selanjutnya pada kecepatan 7 knot memiliki nilai RAO 4.620 deg/m dengan 1.432 rad/s, namun dalam hal ini terjadi pergeseran frekuensi pada frekuensi tersebut. Sedangkan pada 90° terjadi respons amplitude operator (RAO) maksimal pada setiap kecepatan, pada kecepatan 0 knot memiliki nilai RAO 6.415 deg/m dengan frekuensi 2.038 rad/s, kemudian dengan naiknya kecepatan 5 knot memiliki nilai RAO 6.600 deg/m dengan frekuensi 1.917 rad/s, selanjutnya pada kecepatan 7 knot terjadi kenaikan nilai RAO namun kenaikannya tidak terlalu signifikan yaitu sebesar 6.630 deg/m dengan frekuensi yang sama dengan kecepatan 5 knot yaitu 1.917 rad/s. Kemudian dapat disimpulkan bahwa nilai maksimum terjadi pada sudut 90° . Sedangkan untuk sudut 45° pada kasus ini memiliki nilai yang relatif kecil pada setiap frekuensi yaitu pada kecepatan 5 knot dan 7 knot. Kemudian jika dilihat dari nilainya, semakin tinggi kecepatan maka semakin kecil nilai RAO pada sudut 45° . Dengan mengamati mode gerakan *roll* pada ketiga Gambar 5.11, 5.12, 5.13 diatas, saat kapal berada dalam propagasi gelombang haluan atau buritan, atau sudut 180° atau 0° terjadi gerakan *roll* yang sangat kecil, secara teoritis diharapkan gerakan *roll* tidak akan terjadi. Dalam hal ini, intensitas gerakan *roll* lebih didominasi oleh gelombang sisi atau sudut 90°

5.2.2. Response Amplitude Operators (RAO) Kapal-2 Puger

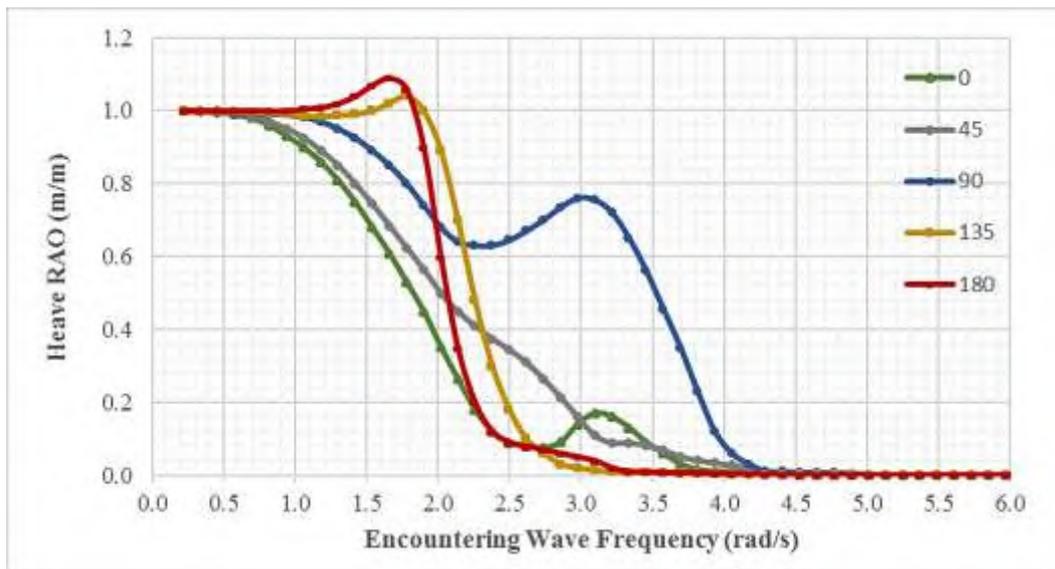
Gambar 5.14 dan seterusnya merupakan gambar dari grafik yang menunjukkan hasil analisa dari *Response Amplitude Operators* (RAO) terhadap terhadap frekuensi dengan sudut *heading* 0° , 45° , 90° , 135° , dan 180° dari kapal-1. Hasil analisa RAO tersebut dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 5.14 Grafik RAO *Heave* Kapal-2 dengan Kecepatan 0 knot



Gambar 5.15 Grafik RAO *Heave* Kapal-2 dengan Kecepatan 5 knot

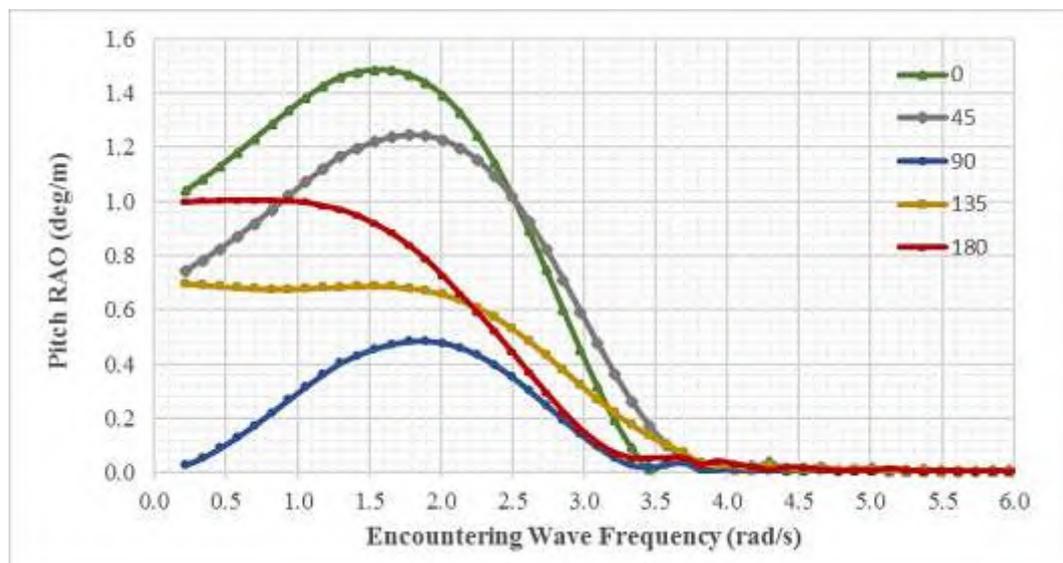


Gambar 5.16 Grafik RAO *Heave* Kapal-2 dengan Kecepatan 7 knot

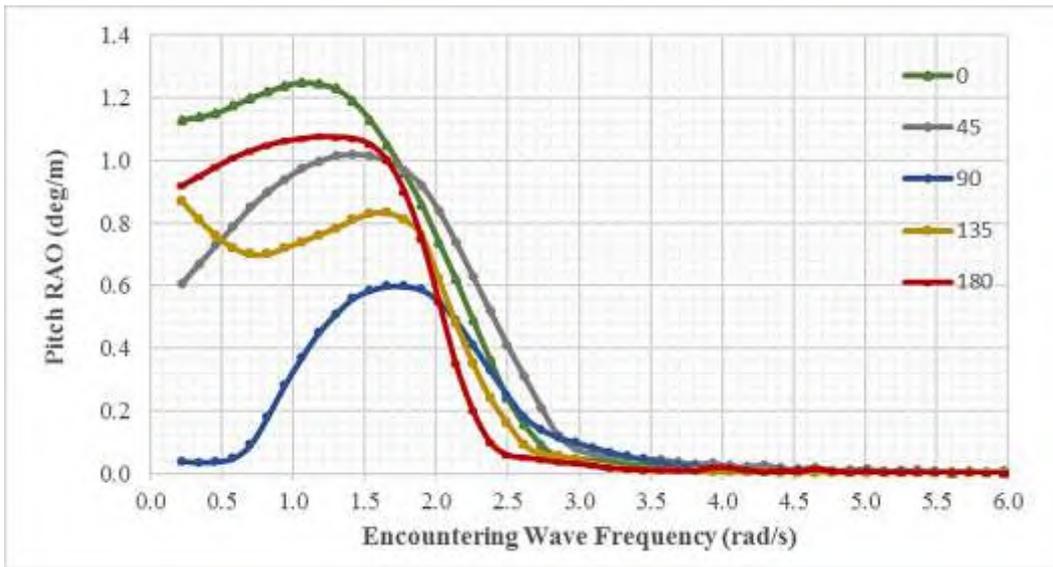
Pada Gambar 5.14, 5.15, dan 5.16 dapat dilihat bahwa kurva dari grafik RAO tersebut menunjukkan gerakan *heave* dari kapal-2 yaitu mengalami perbedaan nilai untuk setiap variasi kecepatan. Pada ketiga gambar diatas juga menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan maka RAO dari model kapal juga semakin besar, hal tersebut ditunjukkan dari pola grafik untuk sudut *heading* 135° dan 180°. Pada mode gerakan *heave* ini terutama untuk sudut 135° dan 180° dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan pola grafik yang bertahap naik sesuai kenaikan kecepatan, dapat dilihat pada kecepatan 7 knot nilai maksimumnya adalah 1.090 m/m pada frekuensi 1.657 rad/s untuk sudut 180°, dan 1.060 m/m pada frekuensi 1.777 rad/s untuk sudut 135°. Sedangkan pada sudut 90° pada setiap kecepatan menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai RAO dari awal frekuensi, namun terjadi kenaikan nilai RAO kembali secara bertahap pada frekuensi 2.136 rad/s dengan nilai RAO 0.680 m/m hingga kemudian terjadi penurunan tajam pada frekuensi 2.615 rad/s dengan nilai RAO 0.725 m/m, hal ini terjadi pada kapal-2 dengan kecepatan 5 knot. Kemudian, hal tersebut juga terjadi juga pada kecepatan 7 knot pada frekuensi yang sama, namun pada kecepatan ini penurunan dan kenaikan pola grafik RAO lebih tajam dari kapal-2 yang memiliki kecepatan 5 knot. Pada kecepatan 7 knot dari pola grafik Gambar 5.16 menunjukkan bahwa setelah terjadi penurunan nilai RAO, kemudian terjadi kenaikan secara bertahap kembali pada frekuensi 2.376 rad/s

dengan nilai RAO 0.630 setelah itu pada frekuensi 2.975 rad/s terjadi penurunan nilai RAO kembali dengan nilai RAO 0.760 m/m. RAO *heave* yang ditunjukkan pada gambar 5.14, 5.15 dan 5.16 diatas merupakan contoh yang menjelaskan suatu sistem dinamis yang mengalami eksitasi beban gelombang harmonik. RAO *heave* kapal-2 pada daerah resonansinya terbesar terjadi pada gelombang haluan yaitu pada sudut 180° kemudian diikuti oleh respons terhadap gelombang sudut 135° . RAO mengecil untuk gelombang buritan atau sudut 0° , seperempat buritan atau sudut 45° dan pada gelombang sisi 90° . Hal ini memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai acuan oleh operator, yaitu jika pada suatu saat tertentu ketika berlayar menghadapi gelombang yang relatif besar dapat diupayakan untuk bermanuver, sehingga gelombang akan berpropagasi menyilang atau dari sisi. Hal tersebut sama halnya yang terjadi pada kapal-1 dengan mode gerakan *heave*.

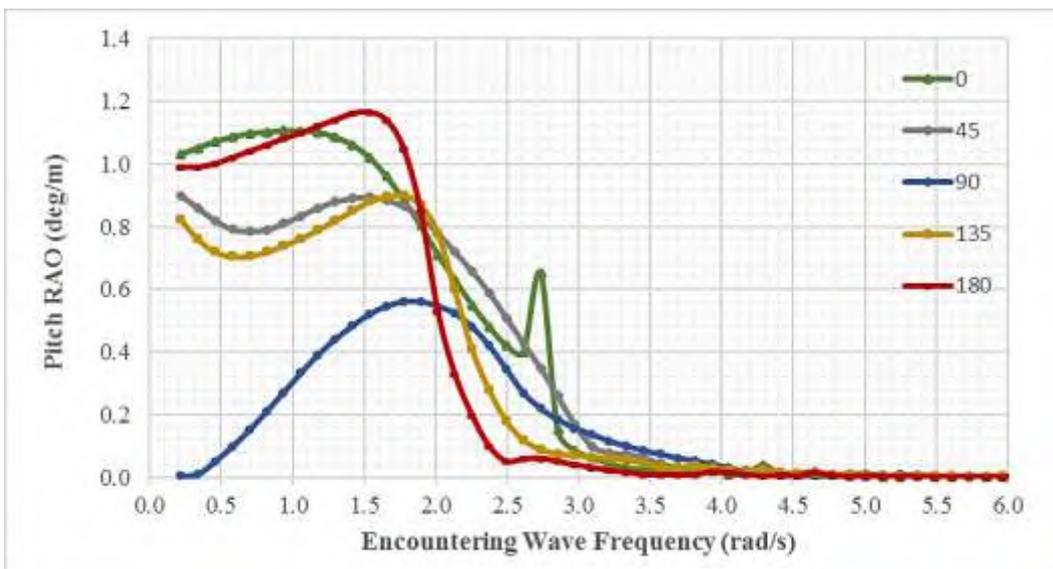
Kemudian untuk mode gerakan *pitch* dapat dilihat dari pada Gambar 5.17, 5.18, dan 5.19 berikut.



Gambar 5.17 Grafik RAO *Pitch* Kapal-2 dengan Kecepatan 0 knot



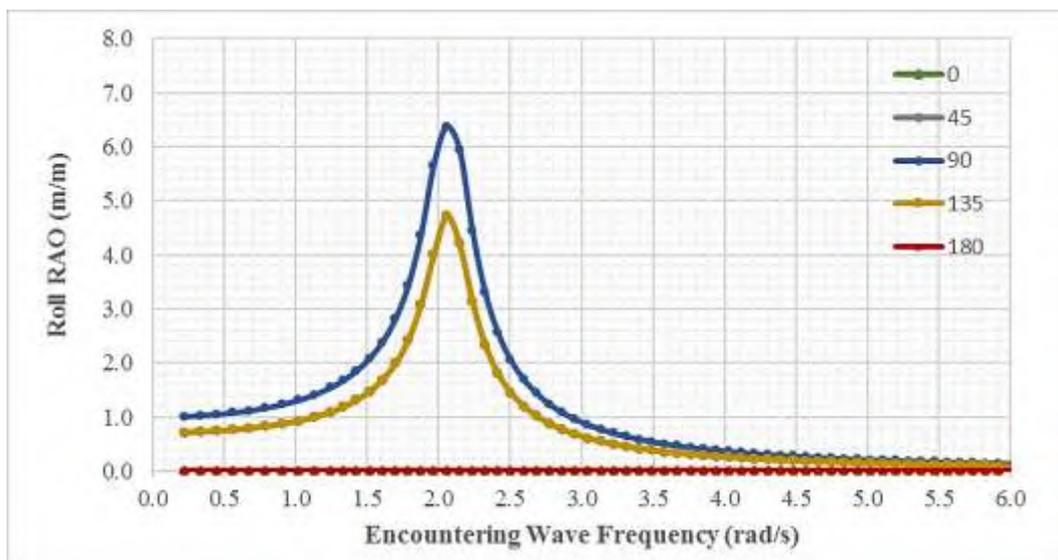
Gambar 5.18 Grafik RAO *Pitch* Kapal-2 dengan Kecepatan 5 knot



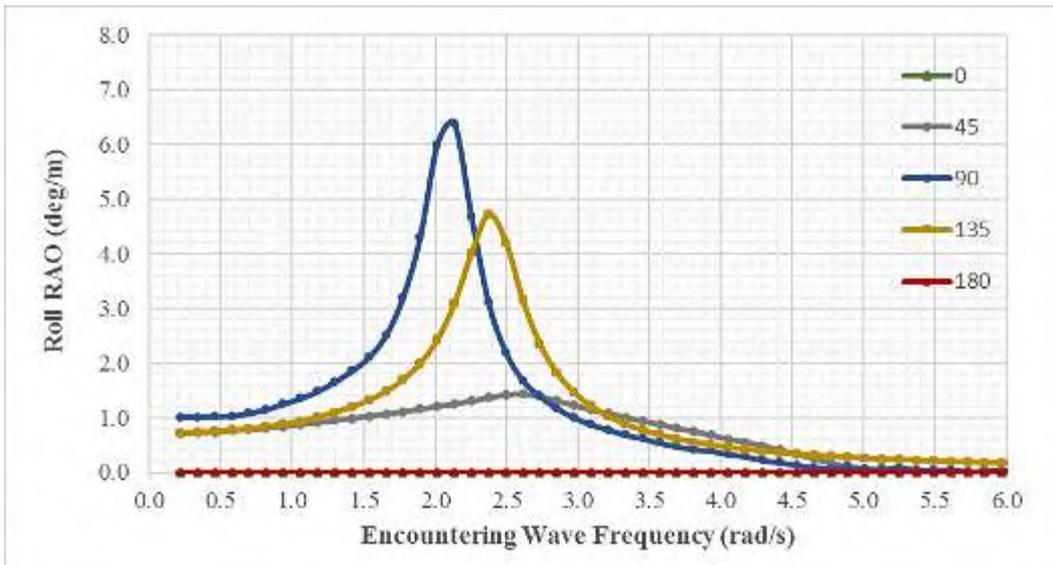
Gambar 5.19 Grafik RAO *Pitch* Kapal-2 dengan Kecepatan 7 knot

Pada Gambar 5.17, 5.18 dan 5.19 dapat dilihat bahwa kurva dari grafik RAO tersebut menunjukkan gerakan *pitch* yaitu mengalami perbedaan nilai untuk setiap variasi kecepatan. Pada gerakan *pitch* pada kapal-2 memiliki pola grafik RAO yang berbeda-beda pada setiap variasi kecepatan. Dapat dilihat dari ketiga gambar diatas bahwa terjadi kenaikan nilai RAO pada sudut 180° seiring dengan kenaikan kecepatan. Pada mode gerakan *pitch* ini terutama untuk sudut 180° dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan pola grafik yang bertahap naik sesuai kenaikan

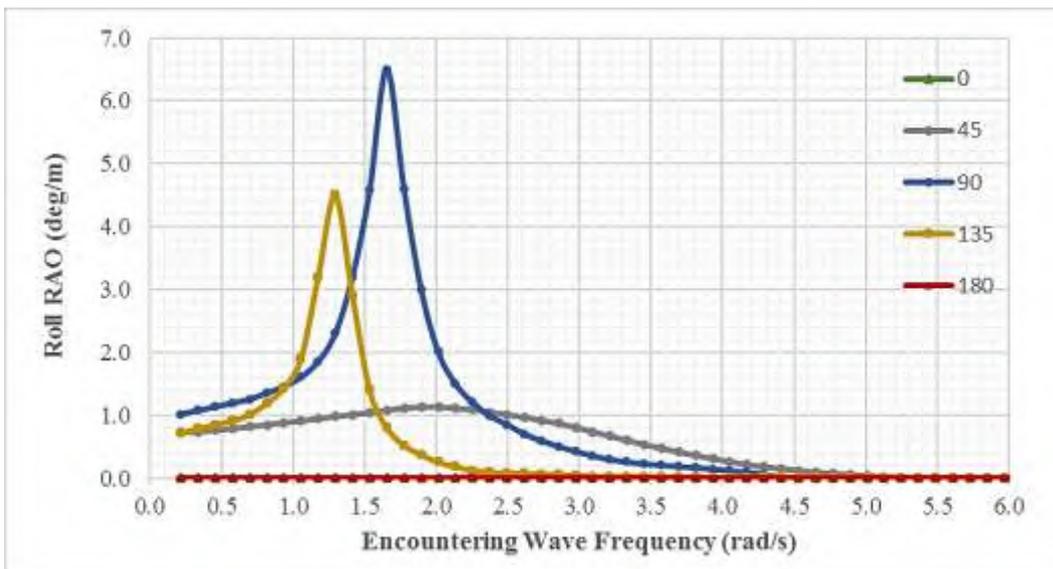
kecepatan, dapat dilihat pada kecepatan 5 knot dan 7 knot nilai maksimumnya secara berturut-turut adalah 1.077 deg/m pada frekuensi 1.178 rad/s dan 1.090 deg/m pada frekuensi 1.657 rad/s. Karakteristik mode gerakan *pitch* bila diamati dari Gambar 5.17, 5.18 dan 5.19 diatas berupa mode gerakan rotasi. Mengkaji efek dari arah gelombang, sebagaimana halnya dengan mode gerakan *heave*, intensitas gerakan *pitch* lebih didominasi oleh gelombang haluan yaitu sudut 180°, hal tersebut terlihat pada Gambar 5.19 yaitu gambar grafik RAO *pitch* dengan kecepatan 7 knot. Respons gerakan *pitch* akan jauh lebih mengecil bersamaan dengan propagasi gelombang mengarah dari sisi. Lain halnya dengan kecepatan 5 knot pada Gambar 5.18, intensitas lebih didominasi oleh gelombang buritan atau sudut 0°.



Gambar 5.20 Grafik RAO *Roll* Kapal-2 dengan Kecepatan 0 knot



Gambar 5.21 Grafik RAO *Roll* Kapal-2 dengan Kecepatan 5 knot



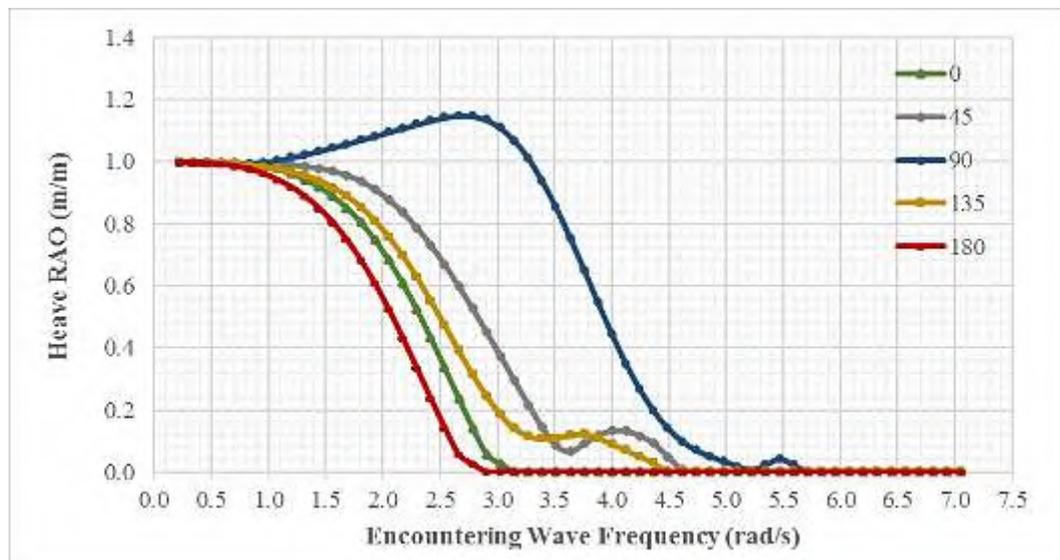
Gambar 5.22 Grafik RAO *Roll* Kapal-2 dengan Kecepatan 7 knot

Pada Gambar 5.20, 5.21 dan 5.22 dapat dilihat bahwa kurva dari grafik RAO tersebut menunjukkan gerakan *roll* yaitu mengalami perbedaan nilai untuk setiap variasi kecepatan, hal tersebut sama halnya dengan mode gerakan lainnya. Pada ketiga gambar diatas juga menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan maka RAO dari model kapal juga semakin besar, namun pada mode gerakan *roll* kapal-2 tidak terjadi kenaikan yang sangat signifikan, hal tersebut dapat dilihat pada sudut 90° dan 135° . Pada mode gerakan *roll* ini terutama untuk sudut 90° dan 135° dapat

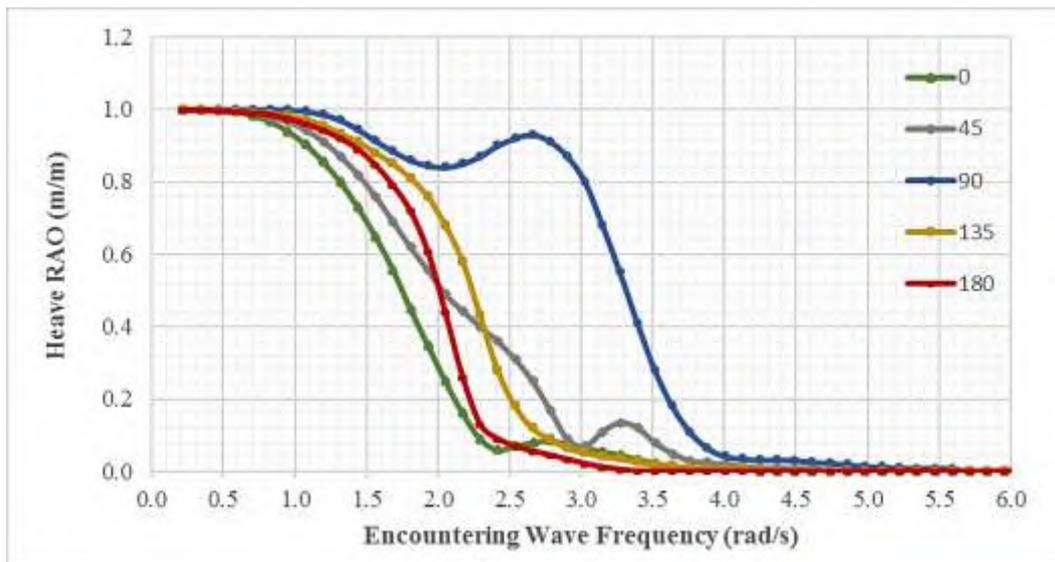
dilihat bahwa grafik menunjukkan pola grafik yang bertahap naik sesuai kenaikan kecepatan. Kemudian dapat disimpulkan bahwa nilai maksimum terjadi pada sudut 90° . Sedangkan untuk sudut 45° pada kasus ini memiliki nilai yang relatif kecil pada setiap frekuensi yaitu pada kecepatan 5 knot dan 7 knot. Kemudian jika dilihat dari nilainya, semakin tinggi kecepatan maka semakin kecil nilai RAO pada sudut 45° . Dengan mengamati mode gerakan *roll* pada ketiga Gambar 5.20, 5.21, 5.22 diatas, saat kapal berada dalam propagasi gelombang haluan atau buritan, atau sudut 180° atau 0° terjadi gerakan *roll* yang sangat kecil, secara teoritis diharapkan gerakan *roll* tidak akan terjadi. Dalam hal ini, intensitas gerakan *roll* lebih didominasi oleh gelombang sisi atau sudut 90° .

5.2.3. Response Amplitude Operators (RAO) Kapal-3 Puger

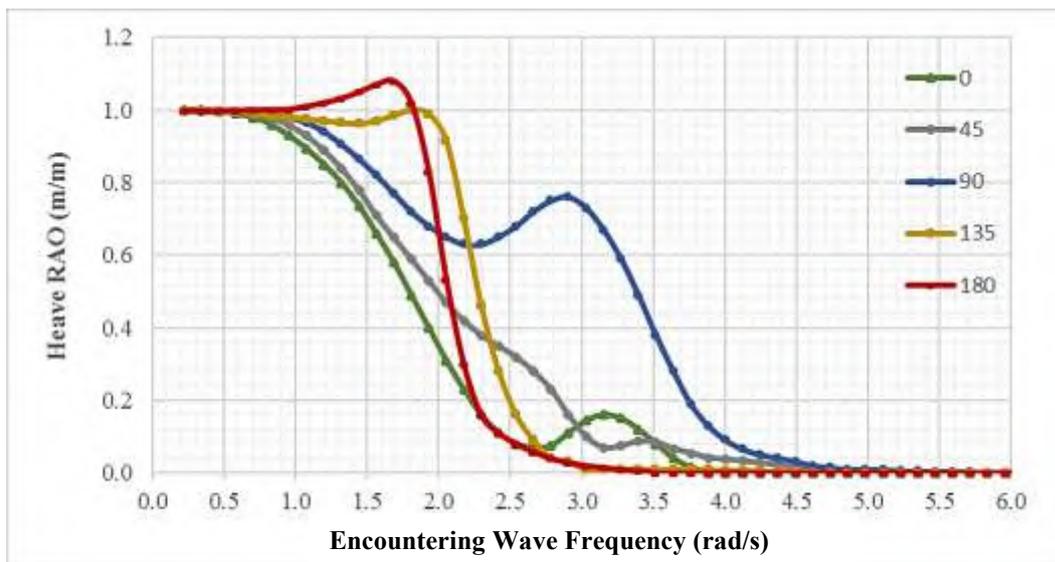
Gambar 5.23 sampai 5.31 merupakan gambar dari grafik yang menunjukkan hasil analisa dari *Response Amplitude Operators* (RAO) terhadap terhadap frekuensi dengan sudut *heading* 0° , 45° , 90° , 135° , dan 180° dari kapal-1. Hasil analisa RAO tersebut dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 5.23 Grafik RAO *Heave* Kapal-3 dengan Kecepatan 0 knot



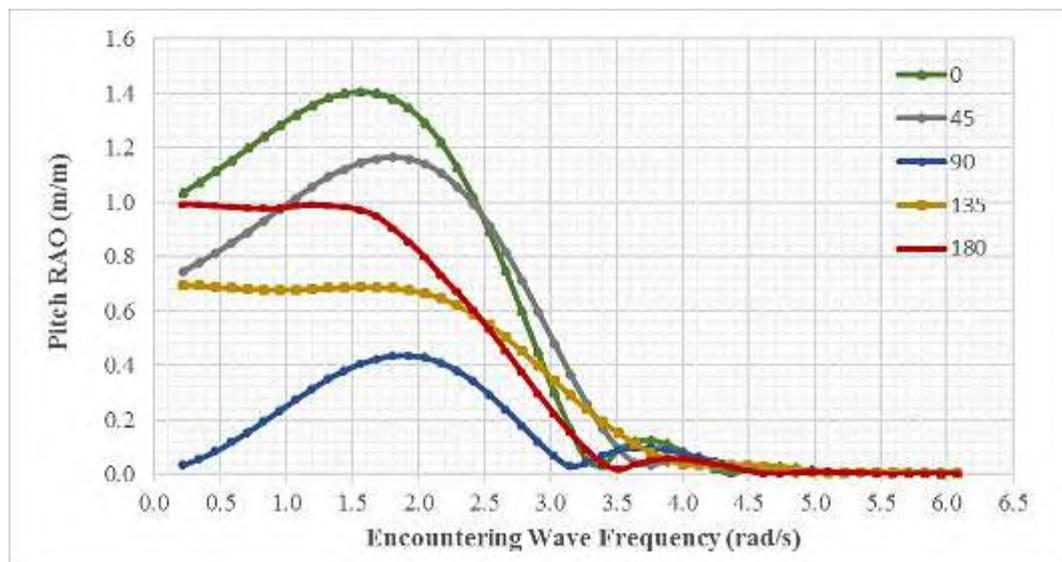
Gambar 5.24 Grafik RAO *Heave* Kapal-3 dengan Kecepatan 5 knot



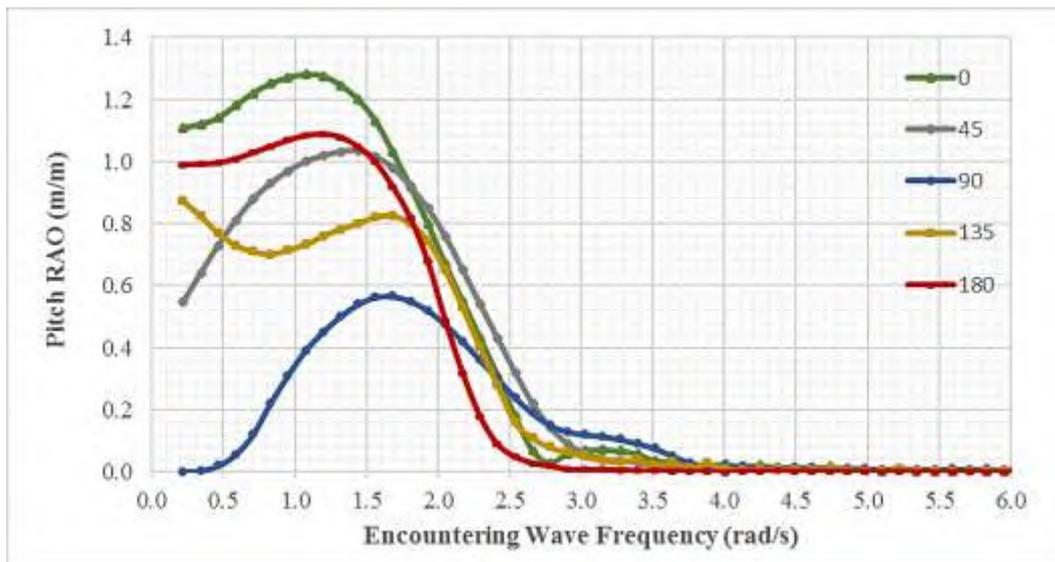
Gambar 5.25 Grafik RAO *Heave* Kapal-3 dengan Kecepatan 7 knot

Pada Gambar 5.23, 5.24, dan 5.25 dapat dilihat bahwa kurva dari grafik RAO tersebut menunjukkan gerakan *heave* dari kapal-3 yaitu mengalami perbedaan nilai untuk setiap variasi kecepatan. Pada ketiga gambar diatas juga menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan maka RAO dari model kapal juga semakin besar, hal tersebut ditunjukkan dari pola grafik untuk sudut 135° dan 180°. Pada mode gerakan *heave* ini terutama untuk sudut 135° dan 180° dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan pola grafik yang bertahap naik sesuai kenaikan kecepatan, dapat dilihat pada kecepatan 7 knot nilai maksimumnya adalah 1.080 m/m pada frekuensi

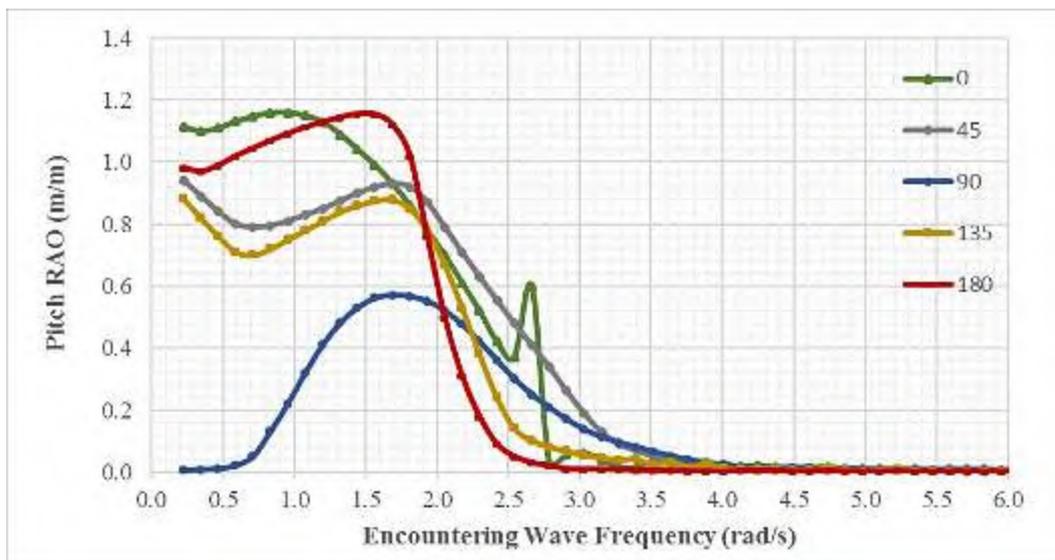
1.687 rad/s untuk sudut 180° , dan 1 m/m pada frekuensi 1.809 rad/s untuk sudut 135° . Sedangkan pada sudut 90° pada setiap kecepatan menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai RAO dari awal frekuensi, namun terjadi kenaikan nilai RAO kembali secara bertahap pada frekuensi 2.175 rad/s dengan nilai RAO 0.630 m/m hingga kemudian terjadi penurunan tajam pada frekuensi 2.297 rad/s dengan nilai RAO 0.760 m/m, hal ini terjadi pada kapal-3 dengan kecepatan 7 knot. RAO *heave* yang ditunjukkan pada Gambar 5.23, 5.24 dan 5.25 diatas merupakan contoh yang menjelaskan suatu sistem dinamis yang mengalami eksitasi beban gelombang harmonik. RAO *heave* kapal-3 pada daerah resonansinya terbesar terjadi pada gelombang haluan yaitu pada sudut 180° kemudian diikuti oleh respons terhadap gelombang sudut 135° . RAO mengecil untuk gelombang buritan atau sudut 0° , seperempat buritan atau sudut 45° dan pada gelombang sisi 90° . Hal ini memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai acuan oleh operator, yaitu jika pada suatu saat tertentu ketika berlayar menghadapi gelombang yang relatif besar dapat diupayakan untuk bermanuver, sehingga gelombang akan berpropagasi menyilang atau dari sisi. Hal tersebut sama halnya yang terjadi pada kapal-1 dan kapal-2 dengan mode gerakan *heave*.



Gambar 5.26 Grafik RAO *Pitch* Kapal-3 dengan Kecepatan 0 knot



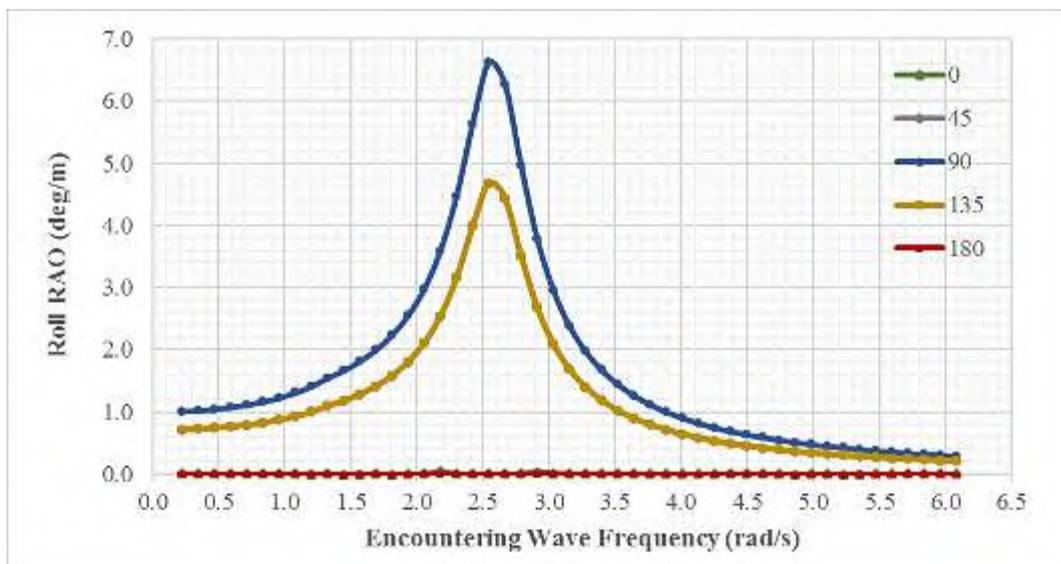
Gambar 5.27 Grafik RAO *Pitch* Kapal-3 dengan Kecepatan 5 knot



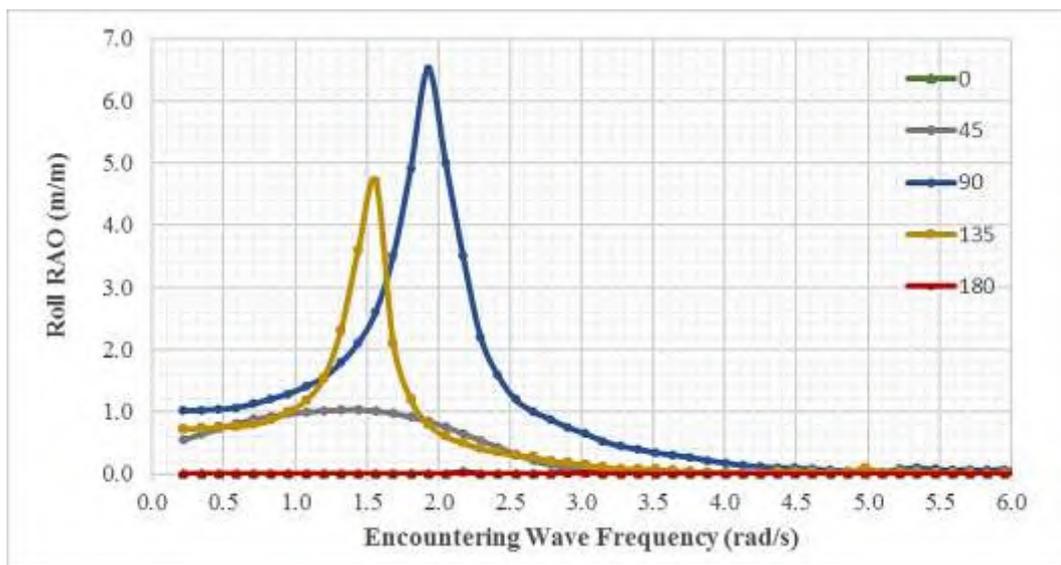
Gambar 5.28 Grafik RAO *Pitch* Kapal-3 dengan Kecepatan 7 knot

Pada Gambar 5.26, 5.27 dan 5.28 dapat dilihat bahwa kurva dari grafik RAO tersebut menunjukkan gerakan *pitch* yaitu mengalami perbedaan nilai untuk setiap variasi kecepatan. Pada gerakan *pitch* pada kapal-2 memiliki pola grafik RAO yang berbeda-beda pada setiap variasi kecepatan. Dapat dilihat dari ketiga gambar diatas bahwa terjadi kenaikan nilai RAO pada sudut 180° seiring dengan kenaikan kecepatan. Pada mode gerakan *pitch* ini terutama untuk sudut 180° dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan pola grafik yang bertahap naik sesuai kenaikan kecepatan, dapat dilihat pada kecepatan 5 knot dan 7 knot nilai maksimumnya secara berturut-turut adalah 1.090 deg/m pada frekuensi 1.199 rad/s dan 1.156

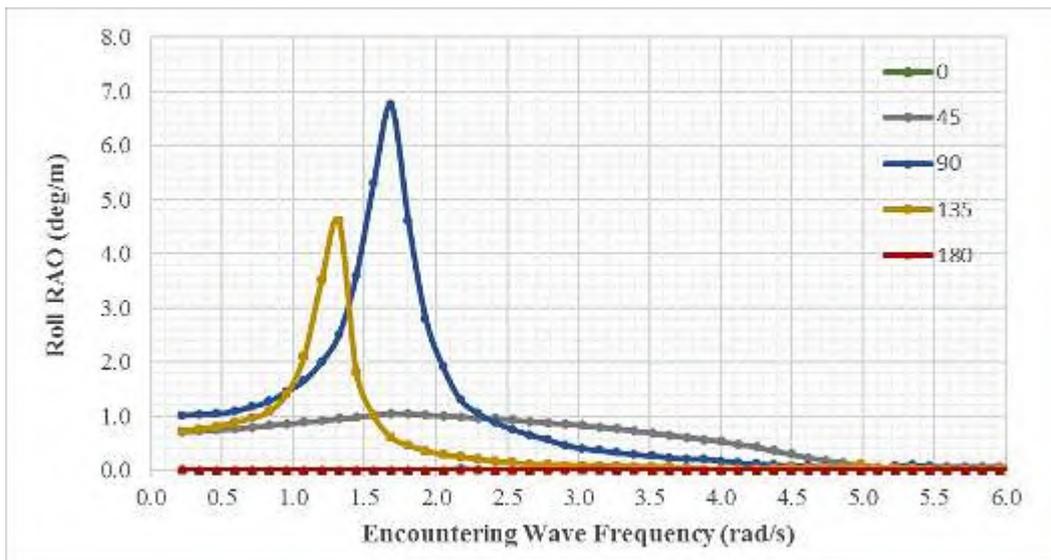
deg/m pada frekuensi 1.687 rad/s. Karakteristik mode gerakan *pitch* bila diamati dari gambar 5.26, 5.27 dan 5.28 diatas berupa mode gerakan rotasi. Mengkaji efek dari arah gelombang, sebagaimana halnya dengan mode gerakan *heave*, intensitas gerakan *pitch* lebih didominasi oleh gelombang haluan yaitu sudut 180°, hal tersebut terlihat pada Gambar 5.28 yaitu gambar grafik RAO *pitch* dengan kecepatan 7 knot. Respons gerakan *pitch* akan jauh lebih mengecil bersamaan dengan propagasi gelombang mengarah dari sisi. Lain halnya dengan kecepatan 5 knot pada Gambar 5.27, intensitas lebih didominasi oleh gelombang buritan atau sudut 0°.



Gambar 5.29 Grafik RAO *Roll* Kapal-3 dengan Kecepatan 0 knot



Gambar 5.30 Grafik RAO *Roll* Kapal-3 dengan Kecepatan 5 knot



Gambar 5.31 Grafik RAO *Roll* Kapal-3 dengan Kecepatan 7 knot

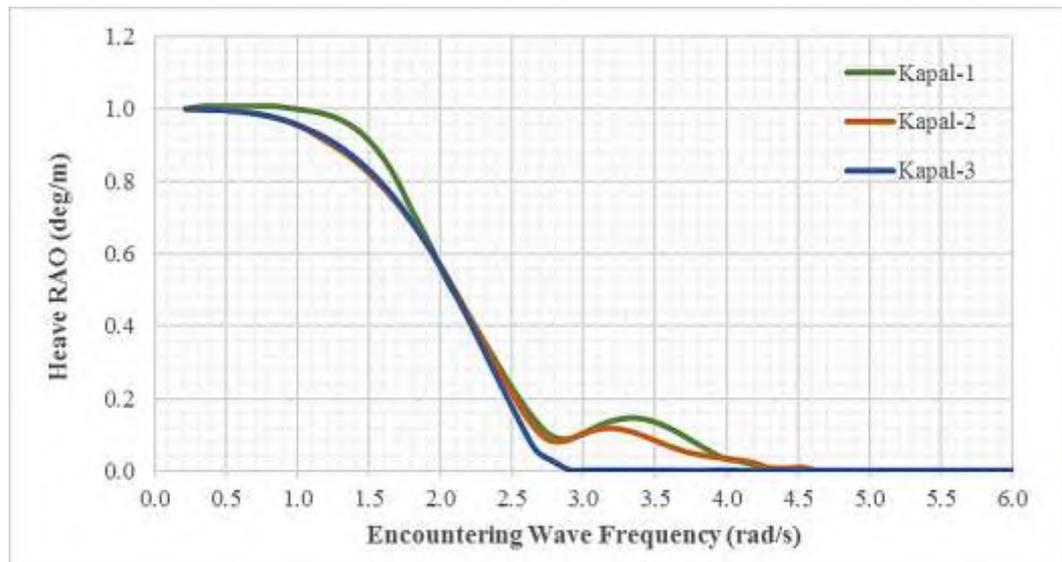
Pada Gambar 5.29, 5.30 dan 5.31 dapat dilihat bahwa kurva dari grafik RAO tersebut menunjukkan gerakan *roll* yaitu mengalami perbedaan nilai untuk setiap variasi kecepatan. Pada gerakan *roll* pada kapal-3 memiliki pola grafik RAO yang berdeda-beda pada setiap variasi kecepatan. Pada ketiga gambar diatas juga menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan maka RAO dari model kapal juga semakin besar, namun pada mode gerakan *roll* kapal-1 tidak terjadi kenaikan yang sangat signifikan, hal tersebut dapat dilihat pada sudut 90° dan 135°. Pada mode gerakan *roll* ini terutama untuk sudut 90° dan 135° dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan pola grafik yang bertahap naik sesuai kenaikan kecepatan. Kemudian dapat disimpulkan bahwa nilai maksimum terjadi pada sudut 90°. Sedangkan untuk sudut 45° pada kasus ini memiliki nilai yang relatif kecil pada setiap frekuensi yaitu pada kecepatan 5 knot dan 7 knot. Kemudian jika dilihat dari nilainya, semakin tinggi kecepatan maka semakin kecil nilai RAO pada sudut 45°. Dengan mengamati mode gerakan *roll* pada ketiga Gambar 5.29, 5.30, 5.31 diatas, saat kapal berada dalam propagasi gelombang haluan atau buritan, atau sudut 180° atau 0° terjadi gerakan *roll* yang sangat kecil, secara teoritis diharapkan gerakan *roll* tidak akan terjadi. Intensitas gerakan *roll* lebih didominasi oleh gelombang sisi atau sudut 90°, hal tersebut sama halnya dengan kapal-1 dan kapal-2.

5.3 Pengaruh Gerakan Kapal terhadap Kecepatan

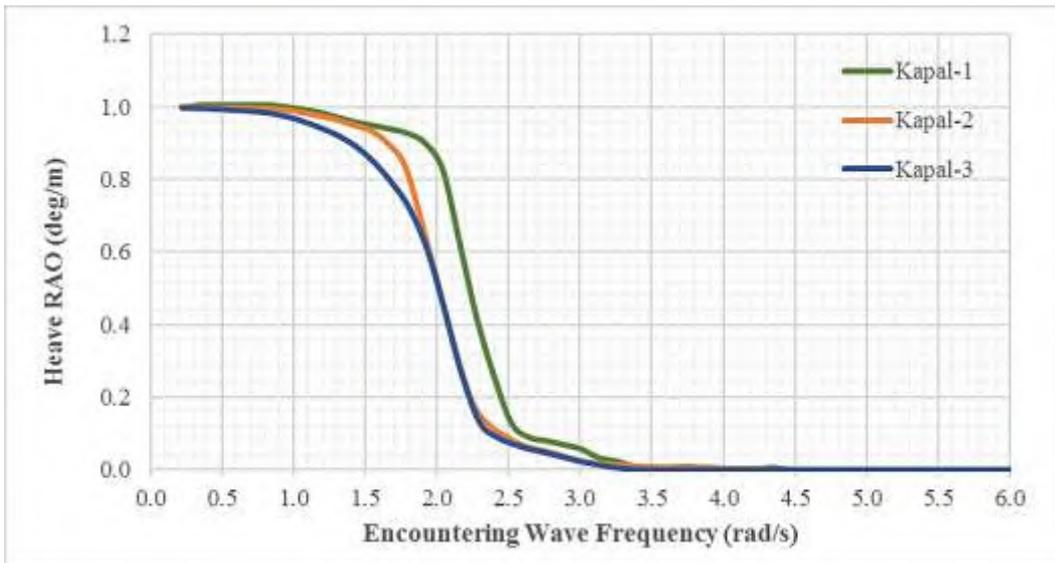
Sub bab ini menjelaskan hasil *Response Amplitude Operators* berdasarkan hasil simulasi dari Kapal-1, Kapal-2, dan Kapal-3 pada gerakan *heave*, *pitch*, dan *roll* dengan sudut *heading* 0° , 45° , 90° , 135° , dan 180° . Sub bab ini dilakukan pada kecepatan 0 knot, 5 knot, dan 7 knot. Analisis pada sub bab ini membandingkan grafik gerakan kapal *heave*, *pitch*, dan *roll* dari ketiga kapal terhadap kecepatan.

5.3.1. Gerakan *Heave* tiap Kapal terhadap Kecepatan

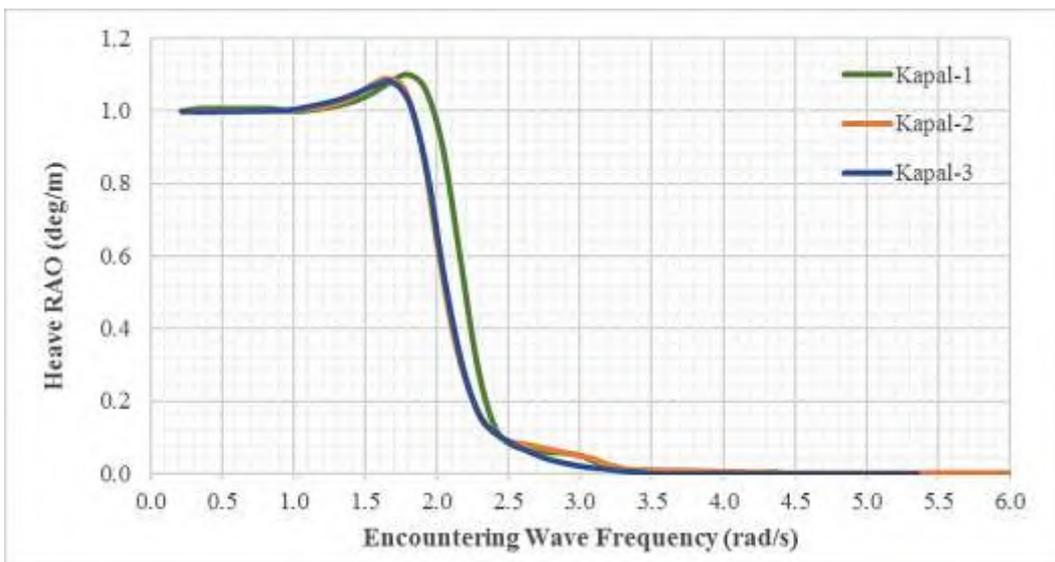
Gambar 5.32 sampai 5.34 merupakan grafik nilai amplitude gerakan *heave* dari ketiga kapal Puger pada kecepatan 0 knot, 5 knot, dan 7 knot secara berturut-turut pada arah 180° .



Gambar 5.32 Grafik RAO *Heave* Setiap Kapal dengan Kecepatan 0 knot



Gambar 5.33 Grafik RAO *Heave* Setiap Kapal dengan Kecepatan 5 knot

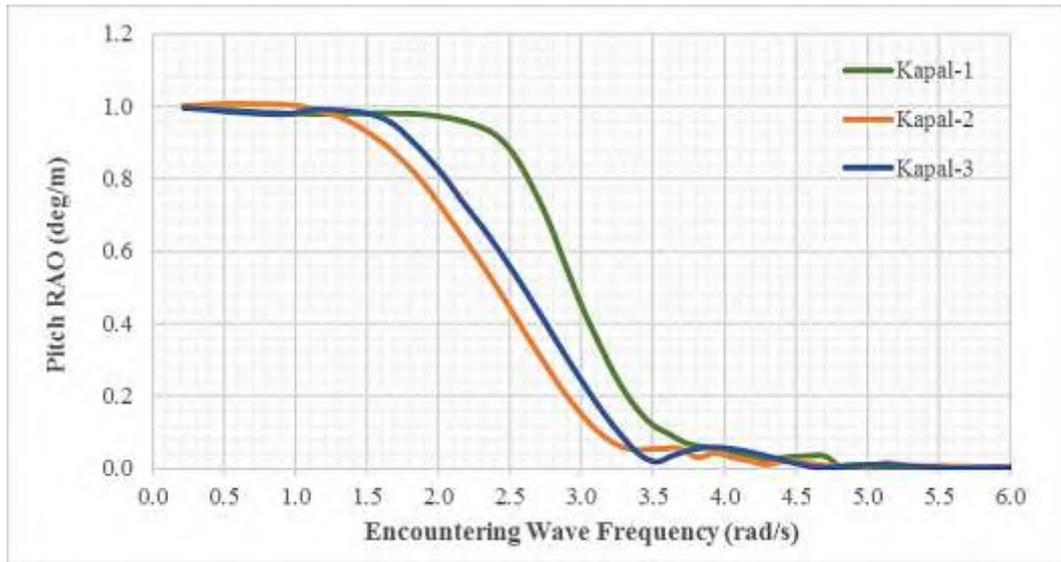


Gambar 5.34 Grafik RAO *Heave* Setiap Kapal dengan Kecepatan 7 knot

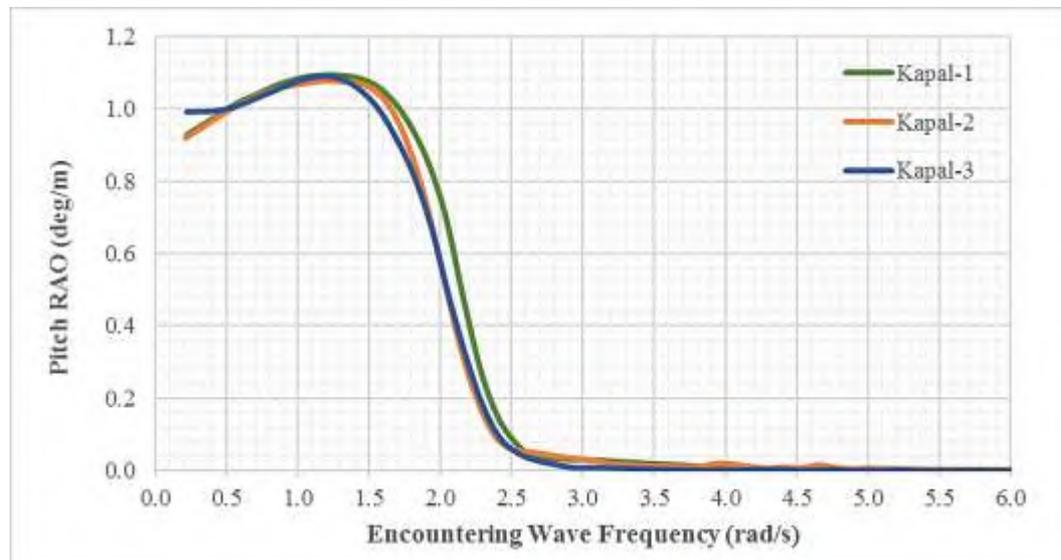
Berdasarkan Gambar 5.32 sampai 5.34 diketahui bahwa pola dari kurva RAO untuk mode gerakan *heave* pada setiap model kapal mengalami perbedaan harga untuk setiap variasi kecepatan yang diberikan, dimana semakin besar kecepatan maka RAO juga semakin besar, dalam hal ini perbedaan nilai dari ketiga tidak terlalu signifikan. Dari gambar kurva diatas disimpulkan bahwa kapal yang memiliki nilai RAO *heave* terbesar adalah kapal-1, dilihat dari rasio ukuran kapal L/B, kapal-1 memiliki nilai rasio yang lebih besar dari kedua kapal lainnya yaitu 3.936.

5.3.2. Gerakan *Pitch* tiap Kapal terhadap Kecepatan

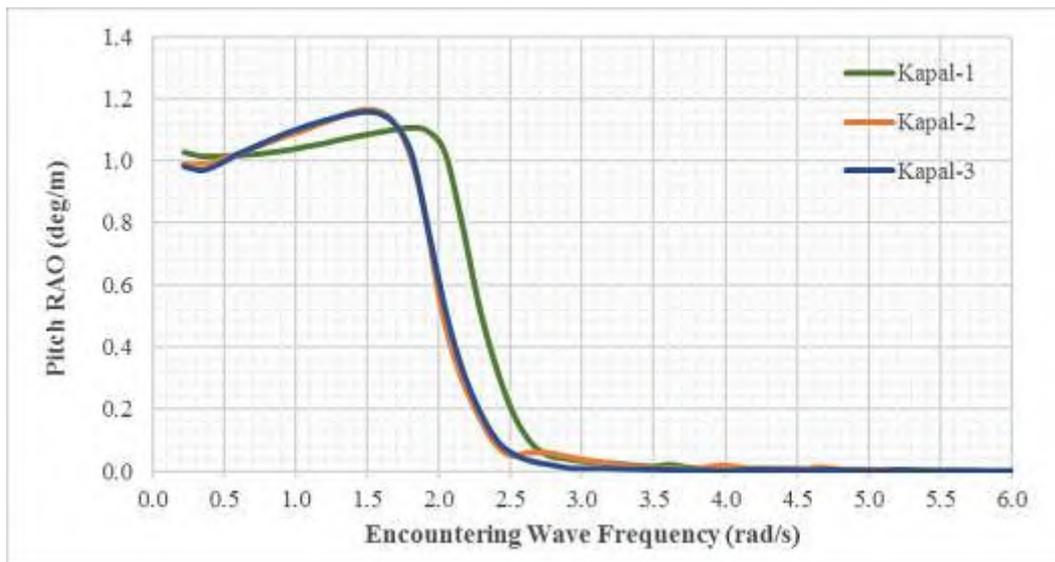
Gambar 5.35 sampai 5.37 merupakan grafik nilai amplitude gerakan *pitch* dari ketiga kapal Puger pada kecepatan 0 knot, 5 knot, dan 7 knot secara berturut-turut pada arah 180°.



Gambar 5.35 Grafik RAO *Pitch* Setiap Kapal dengan Kecepatan 0 knot



Gambar 5.36 Grafik RAO *Pitch* Setiap Kapal dengan Kecepatan 5 knot

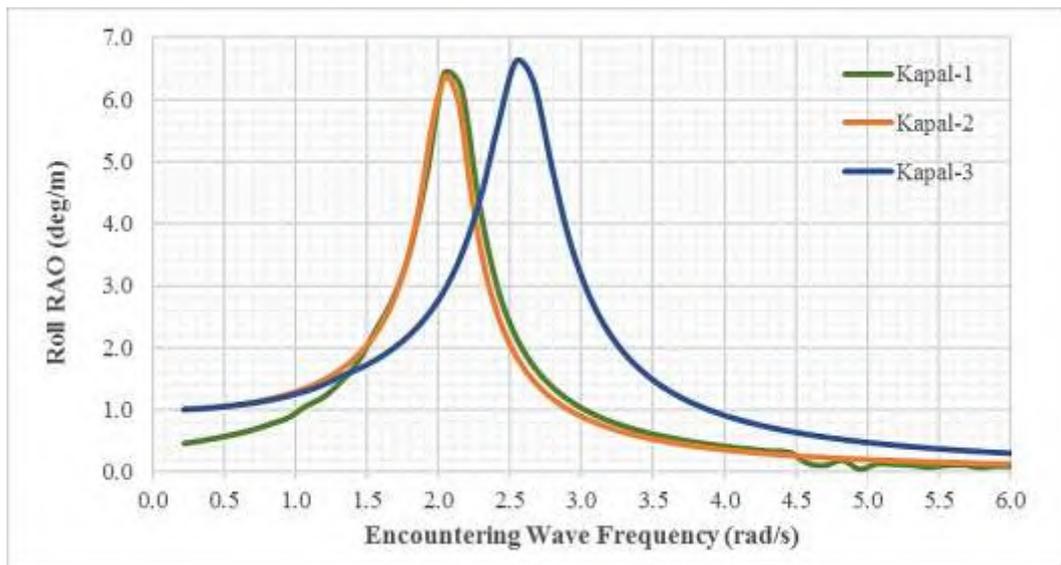


Gambar 5.37 Grafik RAO *Pitch* Setiap Kapal dengan Kecepatan 7 knot

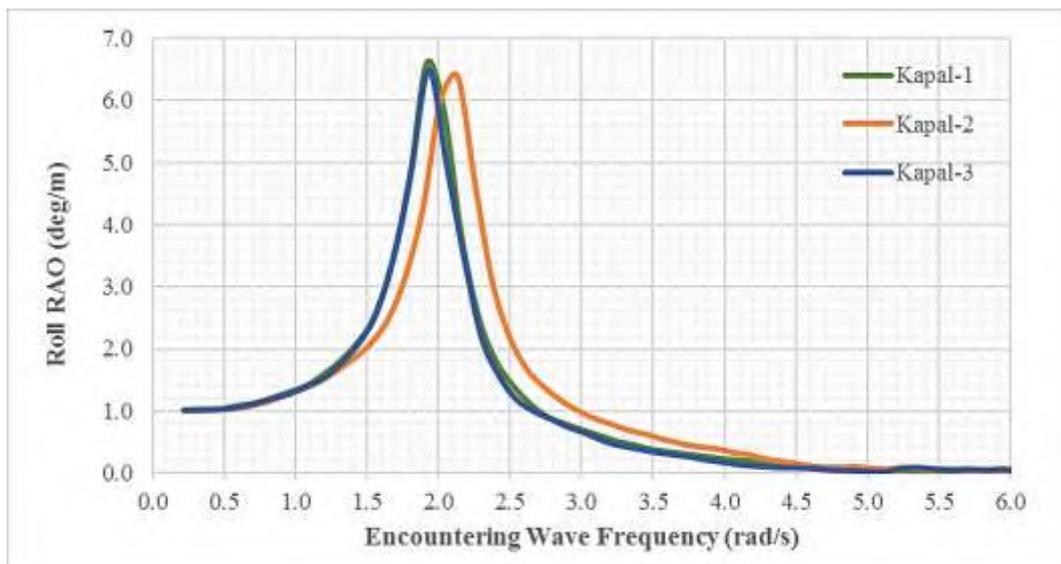
Berdasarkan Gambar 5.35, Gambar 5.36, dan Gambar 5.37 dapat diketahui bahwa pola dari kurva RAO mode gerakan *pitch* pada setiap model kapal mengalami perbedaan harga untuk setiap variasi kecepatan yang diberikan, dimana semakin besar kecepatan yang diberikan maka RAO *pitch* juga akan semakin besar. Hasil analisis yang telah dilakukan pada setiap kecepatan yang diberikan kepada setiap model kapal nilai RAO ketiga model memiliki nilai *pitch* yang berbeda-beda dengan selisih yang kecil. Model kapal-2 memiliki nilai RAO *pitch* yang paling kecil dibandingkan dengan model kapal-1 dan kapal-3. Hal tersebut karena dipengaruhi oleh rasio L/B yang kecil dibandingkan dengan kedua kapal yang lainnya. Kemudian dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan maka semakin besar pula harga RAO *pitch* yang dimiliki, hal tersebut dapat dilihat dari ketiga grafik diatas. Kurva dari grafik diatas menunjukkan setiap kenaikan kecepatan kurva dari RAO tersebut bertahap naik.

5.3.3. Gerakan *Roll* tiap Kapal terhadap Kecepatan

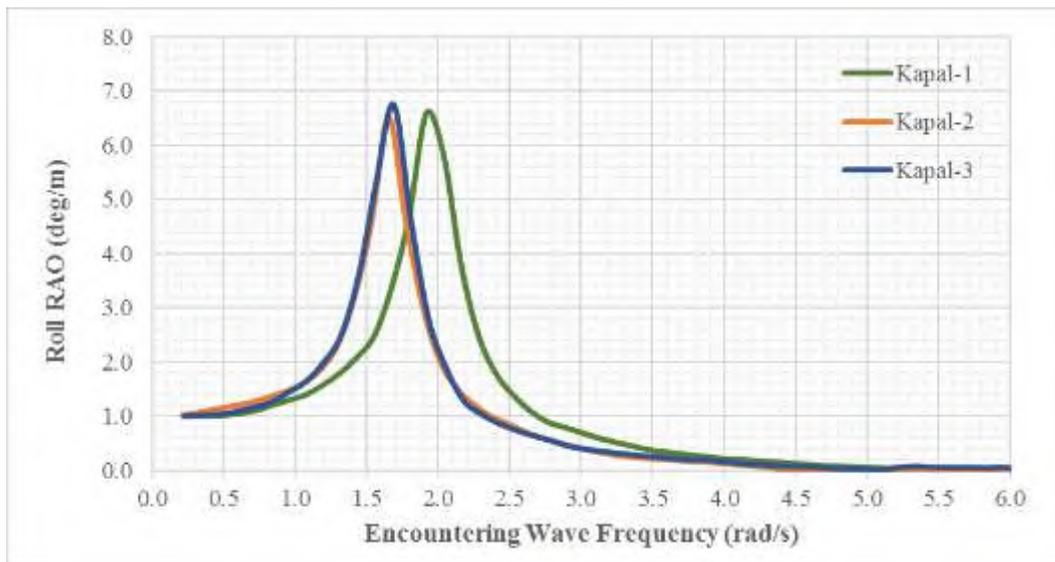
Gambar 5.38 sampai 5.40 merupakan grafik nilai amplitude gerakan *pitch* dari ketiga kapal Puger pada kecepatan 0 knot, 5 knot, dan 7 knot secara berturut-turut pada arah 90°.



Gambar 5.38 Grafik RAO *Roll* Setiap Kapal dengan Kecepatan 0 knot



Gambar 5.39 Grafik RAO *Roll* Setiap Kapal dengan Kecepatan 5 knot



Gambar 5.40 Grafik RAO *Roll* Setiap Kapal dengan Kecepatan 7 knot

Berdasarkan Gambar 5.38, Gambar 5.39, dan Gambar 5.40 dapat diketahui bahwa pola dari kurva RAO mode gerakan *roll* pada setiap model kapal mengalami perbedaan harga untuk setiap variasi kecepatan yang diberikan, dimana semakin besar kecepatan yang diberikan maka RAO *roll* juga akan semakin besar. Hasil analisis yang telah dilakukan pada setiap kecepatan yang diberikan kepada setiap model kapal nilai RAO ketiga model memiliki nilai *roll* yang berbeda-beda. Model kapal-2 memiliki nilai RAO *roll* yang paling kecil dibandingkan dengan model kapal-1 dan kapal-3 meskipun perbedaan nilai tersebut tidak terlalu besar, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan maka semakin kecil pula harga RAO *roll* yang dimiliki. Hal tersebut karena dipengaruhi oleh rasio L/B kapal-2 yang kecil dibandingkan dengan kedua kapal yang lainnya.

5.4 Spektra Respons Gelombang

Pada sub bab ini membahas tentang spektra respons gelombang dari ketiga kapal ikan Puger pada gerakan *heave*, *pitch*, dan *roll* yang dihitung menurut kenaikan tinggi gelombang signifikan, sehingga dapat diketahui respon amplitude kapal untuk beberapa kondisi H_s . Proses yang dilakukan pada dasarnya merupakan mentransformasikan rekaman gelombang acak dalam domain waktu menjadi kurva spektra gelombang energi gelombang dalam domain frekuensi, dengan menggunakan algoritma matematis. Algoritma yang digunakan telah

dikembangkan sedemikian rupa sehingga proses transformasi numerik dapat dilakukan dengan cepat (Djarmiko, (2012). Pada umumnya persamaan spektra didasarkan pada satu atau beberapa parameter, misalnya tinggi gelombang, periode gelombang, parameter bentuk, dan lain-lain (Chakrabarti, 1987). Pada penelitian ini digunakan persamaan spektra gelombang JONSWAP (*Joint North Sea Wave Project*). Formulasi spektra JONSWAP merupakan modifikasi dari spektra P-M (Peirson-Moskowitz), dengan memasukkan parameter-parameter yang akan mengakomodasi karakteristik gelombang perairan kepulauan (Hasselmann dkk, 1973). Persamaan untuk formulasi spektra JONSWAP memiliki bentuk yang lebih kompleks dibandingkan dengan persamaan-persamaan spektra lain. Bentuk dari persamaan spektra gelombang JONSWAP dapat dilihat sebagai berikut (Chakrabarti, 1987):

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp[-1.25(\omega/\omega_0)^{-4}] \gamma^{\exp\left[-\frac{(\omega-\omega_0)^2}{2\tau\omega_0^2}\right]} \quad (5.4)$$

dimana:

$$\alpha = 0.076(X_0)^{-0.22} \text{ (parameter rentang frekuensi)}$$

$$\alpha = 0.0081 \text{ (ketika } X \text{ tidak diketahui)}$$

$$X_0 = gX/U_w^2$$

$$X = \text{panjang fetch}$$

$$U_w = \text{kecepatan angin}$$

γ = parameter ketinggian (*peakedness parameter*), yang harganya antara 1.0 sampai 7.0. Untuk Laut Utara mempunyai harga 3.3, sedangkan untuk perairan Indonesia disarankan memakai parameter γ yang lebih kecil, sekitar 2.0 sampai 2.5.

τ = parameter bentuk (*shape parameter*)

$$\tau = 0.07 \text{ jika } \omega \leq \omega_0$$

$$\tau = 0.09 \text{ jika } \omega > \omega_0$$

Gelombang acak diwakili oleh luasan dibawah kurva, $S_z(\omega)$ yang dapat dibagi menjadi pias-pias berdasarkan kenaikan frekuensi. Untuk komponen-komponen respons sinusoidal dapat diwakili oleh kurva RAO. Sehingga dapat disimpulkan bahwa respons gelombang acak akan diperoleh jika RAO dapat dikolerasikan dengan $S_z(\omega)$. Kolerasi tersebut secara substansi sama dengan

mentransformasikan energi gelombang menjadi energi respons. Respons gelombang acak secara sederhana dapat diperoleh dengan mengalikan antara nilai spectrum energi gelombang $S_{\zeta}(\omega)$ dengan RAO^2 . Proses tersebut pada dasarnya mengubah spektra gelombang menjadi spektra respons, yang dirumuskan pada Persamaan (5.5) sebagai berikut:

$$S_{\zeta_r}(\omega) = RAO^2 \times S_{\zeta}(\omega) \quad (5.5)$$

dimana:

$S_{\zeta_r}(\omega)$: spektra respons gelombang ($m^2/(rad/s)$)

RAO : *response amplitude operators*

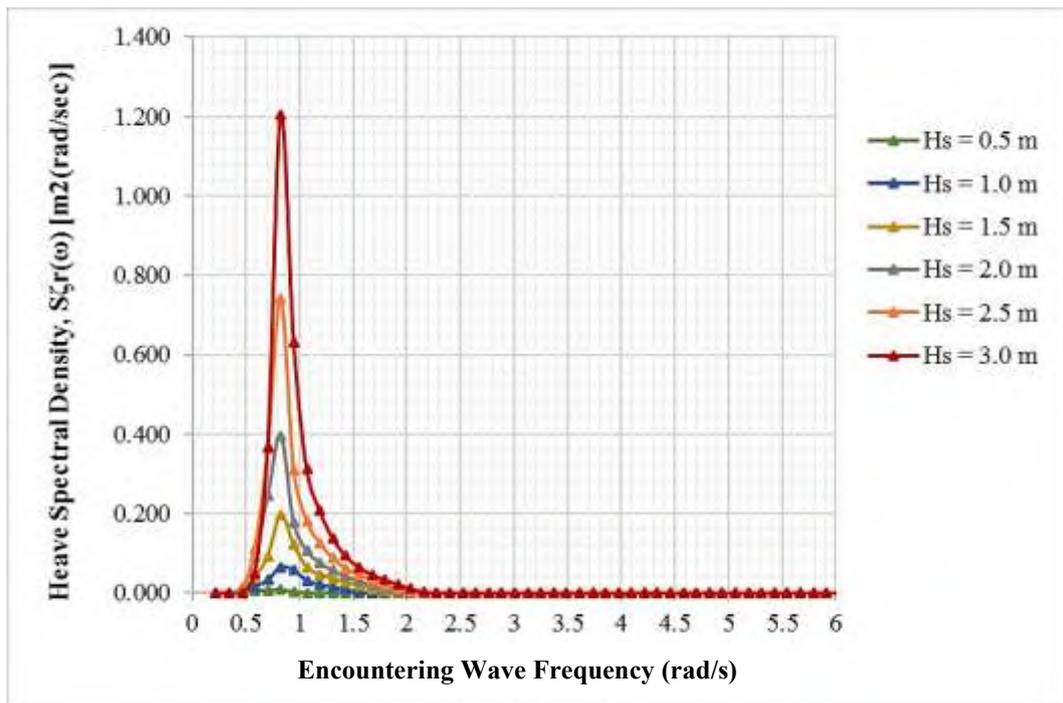
$S_{\zeta}(\omega)$: spektra gelombang ($m^2/(rad/s)$)

5.4.1. Spektra Respons pada Kapal-1

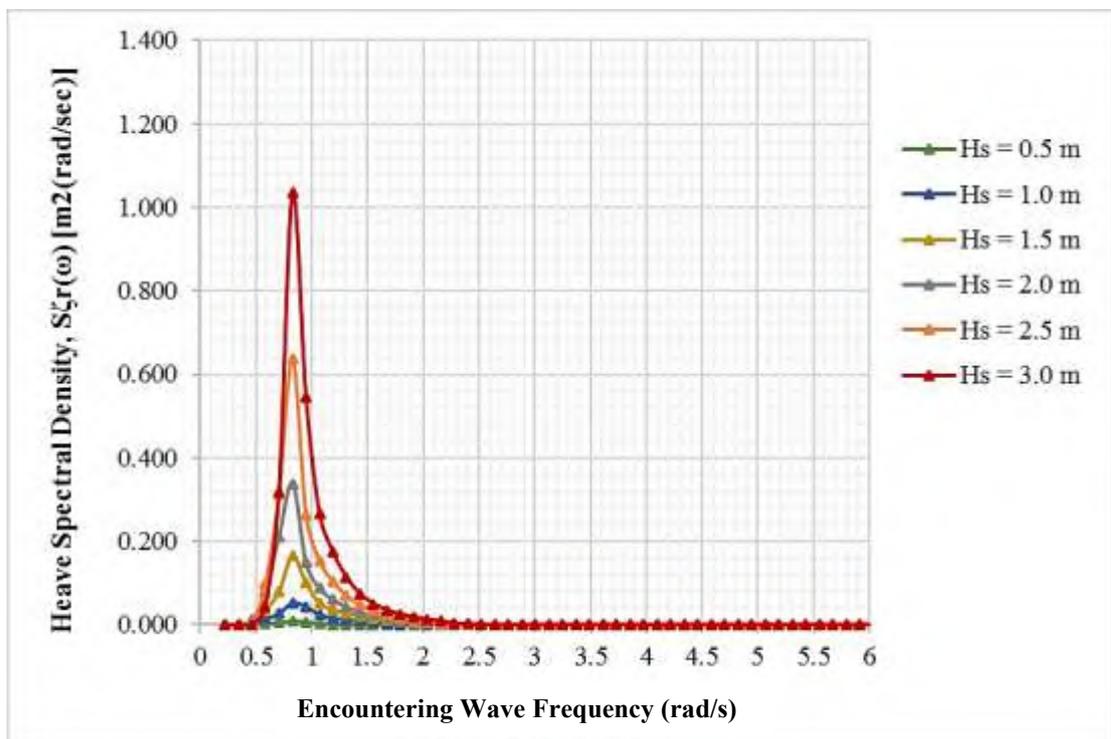
Dalam perhitungan spektra respons untuk kapal-1 dilakukan pada kecepatan 7 knot. Hasil dari plot spektra respons gerakan model kapal-1 Puger dapat dilihat pada Gambar 5.41-5.51. Dalam Gambar 5.41-5.51 kurva spektra respons gerakan *heave*, *pitch*, dan *roll* yang dihitung menurut kenaikan gelombang signifikan mulai dari 0.5 m sampai 3 m.

5.4.1.1. Spektra Respons Heave pada Model Kapal-1

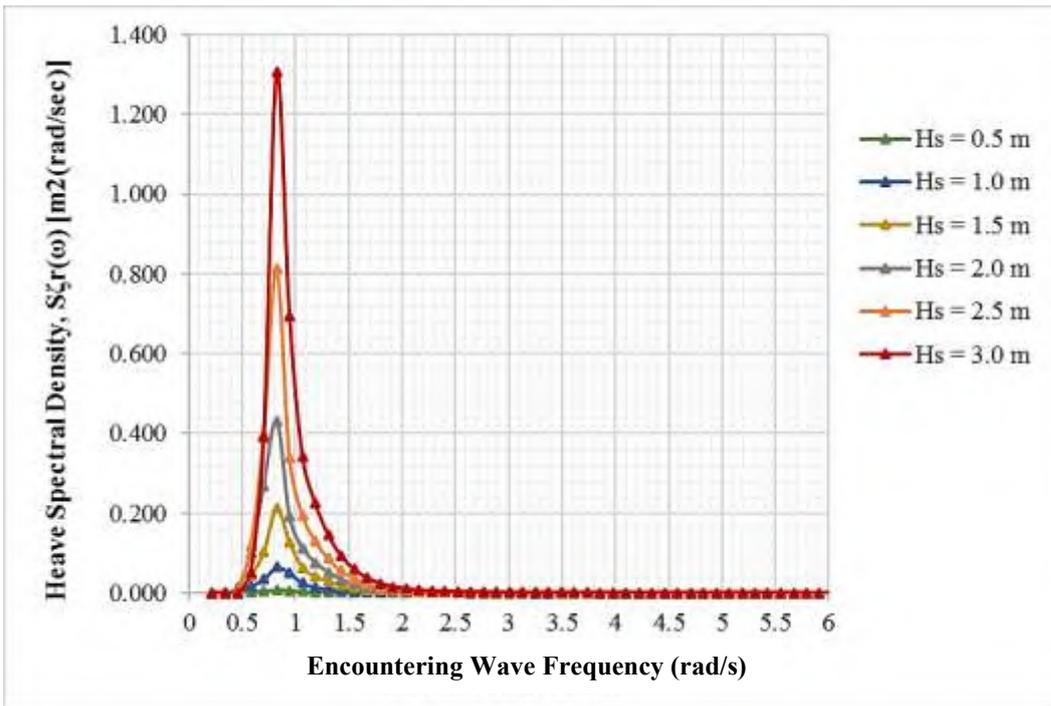
Untuk spektra respons *heave* model kapal-1 pada kecepatan 7 knot dapat dilihat pada Gambar 5.41-5.44 sebagai berikut:



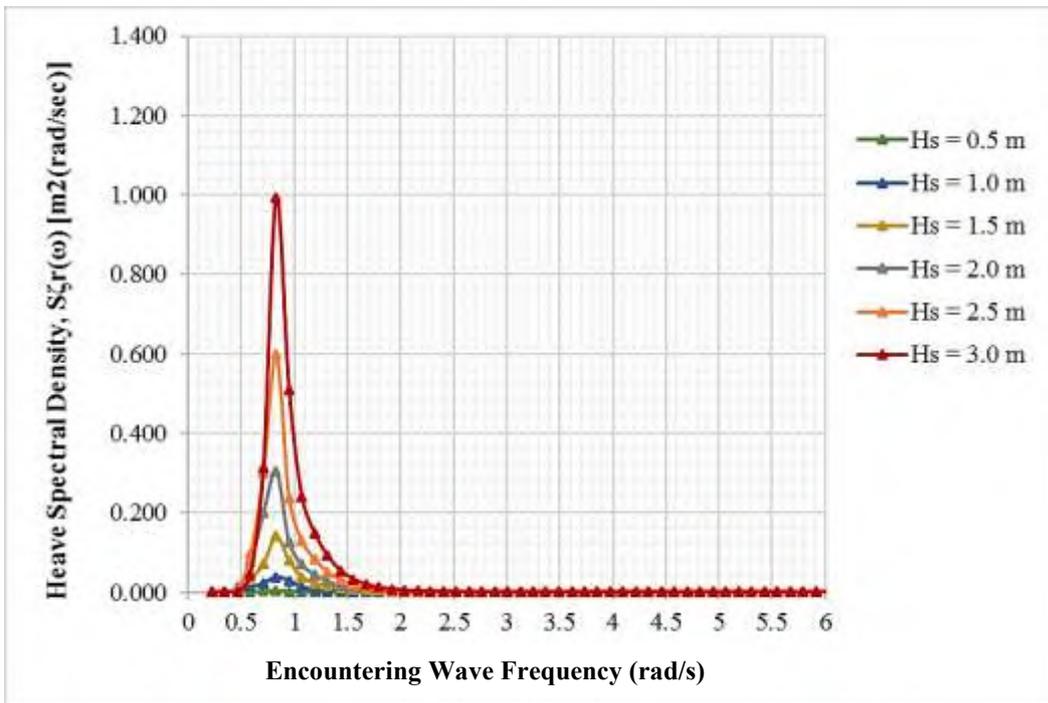
Gambar 5.41 Spektra Respons *Heave* Kapal-1 Sudut *Heading* 180°



Gambar 5.42 Spektra Respons *Heave* Kapal-1 Sudut *Heading* 135°



Gambar 5.43 Spektra Respons *Heave* Kapal-1 Sudut *Heading* 90°



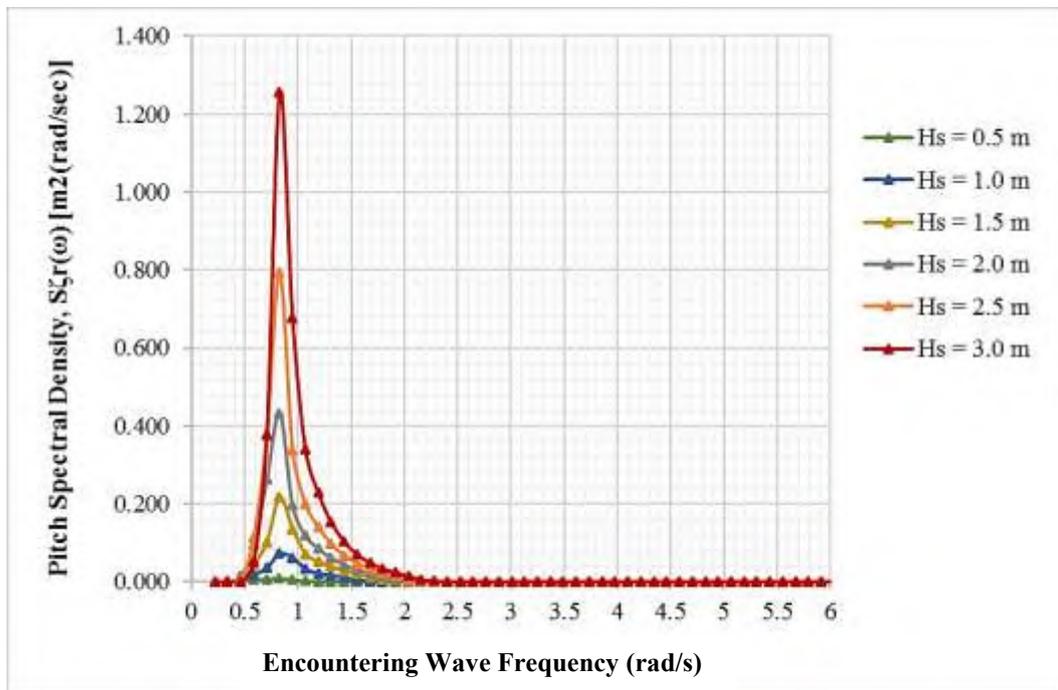
Gambar 5.44 Spektra Respons *Heave* Kapal-1 Sudut *Heading* 45°

Dari Gambar 5.41 sampai 5.44 dapat diamati bahwa respons spektra *heave* untuk kapal-1 terhadap variasi tinggi gelombang 0.5 m sampai 3 m, dapat dilihat

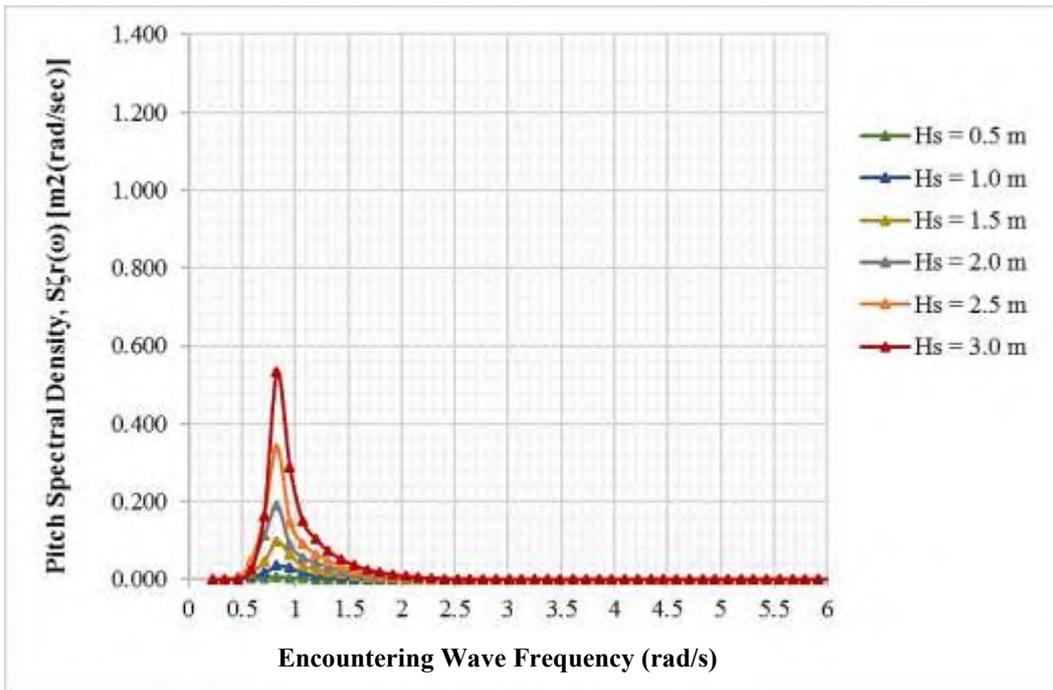
bahwa besarnya nilai maksimum spektra respons terjadi pada sudut *heading* 90° yaitu untuk setiap $H_s = 0.5$ m, $H_s = 1$ m, $H_s = 1.5$ m, $H_s = 2$ m, $H_s = 2.5$ m, dan $H_s = 3$ m secara berturut-turut adalah 0.007 m²(rad/s), 0.065 m²(rad/s), 0.213 m²(rad/s), 0.432 m²(rad/s), 0.812 m²(rad/s), dan 1.308 m²(rad/s) pada frekuensi yang sama yaitu 0.827 rad/s.

5.4.1.2. Spektra Respons Pitch pada Model Kapal-1

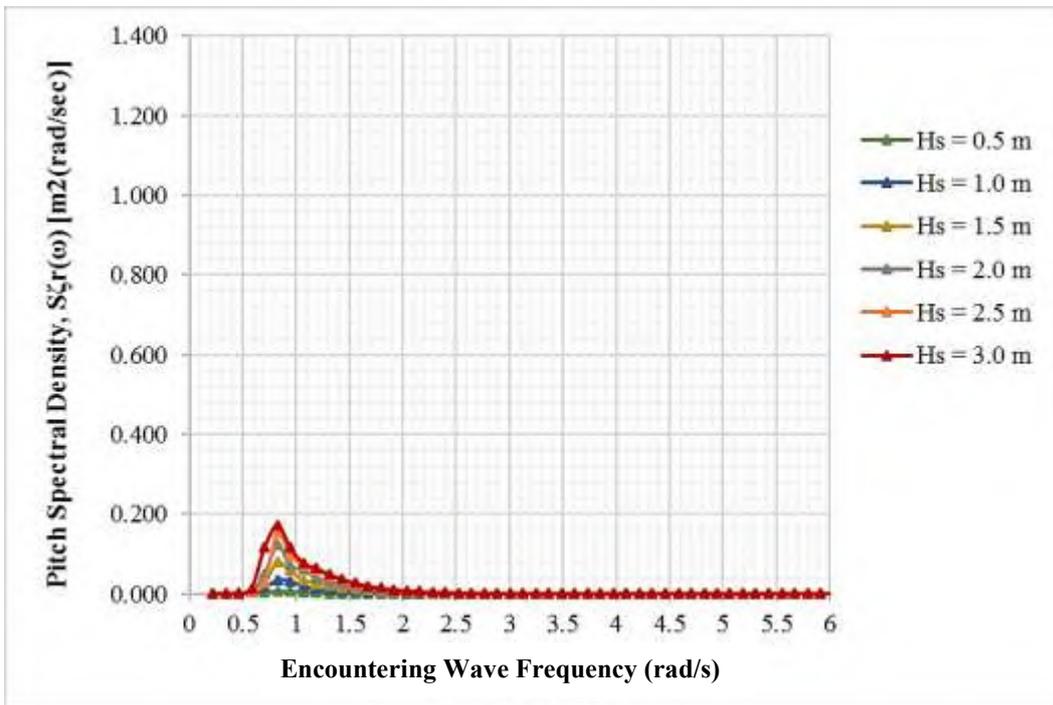
Untuk spektra respons *pitch* model kapal-1 pada kecepatan 7 knot dapat dilihat pada Gambar 5.45-5.48 sebagai berikut:



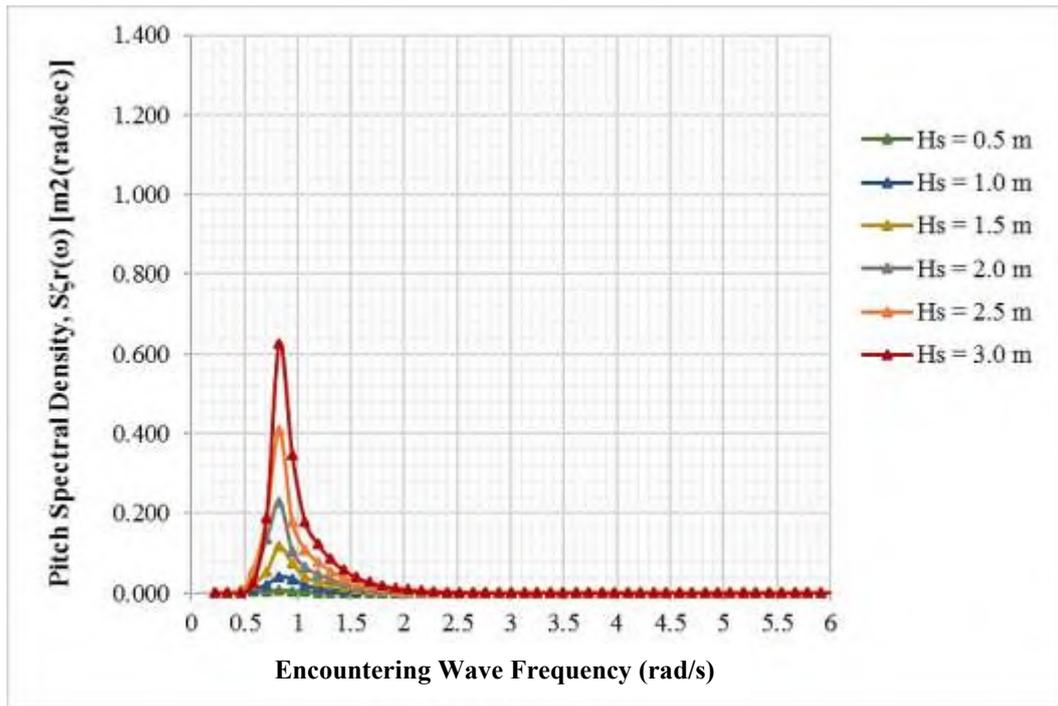
Gambar 5.45 Spektra Respons *Pitch* Kapal-1 Sudut *Heading* 180°



Gambar 5.46 Spektra Respons *Pitch* Kapal-1 Sudut *Heading* 135°



Gambar 5.47 Spektra Respons *Pitch* Kapal-1 Sudut *Heading* 90°

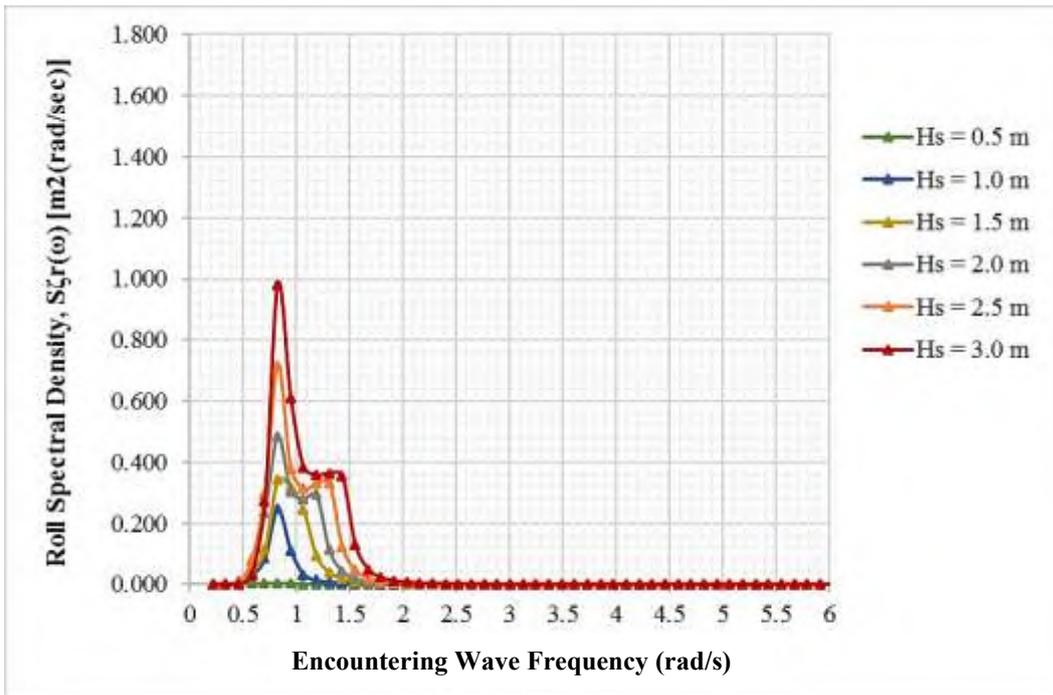


Gambar 5.48 Spektra Respons *Pitch* Kapal-1 Sudut *Heading* 45°

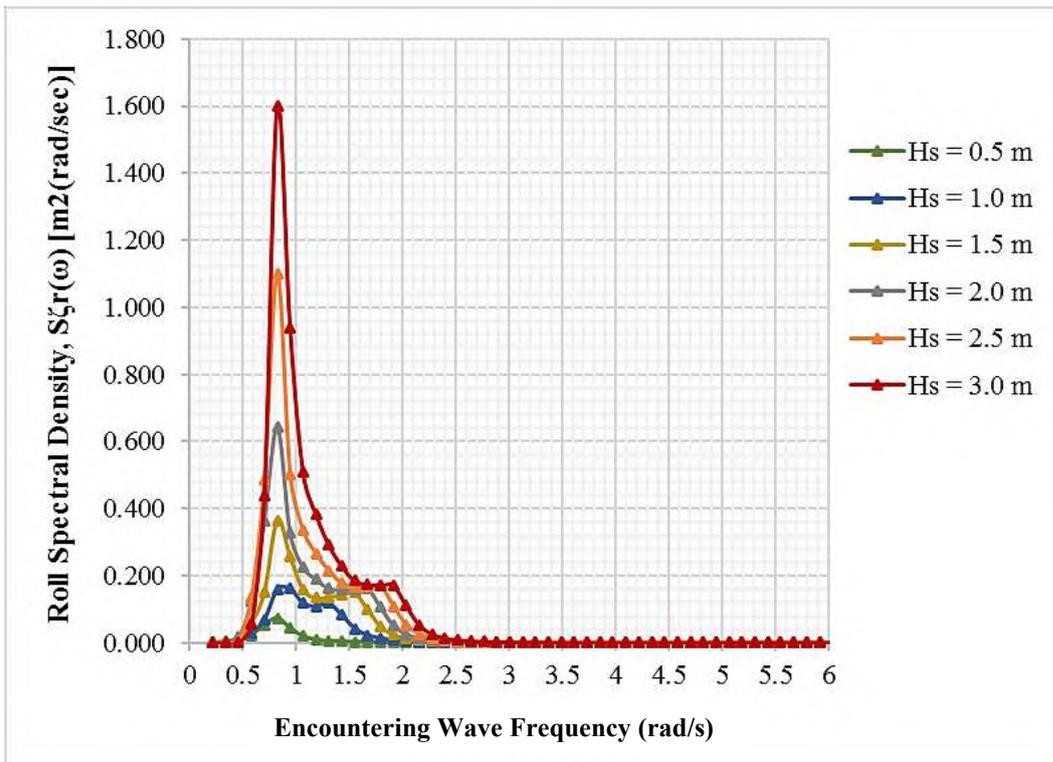
Dari Gambar 5.45 sampai 5.48 dapat diamati bahwa respons spektra *pitch* untuk kapal-1 terhadap variasi tinggi gelombang 0.5 m sampai 3 m, dapat dilihat bahwa besarnya nilai maksimum spektra respons terjadi pada sudut *heading* 180° yaitu untuk setiap $H_s = 0.5$ m, $H_s = 1$ m, $H_s = 1.5$ m, $H_s = 2$ m, $H_s = 2.5$ m, dan $H_s = 3$ m secara berturut-turut adalah $0.010 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, $0.073 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, $0.218 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, $0.431 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, $0.792 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, dan $1.256 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$ pada frekuensi yang sama yaitu $0.827 \text{ rad}/\text{s}$.

5.4.1.3. Spektra Respons Roll pada Model Kapal-1

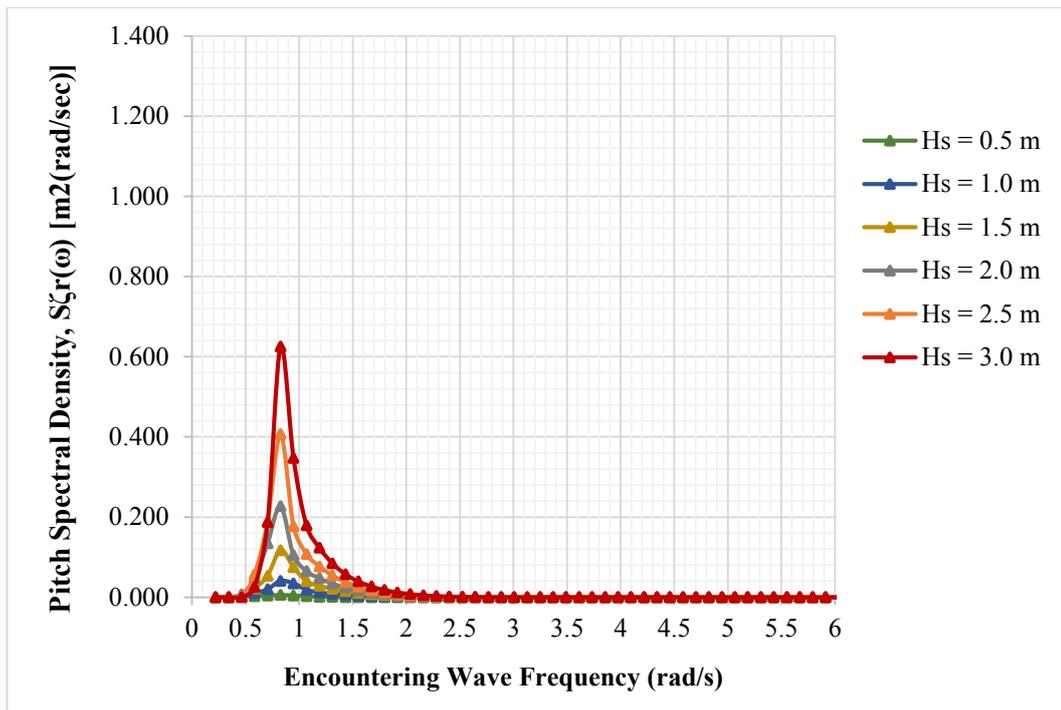
Untuk spektra respons *roll* model kapal-1 pada kecepatan 7 knot dapat dilihat pada Gambar 5.49-5.51 sebagai berikut:



Gambar 5.49 Spektra Respons Roll Kapal-1 Sudut Heading 135°



Gambar 5.50 Spektra Respons Roll Kapal-1 Sudut Heading 90°



Gambar 5.51 Spektra Respons *Roll* Kapal-1 Sudut *Heading* 45°

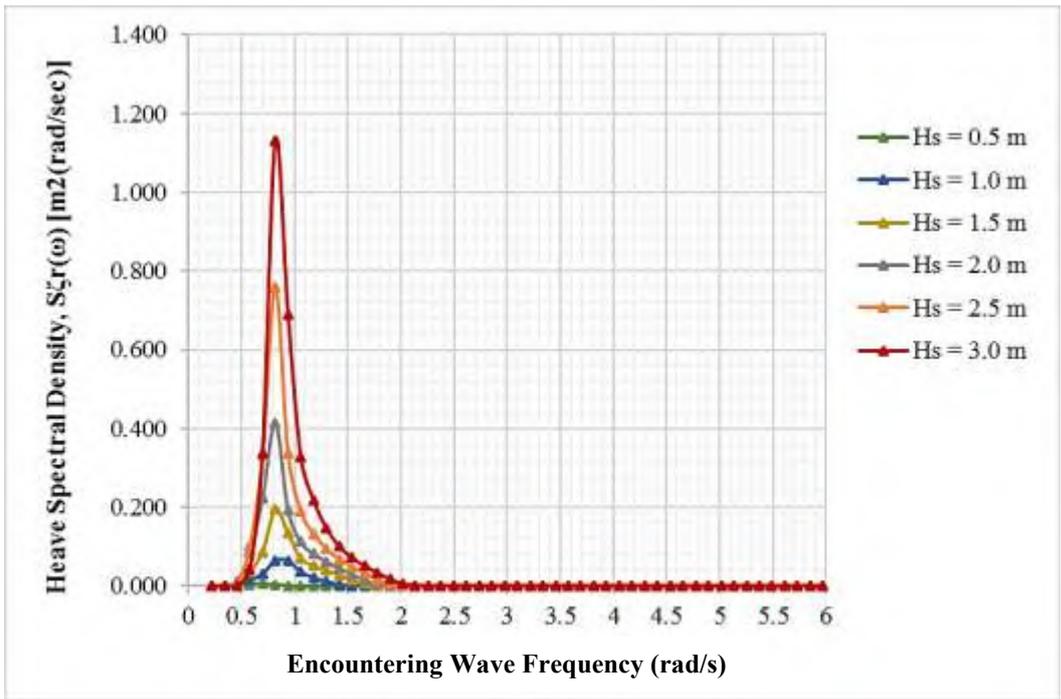
Dari Gambar 5.49 sampai 5.51 dapat diamati bahwa respons spektra *roll* untuk kapal-1 terhadap variasi tinggi gelombang 0.5 m sampai 3 m, dapat dilihat bahwa besarnya nilai maksimum spektra respons terjadi pada sudut *heading* 90° yaitu untuk setiap $H_s = 0.5$ m, $H_s = 1$ m, $H_s = 1.5$ m, $H_s = 2$ m, $H_s = 2.5$ m, dan $H_s = 3$ m secara berturut-turut adalah $0.073 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, $0.160 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, $0.365 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, $0.642 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, $1.099 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, dan $1.601 \text{ m}^2(\text{rad/s})$ pada frekuensi yang sama yaitu 0.827 rad/s .

5.4.2. Spektra Respons pada Kapal-2

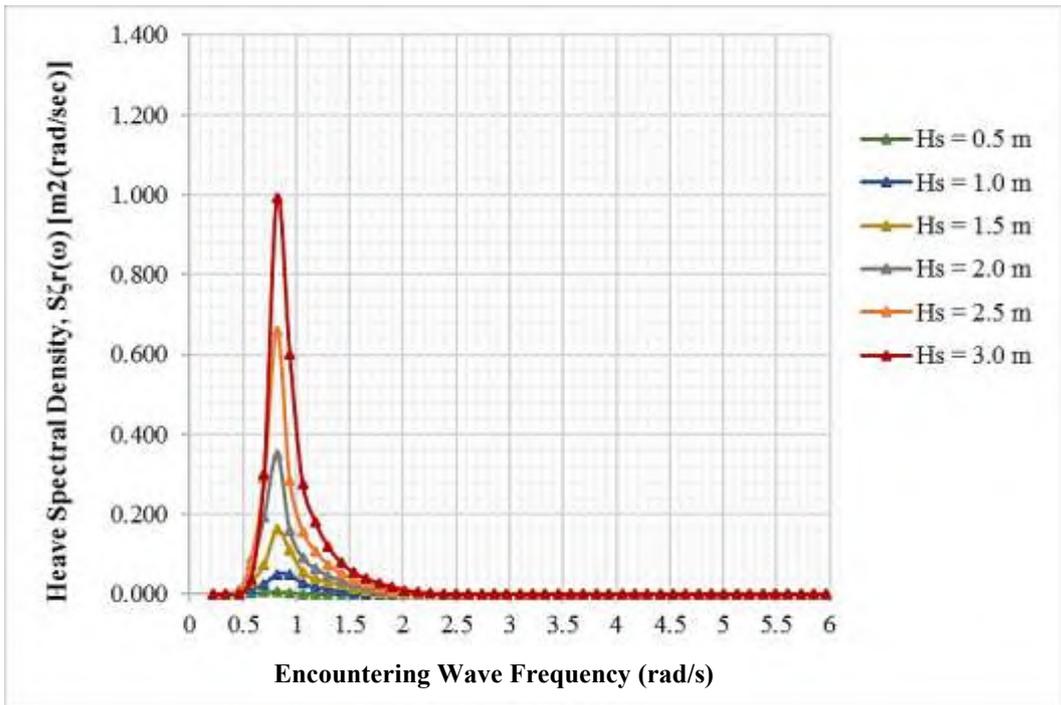
Dalam perhitungan spektra respons untuk kapal-2 dilakukan pada kecepatan 7 knot. Hasil dari plot spektra respons gerakan model kapal-2 Puger dapat dilihat pada Gambar 5.52-5.62. Dalam Gambar 5.52-5.62 kurva spektra respons gerakan *heave*, *pitch*, dan *roll* yang dihitung menurut kenaikan gelombang signifikan mulai dari 0.5 m sampai 3 m.

5.4.2.1. Spektra Respons Heave pada Model Kapal-2

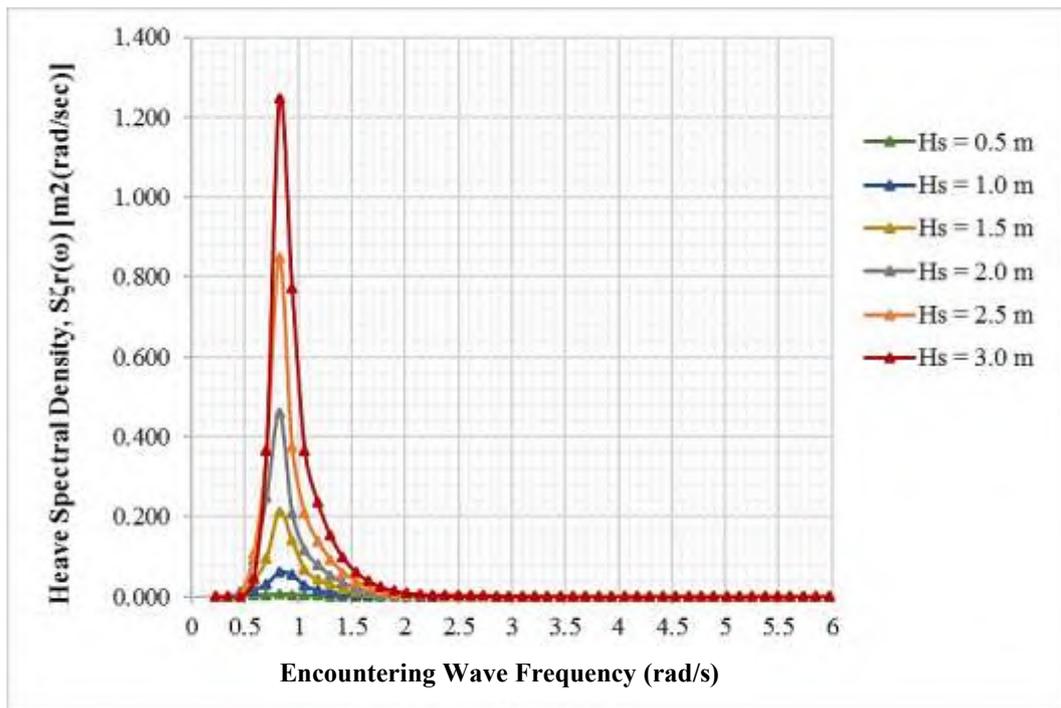
Untuk spektra respons *heave* model kapal-2 pada kecepatan 7 knot dapat dilihat pada Gambar 5.52-5.55 sebagai berikut:



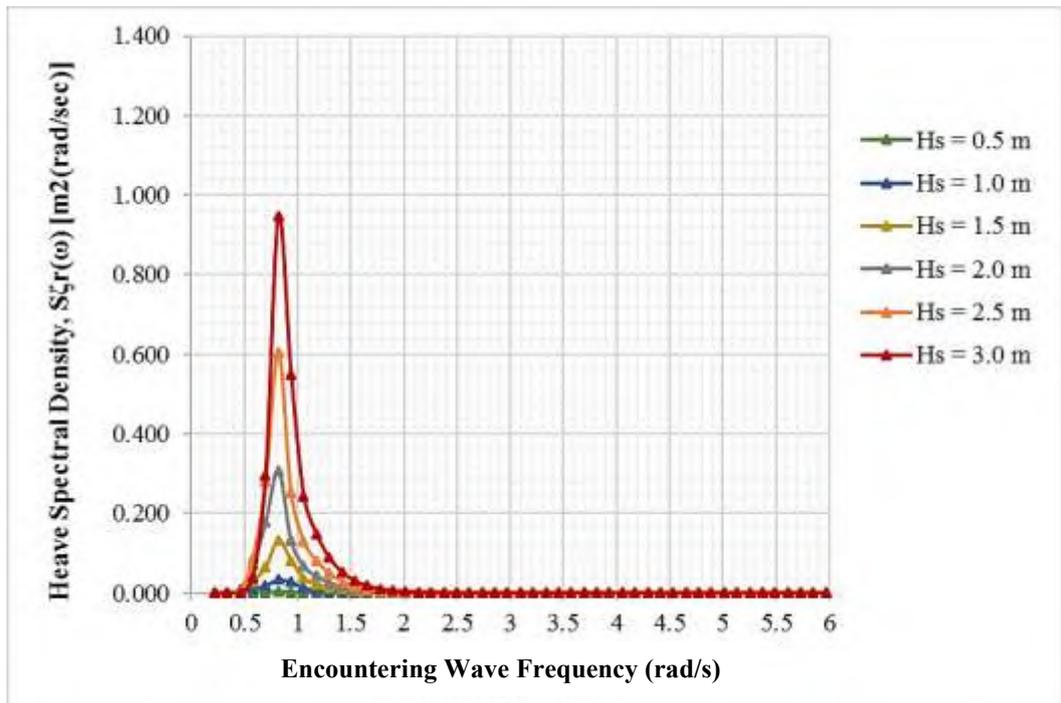
Gambar 5.52 Spektra Respons *Heave* Kapal-2 Sudut *Heading* 180°



Gambar 5.53 Spektra Respons *Heave* Kapal-2 Sudut *Heading* 135°



Gambar 5.54 Spektra Respons *Heave* Kapal-2 Sudut *Heading* 90°



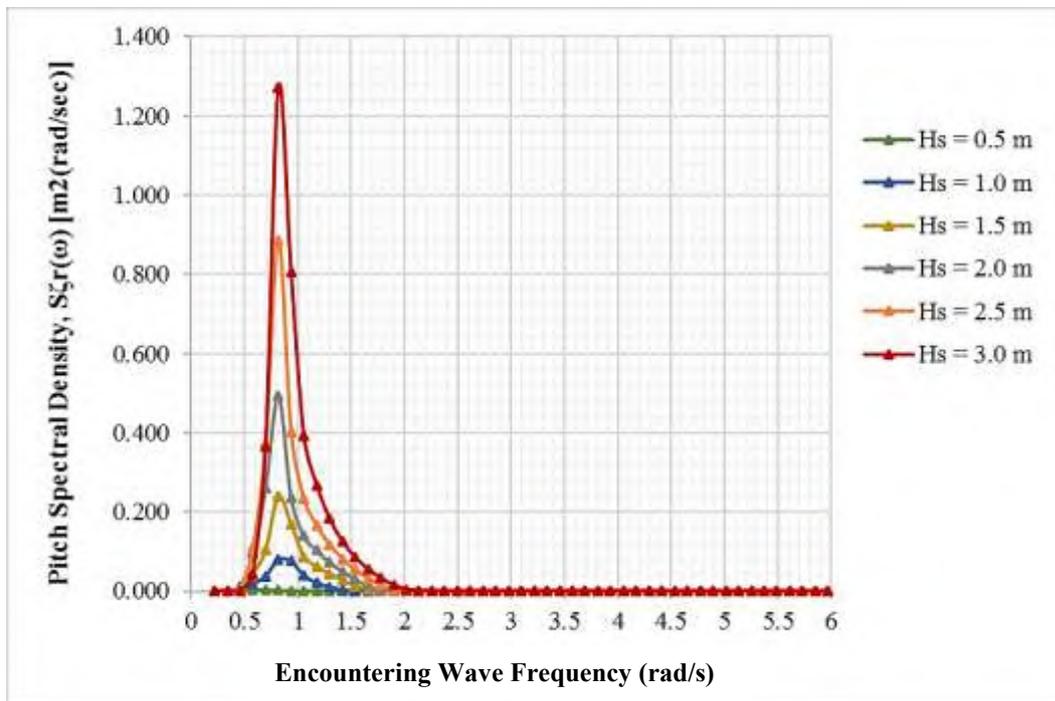
Gambar 5.55 Spektra Respons *Heave* Kapal-2 Sudut *Heading* 45°

Dari Gambar 5.52 sampai 5.55 dapat diamati bahwa respons spektra *heave* untuk kapal-2 terhadap variasi tinggi gelombang 0.5 m sampai 3 m, dapat dilihat

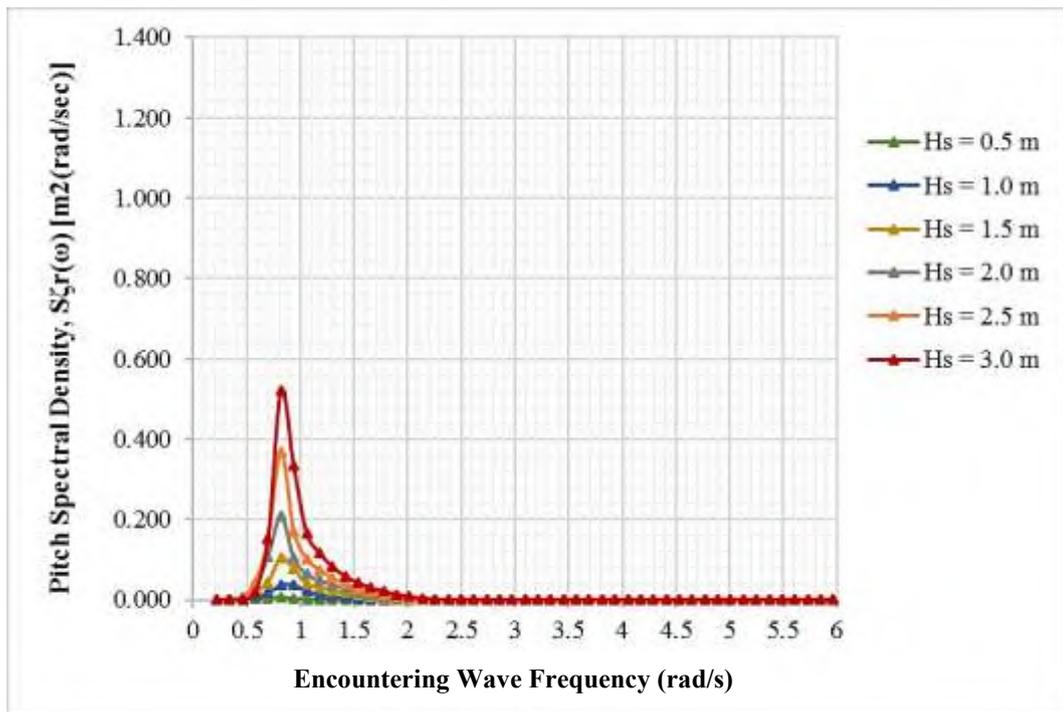
bahwa besarnya nilai maksimum spektra respons terjadi pada sudut *heading* 90° yaitu untuk setiap $H_s = 0.5$ m, $H_s = 1$ m, $H_s = 1.5$ m, $H_s = 2$ m, $H_s = 2.5$ m, dan $H_s = 3$ m secara berturut-turut adalah $0.006 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, $0.062 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, $0.213 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, $0.459 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, $0.868 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, dan $1.246 \text{ m}^2(\text{rad/s})$ pada frekuensi yang sama yaitu 0.819 rad/s .

5.4.2.2. Spektra Respons Pitch pada Model Kapal-2

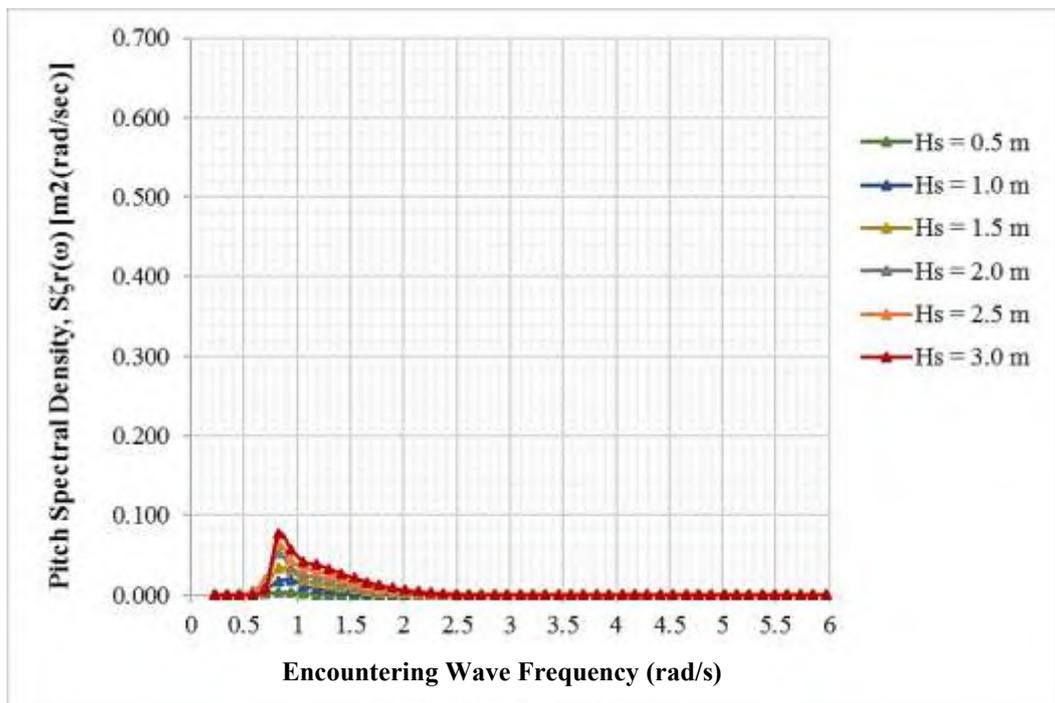
Untuk spektra respons *pitch* model kapal-2 pada kecepatan 7 knot dapat dilihat pada Gambar 5.56-5.59 sebagai berikut:



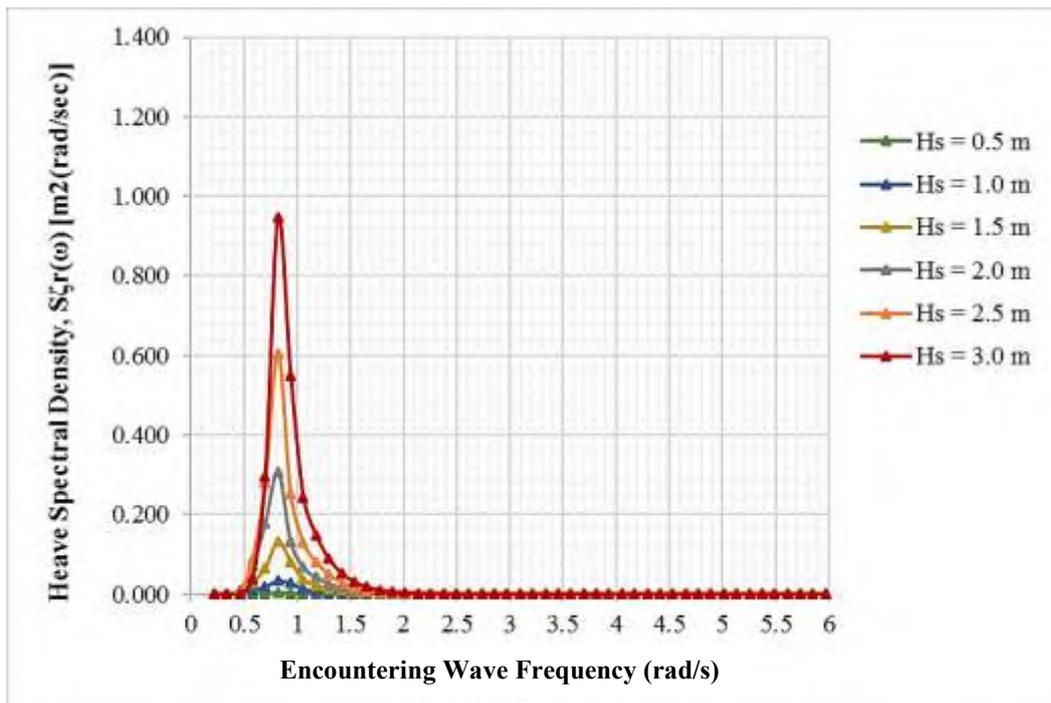
Gambar 5.56 Spektra Respons *Pitch* Kapal-2 Sudut *Heading* 180°



Gambar 5.57 Spektra Respons *Pitch* Kapal-2 Sudut *Heading* 135°



Gambar 5.58 Spektra Respons *Pitch* Kapal-2 Sudut *Heading* 90°

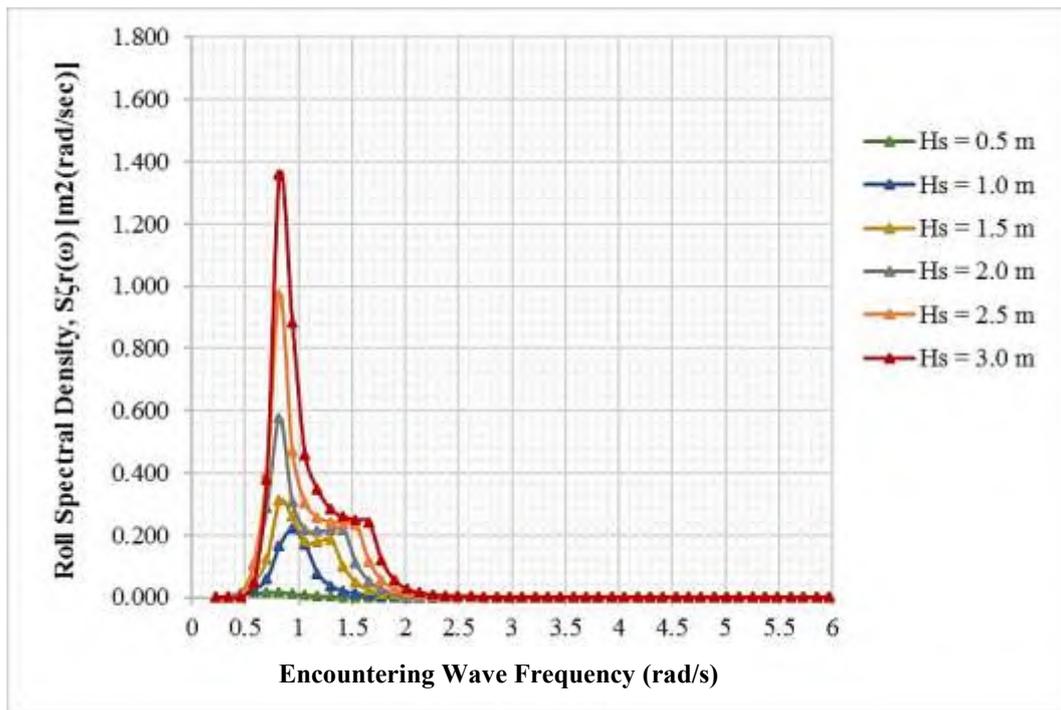


Gambar 5.59 Spektra Respons *Pitch* Kapal-2 Sudut *Heading* 45°

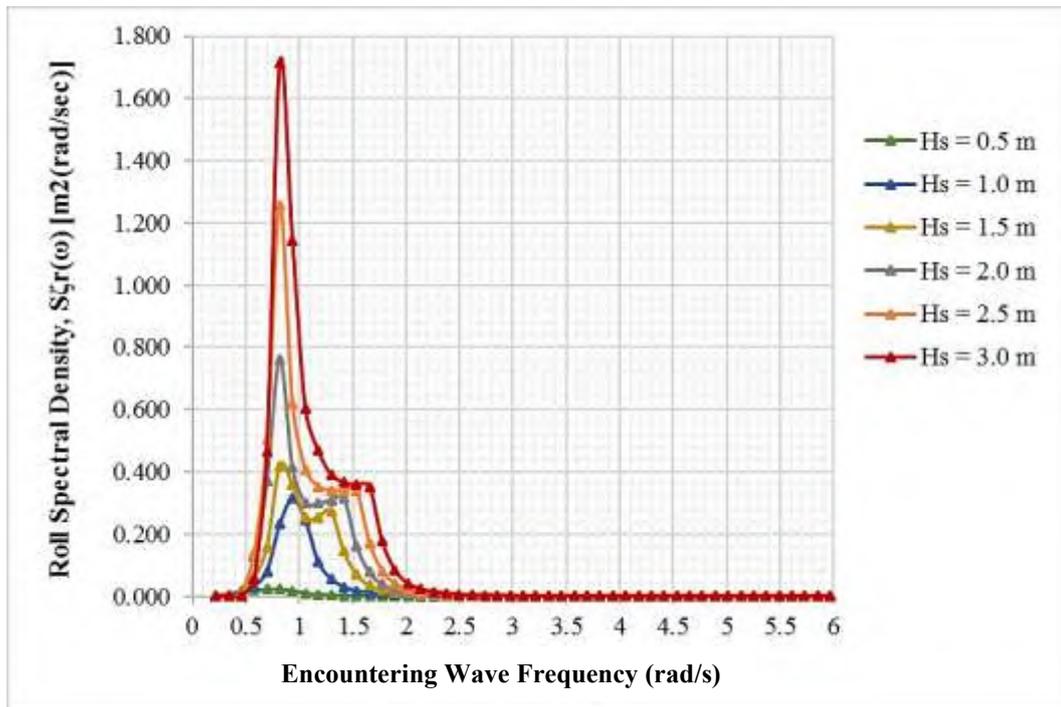
Dari Gambar 5.56 sampai 5.59 dapat diamati bahwa respons spektra *pitch* untuk kapal-2 terhadap variasi tinggi gelombang 0.5 m sampai 3 m, dapat dilihat bahwa besarnya nilai maksimum spektra respons terjadi pada sudut *heading* 180° yaitu untuk setiap $H_s = 0.5$ m, $H_s = 1$ m, $H_s = 1.5$ m, $H_s = 2$ m, $H_s = 2.5$ m, dan $H_s = 3$ m secara berturut-turut adalah $0.004 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, $0.080 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, $0.240 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, $0.494 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, $0.886 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, dan $1.271 \text{ m}^2(\text{rad/s})$ pada frekuensi yang sama yaitu 0.819 rad/s .

5.4.2.3. Spektra Respons Roll pada Model Kapal-2

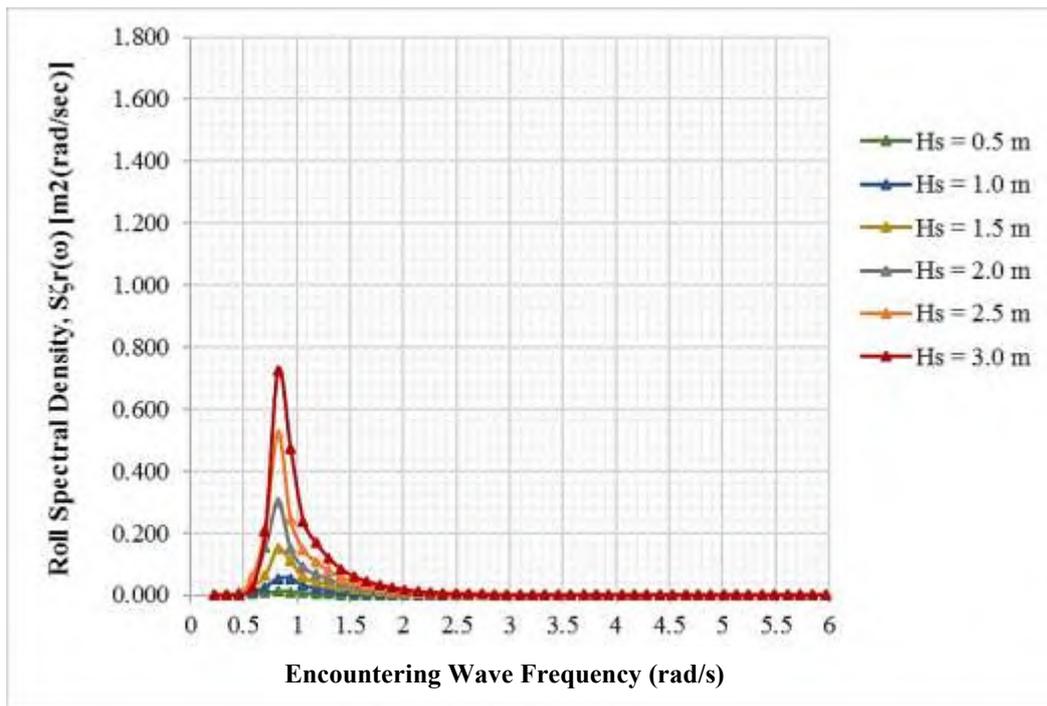
Untuk spektra respons *roll* model kapal-2 pada kecepatan 7 knot dapat dilihat pada Gambar 5.60-5.62 sebagai berikut:



Gambar 5.60 Spektra Respons *Roll* Kapal-2 Sudut *Heading* 135°



Gambar 5.61 Spektra Respons *Roll* Kapal-2 Sudut *Heading* 90°



Gambar 5.62 Spektra Respons *Roll* Kapal-2 Sudut *Heading* 45°

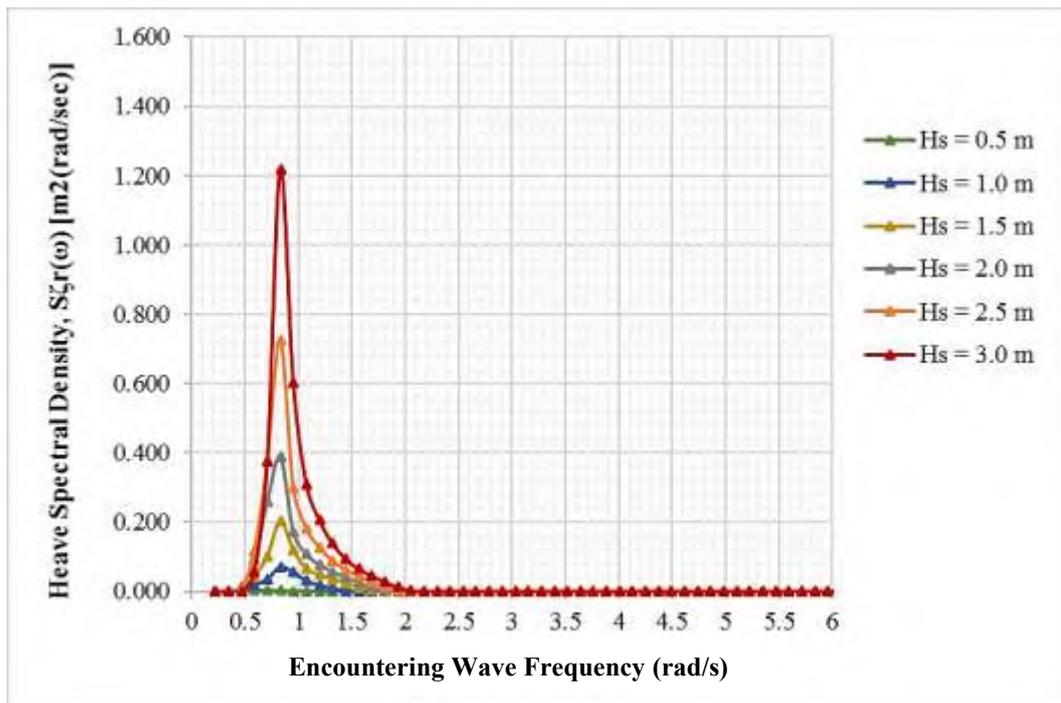
Dari Gambar 5.60 sampai 5.62 dapat diamati bahwa respons spektra *roll* untuk kapal-2 terhadap variasi tinggi gelombang 0.5 m sampai 3 m, dapat dilihat bahwa besarnya nilai maksimum spektra respons terjadi pada sudut *heading* 90° yaitu untuk setiap $H_s = 0.5$ m, $H_s = 1$ m, $H_s = 1.5$ m, $H_s = 2$ m, $H_s = 2.5$ m, dan $H_s = 3$ m secara berturut-turut adalah $0.024 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, $0.315 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, $0.419 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, $0.761 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, $1.257 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, dan $1.713 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$ pada frekuensi yang sama yaitu $0.819 \text{ rad}/\text{s}$.

5.4.3. Spektra Respons pada Kapal-3

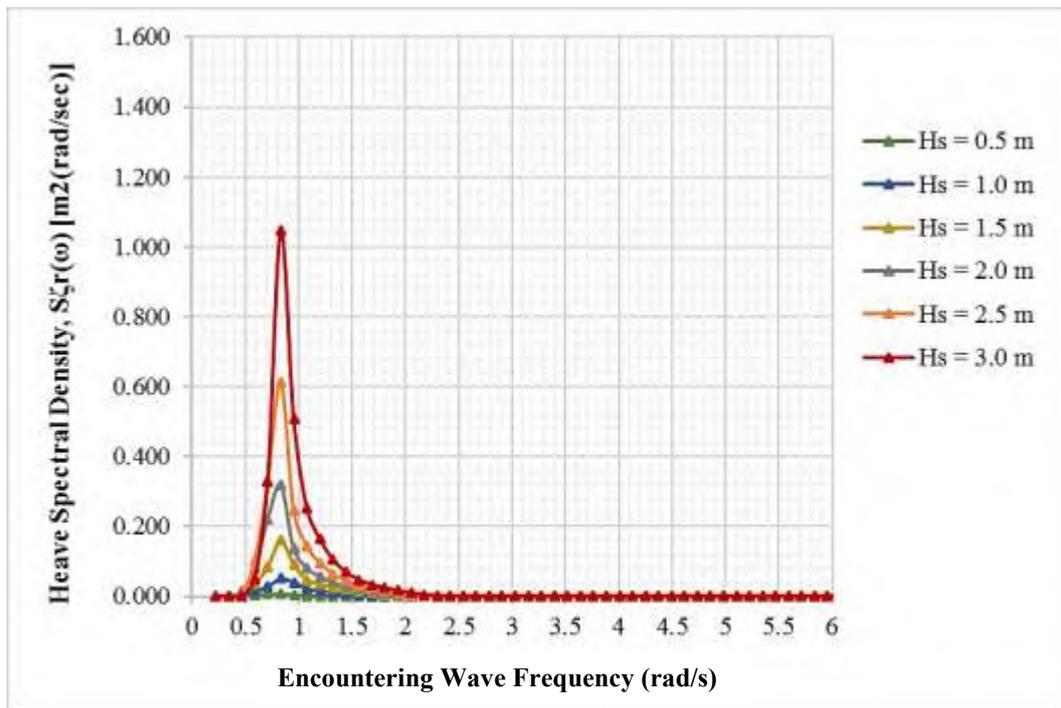
Dalam perhitungan spektra respons untuk kapal-3 dilakukan pada kecepatan 7 knot. Hasil dari plot spektra respons gerakan model kapal-3 Puger dapat dilihat pada Gambar 5.63-5.73. Dalam Gambar 5.62-5.72 kurva spektra respons gerakan *heave*, *pitch*, dan *roll* yang dihitung menurut kenaikan gelombang signifikan mulai dari 0.5 m sampai 3 m.

5.4.3.1. Spektra Respons Heave pada Model Kapal-3

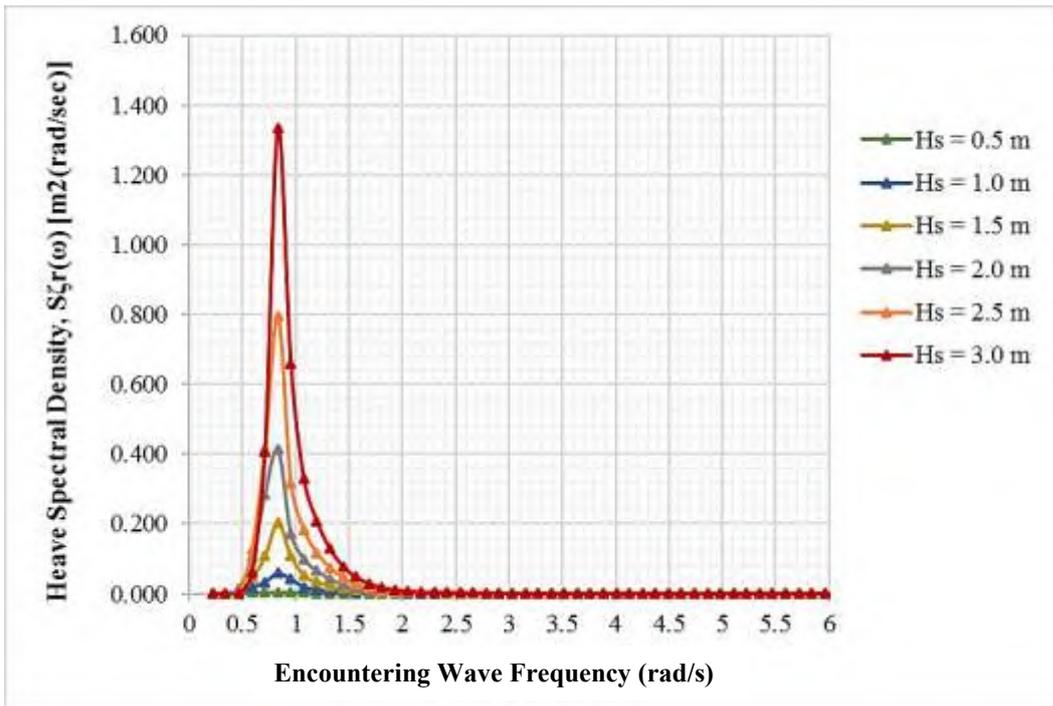
Untuk spektra respons *heave* model kapal-3 pada kecepatan 7 knot dapat dilihat pada Gambar 5.63-5.66 sebagai berikut:



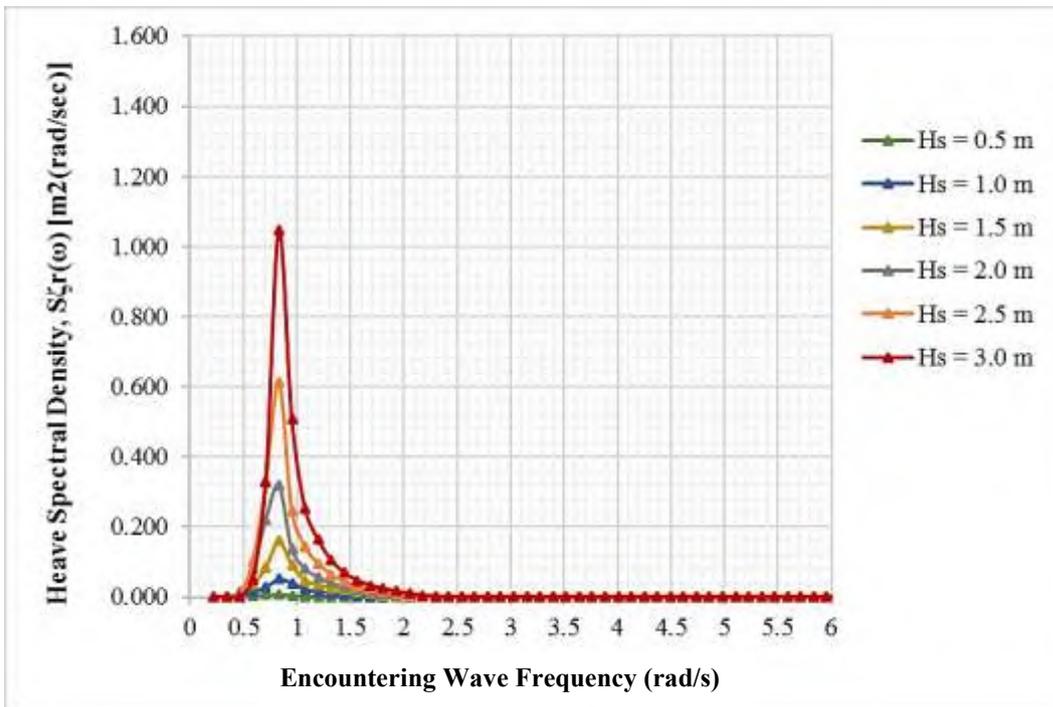
Gambar 5.63 Spektra Respons *Heave* Kapal-3 Sudut *Heading* 180°



Gambar 5.64 Spektra Respons *Heave* Kapal-3 Sudut *Heading* 135°



Gambar 5.65 Spektra Respons *Heave* Kapal-3 Sudut *Heading* 90°



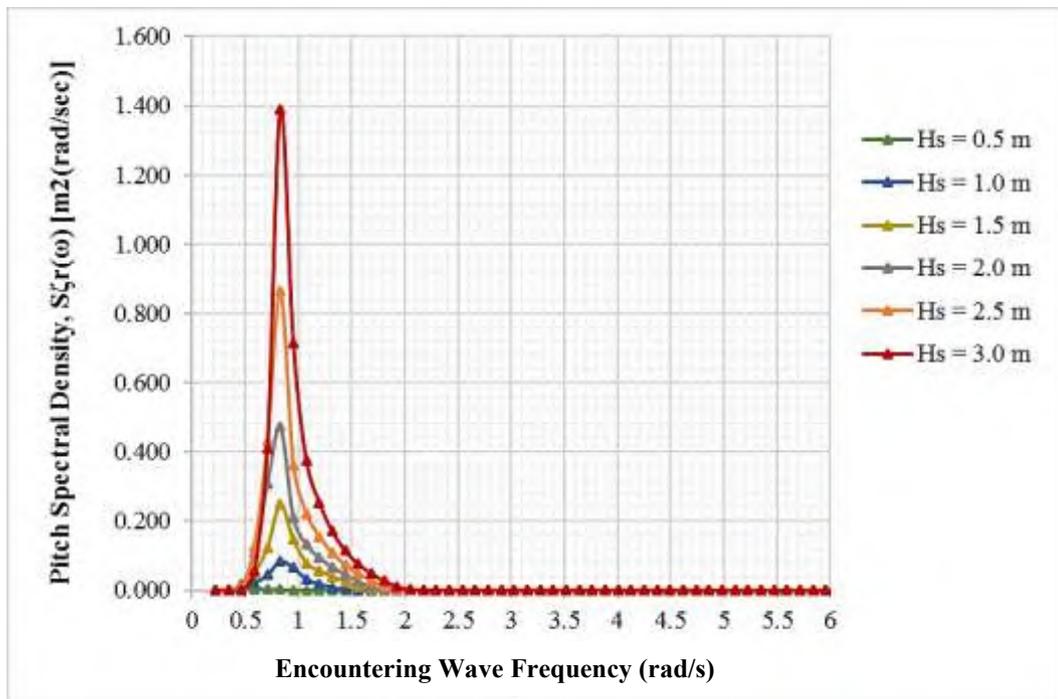
Gambar 5.66 Spektra Respons *Heave* Kapal-3 Sudut *Heading* 45°

Dari Gambar 5.63 sampai 5.66 dapat diamati bahwa respons spektra *heave* untuk kapal-3 terhadap variasi tinggi gelombang 0.5 m sampai 3 m, dapat dilihat

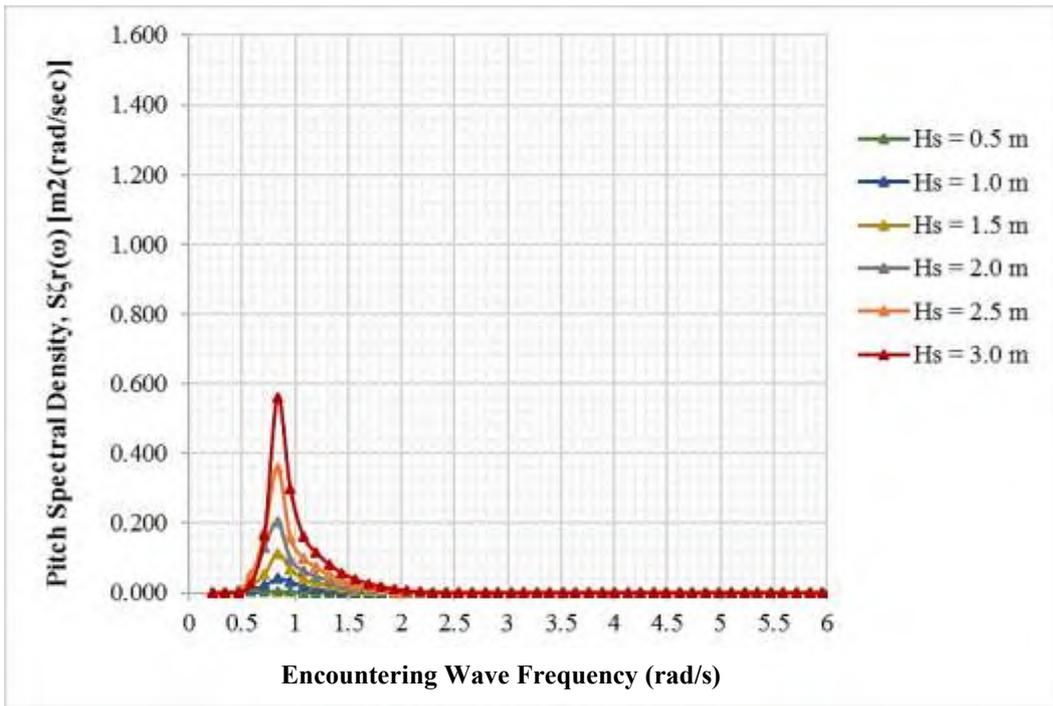
bahwa besarnya nilai maksimum spektra respons terjadi pada sudut *heading* 90° yaitu untuk setiap $H_s = 0.5$ m, $H_s = 1$ m, $H_s = 1.5$ m, $H_s = 2$ m, $H_s = 2.5$ m, dan $H_s = 3$ m secara berturut-turut adalah $0.005 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, $0.059 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, $0.205 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, $0.413 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, $0.794 \text{ m}^2(\text{rad/s})$, dan $1.336 \text{ m}^2(\text{rad/s})$ pada frekuensi yang sama yaitu 0.832 rad/s .

5.4.3.2. Spektra Respons Pitch pada Model Kapal-3

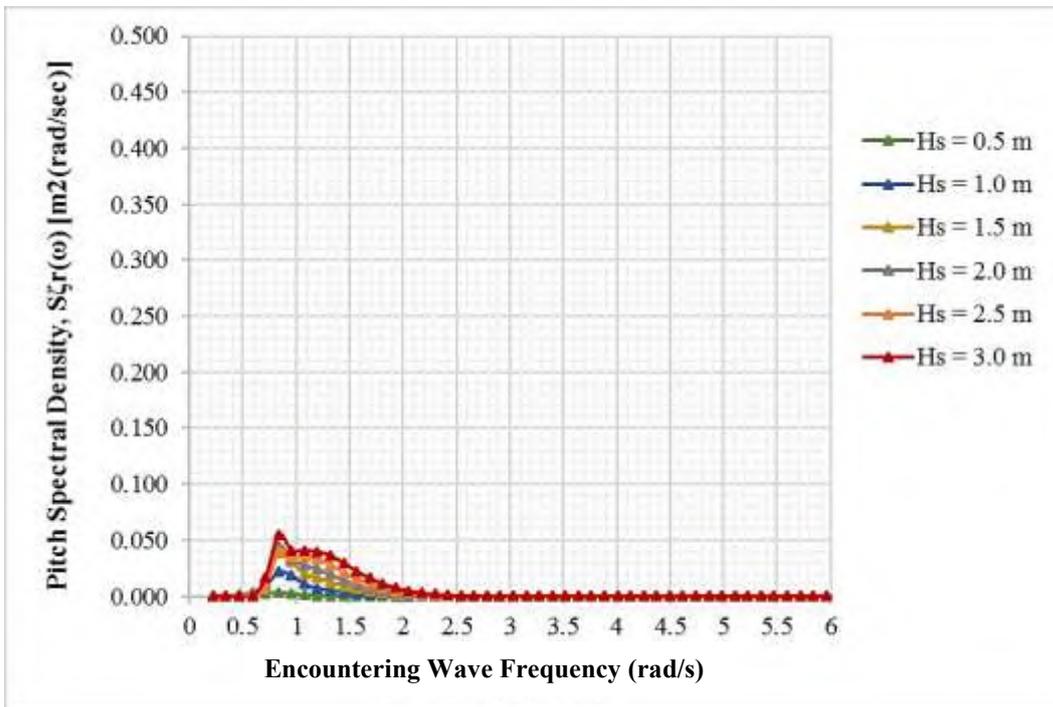
Untuk spektra respons *pitch* model kapal-3 pada kecepatan 7 knot dapat dilihat pada Gambar 5.67-5.70 sebagai berikut:



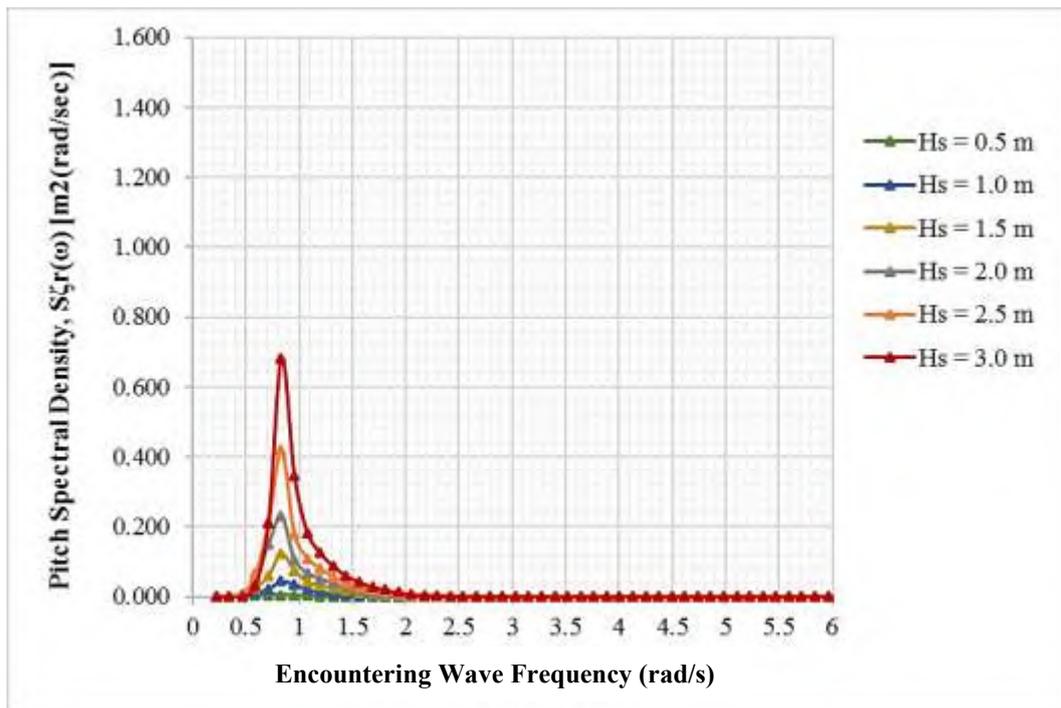
Gambar 5.67 Spektra Respons *Pitch* Kapal-3 Sudut *Heading* 180°



Gambar 5.68 Spektra Respons *Pitch* Kapal-3 Sudut *Heading* 135°



Gambar 5.69 Spektra Respons *Pitch* Kapal-3 Sudut *Heading* 90°

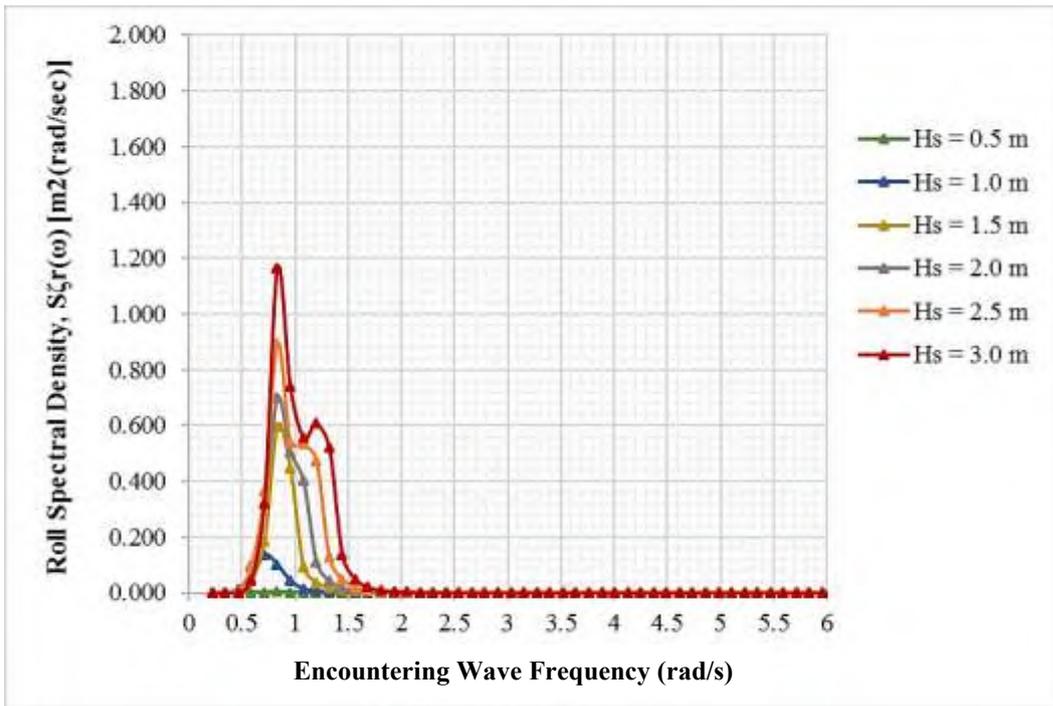


Gambar 5.70 Spektra Respons *Pitch* Kapal-3 Sudut *Heading* 45°

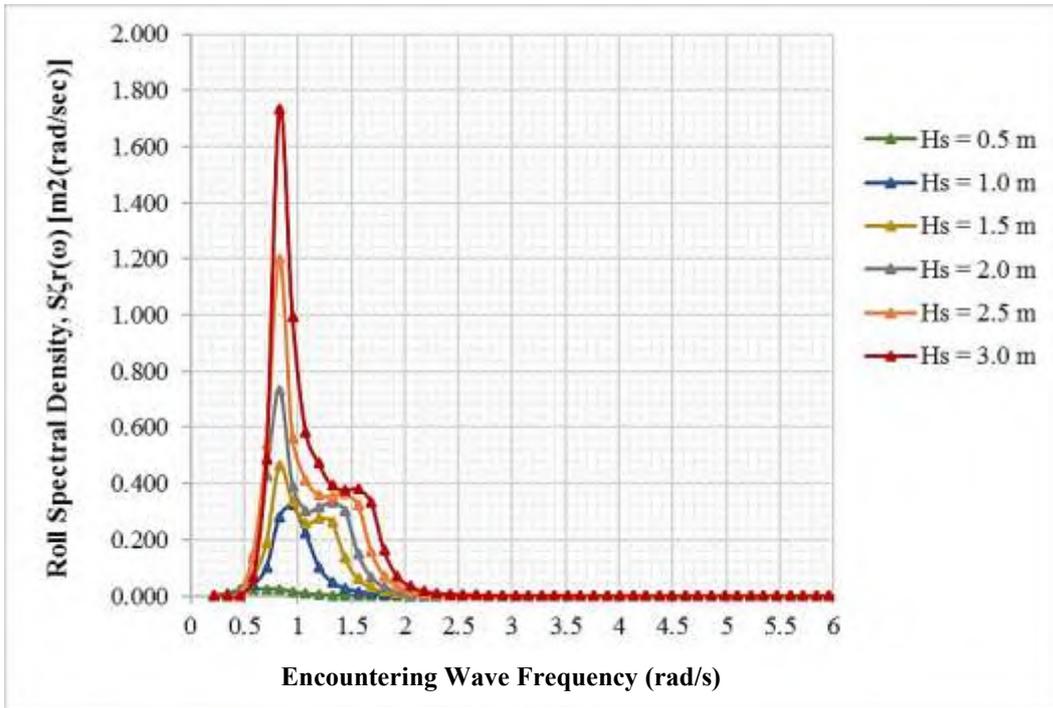
Dari Gambar 5.67 sampai 5.70 dapat diamati bahwa respons spektra *pitch* untuk kapal-3 terhadap variasi tinggi gelombang 0.5 m sampai 3 m, dapat dilihat bahwa besarnya nilai maksimum spektra respons terjadi pada sudut *heading* 180° yaitu untuk setiap $H_s = 0.5$ m, $H_s = 1$ m, $H_s = 1.5$ m, $H_s = 2$ m, $H_s = 2.5$ m, dan $H_s = 3$ m secara berturut-turut adalah $0.004 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, $0.085 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, $0.249 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, $0.471 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, $0.863 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, dan $1.391 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$ pada frekuensi yang sama yaitu $0.832 \text{ rad}/\text{s}$.

5.4.3.3. Spektra Respons Roll pada Model Kapal-3

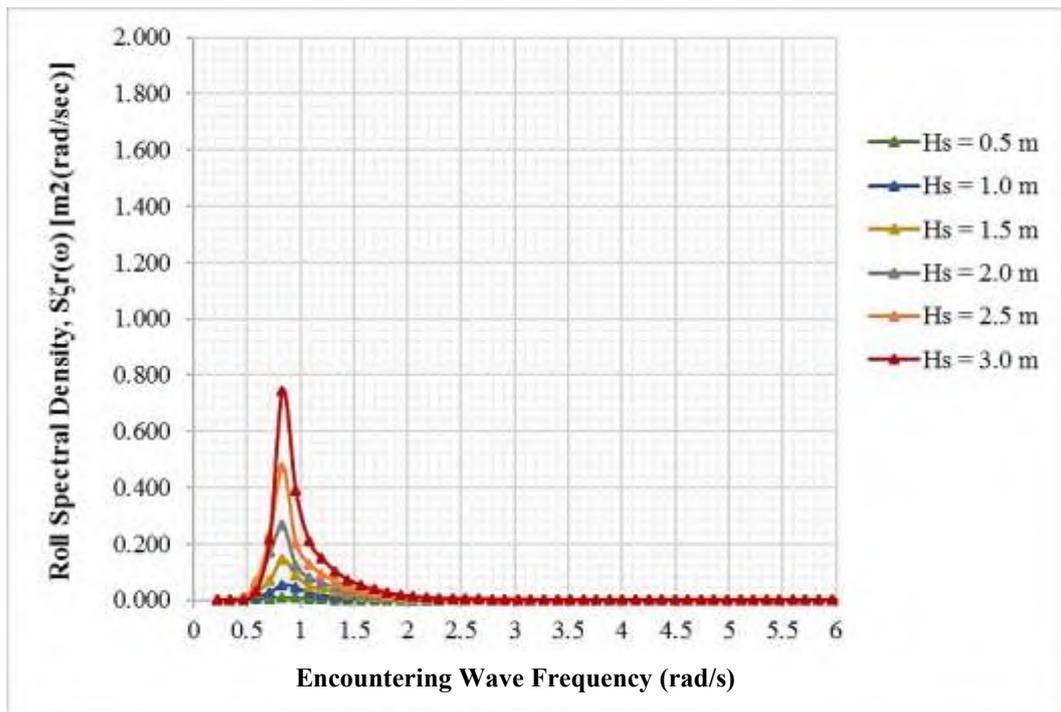
Untuk spektra respons *roll* model kapal-3 pada kecepatan 7 knot dapat dilihat pada Gambar 5.71-5.73 sebagai berikut:



Gambar 5.71 Spektra Respons *Roll* Kapal-3 Sudut *Heading* 135°



Gambar 5.72 Spektra Respons *Roll* Kapal-3 Sudut *Heading* 90°



Gambar 5.73 Spektra Respons *Roll* Kapal-3 Sudut *Heading* 45°

Dari Gambar 5.71 sampai 5.73 dapat diamati bahwa respons spektra *roll* untuk kapal-3 terhadap variasi tinggi gelombang 0.5 m sampai 3 m, dapat dilihat bahwa besarnya nilai maksimum spektra respons terjadi pada sudut *heading* 90° yaitu untuk setiap $H_s = 0.5$ m, $H_s = 1$ m, $H_s = 1.5$ m, $H_s = 2$ m, $H_s = 2.5$ m, dan $H_s = 3$ m secara berturut-turut adalah $0.024 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, $0.323 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, $0.463 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, $0.732 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, $1.199 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$, dan $1.734 \text{ m}^2(\text{rad}/\text{s})$ pada frekuensi yang sama yaitu $0.832 \text{ rad}/\text{s}$.

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan untuk setiap kapal ikan Puger, besarnya respons gerak terbesar untuk setiap mode gerakan, sebagian besar terjadi pada *heading angle* yang mengakibatkan nilai maksimum RAO terbesar. Hal tersebut terjadi karena respons gerak merupakan hasil kali antara kuadrat RAO (RAO^2) dengan spectrum gelombang, sehingga pada kondisi gelombang yang sama, jadi kenaikan RAO akan mengakibatkan kenaikan pada nilai respons geraknya. Dapat disimpulkan, pada nilai maksimum RAO terbesar akan menghasilkan nilai respons gerak yang relatif lebih besar untuk setiap spectrum gelombang yang sama.

5.5 Gerakan Signifikan Amplitudo Kapal Ikan Puger

Dalam hal ini, untuk menilai kualitas gerakan berdasarkan kondisi lingkungan dapat dihitung berdasarkan tinggi *significant Amplitude* dari gerakannya. Perkiraan tinggi gelombang signifikan digunakan sebagai perhitungan, disini diciptakan variasi dari gelombang signifikan yaitu dari 0.5 m sampai 3 m.

Signifikan amplitudo diperoleh dengan menggunakan rumus Persamaan (5.6) sebagai berikut:

$$(\phi_a)_{1/3} = 2\sqrt{m_o \times CF} \quad (5.6)$$

dimana:

$$m_o = \frac{1}{3} \times \Delta\omega \times \sum 0 \quad (5.7)$$

$$CF = (1 - \varepsilon^2)^{1/2} \quad (5.8)$$

$$\varepsilon^2 = \frac{m_o m_4 - m_2^2}{m_o m_4} \quad (5.9)$$

$(\phi_a)_{1/3}$: signifikan amplitudo

m_o, m_2, m_4 : area dibawah kurva spectra respons

CF : *correction factor*

$\Delta\omega$: selisih *wave frequency* (rad/s)

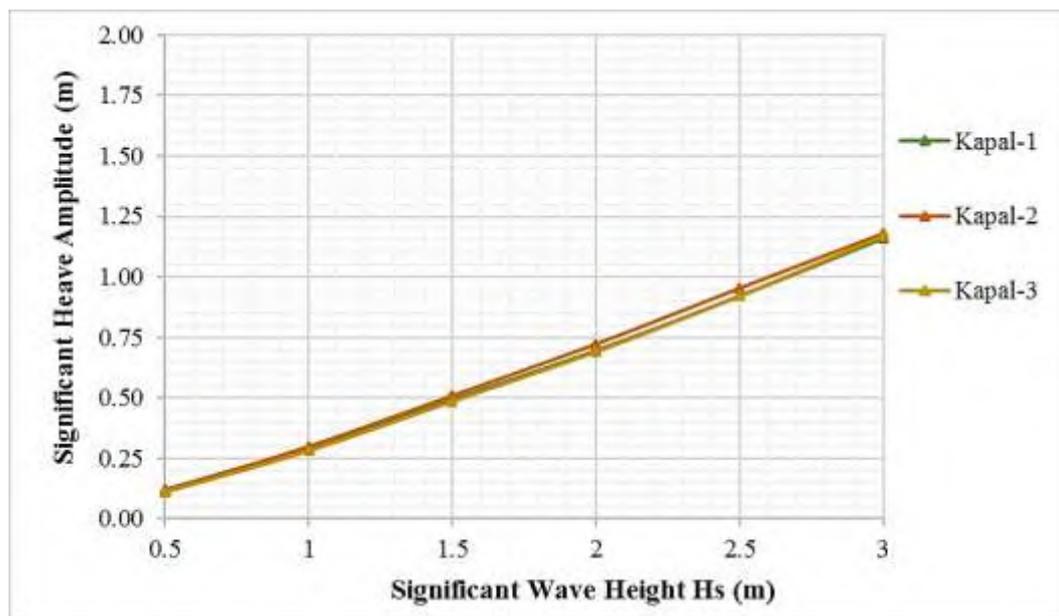
$\sum 0$: jumlah perkalian antara spektra respons dengan factor simpson.

Sebagai contoh untuk $H_s = 0.5$ m pada Kapal-1, diketahui $\Delta\omega = 0.121$ rad/s dan $\sum 0 = 0.128$, sehingga $m_o = 0.005$. Kemudian dengan cara yang sama, nilai m_2 dan m_4 dapat dihitung sehingga dihasilkan nilai $m_2 = 0.007$ dan $m_4 = 0.020$. kemudian dengan menggunakan Persamaan (5.8) dapat diketahui nilai $CF = 0.725$ sehingga nilai $(\phi_a)_{1/3} = 0.122$ m. Perhitungan yang sama juga digunakan untuk H_s berikutnya sehingga dapat disajikan nilai signifikan amplitudo pada Tabel 5.2 sampai Tabel 5.4 untuk setiap gerakan *heave*, *pitch*, dan *roll* pada setiap Kapal yang dianalisa dengan kecepatan 7 knot.

Tabel 5.2 Perhitungan Signifikan *Heave* Amplitudo

Hs	Signifikan <i>heave</i> Amplitudo (Φ) _{1/3}		
	Kapal-1	Kapal-2	Kapal-3
0.5	0.122	0.114	0.110
1	0.297	0.298	0.281
1.5	0.497	0.508	0.486
2	0.698	0.721	0.691
2.5	0.923	0.952	0.922
3	1.162	1.178	1.171

Setelah perhitungan spektra respons *heave* dari ketiga kapal Puger, berikutnya adalah perbandingan kualitas dari gerakan ketiga kapal saat kapal berada di atas gelombang acak pada saat kapal melaju pada kecepatan 7 knot. Selanjutnya dilakukan dengan memplot perubahan intensitas gerakan setiap kenaikan gelombang signifikan seperti pada gambar grafik sebagai berikut:



Gambar 5.74 Kenaikan Amplitudo *Heave* Signifikan terhadap Kenaikan Tinggi Gelombang untuk Ketiga Kapal Ikan Puger dengan Kecepatan 7 knot.

Gambar 5.74 menunjukkan bahwa terjadi kenaikan amplitudo *heave* signifikan pada setiap kapal ikan Puger. Pada tinggi gelombang signifikan (Hs) antara 0.5 m sampai 3 m, nilai amplitudo signifikan *heave* terjadi pada kecepatan 7 knot kapal-2 mempunyai intensitas amplitudo *heave* signifikan yang paling tinggi diantara kedua kapal yang lainnya, kemudian kapal-3 memiliki intensitas amplitudo *heave* signifikan yang paling rendah pada Hs 0.5 m sampai 2.5 m, sedangkan kapal-1 berada ditengah keduanya, namun untuk Hs 3 m intensitas amplitudo *heave*

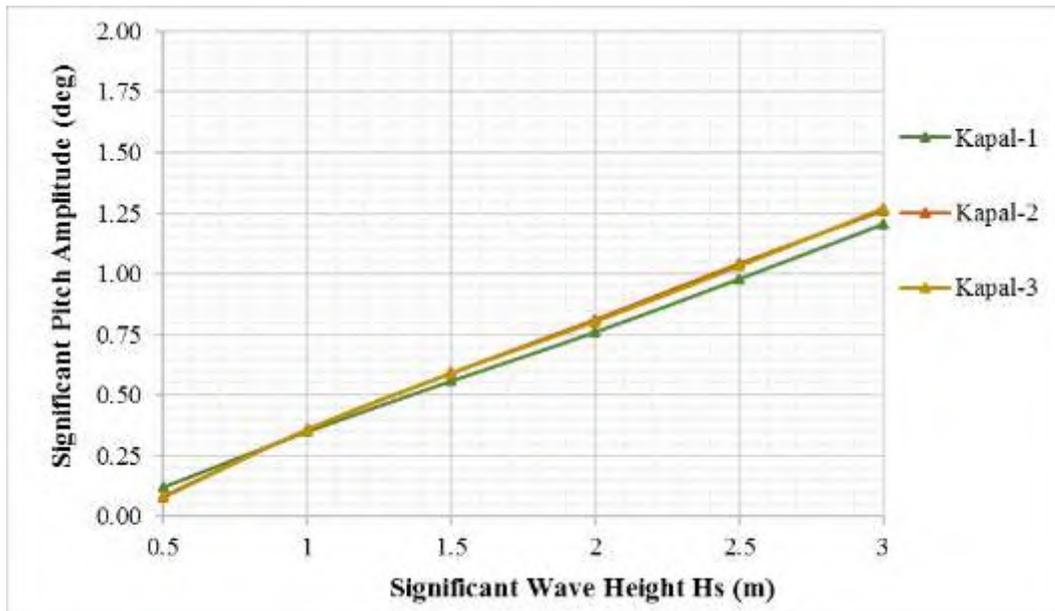
signifikannya lebih rendah dibandingkan kapal-3. Dengan mempertimbangkan faktor gerakan *heave* saja, maka kapal-3 yang dapat memberikan respons yang baik.

Selanjutnya perhitungan untuk signifikan respons gerakan *pitch* dari ketiga kapal ikan Puger. Hal ini dilakukan untuk memplot perubahan intensitas gerakan terhadap kenaikan tinggi gelombang signifikan, seperti ditunjukkan pada Tabel 5.3 sebagai berikut:

Tabel 5.3 Perhitungan Signifikan *Pitch* Amplitudo

Hs	Signifikan <i>pitch</i> Amplitudo $(\Phi)_{1/3}$		
	Kapal-1	Kapal-2	Kapal-3
0.5	0.123	0.083	0.084
1	0.351	0.361	0.358
1.5	0.559	0.593	0.590
2	0.760	0.813	0.804
2.5	0.978	1.043	1.033
3	1.203	1.261	1.272

Setelah perhitungan spektra respons *Pitch* dari ketiga kapal Puger, berikutnya adalah perbandingan kualitas dari gerakan ketiga kapal saat kapal berada di atas gelombang acak pada saat kapal melaju pada kecepatan 7 knot. Selanjutnya dilakukan dengan memplot perubahan intensitas gerakan setiap kenaikan gelombang signifikan seperti pada gambar grafik sebagai berikut:



Gambar 5.75 Kenaikan Amplitudo *Pitch* Signifikan terhadap Kenaikan Tinggi Gelombang untuk Ketiga Kapal Ikan Puger dengan Kecepatan 7 knot.

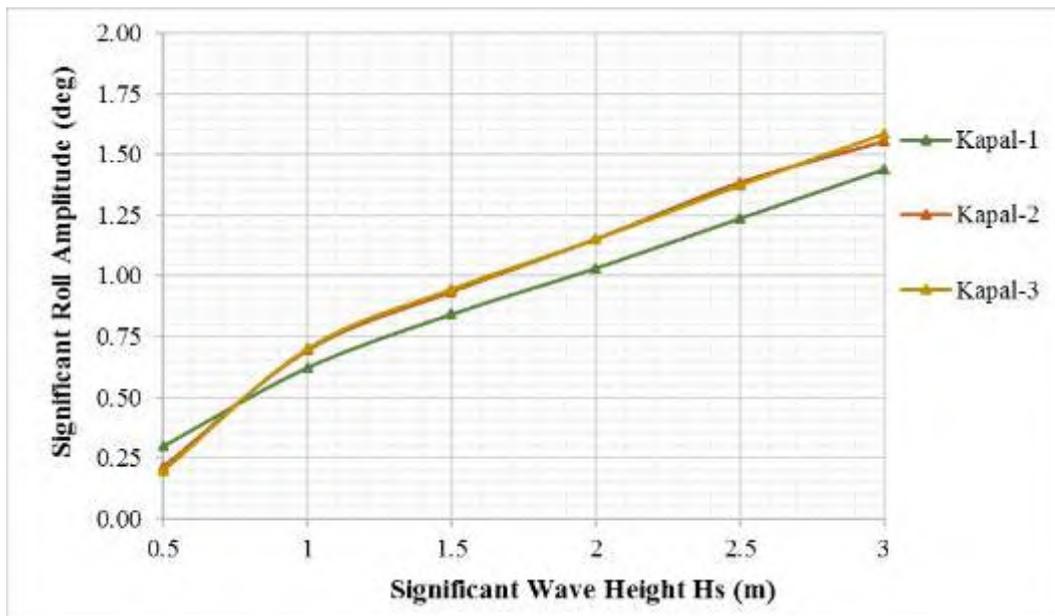
Gambar 5.75 menunjukkan bahwa terjadi kenaikan amplitudo *pitch* signifikan pada setiap kapal ikan Puger. Pada tinggi gelombang signifikan (H_s) antara 0.5 m sampai 3 m, nilai amplitudo signifikan *pitch* terjadi pada kecepatan 7 knot kapal-2 mempunyai intensitas amplitudo *pitch* signifikan yang paling tinggi diantara kedua kapal yang lainnya namun pada $H_s = 1$ sampai $H_s = 2.5$, kemudian kapal-1 memiliki intensitas amplitudo *pitch* signifikan yang paling rendah pada H_s 1 m sampai 3 m, sedangkan kapal-3 berada ditengah keduanya. Dengan mempertimbangkan faktor gerakan *pitch* kapal-1 dapat memberikan respons yang baik.

Selanjutnya perhitungan untuk signifikan respons gerakan *roll* dari ketiga kapal ikan Puger. Hal ini dilakukan untuk memplot perubahan intensitas gerakan terhadap kenaikan tinggi gelombang signifikan, seperti ditunjukkan pada Tabel 5.4 sebagai berikut:

Tabel 5.4 Perhitungan Signifikan *Roll* Amplitudo

H_s	Signifikan <i>roll</i> Amplitudo (Φ)_{1/3}		
	Kapal-1	Kapal-2	Kapal-3
0.5	0.297	0.215	0.198
1	0.621	0.695	0.700
1.5	0.842	0.936	0.945
2	1.032	1.152	1.151
2.5	1.238	1.385	1.373
3	1.440	1.554	1.584

Setelah perhitungan spektra respons *Roll* dari ketiga kapal Puger, berikutnya adalah perbandingan kualitas dari gerakan ketiga kapal saat kapal berada di atas gelombang acak pada saat kapal melaju pada kecepatan 7 knot. Selanjutnya dilakukan dengan memplot perubahan intensitas gerakan setiap kenaikan gelombang signifikan seperti pada gambar grafik sebagai berikut:



Gambar 5.76 Kenaikan Amplitudo *Roll* Signifikan terhadap Kenaikan Tinggi Gelombang untuk Ketiga Kapal Ikan Puger dengan Kecepatan 7 knot.

Gambar 5.76 menunjukkan bahwa terjadi kenaikan amplitudo *roll* signifikan pada setiap kapal ikan Puger. Pada tinggi gelombang signifikan (H_s) antara 0.5 m sampai 3 m, nilai amplitudo signifikan *roll* terjadi pada kecepatan 7 knot kapal-2 dan kapal-3 mempunyai intensitas amplitudo *roll* signifikan yang tinggi, dalam gambar diatas menunjukkan nilai intensitas amplitudo *roll* signifikan memiliki nilai yang sangat mendekati. Kemudian, untuk kapal-1 memiliki intensitas amplitudo *roll* signifikan yang paling rendah pada H_s 1 m sampai 3 m. Dengan mempertimbangkan factor gerakan *roll* saja, maka kapal-1 dapat memberikan respons yang baik.

Dari hasil analisa signifikan amplitudo *heave*, *pitch*, dan *roll* dari ketiga kapal ikan Puger dapat dikatakan bahwa pada semua tinggi gelombang signifikan yaitu $H_s = 0.5$ m sampai $H_s = 3$ m untuk gerakan kapal-1 memiliki nilai amplitudo signifikan yang paling rendah diantara kedua kapal lainnya terutama pada gerakan *pitch* dan *roll*. Sehingga, nilai kualitas gerakan kapal-1 berdasarkan kondisi lingkungan yang dapat dihitung berdasarkan tinggi gelombang *significant amplitude* dari gerakan *heave*, *pitch*, dan *roll* lebih baik.

5.6 Operabilitas Kapal Ikan Tradisional Puger

Dari perhitungan spektra respons dapat juga diketahui momen spektra ke 0 (m_0), ke 1 (m_1), ke 2 (m_2), dan ke 4 (m_4), sehingga dapat dikorelasikan terhadap kriteria operasi. Penelitian kriteria *seakeeping* yang lain telah banyak dilakukan, sebagaimana yang telah diutarakan dalam makalah dari Olson (1978). Kriteria yang dikembangkan dari kapal militer kriteria umum (Olson, 1978), yang dapat ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 5.5 Kriteria Seakeeping (kriteria umum) menurut Olson, (1978)

<p><u>General Criteria:</u></p> <p>12° Single amplitude average roll (Kriteria 1)</p> <p>3° single amplitude average pitch (Kriteria 2)</p> <p>Significant heave acceleration $\leq 0.4g$ (no people working on deck) (Kriteria 3)</p> <p>Significant heave acceleration $\leq 0.2 g$ (people working on deck) (Kriteria 4)</p>

Kemudian, setelah Spektra respons *encountering* telah didapatkan maka nilai-nilai statistik gerakan dapat dihitung dengan menerapkan formula yang ditunjukkan sebagai berikut:

$$m_0 = \int_0^{\infty} S_j(\omega) d\omega \quad (5.6)$$

m_0 sebagai luasan di bawah kurva spektra, maka tinggi gelombang signifikan (H_s) dapat dihitung sebagai

$$H_s = 4.0 \sqrt{m_0} \quad (5.7)$$

dan amplitudo signifikan (ζ_s) adalah setengah dari tinggi signifikannya, atau

$$\zeta_s = 2.0 \sqrt{m_0} \quad (5.8)$$

Sedangkan tinggi rata-rata \bar{H} (atau double amplitudo rata-rata) adalah :

$$\bar{H} = 2.54 \sqrt{m_0} \quad (5.9)$$

dan amplitudo rata-rata ($\bar{\zeta}$) adalah

$$\bar{\zeta} = 1.27 \sqrt{m_0} \quad (5.10)$$

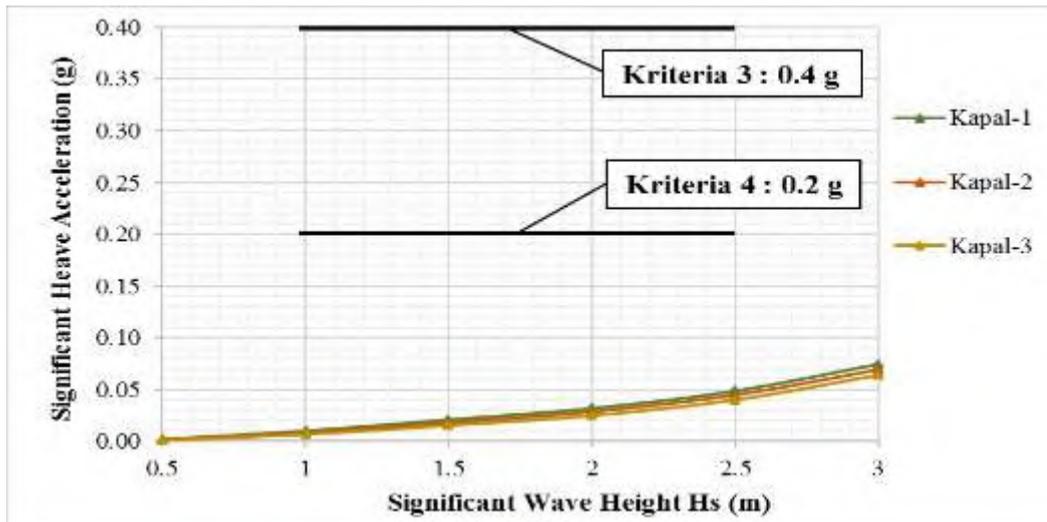
Kemudian, variabel statistik kecepatan dan percepatan gelombang dapat dihitung, maka amplitudo kecepatan rata-rata ($\dot{\bar{\zeta}}$) dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\zeta = 1.27\sqrt{m_2} \quad (5.11)$$

dan amplitudo percepatan signifikan ($\ddot{\zeta}$) adalah

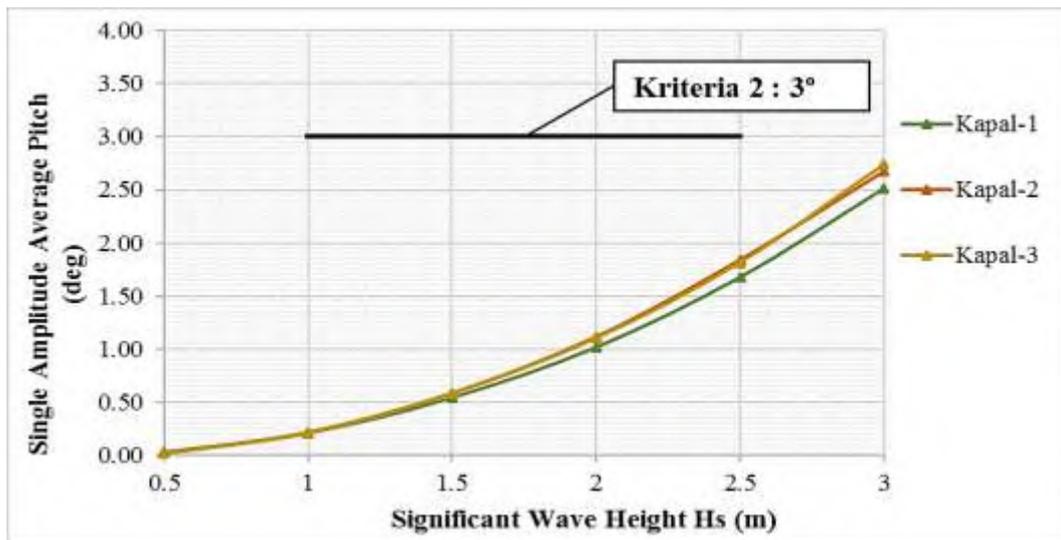
$$\ddot{\zeta} = 2.0\sqrt{m_4} \quad (5.12)$$

Dari rumus persamaan diatas dapat diketahui nilai-nilai kriteria dari ketiga kapal tradisional di Puger yang dapat dilihat pada gambar grafik sebagai berikut:



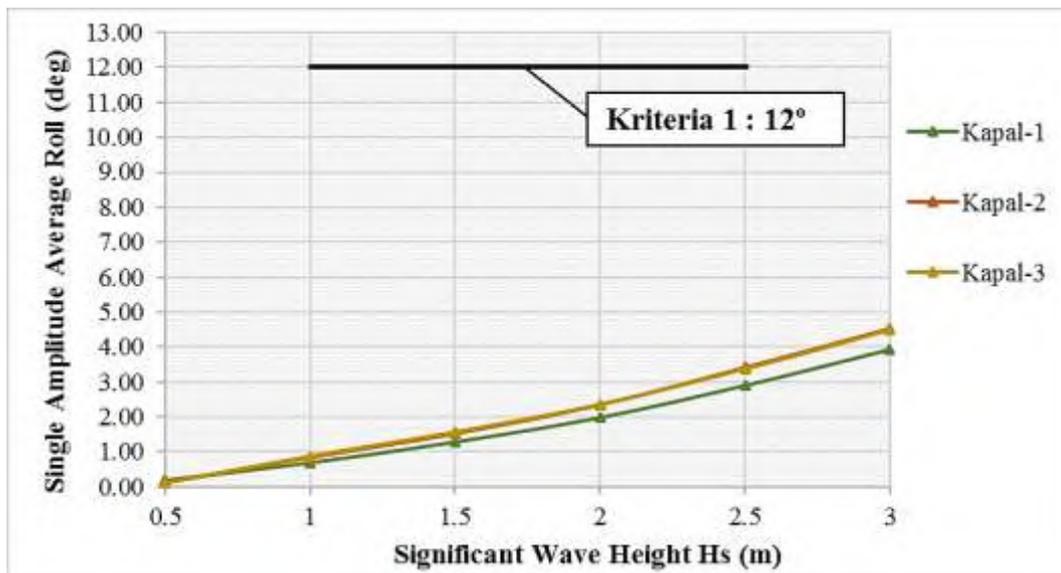
Gambar 5.77 Grafik Percepatan *Heave* terhadap Kenaikan Tinggi Gelombang Signifikan untuk setiap Kapal dengan $V_s = 7$ Knot

Gambar 5.77 menunjukkan grafik percepatan *heave* dari ketiga kapal di Puger dengan kecepatan 7 knot terhadap kenaikan gelombang signifikan (H_s). Pada Gambar 5.77 batasan kriteria 3 dan 4 ditunjukkan sebagai garis lurus yang ditarik pada ketinggian respon. Dapat dilihat bahwa kriteria percepatan *heave* dari ketiga kapal masih tetap terpenuhi.



Gambar 5.78 Grafik Amplitudo *Pitch* terhadap Kenaikan Tinggi Gelombang Signifikan untuk setiap Kapal dengan $V_s = 7$ Knot

Gambar 5.78 menunjukkan grafik amplitudo *pitch* rata-rata terhadap Kenaikan Tinggi Gelombang Signifikan (H_s) untuk setiap Kapal dengan kecepatan 7 knot. Batasan kriteria 2 digambarkan sebagai garis lurus pada nilai amplitude *pitch* sebesar 3° . Pada Gambar 5.78 menunjukkan bahwa kriteria amplitude *pitch* rata-rata dari ketiga kapal di Puger masih memenuhi kriteria 2.



Gambar 5.79 Grafik Amplitudo *Roll* terhadap Kenaikan Tinggi Gelombang Signifikan untuk setiap Kapal dengan $V_s = 7$ Knot

Gambar 5.79 menunjukkan grafik amplitudo *roll* terhadap kenaikan tinggi gelombang signifikan untuk setiap kapal ikan di Puger dengan kecepatan 7 knot. Batasan kriteria 1 yaitu 12° digambarkan pada garis lurus. Dari Gambar 5.79 dapat dilihat bahwa ketiga model kapal di Puger, amplitudo *roll* rata-rata masih tetap memenuhi kriteria 1.

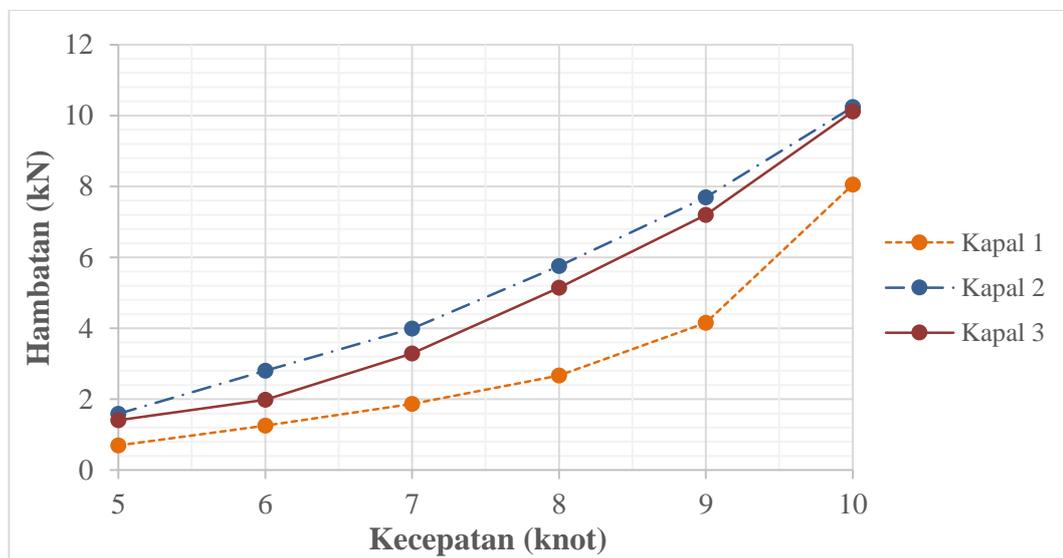
BAB 6

KORELASI ANTARA HAMBATAN DAN SEAKEEPING

Pada sub bab ini dibahas mengenai korelasi atau hubungan antara hambatan dan *seakeeping* (olah gerak) kapal. Untuk membahas korelasi antara hambatan dan *seakeeping*, perlu diulas kembali penjelasan mengenai hambatan dan *seakeeping* pada Bab sebelumnya.

Tabel 6.1 Nilai Hambatan terhadap Kenaikan Kecepatan

	KAPAL 1	KAPAL 2	KAPAL 3
Kecepatan (knot)	Hambatan (kN)	Hambatan (kN)	Hambatan (kN)
5	0.696	1.590	1.525
6	1.250	2.800	2.304
7	1.862	3.989	3.293
8	2.667	5.759	5.143
9	4.156	7.693	7.217
10	8.056	10.238	10.110

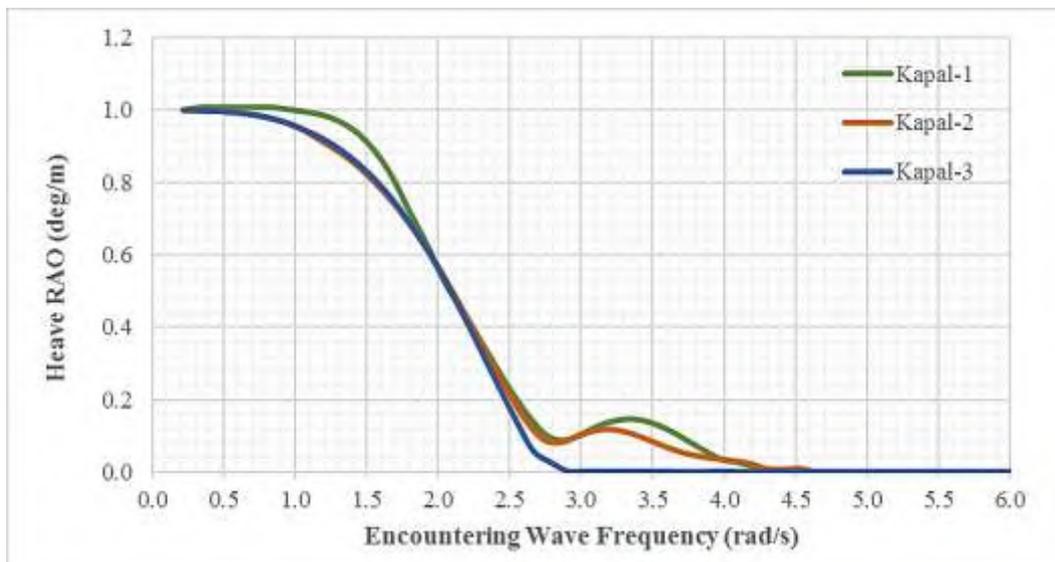


Gambar 6.1 Nilai Hambatan terhadap Kenaikan Kecepatan

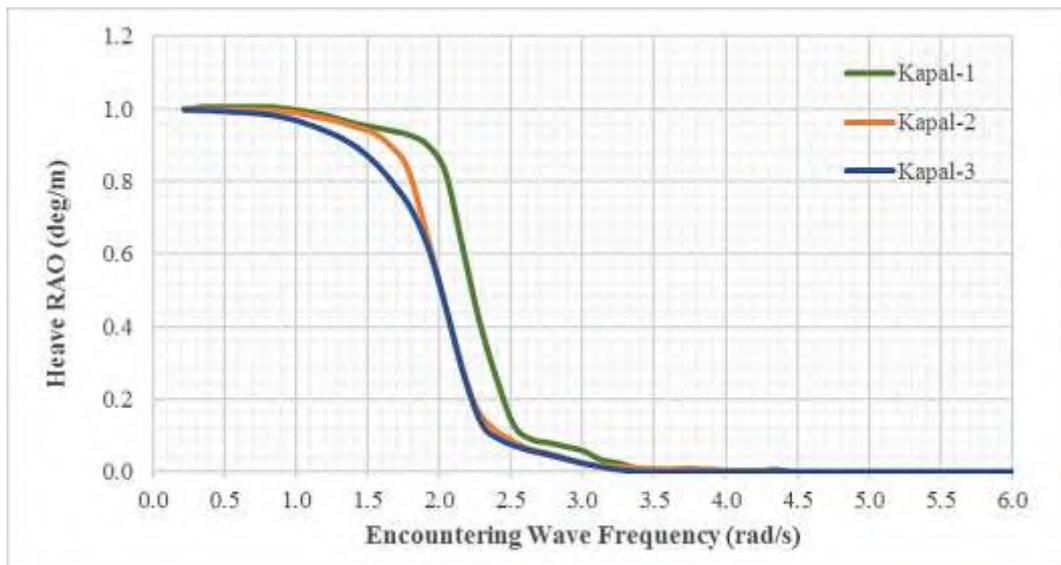
Dari Tabel 6.1 dan Gambar 6.1 yang menunjukkan besar nilai hambatan yang dihasilkan terhadap kenaikan kecepatan. Dalam hal ini, dapat dilihat pada tabel dan gambar grafik diatas bahwa setiap kenaikan kecepatan nilai hambatan

yang dihasilkan akan semakin besar. Hal tersebut menunjukkan nilai hambatan berbanding lurus dengan kecepatan kapal. Dari Tabel 6.1 dan Gambar 6.1 dapat disimpulkan bahwa kapal-2 memiliki nilai hambatan paling besar dibandingkan kedua kapal yang lainnya, secara berturut-turut urutan kapal yang memiliki nilai hambatan terbesar yaitu Kapal-2, Kapal-3, dan Kapal-1. Pembahasan tersebut telah diulas pada Bab 4.

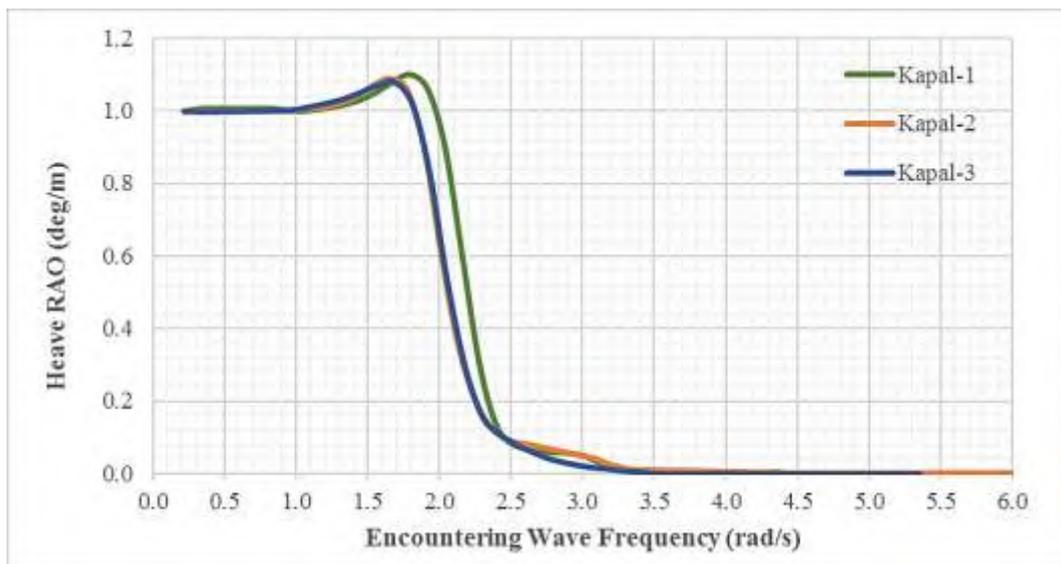
Selanjutnya, untuk mengetahui perbandingan nilai RAO dari ketiga kapal dapat dilihat dari Gambar 6.2 sampai 6.4 dibawah ini. Gambar grafik tersebut diambil dari gambar dalam pembahasan pada Bab 5 yang menunjukkan perbandingan nilai RAO pada gerakan *heave* pada sudut *heading* 180°.



Gambar 6.2 Grafik RAO *Heave* Setiap Kapal dengan Kecepatan 0 knot



Gambar 6.3 Grafik RAO *Heave* Setiap Kapal dengan Kecepatan 5 knot

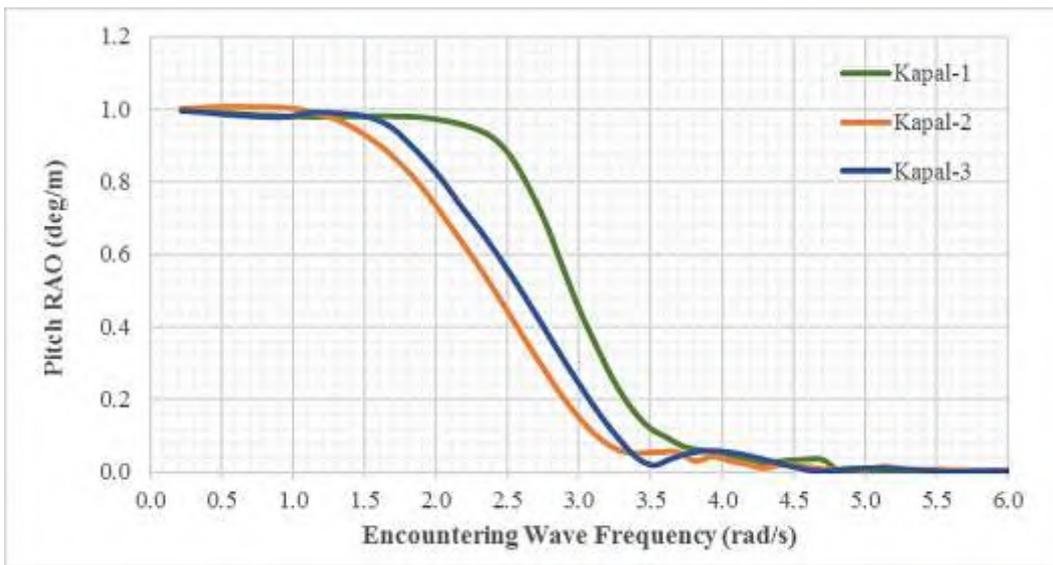


Gambar 6.4 Grafik RAO *Heave* Setiap Kapal dengan Kecepatan 7 knot

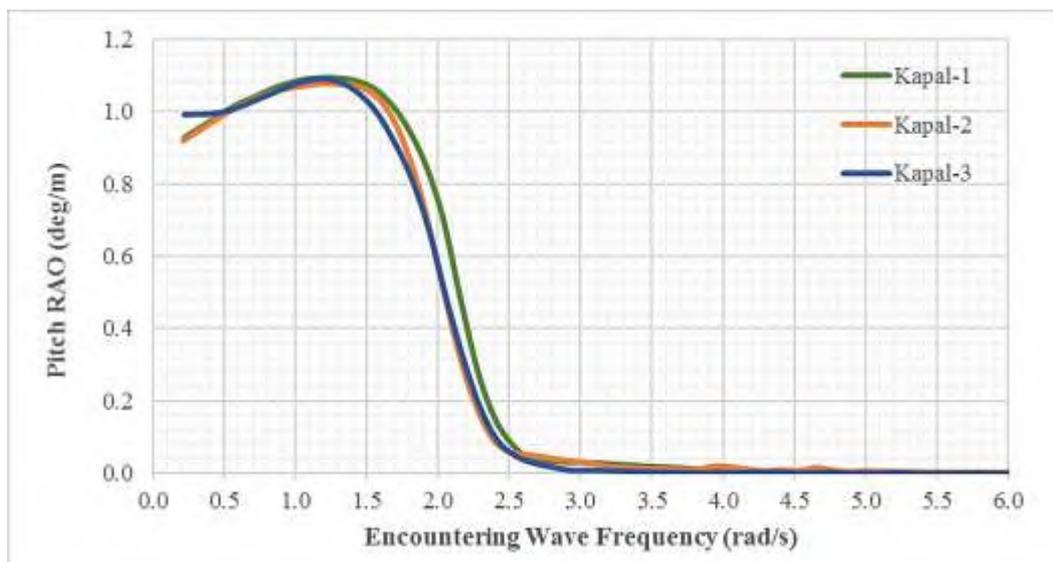
Dari Gambar 6.2 sampai 6.3 diatas menunjukkan bahwa yang memiliki nilai RAO yang paling tinggi adalah Kapal-1, hal tersebut dapat dinyatakan bahwa nilai hambatan berbanding terbalik dengan nilai RAO yang dihasilkan, karena kapal-1 memiliki nilai hambatan yang paling kecil yaitu 1.862 sedangkan untuk nilai dari kurva RAO semakin besar atau mengalami kenaikan pada kurva. Namun, Kapal-2 yang memiliki nilai hambatan yang paling besar sedangkan untuk nilai RAO-nya yang paling kecil dalam beberapa kondisi. Hal tersebut dapat disebabkan oleh bentuk lambung dari Kapal-2 lebih baik dalam merespons gerakan *heave* dibanding

Kapal-3 dan Kapal-1, karena bentuk dari lambung kapal juga mempengaruhi olah gerak dari kapal.

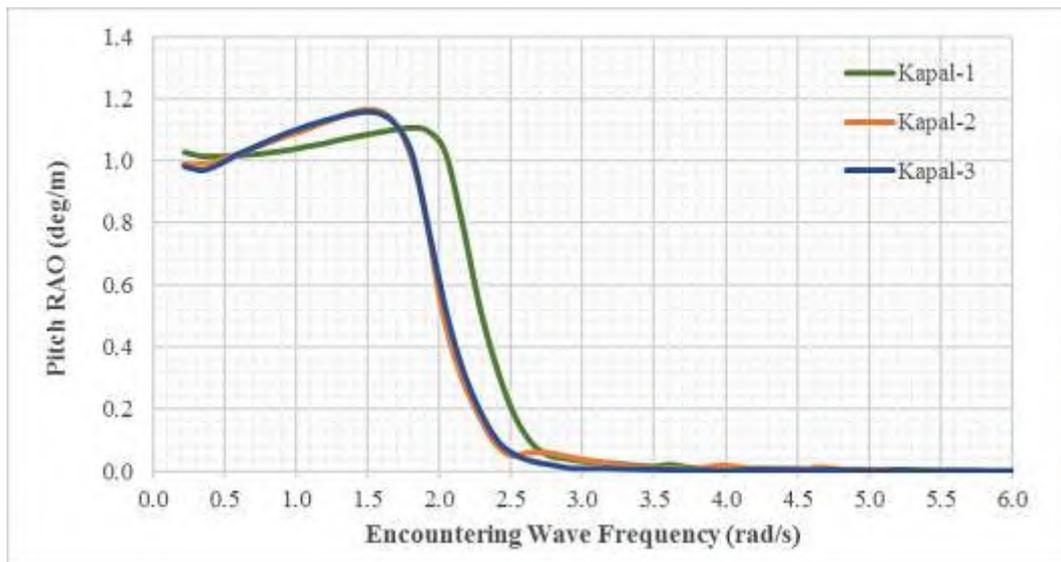
Kemudian, untuk mengetahui perbandingan nilai RAO dari ketiga kapal dapat dilihat dari Gambar 6.5 sampai 6.7 dibawah ini. Gambar grafik tersebut juga diambil dari gambar dalam pembahasan pada Bab 5 yang menunjukkan perbandingan nilai RAO pada gerakan *pitch* pada sudut *heading* 180°.



Gambar 6.5 Grafik RAO *Pitch* Setiap Kapal dengan Kecepatan 0 knot



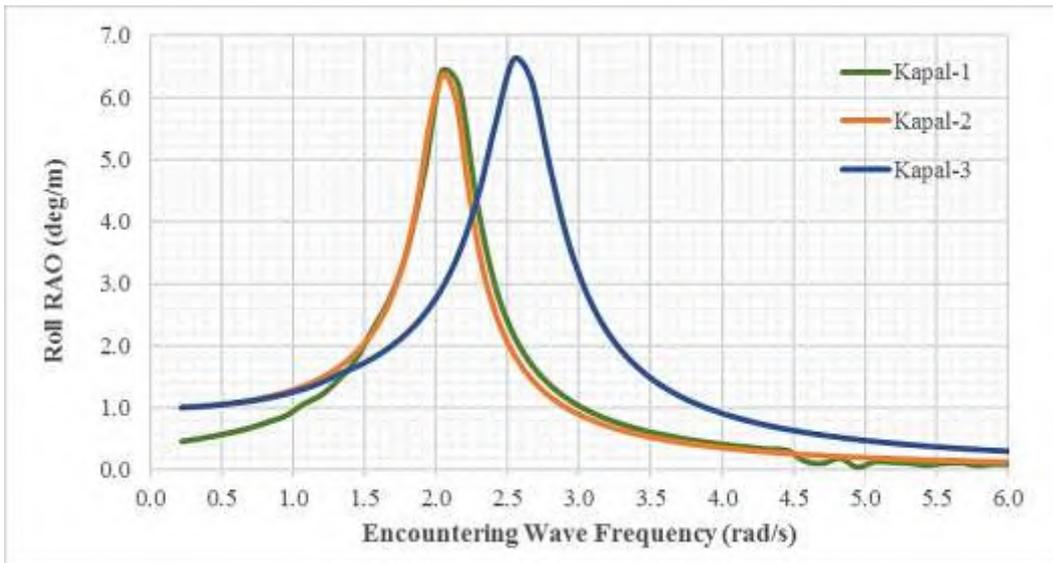
Gambar 6.6 Grafik RAO *Pitch* Setiap Kapal dengan Kecepatan 5 knot



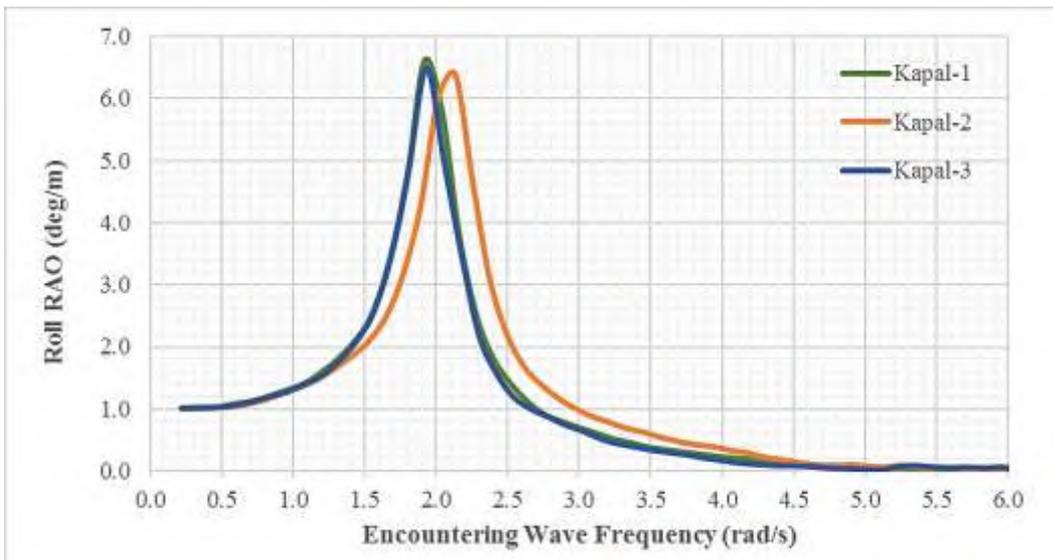
Gambar 6.7 Grafik RAO *Pitch* Setiap Kapal dengan Kecepatan 7 knot

Dari Gambar 6.4 sampai 6.7 diatas menunjukkan bahwa yang memiliki nilai RAO yang paling tinggi adalah Kapal-1, hal tersebut dapat dinyatakan bahwa nilai hambatan berbanding terbalik dengan nilai dari kurva RAO, karena Kapal-1 memiliki hambatan yang paling kecil jika dibandingkan dengan kedua kapal yang lainnya sedangkan untuk nilai kurva RAO nya semakin besar atau mengalami kenaikan kurva. Namun, di kecepatan 7 knot pada *wave frequency* 0.5 rad/s sampai 1.750 rad/s menunjukkan nilai RAO yang lebih kecil dari kedua kapal yang lainnya. Pada gambar grafik diatas menunjukkan bahwa nilai RAO Kapal-2 memiliki nilai paling kecil dari kedua kapal yang lainnya sedangkan untuk nilai hambatan yang dihasilkan memiliki nilai hambatan yang paling besar dari kedua kapal yang lainnya. Hal ini juga dapat dinyatakan bahwa nilai hambatan berbanding terbalik dengan nilai RAO kapal.

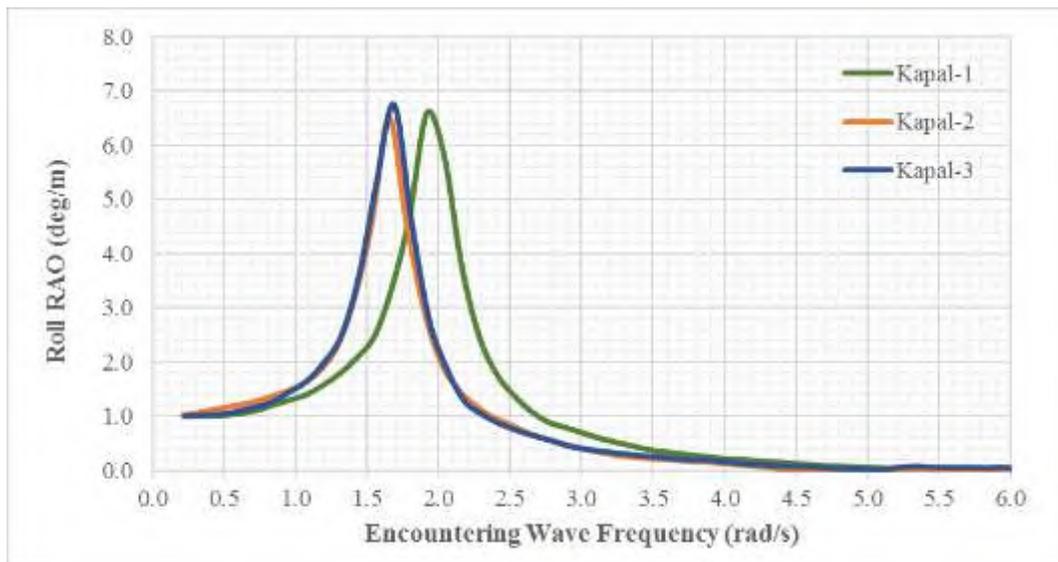
Untuk mengetahui perbandingan *seakeeping* dari ketiga kapal dapat dilihat dari Gambar 6.8 sampai 6.10 dibawah ini. Gambar grafik tersebut juga diambil dari gambar dalam pembahasan pada Bab 5 yang menunjukkan perbandingan nilai RAO pada gerakan *roll* pada sudut *heading* 90° dengan kecepatan 0 knot sampai 7 knot.



Gambar 6.8 Grafik RAO *Roll* Setiap Kapal dengan Kecepatan 0 knot



Gambar 6.9 Grafik RAO *Roll* Setiap Kapal dengan Kecepatan 5 knot



Gambar 6.10 Grafik RAO *Roll* Setiap Kapal dengan Kecepatan 7 knot

Dari Gambar 6.8 sampai 6.10 diatas menunjukkan bahwa yang memiliki nilai RAO yang paling tinggi adalah Kapal-1 hanya pada kecepatan 5 knot, sedangkan untuk kecepatan 0 knot dan 7 knot Kapal-3 memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan kedua kapal. Hal tersebut disebabkan oleh bentuk lambung kapal-3 yang kurang baik dalam merespons gelombang dari sudut 90° untuk mode gerakan *roll*. Pada gambar grafik diatas menunjukkan bahwa nilai RAO Kapal-2 memiliki nilai kurva paling kecil dari ketiga kapal, sedangkan untuk nilai hambatan yang terjadi lebih besar dari kedua kapal yang lainnya. Hal ini juga dapat dinyatakan bahwa nilai hambatan yang berbanding terbalik dengan nilai kurva RAO. Dapat dikatakan bahwa hambatan untuk Kapal-2 lebih besar namun untuk olah gerak atau *seakeeping*nya lebih baik terutama pada 90° dengan mode gerakan *roll*.

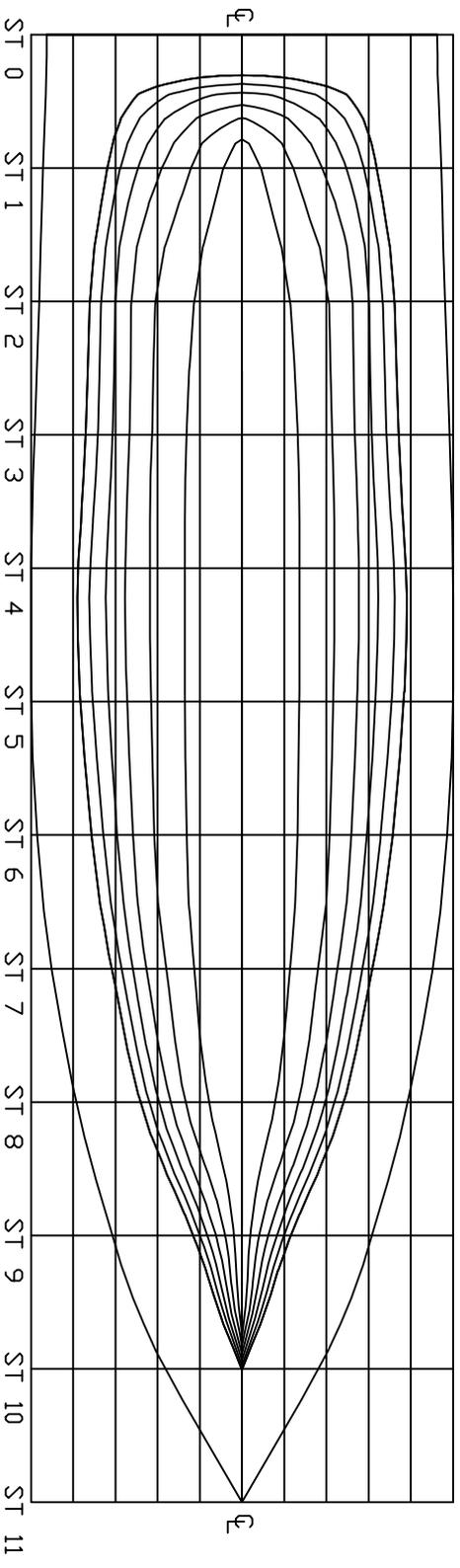
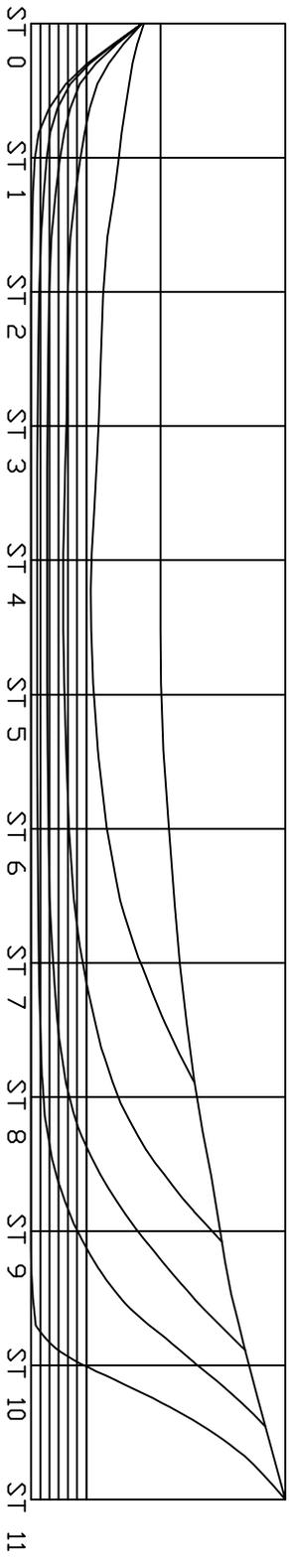
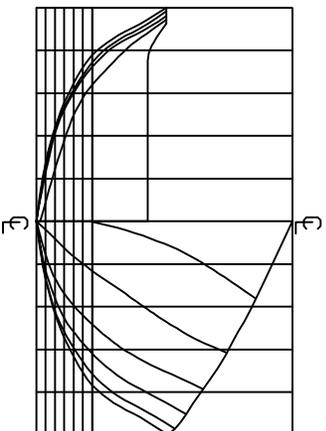
Sehingga dapat dikatakan korelasi antara hambatan dan *seakeeping* berbanding terbalik, semakin besar hambatan maka akan semakin kecil pula nilai RAO-nya atau olah geraknya menjadi lebih baik. Apabila dikaitkan dengan nilai rasio L/B dan nilai WSA maka jika nilai rasio L/B kecil maka hambatannya besar namun nilai RAO-nya akan lebih kecil sehingga olah gerak atau *seakeeping*nya lebih baik, dan untuk nilai WSA jika nilai WSA semakin besar maka nilai hambatannya juga semakin besar dan nilai dari RAO-nya akan semakin kecil sehingga olah gerak atau *seakeeping*-nya menjadi lebih baik, dan begitu sebaliknya.

Namun, dalam pembahasan diatas hal tersebut tidak semuanya berlaku bahwa nilai hambatan selalu berbanding terbalik dengan nilai RAO atau *seakeeping* karena pada mode gerakan tertentu hal tersebut tidak berlaku. Hal ini dikarenakan bentuk dan ukuran dari ketiga kapal yang dibandingkan berbeda satu sama lain. Kemudian, untuk setiap kenaikan kecepatan nilai hambatan dan kurva RAO akan mengalami kenaikan pula. Misalnya, pada Kapal-2 dengan kecepatan 5 knot nilai hambatan yang terjadi sebesar 1.590 kN, dan untuk nilai RAO maksimum *heave* pada sudut *heading* 180° sebesar 1 m/m, dan untuk nilai RAO maksimum *pitch* pada sudut *heading* 180° sebesar 1,077 deg/m, dan untuk nilai RAO maksimum *roll* pada sudut *heading* 90° sebesar 6,680 deg/m. Kemudian seiring dengan kenaikan kecepatan yaitu 7 knot nilai hambatan yang terjadi naik menjadi 3,989 kN, dan begitu pula dengan kurva RAO juga semakin naik sehingga nilai RAO maksimum *heave* pada sudut *heading* 180° sebesar 1,090 m/m, dan untuk nilai RAO maksimum *pitch* pada sudut *heading* 180° sebesar 1,165 deg/m, dan untuk nilai RAO maksimum *roll* pada sudut *heading* 90° sebesar 6,500 deg/m. Namun untuk mode gerakan *roll* pada kapal 2 nilai maksimum RAO nya menurun setiap kenaikan kecepatan 5 knot ke 7 knot.

KAPAL IKAN PUGGER TPE 3

Spesifikasi Ukuran Utama

LOA : 16 m
LWL : 14,119 m
B : 4,6 m
H : 1,4 m
T : 0,6 m



KAPAL IKAN PUGER TIPS 3

Spesifikasi Ukuran Utama

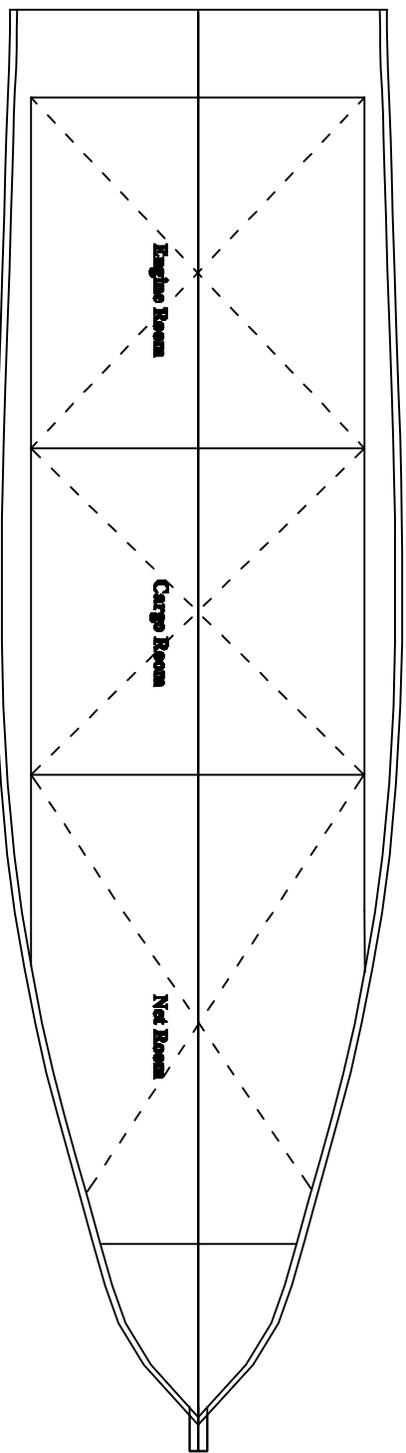
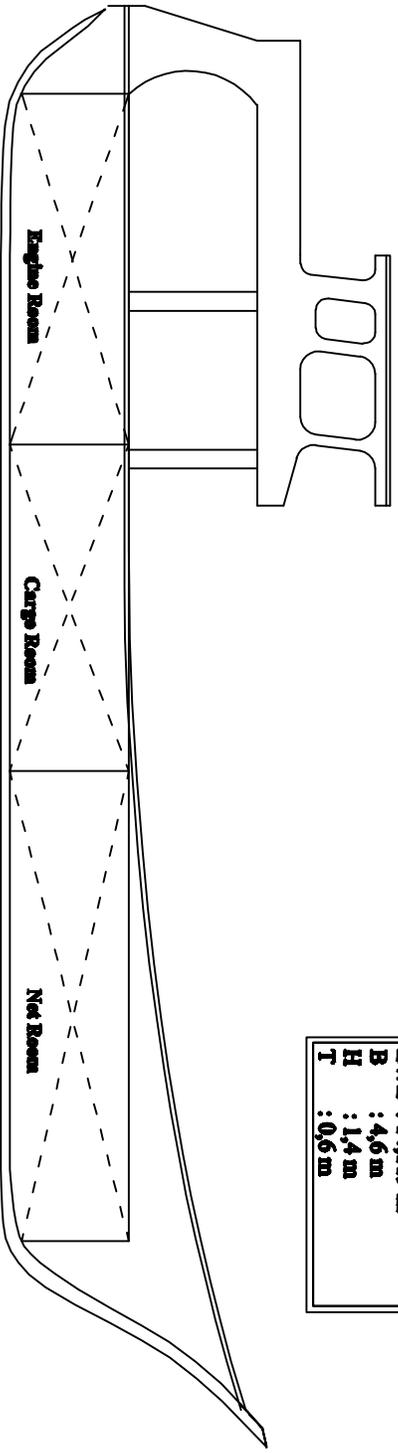
LOA : 16 m

LWL : 14,119 m

B : 4,6 m

H : 1,4 m

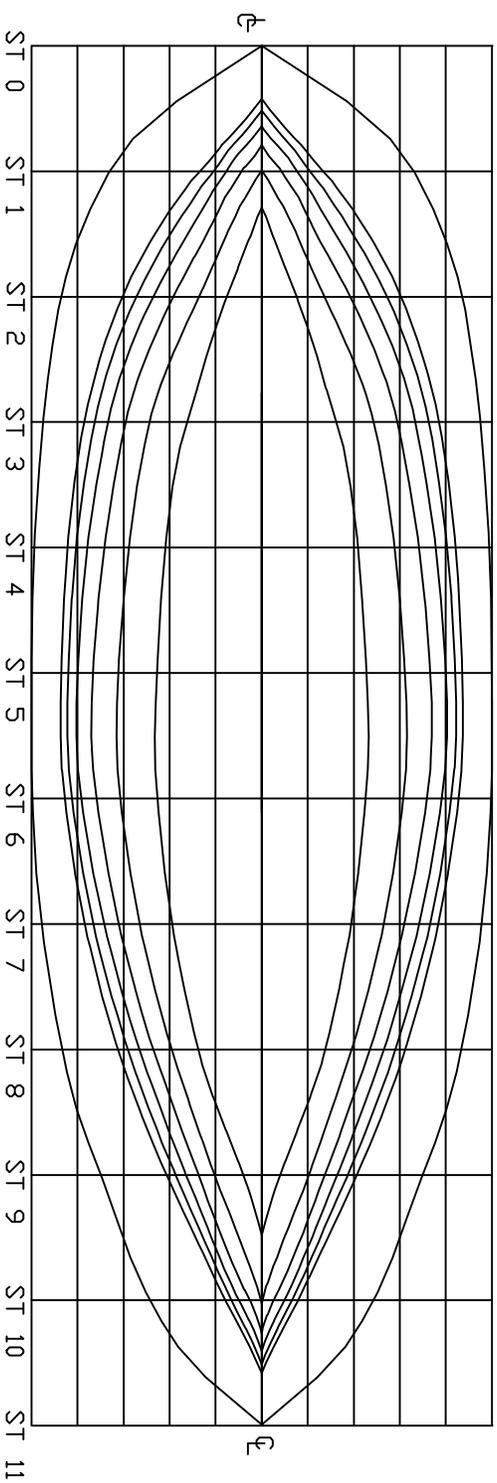
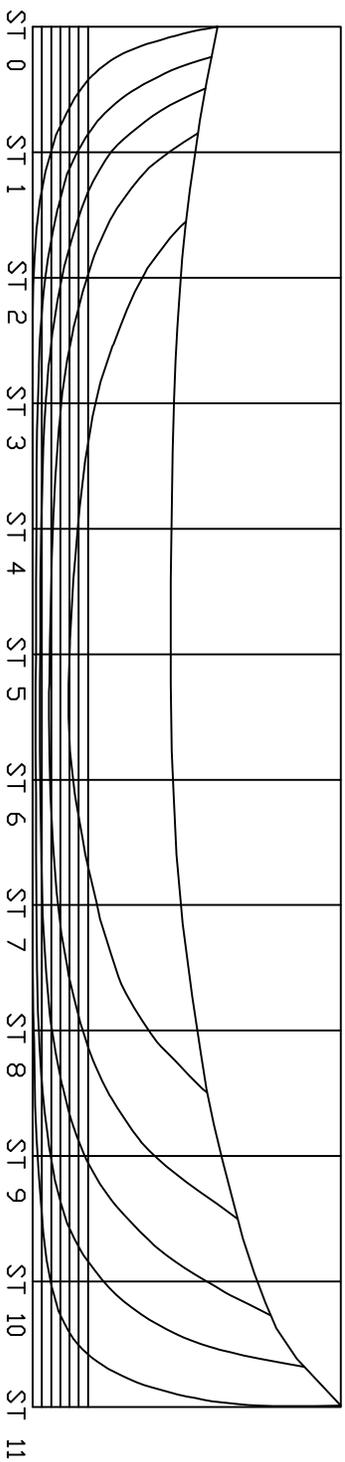
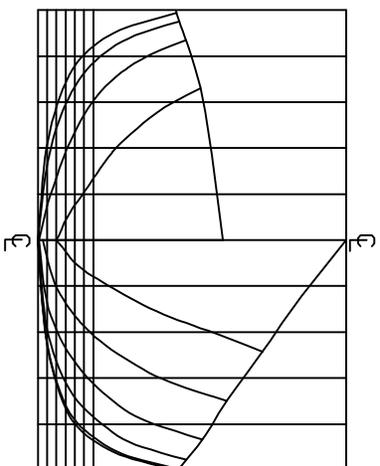
T : 0,6 m



KAPAL IKAN PUGER TYPE 2

Spesifikasi Ukuran Utama

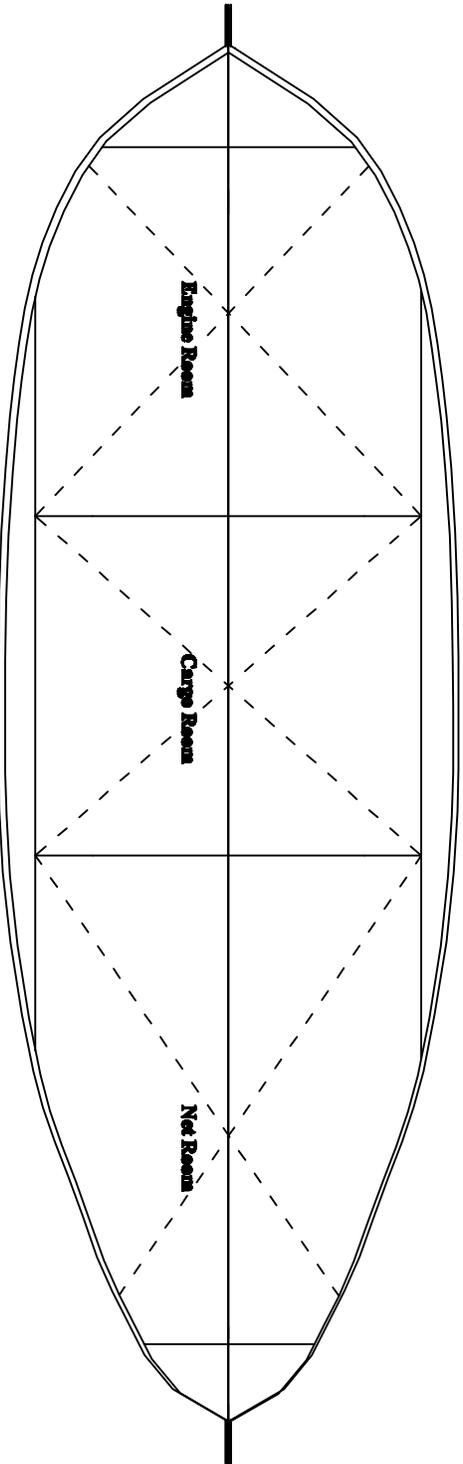
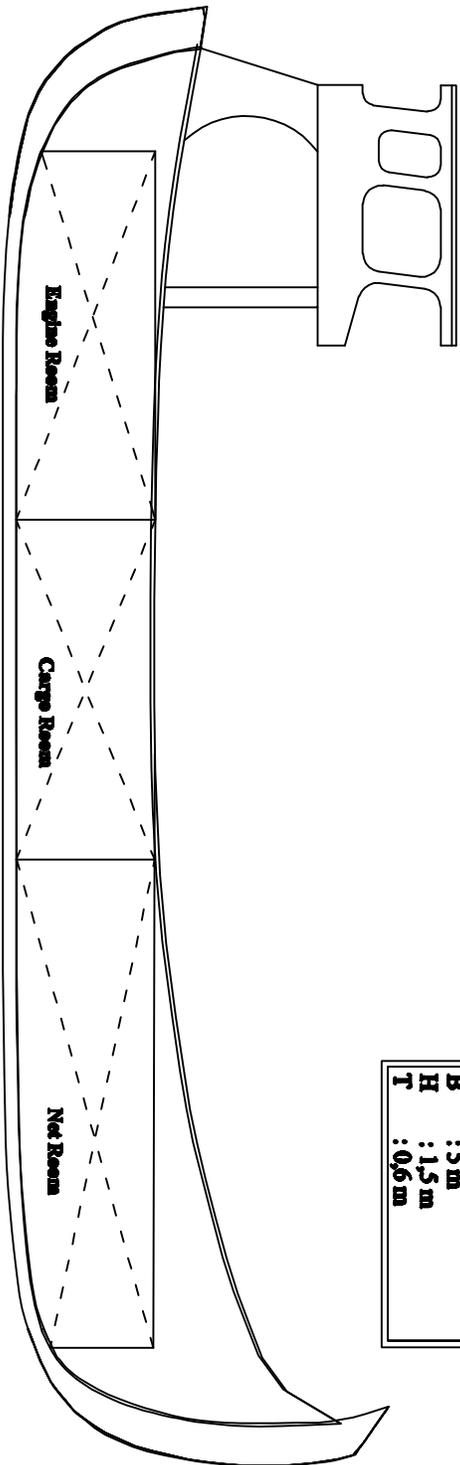
LOA : 15 m
LWL : 13,85 m
B : 5 m
H : 1,5 m
T : 0,6 m



KAPAL IKAN PUGER TYPE 2

Spesifikasi Ukuran Utama

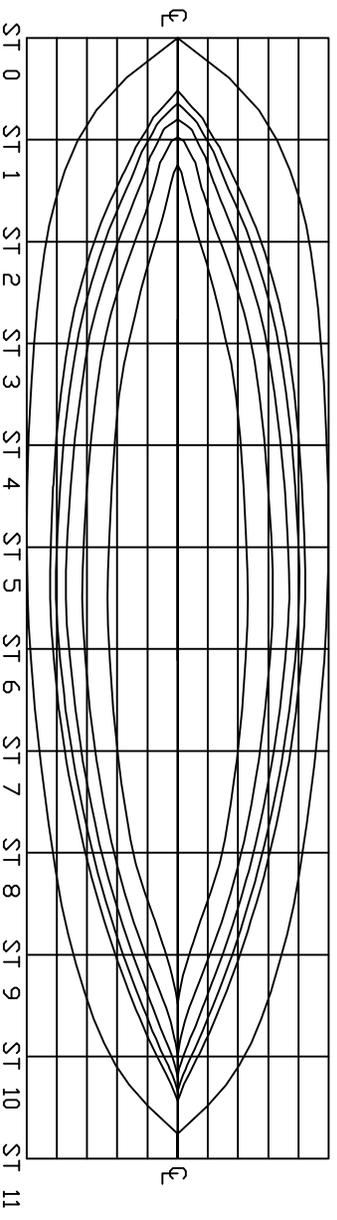
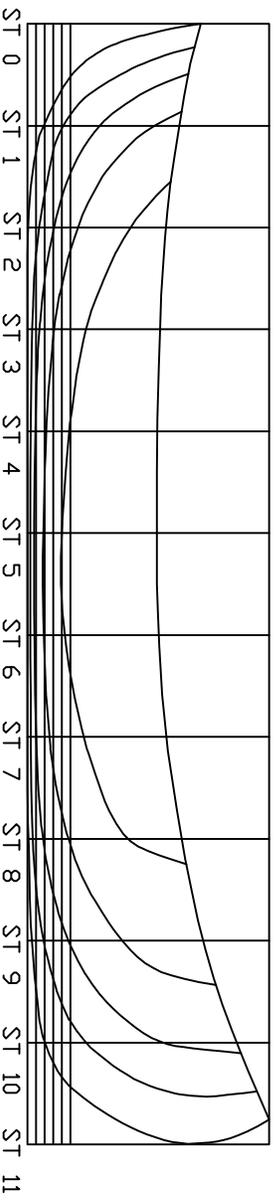
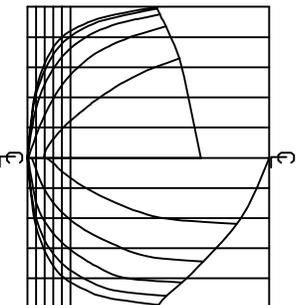
LOA	: 15 m
LWL	: 13,85 m
B	: 5 m
H	: 1,5 m
T	: 0,6 m



KAPAL IKAN PUGGER TYPB 1

Spesifikasi Utama Utama

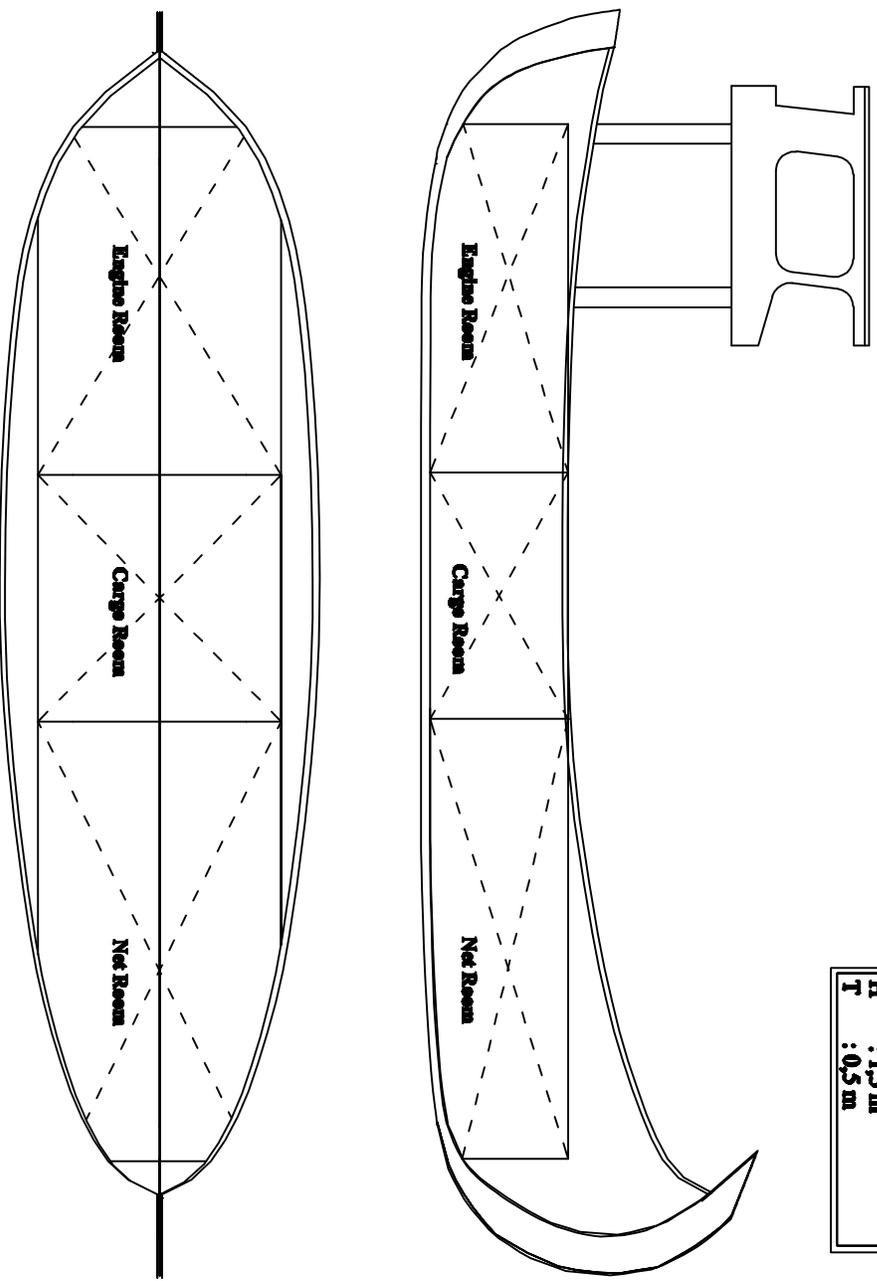
LOA : 13 m
LWL : 11,721 m
B : 3,5 m
H : 1,5 m
T : 0,5 m



KAPAL IKAN PUGER TPE 1

Spesifikasi Ukuran Utama

LOA : 13 m
LWL : 11,721 m
B : 3,5 m
H : 1,5 m
T : 0,5 m



BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi hambatan dan *seakeeping* dari kapal ikan tradisional di perairan Puger dengan menggunakan metode CFD pada *software* ANSYS CFX dapat dihasilkan nilai hambatan yang dialami oleh tiga kapal ikan di perairan Puger dan menggunakan *software* ANSYS AQWA dapat menghasilkan nilai *Response Amplitude Operators* dari tiga kapal ikan di perairan Puger, kemudian dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisa ketiga kapal Puger dengan metode CFD, kapal-1 pada kecepatan 7 knot memiliki hambatan 1.862 kN, kapal-2 memiliki hambatan 3.989 kN, dan kapal-3 memiliki hambatan 3.293 kN. Sehingga dapat diketahui kapal yang memiliki hambatan paling besar adalah kapal-2.
2. Bila ditinjau dari nilai RAO maksimum ketiga model kapal, pada dasarnya dapat diketahui yang mempunyai kualitasnya yang cukup baik merupakan kapal-2. Hal tersebut dapat dilihat dari mode gerakan *pitch* dan *roll*. Pada gerakan *pitch* untuk kapal-2 memiliki nilai RAO maksimum pada sudut 180° pada kecepatan 7 knot adalah 1.090 deg/m pada frekuensi 1.657 rad/s, sedangkan untuk gerakan *roll* kapal-2 memiliki nilai RAO pada sudut 90° pada kecepatan 7 knot adalah 6.500 deg/m pada frekuensi 1.567 rad/s.
3. Untuk korelasi antara nilai hambatan dan nilai *seakeeping*, apabila dikaitkan dengan nilai rasio L/B dan nilai WSA maka jika nilai rasio L/B kecil maka hambatannya besar namun nilai RAO-nya akan lebih kecil, dan berdasarkan nilai WSA, jika nilai WSA semakin besar maka nilai hambatannya juga semakin besar dan nilai RAO-nya akan semakin kecil, begitu sebaliknya. Sehingga, dapat dikatakan nilai hambatan berbanding terbalik dengan nilai RAO atau *seakeeping*. Jika, dibandingkan dengan ketiga kapal Puger, kapal-3 memiliki karakteristik hambatan yang tidak terlalu besar dan untuk nilai RAO nya pun tidak terlalu tinggi pada kondisi tertentu, sehingga dapat dikatakan kapal-3 memiliki karakteristik yang cukup baik dibandingkan kedua kapal yang lainnya.

7.2 Saran

Disarankan untuk penelitian selanjutnya yaitu dapat menambahkan evaluasi menganalisis stabilitas sehingga penelitian ini dapat menjadi lebih lengkap dan lebih berguna bagi pengembangan kapal ikan tradisional di perairan Puger serta dapat lebih meningkatkan faktor keselamatan nelayan pada saat berlayar dan menangkap ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhattacharya, R. (1978), *Dynamics of Marine Vehicles*, John Wiley & Sons, New York.
- Chakrabarti, S.K. (1987), *Hydrodynamics of Offshore Structures*, Computational Mechanics Publications, Southampton.
- Djarmiko, E.B. (2012), *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak*, ITS Press, Surabaya.
- EastJava, (2015), *Jember Tourism Map*, <http://www.eastjava.com/tourism/jember/map.html>, diakses [02 Oktober 2015].
- Formation Design Systems. (2007), *Maxsurf User Manual*, Formation Design Systems.
- Harvald, S.A. (1983), *Resistance and Propulsion of Ships*, Wiley Interscience, New York.
- Hasselmann, K., Barnett, T. P., Bouws. E., Carlson, H., Cartwright, D.E., Enke, K., Ewing, J.A., Gienapp, H., Hasselmann, D. E., Kruseman, P., Meerburg, A., Muller, P., Olbers, D. J., Richter, K., Sell, W., dan Walden, H. (1973), *Measurements of Wind-WAVE Growth and Swell Decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)*, Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg.
- Journee, J. M. J dan Massie, W. W. (2001), *OffShore Hydromechanics*, Delft University of Technology, Netherlands.
- Kroukovsky, B. V. K dan Jacobs, W. R. (1957). "Pitching and Heaving Motions of a Ship in Regular Waves", *Transactions of SNAME*, Vol. 63, hal. 590-632.

- Markwood, C.H. (2010), *Hull Cross Sections for Multihulls*, Multihull Dynamics Inc, Francis.
- Molland, A.F., Turnock, S.R., dan Hudson, D.A. (2011), *Ship Resistance and Propulsion*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Olson, S.R. (1978), “An Evaluation of the Seakeeping Qualities of Naval Combatants”, *Naval Engineers Journal*, ANSE, Vol. 90, No.1, hal. 23-40.
- Prayitno, M.M.E. (2012), “Analisa Teknik Optimalisasi Sistem Propulsi Kapal Ikan Menggunakan CVT Gearbox”, *Kapal*, Vol. 9, No.3, hal. 116-122.
- Riola, J.M dan de Arboleya, M.G. (2006), “Habitability and Personal Space in Seakeeping Behavior”, *Journal of Maritime Research*, Vol. 3, No. 1, hal. 41-54.
- Sarioz, E. (2006), “An Optimization Approach for Fairing of Ship Hull Forms”, *Ocean Engineering*, Vol. 33, hal. 2105-2118.
- Schneekluth, H dan Bertram, V. (1998), *Ship Design for Efficiency and Economy*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Setijoprajudo. (1999), *Diktat Metode Optimasi*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sukadana, I. B. P. (2009), “Studi Eksperimental Tahanan Kapal Ikan Tradisional Jenis Payang di Jawa Timur”, *Seminar Nasional Pascasarjana IX-ITS*, ISBN No. 978-979-96565-5-1.
- Utama, I. K. A. P dan Hantoro, R. (2010), *Computational Fluid Dynamic (CFD) dengan ANSYS CFX*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Yuda, I.D.A.S. (2013), *Evaluasi Aspek Gerakan dan Operasional dalam Perancangan Drillship dengan Displasemen 35,000 Ton*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Zarma, N., Zakki, A.F., dan Rindo, G. (2015), “Studi Karakteristik Seakeeping Kapal Ikan Tradisional dan Modern”, *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. 3, No. 1, hal. 173-182.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



HERY INDRIA DWI PUSPITA

Penulis lahir di Bojonegoro Jawa Timur, 16 Juni 1990, merupakan anak kedua dari dua bersaudara pasangan Bapak Sudibyso dan Ibu Siti Heriasih. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SD N 1 Bubulan, SMP N 1 Bubulan dan SMA N 3 Bojonegoro. Setelah lulus SMA pada tahun 2008, Penulis melanjutkan studi Strata 1 di Jurusan Fisika, Universitas Jember. Setelah menyelesaikan studi Strata 1, pada tahun 2013 penulis melanjutkan studi dengan mengikuti Program Pra Pasca selama 1 tahun. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan studi Pasca Sarjana dengan Bidang Keahlian Hidrodinamika Kapal, Program Studi Teknik Produksi dan Material Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. Terdaftar dengan NRP. 4114203003, penulis menyelesaikan penulisan Tesis dengan judul **“Studi Karakteristik Hidrodinamika Kapal Ikan Tradisional di Perairan Puger Jember”** pada tahun 2016.