



TUGAS AKHIR - MN 184802

ANALISIS GERAKAN KAPAL TRIMARAN TIPE *UNMANNED SURFACE VEHICLES* DENGAN EKSPERIMEN DAN METODE NUMERIK

**Wirya Dharmata
NRP 0411154000006**

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

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



TUGAS AKHIR - MN 184802

ANALISIS GERAKAN KAPAL TRIMARAN TIPE *UNMANNED SURFACE VEHICLES* DENGAN EKSPERIMEN DAN METODE NUMERIK

**Wirya Dharmata
NRP 04111540000006**

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

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



FINAL PROJECT - MN 184802

**MOTIONS ANALYSIS OF UNMANNED SURFACE VEHICLES
TRIMARAN SHIPS WITH EXPERIMENTS AND NUMERICAL
METHOD**

**Wirya Dharmata
NRP 04111540000006**

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

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

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS GERAKAN KAPAL TRIMARAN TIPE *UNMANNED SURFACE VEHICLES* DENGAN EKSPERIMEN DAN METODE NUMERIK

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

WIRYA DHARMATA
NRP 04111540000006

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing



Aries Sulisetyono, S.T., MA.Sc., Ph.D.
NIP 19710320 199512 1 002

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



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

SURABAYA, JANUARI 2020

LEMBAR REVISI

ANALISIS GERAKAN KAPAL TRIMARAN TIPE *UNMANNED SURFACE VEHICLES* DENGAN EKSPERIMEN DAN METODE NUMERIK

TUGAS AKHIR

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

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

Oleh:

WIRYA DHARMATA
NRP 0411154000006

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

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



2. Dr. Ir. I Ketut Suastika, M.Sc



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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



SURABAYA, JANUARI 2020

HALAMAN PERUNTUKAN

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

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

1. Bapak Aries Sulisetyono, S.T. MA.Sc, Ph.D selaku Dosen Pembimbing dan Dosen Wali atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Bapak M. Nurul Misbah, S.T., M.T. dan Dr. Ir. I Ketut Suastika, M.Sc dan Dr. Eng. Yuda Apri Hermawan, S.T., M.Sc selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
3. Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Laboratorium Hidrodinamika Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
4. Hana Shabira Fauziah, Callista Fatima Larasati, Hana Clarinda dan Ariz Buditiono yang selalu memberikan semangat, motivasi serta dukungan selama perkuliahan ini;
5. Karina Dayusari yang selalu membantu selama perkuliahan ini;
6. Kabinet Warkop NU yang selalu menjadi tempat bekerja serta berkeluh kesah selama pengerjaan Tugas Akhir ini
7. Moch. Zircham, Ryan Faturrahman, Reza Pahlawan dan Ahmad Mukti yang telah memberikan pertamanan yang erat selama perkuliahan ini
8. Teman – teman SAMUDRARA KSA P55, HIMATEKPAL dan Safary yang telah memberikan semangat dan keceriaan selama perkuliaha ini.

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

Surabaya, 31 Desember 2019

Wirya Dharmata

ANALISIS GERAKAN KAPAL TRIMARAN TIPE *UNMANNED SURFACE VEHICLES* DENGAN EKSPERIMEN DAN METODE NUMERIK

Nama Mahasiswa : Wirya Dharmata
NRP : 04111540000006
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Aries Sulisetyono, S.T., MA.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Kapal trimaran USV ini merupakan sebuah kapal militer yang diproyeksikan sebagai kapal patroli dengan misi pengintaian. Jika dibandingkan dengan kapal *monohull* kapal trimaran memiliki kelebihan yaitu sarat yang lebih rendah, lebar yang lebih besar serta *wetted area* yang lebih kecil yang membuat daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal trimaran lebih kecil jika dibandingkan dengan kapal *monohull*. Tugas akhir ini mengkaji gerakan (*seakeeping*) kapal trimaran USV tersebut. Kemampuan gerak kapal (*seakeeping*) merupakan salah satu aspek penting yang berkaitan dengan keselamatan kapal, akibat gaya-gaya luar yang bekerja pada kapal. Gerakan yang ditimbulkan juga akan mempengaruhi kenyamanan (*seasickness*) terhadap awak kapal. Ada enam macam gerakan kapal dilaut yaitu tiga gerakan translasi (*surgings*, *swaying*, *heaving*) dan tiga gerakan rotasi (*rolling*, *pitching*, *yawing*). Analisa gerakan kapal ini dilakukan dengan metode permodelan numeris dan pengujian model kapal di *towing tank*. Pengujian di *towing tank* dilakukan pada periode 1.2 s, 1.4 s, 1.8 s, 2.4 s, 3.5 s, dan 4.0 s. Permodelan numeris menggunakan Ansys Aqwa. Kapal divariasikan dengan kecepatan 10 Knot, 15 Knot dan 20 Knot serta *heading angle* 90°, 135°, dan 180°. Kapal diasumsikan beroperasi pada *sea state* 1 sampai dengan *sea state* 3. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan nilai dari *Root Mean Square* (RMS) setiap gerakan kapal yang divariasikan dengan kecepatan serta sudut datang gelombang dan *vertical acceleration* pada *bow* kapal. Didapatkan hasil RMS Maksimum untuk gerakan Roll yaitu 2.122° pada kecepatan kapal 10 Knot dan *heading angle* 90° serta untuk gerakan pitch yaitu 1.83 pada kecepatan kapal 20 Knot dan *heading angle* 90°. Serta nilai dari *vertical acceleration* maksimum didapatkan pada saat kapal bergerak dengan kecepatan 20 Knot pada *heading angle* 90° sebesar 0.329 m/s². Dimana maksimum kriteria pada NATO STANAG 4154 untuk RMS pitch adalah 1.5°, RMS Roll adalah 4.0° dan RMS *vertical acceleration* adalah 0.2 g atau 1.962 m/s².

Kata kunci: gerakan, trimaran, Ansys Aqwa.

MOTION ANALYSIS OF UNMANNED SURFACE VEHICLES TRIMARAN SHIPS WITH EXPERIMENTS AND NUMERICAL METHODS

Author : Wirya Dharmata
Student Number : 0411154000006
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Aries Sulisetyono, S.T., MA.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

The USV trimaran ship is a military ship which projected as a patrol ship with scouting mission. Compared to the monohull vessel, the trimaran has lower draft, greater width and smaller watted area which makes less power needed to operate the trimaran ship compared to monohull vessel. This research study the motion of USV trimaran ship. Motion of ship (seakeeping) is one of the important aspect of ship related to it's safety, caused by the external forces acting on the ships. And also motion caused by the sea will affect the comfort (seasickness) of the crew. There are six kind motions of ship in the sea which is three translation motions (surge, sway, heave) and three rotational motions (roll, pitch, yaw). Motion analysis using numerical modelling and ship model test in towing tanks. Towing tank test is carried out in periods of 1.2 s, 1.4 s, 1.8 s, 2.4 s, 3.5 s, and 4.0 s. Numerical modeling use Ansys Aqwa. The ship varied with speeds of 10 Knots, 15 Knots, and 20 Knots also with 90°, 135°, and 180° heading angle with assumption ship operated in sea state 1 until sea state 3. The result of this research contains the value of Root Mean Square (RMS) each motion of ship and varied with speeds and heading angle, and also the value of vertical acceleration at ship's bow. The maximum RMS results for the roll motion is 2.122° with 10 Knots speed and 90° heading angle, and for the pitch motion the maximum result is 1.83° at 20 Knots speed and 90° heading angle. The maximum value of vertical acceleration is obtained when the USV trimaran ship moves with 20 Knots speed at 90° heading angle, the result is 0.329 m/s². Where the maximum criteria of NATO STANAG 4154 for RMS pitch is 1.5°, RMS roll is 4.0° and RMS vertical acceleration is 0.2 g or 1.962 m/s².

Keywords: motion, trimaran, Ansys Aqwa.

DAFTAR ISI

LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR SIMBOL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	1
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Manfaat	2
1.6. Hipotesis	2
BAB 2 STUDI LITERATUR.....	3
2.1. Dasar Teori	3
2.1.1. Trimaran.....	3
2.1.2. Unmanned Surface Vehicles.....	5
2.1.3. Teori Dasar Gerakan Bangunan Apung.....	5
2.1.4. Arah Gelombang.....	8
2.1.5. Frekuensi Gelombang Papasan	9
2.1.6. Response Amplitude Operator	10
2.1.7. Spektrum Gelombang	10
2.1.8. Respon Struktur Pada Gelombang Acak.....	11
2.1.9. Gerak Vertikal dan Relative Bow Motion	12

2.1.10. *Root Mean Square Error*13

2.1.11. <i>Software</i> Ansys Aqwa.....	13
2.1.12. 3D Diffraction Theory	15
2.1.13. Seakeeping Criteria NATO STANAG 4154.....	16
BAB 3 METODOLOGI	17
3.1. Bagan Alir.....	17
3.2. Bahan dan Peralatan	18
3.3. Proses Pengerjaan	19
3.4. Pengujian <i>Seakeeping</i> di <i>Towing Tank</i>	19
3.4.1. Prosedur Percobaan.....	20
3.4.2. Pemasangan Model Kapal.....	21
3.4.3. Kalibrasi Alat	21
3.4.4. Pengujian Eksperimen <i>Seakeeping</i>	22
3.4.5. Hasil Pengujian <i>Seakeeping</i>	23
3.5. Pembuatan Model dan Simulasi Ansys Aqwa.....	23
3.5.1. Studi Literatur	23
3.5.2. Data Kapal	23
3.5.3. Pembuatan Model Kapal Trimaran USV	25
3.5.3.1. Input Geometri Kapal Trimaran USV pada Ansys Aqwa.....	27
3.5.4. Proses Pendefinisian Model Kapal Trimaran USV pada Ansys Aqwa	29
3.5.5. Grid Independence Mesh	31
3.5.6. Frekuensi Gelombang dan Arah Gelombang.....	32
3.5.7. Menghitung <i>Transfer Function</i> Kapal Trimaran USV pada Ansys Aqwa.....	32
3.5.8. Membandingkan Hasil Analisa Numeris dan Eksperimen serta Validasi	33
3.5.9. Respon Kapal Trimaran USV di Gelombang Acak.....	33
3.5.10. Perbandingan Hasil Analisa Olah Gerak Kapal Trimaran USV dengan Kriteria <i>Seakeeping</i>	34
3.6. Spesifikasi Komputer.....	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1. Pendahuluan.....	35
4.2. Hasil Pengujian Eksperimen.....	35
4.3. Validasi Hasil RAO (<i>Response Amplitude Operator</i>) dari Pengujian Eksperimen dengan Hasil Pengujian Ansys Aqwa	37
4.4. Hasil Pengujian Ansys Aqwa	40

4.4.1. Hasil Pengujian Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot	40
4.4.2. Hasil Pengujian Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot	45
4.4.3. Hasil Pegujian Kapal trimaran USV dengan Kecepatan 20 Knot.....	50
4.5. Respons Kapal Trimaran USV di gelombang acak	54
4.5.1. Spektrum Gelombang	54
4.5.2. Spektra Respons Gerakan Kapal Trimaran USV.....	58
4.5.3. Perbandingan Kenaikan Gerakan Kapal signifikan sebagai fungsi kenaikan tinggi gelombang signifikan (H_s) untuk Kapal Trimaran USV	82
4.6. Relative Bow Motion Kapal Trimaran USV	87
4.7. Vertical Acceleration	89
4.8. Perbandingan dengan STANAG 4154.....	90
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	93
5.1. Kesimpulan.....	93
5.2. Saran	94
DAFTAR PUSTAKA.....	95
LAMPIRAN	96
LAMPIRAN A HASIL RAO (<i>RESPONSE AMPLITUDO OPERATOR</i>) HASIL TOWING TANK TEST	1
LAMPIRAN B RAO (<i>RESPONSE AMPLITUDO OPERATOR</i>) ANSYS AQWA.....	2
LAMPIRAN C HASIL RESPON SPEKTRUM GELOMBANG.....	7
LAMPIRAN D RMS (<i>ROOT MEAN SQUARE</i>).....	35
LAMPIRAN E RELATIVE BOW MOTION DAN VERTICAL ACCELERATION.....	37
BIODATA PENULIS	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 kano bercadik khas Indonesia.....	3
Gambar 2.2 Model Kapal Trimaran	4
Gambar 2.3 Konfigurasi Kapal Trimaran.....	4
Gambar 2.4 Model Kapal Trimaran USV dkala 1:10.....	5
Gambar 2.5 6 Derajat Kebebasan Kapal	6
Gambar 2.6 Arah Datang Gelombang	9
Gambar 2.7 Lambung Kapal Trimaran terbagi menjadi Panel-Panel Kecil.....	15
Gambar 2.8 STANAG 4154 <i>Seakeeping Criteria for Naval Ships</i>	16
Gambar 3.1 Kolam, kereta, dan ruang kontrol pada Laboratorium Hidrodinamika FTK ITS .	20
Gambar 3.2 Pengujian eksperimen seakeeping trimaran USV	22
Gambar 3.3 <i>Lines Plan</i> Kapal Trimaran USV.....	24
Gambar 3.4 Gambar Model Kapal Trimaran USV Hasil <i>Software</i> Maxsurf	25
Gambar 3.5 Cacat yang ditemukan Ansys Aqwa pada model dari Maxsurf.....	26
Gambar 3.7 Model Trimaran USV Menggunakan <i>Software</i> Rhinoceros.....	26
Gambar 3.6 Gambar Model Trimaran USV yang dipotong pada WL 1.0 m	27
Gambar 3.8 Translate Model Kapal sesuai sarat kapal	28
Gambar 3.9 <i>Setup</i> Perintah Slice pada Geometri Kapal.....	28
Gambar 3.10 Penentuan <i>Point of Mass</i> dari Kapal Trimaran USV.....	29
Gambar 3.11 <i>Meshing</i> pada Kapal Trimaran USV	30
Gambar 3.12 Grafik <i>Grid Independence</i> dengan <i>Added Mass</i>	31
Gambar 3.13 Penentuan Wave Frequency dan Wave Direction pada Ansys Aqwa	32
Gambar 3.14 Proses <i>Solving</i> pada Ansys Aqwa.....	33
Gambar 4.1 Hasil RAO Heave pada Pengujian Eksperimen.....	36
Gambar 4.2 Hasil RAO Pitch pada Pengujian Eksperimen.....	37
Gambar 4.3 Perbandingan Hasil RAO Heave Ansys Aqwa dan Eksperimen pada Kecepatan 10 Knot	38
Gambar 4.4 Perbandingan Hasil RAO Pitch Ansys Aqwa dan Eksperimen pada Kecepatan 10 Knot	39

Gambar 4.5 Hasil RAO Heave pada Kecepatan 10 Knot.....	40
Gambar 4.6 Hasil RAO Pitch pada Kecepatan 10 Knot	41
Gambar 4.7 Hasil RAO Roll pada Kecepatan 10 Knot	42
Gambar 4.8 Hasil RAO Sway pada Kecepatan 10 Knot	43
Gambar 4.9 Hasil RAO Surge pada Kecepatan 10 Knot.....	43
Gambar 4.10 Hasil RAO Yaw pada Kecepatan 10 Knot	44
Gambar 4.11 Hasil RAO Heave pada Kecepatan 15 Knot.....	45
Gambar 4.12 Hasil RAO Pitch pada Kecepatan 15 Knot.....	46
Gambar 4.13 Hasil RAO Roll pada Kecepatan 15 Knot	47
Gambar 4.14 Hasil RAO Sway pada Kecepatan 15 Knot	48
Gambar 4.15 Hasil RAO Surge pada Kecepatan 15 Knot.....	48
Gambar 4.16 Hasil RAO Yaw pada Kecepatan 15 Knot	49
Gambar 4.17 Hasil RAO Heave pada Kecepatan 20 Knot.....	50
Gambar 4.18 Hasil RAO Pitch dengan Kecepatan 20 Knot.....	50
Gambar 4.19 Hasil RAO Roll pada Kecepatan 20 Knot	51
Gambar 4.20 Hasil RAO Surge pada Kecepatan 20 Knot.....	52
Gambar 4.21 Hasil RAO Sway pada Kecepatan 20 Knot	53
Gambar 4.22 Hasil RAO Yaw pada Kecepatan 20 Knot	53
Gambar 4.23 Spektrum Gelombang Kapal Trimaran USV.....	54
Gambar 4.24 Encounter Wave Spectrum pada Kecepatan 10 Knot.....	55
Gambar 4.25 <i>Encounter Wave Spectrum</i> pada Kecepatan 15 Knot	56
Gambar 4.26 <i>Encounter Wave Spectrum</i> pada Kecepatan 20 Knot	57
Gambar 4.27 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 180$	58
Gambar 4.28 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 180$.	58
Gambar 4.29 Spektra Respon Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 180$	59
Gambar 4.30 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 135$	59
Gambar 4.31 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 135$.	60
Gambar 4.32 Spektra Respon Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 135$..	60
Gambar 4.33 Spektra Respon Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 135$.	61
Gambar 4.34 Spektra Respon Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 135$	61
Gambar 4.35 Spektra Respon Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 135$	62

Gambar 4.36 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 90$	62
Gambar 4.37 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 90$	63
Gambar 4.38 Spektra Respon Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 90$	63
Gambar 4.39 Spektra Respon Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 90$	64
Gambar 4.40 Spektra Respon Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 90$	64
Gambar 4.41 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 180$	65
Gambar 4.42 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 180$	65
Gambar 4.43 Spektra Respon Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 180$	66
Gambar 4.44 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 135$	66
Gambar 4.45 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 135$	67
Gambar 4.46 Spektra Respon Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 135$	67
Gambar 4.47 Spektra Respon Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 135$	68
Gambar 4.48 Spektra Respon Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 135$	68
Gambar 4.49 Spektra Respon Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 135$	69
Gambar 4.50 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 90$	69
Gambar 4.51 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 90$	70
Gambar 4.52 Spektra Respon Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 90$	70
Gambar 4.53 Spektra Respon Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 90$	71
Gambar 4.54 Spektra Respon Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 90$	71
Gambar 4.55 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 180$	72
Gambar 4.56 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 180$	72
Gambar 4.57 Spektra Respon Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 180$	73
Gambar 4.58 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 135$	73
Gambar 4.59 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 135$	74
Gambar 4.60 Spektra Respon Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 135$	74
Gambar 4.61 Spektra Respon Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 135$	75
Gambar 4.62 Spektra Respon Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 135$	75
Gambar 4.63 Spektra Respon Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 135$	76

Gambar 4.64 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 90$	76
Gambar 4.65 Spektra Respon Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 90$	77
Gambar 4.66 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 90$	77
Gambar 4.67 Spektra Respon Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 90$	78
Gambar 4.68 Spektra Respon Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 90$	78
Gambar 4.69 Respon Spektra Heave untuk tiap kecepatan pada <i>heading</i> 180°	79
Gambar 4.70 Respon Spektra Heave untuk tiap kecepatan pada heading 135°	80
Gambar 4.71 Respon Spektra Heave untuk tiap kecepatan pada heading 90°	81
Gambar 4.72 RMS Heave sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan dengan <i>heading angle</i> 180°	82
Gambar 4.73 RMS Heave sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan dengan <i>heading angle</i> 135°	83
Gambar 4.74 RMS Heave sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan dengan heading angle 90°	83
Gambar 4.75 RMS Pitch sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan dengan heading angle 180°	84
Gambar 4.76 RMS Pitch sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan dengan heading angle 135°	84
Gambar 4.77 RMS Pitch sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan dengan heading angle 90°	85
Gambar 4.78 RMS Roll sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan (H_s) dengan heading angle 90°	86
Gambar 4.79 RMS Roll sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan (H_s) dengan heading angle 135°	86
Gambar 4.80 <i>Relative Bow Motion</i> untuk <i>Heading angle</i> 180°	87
Gambar 4.81 <i>Relative Bow Motion</i> pada <i>Heading Angle</i> 135°	88
Gambar 4.82 <i>Relative Bow Motion</i> pada <i>Heading Angle</i> 90°	88
Gambar 4.83 <i>seakeeping</i> kriteria NATO STANAG 4154	91

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data perbandingan kapal dengan model pada sarat 0.55m dengan skala 1:19.66 ...	19
Tabel 3.2 Variasi yang digunakan pada pengujian <i>towing tank</i> di Laboratorium Hidrodinamika	20
Tabel 3.3 Ukuran <i>towing tank</i>	20
Tabel 3.4 Hasil kalibrasi pada haluan.....	21
Tabel 3.5 Kalibrasi pada buritan kapal.....	22
Tabel 3.6 Data Hidrostatik Kapal trimaran USV	24
Tabel 3.7 <i>Grid Independence</i> dengan <i>Added Mass</i>	31
Tabel 4.1 Konversi Parameter Model ke Parameter Kapal Sebenarnya (<i>Full Scale Vessel</i>) ...	35
Tabel 4.2 Hasil Konversi Periode Model dengan Periode <i>Full Scale Vessel</i>	36
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan RMSE pada RAO <i>Heaving</i> dan RAO <i>Pitching</i>	39
Tabel 4.4 <i>Vertical Acceleration</i> pada <i>Heading</i> 90°	89
Tabel 4.5 <i>Vertical Acceleration</i> pada <i>Heading</i> 135°	89
Tabel 4.6 <i>Vertical Acceleration</i> pada <i>Heading</i> 180°	90
Tabel 4.7 Hasil perhitungan RMS pada kapal trimaran USV sesuai dengan kriteria <i>seakeeping</i>	91

DAFTAR SIMBOL

F_0	= gaya eksitasi
M_0	= momen eksitasi
ω	= frekuensi eksitasi
t	= waktu
Θ	= sudut gerakan pitching
M_{jk}	= matriks massa dan momen inersia masa bangunan laut
A_{jk}	= matriks koefesien – koefesien masa tambah hidrodinamik
B_{jk}	= matriks koefesien – koefesien redaman hidrodinamik
K_{jk}	= matriks koefesien – koefesien kekauan atau gaya dan momen hidrostatik
F_1	= gaya eksitasi yang menyebabkan gerakan <i>surge</i>
F_2	= gaya eksitasi yang menyebabkan gerakan <i>sway</i>
F_3	= gaya eksitasi yang menyebabkan gerakan <i>heave</i>
F_4	= momen eksitasi yang menyebabkan gerakan <i>roll</i>
F_5	= momen eksitasi yang menyebabkan gerakan <i>pitch</i>
F_6	= momen eksitasi yang menyebabkan gerakan <i>yaw</i>
T_e	= <i>Periode encounter</i> (s)
L_w	= <i>Panjang gelombang</i> (m)
V_w	= <i>Kecepatan gelombang</i> ($\frac{m}{s}$)
V	= <i>Kecepatan kapal</i> (m)
ω_e	= <i>Frekuensi encounter</i> (rad/s)
ω_w	= <i>Frekuensi gelombang</i> ($\frac{rad}{s}$)
$X_p(\omega)$	= amplitudo struktur
$\eta(\omega)$	= amplitudo gelombang
H_{char}	= <i>Significant wave height</i> (m)
\bar{T}	= <i>Average period</i> (s)
μ	= <i>Heading angle</i> ($^\circ$)
S_r	= Spektrum respon
$S(\omega)$	= Spektrum gelombang
$RAO(\omega)$	= <i>Transfer function</i>
ε_z	= sudut fase gerakan heaving terhadap gelombang.
ε_θ	= sudut fase gerakan pitching terhadap gelombang.
$(Z_b)_a$	= amplitudo gerak vertical haluan (m).
ε_b	= sudut fase gerak vertical haluan (rad).
$(Z_{br})_a$	= amplitudo Gerak haluan relatif. (m)
$(Z_b)_a$	= amplitudo gerak vertikal haluan (m).
ζ_a	= amplitudo gelombang. (m)
k_e	= angka gelombang efektif.
ε_b	= sudut fase gerakan haluan vertikal.(rad)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Permintaan untuk meningkatkan kecepatan dan meningkatkan kualitas seakeeping kapal komersial dan angkatan laut telah menyebabkan perkembangan pesat kendaraan laut canggih selama beberapa dekade terakhir (WEGEMT, 1989) beberapa tahun terakhir peningkatan permintaan rata-rata penggunaan kapal cepat naik 15 persen dalam industri militer. Trimaran USV adalah solusi paling tepat untuk mengatasi permintaan ini dikarenakan selain memiliki kecepatan tinggi trimaran juga memiliki hambatan yang kecil dibandingkan kapal *monohull* sehingga membutuhkan daya yang lebih kecil untuk menggerakkan kapal serta tidak membutuhkan awak kapal yang mampu mengurangi resiko kehilangan prajurit bila dalam kondisi paling ekstrim.

Fitur utama dalam konsep kapal trimaran adalah lambung utama yang ramping yang akan menghasilkan pengurangan hambatan gelombang pada kapal pada saat kapal sedang dalam kecepatan tinggi. Dua lambung sisi yang masing-masing memiliki luasan yang kurang dari 5% total *displacement* kapal ditempatkan dibawah konstruksi geladak yang seperti salib, untuk memberikan stabilitas melintang serta meningkatkan kualitas seakeeping untuk memenuhi *normal damage stability* (Zhang, 1997). Kapal trimaran tipe USV yang dikaji dalam tugas akhir ini pun masih dalam tahap pengujian terhadap desain kapalnya. Sehingga kajian terhadap gerakannya sangat perlu untuk dilakukan sebagai pertimbangan dalam segi kenyamanan serta keselamatan kapal tersebut.

1.2. Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik gerakan kapal Trimaran tipe USV?
2. Bagaimana kelayakan kapal Trimaran tipe USV bila ditinjau berdasarkan kriteria standard performa *seakeeping*?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik gerakan kapal Trimaran tipe USV.
2. Mengetahui kelayakan kapal Trimaran tipe USV bila ditinjau berdasarkan kriteria standard performa *seakeeping*.

1.4. Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang ada dalam tugas akhir ini adalah :

- Variasi arah gelombang yaitu *Heading 180°*, *Heading 135 °*, *Heading 90 °*
- Variasi kecepatan kapal yang digunakan adalah 20 Knots, 15 Knots, dan 10 Knots.
- Kondisi *Seakeeping* yang diperhatikan pada eksperimen hanya *heaving* dan *pitching* dikarenakan keterbatasan fasilitas Laboratorium Hidrodinamika ITS.
- Gerakan yang dianalisa pada metode numerik meliputi *six degree of freedom* Kapal Trimaran.
- Metode yang digunakan adalah metode numerik dengan bantuan *software* ANSYS AQWA.
- Kriteria *Seakeeping* yang digunakan adalah NATO STANAG 4154

1.5. Manfaat

Manfaat penulisan tugas akhir ini adalah memberikan informasi berupa data eksperimen dan hasil simulasi numerik untuk memperkaya literatur terhadap karakteristik gerakan kapal trimaran.

1.6. Hipotesis

Kapal Trimaran tipe USV ini sudah layak dioperasikan berdasarkan kriteria standard performa *seakeeping*.

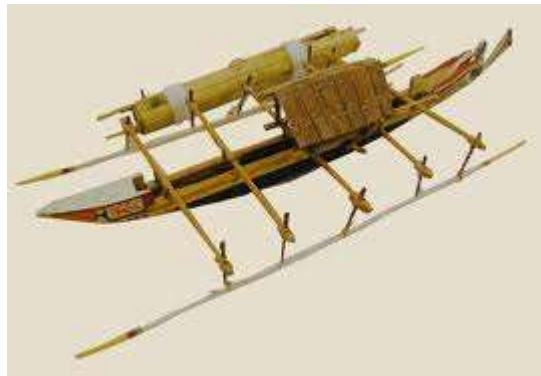
BAB 2

STUDI LITERATUR

2.1. Dasar Teori

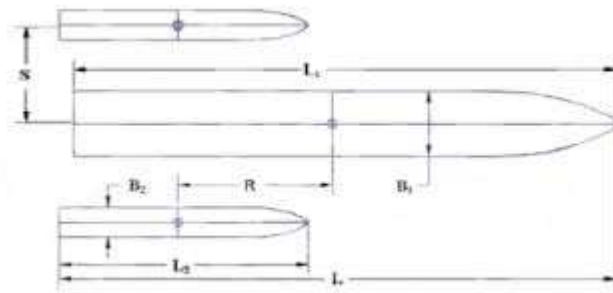
2.1.1. Trimaran

Trimaran merupakan jenis kapal dengan tiga lambung yang terinspirasi dari kano bercadik Indonesia, dengan kano ditengah yang ramping yang berasal dari batang kayu yang ditopang oleh dua lambung samping yang jauh lebih ramping.

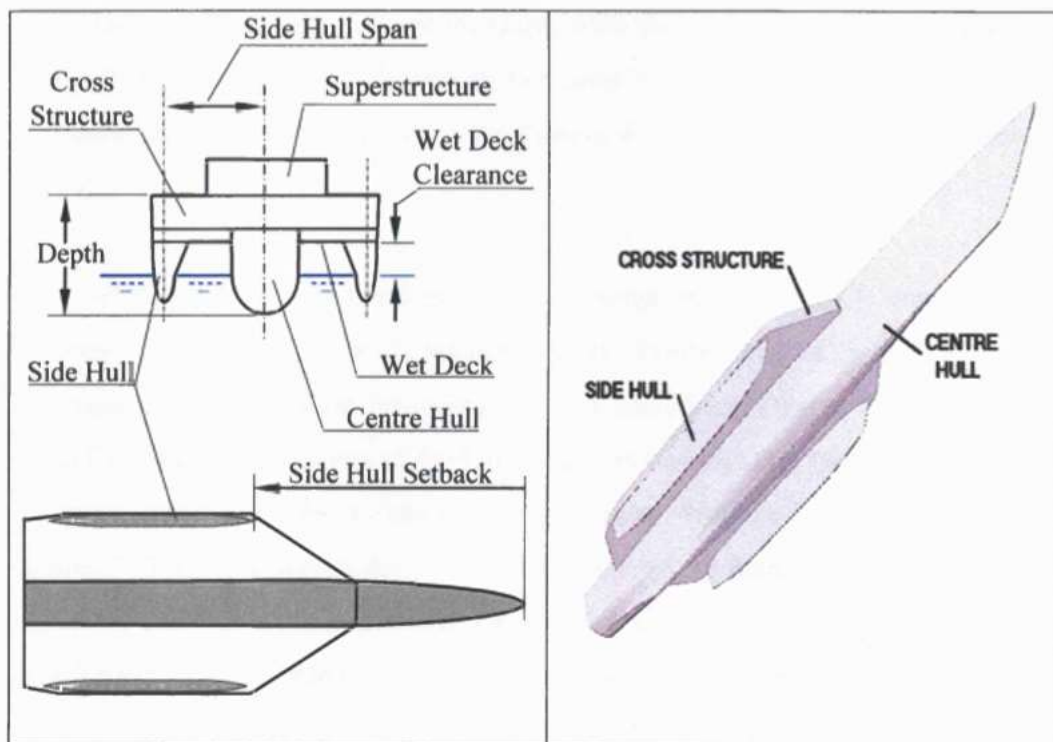


Gambar 2.1 kano bercadik khas Indonesia

Konsep kapal trimaran terinspirasi dari kapal tradisional khas Indonesia yaitu kano bercadik yang biasa digunakan nelayan tradisional Indonesia. Konsep dari kapal trimaran modern mulai di perkenalkan oleh Pattison dan Zhang pada makalah seminalnya dimana riset awalnya dilakukan di departemen teknik mesin University College London (Grafton, 2007). Trimaran merupakan jenis kapal *multi-hull* dengan tiga lambung (*demihull*) yang dihubungkan dengan struktur *bridging*. Struktur *bridging* ini merupakan sebuah keuntungan trimaran karena menambah tinggi lambung timbul (*Freeboard*). Sehingga kemungkinan terjadi *deck wetness* dapat dikurangi. Trimaran mempunyai garis air lambung yang sangat ramping dengan tujuan untuk memperoleh hambatan yang rendah. Garis air yang ramping ini menyebabkan trimaran sensitif terhadap perubahan distribusi berat.



Gambar 2.3 Konfigurasi Kapal Trimaran



Gambar 2.2 Model Kapal Trimaran

Performa hidrodinamik kapal trimaran telah diteliti melalui model percobaan dan analisis teoritis pada *seakeeping*, resistensi, dan *manuver*. Kecocokan antara prediksi teoritis dan eksperimen model telah dicapai. Ini menunjukkan manfaat dari program komputer yang dikembangkan selama penelitian sehingga mereka dapat digunakan dalam desain kapal trimaran kedepannya untuk menilai kualitas performa hidrodinamiknya. Penempatan lambung sisi yang baik dapat mengurangi hambatan kapal trimaran serta mendapat *wave cancellation effects* (Zhang, 1997).

2.1.2. Unmanned Surface Vehicles

Unmanned Surface Vehicles (USV) seperti namanya, merupakan jenis kapal yang tidak berawak dan memiliki mode baru untuk beroperasi. Kapal jenis ini ditujukan untuk medan-medan yang sulit, yang memiliki resiko yang tinggi bila manusia sebagai pengendaranya dan sebagainya. Hari ini kita sudah sering melihat berbagai riset mengenai USV ini baik oleh akademisi, perusahaan swasta atau bahkan oleh pemerintahan suatu negara. Kegunaannya banyak, seperti dalam bidang sains, pemetaan bimateri, pertahanan suatu negara atau hanya sekedar penelitian dibidang robotik (Manley, 2008).

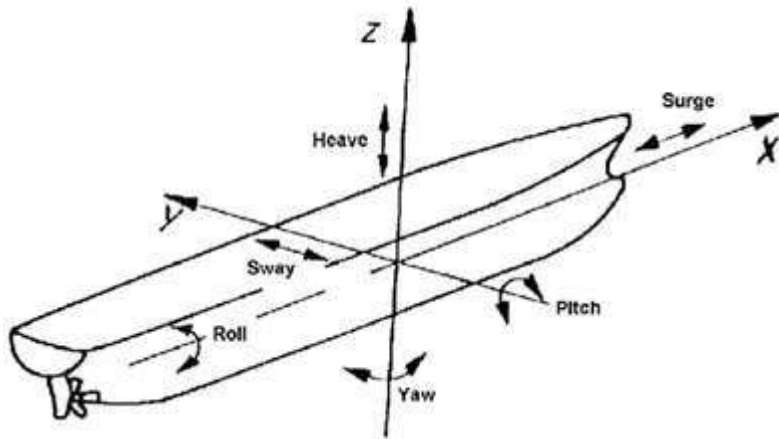


Gambar 2.4 Model Kapal Trimaran USV skala 1:10

2.1.3. Teori Dasar Gerakan Bangunan Apung

Struktur bangunan apung mempunyai enam model gerakan bebas yang terbagi menjadi dua kelompok, yaitu tiga model gerakan translasional dan tiga model gerakan rotasional. Keenam moda gerakan tersebut adalah:

1. Model gerakan translasi
 - a. *Surge*, gerakan translasional arah sumbu x
 - b. *Sway*, gerakan translasional arah sumbu y
 - c. *Heave*, gerakan translasional arah sumbu z
2. Model gerakan rotasional
 - a. *Roll*, gerakan rotasional arah sumbu x
 - b. *Pitch*, gerakan rotasional arah sumbu y
 - c. *Yaw*, gerakan rotasional arah sumbu z



Gambar 2.5 6 Derajat Kebebasan Kapal

Model gerakan tersebut dapat dilihat penjelasannya pada Gambar II.1, dengan memakai konversi sumbu tangan kanan tiga gerakan translasi pada arah sumbu x, y dan z adalah masing – masing *surge*, *sway*, dan *heave*, sedangkan untuk gerakan rotasi terhadap ketiga sumbu adalah *roll*, *pitch* dan *yaw*.

Setiap gerakan memiliki sebuah persamaan umum, yang ada di dalamnya terdapat beberapa komponen, dituliskan pada persamaan (2.1) dibawah ini

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

Dimana :

- a* = Total Mass (Ship Mass Plus Added Mass)
- b* = Koefisien Damping
- c* = Restoring Force
- F₀* = Gaya Eksitasi
- z* = Perpindahan
- ω = Frekuensi Eksitasi
- t* = Waktu

Persamaan diatas menggambarkan gerakan *heaving* dan disebut sebagai *Forced Heaving Motion*. Untuk gerakan translasi lainnya, persamaan tersebut dapat diterapkan dengan merubah sumbu axis gerakan terhadap x dan y, dimana a adalah *virtual mass* (masa kapal ditambah dengan *added mass*), b adalah koefisien *damping* (gaya melawan arah gerakan), c

adalah koefisien *restoring force* (gaya pengembali ke titik seimbang), dan F_0 adalah *existing force/encountering force* atau gaya luar yang bekerja pada benda, jika kapal berada pada kondisi air tenang (*calm water*) maka nilai F_0 adalah nol.

Sedangkan untuk gerakan *rotational*, persamaan dasar yang dipakai tetap sama, hanya merubah variabel gerakan dari translasi (jarak) menjadi sudut dan gaya menjadi *moment* seperti di tuliskan persamaan (2.2) dibawah ini untuk gerakan *pitching*.

$$a \frac{d^2\theta}{dt^2} + b \frac{d\theta}{dt} + c\theta = M_0 \cos \omega_e t \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- a = Momen Inersia Gerakan Pitch
- b = Momen *Damping*
- c = *Restoring Moment*
- M_0 = Momen Eksitasi
- θ = Sudut Gerakan *Pitching*
- ω = Frekuensi Eksitasi
- t = Waktu

Dengan asumsi bahwa gerakan osilasi adalah linear dan harmonik, maka enam persamaan diferensial gerakan kopelnya dapat dituliskan pada persamaan (2.3) sebagai berikut:

$$\sum_n^6 = 1 [(M_{jk} + A_{jk})\zeta_k + B_{jk}\zeta_k + K_{jk}\zeta_k = F_j e^{-i\omega t}; j, k = 1, \dots, 6 \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana:

- M_{jk} = Matriks massa dan momen inersia masa bangunan laut
- A_{jk} = Matriks koefesien – koefesien masa tambah hidrodinamik
- B_{jk} = Matriks koefesien – koefesien redaman hidrodinamik
- K_{jk} = Matris koefesien – koefesien kekauan atau gaya dan momen hidrostatik
- F_j = Matriks gaya eksitasi (F_1, F_2, F_3) dan momen eksitasi (F_4, F_5, F_6)

dalam fungsi kompleks (dinyatakan oleh $e^{i\omega t}$)

F_1 = Gaya eksitasi yang menyebabkan gerakan *surge*

F_2 = Gaya eksitasi yang menyebabkan gerakan *sway*

F_3 = Gaya eksitasi yang menyebabkan gerakan *heave*

F_4 = Momen eksitasi yang menyebabkan gerakan *roll*

F_5 = Momen eksitasi yang menyebabkan gerakan *pitch*

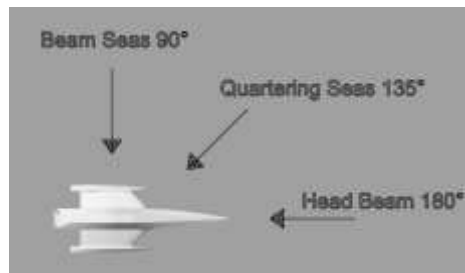
F_6 = Momen eksitasi yang menyebabkan gerakan *yaw*

Persamaan 2.3 diatas jelas menunjukkan hubungan antara gaya aksi dan reaksi. Gaya aksi direpresentasikan oleh suku pada ruas kanan, yang merupakan eksitasi gelombang terhadap bangunan apung. Gaya reaksi ditunjukkan oleh suku – suku disebalah kiri persamaan, yang terjadi dari gaya inersia dan gaya pengembali, yang masing – masing berkolerasi dengan percepatan gerak, kecepatan gerak dan simpangan atau *displacement* gerakan. Dengan menyelesaikan persamaan gerak ini di dapatkan hasil karakteristik gerakan bangunan laut. Informasi ini pada umumnya disajikan dalam bentuk grafik dimana perbandingan gerakan pada mode tertentu ζ_1 dengan parameter tinggi (atau amplitudo gelombang, ζ_a) diberikan sebagai fungsi frekuensi ω dari sumber eksitasi. Informasi gerakan ini dinamakan *Respon Amplitude Operator* (RAO).

2.1.4. Arah Gelombang

Bangunan laut berada pada lokasi operasinya, baik dalam mode stasioner, diam ditempat, maupun dalam mode melaju dengan kecepatan untuk berpindah – pindah lokasi, akan menghadapi gelombang yang dapat berpropagasi dari berbagai arah. Dalam hal bangunan laut mempunyai konfigurasi – konfigurasi bola atau silinder tunggal dengan distribusi massa yang seragam, sehingga dapat dipandang sebagai benda simetri dari berbagai arah, maka secara idealnya gelombang yang datang dari manapun menimbulkan efek gerakan yang kurang lebih sama. Namun demikian kebanyakan bangunan laut tidaklah mempunyai bentuk yang simetri menyeluruh. Dengan demikian perbedaan arah eksitasi gelombang akan mempunyai dampak intensitas gerakan yang berbeda – beda dalam ke-6 derajat kebebasannya. Perbedaan intensitas tersebut jelas terjadi karena perbedaan pola aliran yang timbul di medan fluida sekitar benda. Sebagai konsekuensinya efektifitas *variable – variable* pada persamaan 2.3 yakni gelombang

insiden, gelombang difraksi, masa tambah, redaman dan kekauan akan bervariasi. Menyadari hal ini maka pentinglah untuk mendefinisikan faktor arah gelombang.



Gambar 2.6 Arah Datang Gelombang

Dari banyak referensi mengenai teori gerakan bangunan laut dapatlah disimpulkan suatu konvensi umum, bahwa arah gelombang (μ) didefinisikan sebagai sudut antara arah propagasi gelombang dengan arah laju bangunan laut. Selanjutnya arah gelombang (μ) sebesar 0° ditetapkan bila arah propagasi gelombang adalah sama dengan arah melajunya bangunan laut. Sebaliknya bila arah propagasi gelombang berlawanan dengan arah laju bangunan laut, maka ditetapkan sebagai (μ) = 180° . Dengan kata lain (μ) = 0° adalah sama dengan gelombang yang datang dari arah buritan bangunan laut, sedangkan (μ) = 180° adalah gelombang yang dapat dari arah haluan. Mengikuti kedua definisi tersebut mudahlah kemudian ditetapkan bahwa sudut gelombang (μ) = 90° dan (μ) = 270° adalah bila datang dari arah sisi – sisi tegak lurus terhadap sumbu memanjang bangunan laut. Sampai disini jelaslah bahwa bangunan laut berada bahwa jika bangunan laut berada dalam mode stasioner atau tanpa gerakan melaju, arah gelombang dapat ditinjau dengan mengacu pada arah buritan ataupun haluannya.

2.1.5. Frekuensi Gelombang Papasan

Dalam fenomena pergerakan kapal, gerakan kapal ke depan atau sebaliknya yang dipengaruhi gelombang ketika dipandang oleh seseorang yang berada di dalam kapal jika kapal tersebut membuat gerakan di laut dengan kecepatan konstan, maka gelombang akan muncul untuk kapal itu sendiri pada tingkat lebih cepat daripada aktual frekuensi gelombang laut yang dihadapinya. Frekuensi yang diamati tersebut disebut *encounter frequency*. Seperti halnya gelombang, *encouter frequency* terdiri dari periode *encouter* (T_e), yaitu sama dengan waktu yang diperlukan suatu kapal untuk bergerak dari satu puncak gelombang ke puncak gelombang lainnya. Periode *encouter* merupakan fungsi dari periode gelombang (T), kecepatan kapal (V), dan sudut *encouter* (μ). Periode *encouter* ini menunjukkan bagaimana kapal berhadapan dengan gelombang dan pengaruh apa yang ditimbulkannya. Pada kebanyakan perhitungan kapal periode *encouter* ini digunakan sebagai ganti periode gelombang. Sudut hadap (*heading*

angle) (μ) adalah sudut antara gerakan gelombang dengan lintasan kapal, yang diukur dari arah gelombang searah dengan jarum jam. Dalam ilustrasinya dapat diperlihatkan sebagai berikut:

$$T_e = \frac{L_w}{V_w - V \cos \mu} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\omega_e = \omega_w \left(1 - \frac{\omega_w V}{g} \cos \mu\right) \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

- $T_e = \text{Periode encounter (s)}$
- $L_w = \text{Panjang gelombang (m)}$
- $V_w = \text{Kecepatan gelombang } \left(\frac{m}{s}\right)$
- $V = \text{Kecepatan kapal (m)}$
- $\omega_e = \text{Frekuensi encounter (rad/s)}$
- $\omega_w = \text{Frekuensi gelombang } \left(\frac{rad}{s}\right)$
- $g = 9.80655 \text{ (m/s)}$

2.1.6. Response Amplitude Operator

Respon Amplitude Operator (RAO) merupakan fungsi respon gerakan dinamis struktur yang di sebabkan oleh gelombang dengan rentang frekuensi tertentu. RAO merupakan alat untuk mentransfer gaya gelombang menjadi respon gerakan dinamis struktur. RAO dapat didefinisikan sebagai persamaan (2.6) :

$$RAO(\omega) = \frac{X_p(\omega)}{\eta(\omega)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

- $X_p(\omega)$ = amplitudo struktur
- $\eta(\omega)$ = amplitudo gelombang

RAO dapat diilustrasikan sebagai grafik perbandingan amplitudo respon dengan amplitudo gelombang terhadap frekuensi gelombang.

2.1.7. Spektrum Gelombang

Dalam perancangan struktur bangunan apung, idealnya informasi karakteristik gelombang untuk lingkungan dimana struktur akan dioperasikan harus lengkap tersedia. Contohnya bila perairan tersebut berada di Indonesia, kita dapat melihat informasi gelombang tersebut Meskipun demikian, belum semua daerah lautan di dunia dilakukan observasi gelombangnya. Untuk kebutuhan perancangan maka spektra gelombang dari lokasi lain dengan kondisi yang mirip biasanya diambil. Bila informasi inipun tidak tersedia maka dapat dipakai

formula spektra gelombang. Salah satunya yaitu formulasi ITTC (*International Towing Tank Conference*), formulasi tersebut memberikan energi spektrum gelombang sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan, $H^{1/3}$ dan frekuensi karakteristik. ITTC merupakan penelitian mengenai standar spektrum gelombang. Formula spektrum gelombang ITTC adalah sebagai berikut:

$$S_{ITTC\xi}(\omega_w) = \frac{A}{\omega_w^5} e^{\left(\frac{-B}{\omega_w^4}\right)} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$A = 172.75 \frac{H_{char}^2}{T^4} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$B = \frac{691}{T^4} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$S(\omega_e) = S(\omega_w) \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{4\omega_e V}{g}\right) \cos\mu}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

ω_w = Frekuensi gelombang (rad/s)

H_{char} = *Significant wave height* (m)

\bar{T} = *Average period* (s)

ω_e = Frekuensi papasan (rad/s)

V = Kecepatan kapal (m/s)

μ = *Heading angle* ($^{\circ}$)

2.1.8. Respon Struktur Pada Gelombang Acak

Gelombang acak merupakan superposisi dari komponen pembentuknya berupa gelombang sinusoidal dalam jumlah yang tak terhingga. Tiap – tiap komponen gelombang memiliki tingkat energi tertentu yang dikontribusikan dan secara keseluruhan dapat diakumulasikan dalam bentuk spektrum energi gelombang (Djatkiko, 2012).

Respon struktur pada gelombang acak dapat dilakukan dengan mentransformasikan spektrum gelombang menjadi spektrum respon. Spektrum respon di definisikan sebagai respon kerapatan energi pada struktur akibat gelombang. Hal ini dapat dilakukan dengan mengalikan harga pangkat kuadrat dari RAO (*Response Amplitude Operator*) dengan spektrum gelombang pada daerah struktur bangunan apung atau kapal tersebut beroperasi. Persamaan spektrum respon secara matematis dapat dituliskan sebagai :

$$S_r = [RAO(\omega)]^2 S(\omega) \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

- S_r = Spektrum respon
- $S(\omega)$ = Spektrum gelombang
- $RAO(\omega)$ = *Transfer function*
- ω = Frekuensi gelombang

Setelah spektrum respon diperoleh maka intensitas gerakan dapat dihitung sebagai fungsi luasan dibawah kurva spektrum respon atau merupakan variasi elevasi gerakan, yaitu sebagai berikut;

$$m_{r0} = \int_0^\phi S_\zeta(\omega) d\omega \dots\dots\dots(2.12)$$

m_{r0} merupakan luasan dibawah kurva spektrum. Berdasarkan persamaan 2.12, jika diturunkan akan didapatkan harga – harga statistik gerakan sebagai fungsi varian elevasi gerakan m_{r0} , yaitu misalnya sebagai RMS of *Motion* yang merupakan harga gerakan signifikan dapat dihitung sebagai:

$$RMS_{1/3} = 4.0\sqrt{m_{r0}} \dots\dots\dots(2.13)$$

2.1.9. Gerak Vertikal dan Relative Bow Motion

Kapal bergerak secara vertikal akibat dari gerakan heave dan pitch secara bersamaan dengan titik berat kapal sebagai pusat dari rotasi gerakan pitch. Vertical motion pada titik yang berjarak ξ dari CG kapal yang bergerak pada gelombang reguler merupakan gerakan harmonic sederhana. Berdasarkan Bhattacharaya (1978) persamaan gerak heaving dan pitching dinyatakan dalam bentuk persamaan dibawah ini :

$$Z = Za \cos (\omega_e t + \epsilon z) \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\theta = \theta a \cos (\omega_e t + \epsilon \theta) \dots\dots\dots(2.15)$$

dimana :

ϵz = sudut fase gerakan heaving terhadap gelombang.

$\epsilon \theta$ = sudut fase gerakan pitching terhadap gelombang.

Sehingga gerakan haluan (Z_b) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Z_b = (Z_b)a \cos (\omega_e t + \epsilon b) \dots\dots\dots(2.16)$$

$$(Z_b)a =$$

$$\sqrt{(Za)^2 + (\xi \theta a)^2 + 2a Za \xi \theta a \cos(\epsilon z - \epsilon \theta)} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$\tan(\epsilon b) = \frac{Za \sin \epsilon z + \xi \theta a \sin \epsilon \theta}{Za \cos \epsilon z + \xi \theta a \cos \epsilon \theta} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

$(Z_b)a$ = amplitudo gerak vertical haluan (m).

ϵ_b = sudut fase gerak vertical haluan (rad).

Gerak relatif haluan atau yang biasa disebut *relative bow motion* adalah salah satu hal yang menarik dalam seakeeping pada kapal dikarenakan dapat diprediksi terjadinya *greenwater on deck*. Gerakan ini ditentukan dari jarak vertikal antara permukaan gelombang pada satu titik baik pada buritan maupun pada haluan dengan garis air pada area yang sama. Ketika amplitudo dan sudut fase dari gerakan heaving dan pitching diketahui hubungannya dengan permukaan gelombang maka gerak relatif haluan vertikal dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$(Zbr)a = \sqrt{(Zb)a^2 + (\zeta a)^2 - 2(Zb)a\xi\theta\cos(ke\xi - \epsilon_b)} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

- (Zbr)a = amplitudo Gerak haluan relatif. (m)
- (Zb)a = amplitudo gerak vertikal haluan (m).
- ζa = amplitudo gelombang. (m)
- ke = angka gelombang efektif.
- ϵ_b = sudut fase gerakan haluan vertikal.(rad)
- ξ = jarak *center of gravity* ke *bow* kapal (m)

Angka gelombang efektif dapat dicari dengan rumus :

$$Ke = (2\pi\text{Cos}\alpha) / Lw \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana Lw adalah panjang gelombang.(m).

2.1.10.Root Mean Square Error

Root mean square error atau standar deviasi error adalah salah satu persamaan untuk mengukur tingkat peforma dari suatu variabel yang memiliki nilai sebaran error tertentu. Semakin kecil RMSE berarti sistem memiliki peforma semakin baik (Mehmet Unstuntag, 2013). Penggunaan persamaan RMSE guna mendapatkan nilai error pada proses validasi model kapal trimaran USV. Berikut persamaan RMSE :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (G(i) - T(i))^2} \dots\dots\dots(2.21)$$

2.1.11.Software Ansys Aqwa

Ansys aqwa memberikan fasilitas terintegrasi untuk mengembangkan parameter hidrodinamika, terutama yang diperlukan untuk melakukan gerakan yang kompleks dan juga analisis respon. Pembuatan model dapat dilakukan dengan *Ansys Design Modeler* yang terintegrasi dengan aplikasi Ansys Aqwa. Sebagai sistem terintegrasi untuk melakukan analisa

hidrodinamik dan mooring. Secara fungsional Ansys Aqwa dapat dibagi menjadi 6 operasi antara lain:

- Difraksi/Radiasi
- Stabilitas awal statis dan dinamis termasuk dampak sistem mooring dan koneksi fisik lainnya.
- Frekuensi domain analisis dinamis
- Domain waktu dengan gelombang teratur atau tidak teratur amplitudo besar
- Transfer beban hidrodinamik untuk analisis elemen hingga struktur

Selain fasilitas opsional untuk konfigurasi kabel mooring tersedia juga analisis statis dan dinamis (baik dalam frekuensi dan waktu domain) untuk memberikan pemodelan yang lebih bagus dari respon sistem kapal dan ooring, terutama di perairan dalam.

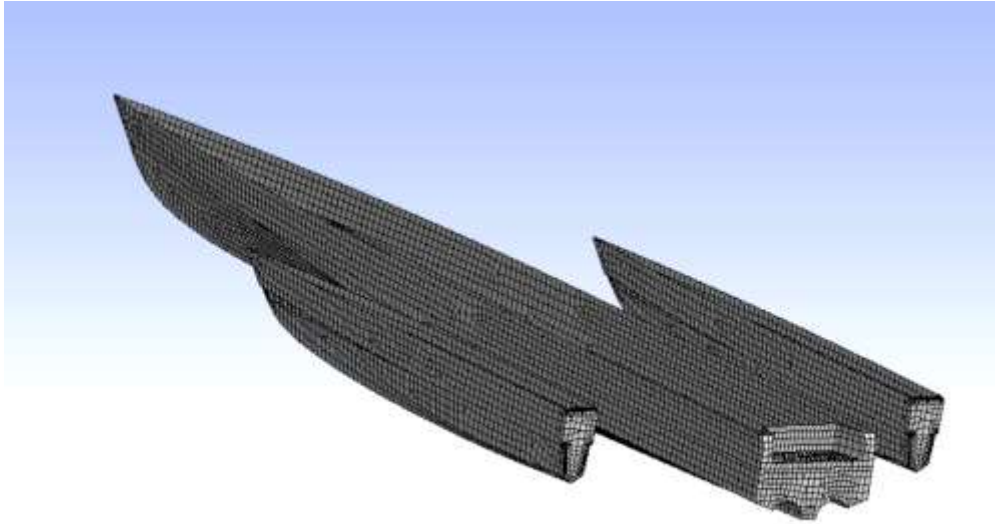
Untuk bentuk lambung kapal besar Ansys Aqwa membutuhkan deskripsi bentuk lambung. Sebuah panel diskritisasi standard lambung digunakan dalam tahap radiasi / difraksi simulasi (dan mungkin juga dapat digunakan dalam pemecah berikutnya, seperti solusi domain waktu statis dan dinamis).

Untuk bentuk kapal yang lebih umum Ansys Design Modeler dapat digunakan baik untuk menghasilkan geometri secara langsung atau mengimpor geometri dari berbagai sistem cad seperti Autocad, Maxsurf, dll. Geometri ini kemudian dapat di import ke Ansys Aqwa untuk dilakukan analisis difraksi hidrodinamik. Output dari Ansys Aqwa bisa dijadikan input untuk pembebanan dalam perhitungan *finite elemen* pada aplikasi Ansys Mechanical maupun analisa mooring yang lebih insentif di Orcaflex.

Dengan berpedoman pada proses numerik *3D Diffraction*, Ansys Aqwa mampu mempredisikan olah gerak bangunan laut tanpa dibatasi oleh kondisi bentuk dari model. Berbeda dengan *strip theory* yang memiliki pendekatan secara 2D, *3D Diffraction* melakukan perhitungan secara 3D berdasarkan permukaan surface dari model.

2.1.12. 3D Diffraction Theory

Metode ini digunakan untuk menganalisa gerakan struktur dengan bentuk sembarang, baik terapung bebas maupun dengan *mooring system*. Permukaan struktur dibagi ke dalam N panel yang cukup kecil sehingga diasumsikan gaya – gaya hidrodinamis yang bekerja adalah sama di tiap panel, seperti yang terlihat pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Lambung Kapal Trimaran terbagi menjadi Panel-Panel Kecil

Selanjutnya, sebuah persamaan dibentuk sehingga kecepatan potensial dapat diperoleh. Pada kondisi tenang, persamaan kecepatan potensial total akibat pengaruh kecepatan U adalah sebagai berikut:

$$\phi(x, y, z; t) = [-U_x + \phi_s(x, y, z)] + \phi_r(x, y, z) e^{-i\omega t} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana x, y dan z menyatakan arah (sistem koordinat). Wave exciting force yang bekerja pada tiap panel dihitung dengan formula berikut:

$$F_{kj} = \rho \int_{S_b} [\omega_e^2 X_j (\phi_{jc} + i\phi_{js}) + i\omega_e U X_j \frac{\partial}{\partial j} (\phi_{jc} + i\phi_{js})] n_k ds \dots\dots\dots(2.15)$$

Sehingga gerak struktur dapat dihitung dengan persamaan matrik berikut:

$$X_j^0 = F_k^0 [\sum_{j=1}^6 -\omega_e^2 (M_{kj} + A_{kj}) - i\omega_e B_{kj} + C_{kj}]^{-1} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

X_j = Amplitudo gerakan struktur

M_{kj} = Matriks inersia struktur

A_{kj} = Matriks koefisien *added mass*

B_{kj} = Matriks koefisien *damping*

C_{kj} = Koefisien inersia statis

F_{kj} = Amplitudo wave *exciting force*

2.1.13. Seakeeping Criteria NATO STANAG 4154

Operabilitas kapal pada laut yang dalam hal ini kapabilitas untuk menyelesaikan misi bagi sebuah kapal perang merupakan sebuah performa indikator yang utama. Pada dasarnya kondisi laut berdampak buruk pada gerakan dinamis signifikan, kecepatan, percepatan dan muatan

TABLE 1. Hull and Helicopter operations criteria		
Criterion Response	Location	Criterion Levels
		Helicopter Recovery
Vertical Velocity, RMS	Helicopter Platform	2.0 m/s
		Criteria for the hull (monohull)
Deck Wetness	Worst Station in bow region	30 occurrences / hour
Bottom Slamming	Worst Station in bow region	20 occurrences / hour
Propeller Emergence	¼ Propeller Diameter	90 occurrences / hour
		Default Criteria for the personnel
Pitch, RMS		1.5 deg
Roll, RMS		4 deg
Vertical Acceleration, RMS	Bridge	0.2 g
Lateral Acceleration, RMS	Bridge	0.1 g
Relative Wind, Mean Value	Flight Deck	35 kn
		Recommended Criteria for the personnel
Motion Sickness Incidence MSI	Task Location	20% of crew @ 4 hours
Motion Induced Interruption MII	Task Location	1 / min
Lateral Acceleration, RMS	Bridge	0.1 g
Relative Wind, Mean Value	Task Location if on Weather Deck	35 kn

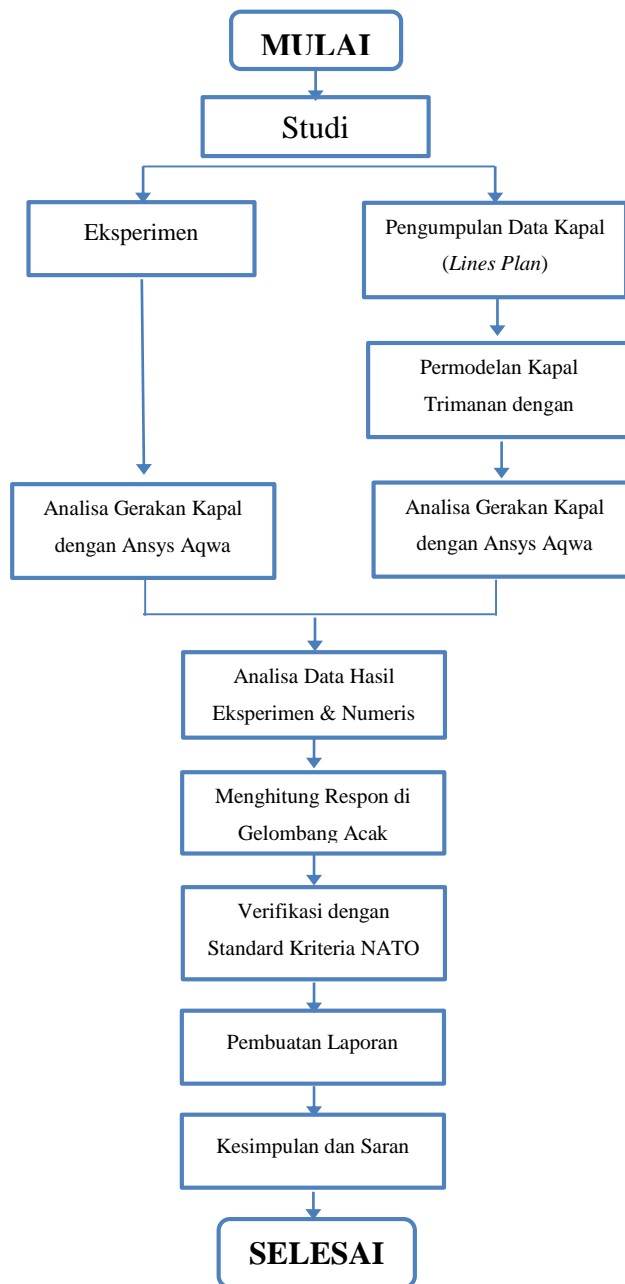
Gambar 2.8 STANAG 4154 Seakeeping Criteria for Naval Ships

kapal yang memperburuk kinerja dari crew maupun beberapa sistem pada kapal termasuk bentuk lambung kapal itu sendiri (Gregory, 2010) maka untuk meminimalisir kondisi tersebut NATO mengeluarkan standar kriteria *seakeeping* untuk kapal militer yaitu STANAG 4154.

BAB 3

METODOLOGI

3.1. Bagan Alir



3.2. Bahan dan Peralatan

Bahan dan Peralatan yang digunakan pada tugas akhir ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu untuk pengujian eksperimen dan pengujian numeris menggunakan *software* Ansys Aqwa.

Untuk pengujian numeris bahan dan peralatan berupa *software* dan data-data yang telah dimiliki oleh penulis sebelumnya, adapun *software – software* yang digunakan antara lain :

1. Autocad

Software ini digunakan untuk mendapatkan data berupa *lines plan* yang selanjutnya akan di *export* ke *software* Maxsurf.

2. Maxsurf

Software ini digunakan untuk melakukan permodelan awal dari data berupa *lines plan* yang di *import* dari Autocad.

3. Rhinoceros

Software ini merupakan *software* 3D *modelling* yang digunakan untuk memperbaiki model yang sebelumnya dimodelkan pada *software* Maxsurf, karena proses *trim* pada *software* Maxsurf bila dibaca pada Design Modeller Ansys akan terlihat banyak cacat berupa *surface* yang bolong.

4. *Software* ini digunakan untuk menghitung besar RAO (*Response Amplitude Operator*) dari kapal trimaran USV.

Selanjutnya bahan dan peralatan yang digunakan untuk membuat model pada pengujian eksperimen antara lain :

1. Alat

- a. Gerinda
- b. Penggaris
- c. Busur
- d. Kertas Pasir(Amplas)

2. Bahan

- a. *Acrylic*
- b. Dempul
- c. Lem G
- d. Triplek
- e. Jepitan Kertas
- f. Isolasi Kertas
- g. Cat Kaleng

3.3. Proses Pengerjaan

Dalam Tugas Akhir ini dilakukan pengujian eksperimen dan simulasi numerik menggunakan *software* Ansys Aqwa. Akan dijelaskan mengenai proses pengujian eksperimen serta proses simulasi numerik mulai dari pembuatan model, validasi, *setup* pada Ansys Aqwa, *grid independence* serta hasil akhir berupa RAO (*Response Amplitudo Operator*).

3.4. Pengujian Seakeeping di Towing Tank

Untuk melakukan pengujian oleh gerak kapal pada *towing tank*, maka telah dibuat model kapal trimaran USV dengan panjang keseluruhan (LOA) 11.48 m (dengan skala 1 : 19.66 dengan kapal sesungguhnya) yang terbuat dari bahan *Fiberglass Reinforced Plastic* (FRP) yang sudah dilapisi cat dan resin.

Berikut merupakan data partikular kapal pada sarat 0.55 m :

Tabel 3.1 Data perbandingan kapal dengan model pada sarat 0.55m dengan skala 1:19.66

Item	Kapal	Model
Loa (m)	11.48	0.59
Lpp (m)	10.86	0.55
B (m)	4.40	0.22
H (m)	2.05	0.10
T (m)	0.55	0.03
WSA (m ²)	26.42	0.07
Displacement (ton)	5.63	0.00074

Adapun pada pengujian eksperimen ini, menggunakan variasi periode gelombang (s), setengah tinggi gelombang/amplitudo (m), *heading angle* (°) dan kecepatan kapal (knot) sebagai berikut:

Tabel 3.2 Variasi yang digunakan pada pengujian *towing tank* di Laboratorium Hidrodinamika

Periode (s)	Amplitudo (cm)	Heading Angle (°)	Kecepatan (Knot)
1.2	1.3	180	10
1.4			
1.8			
2.4			
3.5			
4.0			

3.4.1. Prosedur Percobaan

Percobaan ini dilakukan di Laboratorium Hidrodinamika – FTK ITS. Adapun ukuran tangki percobaan yang digunakan pada pengujian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3.3 Ukuran *towing tank*

Parameter	(m)
Panjang	50.0
H	2.0
B	3.0
T	1.8



Gambar 3.1 Kolam, kereta, dan ruang kontrol pada Laboratorium Hidrodinamika FTK ITS

Pengujian ini menggunakan kereta penarik model dimana pada kereta penarik tersebut terdapat 4 buah motor listrik linier yang memungkinkan dicapainya kecepatan konstan yang diinginkan dengan waktu yang relatif singkat sehingga tersedia waktu pengukuran yang cukup sebelum kereta berhenti pada ujung tangki atau kolam. Selama percobaan, model kapal ditarik oleh kereta dengan mempergunakan poros vertikal yang dilengkapi sensor yang sering disebut LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*) yang biasanya digunakan untuk mengukur simpangan yang didapatkan selama pengujian dilakukan, dimana terdapat dua sensor/LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*) yang diletakkan dibagian depan kapal dan bagian belakang kapal untuk mengetahui besarnya simpangan yang terjadi di kedua sensor tersebut dapat diketahui pada saat uji tarik dengan gelombang reguler tertentu.

Model kapal juga harus diukur stabilitasnya terlebih dahulu. Hal tersebut dilakukan dengan menyesuaikan peletakan ballast pada saat model kapal berada di air dan di udara (digantung pada titik berat kapal). Hal ini bertujuan untuk membuat kapal tetap berada pada posisi yang sesuai walaupun dengan kondisi puncak gelombang yang berbeda – beda, dengan kata lain ballast yang digunakan pada kapal tidak mempengaruhi kondisi gerakan kapal.

3.4.2. Pemasangan Model Kapal

Kapal yang telah siap diuji diletakkan pada posisi center line. Selanjutnya membuat sambungan dari sensor/LVDT pada model kapal berupa tali, dan menghubungkan sensor/LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*) ke amplifier yang nantinya akan terhubung ke dalam komputer untuk merekap hasil perkerakan dari model kapal tersebut.

3.4.3. Kalibrasi Alat

Kalibrasi alat diperlukan untuk semua peralatan dalam sebuah pengujian. Hal ini bertujuan untuk memvalidasi data yang dihasilkan oleh sebuah alat ukur. Untuk melakukan kalibrasi terhadap sensor/LVDT ini, benang harus ditarik sejauh 5 cm. Cara penarikannya adalah dengan menandai benang yang ada pada LVDT lalu menarik benang tersebut secara vertikal sejauh 5 cm, setelah benang tersebut ditarik jumlah kotak yang dihasilkan pada *speed chart* adalah sebanyak 25 kotak.

Tabel 3.4 Hasil kalibrasi pada haluan

Tegangan (volt)	Tinggi (cm)	Jumlah Kotak
2.5	5	25,5

Tabel 3.5 Kalibrasi pada buritan kapal

Tegangan (volt)	Tinggi (cm)	Jumlah Kotak
2.5	5	23

Tabel 3.4 menunjukkan hasil kalibrasi sensor/LVDT pada bagian depan kapal dimana perubahan sejauh 5 cm diwakili dengan jumlah kotak pada *speed chart* sejumlah 25,5 kotak dan pada Tabel 3.5 menunjukkan hasil kalibrasi sensor/LVDT pada bagian belakang kapal dimana perubahan sejauh 5 cm diwakili dengan jumlah kotak pada *speed chart* sejumlah 23 kotak. Data kalibrasi tersebut sangat diperlukan untuk membaca hasil simpangan yang digambarkan pada sensor saat pengujian, sehingga dapat diketahui besar dari simpangan yang terjadi selama pengujian eksperimen dilakukan.

3.4.4. Pengujian Eksperimen Seakeeping

Pengujian ini dimulai dengan menyalakan wave maker terlebih dahulu, kemudian menginput amplitudo gelombang 1.3 cm dengan interval periode 1.2 s sampai dengan 4.0 s. Kapal dapat dijalankan dengan kecepatan 10 knot. Kemudian melakukan pengukuran hasil pengujian pada *speed chart* sesuai dengan kalibrasi yang sebelumnya sudah dilakukan. Dari hasil eksperimen tersebut kita dapat mencari RAO (*Response Amplitude Operator*) dari gerakan *heaving* dan *pitching*



Gambar 3.2 Pengujian eksperimen seakeeping trimaran USV

3.4.5. Hasil Pengujian Seakeeping

Setelah dilakukan proses pengujian eksperimen seakeeping, dimana amplitudo gelombang reguler pada towing tank adalah 1.3 cm dan dengan variasi periode gelombang 1.2 (s), 1.4 (s), 1.8 (s), 2.4 (s), 3.5 (s), 4.0 (s). Dari hasil pengujian eksperimen tersebut didapatkan simpangan – simpangan yang tertera pada grafik yang dihasilkan *speedchart* yang selanjutnya dikonversikan menjadi RAO (*Response Amplitude Operator*) gerakan *heave* dan *pitch* pada periode gelombang yang divariasikan tersebut.

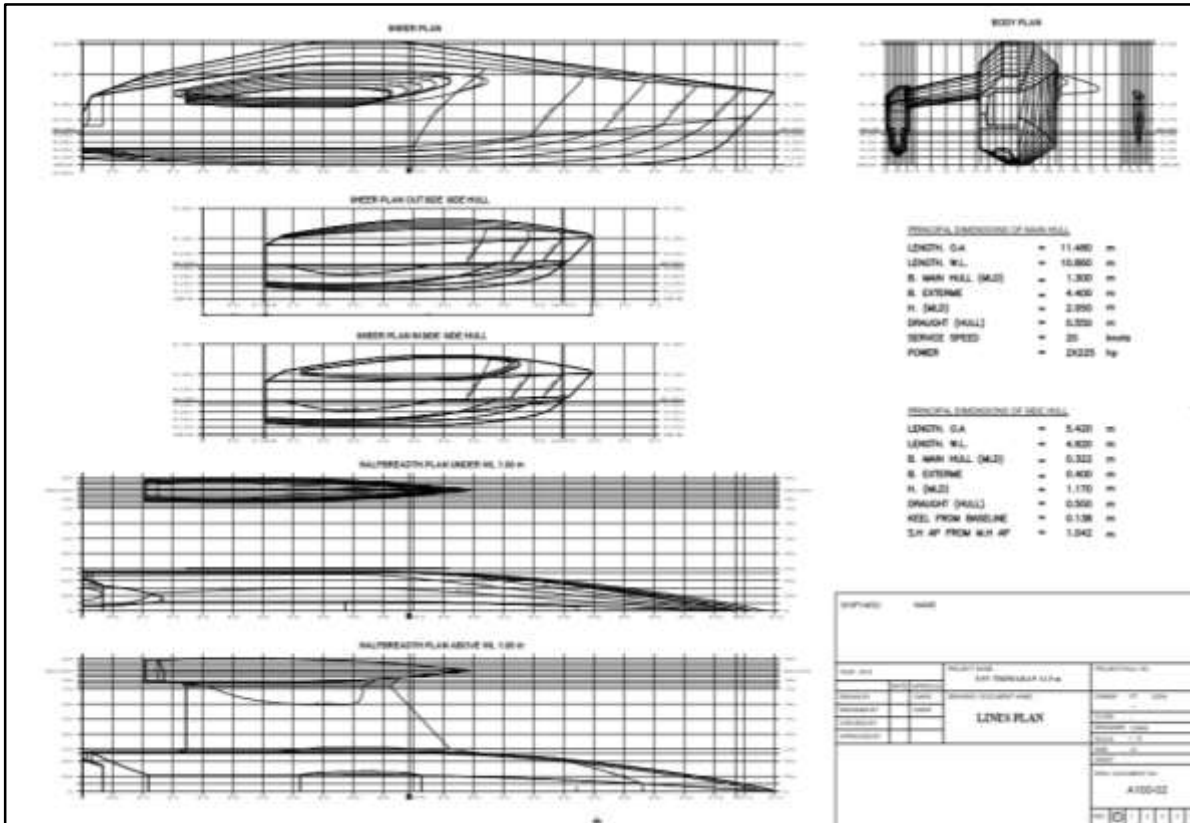
3.5. Pembuatan Model dan Simulasi Ansys Aqwa

3.5.1. Studi Literatur

Tahap pertama yang dilakukan pada pengerjaan tugas akhir ini adalah studi literatur, dimana studi literatur ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi – informasi mengenai kapal trimaran tipe USV ini. Selain informasi mengenai kapal trimaran tipe USV ini, tahap ini juga bertujuan untuk mencari teori, konsep dan persamaan yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada tugas akhir ini. Pada tugas akhir ini menggunakan perhitungan numerik pada penyelesaiannya, dimana *software* Ansys Aqwa merupakan salah satu *software* yang digunakan pada tugas akhir ini. Oleh karena itu, perlu diketahui bagaimana cara kerja dan teori pada *software* tersebut, input yang dibutuhkan untuk menjalankan program serta output yang dapat didapatkan dari *software* tersebut.

3.5.2. Data Kapal

Data kapal yang digunakan pada tugas akhir ini didapatkan dari dosen pembimbing saya. Data kapal yang didapatkan berupa *Lines Plan* yang selanjutnya akan dimodelkan untuk melakukan pengujian numeris menggunakan *software* Ansys Aqwa.



Gambar 3.3 Lines Plan Kapal Trimaran USV

Tabel 3.6 Data Hidrostatik Kapal trimaran USV

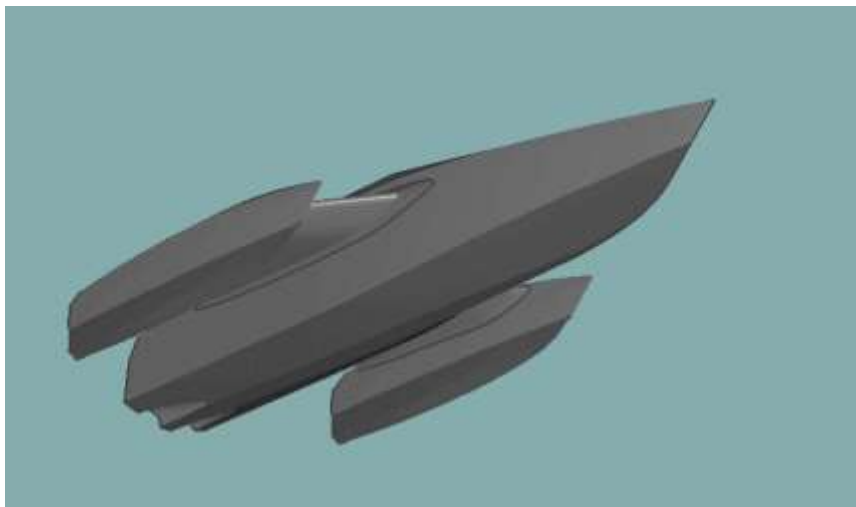
No.	Data	Nilai
1.	LOA	11.48 m
2.	B	4.4 m
3.	H	2.05 m
4.	T	0.55 m
5.	Displacemen	5.63 ton
6.	C_B	0.434
7.	C_P	0.609
8.	C_M	0.753
9.	WPA	13.45 m ²
10	LCB	4.246 m

3.5.3. Pembuatan Model Kapal Trimaran USV

Dari data kapal dan *lines plan* yang sudah didapatkan, bentuk kapal trimaran USV harus disimulasikan dalam bentuk 3D dan berupa *surface* bukan benda *solid*. Hal ini disebabkan karena penggunaan *software* Ansys Aqwa membutuhkan *input* lambung kapal dalam bentuk 3D berupa *NURB Surface*.

Dalam pembuatan model kapal di Maxsurf, model kapal harus dibuat kedalam bentuk *surface*. Hal pertama yang harus dilakukan adalah membuat *surface* dengan cara memilih *toolbar* *surface* lalu memilih *surface* yang diperlukan. Dalam setiap *surface* terdapat *control point* yang sesuai dengan ukuran dan letaknya, diantaranya adalah longitudinal position mewakili sumbu-x, *offset* mewakili sumbu-y, dan height mewakili sumbu-z (Praesetyo, B.D, 2016). Dari kumpulan *surface – surface* tersebut dapat dibentuk model kapal yang kita inginkan.

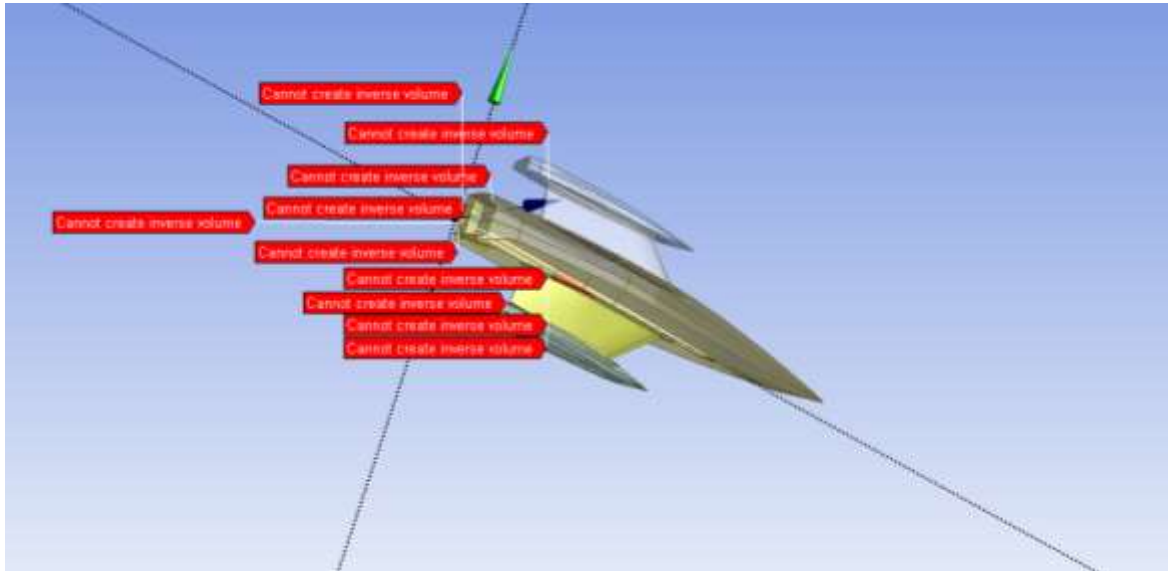
Hal ini juga berlaku pada pembuatan model kapal trimaran USV, ketika *surface – surface* sudah sesuai dengan *lines plan* yang ada, maka selanjutnya adalah menggabungkan



Gambar 3.4 Gambar Model Kapal Trimaran USV Hasil *Software* Maxsurf

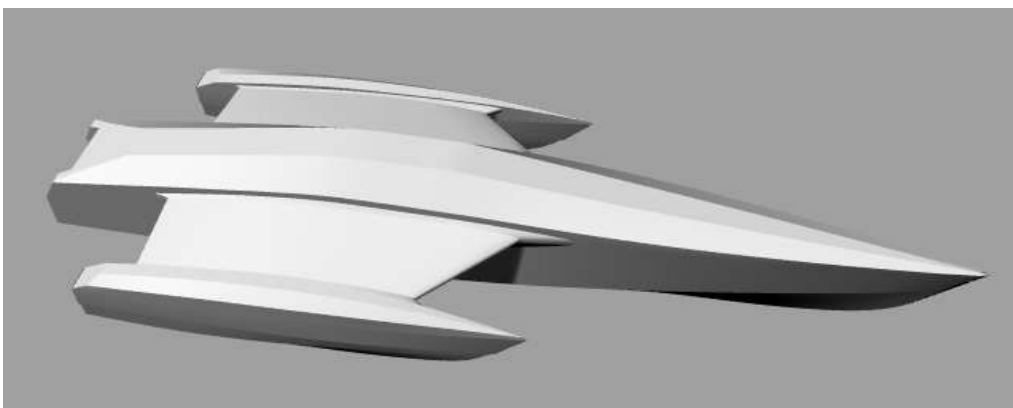
semua *surface* yang ada dengan *tools bonding*. Adapun beberapa syarat dalam melakukan *bonding* tersebut, antara lain dua *surface* tersebut harus memiliki *column* dan *row* yang sama dan harus memiliki lebih dari 2 *control point*.

Setelah model kapal pada Maxsurf selesai, selanjutnya model tersebut dijadikan sebagai *input* pada Ansys Aqwa. Namun yang terjadi adalah ditemukan beberapa kecacatan pada model tersebut yang baru saja di *input* pada program Ansys Aqwa.



Gambar 3.5 Cacat yang ditemukan Ansys Aqwa pada model dari Maxsurf

Seperti yang terlihat pada Gambar 3.5, ditemukan beberapa surface yang tidak menyatu serta bolong pada model dari Maxsurf. Hal ini terjadi karena beberapa faktor seperti trim pada Maxsurf yang tidak dapat dibaca oleh Ansys Aqwa, *export* dari Maxsurf yang tidak dapat dibaca dengan baik oleh Ansys Aqwa dan sebagainya. Dari permasalahan tersebut didapatkan solusi untuk melakukan perbaikan model pada *software* 3D modelling lainnya, dan digunakan *software* Rhinoceros. Rhinoceros mampu menganalisa 3D modelling dan ditemukan beberapa surface yang bolong dan saling menumpuk pada model trimaran USV hasil permodelan Maxsurf. Lalu surface yang menumpuk tersebut dihilangkan serta surface yang bolong diperbaiki sehingga model tersebut siap untuk di *input* pada Ansys Aqwa. Model hasil dari program Rhinoceros terlihat pada Gambar 3.7



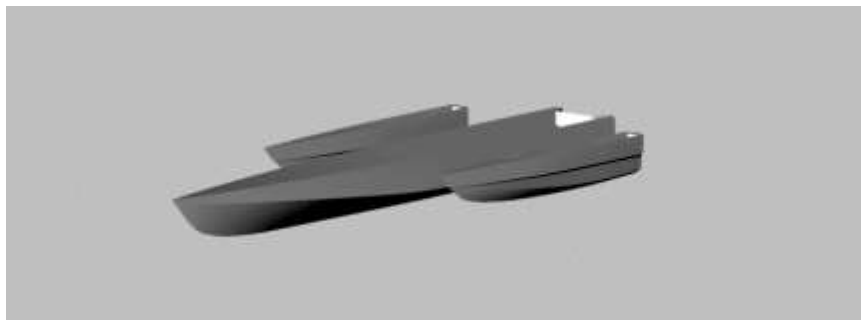
Gambar 3.6 Model Trimaran USV Menggunakan Software Rhinoceros

Karena geometri yang dapat dibaca pada program Ansys Aqwa berupa surface, maka kapal trimaran USV tersebut dipotong pada WL 1.0 agar geometrinya dapat dibaca pada Ansys Aqwa. Hal ini tidak akan berpengaruh pada proses analisa pada Ansys Aqwa karena pada dasarnya bagian kapal yang di bawah sarat air lah yang akan dianalisa pada *software* Ansys Aqwa. WL 1.0 dipilih karena itu merupakan titik tertinggi sebelum *connector* antara *Main Hull* dengan *demi hull* ada. Connector tersebut berbentuk miring sehingga tidak dapat dilakukan pemotongan pada tinggi kapal yang masih terdapat connectornya. Proses *trim* pada Rhinoceros dilakukan dengan membuat *surface* berbentuk persegi panjang pada ketinggian 1.0 m dari *baseline* kapal yang akan dijadikan sebagai acuan *trim*.

3.5.3.1. Input Geometri Kapal Trimaran USV pada Ansys Aqwa

Setelah model kapal trimaran USV di modelkan pada Rhinoceros, maka selanjutnya adalah melakukan analisa dengan menggunakan Ansys Aqwa. Sebelum melakukan analisa, hal yang harus dilakukan adalah melakukan *input* geometri kapal trimaran USV ke dalam program Ansys Aqwa. *Software* Rhinoceros mampu menghasilkan *output* 3D modelling dalam beberapa format, dikarenakan format yang dapat digunakan pada Ansys Aqwa salah satunya adalah .igs maka model 3D kapal pada Rhinoceros harus di export ke dalam .igs (NURB 3D *Surface*).

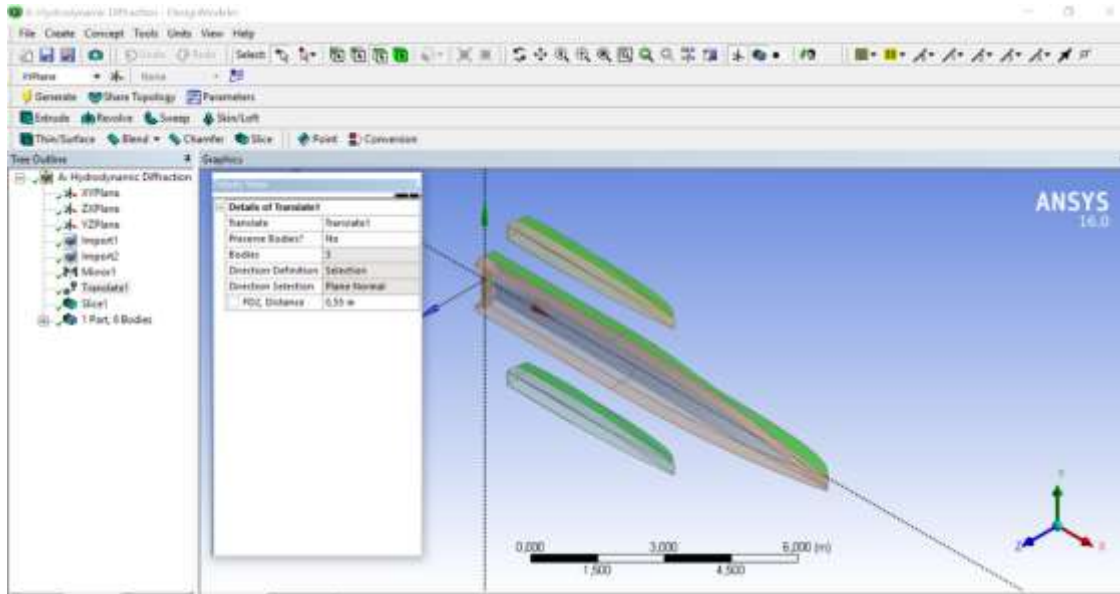
Pada saat melakukan *input* geometri model kapal trimaran USV pada Ansys Aqwa, hal yang harus diperhatikan adalah bahwa model kapal harus terbaca sebagai satu kesatuan *body*,



Gambar 3.7 Gambar Model Trimaran USV yang dipotong pada WL 1.0 m

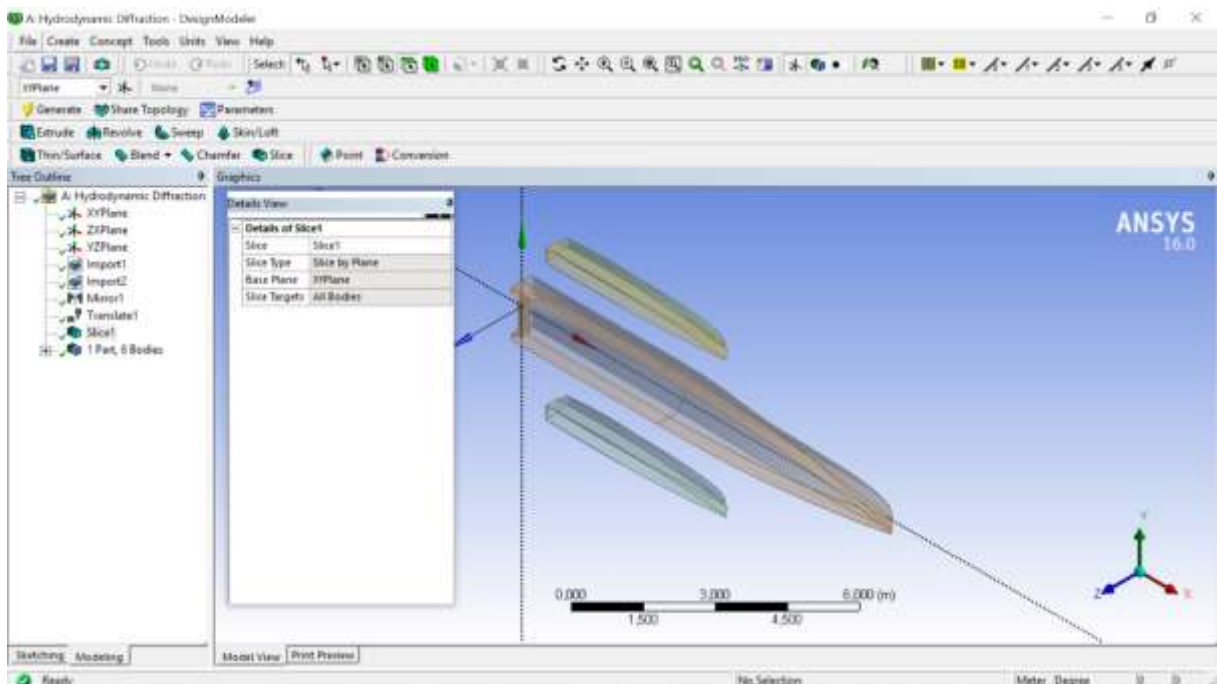
jika file IGS yang dimasukkan berupa multi body, maka perlu dilakukan perbaikan pada Design Modeller Ansys. Setelah melakukan *input* geometri lalu langkah – langkah yang harus dilakukan pada pengaturan geometri di Ansys Aqwa adalah sebagai berikut :

- Pilih toolbar Create – Body Transformation – Translation. Lalu mentransfer sumbu XY sesuai dengan sarat kapal sesungguhnya. Lalu masukkan sarat kapal sesungguhnya lalu pilih toolbar Generate.



Gambar 3.8 Translate Model Kapal sesuai sarat kapal

- Pilih toolbar Create – Slice. Pilih XY Plane pada pemilihan Base Plane, agar kapal terpotong pada saratnya sehingga dapat didefinisikan mana bagian kapal diatas sarat air dan di bawah sarat air. Bila sudah pilih toolbar generate.



Gambar 3.9 Setup Perintah Slice pada Geometri Kapal

- Yang terakhir adalah menjoin part kapal yang telah terbagi oleh toolbar Slice untuk membuat model kapal menjadi 1 body, dengan cara memilih part yang terpisah kemudian Klik Kanan – Form A New Part.

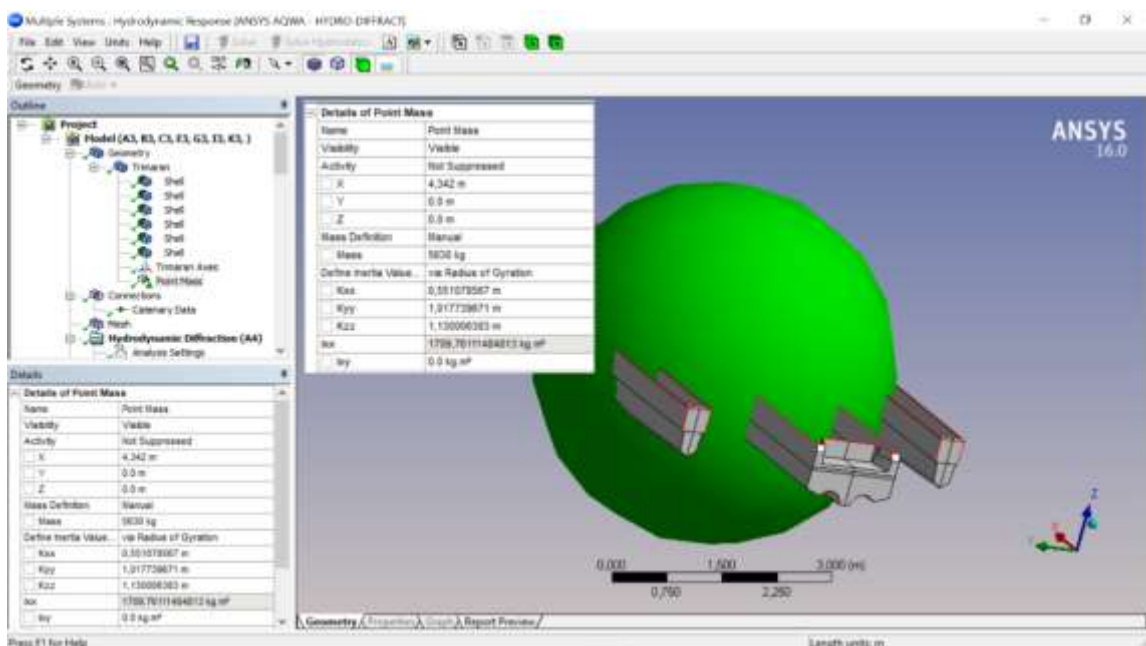
3.5.4. Proses Pendefinisian Model Kapal Trimaran USV pada Ansys Aqwa

Untuk mendefinisikan model kapal agar sesuai kondisi aslinya, maka harus dilakukan *input* beberapa parameter, seperti :

1. Ukuran Media
2. Massa Jenis Fluida
3. *Point of mass*

Dalam melakukan definisi massa (*Point of mass*) dilakukan secara manual dengan cara memberikan nilai jari – jari girasi kapal atau momen inertiya kapal. Lalu hydrostatic kapal dapat dihitung secara otomatis untuk selanjutnya menghasilkan titik berat dan massa kapal. Pendefinisian titik berat dan massa kapal juga dapat dilakukan secara manual dari nilai yang telah didapatkan sebelumnya. Berikut adalah input *point of mass* pada Ansys Aqwa :

1. VCG : 0.55 m
2. LCG : 4.342 m
3. K_{xx} : 0.551 m
4. K_{yy} : 1.017 m
5. K_{zz} : 1.130 m

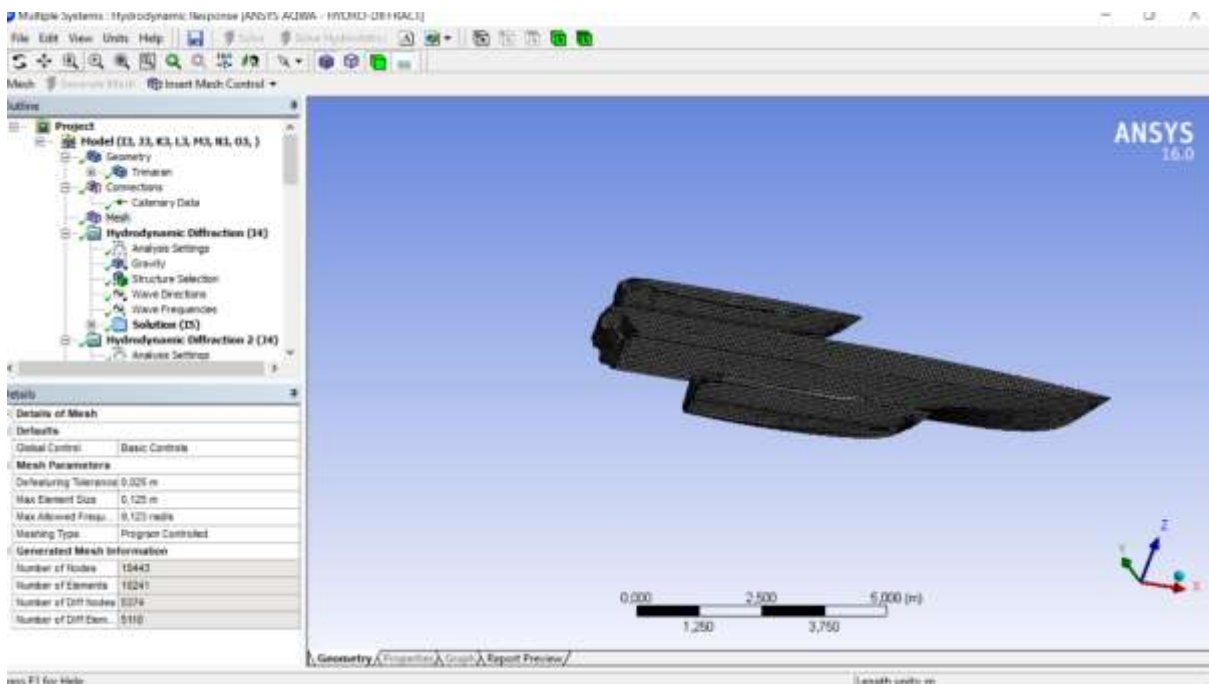


Gambar 3.10 Penentuan *Point of Mass* dari Kapal Trimaran USV

Langkah selanjutnya adalah pendefinisian meshing dan parameter model kapal yang dibutuhkan untuk proses *solving* pada *software* Ansys Aqwa. Langkah ini adalah salah satu bagian terpenting dalam pengujian menggunakan *software* ini. Proses *meshing* bertujuan untuk mendefinisikan kapal menjadi elemen – lemen kecil sehingga nilai hidrodinamis dari model bisa didapatkan. Proses meshing sangat mempengaruhi hasil dari *solving* karena semakin kecil meshing dan semakin banyak jumlah elemen pada proses meshing maka akan semakin akurat hasil yang akan didapatkan. Langkah – langkah meshing pada *software* Ansys Aqwa adalah sebagai berikut :

- Pada perintah Mesh, untuk opsi global control pilih basic control
- Lalu untuk mesh parameter *Defeaturing Tolerance* yang merupakan batas toleransi dari ukuran elemen meshing yang di izinkan tidak boleh melebihi 0.6 kali dari *Max element size*.
- Lalu variasikan *Defeaturing Tolerance* serta *Max element size* untuk mendapatkan jumlah element mesh yang berbeda – beda.
- Lalu pilih toolbar generate.

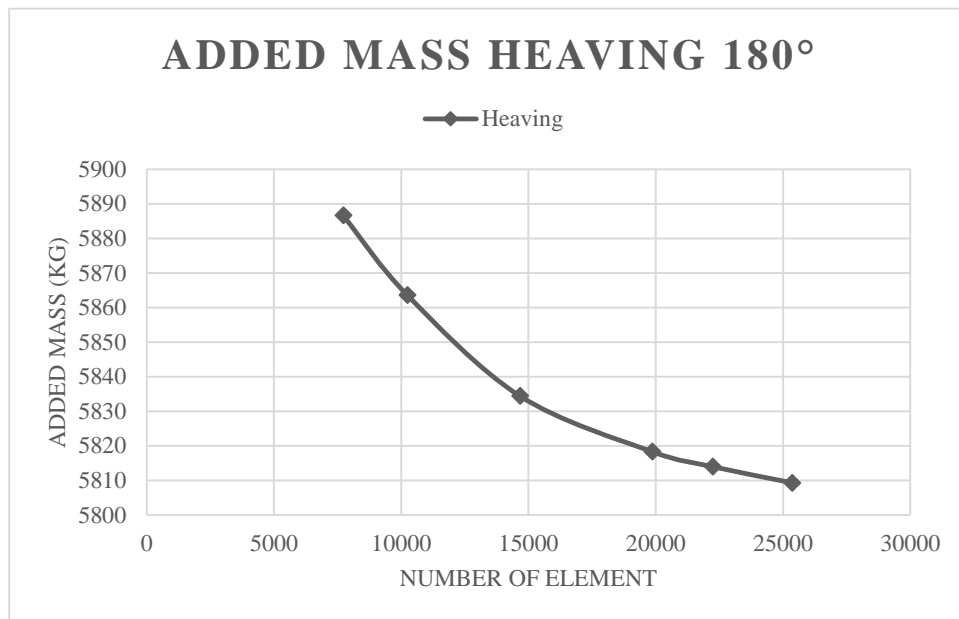
Semakin kecil ukuran meshing makan akan semakin bagus hasil *solving*, namun tetap harus dilakukan konvergensi untuk mencari nilai meshing yang paling optimum. Contoh hasil meshing dapat dilihat pada Gambar 3.11



Gambar 3.11 Meshing pada Kapal Trimaran USV

3.5.5. Grid Independence Mesh

Meshing akan meningkatkan tingkat ketelitian dari hasil simulasi yang akan dilakukan, maka dari itu perlu dilakukan penentuan jumlah meshing yang akan digunakan sebagai acuan untuk melakukan simulasi terhadap model. Semakin tinggi tingkat spesifikasi dari komputer yang akan digunakan maka semakin tinggi pula meshing yang dapat dibentuk dari model serta semakin cepat juga proses simulasi itu dilakukan. Banyaknya meshing juga akan membuat waktu yang dibutuhkan untuk melakukan simulasi semakin lama.



Gambar 3.12 Grafik Grid Independence dengan Added Mass

Tabel 3.7 Grid Independence dengan Added Mass

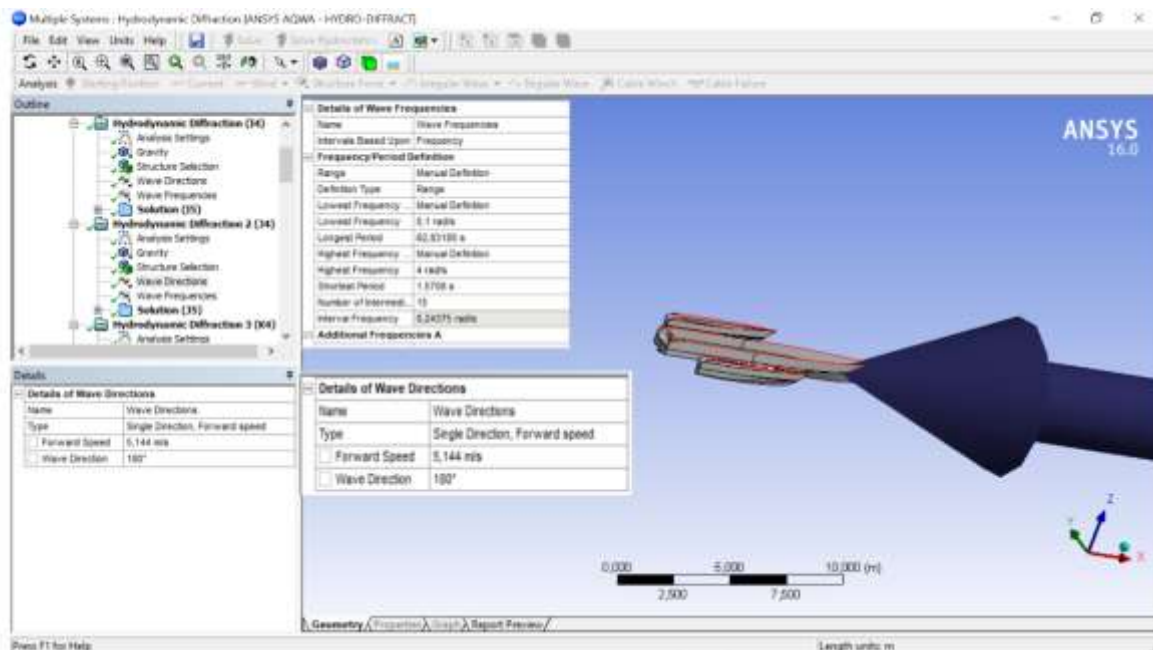
Grid	Max Element Size	Number of Element	Added Mass	Selisih
1	0,15	7724	5886,645	
2	0,125	10241	5863,629	0,391%
3	0,1	14662	5834,391	0,499%
4	0,085	19861	5818,269	0,276%
5	0,08	22240	5813,917	0,075%
6	0,075	25360	5809,243	0,080%

Dari grafik konvergensi kapal trimaran USV terlihat bahwa meshing yang optimum di dapatkan pada grid yang ke 5 yaitu pada max element size 0,08 m. Namun dapat dilihat juga bahwa semua hasil meshing dari grid 1 sampai grid 6 memiliki selisih dibawah 1% sehingga pada dasarnya itu sudah memenuhi minimum selisih untuk konvergensi element. Sehingga

digunakan max element size 0,125 m dipilih untuk selanjutnya dilakukan analisa untuk oleh gerak kapal tersebut mengingat bila menggunakan max elemnt size 0,08 m dibutuhkan hampir 3 kali waktu untuk melakukan simulasi.

3.5.6. Frekuensi Gelombang dan Arah Gelombang

Untuk mensimulasikan model kapal trimaran USV kita juga harus memasukan parameter dari frekuensi gelombang dan arah gelombang. Rentang frekuensi yang digunakan



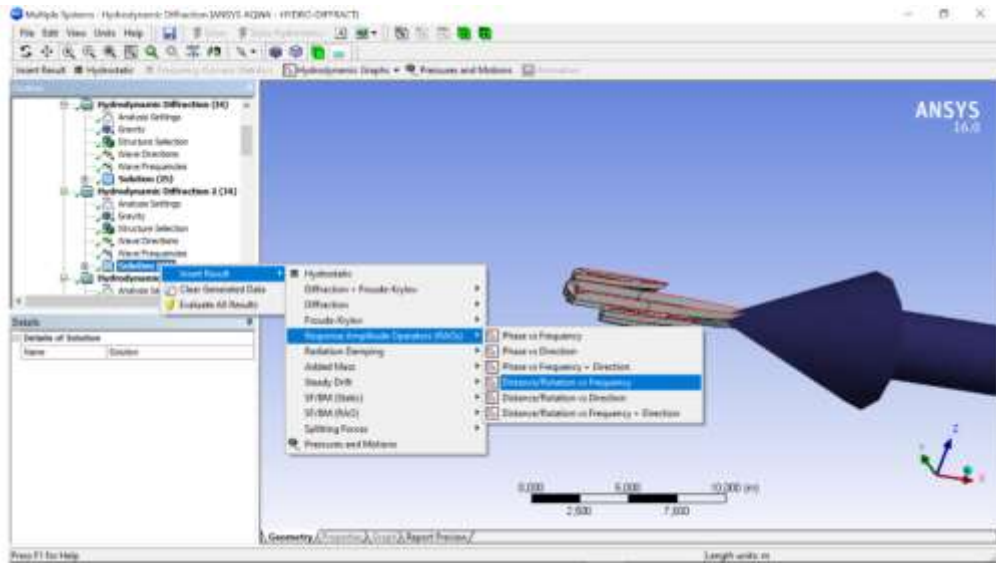
Gambar 3.13 Penentuan Wave Frequency dan Wave Direction pada Ansys Aqwa

antara 0,1 rad/s sampai dengan 4 rad/s. Sementara untuk arah datang gelombang yang digunakan adalah 90°, 135°, dan 180°.

3.5.7. Menghitung Transfer Function Kapal Trimaran USV pada Ansys Aqwa

Pada proses solving ini adalah proses dimana kita akan menentukan hasil apa yang akan kita inginkan dari simulasi ini. Untuk simulasi ini hasil yang akan dimunculkan adalah RAO dari model kapal trimaran USV. Langkah – langkah yang harus dilakukan adalah :

- Klik kanan pada Solution – Insert Result – RAOs – Distance/Rotation vs Frequency



Gambar 3.14 Proses Solving pada Ansys Aqwa

3.5.8. Membandingkan Hasil Analisa Numeris dan Eksperimen serta Validasi

Setelah dilakukan pengujian numeris dan eksperimen dan didapatkan RAO (*Response Amplitude Operator*) kapal trimaran USV dilakukan perbandingan untuk memvalidasi hasil pengujian numeris terhadap eksperimen, agar hasil yang didapatkan dapat dikatakan valid. Hasil yang dibandingkan hanya gerakan *heaving* dan *pitching* dikarenakan keterbatasan fasilitas pada Laboratorium Hidrodinamika – FTK ITS yang hanya mampu menganalisa gerakan *heaving* dan *pitching*.

3.5.9. Respon Kapal Trimaran USV di Gelombang Acak

Respon struktur pada gelombang acak dapat dilakukan dengan mentransformasikan spektrum gelombang menjadi spektrum respon. Spektrum respon didefinisikan sebagai respon kerapatan energi pada struktur gelombang. Hal ini dapat dilakukan dengan mengalikan harga pangkat kuadrat dari RAO (*Response Amplitude Operator*) dengan spektrum gelombang.

Setelah spektrum respon diperoleh maka intensitas gerakan dapat dihitung sebagai fungsi luasan dibawah kurva spektrum respon. Akan didapatkan harga – harga statistik gerakan sebagai fungsi elevasi gerakan.

3.5.10. Perbandingan Hasil Analisa Olah Gerak Kapal Trimaran USV dengan Kriteria *Seakeeping*

Kriteria *seakeeping* yang digunakan sebagai standard kriteria adalah NATO STANAG 4145. kriteria yang tersedia merupakan harga statistik RMS (*Root Mean Square*) dari respon spektrum yang dihasilkan kapal tersebut. Pada tahap ini dilakukan analisa untuk mengetahui kelayakan kapal trimaran USV untuk beroperasi berdasarkan kriteria yang ada.

3.6. Spesifikasi Komputer

Dalam mendukung berjalannya proses perhitungan numerik dengan menggunakan *Software Ansys Aqwa*, maka diperlukan spesifikasi tertentu dari komputer agar proses *running* dapat berjalan dengan cepat dan tepat. Adapun spesifikasi yang digunakan oleh penulis adalah:

1. Processor : Intel(R) Core(TM) i5-6200U CPU @2.30GHz (4CPUs), ~2.4GHz
2. Installed Memory (RAM) : 8192MB
3. System Type : 64-bit Operating System
4. Operating System : Windows 10 Education 64-bit (10.0, Build 17134)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pendahuluan

Jika pada Bab 4 dan 5 membahas cara memodelkan kapal trimaran USV pada beberapa software permodellian 3D, selain itu pada bab tersebut juga membahas tentang bagaimana cara mendapatkan RAO (*Response Amplitude Operator*) nya, maka pada Bab ini akan membahas tentang hasil simulasi pada Ansys Aqwa, hasil evaluasi respon spektrum pada beberapa tinggi gelombang signifikan (H_s) dengan menggunakan spektrum gelombang ITTC dan membandingkan hasil RMS dari gerakan kapal dengan standard kriteria *seakeeping* NATO STANAG 4145.

4.2. Hasil Pengujian Eksperimen

Model kapal trimaran USV diuji pada gelombang reguler dengan rentang periode 1.2 s sampai dengan 4.0 s dengan sudut hadap 180° , pada kondisi kecepatan 10 Knot dan juga tinggi setengah gelombang (Amplitudo) adalah 1.3 cm, dimana hasil akhir yang diperoleh dari hasil uji eksperimen ini berupa RAO (*Response Amplitude Operator*).

Untuk mengetahui RAO kapal tersebut, hasil simpangan yang dihasilkan dari Amplifier dikonversi sehingga didapatkan persamaan untuk *Heave* dan *Pitch*. Namun sebelum melakukan hal tersebut, perlu dilakukan konversi periode gelombang yang di uji pada model kapal, dimana konversi tersebut menggunakan Tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Konversi Parameter Model ke Parameter Kapal Sebenarnya (*Full Scale Vessel*)

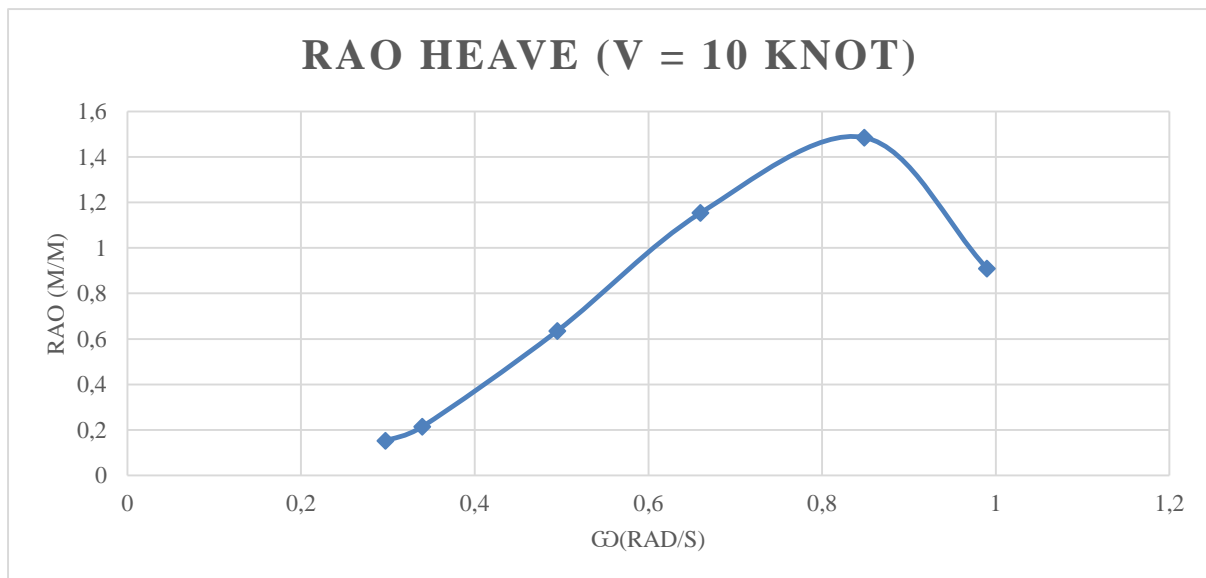
Parameter	<i>Full Scale Vessel</i>	Model
Length	L	$\frac{L}{\lambda}$
Time	T	$\frac{T}{\lambda^2}$
Velocity	V	$\frac{V}{\lambda^2}$
Frequency	ω	$\omega \lambda^{\frac{1}{2}}$

Dimana λ adalah skala dari model kapal tersebut yaitu 1:19.66, dengan persamaan yang didapatkan dari Tabel 4.1 kita dapat menggunakannya untuk mengkonversi periode model ke periode kapal sebenarnya (*Full Scale Vessel*) seperti yang dapat kita lihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Konversi Periode Model dengan Periode *Full Scale Vessel*

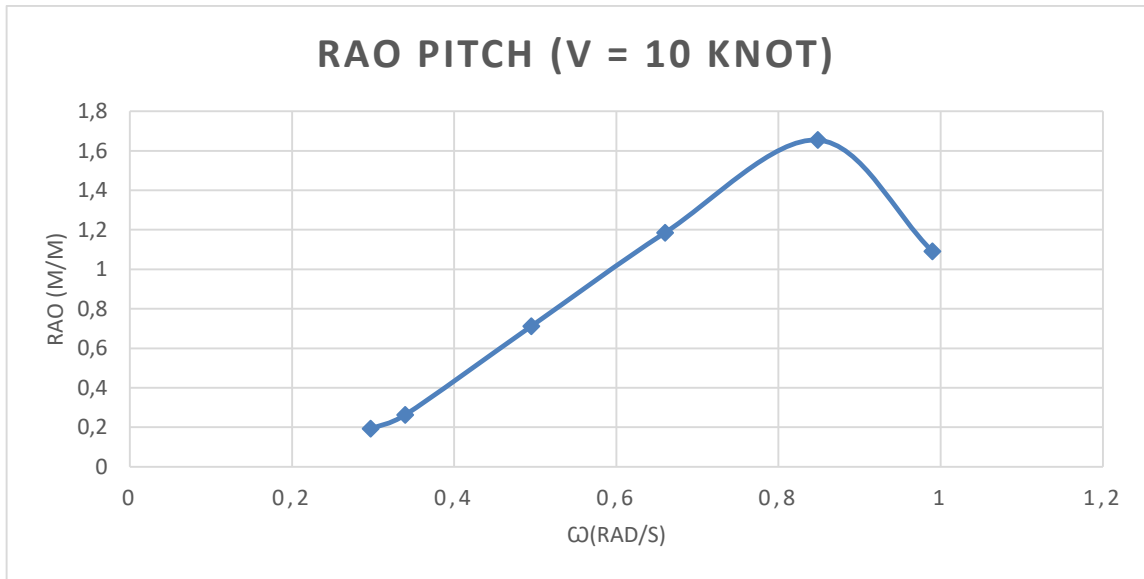
Periode Model (s)	Periode Full Scale (s)	Frekuensi Full Scale (rad/s)	Amplitude Full Scale (m)
1.2	6.35	0.99	0.65
1.4	7.41	0.85	0.65
1.8	9.53	0.66	0.65
2.4	12.7	0.50	0.65
3.5	18.5	0.34	0.65
4.0	21.16	0.30	0.65

Hasil RAO (*Response Amplitude Operator*) pengujian eksperimen dengan menggunakan model kapal trimaran USV pada kecepatan 10 Knot dan arah gelombang 180° adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Hasil RAO Heave pada Pengujian Eksperimen

Gambar 4.1 merupakan hasil pengujian eksperimen gerakan *Heave* kapal trimaran USV pada kondisi kecepatan 10 knot. Terlihat pada frekuensi 0.85 rad/s respon gerakan heave yang paling tinggi terjadi yaitu sebesar 1.49 m/m. Hasil eksperimen ini nantinya akan dijadikan bahan validasi untuk simulasi numerik dengan Ansys Aqwa.



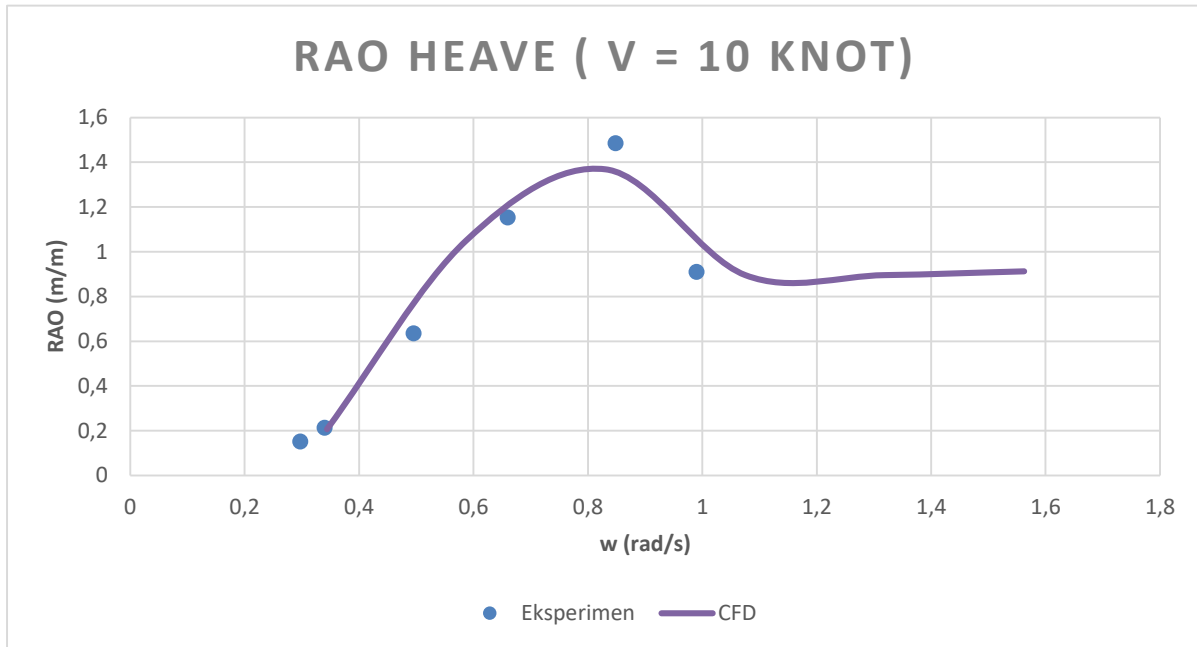
Gambar 4.2 Hasil RAO Pitch pada Pengujian Eksperimen

Gambar 4.2 merupakan hasil pengujian eskperimen gerakan pitch dari kapal trimaran USV pada kondisi kecepatan 10 Knot. Terlihat pada frekuensi 0.85 rad/s respon gerakan pitch yang paling tinggi terjadi yaitu sebesar 1.65 °/m. Hasil eksperimen ini nantinya akan dijadikan bahan validasi untuk simulasi numerik dengan Ansys Aqwa.

4.3. Validasi Hasil RAO (*Response Amplitude Operator*) dari Pengujian Eksperimen dengan Hasil Pengujian Ansys Aqwa

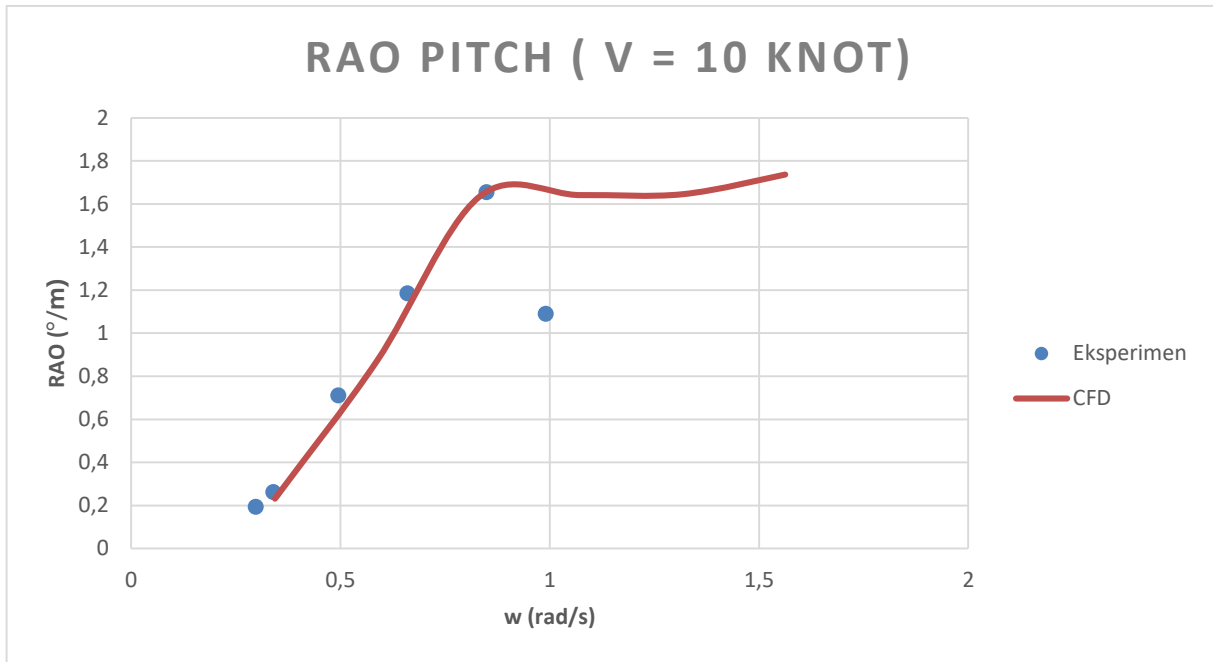
RAO (*Response Amplitude Operator*) yang didapatkan dari pengujian eksperimen *Towing Tank* di Laboratorium Hidrodinamika – FTK ITS digunakan untuk oerbandingan dengan RAO (*Response Amplitude Operator*) yang didapatkan dari Ansys Aqwa sehingga data – data RAO dari kedua pengujian tersebut dapat dikatakan Valid

Berikut adalah perbandingan hasil RAO (*Response Amplitude Operator*) yang didapatkan dari pengujian eksperimen dan pengujian numeris menggunakan *software* Ansys Aqwa.



Gambar 4.3 Perbandingan Hasil RAO Heave Ansys Aqwa dan Eksperimen pada Kecepatan 10 Knot

Berdasarkan Gambar 6.21 dapat dilihat perbandingan antara hasil pengujian eksperimen dengan simulasi numerik menggunakan Ansys Aqwa. Berdasarkan pengujian eksperimen daerah kritis yang disebabkan resonansi terjadi pada frekuensi 0.83 rad/s. Kurva selanjutnya menurun pada frekuensi diatas frekuensi naturalnya yang disebut daerah sub – kritis. Kemudian bila pada hasil pengujian numerisnya kurva tersebut mengalami kenaikan sedikit lalu pada akhirnya stagnan. Lalu dilakukan juga perhitungan RMS untuk hasil pengujian eksperimen serta hasil simulasi numeriknya. Didapatkan nilai RMS untuk kurva hasil eksperimen adalah 0,845 m/m dan untuk RMS hasil simulasi numeriknya yaitu 0.942 m/m. Perbedaan yang terjadi karena beberapa nilainya terdapat perbedaan walaupun trendnya serupa.



Gambar 4.4 Perbandingan Hasil RAO Pitch Ansys Aqwa dan Eksperimen pada Kecepatan 10 Knot

Berdasarkan Gambar 4.22 dapat dilihat perbandingan antara hasil pengujian eksperimen dan hasil simulasi numerik menggunakan Ansys Aqwa. Berdasarkan Ansys Aqwa terjadi kenaikan dari frekuensi 0.1 rad/s sampai dengan frekuensi 0.83 rad/s menjadi daerah kritis karena resonansi kerakan terjadi pada frekuensi tersebut. Dengan kata lain jika kita membaca grafik ini maka 0.83 rd/s merupakan frekuensi natural. Lalu dilakukan perhitungan RMS untuk membandingkan hasil eksperimen dan simulasi numeriknya. Didapatkan nilai RMS untuk eksperimen *pithcing* adalah 0.889 °/m dan untuk RMS pada simulasi numeriknya didapatkan nilai 0.969 °/m. Hal ini dapat terjadi akibat karena pada frekuensi 0.99 rad/s memiliki nilai yang cukup berbeda antara hasil eksperimen dan hasil simulasi numeriknya. Proses validasi pada sub-bab berikut ini menerapkan persamaan RMSE untuk mencari nilai error antara keduanya.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan RMSE pada RAO *Heaving* dan RAO *Pitching*

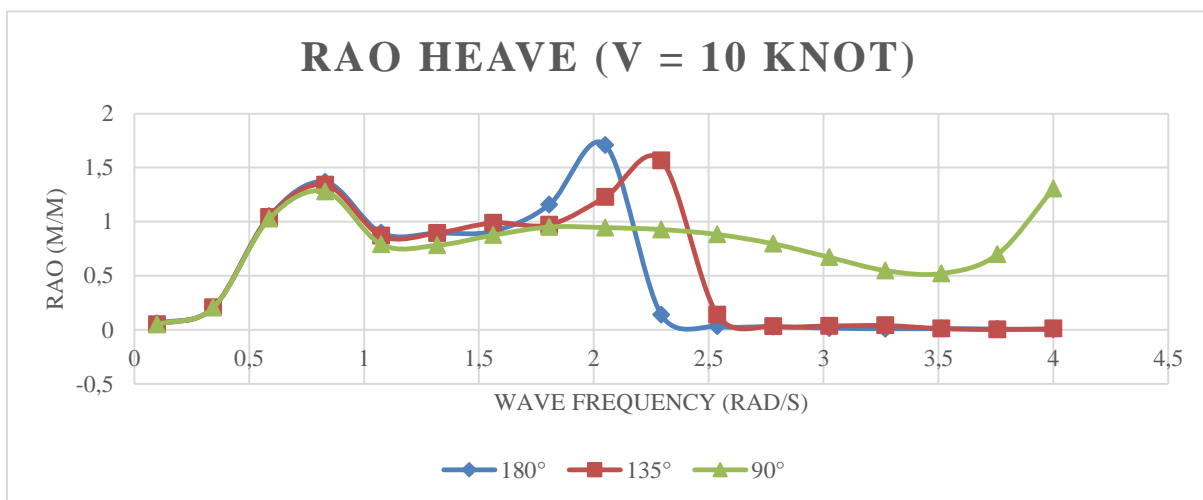
HEAVING						
EKSPERIMEN (a)	ANSYS AQWA (b)	(b-a)	(b-a) ²	S(b-a) ²	(S(b-a) ²)/5	RMSE
0,909488	1,1102356	0,2007475	0,0402996	0,0546198	0,0109240	0,1045177
1,484943	1,3879650	-0,0969781	0,0094047			
1,153217	1,2015470	0,0483303	0,0023358			
0,634657	0,6854380	0,0507806	0,0025787			
0,213581	0,2145786	0,0009979	0,0000010			

PITCHING						
EKSPERIMEN (a)	ANSYS AQWA (b)	(b-a)	(b-a) ²	S(b-a) ²	(S(b-a) ²)/5	RMSE
1,090380	1,509843	0,419463	0,175950	0,179243	0,035849	0,189337
1,654005	1,650098	-0,003907	0,000015			
1,184809	1,159885	-0,024924	0,000621			
0,711406	0,659876	-0,051530	0,002655			
0,262516	0,261328	-0,001188	0,000001			

4.4. Hasil Pengujian Ansys Aqwa

Selanjutnya model kapal trimaran USV di uji menggunakan *software* Ansys Aqwa pada gelombang reguler dengan rentang frekuensi 0 rad/s sampai dengan 4.0 rad/s, dengan sudut datang gelombang 90°, 135°, dan 180° serta pada kondisi kecepatan 10 Knot, 15 Knot dan 20 Knot. Dimana hasil akhir yang diperoleh dari uji numeris menggunakan *software* Ansys Aqwa ini adalah berupa RAO (*Response Amplitude Operator*). Hasil RAO (*Response Amplitude Operator*) pengujian numeris menggunakan *software* Ansys Aqwa dengan menggunakan model kapal trimaran USV adalah sebagai berikut :

4.4.1. Hasil Pengujian Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot

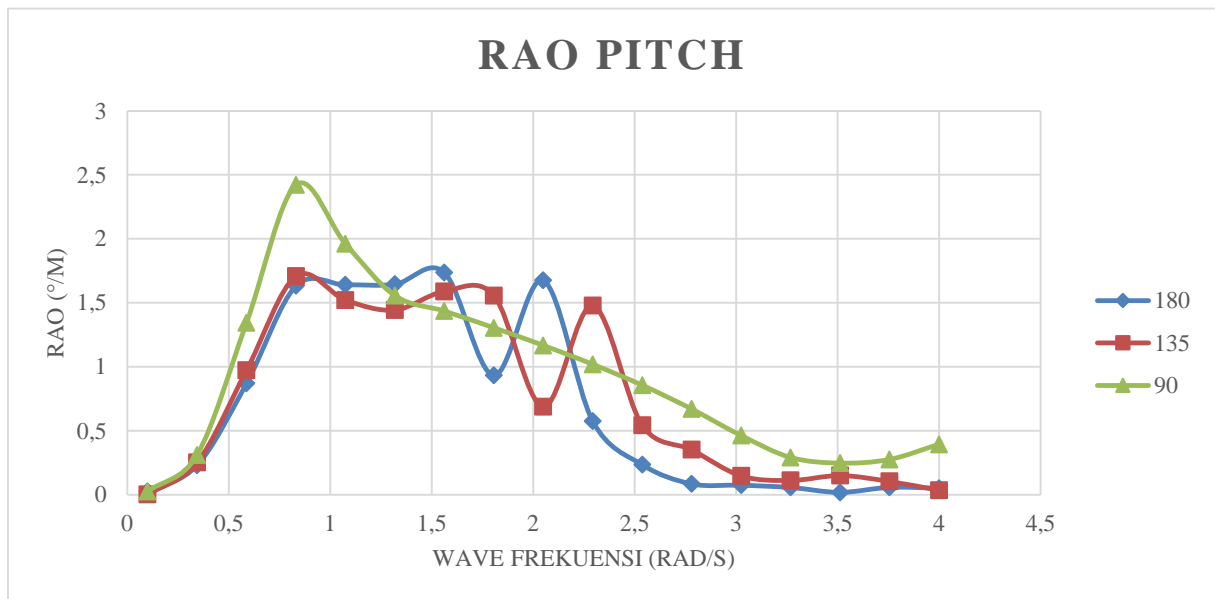


Gambar 4.5 Hasil RAO Heave pada Kecepatan 10 Knot

Dari Gambar 4.3 yang merupakan hasil RAO *Heave* pada kecepatan 10 Knot, kita dapat melihat bahwa respon gerakan heave tiap sudut datang gelombang memiliki karakteristik yang berbeda – beda dimana untuk sudut 180° respon gerakan heave paling besar terjadi pada frekuensi 2.05 rad/s dimana respon gerakan heave mencapai 1.71 m/m, untuk sudut 135° respon gerakan heave paling besar terjadi pada frekuensi 2.3 rad/s dimana respon gerakan heave

mencapai 1.57 m/m, sedangkan untuk sudut 90° respon gerakan heave akan mengalami kenaikan dari frekuensi 0 rad/s sampai 0.83 rad/s kemudian turun dan tidak memiliki kecenderungan untuk naik lagi pada frekuensi 2 rad/s sampai 2.5 rad/s seperti sudut 180° dan 135° namun pada frekuensi 3.5 rad/s respon gerakan heave pada sudut 90° memiliki kecenderungan naik hingga frekuensi 4.0 rad/s.

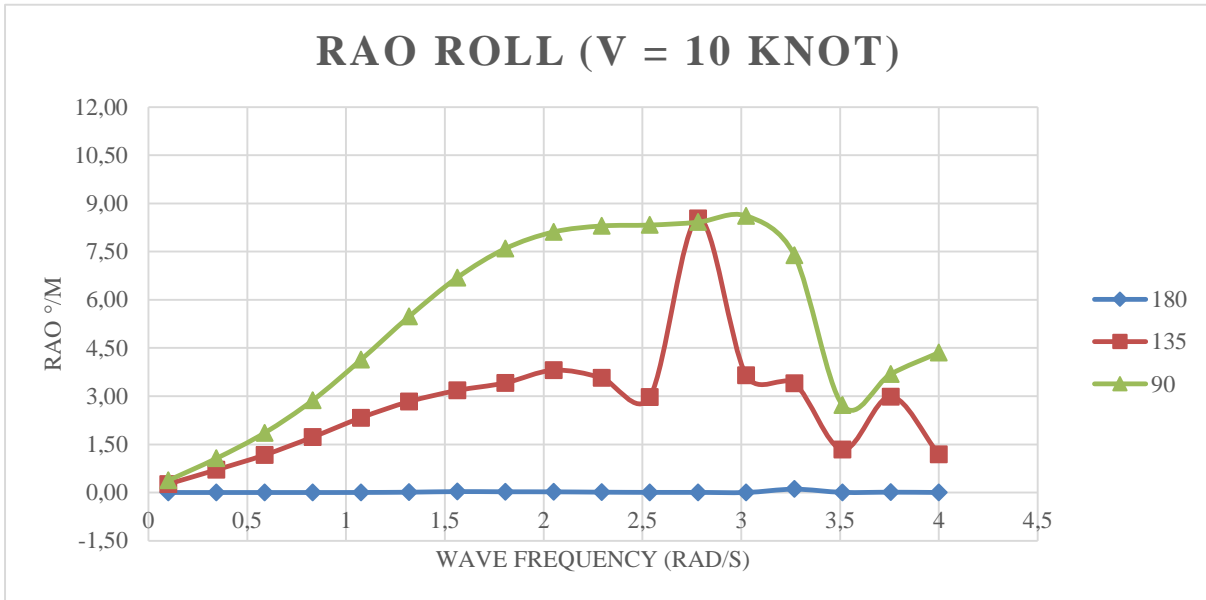
Dapat disimpulkan bahwa kecenderungan gerakan heave pada kapal trimaran USV ini paling besar terjadi saat kapal bergerak dengan sudut datang 180° .



Gambar 4.6 Hasil RAO Pitch pada Kecepatan 10 Knot

Dari Gambar 4.4 yang merupakan RAO Pitch pada kecepatan 10 Knot, kita dapat melihat bahwa respon gerakan pitch pada tiap sudut datang gelombang memiliki karakteristik yang berbeda, terutama untuk sudut arah datang gelombang 90° . Pada sudut datang gelombang 180° respon gerakan pitch yang terbesar terjadi pada frekuensi 1.56 rad/s dan 2.05 rad/s yaitu sebesar $1.74^\circ/\text{m}$ dan $1.68^\circ/\text{m}$. Lalu dari bentuk grafiknya kita dapat melihat di rentang frekuensi 1.56 rad/s sampai 2.3 rad/s respon dari gerakan pitch terlihat mengalami kenaikan dan penurunan yang berulang, hal ini disebabkan karena pada saat kapal trimaran bergerak dengan arah sudut gelombang datang 180° bagian buritan dan haluannya pasti memiliki perbedaan posisi yang signifikan sehingga terlihat pada grafik diatas. Untuk sudut datang 135° memiliki karakteristik gerakan pitch yang hampir mirip dengan sudut datang gelombang 180° karena memang respon kapal terhadap arah sudut datang gelombang tersebut memiliki kecenderungan yang serupa. Berbeda dengan sudut datang gelombang 90° dimana dari grafik yang terlihat setelah respon gerakannya pada frekuensi 0.83 rad/s mengalami respon gerakan pitch terbesar yaitu mencapai $2.4^\circ/\text{m}$ respon gerakan pitch dari kapal trimaran USV ini mengalami

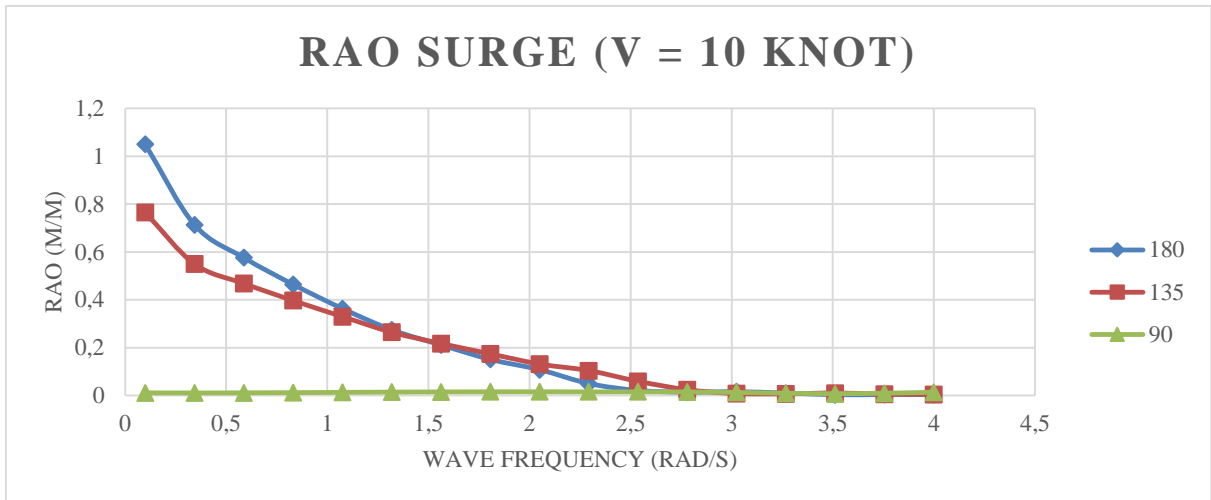
kecenderungan respon yang stabil dan mengalami penurunan respon sampai frekuensi 3.5 rad/s hal ini terjadi karena pada sudut datang 90° bagian haluan dan buritan kapal akan mengalami kenaikan dan penurunan yang bersamaan seiring dengan datangnya gelombang.



Gambar 4.7 Hasil RAO Roll pada Kecepatan 10 Knot

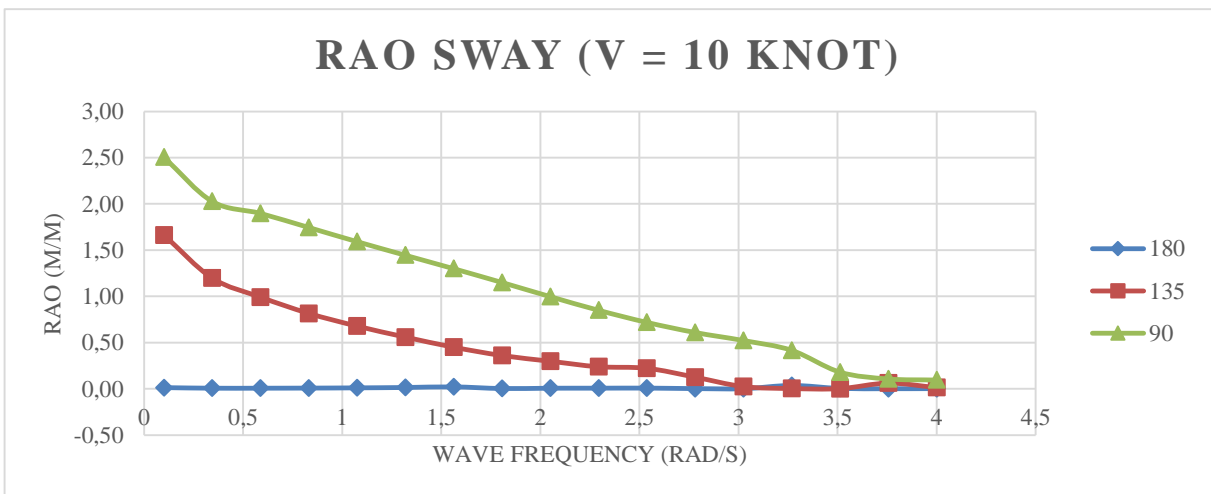
Dari gambar 4.5 yang merupakan hasil RAO Roll pada kecepatan 10 Knot, kita dapat melihat bahwa gerakan roll akan mengalami respon yang tinggi pada sudut datang gelombang 135° dan 90°. Hal ini terjadi karena pada sudut 135° dan 90° lah kapal mengalami gerakan rolling atau gerakan rotasi terhadap sumbu x. Dan terlihat pada grafik untuk sudut datang 180° kapal trimaran memiliki kecenderungan respon gerakan roll yang sangat kecil bahkan tidak melebihi 0.5°/m, hal ini terjadi karena konfigurasi kapal trimaran itu sendiri yang memungkinkan kapal untuk memiliki stabilitas yang baik dikarenakan demi hull dari kapal trimaran ini yang menopang posisi kapal trimaran ini tetap stabil.

Berdasarkan gambar tersebut kita dapat melihat pada sudut datang gelombang 135° respon gerakan roll terbesar terjadi pada frekuensi 2.78 rad/s dimana respon gerakan roll mencapai 8.53°/m. Sedangkan untuk sudut datang gelombang 90° pada rentang frekuensi 2.05 rad/s sampai 3.03 rad/s kapal trimaran USV memiliki kecenderungan respon yang stabil yaitu sekitar 8.1°/m sampai 8.6°/m dimana berarti gerakan roll kapal trimaran USV ini memiliki respon yang besar pada rentang panjang gelombang (L_w) 6.7 m sampai 14.66 m.



Gambar 4.9 Hasil RAO Surge pada Kecepatan 10 Knot

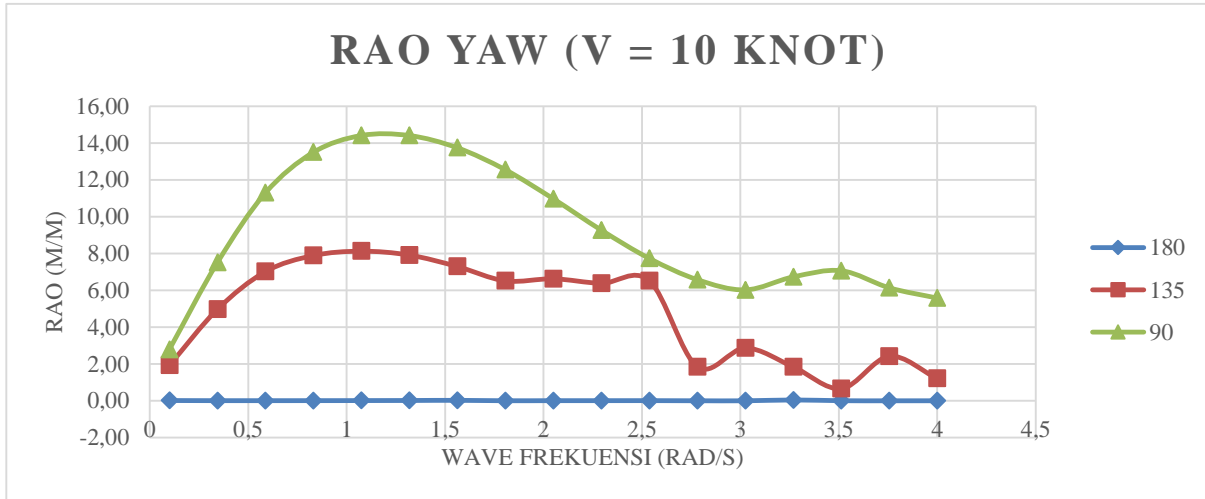
Dari Gambar 4.7 yang merupakan hasil RAO Surge pada kecepatan 10 Knot dapat dilihat bahwa hanya sudut datang gelombang 180° dan 135° yang mampu memberikan pengaruh terhadap gerakan surge kapal trimaran USV. Hal ini terjadi memang karena gerakan surge merupakan gerakan translasi kapal terhadap sumbu x kapal dimana sudut datang gelombang 90° tidak akan memberikan efek translasi terhadap sumbu x kapal. Dari gambar diatas kita dapat melihat gerakan surge untuk sudut 180° dan 135° memiliki respon gerakan paling besar yang terjadi pada frekuensi 0.1 rad/s dimana masing – masing memiliki respon gerakan surge mencapai 1.05 m/m dan 0.77 m/m.



Gambar 4.8 Hasil RAO Sway pada Kecepatan 10 Knot

Dari Gambar 4.6 yang merupakan hasil RAO Sway pada kecepatan 10 Knot dapat dilihat bahwa hanya sudut datang gelombang 135° dan 90° yang mampu memberikan pengaruh terhadap gerakan Sway kapal trimaran USV. Hal ini terjadi karena gerakan sway merupakan gerakan translasi kapal terhadap sumbu y kapal dimana sudut datang gelombang 180° tidak

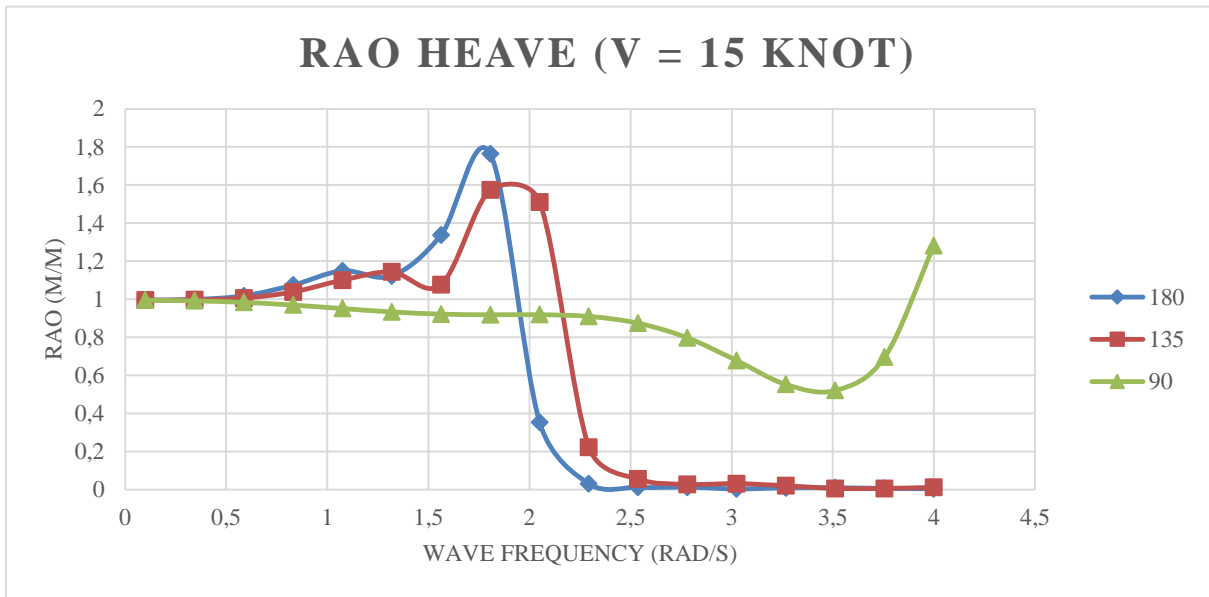
akan memberikan efek translasi terhadap sumbu y kapal. Dari Gambar 6.6 diatas kita dapat melihat gerakan sway untuk sudut 135° dan 90° memiliki respon gerakan paling besar yang terjadi pada frekuensi 0.1 rad/s dimana respon gerakan sway tersebut mencapai 1.6 m/m dan 2.51 m/m.



Gambar 4.10 Hasil RAO Yaw pada Kecepatan 10 Knot

Dari gambar 4.8 yang merupakan hasil RAO Yaw pada kecepatan 10 Knot gerakan yaw akan mengalami respon gerakan yang untuk sudut datang gelombang 135° dan 90° . Hal ini terjadi karena pada sudut datang 180° dimana gelombang datang sejajar dengan sumbu x maka gerakan rotasi terhadap sumbu z kapal tidak akan terjadi. Dari gambar 6.8 dapat dilihat bahwa gerakan yaw untuk sudut datang gelombang 135° dan 90° memiliki kecenderungan respon yang mirip hanya besarnya saja yang berbeda. Gerakan yaw untuk sudut datang gelombang 135° dan 90° mencapai titik respon terbesarnya pada frekuensi 1.08 rad/s dengan besar masing – masing 8.13 $^\circ/m$ dan 14.41 $^\circ/m$. Dimana respon gerakan yaw terjadi paling besar pada saat panjang gelombang (L_w) 52.82 m.

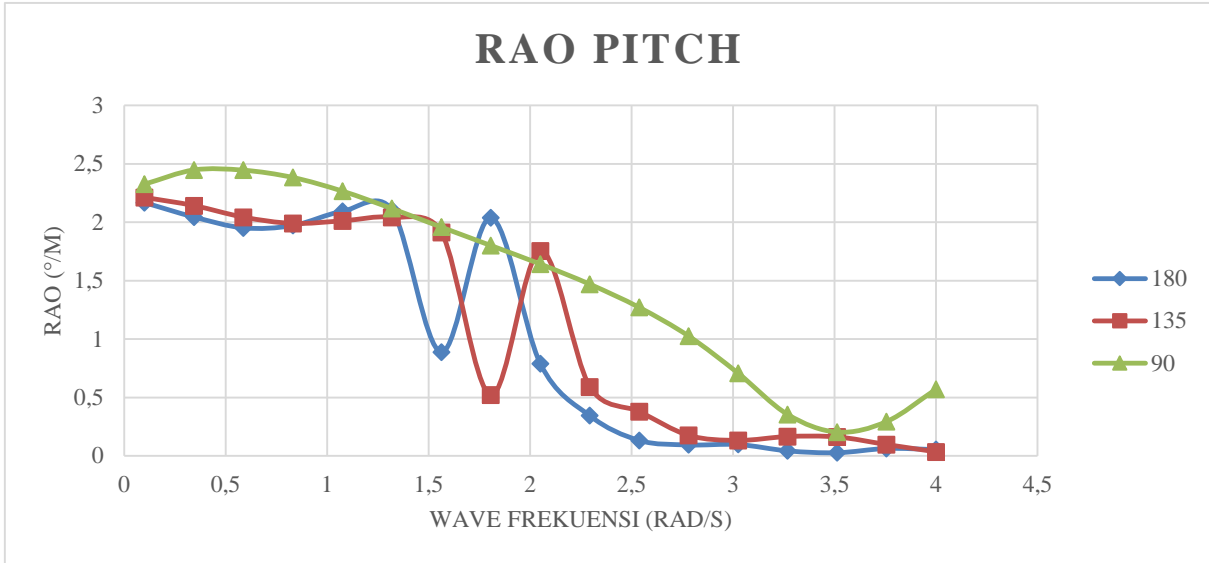
4.4.2. Hasil Pengujian Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot



Gambar 4.11 Hasil RAO Heave pada Kecepatan 15 Knot

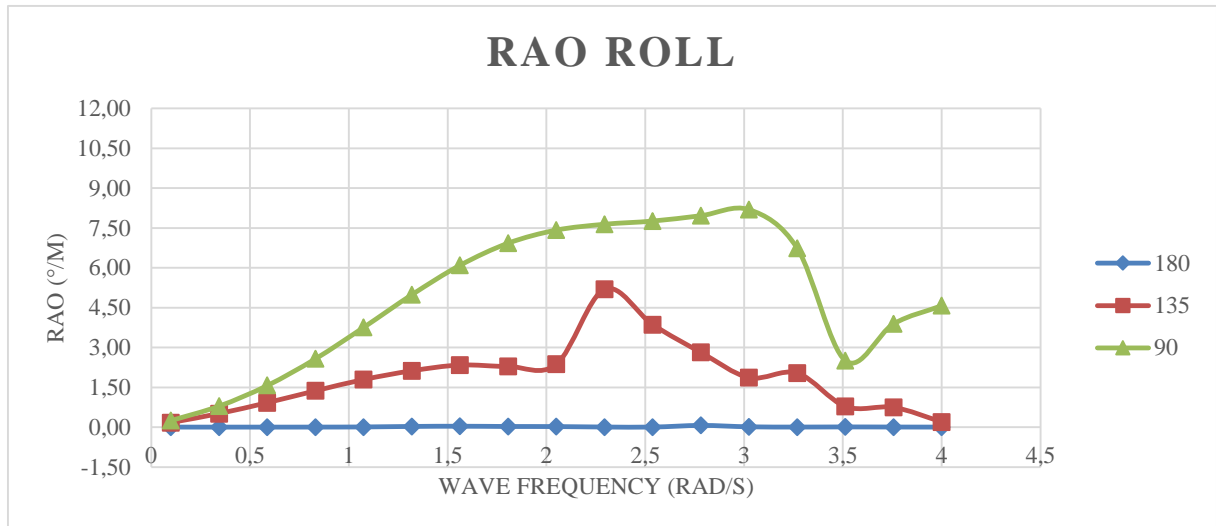
Dari Gambar 4.9 yang merupakan hasil RAO Heave pada kecepatan 15 Knot kita dapat melihat bahwa karakteristik gerakan heave kapal trimaran USV untuk sudut datang 180° dan 135° memiliki kecenderungan pola gerakan yang mirip sedangkan untuk sudut datang 90° memiliki kecenderungan respon gerakan heave yang stabil.

Berdasarkan gambar 6.9 terlihat respon gerakan heave untuk sudut datang 180° paling besar terjadi pada frekuensi 1.81 rad/s dimana respon gerakan heave mencapai 1.76 m/m. Untuk sudut datang 135° gerakan heave paling besar terjadi pada frekuensi frekuensi 1.81 rad/s sampai dengan 2.05 rad/s dengan respon gerakan heave mencapai 1.57 m/m. Sedangkan untuk sudut datang 90° gerakan heave memiliki pola cenderung menurun secara stabil dari frekuensi 0.1 rad/s sampai frekuensi 3.5 rad/s dan mulai naik hingga respon terbesarnya terjadi pada frekuensi 4 rad/s dimana respon gerakan heave mencapai 1.28 m/m.



Gambar 4.12 Hasil RAO Pitch pada Kecepatan 15 Knot

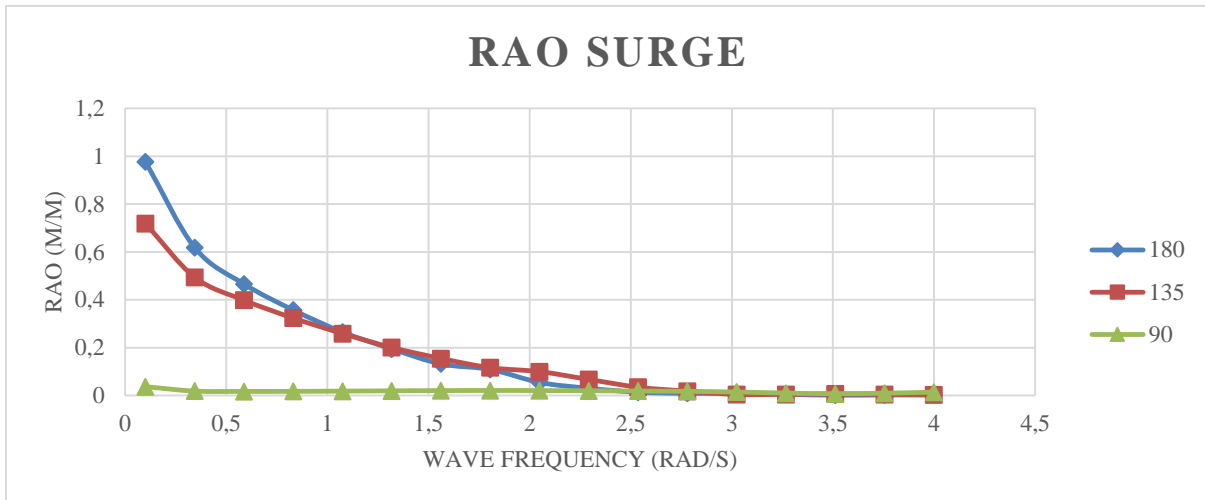
Dari Gambar 4.10 yang merupakan RAO Pitch pada kecepatan 15 Knot, kita dapat melihat bahwa respon gerakan pitch pada tiap sudut datang gelombang memiliki karakteristik yang berbeda, terutama untuk sudut arah datang gelombang 90°. Pada sudut datang gelombang 180° respon gerakan pitch yang besar terjadi pada frekuensi 0.1 rad/s dan 1.32 rad/s yaitu sebesar 2.17 °/m dan 2.11 °/m. Lalu dari bentuk grafiknya kita dapat melihat di rentang frekuensi 1.32 rad/s sampai 2.05 rad/s respon dari gerakan pitch terlihat mengalami kenaikan dan penurunan yang berulang, hal ini disebabkan karena pada saat kapal trimaran bergerak dengan arah sudut gelombang datang 180° bagian buritan dan haluannya pasti memiliki perbedaan posisi yang signifikan sehingga terlihat pada grafik diatas. Untuk sudut datang 135° memiliki karakteristik gerakan pitch yang hampir mirip dengan sudut datang gelombang 180° karena memang respon kapal terhadap arah sudut datang gelombang tersebut memiliki kecenderungan yang serupa. Berbeda dengan sudut datang gelombang 90° dimana dari grafik yang terlihat setelah respon gerakannya pada frekuensi 0.59 rad/s mengalami respon gerakan pitch terbesar yaitu mencapai 2.45 °/m respon gerakan pitch dari kapal trimaran USV ini mengalami kecenderungan respon yang stabil dan mengalami penurunan respon sampai frekuensi 3.5 rad/s hal ini terjadi karena pada sudut datang 90° bagian haluan dan buritan kapal akan mengalami kenaikan dan penurunan yang bersamaan seiring dengan datangnya gelombang.



Gambar 4.13 Hasil RAO Roll pada Kecepatan 15 Knot

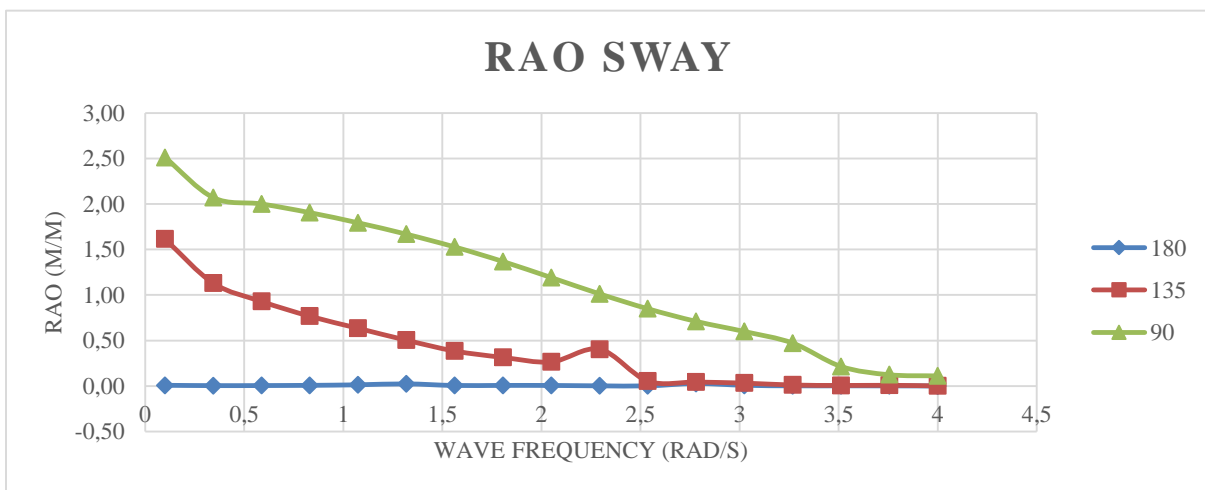
Dari gambar 4.11 yang merupakan hasil RAO Roll pada kecepatan 15 Knot, kita dapat melihat bahwa gerakan roll akan mengalami respon yang tinggi pada sudut datang gelombang 135° dan 90°. Hal ini terjadi karena pada sudut 135° dan 90° lah kapal mengalami gerakan rolling atau gerakan rotasi terhadap sumbu x. Dan terlihat pada grafik untuk sudut datang 180° kapal trimaran memiliki kecenderungan respon gerakan roll yang sangat kecil bahkan tidak melebihi 0.5°/m, hal ini terjadi karena konfigurasi kapal trimaran itu sendiri yang memungkinkan kapal untuk memiliki stabilitas yang baik dikarenakan demi hull dari kapal trimaran ini yang menopang posisi kapal trimaran ini tetap stabil.

Berdasarkan gambar tersebut kita dapat melihat pada sudut datang gelombang 135° respon gerakan roll terbesar terjadi pada frekuensi 2.29 rad/s dimana respon gerakan roll mencapai 5.19 °/m. Sedangkan untuk sudut datang gelombang 90° respon gerakan roll terbesar terjadi pada frekuensi 3.03 rad/s dimana respon gerakan roll mencapai 8.2 °/m dimana berarti gerakan roll kapal trimaran USV ini memiliki respon yang besar pada panjang gelombang (L_W) 6.7 m.



Gambar 4.15 Hasil RAO Surge pada Kecepatan 15 Knot

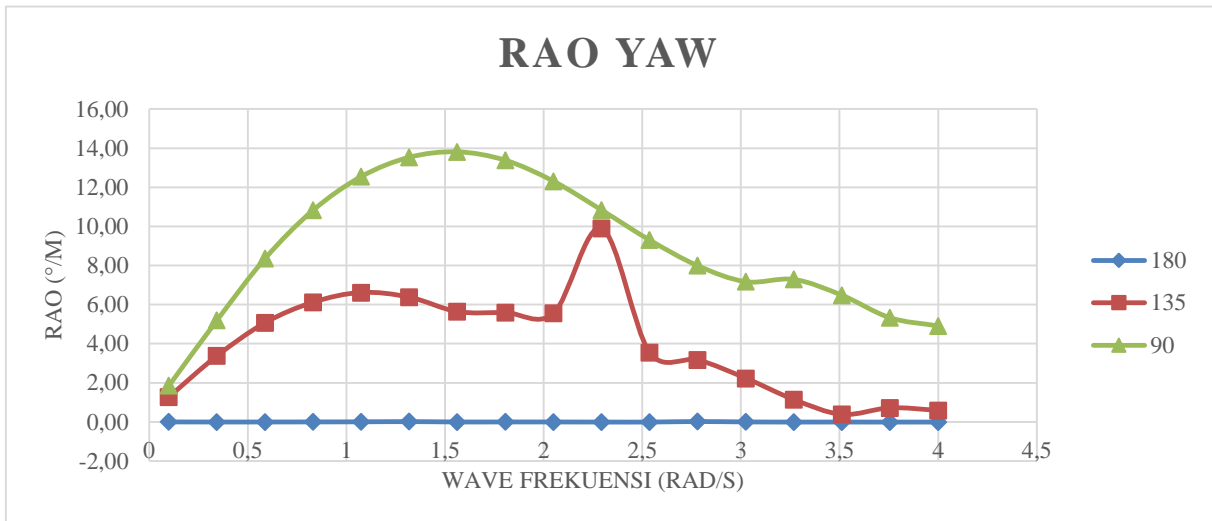
Dari Gambar 4.13 yang merupakan hasil RAO Surge pada kecepatan 15 Knot dapat dilihat bahwa hanya sudut datang gelombang 180° dan 135° yang mampu memberikan pengaruh terhadap gerakan surge kapal trimaran USV. Hal ini terjadi memang karena gerakan surge merupakan gerakan translasi kapal terhadap sumbu x kapal dimana sudut datang gelombang 90° tidak akan memberikan dampak translasi terhadap sumbu x kapal karena sudut datang 90° sejajar dengan sumbu y kapal. Dari gambar diatas kita dapat melihat gerakan surge untuk sudut 180° dan 135° memiliki respon gerakan paling besar yang terjadi pada frekuensi 0.1 rad/s dimana masing – masing memiliki respon gerakan surge mencapai 0.98 m/m dan 0.72 m/m.



Gambar 4.14 Hasil RAO Sway pada Kecepatan 15 Knot

Dari Gambar 4.12 yang merupakan hasil RAO Sway pada kecepatan 15 Knot dapat dilihat bahwa hanya sudut datang gelombang 135° dan 90° yang mampu memberikan pengaruh terhadap gerakan Sway kapal trimaran USV. Hal ini terjadi karena gerakan sway merupakan

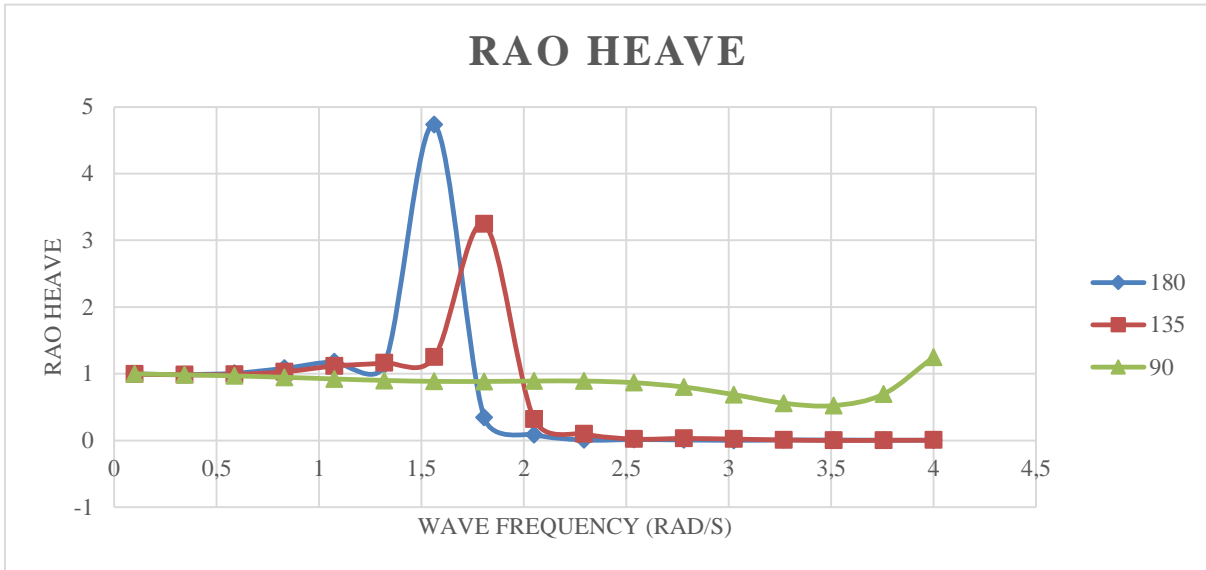
gerakan translasi kapal terhadap sumbu y kapal dimana sudut datang gelombang 180° tidak akan memberikan efek translasi terhadap sumbu y kapal karena sudut datang 180° gelombangnya sejajar dengan sumbu x . Dari Gambar 6.12 diatas kita dapat melihat gerakan sway untuk sudut 135° dan 90° memiliki respon gerakan paling besar yang terjadi pada frekuensi 0.1 rad/s dimana respon gerakan sway tersebut mencapai 1.6 m/m dan 2.5 m/m.



Gambar 4.16 Hasil RAO Yaw pada Kecepatan 15 Knot

Dari gambar 4.14 yang merupakan hasil RAO Yaw pada kecepatan 10 Knot gerakan yaw akan mengalami respon gerakan yang untuk sudut datang gelombang 135° dan 90° . Hal ini terjadi karena pada sudut datang 180° dimana gelombang datang sejajar dengan sumbu x maka gerakan rotasi terhadap sumbu z kapal tidak akan terjadi. Dari gambar 6.14 dapat dilihat bahwa gerakan yaw untuk sudut datang gelombang 135° dan 90° memiliki kecenderungan respon yang berbeda tidak seperti pada kecepatan 10 Knot. Gerakan yaw untuk sudut datang gelombang 135° mencapai titik respon terbesarnya pada frekuensi 2.3 rad/s dengan besar masing – masing $9.9^\circ/m$. Sedangkan gerakan yaw untuk sudut datang gelombang 90° mencapai titik respon terbesarnya pada frekuensi 1.56 rad/s dan respon gerakan yaw mencapai $13.81^\circ/m$.

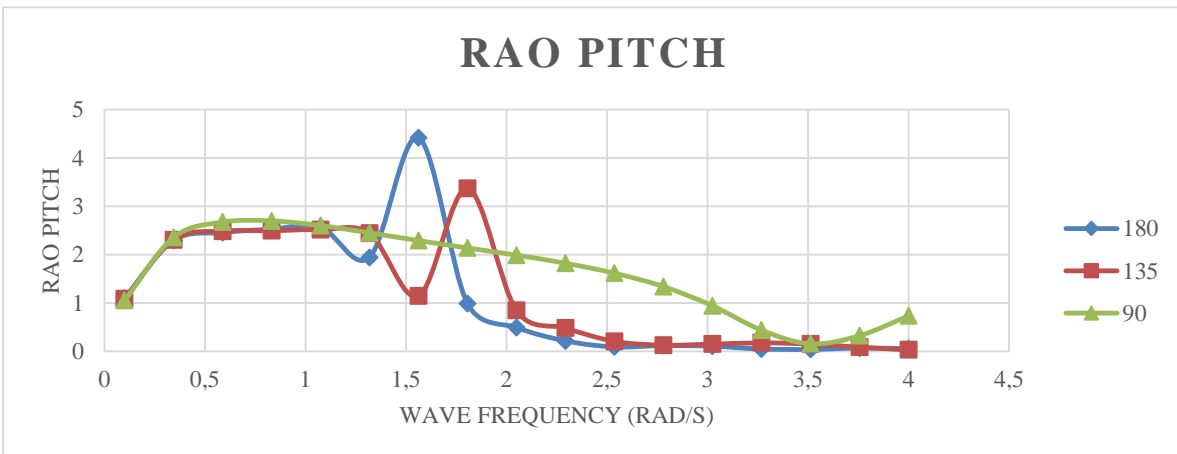
4.4.3. Hasil Pegujian Kapal trimaran USV dengan Kecepatan 20 Knot



Gambar 4.17 Hasil RAO Heave pada Kecepatan 20 Knot

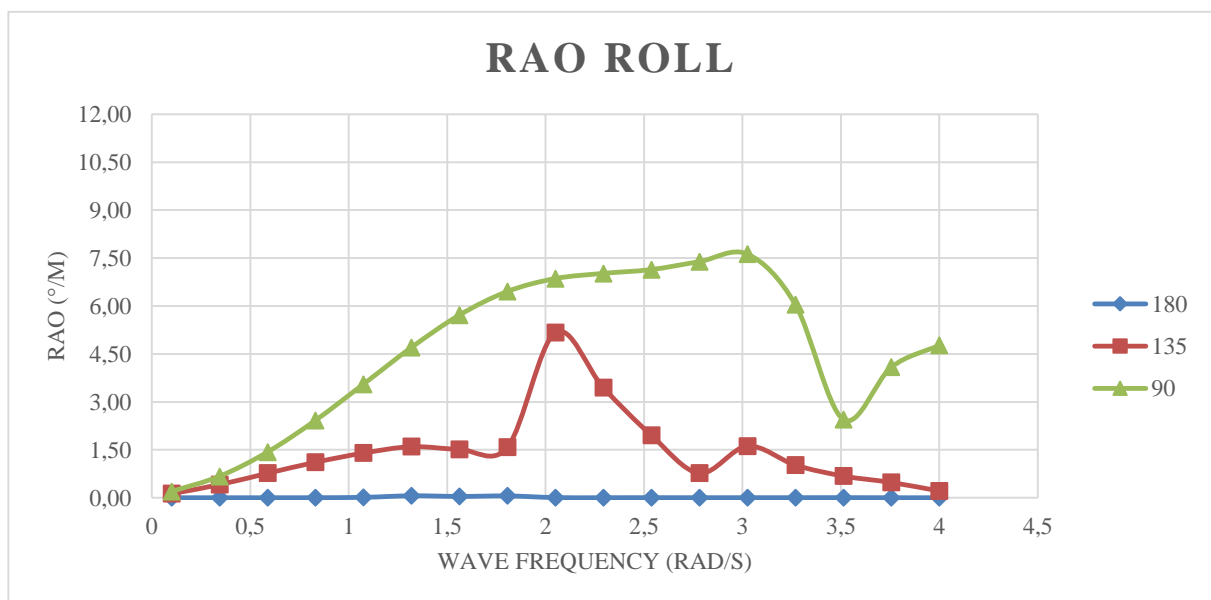
Dari Gambar 4.15 yang merupakan hasil RAO Heave pada kecepatan 20 Knot kita dapat melihat bahwa karakteristik gerakan heave kapal trimaran USV untuk sudut datang 180° dan 135° memiliki kecenderungan pola gerakan yang mirip sedangkan untuk sudut datang 90° memiliki kecenderungan respon gerakan heave yang stabil.

Berdasarkan gambar 4.15 terlihat respon gerakan heave untuk sudut datang 180° paling besar terjadi pada frekuensi 1.53 rad/s dimana respon gerakan heave mencapai 4.73 m/m. Untuk sudut datang 135° gerakan heave paling besar terjadi pada frekuensi frekuensi 1.81 rad/s dengan respon gerakan heave mencapai 3.25 m/m. Sedangkan untuk sudut datang 90° gerakan heave memiliki pola cenderung menurun secara stabil dari frekuensi 0.1 rad/s sampai frekuensi 3.5 rad/s dan mulai naik hingga respon terbesarnya terjadi pada frekuensi 4 rad/s dimana respon gerakan heave mencapai 1.25 m/m.



Gambar 4.18 Hasil RAO Pitch dengan Kecepatan 20 Knot

Dari Gambar 4.16 yang merupakan RAO Pitch pada kecepatan 15 Knot, kita dapat melihat bahwa respon gerakan pitch pada tiap sudut datang gelombang memiliki karakteristik yang berbeda, terutama untuk sudut arah datang gelombang 90° . Pada sudut datang gelombang 180° respon gerakan pitch yang besar terjadi pada frekuensi 1.56 rad/s yaitu sebesar 4.42 $^\circ/m$. Lalu dari bentuk grafiknya kita dapat melihat di rentang frekuensi 1.32 rad/s sampai 2.05 rad/s respon dari gerakan pitch terlihat mengalami kenaikan dan penurunan yang berulang, hal ini disebabkan karena pada saat kapal trimaran bergerak dengan arah sudut gelombang datang 180° bagian buritan dan haluannya pasti memiliki perbedaan posisi yang signifikan sehingga terlihat pada grafik diatas. Untuk sudut datang 135° memiliki karakteristik gerakan pitch yang hampir mirip dengan sudut datang gelombang 180° karena memang respon kapal terhadap arah sudut datang gelombang tersebut memiliki kecenderungan yang serupa. Berbeda dengan sudut datang gelombang 90° dimana dari grafik yang terlihat setelah respon gerakannya pada frekuensi 0.83 rad/s mengalami respon gerakan pitch terbesar yaitu mencapai 2.53 $^\circ/m$ respon gerakan pitch dari kapal trimaran USV ini mengalami kecenderungan respon yang stabil dan mengalami penurunan respon sampai frekuensi 3.5 rad/s hal ini terjadi karena pada sudut datang 90° bagian haluan dan buritan kapal akan mengalami kenaikan dan penurunan yang bersamaan seiring dengan datangnya gelombang.

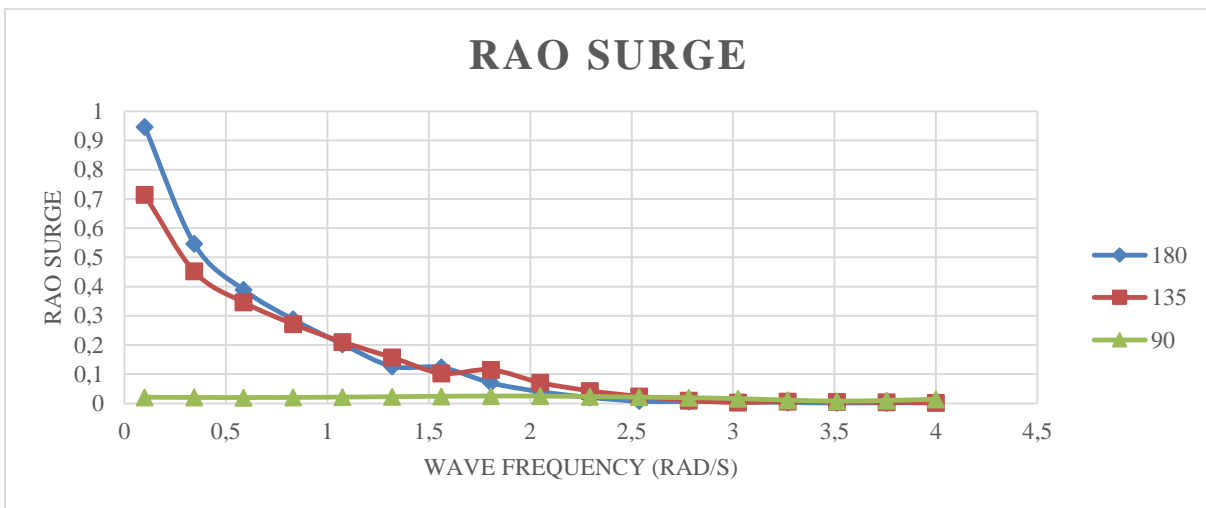


Gambar 4.19 Hasil RAO Roll pada Kecepatan 20 Knot

Dari gambar 4.17 yang merupakan hasil RAO Roll pada kecepatan 20 Knot, kita dapat melihat bahwa gerakan roll akan mengalami respon yang tinggi pada sudut datang gelombang 135° dan 90° . Hal ini terjadi karena pada sudut 135° dan 90° lah kapal mengalami gerakan rolling atau gerakan rotasi terhadap sumbu x. Dan terlihat pada grafik untuk sudut datang 180°

kapal trimaran memiliki kecenderungan respon gerakan roll yang sangat kecil bahkan tidak melebihi $0.5^\circ/\text{m}$, hal ini terjadi karena konfigurasi kapal trimaran itu sendiri yang memungkinkan kapal untuk memiliki stabilitas yang baik dikarenakan demi hull dari kapal trimaran ini yang menopang posisi kapal trimaran ini tetap stabil.

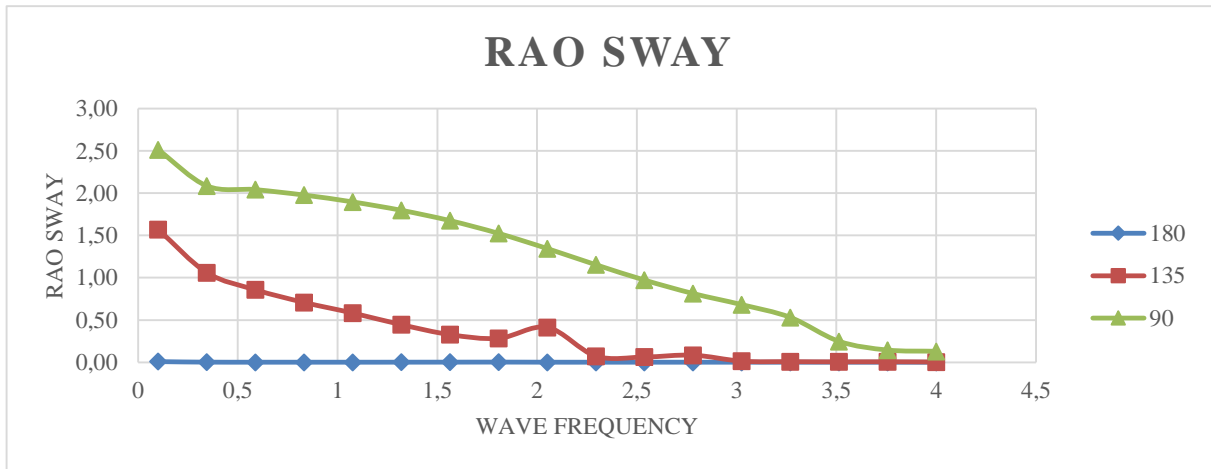
Berdasarkan gambar tersebut kita dapat melihat pada sudut datang gelombang 135° respon gerakan roll terbesar terjadi pada frekuensi 2.05 rad/s dimana respon gerakan roll mencapai $5.17^\circ/\text{m}$. Sedangkan untuk sudut datang gelombang 90° respon gerakan roll terbesar terjadi pada frekuensi 3.03 rad/s dimana respon gerakan roll mencapai $7.61^\circ/\text{m}$ dimana berarti gerakan roll kapal trimaran USV ini memiliki respon yang besar pada panjang gelombang (L_w) 6.7 m .



Gambar 4.20 Hasil RAO Surge pada Kecepatan 20 Knot

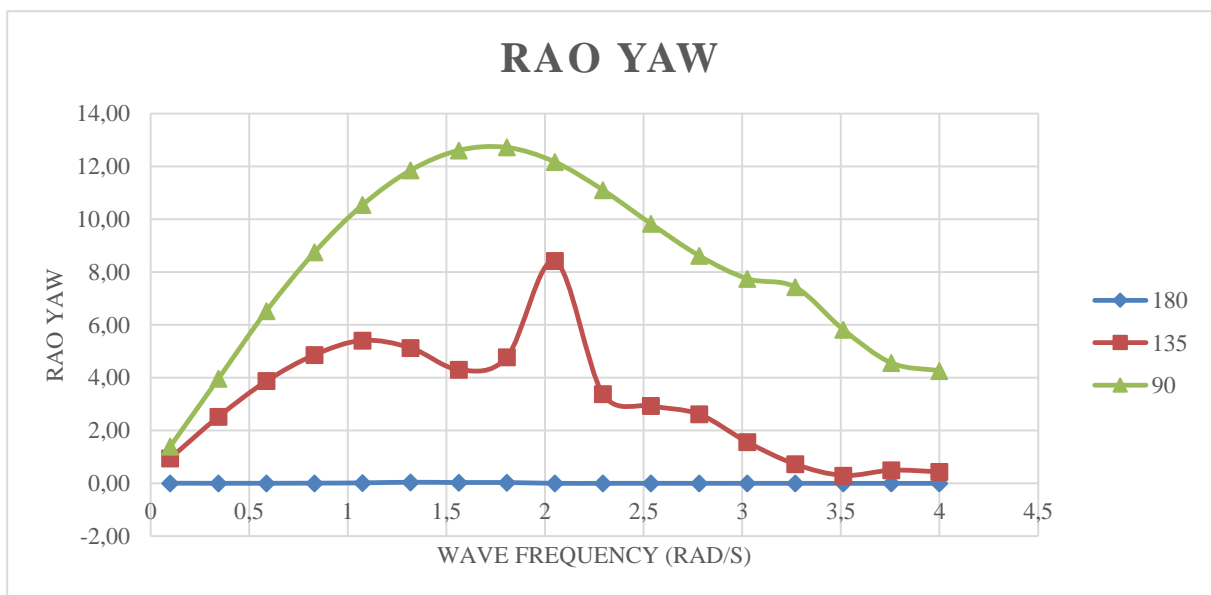
Dari Gambar 4.18 yang merupakan hasil RAO Surge pada kecepatan 20 Knot dapat dilihat bahwa hanya sudut datang gelombang 180° dan 135° yang mampu memberikan pengaruh terhadap gerakan surge kapal trimaran USV. Hal ini terjadi memang karena gerakan surge merupakan gerakan translasi kapal terhadap sumbu x kapal dimana sudut datang gelombang 90° tidak akan memberikan dampak translasi terhadap sumbu x kapal karena sudut datang 90° sejajar dengan sumbu y kapal. Dari gambar diatas kita dapat melihat gerakan surge untuk sudut 180° dan 135° memiliki respon gerakan paling besar yang terjadi pada frekuensi

0.1 rad/s dimana masing – masing memiliki respon gerakan surge mencapai 0.95 m/m dan 0.71 m/m.



Gambar 4.21 Hasil RAO Sway pada Kecepatan 20 Knot

Dari Gambar 6.18 yang merupakan hasil RAO Sway pada kecepatan 15 Knot dapat dilihat bahwa hanya sudut datang gelombang 135° dan 90° yang mampu memberikan pengaruh terhadap gerakan Sway kapal trimaran USV. Hal ini terjadi karena gerakan sway merupakan gerakan translasi kapal terhadap sumbu y kapal dimana sudut datang gelombang 180° tidak akan memberikan efek translasi terhadap sumbu y kapal karena sudut datang 180° gelombangnya sejajar dengan sumbu x . Dari Gambar 6.12 diatas kita dapat melihat gerakan sway untuk sudut 135° dan 90° memiliki respon gerakan paling besar yang terjadi pada frekuensi 0.1 rad/s dimana respon gerakan sway berturut – turut mencapai 1.57 m/m dan 2.51 m/m.



Gambar 4.22 Hasil RAO Yaw pada Kecepatan 20 Knot

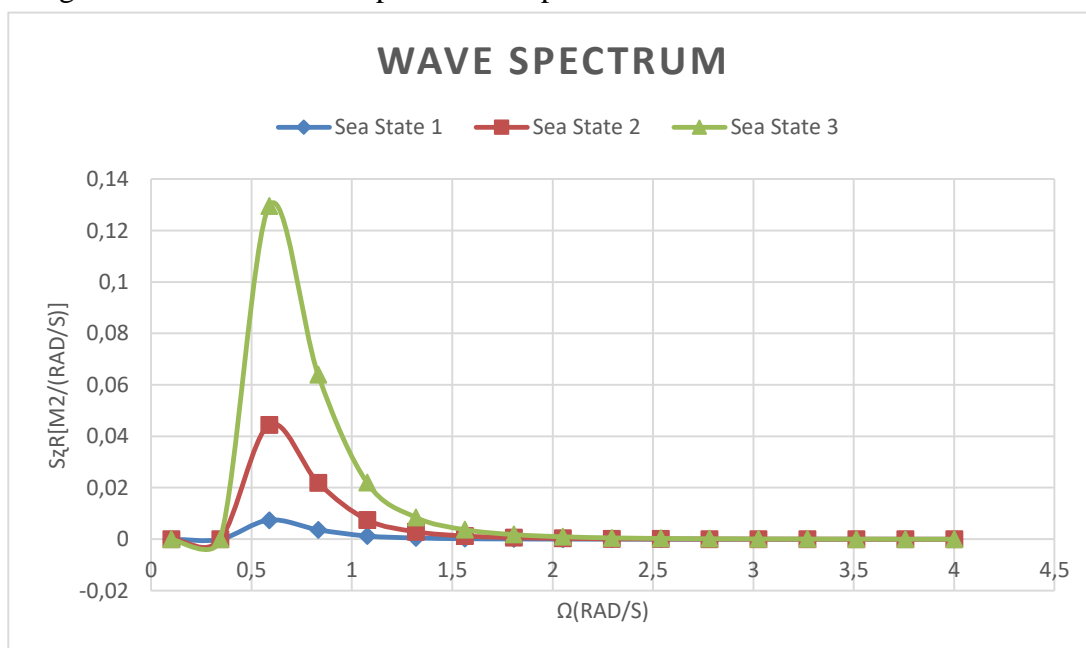
Dari gambar 4.20 yang merupakan hasil RAO Yaw pada kecepatan 20 Knot gerakan yaw akan mengalami respon gerakan yang untuk sudut datang gelombang 135° dan 90° . Hal ini terjadi karena pada sudut datang 180° dimana gelombang datang sejajar dengan sumbu x maka gerakan rotasi terhadap sumbu z kapal tidak akan terjadi.

Dari gambar 4.20 dapat dilihat bahwa gerakan yaw untuk sudut datang gelombang 135° dan 90° memiliki kecenderungan respon yang berbeda tidak seperti pada kecepatan 10 Knot. Gerakan yaw untuk sudut datang gelombang 135° mencapai titik respon terbesarnya pada frekuensi 2.05 rad/s dengan respon gerakan yaw mencapai $8.4^\circ/m$. Sedangkan gerakan yaw untuk sudut datang gelombang 90° mencapai titik respon terbesarnya pada frekuensi 1.81 rad/s dan respon gerakan yaw mencapai $12.7^\circ/m$.

4.5. Respons Kapal Trimaran USV di gelombang acak

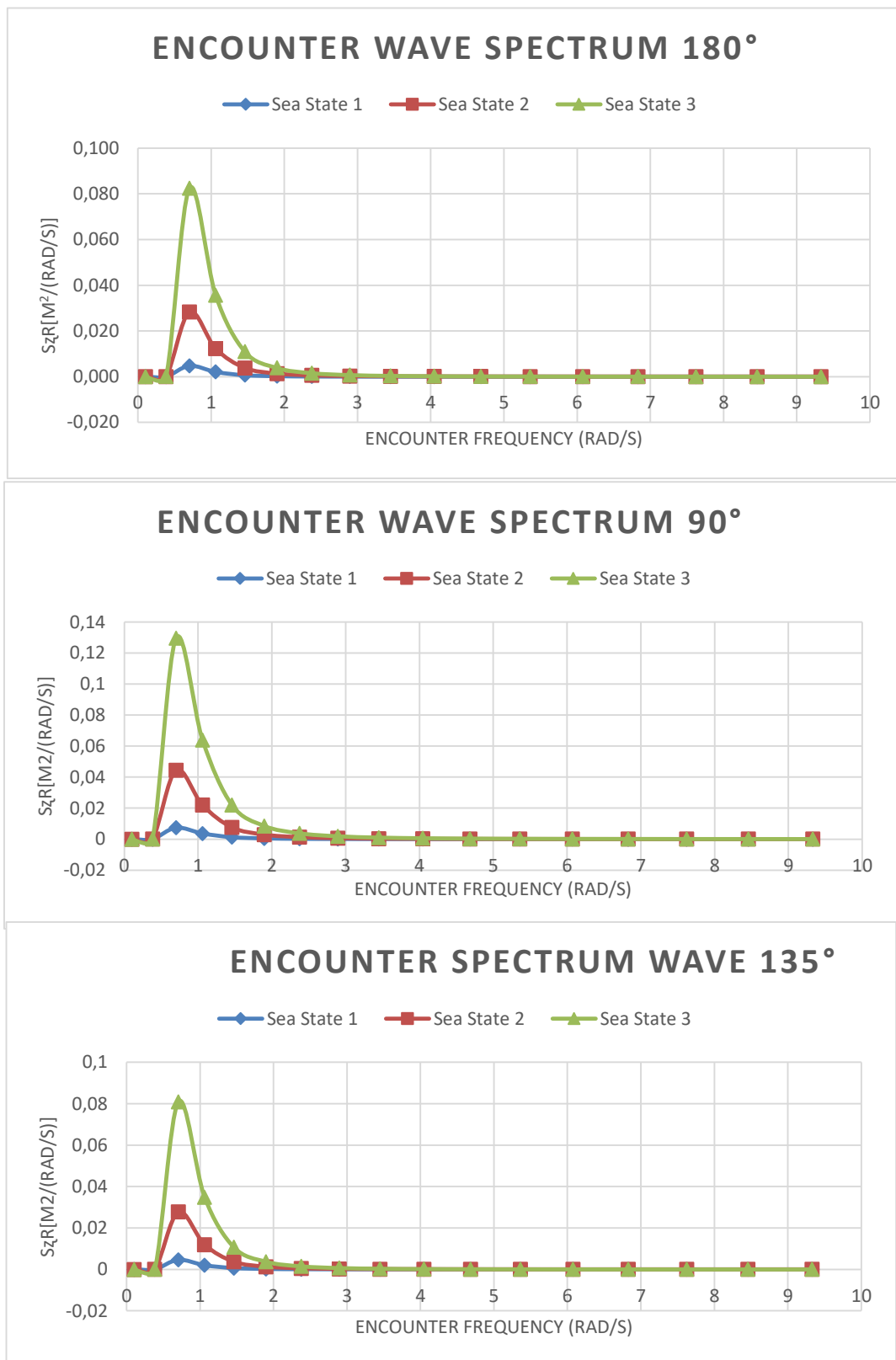
4.5.1. Spektrum Gelombang

Untuk mendapatkan gerakan kapal pada gelombang acak maka dilakukan perhitungan spektrum gelombang. Pada Tugas Akhir ini, formulasi spektra yang digunakan merupakan spektra ITTC (*International Towing Tank Conference*) seperti yang dijelaskan pada Bab 2. Dimana spektra gelombang pada ITTC ini merupakan modifikasi spektra gelombang Pierson Moskowitz dengan penambahan gelombang signifikan dan *zero crossing periode*. Kondisi *sea state* yang digunakan hanya dari sea state 1 sampai 3 dikarenakan kapal yang memang kecil dan mengikuti kondisi dimana kapal akan di operasikan.



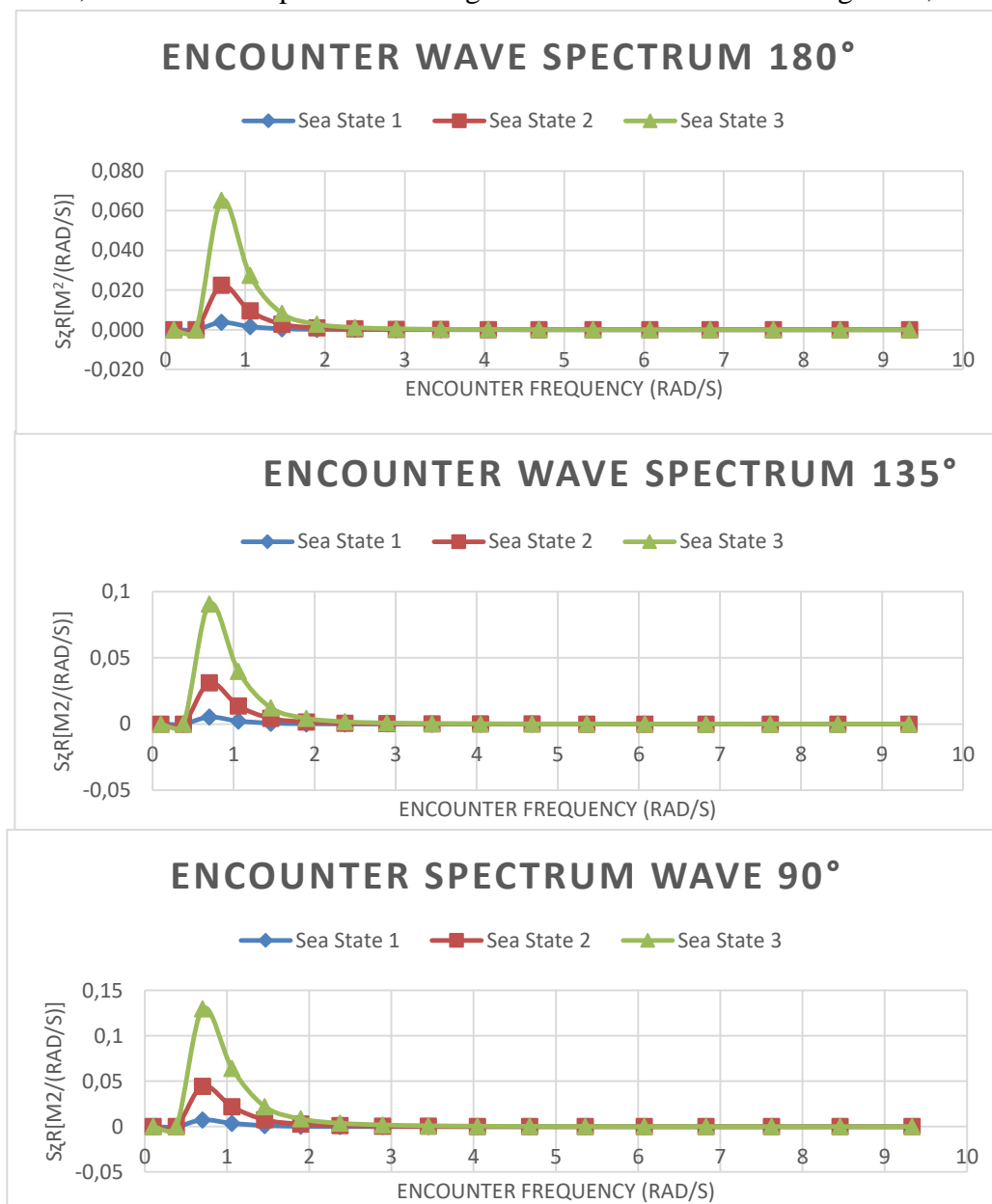
Gambar 4.23 Spektrum Gelombang Kapal Trimaran USV

Selanjutnya dilakukan transformasi dari spektrum gelombang menjadi spectrum gelombang *encounter* untuk setiap kecepatan dan setiap sudut datang gelombang.



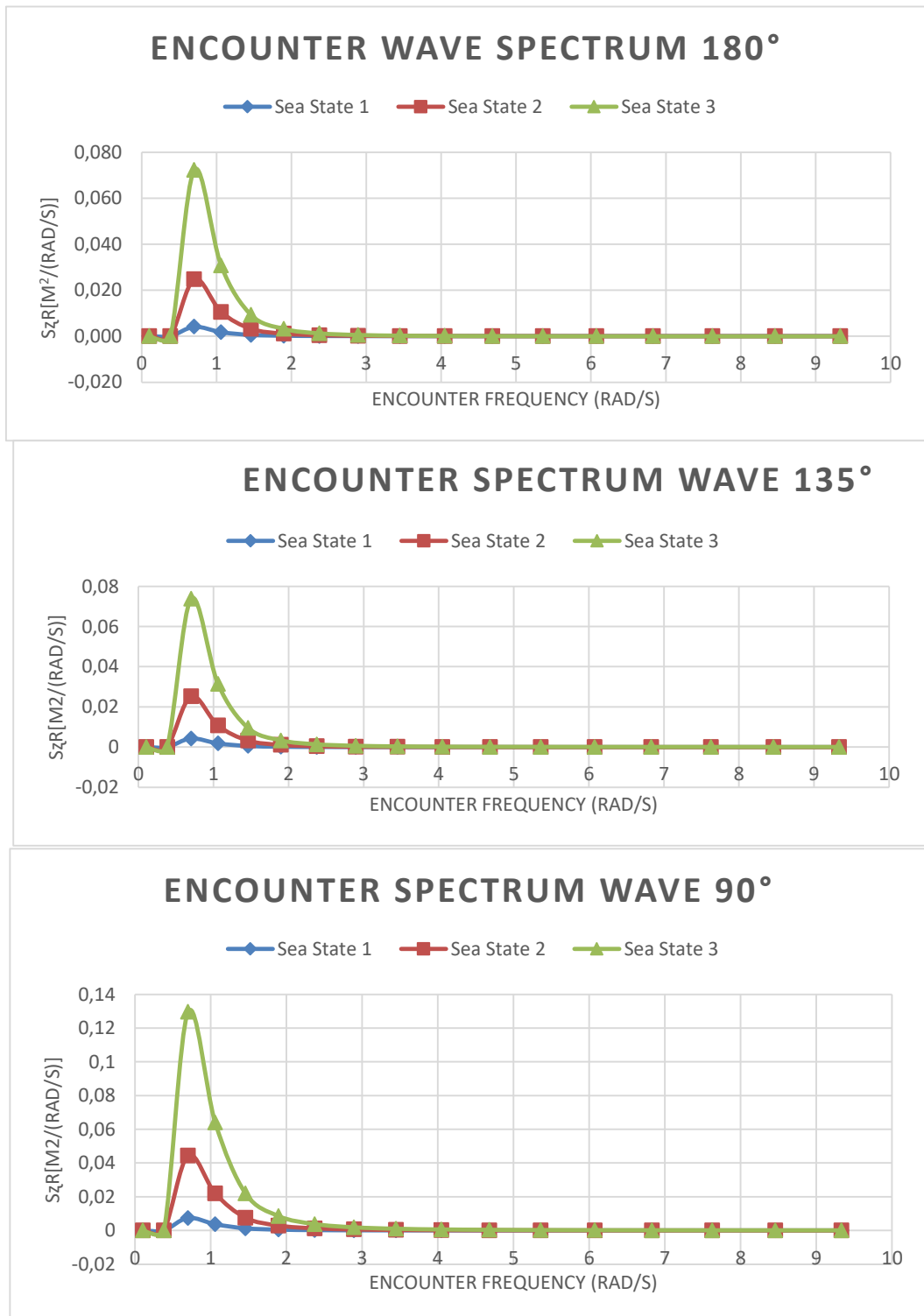
Gambar 4.24 Encounter Wave Spectrum pada Kecepatan 10 Knot

Gambar 6.24 menunjukkan *encounter wave spectrum* pada kecepatan 10 Knot untuk tiap sudut datang gelombang yang berbeda – beda. Jika diperhatikan, spektrum yang dihasilkan pada sudut datang 90° memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan spektrum hasil dari sudut datang gelombang 180° dan 90° . Perubahan bentuk kurva juga terjadi dimana semakin tinggi gelombang signifikan maka semakin besar juga spektrum yang dihasilkan. Pada tinggi signifikan (H_s) kecil, kurva spektra mempunyai bentuk yang lebar sedangkan pada tinggi signifikan (H_s) besar kurvanya lebih sempit. Hal ini berarti bahwa pada harga gelombang signifikan (H_s) kecil energi gelombang dikontribusi oleh gelombang – gelombang dalam rentang frekuensi yang lebih besar bila dibandingkan dengan gelombang signifikan (H_s) besar (Djatkiko, Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak, 2012).



Gambar 4.25 *Encounter Wave Spectrum* pada Kecepatan 15 Knot

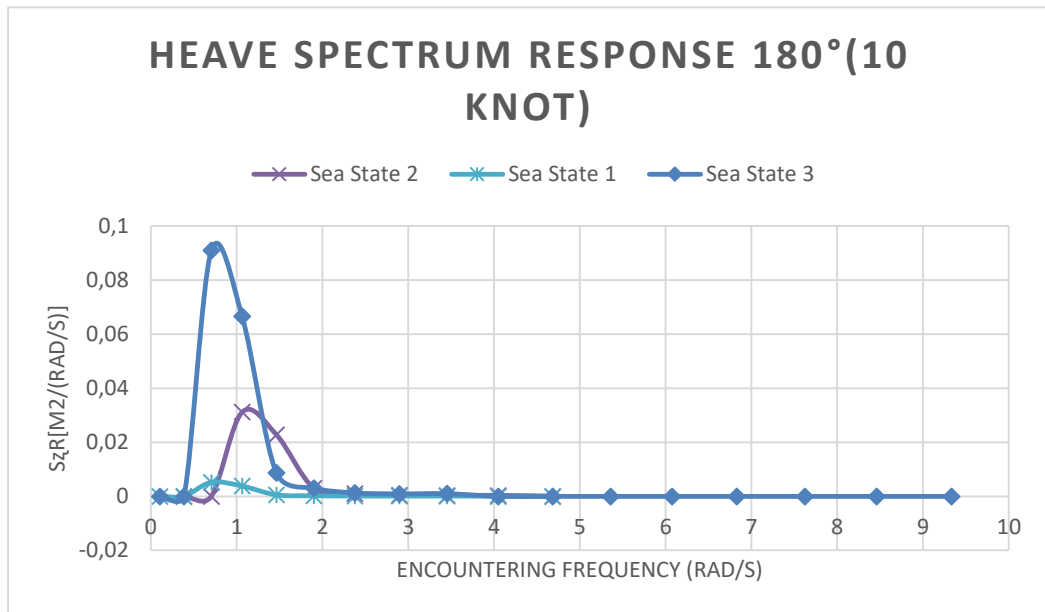
Gambar 4.25 menunjukkan *encounter wave spectrum* kapal trimaran USV pada kecepatan 15 Knot yang selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan spektra respons untuk setiap gerakan kapal pada setiap sudut datang gelombang.



Gambar 4.26 *Encounter Wave Spectrum* pada Kecepatan 20 Knot

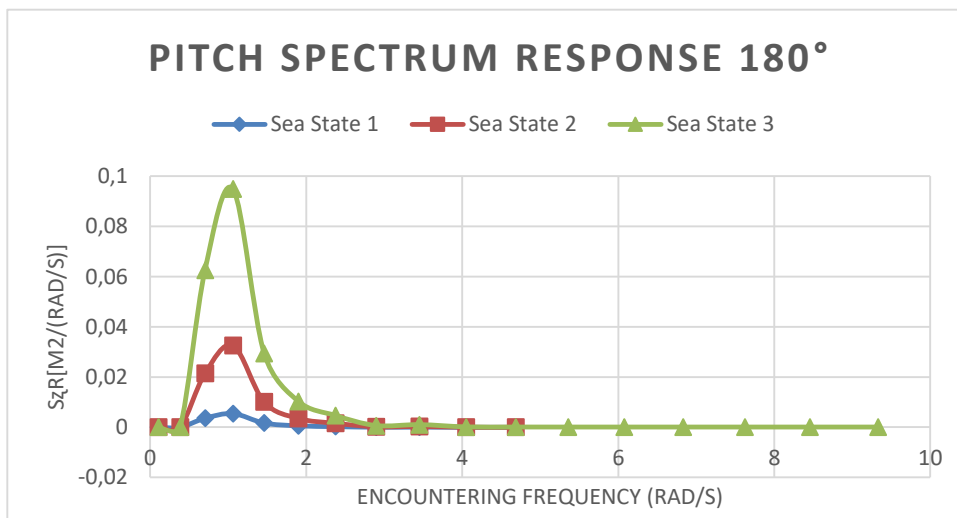
Gambar 4.26 menunjukkan *encounter wave spectrum* kapal trimaran USV pada kecepatan 15 Knot yang selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan spektra respons untuk setiap gerakan kapal pada setiap sudut datang gelombang.

4.5.2. Spektra Respons Gerakan Kapal Trimaran USV



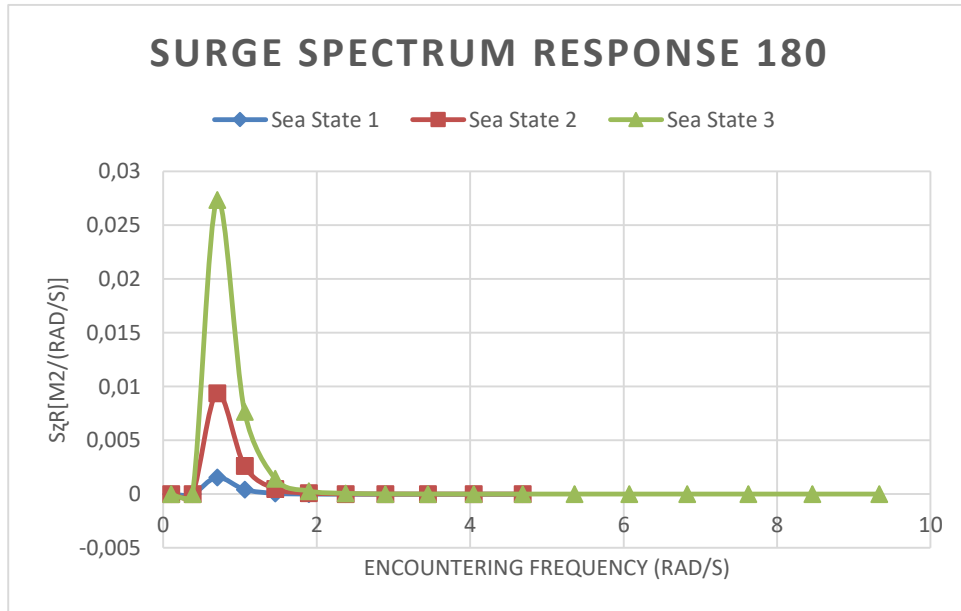
Gambar 4.27 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 180$

Gambar 4.27 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot dan *Heading Angle* 180°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan *heave* paling tinggi sebesar 0.091 m²/rad/s.



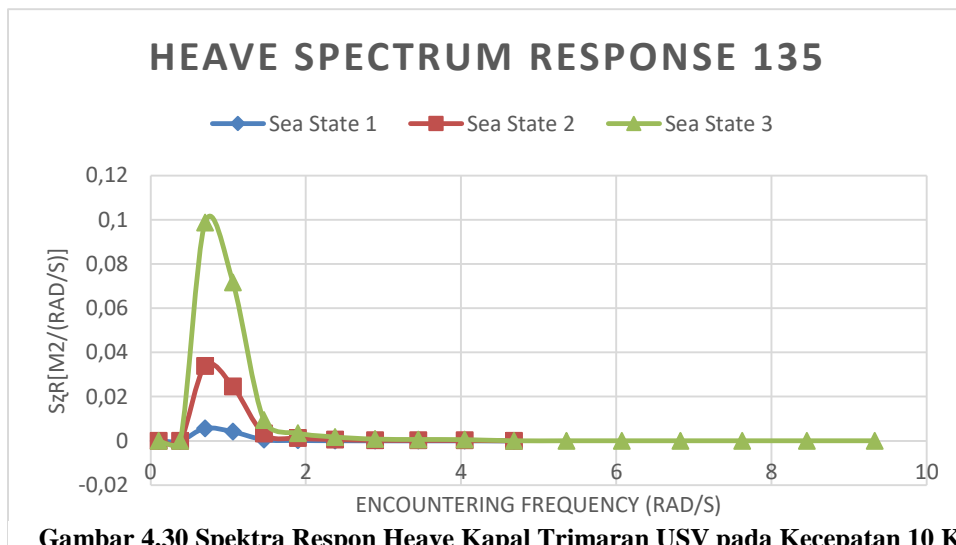
Gambar 4.28 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 180$

Gambar 4.28 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot dan *Heading Angle* 180°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan *pitch* paling tinggi sebesar 0.094 m²/rad/s.



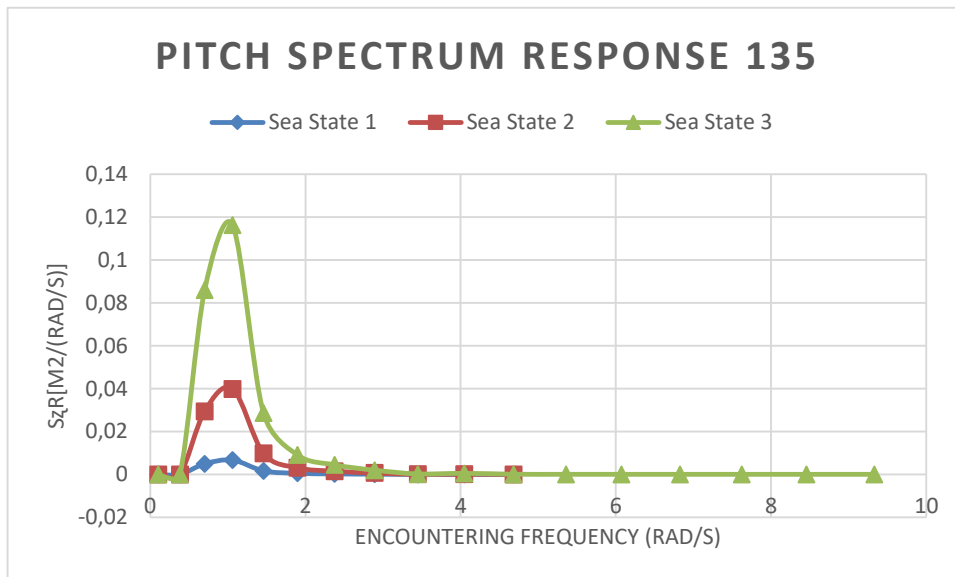
Gambar 4.29 Spektra Respon Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 180$

Gambar 4.29 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot dan *Heading Angle* 180°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan *surge* paling tinggi sebesar 0.027 m²/rad/s.



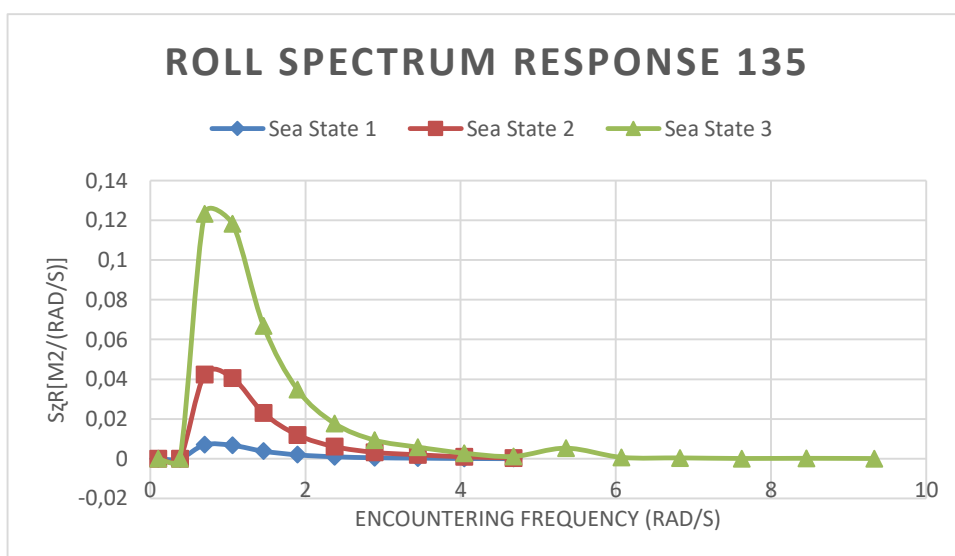
Gambar 4.30 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 135$

Gambar 4.30 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot dan *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan *heave* paling tinggi sebesar 0.099 m²/rad/s.



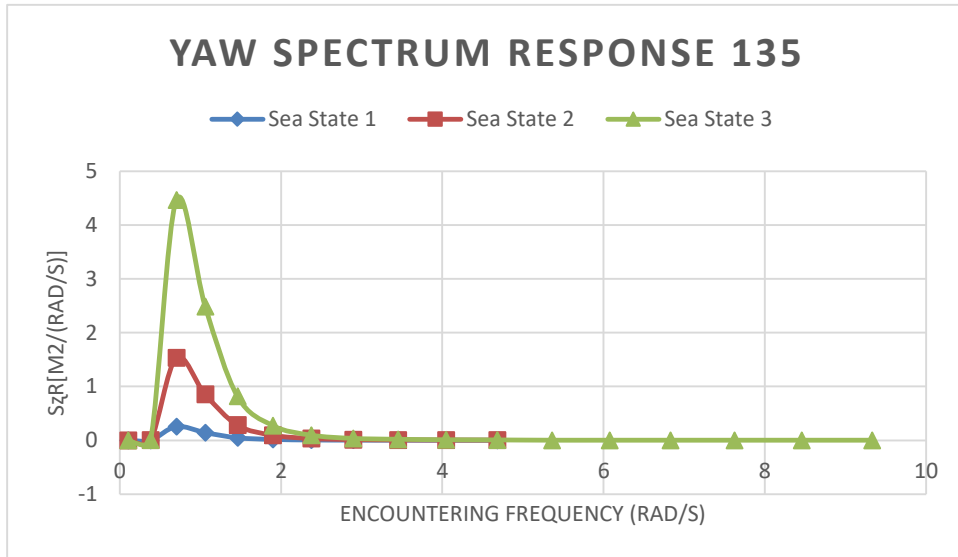
Gambar 4.31 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 135$

Gambar 4.31 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot dan *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan *pitch* paling tinggi sebesar 0.116 m²/rad/s.



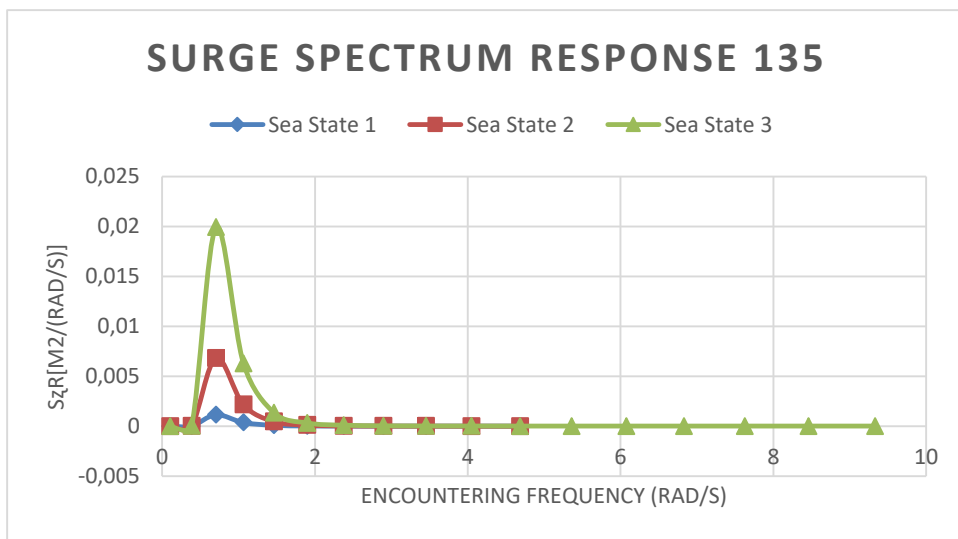
Gambar 4.32 Spektra Respon Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 135$

Gambar 4.32 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot dan *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan *roll* paling tinggi sebesar 0.123 m²/rad/s.



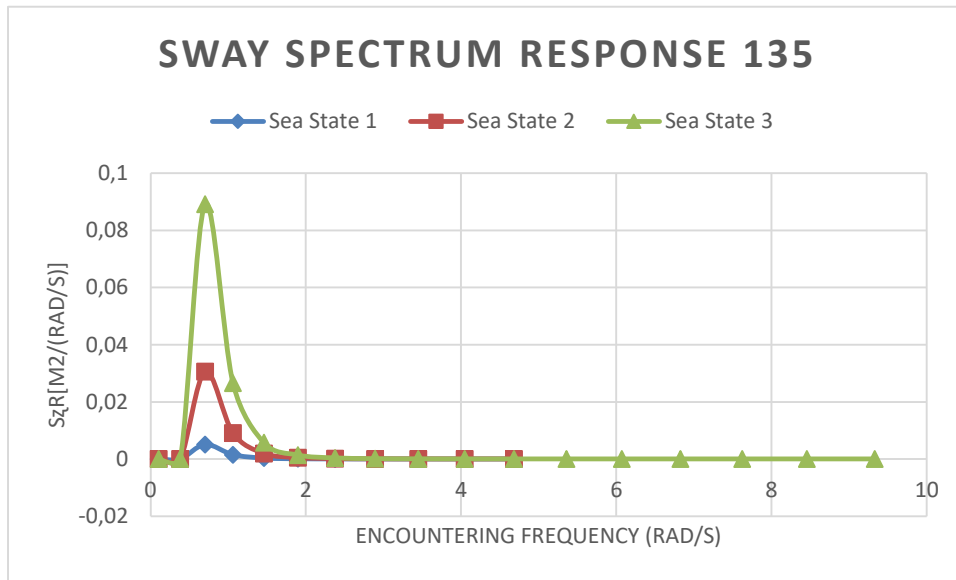
Gambar 4.33 Spektra Respon Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 135$

Gambar 4.33 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot dan *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan yaw paling tinggi sebesar 4.467 m²/rad/s.



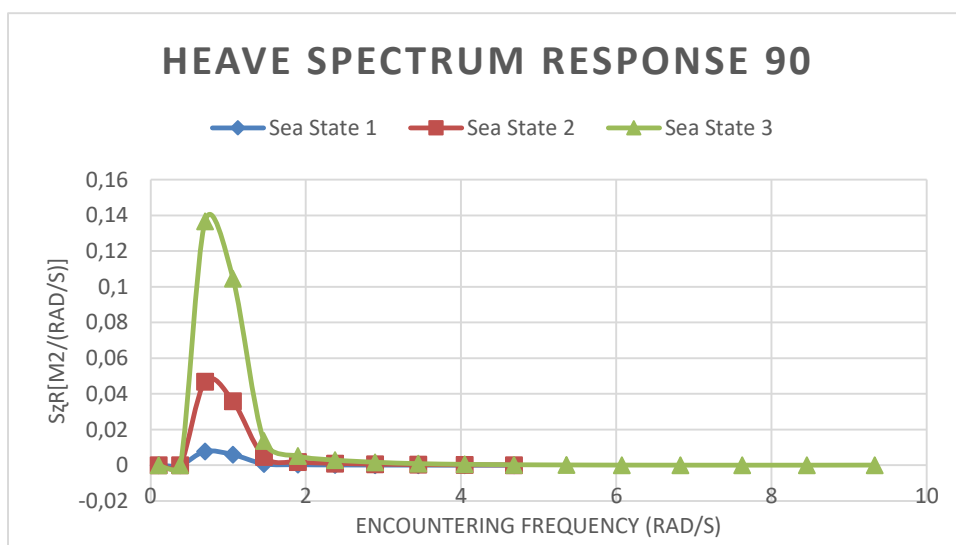
Gambar 4.34 Spektra Respon Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 135$

Gambar 4.34 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot dan *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan surge paling tinggi sebesar 0.019 m²/rad/s.



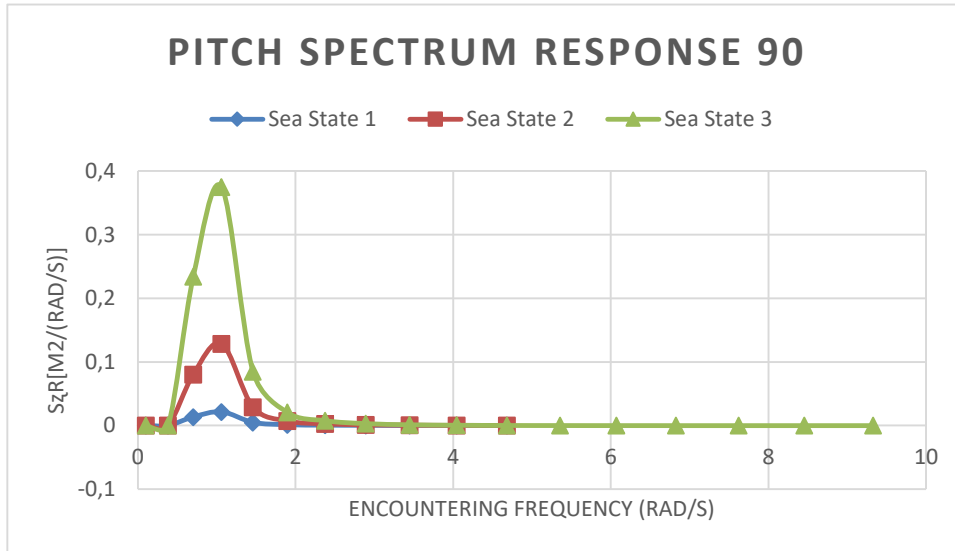
Gambar 4.35 Spektra Respon Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 135$

Gambar 4.35 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot dan *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan sway paling tinggi sebesar 0.089 m²/rad/s.



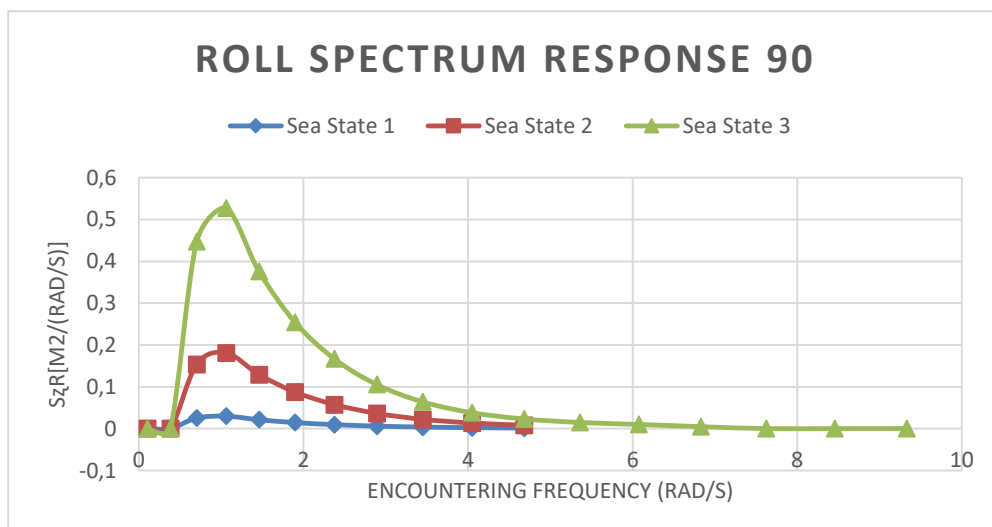
Gambar 4.36 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 90$

Gambar 4.36 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot dan *Heading Angle* 90°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan heave paling tinggi sebesar 0.136 m²/rad/s.



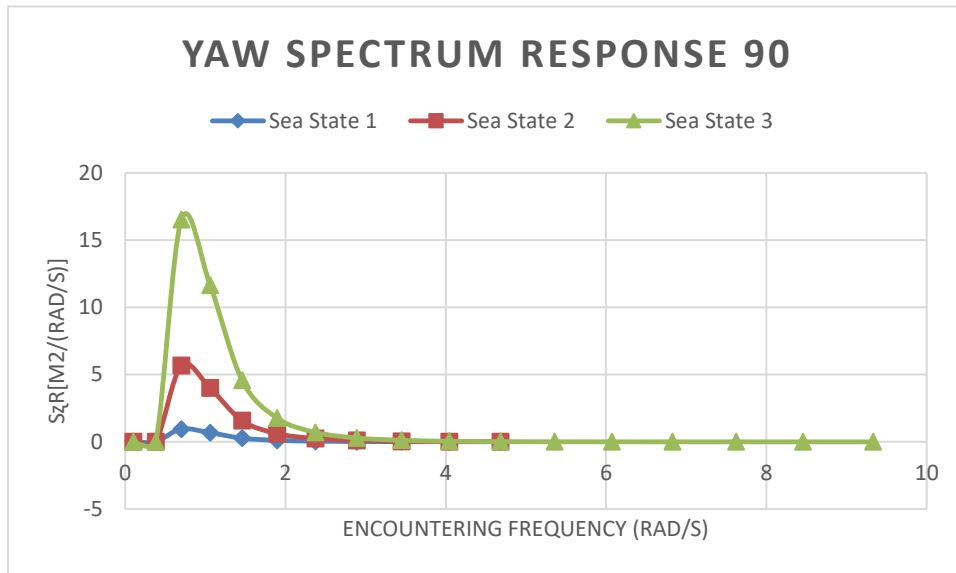
Gambar 4.37 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 90$

Gambar 4.37 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot dan *Heading Angle* 90°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan pitch paling tinggi sebesar 0.375 m²/rad/s.



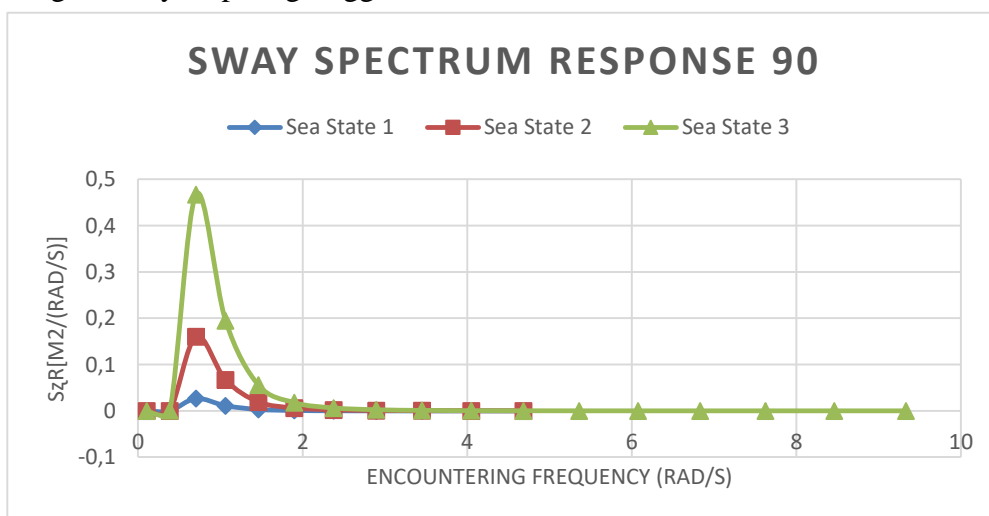
Gambar 4.38 Spektra Respon Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 90$

Gambar 4.38 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot dan *Heading Angle* 90°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan roll paling tinggi sebesar 0.375 m²/rad/s.



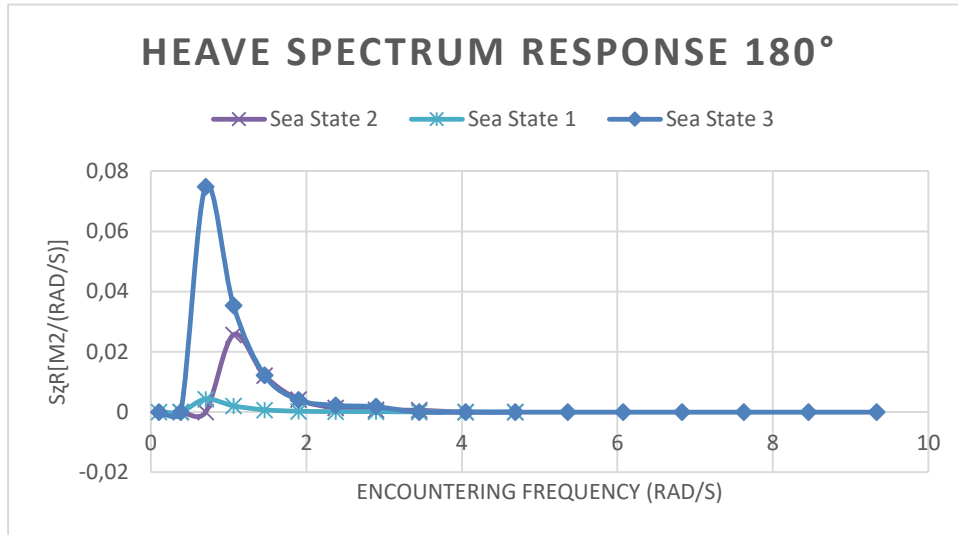
Gambar 4.39 Spektra Respon Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 90$

Gambar 4.39 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot dan *Heading Angle* 90°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan yaw paling tinggi sebesar 16.51 m²/rad/s.



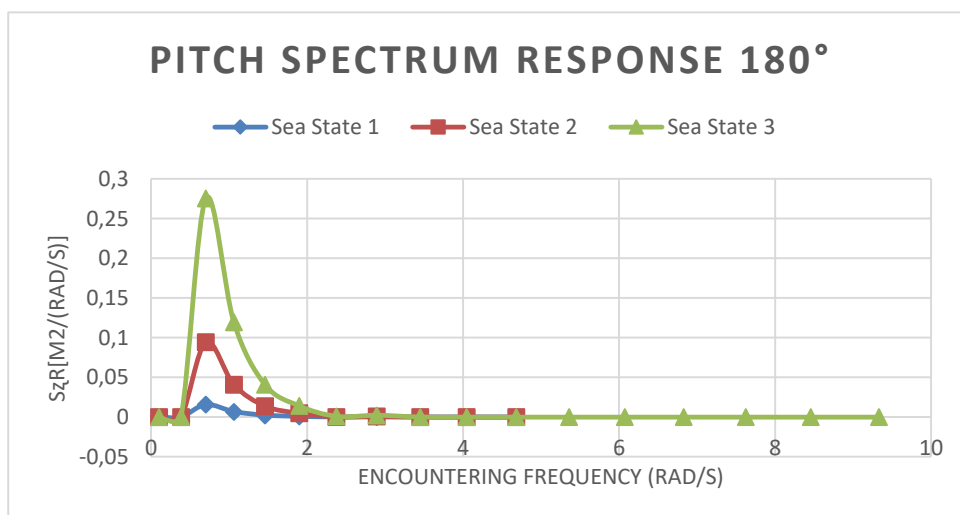
Gambar 4.40 Spektra Respon Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot $\mu = 90$

Gambar 4.40 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 10 Knot dan *Heading Angle* 90°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan sway paling tinggi sebesar 0.467 m²/rad/s.



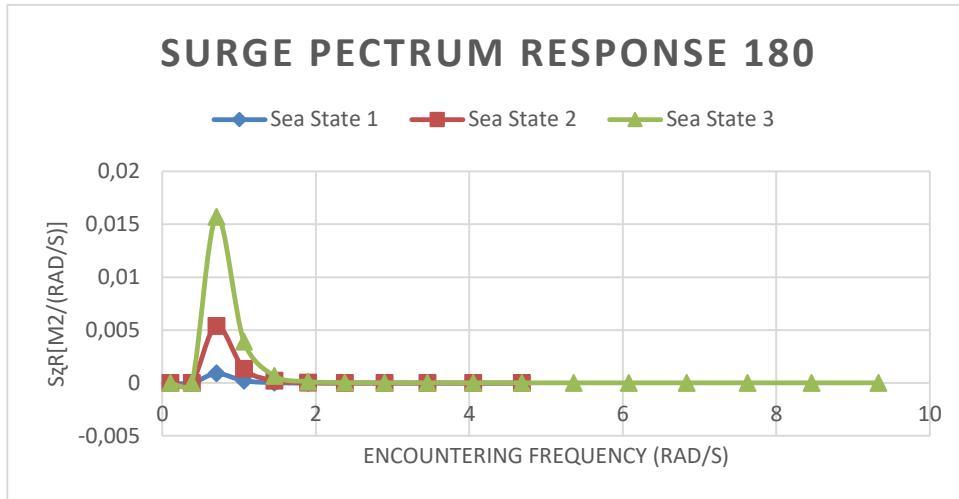
Gambar 4.41 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 180$

Gambar 4.41 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot dan *Heading Angle* 180°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan heave paling tinggi sebesar 0.075 m²/rad/s.



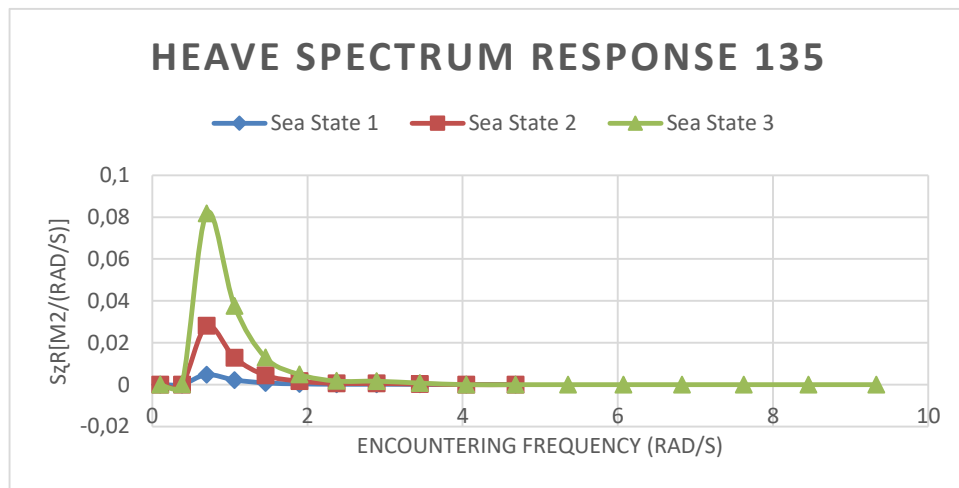
Gambar 4.42 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 180$

Gambar 4.42 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot dan *Heading Angle* 180°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan pitch paling tinggi sebesar 0.276 m²/rad/s.



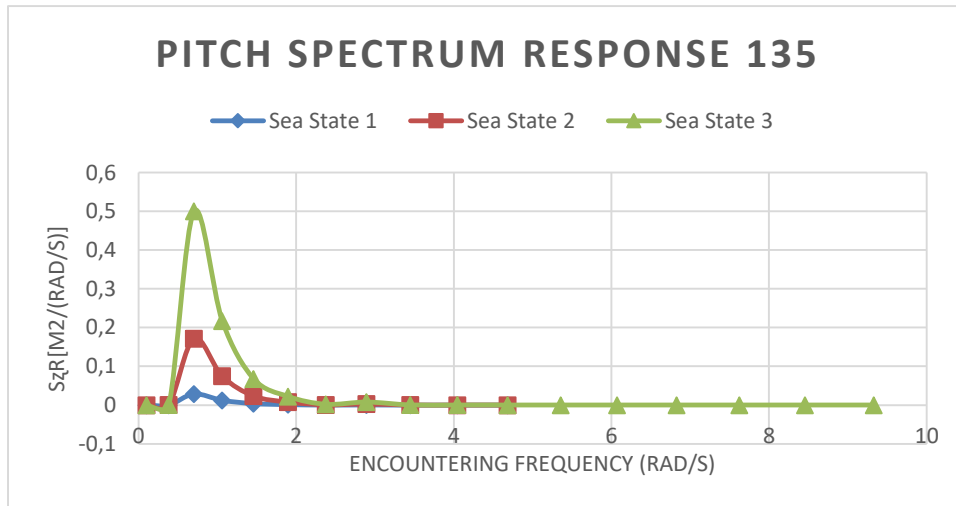
Gambar 4.43 Spektra Respon Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 180$

Gambar 4.43 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot dan *Heading Angle* 180°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan surge paling tinggi sebesar 0.015 m²/rad/s.



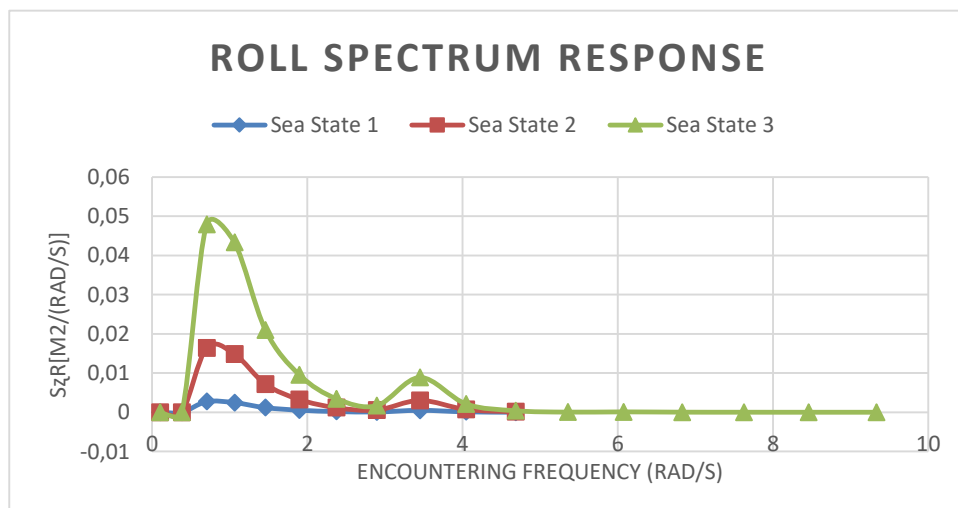
Gambar 4.44 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 135$

Gambar 4.44 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot dan *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan heave paling tinggi sebesar 0.082 m²/rad/s.



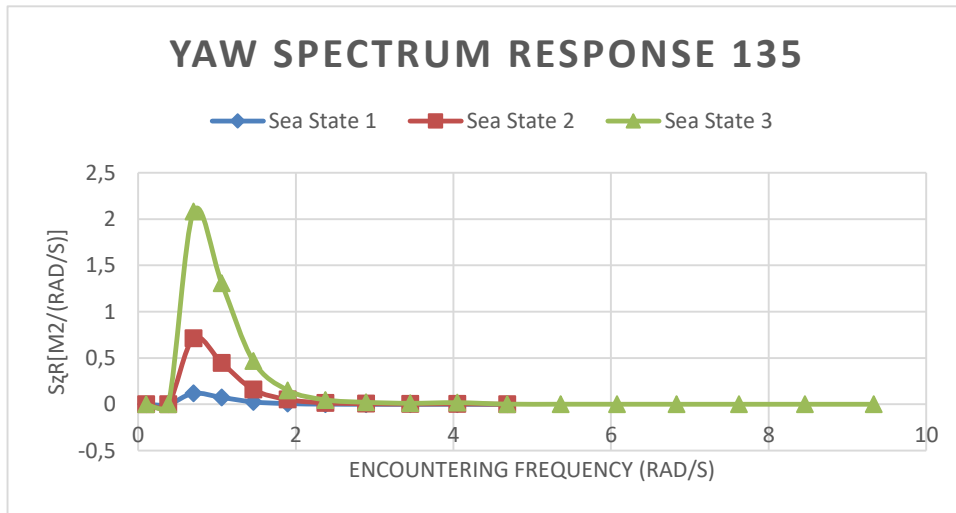
Gambar 4.45 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 135$

Gambar 4.45 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot dan *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan pitch paling tinggi sebesar 0.50 m²/rad/s.



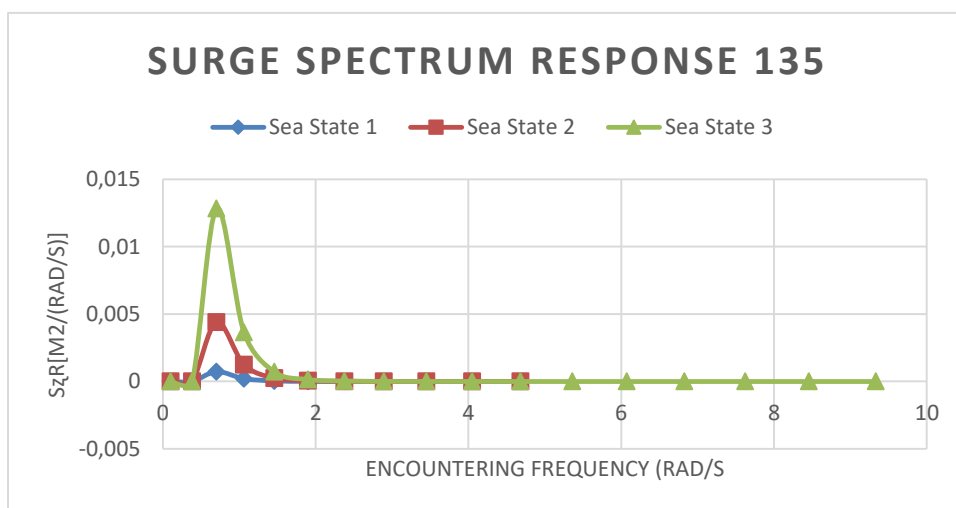
Gambar 4.46 Spektra Respon Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 135$

Gambar 4.46 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot dan *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan roll paling tinggi sebesar 0.048 m²/rad/s.



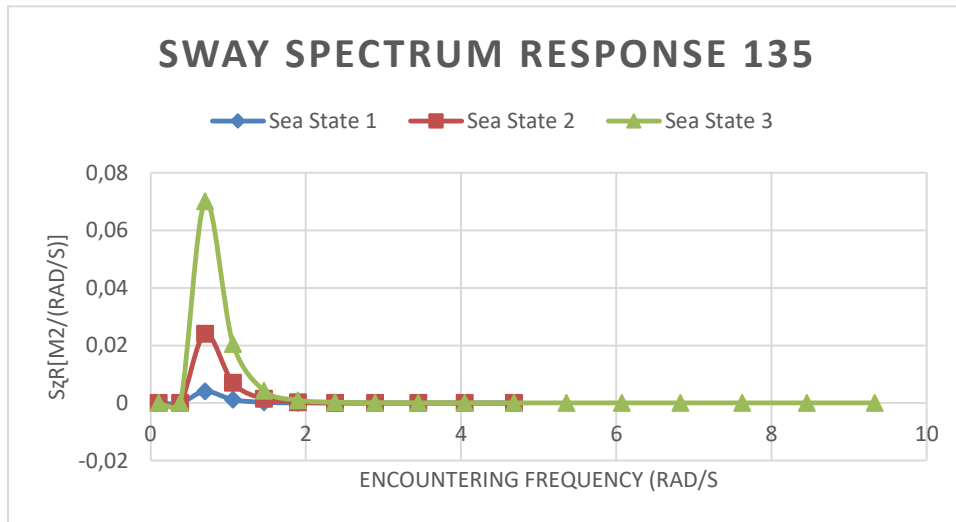
Gambar 4.47 Spektra Respon Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 135$

Gambar 4.47 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot dan *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan yaw paling tinggi sebesar 2.081 m²/rad/s.



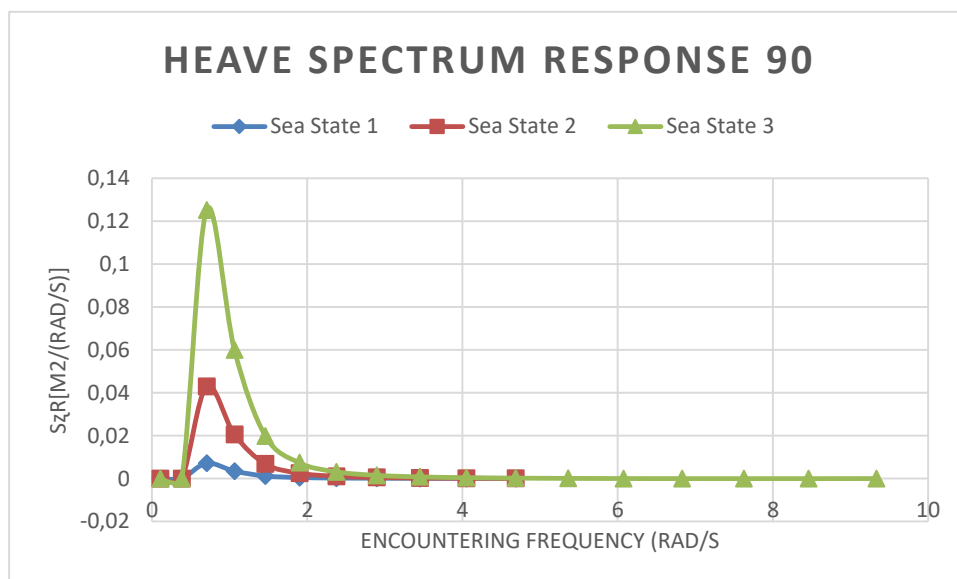
Gambar 4.48 Spektra Respon Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 135$

Gambar 4.48 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot dan *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan surge paling tinggi sebesar 0.012 m²/rad/s.



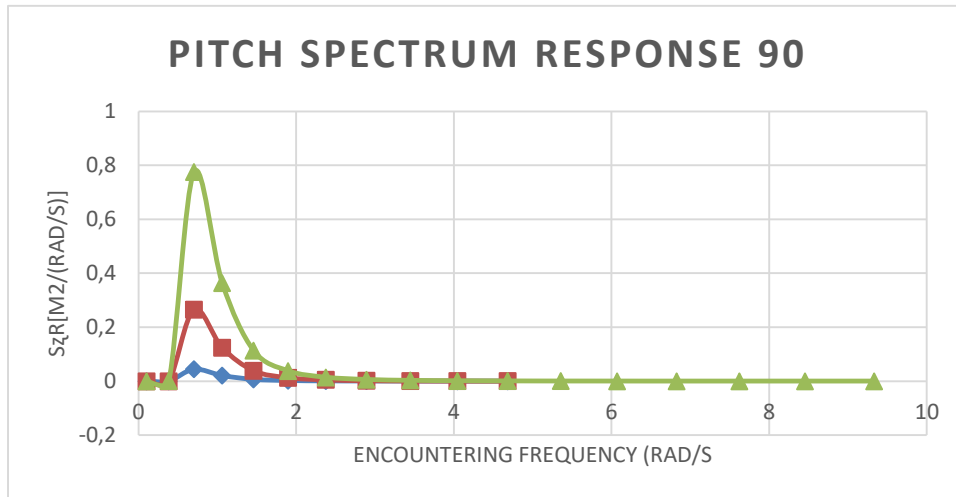
Gambar 4.49 Spektra Respon Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 135$

Gambar 6.49 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot dan *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan sway paling tinggi sebesar 0.070 m²/rad/s.



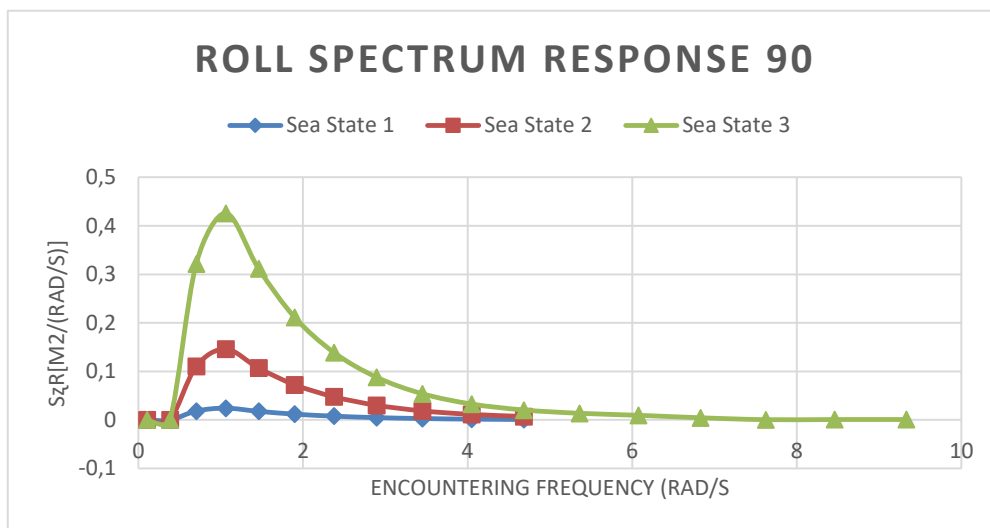
Gambar 4.50 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 90$

Gambar 4.50 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot dan *Heading Angle* 90°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan heave paling tinggi sebesar 0.125 m²/rad/s.



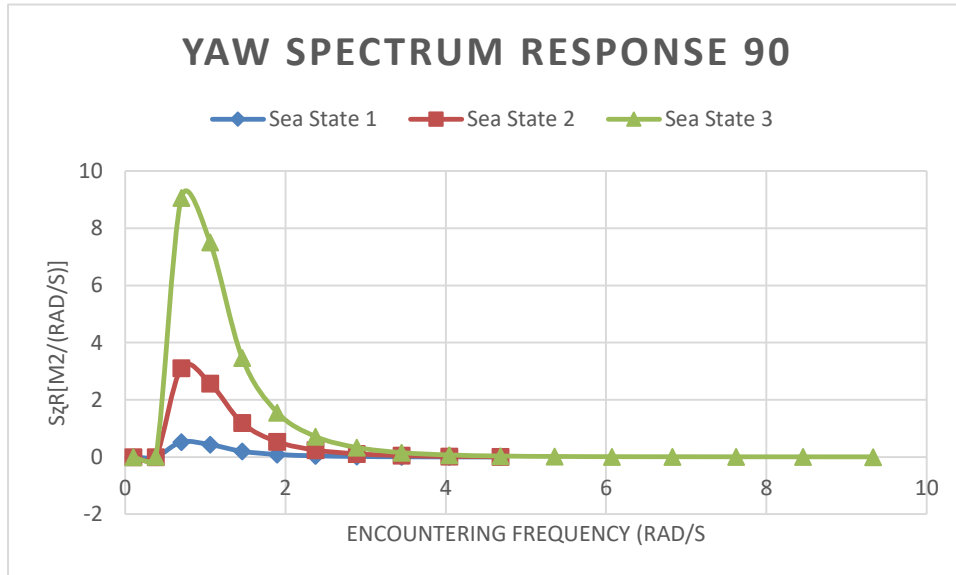
Gambar 4.51 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 90$

Gambar 4.51 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot dan *Heading Angle* 90°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan pitch paling tinggi sebesar 0.775 m²/rad/s.



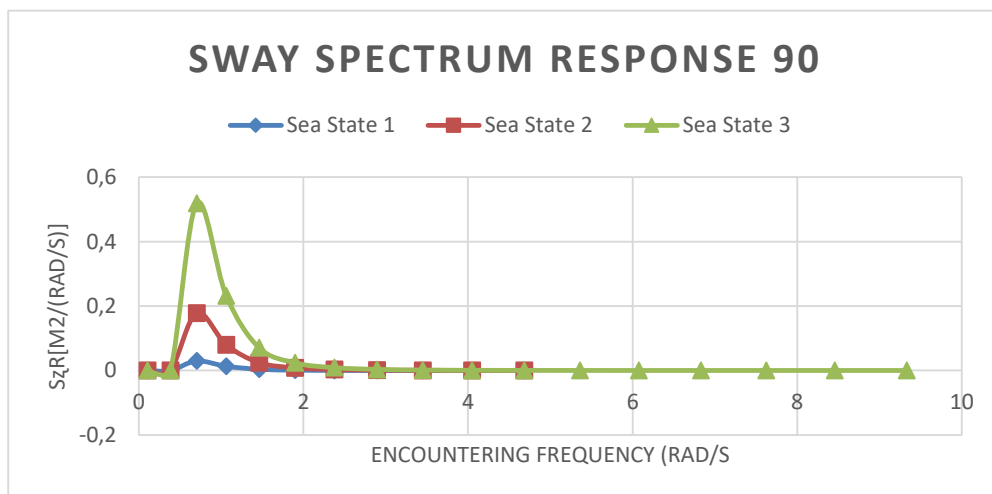
Gambar 4.52 Spektra Respon Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 90$

Gambar 4.52 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot dan *Heading Angle* 90°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan roll paling tinggi sebesar 1.703 m²/rad/s.



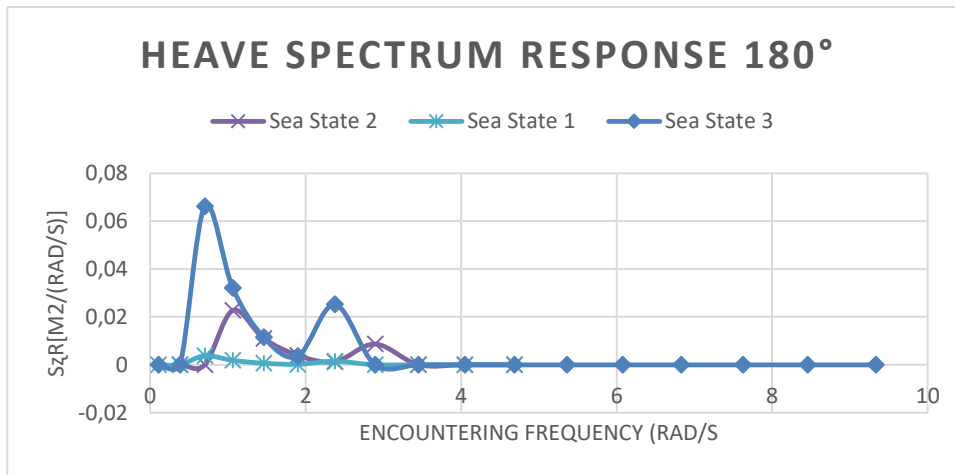
Gambar 4.53 Spektra Respon Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 90$

Gambar 4.53 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot dan *Heading Angle* 90°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan yaw paling tinggi sebesar 9.069 m²/rad/s.



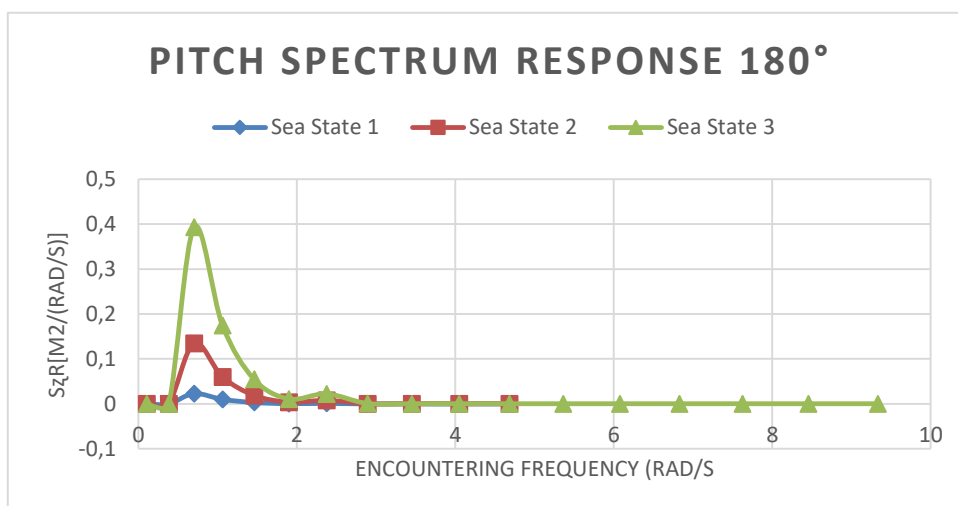
Gambar 4.54 Spektra Respon Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot $\mu = 90$

Gambar 4.54 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 15 Knot dan *Heading Angle* 90°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan sway paling tinggi sebesar 0.518 m²/rad/s.



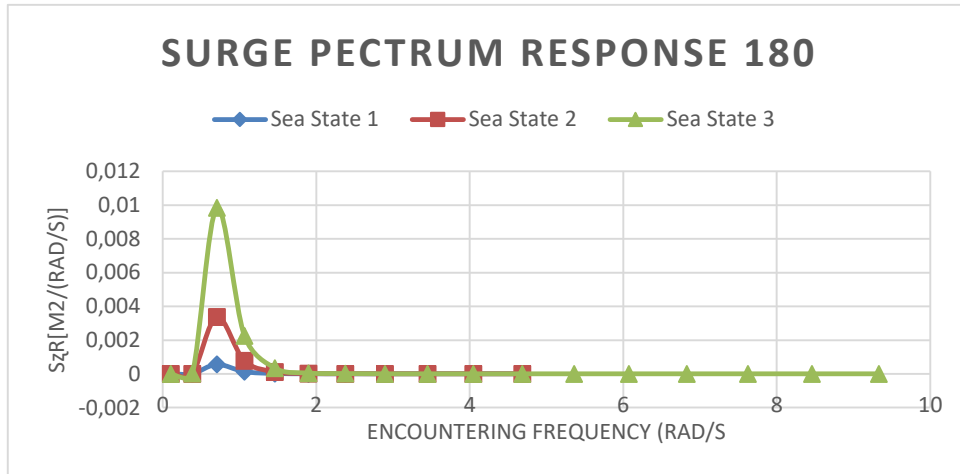
Gambar 4.55 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 180$

Gambar 4.55 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot dan *Heading Angle* 180°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan heave paling tinggi sebesar 0.066 m²/rad/s.



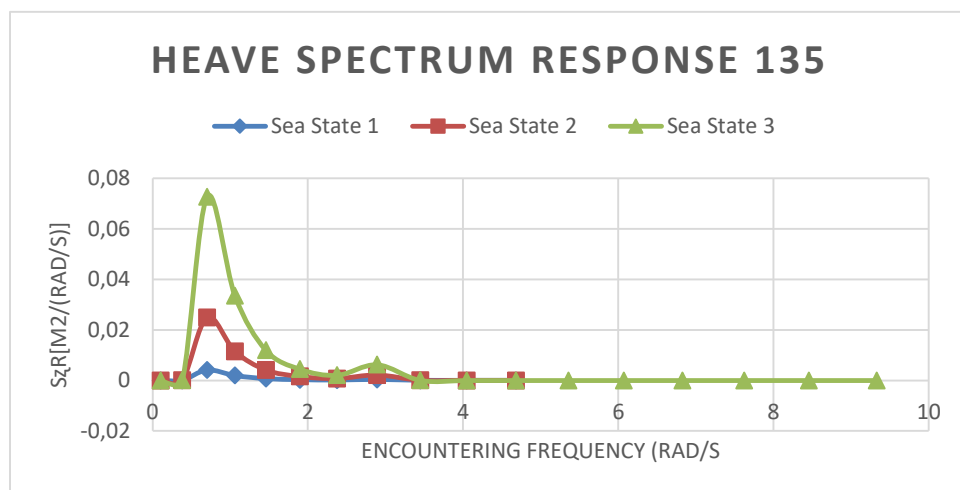
Gambar 4.56 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 180$

Gambar 4.56 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot dan *Heading Angle* 180°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan Pitch paling tinggi sebesar 0.048 m²/rad/s.



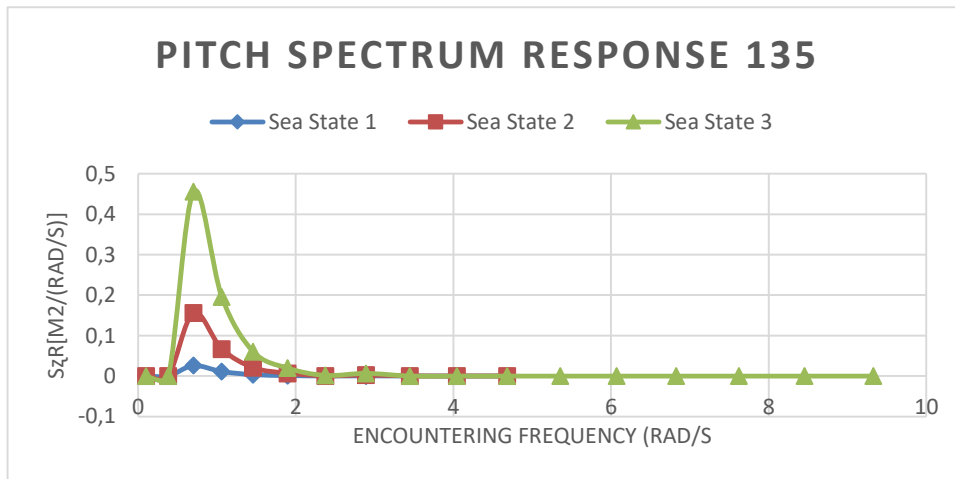
Gambar 4.57 Spektra Respon Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 180$

Gambar 4.57 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot dan *Heading Angle* 180°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan surge paling tinggi sebesar 0.009 m²/rad/s.



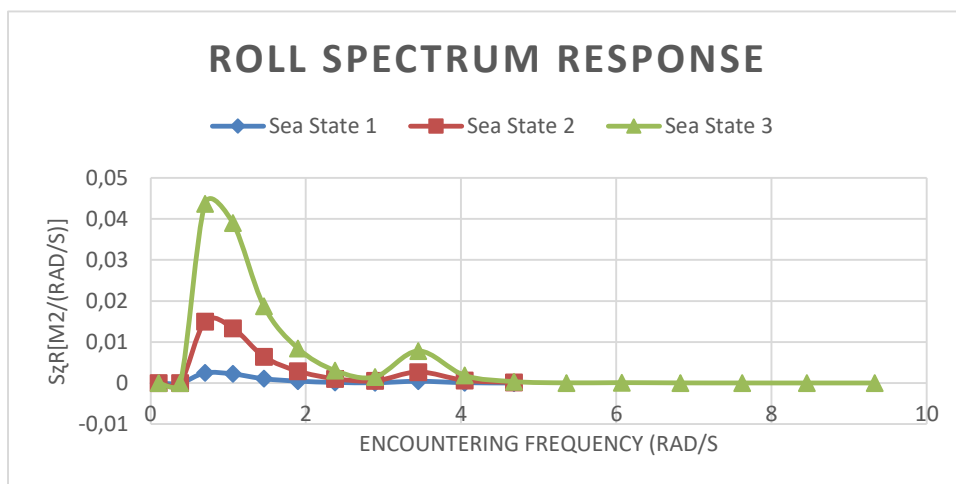
Gambar 4.58 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 135$

Gambar 4.58 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot dan *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan heave paling tinggi sebesar 0.072 m²/rad/s.



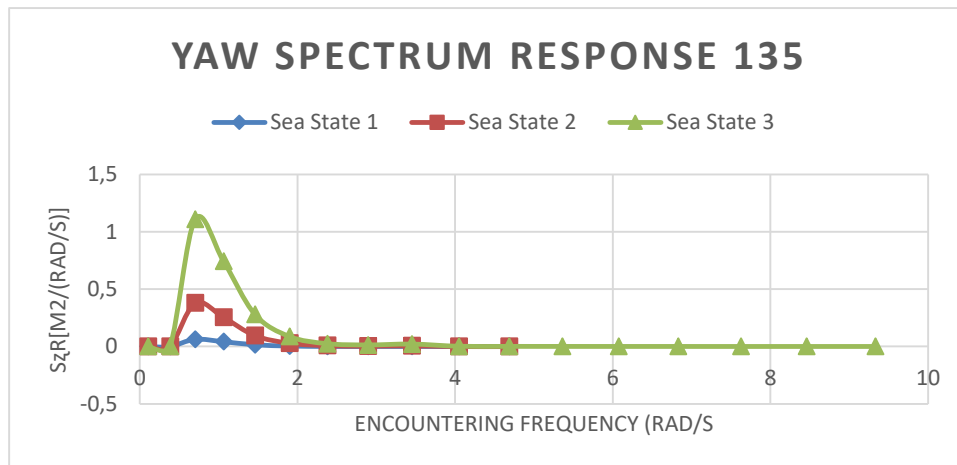
Gambar 4.59 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 135$

Gambar 4.59 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot dan *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan pitch paling tinggi sebesar 0.456 m²/rad/s.



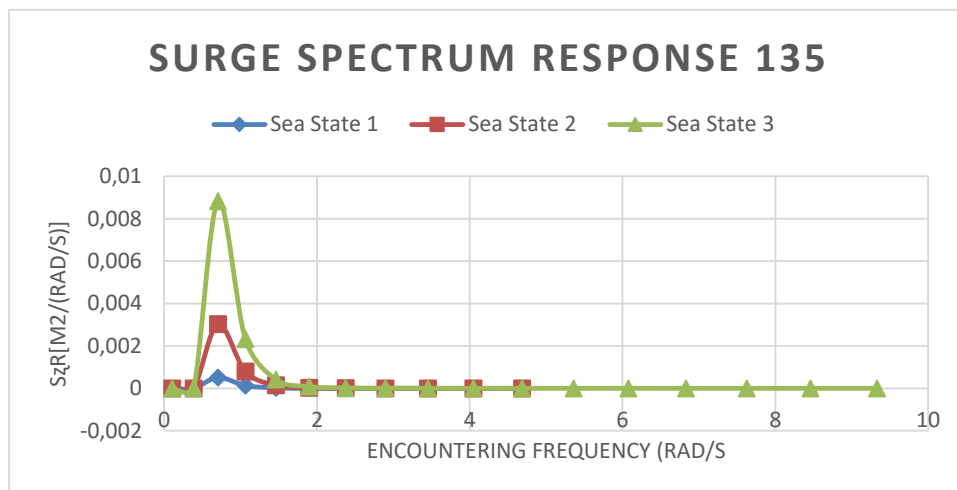
Gambar 4.60 Spektra Respon Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 135$

Gambar 4.60 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot dan *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan roll paling tinggi sebesar 0.044 m²/rad/s.



Gambar 4.61 Spektra Respon Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 135$

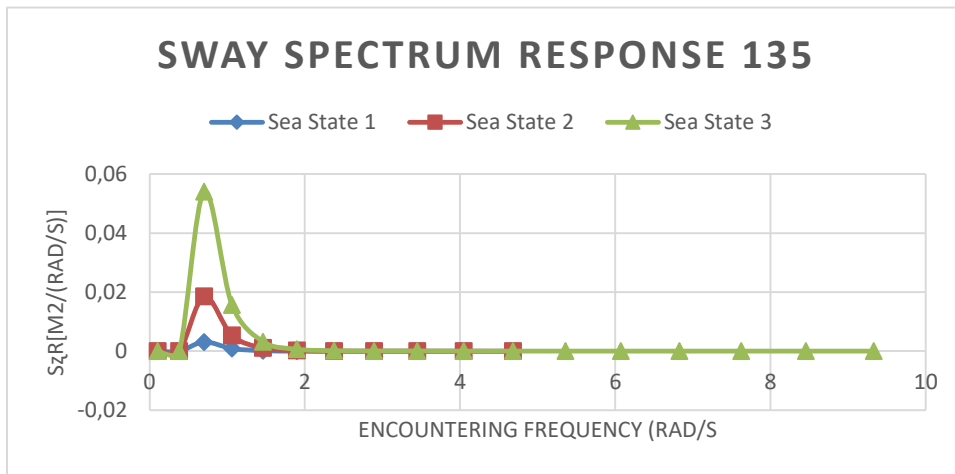
Gambar 4.61 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot dan *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan yaw paling tinggi sebesar 1.108 m²/rad/s.



Gambar 4.62 Spektra Respon Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 135$

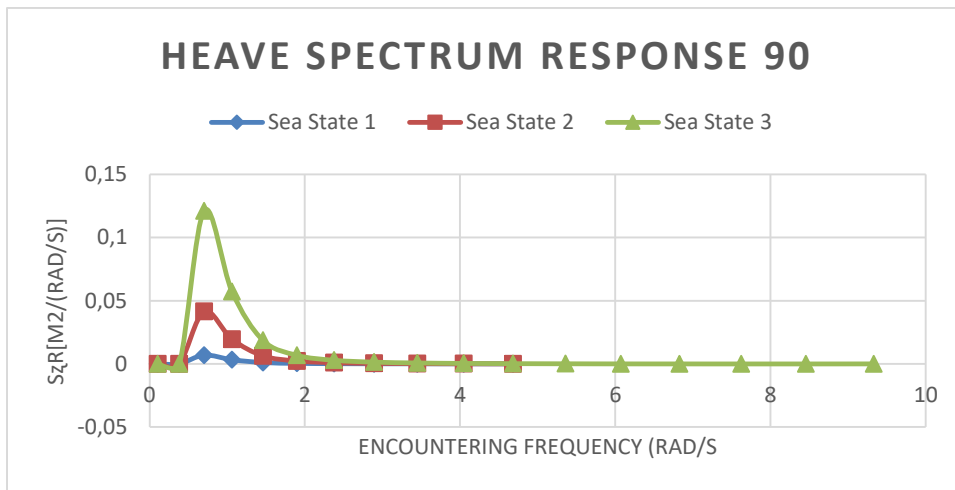
Gambar 4.62 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Surge Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot dan *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai

dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan surge paling tinggi sebesar $0.008 \text{ m}^2/\text{rad/s}$.



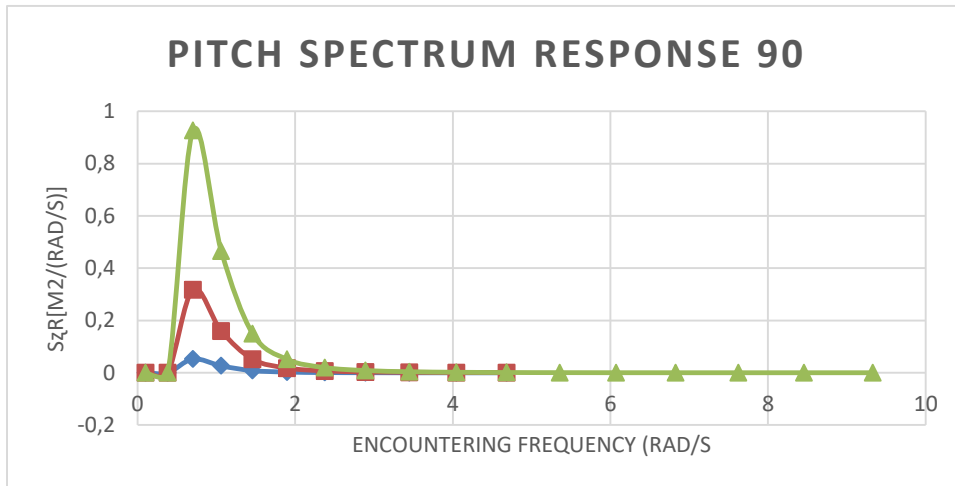
Gambar 4.63 Spektra Respon Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 135$

Gambar 4.63 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot dan *Heading Angle* 135° . Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan sway paling tinggi sebesar $0.054 \text{ m}^2/\text{rad/s}$.



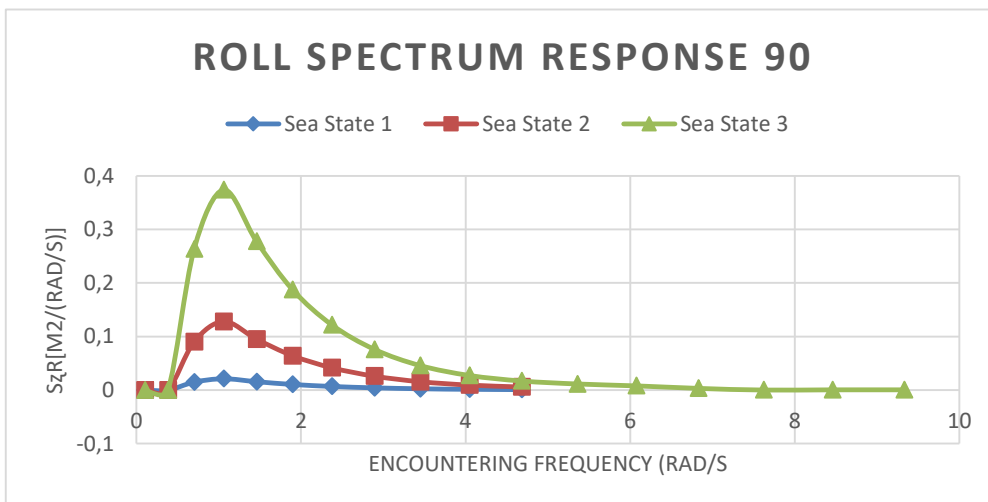
Gambar 4.64 Spektra Respon Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 90$

Gambar 4.64 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Heave Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot dan *Heading Angle* 90° . Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan heave paling tinggi sebesar $0.121 \text{ m}^2/\text{rad/s}$.



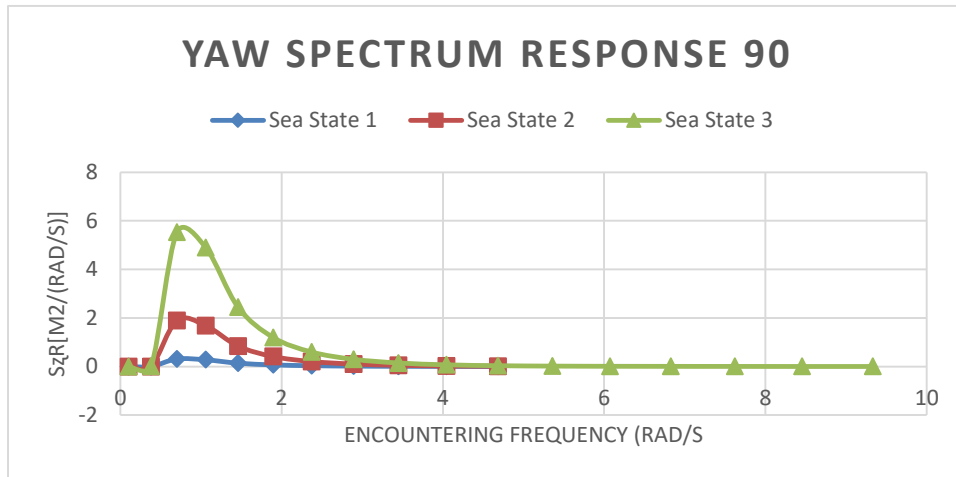
Gambar 4.66 Spektra Respon Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 90$

Gambar 4.66 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Pitch Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot dan *Heading Angle* 90° . Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan pitch paling tinggi sebesar $0.926 \text{ m}^2/\text{rad/s}$.



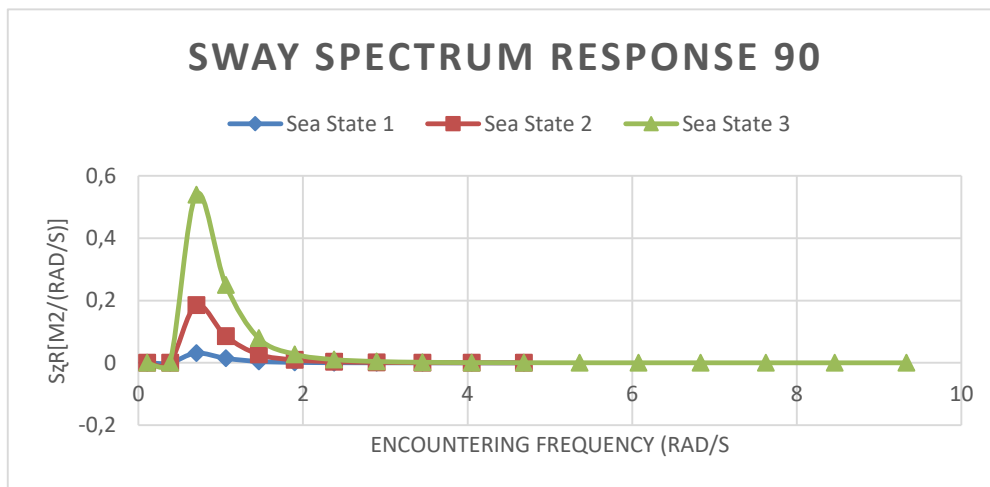
Gambar 4.65 Spektra Respon Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 90$

Gambar 4.65 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Roll Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot dan *Heading Angle* 90° . Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan roll paling tinggi sebesar $0.374 \text{ m}^2/\text{rad/s}$.



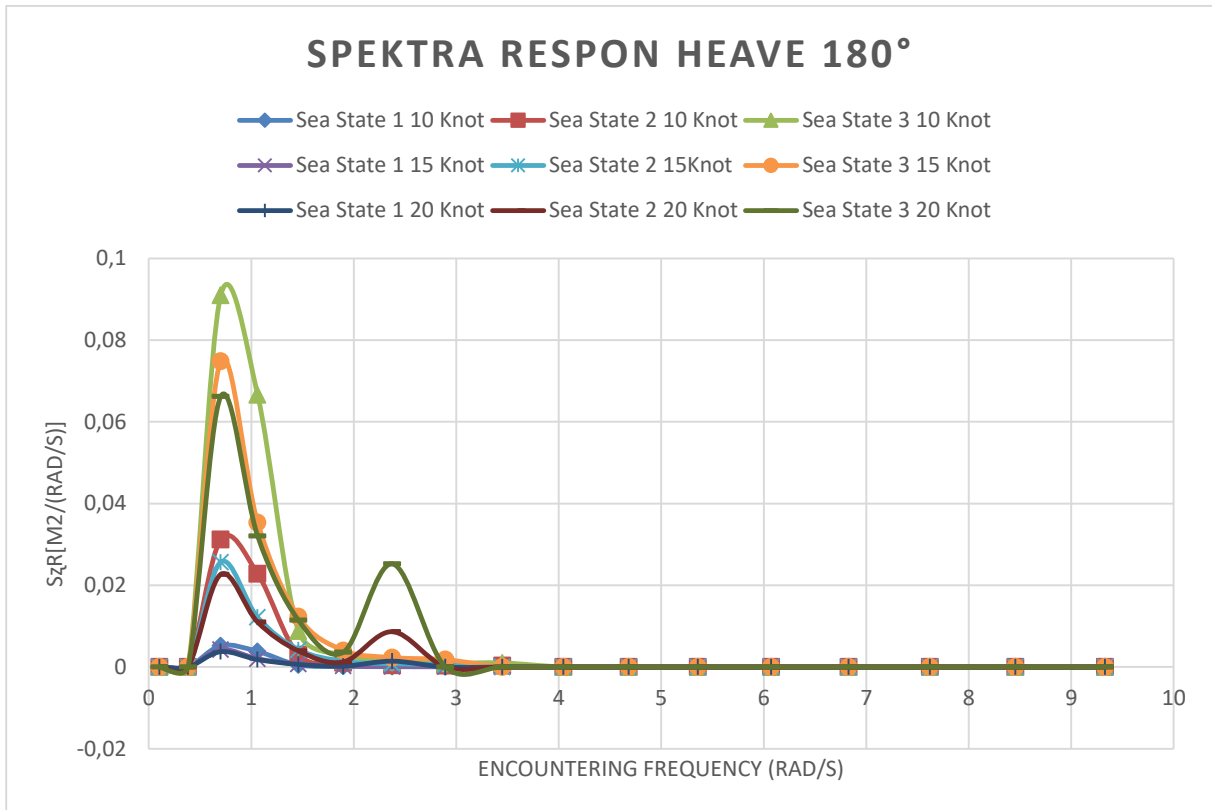
Gambar 4.68 Spektra Respon Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 90$

Gambar 4.68 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Yaw Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot dan *Heading Angle* 90° . Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan yaw paling tinggi sebesar $5.525 \text{ m}^2/\text{rad/s}$.



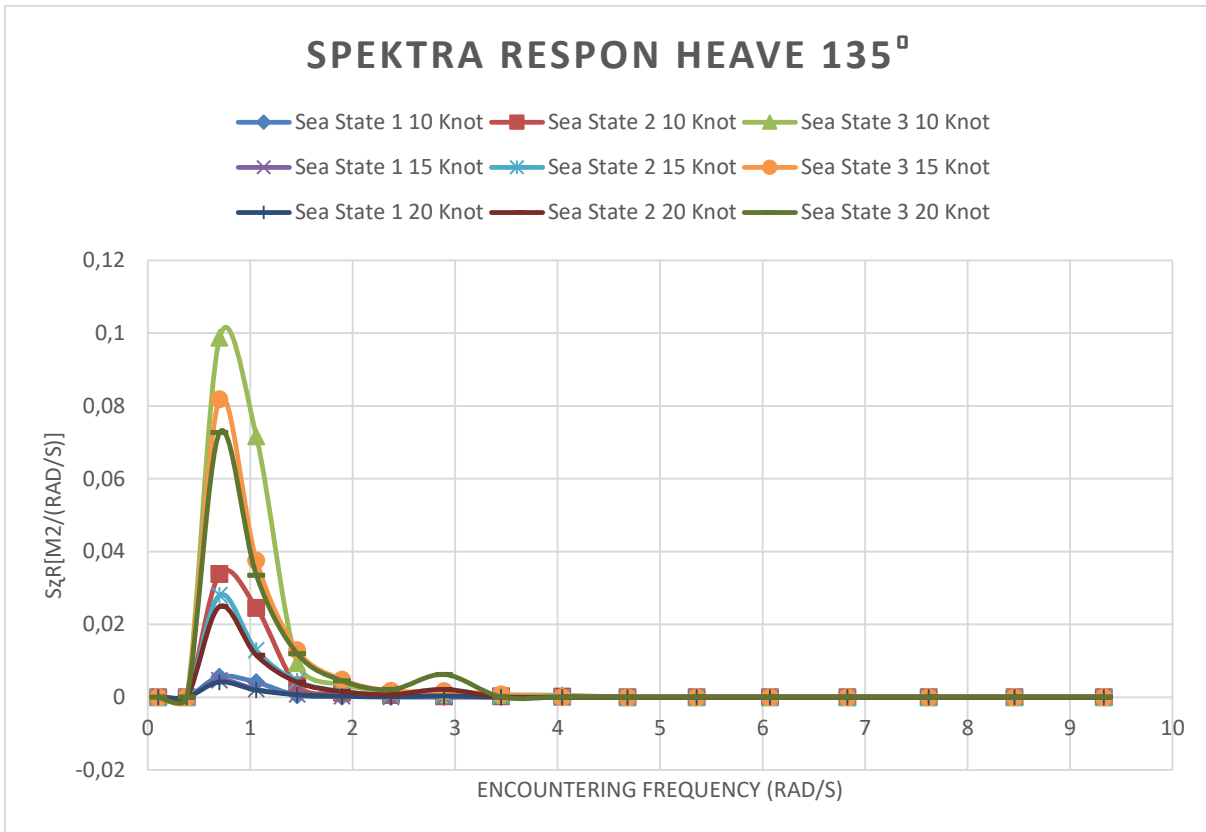
Gambar 4.67 Spektra Respon Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot $\mu = 90$

Gambar 4.67 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Sway Kapal Trimaran USV pada Kecepatan 20 Knot dan *Heading Angle* 90° . Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada kondisi *sea state* 3 kapal mengalami gerakan sway paling tinggi sebesar $0.54 \text{ m}^2/\text{rad/s}$.



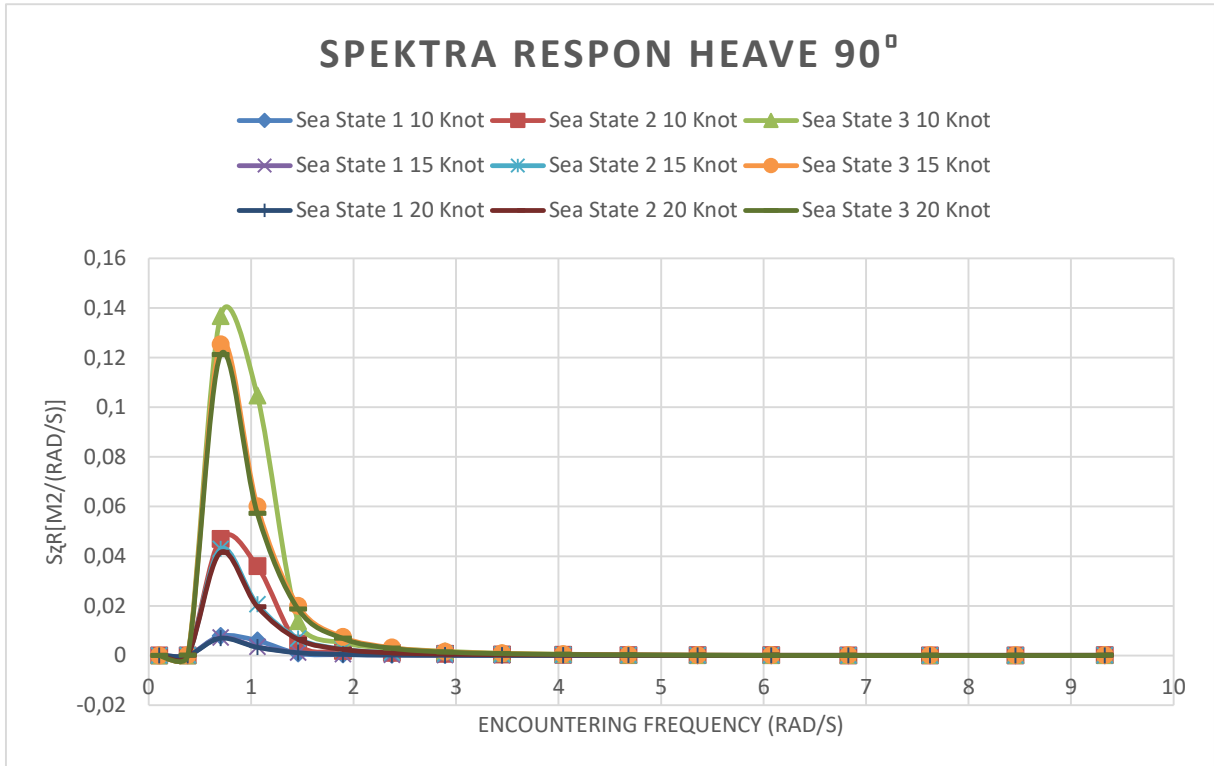
Gambar 4.69 Respon Spektra Heave untuk tiap kecepatan pada heading 180°

Gambar 4.69 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Heave Kapal Trimaran USV pada *Heading Angle* 180°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3 dan pada kecepatan 10 Knot, 15 Knot, dan 20 Knot. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa kapal pada frekuensi rendah dengan kecepatan yang makin kecil maka kapal mengalami spektra respon yang semakin besar. Hal ini terjadi karena pada gerakan heave frekuensi naturalnya terjadi pada frekuensi *encounter* 2.3 rad/s dan pada frekuensi sebelum frekuensi naturalnya, responnya cenderung tidak beraturan dan *wave encountering spectrum* akan memiliki nilai yang semakin kecil seiring dengan penambahan kecepatan pada kapal. Karena nilai persebaran *wave spectrum* terbesar terjadi pada frekuensi 0.7 rad/s maka hasilnya terlihat pada grafik diatas. Terlihat seakan respon spektra terbesar terjadi pada sea state 3 dengan kecepatan kapal 10 Knot. Namun yang sebenarnya, respon *heave* pada kapal trimaran USV dengan heading 180° terbesar terjadi pada kecepatan 20 Knot pada frekuensi 1.563 rad/s.



Gambar 4.70 Respon Spektra Heave untuk tiap kecepatan pada heading 135°

Gambar 4.70 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Heave Kapal Trimaran USV pada *Heading Angle* 135°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3 dan pada kecepatan 10 Knot, 15 Knot, dan 20 Knot. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa kapal pada frekuensi rendah dengan kecepatan yang makin kecil maka kapal mengalami spektra respon yang semakin besar seperti pada *heading* 180°. Hal ini terjadi karena pada gerakan heave frekuensi naturalnya terjadi pada frekuensi *encounter* 2.3 rad/s dan pada frekuensi sebelum frekuensi naturalnya, responnya cenderung tidak beraturan dan *wave encountering spectrum* akan memiliki nilai yang semakin kecil seiring dengan penambahan kecepatan pada kapal. Karena nilai persebaran *wave spectrum* terbesar terjadi pada frekuensi 0.7 rad/s maka hasilnya terlihat pada grafik diatas. Terlihat seakan respon spektra terbesar terjadi pada sea state 3 dengan kecepatan kapal 10 Knot. Namun yang sebenarnya, respon *heave* pada kapal trimaran USV dengan heading 135° terbesar terjadi pada kecepatan 20 Knot pada frekuensi 1.563 rad/s.

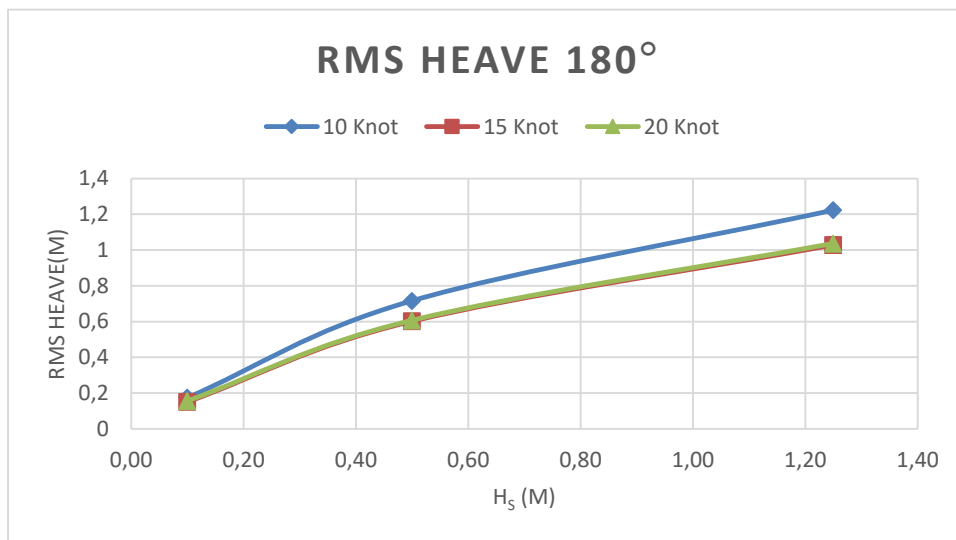


Gambar 4.71 Respon Spektra Heave untuk tiap kecepatan pada heading 90°

Gambar 4.71 menunjukkan hasil dari spektra respons gerakan Heave Kapal Trimaran USV pada *Heading Angle* 90°. Dimana gambar tersebut menunjukkan respon gerakan kapal akibat gelombang acak pada setiap sea state mulai dari sea state 1 sampai dengan sea state 3 dan pada kecepatan 10 Knot, 15 Knot, dan 20 Knot. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa kapal pada frekuensi rendah dengan kecepatan yang makin kecil maka kapal mengalami spektra respon yang semakin besar seperti pada *heading* 135°. Hal ini terjadi karena *wave encountering spectrum* akan memiliki nilai yang semakin kecil seiring dengan penambahan kecepatan pada kapal. Karena nilai persebaran *wave spectrum* terbesar terjadi pada frekuensi 0.7 rad/s maka hasilnya terlihat pada grafik diatas. Terlihat seakan respon spektra terbesar terjadi pada sea state 3 dengan kecepatan kapal 10 Knot. Namun yang sebenarnya, respon *heave* pada kapal trimaran USV dengan heading 90° terbesar terjadi pada kecepatan 10 Knot pada frekuensi 0.83 rad/s.

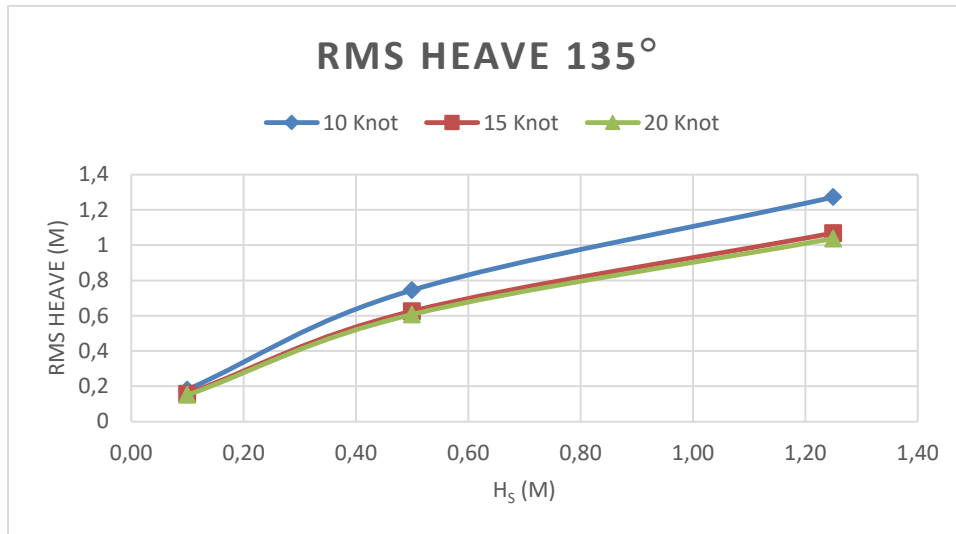
4.5.3. Perbandingan Kenaikan Gerakan Kapal signifikan sebagai fungsi kenaikan tinggi gelombang signifikan (H_s) untuk Kapal Trimaran USV

Setelah perhitungan spektra respon diselesaikan pada tiap gerakan untuk beberapa variasi sudut datang gelombang dan kecepatan kapal lalu dilanjutkan dengan perbandingan kualitas gerakan dari kapal trimaran USV saat berada pada gelombang acak, hal tersebut dilakukan untuk melihat perubahan intensitas gerakan sebagai fungsi kenaikan tinggi gelombang (H_s) yang paling sering terjadi.



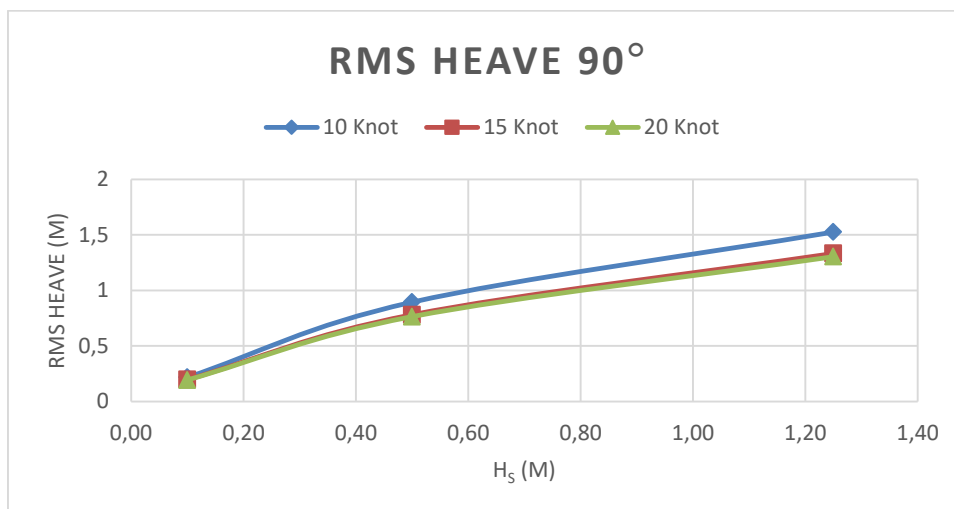
Gambar 4.72 RMS Heave sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan dengan *heading angle* 180°

Pada tinggi gelombang signifikan antara 0,1 m sampai dengan 1,25 m, kapal trimaran USV yang bergerak dengan sudut datang gelombang 180° kapal trimaran USV dengan kecepatan 20 Knot dan 15 Knot memiliki RMS *heave* yang lebih kecil jika dibandingkan dengan RMS *heave* kapal trimaran USV dengan kecepatan 10 Knot. Jika dibandingkan dengan trimaran yang dioperasikan dengan kecepatan 10 Knot, kapal trimaran tersebut jika dioperasikan dengan kecepatan 20 Knot memberikan penurunan sebesar 15,28% pada gerakan *heave* kapal trimaran USV dengan sudut datang gelombang 180° .



Gambar 4.73 RMS Heave sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan dengan *heading angle* 135°

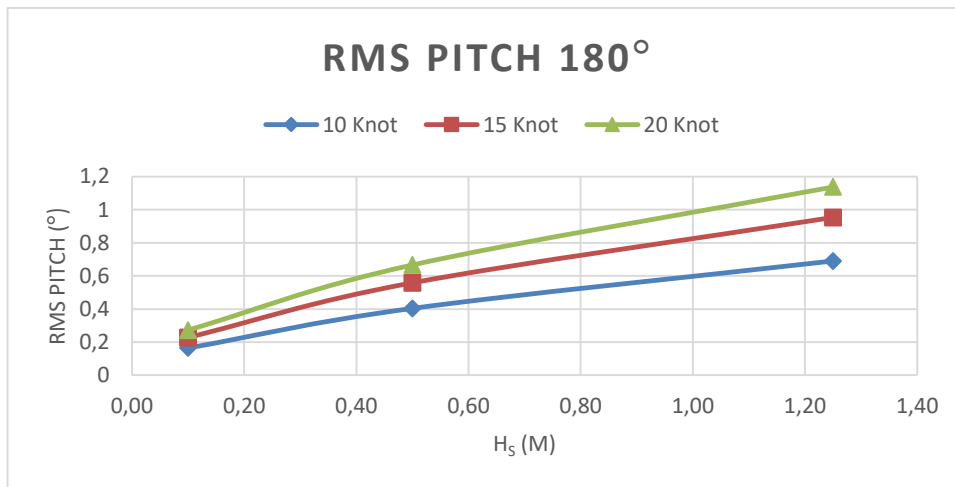
Pada tinggi gelombang signifikan antara 0.1 m sampai dengan 1.25 m, kapal trimaran USV yang bergerak dengan sudut datang gelombang 135° kapal trimaran USV dengan kecepatan 20 Knot dan 15 Knot memiliki RMS *heave* yang lebih kecil jika dibandingkan dengan RMS *heave* kapal trimaran USV dengan kecepatan 10 Knot. Jika dibandingkan dengan trimaran yang di operasikan dengan kecepatan 10 Knot, kapal trimaran dengan kecepatan 20 Knot memberikan penurunan sebesar 18.41% pada gerakan *heave* kapal trimaran USV dengan sudut datang gelombang 135°.



Gambar 4.74 RMS Heave sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan dengan *heading angle* 90°

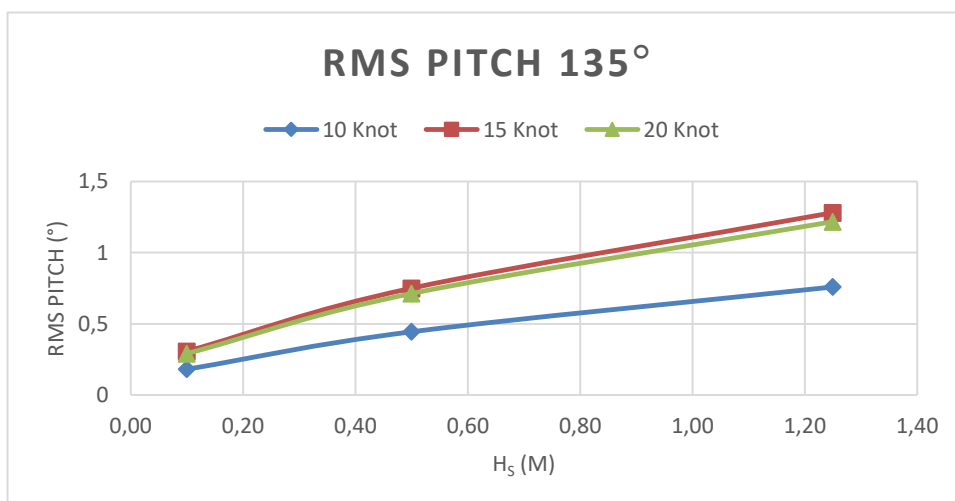
Pada tinggi gelombang signifikan antara 0.1 m sampai dengan 1.25 m, kapal trimaran USV yang bergerak dengan sudut datang gelombang 90° kapal trimaran USV dengan kecepatan 20 Knot dan 15 Knot memiliki RMS Pitch yang lebih kecil jika dibandingkan dengan RMS Pitch kapal trimaran USV dengan kecepatan 10 Knot. Jika dibandingkan dengan trimaran yang di operasikan dengan kecepatan 10 Knot, kapal trimaran dengan kecepatan 20 Knot

memberikan penurunan sebesar 14.54% pada gerakan heave kapal trimaran USV dengan sudut datang gelombang 90°.



Gambar 4.75 RMS Pitch sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan dengan heading angle 180°

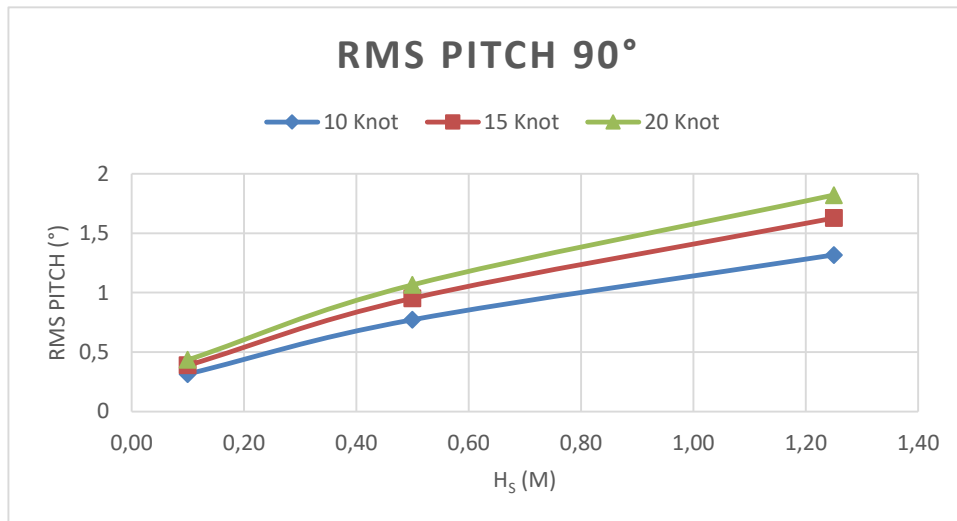
Pada tinggi gelombang signifikan antara 0.1 m sampai dengan 1.25 m, kapal trimaran USV yang bergerak dengan sudut datang gelombang 180°. Dari Gambar 4.72 dapat dilihat bahwa peningkatan RMS Pitch berbanding lurus dengan peningkatan kecepatan pada kapal. Hal ini sangat berbanding terbalik apabila kita melihat RMS Heave sebelumnya yang dimana seiring dengan peningkatan kecepatan maka nilai dari RMS Heave semakin menurun. Pada sudut datang gelombang 180° RMS Pitch paling besar dihasilkan pada saat kapal di operasikan dengan kecepatan 20 Knot pada tinggi gelombang signifikan 1.25 m yaitu sebesar 1.13°. Dimana hal ini masih belum melampaui batasan untuk RMS Pitch pada NATO STANAG 4145 yaitu sebesar 1.5°



Gambar 4.76 RMS Pitch sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan dengan heading angle 135°

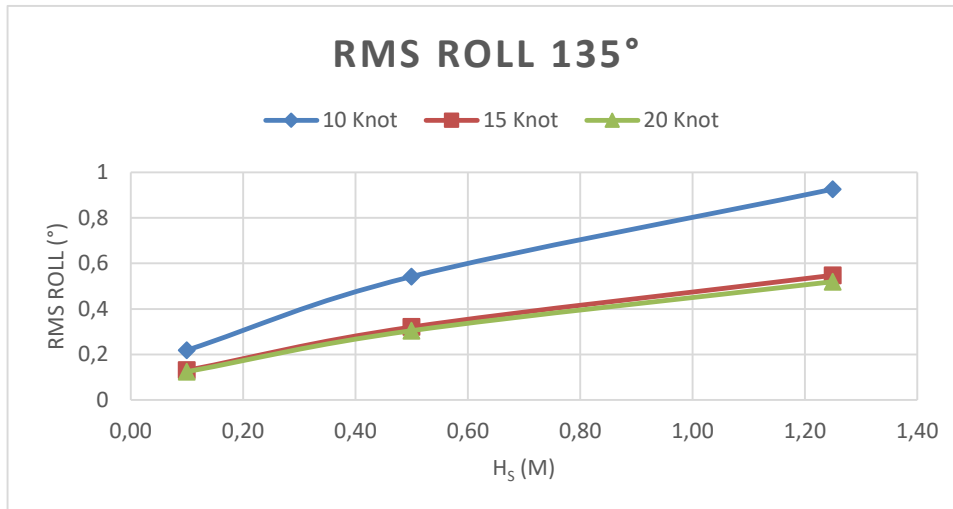
Pada tinggi gelombang signifikan antara 0.1 m sampai dengan 1.25 m, kapal trimaran USV yang bergerak dengan sudut datang gelombang 135°. Dari Gambar 4.72 dapat dilihat

bahwa kecepatan kapal yang menghasilkan RMS Pitch paling tinggi adalah 15 Knot. Berbeda dengan pada saat sudut datang gelombang 180° dimana RMS Pitch paling tinggi dihasilkan dengan kecepatan 20 Knot. Pada sudut datang gelombang 135° RMS Pitch paling besar dihasilkan pada saat kapal dioperasikan dengan kecepatan 15 Knot pada tinggi gelombang signifikan 1.25 m yaitu sebesar 1.28° . Dimana hal ini masih belum melampaui batasan untuk RMS Pitch pada NATO STANAG 4145 yaitu sebesar 1.5°



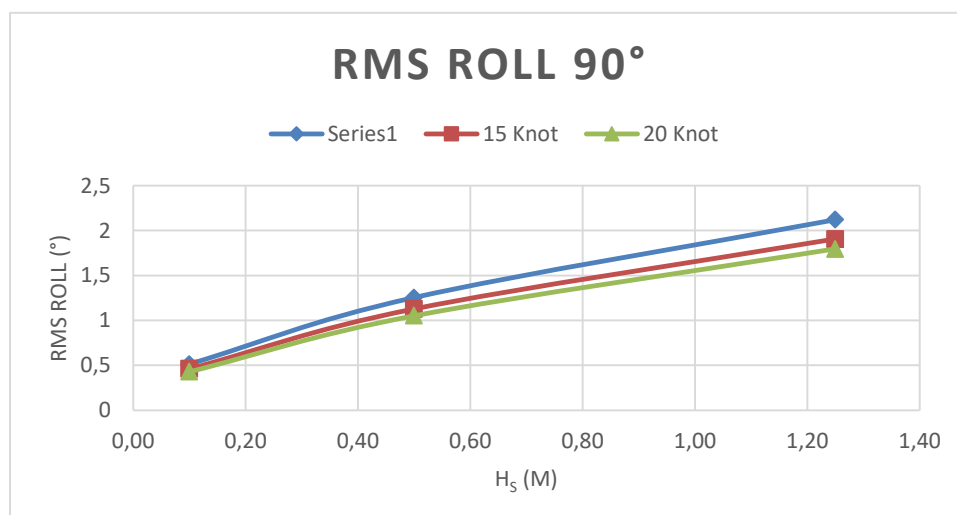
Gambar 4.77 RMS Pitch sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan dengan heading angle 135°

Pada tinggi gelombang signifikan antara 0.1 m sampai dengan 1.25 m, kapal trimaran USV yang bergerak dengan sudut datang gelombang 90° . Dari Gambar 4.74 dapat dilihat bahwa peningkatan RMS Pitch berbanding lurus dengan peningkatan kecepatan pada kapal. Hal ini sangat berbanding terbalik apabila kita melihat RMS Heave sebelumnya yang dimana seiring dengan peningkatan kecepatan maka nilai dari RMS Heave semakin menurun. Pada sudut datang gelombang 90° RMS Pitch paling besar dihasilkan pada saat kapal dioperasikan dengan kecepatan 20 Knot pada tinggi gelombang signifikan 1.25 m yaitu sebesar 1.82° . Dimana hal ini dapat dikatakan melampaui batasan untuk RMS Pitch pada NATO STANAG 4145 yaitu sebesar 1.5° . hal ini perlu diperhatikan karena gerak pitching ini juga akan mempengaruhi gerak *slamming*, *deck wetness* dan *vertical acceleration* dari suatu kapal.



Gambar 4.79 RMS Roll sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan (H_s) dengan heading angle 135°

Pada tinggi gelombang signifikan antara 0.1 m sampai dengan 1.25 m, kapal trimaran USV yang bergerak dengan sudut datang gelombang 135°. Dari Gambar 6.75 dapat dilihat bahwa peningkatan RMS Roll berbanding terbalik dengan peningkatan kecepatan pada kapal. Hal ini sangat berbanding terbalik apabila kita melihat RMS Pitch sebelumnya yang dimana seiring dengan peningkatan kecepatan maka nilai dari RMS Pitch semakin meningkat. Pada sudut datang gelombang 135° RMS Pitch paling besar dihasilkan pada saat kapal dioperasikan dengan kecepatan 10 Knot pada tinggi gelombang signifikan 1.25 m yaitu sebesar 0.952°. Dimana hal ini masih belum melampaui batasan untuk RMS Roll pada NATO STANAG 4145 yaitu sebesar 4.0°.



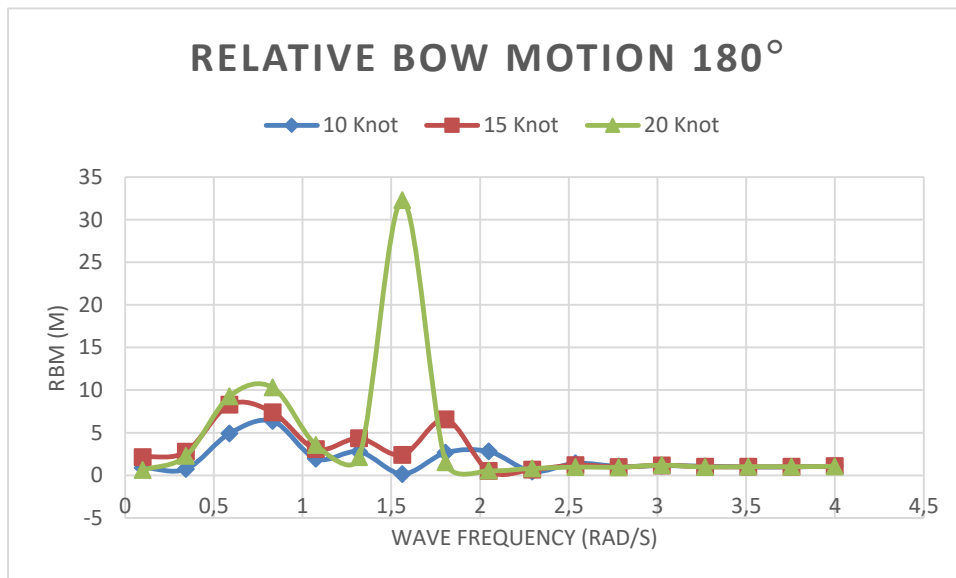
Gambar 4.78 RMS Roll sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan (H_s) dengan heading angle 90°

Pada tinggi gelombang signifikan antara 0.1 m sampai dengan 1.25 m, kapal trimaran USV yang bergerak dengan sudut datang gelombang 90°. Dari Gambar 6.76 dapat dilihat bahwa peningkatan RMS Roll berbanding terbalik dengan peningkatan kecepatan pada kapal. Hal ini

sangat berbanding terbalik apabila kita melihat RMS Pitch sebelumnya yang dimana seiring dengan peningkatan kecepatan maka nilai dari RMS Pitch semakin meningkat. Pada sudut datang gelombang 90° RMS Roll paling besar dihasilkan pada saat kapal dioperasikan dengan kecepatan 10 Knot pada tinggi gelombang signifikan 1.25 m yaitu sebesar 2.122° . Dimana hal ini masih belum melampaui batasan untuk RMS Roll pada NATO STANAG 4145 yaitu sebesar 4.0° .

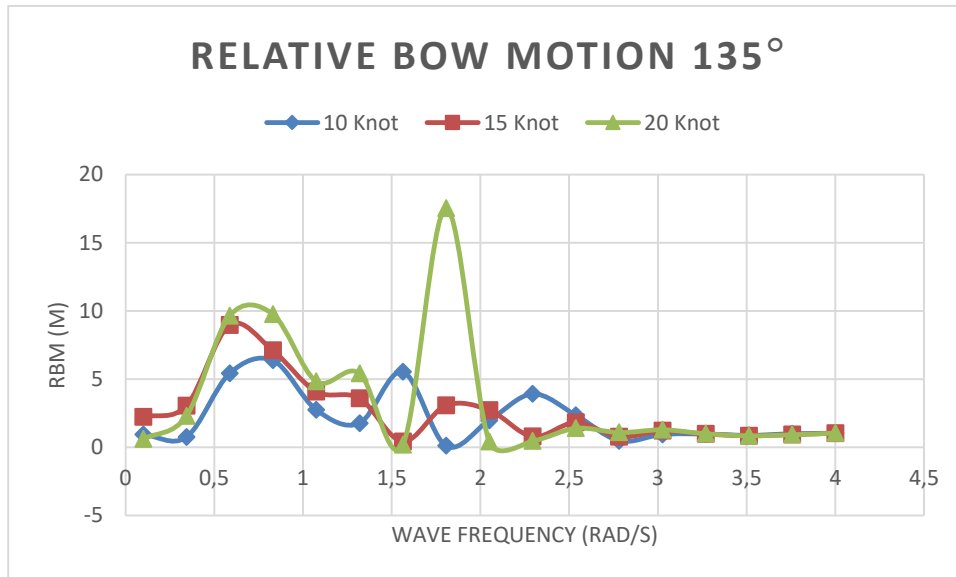
4.6. Relative Bow Motion Kapal Trimaran USV

Proses perhitungan *relative bow motion* dari kapal trimaran USV dilakukan setelah didapatkan nilai RAO untuk gerakan *heave* dan *pitch*. Perhitungan *relative bow motion* ini dilakukan pada 3 *heading angle* (90° , 135° , dan 180°) serta 3 variasi kecepatan yaitu 10 Knot, 15 Knot, dan 20 Knot. Lalu didapatkan hasil sebagai berikut :



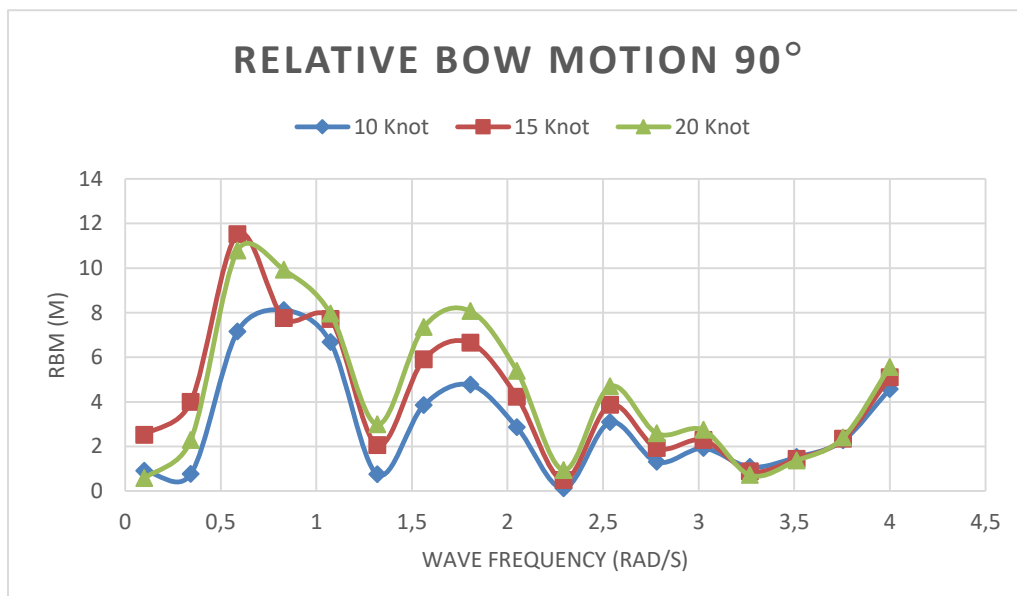
Gambar 4.80 *Relative Bow Motion* untuk *Heading angle* 180°

Dari gambar 4.77 tersebut kita dapat melihat hasil dari *relative bow motion* dengan *heading angle* 180° pada kecepatan 10 knot, 15 knot, dan 20 knot. Hasil *relative bow motion* paling tinggi didapatkan pada kecepatan 20 Knot yaitu sebesar 32.31 m dan terjadi pada frekuensi 1.56 rad/s. Hal ini terjadi karena pada saat kapal trimaran USV bergerak dengan kecepatan 20 Knot untuk *heading angle* 180° pada frekuensi 1.56 rad/s kapal tersebut mengalami gerakan heave terbesar yaitu 4.73 m/m. Sedangkan untuk kecepatan 15 Knot, kapal mengalami *relative bow motion* tertinggi pada frekuensi 0.58 rad/s yaitu sebesar 8.28 m. Pada kecepatan 10 Knot didapat hasil *relative bow motion* tertinggi adalah 6.36 m pada frekuensi 0.83 rad/s



Gambar 4.81 *Relative Bow Motion pada Heading Angle 135°*

Dari gambar 4.78 tersebut kita dapat melihat hasil dari *relative bow motion* dengan *heading angle* 135° pada kecepatan 10 knot, 15 knot, dan 20 knot. Hasil *relative bow motion* paling tinggi didapatkan pada kecepatan 20 Knot yaitu sebesar 17.54 m dan terjadi pada frekuensi 1.8 rad/s. Hal ini terjadi karena pada saat kapal trimaran USV bergerak dengan kecepatan 20 Knot untuk *heading angle* 135° pada frekuensi 1.8 rad/s kapal tersebut mengalami gerakan heave terbesar yaitu 3.25 m/m. Sedangkan untuk kecepatan 15 Knot, kapal mengalami *relative bow motion* tertinggi pada frekuensi 0.58 rad/s yaitu sebesar 8.9 m. Pada kecepatan 10 Knot didapat hasil *relative bow motion* tertinggi adalah 6.37 m pada frekuensi 0.83 rad/s



Gambar 4.82 *Relative Bow Motion pada Heading Angle 90°*

Dari Gambar 4.79 tersebut kita dapat melihat hasil dari *relative bow motion* dengan *heading angle* 135° pada kecepatan 10 knot, 15 knot, dan 20 knot. Hasil *relative bow motion* paling tinggi didapatkan pada kecepatan 15 Knot yaitu sebesar 11.51 m dan terjadi pada frekuensi 0.58 rad/s. Dibandingkan dengan *heading angle* yang lain, hasil yang didapat pada *heading angle* 90° memiliki karakteristik gerakan yang hampir serupa. Sedangkan untuk kecepatan 20 Knot, kapal mengalami *relative bow motion* tertinggi juga terjadi pada frekuensi 0.58 rad/s yaitu sebesar 10.78 m. Pada kecepatan 10 Knot didapat hasil *relative bow motion* tertinggi adalah 8.12 m pada frekuensi 0.83 rad/s.

4.7. Vertical Acceleration

Perhitungan *vertical acceleration* didapatkan dengan mengkalikan RAO *motion* dengan pangkat empat dari frekuensi gelombang *encounter*. Nilai signifikan dari *vertical acceleration* kemudian dihitung untuk kemudian dibandingkan dengan regulasi dari NATO STANAG 4154.

$$RAO(\text{acceleration}) = RAO(\text{relative bow motion})\omega_e^4$$

Berikut adalah hasil perhitungan dari *vertical acceleration* dengan 3 variasi kecepatan kapal dan 3 variasi sudut *heading* pada *sea state* 3 :

Tabel 4.4 *Vertical Acceleration* pada *Heading* 90°

<i>Heading</i> 90°		
Variasi	Kecepatan	Acceleration
1	10 Knot	0,223
2	15 Knot	0,276
3	20 Knot	0,329

Dari Tabel 4.3 diatas dapat kita lihat hasil perhitungan *vertical acceleration* pada sudut datang gelombang 90° dengan variasi kecepatan 10 Knot, 15 Knot, dan 20 Knot pada *sea state* 3. Pada sudut datang gelombang 90° ini didapatkan RMS Pitch paling besar pada kecepatan 20 Knot dengan *vertical acceleration* sebesar 0.329 m/s². Sedangkan RMS Roll paling besar didapatkan pada kecepatan 10 Knot dengan *vertical acceleration* sebesar 0.223 m/s².

Tabel 4.5 *Vertical Acceleration* pada *Heading* 135°

<i>Heading</i> 135°		
Variasi	Kecepatan	Acceleration
1	10 Knot	0,089
2	15 Knot	0,092
3	20 Knot	0,130

Dari Tabel 4.4 diatas dapat kita lihat hasil perhitungan vertical acceleration pada sudut datang gelombang 135° dengan variasi kecepatan 10 Knot, 15 Knot, dan 20 Knot pada *sea state* 3. Pada sudut datang gelombang 135° ini didapatkan RMS Pitch paling besar pada kecepatan 15 Knot dengan *vertical acceleration* sebesar 0.092 m/s². Sedangkan RMS Roll paling besar didapatkan pada kecepatan 10 Knot dengan vertical acceleration sebesar 0.089 m/s².

Tabel 4.6 *Vertical Acceleration* pada *Heading* 180°

<i>Heading</i> 180°		
Variasi	Kecepatan	Acceleration
1	10 Knot	0,073
2	15 Knot	0,087
3	20 Knot	0,110

Dari Tabel 4.4 diatas dapat kita lihat hasil perhitungan vertical acceleration pada sudut datang gelombang 180° dengan variasi kecepatan 10 Knot, 15 Knot, dan 20 Knot. Pada sudut datang gelombang 180° ini didapatkan RMS Pitch paling besar pada kecepatan 20 Knot dengan *vertical acceleration* sebesar 0.110 m/s². Sedangkan RMS Roll paling besar didapatkan pada kecepatan 10 Knot dengan vertical acceleration sebesar 0.073 m/s².

Berdasarkan hasil dari perhitungan *vertical acceleration* dari 3 variasi kecepatan pada *sea state* 3 didapatkan bahwa nilai dari *vertical acceleration* tertinggi terjadi pada kecepatan 20 Knot untuk masing – masing sudut *heading*. Sedangkan nilai paling tinggi dari 3 variasi sudut *heading*, nilai *vertical acceleration* paling tinggi terjadi pada sudut heading 90° pada kecepatan 20 Knot yaitu sebesar 0.329 m/s².

Nilai – nilai vertical acceleration tersebut kemudian dibandingkan dengan kriteria NATO STANAG 4154 dimana disebutkan bahwa nilai dari *vertical acceleration* pada bow tidak boleh melebihi 0.2 g atau sama dengan 1.962 m/s². Maka dapat dikatakan bahwa semua nilai *vertical acceleration* pada kapal trimaran USV dengan 3 variasi kecepatan dan 3 variasi sudut *heading* memenuhi kriteria NATO STANAG 4154.

4.8. Perbandingan dengan STANAG 4154

Dari hasil yang sudah didapatkan, lalu dibandingkan dengan standard kriteria *seakeeping* yang dikeluarkan oleh NATO yaitu STANAG 4154 untuk kapal perang. Berikut adalah standard kriteria yang dikeluarkan oleh NATO :

Criterion Response	Location	Criterion Levels
Vertical Velocity, RMS	Helicopter Platform	2.0 m/s
Criteria for the hull (monohull)		
Deck Wetness	Worst Station in bow region	30 occurrences / hour
Bottom Slamming	Worst Station in bow region	20 occurrences / hour
Propeller Emergence	¼ Propeller Diameter	90 occurrences / hour
Default Criteria for the personnel		
Pitch, RMS		1.5 deg
Roll, RMS		4 deg
Vertical Acceleration, RMS	Bridge	0.2 g
Lateral Acceleration, RMS	Bridge	0.1 g
Relative Wind, Mean Value	Flight Deck	35 kn
Recommended Criteria for the personnel		
Motion Sickness Incidence MSI	Task Location	20% of crew @ 4 hours
Motion Induced Interruption MII	Task Location	1 / min
Lateral Acceleration, RMS	Bridge	0.1 g
Relative Wind, Mean Value	Task Location if on Weather Deck	35 kn

Gambar 4.83 *seakeeping* kriteria NATO STANAG 4154

Lalu dibandingkan dengan hasil perhitungan yang sudah dilakukan dan yang terdapat pada kriteria *seakeeping* STANAG 4154 yaitu nilai RMS *pitch*, RMS *roll*, dan RMS *Vertical Acceleration*. Pada STANAG 4154 nilai RMS untuk *pitch* yang diperbolehkan adalah 1.5°, sedangkan untuk RMS gerakan *roll* yang diperbolehkan adalah 4.0° dan untuk RMS *vertical acceleration* yang diperbolehkan adalah 0.2 g atau 1.962 m/s². Berikut adalah hasil perhitungan untuk setiap kriteria yang dihitung pada tiap kecepatan dan tiap sudut *heading* yang berbeda pada *sea state* 3 :

Tabel 4.7 Hasil perhitungan RMS pada kapal trimaran USV sesuai dengan kriteria *seakeeping*

Kecepatan	Vertical Acceleration			RMS Pitch			RMS Roll		
	90	135	180	180	135	90	180	135	90
10 Knot	0,223	0,089	0,073	0,69	0,759	1,316	0,003	0,925	2,122
15 Knot	0,276	0,092	0,087	0,953	1,28	1,628	0,004	0,548	1,906
20 Knot	0,329	0,13	0,11	1,138	1,217	1,82	0,007	0,519	1,796

Dari tabel diatas pada *sea state* 3 dapat dilihat untuk RMS *pitch* pada heading 90° untuk kecepatan 15 dan 20 Knot memiliki nilai masing – masing 1.628° dan 1.82° sedangkan batas maksimum yang diperbolehkan oleh NATO STANAG 4154 untuk RMS *pitch* adalah 1.5°. sedangkan untuk RMS *roll* maupun RMS *vertical acceleration* memenuhi untuk semua kecepatan dan sudut *heading*. Semua kriteria kapal pada *sea state* 1 dan *sea state* 2 memenuhi persyaratan yang dikeluarkan oleh NATO STANAG 4154, untuk tabel hasil perhitungan pada *sea state* 1 dan *sea state* 2 dapat dilihat pada lampiran perhitungan RMS.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan percobaan eksperimen dan penelitian secara numeris maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik Gerakan Kapal Trimaran USV Diketahui Sebagai Berikut :
 - a. Gerakan *surge* yang dimiliki kapal trimaran USV paling besar terjadi pada saat kapal bergerak dengan kecepatan 10 Knot dengan *heading angle* 180° pada frekuensi 0.1 rad/s.
 - b. Gerakan *sway* yang dimiliki kapal trimaran USV paling besar terjadi pada saat kapal bergerak dengan kecepatan 20 Knot dengan *heading angle* 90° pada frekuensi 0.1 rad/s.
 - c. Gerakan *yaw* yang dimiliki kapal trimaran USV paling besar terjadi pada saat kapal bergerak dengan kecepatan 10 Knot dengan *heading angle* 180° pada frekuensi 1.075 rad/s.
 - d. Gerakan *heave* yang dimiliki kapal trimaran USV paling besar terjadi pada saat kapal bergerak dengan kecepatan 20 Knot dengan *heading angle* 180° pada frekuensi 1.56 rad/s.
 - e. Gerakan *pitch* memiliki nilai RMS paling besar pada *sea state* 3 dengan kecepatan 20 Knot dan *heading angle* 90° yaitu sebesar 1.82°
 - f. Gerakan *roll* memiliki nilai RMS paling besar pada *sea state* 3 dengan kecepatan 10 Knot dan *heading angle* 90° yaitu sebesar 2.122°
 - g. *Vertical acceleration* kapal trimaran USV pada 3 variasi kecepatan dan 3 variasi pada *sea state* 3 memenuhi minimum pada kriteria NATO STANAG 4154.
2. Bila mengikuti standard kriteria *seakeeping* NATO STANAG 4154 maka kapal trimaran USV ini masih belum layak dioperasikan saat kecepatan maksimum 20 Knot dan kecepatan 15 Knot pada *heading angle* 90° pada *sea state* 3 karena RMS dari Pitch masih melebihi batasan yang direkomendasikan NATO STANAG 4154.

5.2. Saran

Pada penelitian kali ini tentu saja banyak permasalahan – permasalahan yang belum bisa terselesaikan. Ada beberapa macam kendala yang menyebabkan hal tersebut tidak dapat dilakukan, anantara lain adalah waktu dan fasilitas yang digunakan. Diharapkan hal – hal yang menjadi kendala peneliti tersebut dapat diperbaiki pada penelitian selanjutnya. Adapun pada bagian ini, dituliskan beberapa saran antara lain :

1. Pada Tugas Akhir ini menggunakan eksperimen uji tarik pada *towing tank* sehingga pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan eksperimen dengan metode *free running test* agar hasil yang didapatkan lebih akurat.
2. Pada Tugas Akhir ini model kapal trimaran USV yang digunakan hanya satu, sehingga pada penelitian selanjutnya dapat dimodelkan dengan variasi jarak antar lambung baik secara melintang maupun memanjang.
3. Pada Tugas Akhir ini ditemukan kesimpulan kapal pada kecepatan maksimum tidak memenuhi standard kriteria *seakeeping*, sehingga pada penelitian selanjutnya dapat dikaji suatu peredam untuk mengurangi gerakan *pitch* kapal agar dapat bergerak pada kecepatan maksimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhattacharyya, R. (1978). *Dynamic of Marine Vehicles*. New York, United State of America.
- Djarmiko, E. B. (2012). *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak*. Surabaya: ITS Press.
- Grafton, T. J. (2007). The Roll Motion of Trimaran Ships. *Doctoral Thesis, University Collage London, UK*.
- Grigoropoulos, G. J. (2010). On the Seakeeping Operability of Naval Ships. *National Technical University of Athens, School of Naval Architecture and Marine Engineering*.
- Karim, A. (2014). Experimental Study on Heave and Pitch Motion Characteristics of a Wave-Piercing Trimaran. *Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran*.
- Luhulima, R. G. (2018). Studi Kolerasi Hambatan dan Seakeeping Kapal Trimaran untuk Daerah Perairan Maluku. *Seminar Nasional Archipelago Engineering (ALE)*. Ambon, Indonesia.
- Manley, J. E. (2008). Unmanned Surface Vehicles, 15 Years of Development. *Battelle Applied Coastal and Environment Services*.
- Mehmet Unstutag, A. (2013). Performance Comparison of Wavelet Tresholding Techniques of Weak ECG Signal Denoising. *PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY*.
- Pattison, D. &. (1994). The Trimaran Ships. *RINA Spring Meeting*.
- WEGEMT. (1989). Design Techniques for Advanced Marine Vehicles and High speed Displacement Ships. *Thirteenth Graduate School, Delft university of Tech. Netherlands*.
- Zhang, J. (1997). Design and Hydrodynamic Performance of Trimaran Displacement Ships. *Doctor Thesis, University Collage London, UK*.

LAMPIRAN

Lampiran A Hasil RAO (*Response Amplitude Operator*) Towing Tank Test

Lampiran B RAO (*Response Amplitudo Operator*) Ansys Aqwa

Lampiran C Respon Spektrum Gelombang

Lampiran D RMS (*Root Mean Square*)

Lampiran E *Relative Bow Motion* dan *Vertical Acceleration*

LAMPIRAN A HASIL RAO (*RESPONSE AMPLITUDO OPERATOR*) HASIL TOWING TANK TEST

10 Knot

No	Periode (s)	Periode Kapal (s)	Frekuensi Kapal (rad/s)	Heave	Pitch
1	1,2	6,35	0,99	0,90948810	1,090379577
2	1,4	7,41	0,85	1,48494308	1,654005404
3	1,8	9,52	0,66	1,15321672	1,184809078
4	2,4	12,70	0,49	0,63465740	0,711406045
5	3,5	18,52	0,34	0,21358068	0,262516392
6	4	21,17	0,30	0,15234898	0,193241853

LAMPIRAN B RAO (*RESPONSE AMPLITUDO OPERATOR*)

ANSYS AQWA

10 Knot

180°						
ω_e	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0,100	1,05013406	0,01001726	0,05783570	0,00172854	0,02567830	0,01256513
0,344	0,71358788	0,00101697	0,20679100	0,00088736	0,23098700	0,00621937
0,588	0,57624072	0,00042793	1,05078900	0,00080492	0,87136500	0,00621360
0,831	0,46422097	0,00025407	1,36789000	0,00100322	1,63257890	0,00737701
1,075	0,36329705	0,00013010	0,89537700	0,00293300	1,64125678	0,01004499
1,319	0,27443424	0,00013362	0,89537700	0,01096102	1,64548243	0,01372038
1,563	0,21111052	0,00048909	0,91233300	0,03084808	1,73665596	0,02067489
1,806	0,15081581	0,00091775	1,15861595	0,02455546	0,93248955	0,00253424
2,050	0,10762774	0,00090795	1,70959187	0,02290880	1,67575479	0,00616511
2,294	0,04980842	0,00037271	0,13780482	0,01176504	0,57451288	0,00646774
2,538	0,02088608	0,00025166	0,03128890	0,00538315	0,23464635	0,00731345
2,781	0,01379346	0,00003501	0,02909609	0,00477593	0,08476607	0,00169388
3,025	0,01566769	0,00006031	0,01551783	0,00193376	0,07460411	0,00052158
3,269	0,00995660	0,00282386	0,00969097	0,10850843	0,05685322	0,03659853
3,513	0,00296479	0,00003505	0,01098122	0,00551477	0,01880600	0,00386399
3,756	0,00367341	0,00023516	0,00691212	0,01182922	0,05808552	0,00072975
4,000	0,00374259	0,00012649	0,00299097	0,00213769	0,05132050	0,00148105

135°						
ω_e	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0,100	0,76541060	1,66321552	0,04896754	0,26110730	0,00243568	1,92851160
0,344	0,54997331	1,19791353	0,20651588	0,70389475	0,25193687	4,96977328
0,588	0,46855208	0,99128306	1,04327382	1,16601660	0,97338993	7,01820592
0,831	0,39702627	0,81564951	1,34011807	1,72267435	1,70814752	7,89340288
1,075	0,32988542	0,67785352	0,86937770	2,32474240	1,52118672	8,12955753
1,319	0,26456159	0,55935985	0,89530700	2,82779949	1,44383881	7,91725049
1,563	0,21733019	0,44995362	0,98930162	3,17549753	1,58938630	7,29650924
1,806	0,17395295	0,35999581	0,97192270	3,41222270	1,55680993	6,51717782
2,050	0,13143413	0,29830778	1,22883916	3,80566316	0,68853568	6,63041382
2,294	0,10380074	0,23860218	1,56599367	3,57046026	1,47735188	6,38449841

2,538	0,05904728	0,22204548	0,13845836	2,97267975	0,54413582	6,52210836
2,781	0,02392236	0,12619850	0,03251230	8,53323366	0,35249734	1,84970872
3,025	0,00786393	0,02412582	0,03630667	3,64825505	0,14858635	2,86434036
3,269	0,00658633	0,00283158	0,03968651	3,39740440	0,11301631	1,84027366
3,513	0,01025899	0,00178149	0,01188656	1,33296456	0,15112903	0,66231731
3,756	0,00571910	0,06161831	0,00324068	2,98434614	0,10522937	2,41491114
4,000	0,00456736	0,01324493	0,01080859	1,18352995	0,03603415	1,20799942

90°						
ω_e	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0,100	0,01140527	2,50697088	0,04987653	0,37673136	0,02547890	2,78414690
0,344	0,01087459	2,02852750	0,20588659	1,06408734	0,31110373	7,50557023
0,588	0,01148442	1,89886034	1,02703811	1,85680357	1,34390002	11,28999705
0,831	0,01238076	1,74634612	1,27922196	2,87069030	2,42114641	13,49741259
1,075	0,01349522	1,59315670	0,78946488	4,13123779	1,96000769	14,41186820
1,319	0,01466307	1,44602263	0,78156445	5,47687854	1,55557014	14,40826015
1,563	0,01560443	1,30092824	0,87516244	6,69039654	1,43455445	13,74172333
1,806	0,01607827	1,15162265	0,95105577	7,59390080	1,30421833	12,54630618
2,050	0,01602977	0,99845660	0,94510072	8,11208676	1,16658863	10,96798180
2,294	0,01581785	0,85086024	0,92714065	8,29919381	1,01857234	9,26458214
2,538	0,01583236	0,71974194	0,88179678	8,32727955	0,85558263	7,72811231
2,781	0,01533298	0,61032057	0,79538774	8,41600542	0,66940427	6,57365196
3,025	0,01311512	0,52372599	0,67041022	8,61259021	0,46227707	6,01942821
3,269	0,00957331	0,41742316	0,54800832	7,38694350	0,29100541	6,72708362
3,513	0,00757291	0,18152855	0,52063030	2,72183807	0,24672343	7,06008395
3,756	0,00986045	0,10787670	0,69762945	3,68850151	0,27540126	6,13107406
4,000	0,01416886	0,09633946	1,30525994	4,35771320	0,39372191	5,57213577

15 Knot

180°						
ω_e	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0,100	0,97719282	0,00948524	0,99485964	0,00112018	2,16800535	0,00774881
0,344	0,61833376	0,00093455	0,99814731	0,00065194	2,04527005	0,00405843
0,588	0,46621916	0,00042471	1,01724708	0,00071010	1,95230243	0,00471612
0,831	0,35737473	0,00030912	1,07348478	0,00154808	1,97237422	0,00716481
1,075	0,26505736	0,00019726	1,14884686	0,00701486	2,09314434	0,01288242
1,319	0,19478616	0,00017064	1,12197471	0,02853917	2,10563078	0,02289480
1,563	0,13217223	0,00106783	1,33680880	0,03771202	0,88870323	0,00556704
1,806	0,10913672	0,00095805	1,76327384	0,02662029	2,03925884	0,00653857

2,050	0,05483445	0,00056755	0,35292494	0,02303537	0,78983272	0,00583776
2,294	0,03058014	0,00016369	0,02980429	0,00428876	0,34442424	0,00183401
2,538	0,01397593	0,00004393	0,01089240	0,00252597	0,13315210	0,00148793
2,781	0,00958668	0,00182049	0,01160286	0,06987722	0,09491734	0,02737481
3,025	0,00904680	0,00016292	0,00270961	0,01318726	0,09818695	0,00767813
3,269	0,00524516	0,00006520	0,00820067	0,00293556	0,04397054	0,00172685
3,513	0,00171061	0,00012880	0,00862898	0,00813234	0,02818001	0,00181600
3,756	0,00272052	0,00008334	0,00523668	0,00331675	0,06445734	0,00130453
4,000	0,00254019	0,00003451	0,00305682	0,00138720	0,05507097	0,00019687

90°						
ω_e	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0,100	0,0367050	2,5116215	0,9943541	0,2544751	2,3263919	1,8634784
0,344	0,0183641	2,0701187	0,9911699	0,7991940	2,4481556	5,2076069
0,588	0,0169544	2,0000713	0,9832808	1,5744348	2,4459477	8,3658821
0,831	0,0172906	1,9049346	0,9691117	2,5803945	2,3832598	10,8354821
1,075	0,0182424	1,7930847	0,9508288	3,7625352	2,2666156	12,5537349
1,319	0,0194309	1,6682588	0,9332679	4,9915778	2,1173539	13,5402012
1,563	0,0204726	1,5281088	0,9216276	6,0990900	1,9579950	13,8167624
1,806	0,0209774	1,3683378	0,9182462	6,9307804	1,8007064	13,3851507
2,050	0,0206242	1,1916889	0,9185687	7,4222291	1,6420567	12,3133131
2,294	0,0195907	1,0127364	0,9095252	7,6417762	1,4695034	10,8401429
2,538	0,0185625	0,8491361	0,8740122	7,7625117	1,2703179	9,3060721
2,781	0,0172867	0,7103655	0,7971483	7,9644864	1,0246326	7,9944513
3,025	0,0144810	0,5990046	0,6775824	8,1909003	0,7064385	7,1781164
3,269	0,0102346	0,4720210	0,5521454	6,7341828	0,3537011	7,2938540
3,513	0,0076053	0,2152947	0,5211841	2,5055078	0,2030066	6,4842012
3,756	0,0097890	0,1245399	0,6963791	3,8959403	0,2937001	5,3347884
4,000	0,0140328	0,1120049	1,2813779	4,5778809	0,5710756	4,9157768

135°						
ω_e	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0,100	0,7189670	1,6161907	0,9947138	0,1747434	2,2119429	1,2787656
0,344	0,4941443	1,1317952	0,9959704	0,5134872	2,1414223	3,3785699
0,588	0,3983687	0,9303532	1,0056431	0,9230274	2,0426624	5,0714304
0,831	0,3234356	0,7676372	1,0376904	1,3691343	1,9891944	6,1201560
1,075	0,2588672	0,6351099	1,0998374	1,7949528	2,0112946	6,6179534
1,319	0,2004751	0,5040737	1,1429460	2,1232990	2,0415162	6,3796302
1,563	0,1546023	0,3855255	1,0764296	2,3400514	1,9136154	5,6401341
1,806	0,1160621	0,3155064	1,5740528	2,2857230	0,5199081	5,5909504

2,050	0,0997236	0,2660966	1,5104234	2,3710833	1,7549776	5,5572997
2,294	0,0669318	0,4052167	0,2208448	5,1955550	0,5904720	9,8979840
2,538	0,0346768	0,0548450	0,0548042	3,8625471	0,3784782	3,5436530
2,781	0,0180043	0,0446301	0,0262698	2,8160003	0,1745145	3,1709838
3,025	0,0044322	0,0327044	0,0301275	1,8661722	0,1314680	2,2317761
3,269	0,0046427	0,0118377	0,0189081	2,0364730	0,1646888	1,1425500
3,513	0,0065504	0,0071132	0,0051076	0,7789288	0,1608293	0,3836646
3,756	0,0049254	0,0087088	0,0049567	0,7443382	0,0959510	0,7183298
4,000	0,0031190	0,0020639	0,0105799	0,1986217	0,0334147	0,5883300

20 Knot

180°						
ω_e	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0,100	0,94643426	0,00898309	0,99717629	0,00082854	1,10200972	0,00545740
0,344	0,54589844	0,00085147	0,98900902	0,00048299	2,29184330	0,00266516
0,588	0,38833621	0,00040863	1,00750172	0,00064044	2,45541651	0,00364315
0,831	0,28746408	0,00035893	1,08242249	0,00228868	2,52564067	0,00709775
1,075	0,20277125	0,00025429	1,17945492	0,01397325	2,57088555	0,01615865
1,319	0,12710091	0,00054033	1,13241470	0,06509310	1,94479285	0,03693132
1,563	0,12290971	0,00120494	4,73151493	0,04425785	4,41572584	0,02686358
1,806	0,07031441	0,00182908	0,34334534	0,06041086	0,98722658	0,02734916
2,050	0,04026689	0,00017755	0,08811950	0,00541568	0,49427272	0,00142774
2,294	0,02035419	0,00004799	0,00739445	0,00230794	0,21741043	0,00136477
2,538	0,00785641	0,00010478	0,01367034	0,00412089	0,09250864	0,00237647
2,781	0,00648351	0,00004397	0,00762213	0,00177015	0,12015325	0,00107382
3,025	0,00590015	0,00002437	0,00164550	0,00247095	0,10705314	0,00126898
3,269	0,00326699	0,00001747	0,00687292	0,00268846	0,04893699	0,00125679
3,513	0,00147697	0,00003193	0,00691419	0,00493861	0,04081174	0,00010323
3,756	0,00225001	0,00000748	0,00418037	0,00075704	0,06906869	0,00036403
4,000	0,00194666	0,00001182	0,00267143	0,00067495	0,05670130	0,00005852

135°						
ω_e	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0,100	0,7135964	1,5697154	0,9972284	0,1315508	1,0883498	0,9509522
0,344	0,4516799	1,0601405	0,9868058	0,4144724	2,3084855	2,5204004
0,588	0,3457345	0,8562263	0,9924885	0,7694563	2,4863541	3,8756308
0,831	0,2717379	0,7065373	1,0324125	1,1141838	2,4948993	4,8695210
1,075	0,2101162	0,5816732	1,1184149	1,4009991	2,5165066	5,4152557
1,319	0,1573050	0,4437470	1,1646470	1,6013937	2,4410799	5,1339689

1,563	0,1029853	0,3262973	1,2500477	1,5191094	1,1464315	4,3071335
1,806	0,1147499	0,2820724	3,2456982	1,5808987	3,3680297	4,7839119
2,050	0,0706376	0,4119767	0,3228140	5,1700336	0,8479244	8,4235733
2,294	0,0427426	0,0722921	0,1007282	3,4426138	0,4851548	3,3791035
2,538	0,0238233	0,0614503	0,0242585	1,9562069	0,2100230	2,9347201
2,781	0,0098010	0,0832907	0,0330827	0,7730929	0,1313959	2,6180856
3,025	0,0028416	0,0121750	0,0239146	1,6173985	0,1531523	1,5631360
3,269	0,0062562	0,0066877	0,0107731	1,0251184	0,1790991	0,7235057
3,513	0,0050051	0,0044531	0,0030030	0,6840209	0,1546156	0,2986457
3,756	0,0035421	0,0053713	0,0050942	0,4828893	0,0891917	0,4951850
4,000	0,0020138	0,0027097	0,0071801	0,2163911	0,0338545	0,4357117

90°						
ω_e	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0,100	0,02074972	2,51329947	0,99736613	0,19341173	1,05419712	1,39888197
0,344	0,01983650	2,08548999	0,98286963	0,66786934	2,35504218	3,96220384
0,588	0,01953736	2,04103589	0,96705943	1,42613347	2,67357168	6,52999254
0,831	0,02007466	1,97691691	0,94593292	2,41811898	2,69813795	8,75384450
1,075	0,02114927	1,89556849	0,92121804	3,55165760	2,60101565	10,55059492
1,319	0,02252917	1,79648447	0,89881092	4,70033726	2,45165969	11,86106746
1,563	0,02386190	1,67454052	0,88517749	5,71428567	2,29138951	12,61562321
1,806	0,02467076	1,52325189	0,88365752	6,45154013	2,13947992	12,72823510
2,050	0,02437474	1,34397972	0,88992339	6,85537464	1,99070709	12,17561389
2,294	0,02289684	1,15248823	0,88991946	7,01659442	1,82412966	11,11061152
2,538	0,02107491	0,97058457	0,86533618	7,13664098	1,61830393	9,83174056
2,781	0,01914083	0,81179166	0,79997534	7,38425838	1,34267005	8,62437912
3,025	0,01583866	0,68014103	0,68718791	7,61961902	0,94523948	7,75258487
3,269	0,01090617	0,52908492	0,55756021	6,03983340	0,44254871	7,43277236
3,513	0,00761962	0,24632791	0,52166861	2,44765101	0,15997368	5,82140993
3,756	0,00971163	0,14328204	0,69368666	4,08299616	0,32770637	4,56009554
4,000	0,01388357	0,12871933	1,24729919	4,76991298	0,73560540	4,26183741

LAMPIRAN C HASIL RESPON SPEKTRUM GELOMBANG

10 Knot, *Heading* 180°

Sea State 1

we	Sea State 1	SM	Heave			Pitch		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,05783570	0,000000000	0,000000000	0,025678300	0,000000000	0,000000000
0,383	0,00000263	4	0,20679100	0,000000112	0,000000112	0,230987000	0,000000140	0,000000561
0,703	0,00470808	2	1,05078900	0,005198457	0,005198457	0,871365000	0,003574733	0,007149466
1,061	0,00203440	4	1,36789000	0,003806604	0,003806604	1,632578900	0,005422302	0,021689209
1,460	0,00062444	2	0,89537700	0,000500610	0,000500610	1,641256780	0,001682057	0,003364114
1,898	0,00021732	4	0,89537700	0,000174225	0,000174225	1,645482431	0,000588416	0,002353666
2,376	0,00008721	2	0,91233300	0,000072589	0,000072589	1,736655958	0,000263022	0,000526043
2,893	0,00003934	4	1,15861595	0,000052808	0,000052808	0,932489549	0,000034207	0,000136826
3,450	0,00001947	2	1,70959187	0,000056907	0,000056907	1,675754790	0,000054676	0,000109353
4,047	0,00001038	4	0,13780482	0,000000197	0,000000197	0,574512878	0,000003426	0,000013703
4,683	0,00000588	2	0,03128890	0,000000006	0,000000006	0,234646346	0,000000324	0,000000647
5,359	0,00000350	4	0,02909609	0,000000003	0,000000003	0,084766069	0,000000025	0,000000101
6,074	0,00000217	2	0,01551783	0,000000001	0,000000001	0,074604109	0,000000012	0,000000024
6,829	0,00000140	4	0,00969097	0,000000000	0,000000000	0,056853221	0,000000005	0,000000018
7,623	0,00000093	2	0,01098122	0,000000000	0,000000000	0,018806000	0,000000000	0,000000001
8,458	0,00000063	4	0,00691212	0,000000000	0,000000000	0,058085516	0,000000002	0,000000009
9,331	0,00000044	1	0,00299097	0,000000000	0,000000000	0,051320501	0,000000001	0,000000001
				Sum	0,00986252		Sum	0,035343742
				Mr0	0,00189607		Mr0	0,006794834

we	Sea State 1	SM	Roll			Yaw		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,00172854	0,00000000	0,00000000	0,01256513	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00000263	4	0,00088736	0,00000000	0,00000000	0,00621937	0,00000000	0,00000000
0,703	0,00470808	2	0,00080492	0,00000000	0,00000001	0,00621360	0,00000018	0,00000036
1,061	0,00203440	4	0,00100322	0,00000000	0,00000001	0,00737701	0,00000011	0,00000044
1,460	0,00062444	2	0,00293300	0,00000001	0,00000001	0,01004499	0,00000006	0,00000013
1,898	0,00021732	4	0,01096102	0,00000003	0,00000010	0,01372038	0,00000004	0,00000016
2,376	0,00008721	2	0,03084808	0,00000008	0,00000017	0,02067489	0,00000004	0,00000007
2,893	0,00003934	4	0,02455546	0,00000002	0,00000009	0,00253424	0,00000000	0,00000000
3,450	0,00001947	2	0,02290880	0,00000001	0,00000002	0,00616511	0,00000000	0,00000000
4,047	0,00001038	4	0,01176504	0,00000000	0,00000001	0,00646774	0,00000000	0,00000000
4,683	0,00000588	2	0,00538315	0,00000000	0,00000000	0,00731345	0,00000000	0,00000000
5,359	0,00000350	4	0,00477593	0,00000000	0,00000000	0,00169388	0,00000000	0,00000000

6,074	0,00000217	2	0,00193376	0,00000000	0,00000000	0,00052158	0,00000000	0,00000000
6,829	0,00000140	4	0,10850843	0,00000002	0,00000007	0,03659853	0,00000000	0,00000001
7,623	0,00000093	2	0,00551477	0,00000000	0,00000000	0,00386399	0,00000000	0,00000000
8,458	0,00000063	4	0,01182922	0,00000000	0,00000000	0,00072975	0,00000000	0,00000000
9,331	0,00000044	1	0,00213769	0,00000000	0,00000000	0,00148105	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,00000048		Sum	0,00000118
				Mr0	0,00000009		Mr0	0,00000023

we	Sea State 1	SM	Surge			Sway		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	1,05013406	0,00000000	0,00000000	0,01001726	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00000263	4	0,71358788	0,00000134	0,00000535	0,00101697	0,00000000	0,00000000
0,703	0,00470808	2	0,57624072	0,00156333	0,00312666	0,00042793	0,00000000	0,00000000
1,061	0,00203440	4	0,46422097	0,00043841	0,00175366	0,00025407	0,00000000	0,00000000
1,460	0,00062444	2	0,36329705	0,00008242	0,00016483	0,00013010	0,00000000	0,00000000
1,898	0,00021732	4	0,27443424	0,00001637	0,00006547	0,00013362	0,00000000	0,00000000
2,376	0,00008721	2	0,21111052	0,00000389	0,00000777	0,00048909	0,00000000	0,00000000
2,893	0,00003934	4	0,15081581	0,00000089	0,00000358	0,00091775	0,00000000	0,00000000
3,450	0,00001947	2	0,10762774	0,00000023	0,00000045	0,00090795	0,00000000	0,00000000
4,047	0,00001038	4	0,04980842	0,00000003	0,00000010	0,00037271	0,00000000	0,00000000
4,683	0,00000588	2	0,02088608	0,00000000	0,00000001	0,00025166	0,00000000	0,00000000
5,359	0,00000350	4	0,01379346	0,00000000	0,00000000	0,00003501	0,00000000	0,00000000
6,074	0,00000217	2	0,01566769	0,00000000	0,00000000	0,00006031	0,00000000	0,00000000
6,829	0,00000140	4	0,00995660	0,00000000	0,00000000	0,00282386	0,00000000	0,00000000
7,623	0,00000093	2	0,00296479	0,00000000	0,00000000	0,00003505	0,00000000	0,00000000
8,458	0,00000063	4	0,00367341	0,00000000	0,00000000	0,00023516	0,00000000	0,00000000
9,331	0,00000044	1	0,00374259	0,00000000	0,00000000	0,00012649	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,00512789		Sum	0,00000000
				Mr0	0,00098584		Mr0	0,00000000

Sea State 2

we	Sea State 2	SM	Heave			Pitch		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,05783570	0,00000000	0,00000000	0,02567830	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00001577	4	0,20679100	0,00000067	0,00000270	0,23098700	0,00000084	0,00000337
0,703	0,02824845	2	1,05078900	0,03119074	0,06238148	0,87136500	0,02144840	0,04289680
1,061	0,01220637	4	1,36789000	0,02283962	0,09135850	1,63257890	0,03253381	0,13013525
1,460	0,00374661	2	0,89537700	0,00300366	0,00600732	1,64125678	0,01009234	0,02018469
1,898	0,00130392	4	0,89537700	0,00104535	0,00418140	1,64548243	0,00353050	0,01412199
2,376	0,00052326	2	0,91233300	0,00043553	0,00087107	1,73665596	0,00157813	0,00315626
2,893	0,00023603	4	1,15861595	0,00031685	0,00126740	0,93248955	0,00020524	0,00082096
3,450	0,00011682	2	1,70959187	0,00034144	0,00068288	1,67575479	0,00032806	0,00065612
4,047	0,00006228	4	0,13780482	0,00000118	0,00000473	0,57451288	0,00002055	0,00008222
4,683	0,00003526	2	0,03128890	0,00000003	0,00000007	0,23464635	0,00000194	0,00000388

5,359	0,00002099	4	0,02909609	0,00000002	0,00000007	0,08476607	0,00000015	0,00000060
6,074	0,00001302	2	0,01551783	0,00000000	0,00000001	0,07460411	0,00000007	0,00000014
6,829	0,00000838	4	0,00969097	0,00000000	0,00000000	0,05685322	0,00000003	0,00000011
7,623	0,00000555	2	0,01098122	0,00000000	0,00000000	0,01880600	0,00000000	0,00000000
8,458	0,00000378	4	0,00691212	0,00000000	0,00000000	0,05808552	0,00000001	0,00000005
9,331	0,00000264	1	0,00299097	0,00000000	0,00000000	0,05132050	0,00000001	0,00000001
				Sum	0,16675762		Sum	0,21206245
				Mr0	0,03205915		Mr0	0,04076901

we	Sea State 2	SM	Roll			Yaw		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,00172854	0,00000000	0,00000000	0,01256513	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00001577	4	0,00088736	0,00000000	0,00000000	0,00621937	0,00000000	0,00000000
0,703	0,02824845	2	0,00080492	0,00000002	0,00000004	0,00621360	0,00000109	0,00000218
1,061	0,01220637	4	0,00100322	0,00000001	0,00000005	0,00737701	0,00000066	0,00000266
1,460	0,00374661	2	0,00293300	0,00000003	0,00000006	0,01004499	0,00000038	0,00000076
1,898	0,00130392	4	0,01096102	0,00000016	0,00000063	0,01372038	0,00000025	0,00000098
2,376	0,00052326	2	0,03084808	0,00000050	0,00000100	0,02067489	0,00000022	0,00000045
2,893	0,00023603	4	0,02455546	0,00000014	0,00000057	0,00253424	0,00000000	0,00000001
3,450	0,00011682	2	0,02290880	0,00000006	0,00000012	0,00616511	0,00000000	0,00000001
4,047	0,00006228	4	0,01176504	0,00000001	0,00000003	0,00646774	0,00000000	0,00000001
4,683	0,00003526	2	0,00538315	0,00000000	0,00000000	0,00731345	0,00000000	0,00000000
5,359	0,00002099	4	0,00477593	0,00000000	0,00000000	0,00169388	0,00000000	0,00000000
6,074	0,00001302	2	0,00193376	0,00000000	0,00000000	0,00052158	0,00000000	0,00000000
6,829	0,00000838	4	0,10850843	0,00000010	0,00000039	0,03659853	0,00000001	0,00000004
7,623	0,00000555	2	0,00551477	0,00000000	0,00000000	0,00386399	0,00000000	0,00000000
8,458	0,00000378	4	0,01182922	0,00000000	0,00000000	0,00072975	0,00000000	0,00000000
9,331	0,00000264	1	0,00213769	0,00000000	0,00000000	0,00148105	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,00000290		Sum	0,00000710
				Mr0	0,00000056		Mr0	0,00000137

we	Sea State 2	SM	Surge			Sway		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	1,05013406	0,00000000	0,00000000	0,01001726	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00001577	4	0,71358788	0,00000803	0,00003213	0,00101697	0,00000000	0,00000000
0,703	0,02824845	2	0,57624072	0,00937999	0,01875999	0,00042793	0,00000001	0,00000001
1,061	0,01220637	4	0,46422097	0,00263049	0,01052195	0,00025407	0,00000000	0,00000000
1,460	0,00374661	2	0,36329705	0,00049450	0,00098899	0,00013010	0,00000000	0,00000000
1,898	0,00130392	4	0,27443424	0,00009820	0,00039281	0,00013362	0,00000000	0,00000000
2,376	0,00052326	2	0,21111052	0,00002332	0,00004664	0,00048909	0,00000000	0,00000000
2,893	0,00023603	4	0,15081581	0,00000537	0,00002147	0,00091775	0,00000000	0,00000000
3,450	0,00011682	2	0,10762774	0,00000135	0,00000271	0,00090795	0,00000000	0,00000000
4,047	0,00006228	4	0,04980842	0,00000015	0,00000062	0,00037271	0,00000000	0,00000000
4,683	0,00003526	2	0,02088608	0,00000002	0,00000003	0,00025166	0,00000000	0,00000000

5,359	0,00002099	4	0,01379346	0,00000000	0,00000002	0,00003501	0,00000000	0,00000000	
6,074	0,00001302	2	0,01566769	0,00000000	0,00000001	0,00006031	0,00000000	0,00000000	
6,829	0,00000838	4	0,00995660	0,00000000	0,00000000	0,00282386	0,00000000	0,00000000	
7,623	0,00000555	2	0,00296479	0,00000000	0,00000000	0,00003505	0,00000000	0,00000000	
8,458	0,00000378	4	0,00367341	0,00000000	0,00000000	0,00023516	0,00000000	0,00000000	
9,331	0,00000264	1	0,00374259	0,00000000	0,00000000	0,00012649	0,00000000	0,00000000	
				Sum	0,03076736			Sum	0,00000002
				Mr0	0,00591503			Mr0	0,00000000

Sea State 3

we	Sea State 3	SM	Heave			Pitch			
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM	
0,103	0,00000000	1	0,0578357	0,00000000	0,00000000	0,02567830	0,00000000	0,00000000	
0,383	0,00004601	4	0,2067910	0,00000197	0,00000787	0,23098700	0,00000245	0,00000982	
0,703	0,08239132	2	1,0507890	0,09097299	0,18194599	0,87136500	0,06255783	0,12511566	
1,061	0,03560192	4	1,3678900	0,06661557	0,26646229	1,63257890	0,09489029	0,37956115	
1,460	0,01092762	2	0,8953770	0,00876068	0,01752135	1,64125678	0,02943600	0,05887200	
1,898	0,00380309	4	0,8953770	0,00304894	0,01219574	1,64548243	0,01029729	0,04118915	
2,376	0,00152617	2	0,9123330	0,00127031	0,00254061	1,73665596	0,00460288	0,00920576	
2,893	0,00068843	4	1,1586159	0,00092414	0,00369657	0,93248955	0,00059862	0,00239446	
3,450	0,00034073	2	1,7095919	0,00099587	0,00199174	1,67575479	0,00095684	0,00191367	
4,047	0,00018164	4	0,1378048	0,00000345	0,00001380	0,57451288	0,00005995	0,00023981	
4,683	0,00010284	2	0,0312889	0,00000010	0,00000020	0,23464635	0,00000566	0,00001133	
5,359	0,00006121	4	0,0290961	0,00000005	0,00000021	0,08476607	0,00000044	0,00000176	
6,074	0,00003799	2	0,0155178	0,00000001	0,00000002	0,07460411	0,00000021	0,00000042	
6,829	0,00002443	4	0,0096910	0,00000000	0,00000001	0,05685322	0,00000008	0,00000032	
7,623	0,00001620	2	0,0109812	0,00000000	0,00000000	0,01880600	0,00000001	0,00000001	
8,458	0,00001103	4	0,0069121	0,00000000	0,00000000	0,05808552	0,00000004	0,00000015	
9,331	0,00000769	1	0,0029910	0,00000000	0,00000000	0,05132050	0,00000002	0,00000002	
				Sum	0,4863764			Sum	0,618515484
				Mr0	0,09350586			Mr0	0,118909602

we	Sea State 3	SM	Roll			Yaw		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,00172854	0,00000000	0,00000000	0,01256513	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00004601	4	0,00088736	0,00000000	0,00000000	0,00621937	0,00000000	0,00000001
0,703	0,08239132	2	0,00080492	0,00000005	0,00000011	0,00621360	0,00000318	0,00000636
1,061	0,03560192	4	0,00100322	0,00000004	0,00000014	0,00737701	0,00000194	0,00000775
1,460	0,01092762	2	0,00293300	0,00000009	0,00000019	0,01004499	0,00000110	0,00000221
1,898	0,00380309	4	0,01096102	0,00000046	0,00000183	0,01372038	0,00000072	0,00000286
2,376	0,00152617	2	0,03084808	0,00000145	0,00000290	0,02067489	0,00000065	0,00000130
2,893	0,00068843	4	0,02455546	0,00000042	0,00000166	0,00253424	0,00000000	0,00000002
3,450	0,00034073	2	0,02290880	0,00000018	0,00000036	0,00616511	0,00000001	0,00000003
4,047	0,00018164	4	0,01176504	0,00000003	0,00000010	0,00646774	0,00000001	0,00000003

4,683	0,00010284	2	0,00538315	0,00000000	0,00000001	0,00731345	0,00000001	0,00000001
5,359	0,00006121	4	0,00477593	0,00000000	0,00000001	0,00169388	0,00000000	0,00000000
6,074	0,00003799	2	0,00193376	0,00000000	0,00000000	0,00052158	0,00000000	0,00000000
6,829	0,00002443	4	0,10850843	0,00000029	0,00000115	0,03659853	0,00000003	0,00000013
7,623	0,00001620	2	0,00551477	0,00000000	0,00000000	0,00386399	0,00000000	0,00000000
8,458	0,00001103	4	0,01182922	0,00000000	0,00000001	0,00072975	0,00000000	0,00000000
9,331	0,00000769	1	0,00213769	0,00000000	0,00000000	0,00148105	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,00000846		Sum	0,00002071
				Mr0	0,00000163		Mr0	0,00000398

we	Sea State 3	SM	Surge			Sway		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	1,05013406	0,00000000	0,00000000	0,01001726	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00004601	4	0,71358788	0,00002343	0,00009371	0,00101697	0,00000000	0,00000000
0,703	0,08239132	2	0,57624072	0,02735831	0,05471663	0,00042793	0,00000002	0,00000003
1,061	0,03560192	4	0,46422097	0,00767225	0,03068901	0,00025407	0,00000000	0,00000001
1,460	0,01092762	2	0,36329705	0,00144228	0,00288456	0,00013010	0,00000000	0,00000000
1,898	0,00380309	4	0,27443424	0,00028643	0,00114571	0,00013362	0,00000000	0,00000000
2,376	0,00152617	2	0,21111052	0,00006802	0,00013604	0,00048909	0,00000000	0,00000000
2,893	0,00068843	4	0,15081581	0,00001566	0,00006263	0,00091775	0,00000000	0,00000000
3,450	0,00034073	2	0,10762774	0,00000395	0,00000789	0,00090795	0,00000000	0,00000000
4,047	0,00018164	4	0,04980842	0,00000045	0,00000180	0,00037271	0,00000000	0,00000000
4,683	0,00010284	2	0,02088608	0,00000004	0,00000009	0,00025166	0,00000000	0,00000000
5,359	0,00006121	4	0,01379346	0,00000001	0,00000005	0,00003501	0,00000000	0,00000000
6,074	0,00003799	2	0,01566769	0,00000001	0,00000002	0,00006031	0,00000000	0,00000000
6,829	0,00002443	4	0,00995660	0,00000000	0,00000001	0,00282386	0,00000000	0,00000000
7,623	0,00001620	2	0,00296479	0,00000000	0,00000000	0,00003505	0,00000000	0,00000000
8,458	0,00001103	4	0,00367341	0,00000000	0,00000000	0,00023516	0,00000000	0,00000000
9,331	0,00000769	1	0,00374259	0,00000000	0,00000000	0,00012649	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,03076736		Sum	0,00000002
				Mr0	0,00591503		Mr0	0,00000000

10 Knot, *Heading* 135°

Sea State 1

we	Sea State 1	SM	Heave			Pitch		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,04896754	0,00000000	0,00000000	0,00243568	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00000282	4	0,20651588	0,00000012	0,00000012	0,25193687	0,00000018	0,00000072
0,703	0,00518179	2	1,04327382	0,00563996	0,00563996	0,97338993	0,00490968	0,00981936
1,061	0,00227753	4	1,34011807	0,00409026	0,00409026	1,70814752	0,00664531	0,02658126
1,460	0,00070739	2	0,86937770	0,00053466	0,00053466	1,52118672	0,00163692	0,00327384
1,898	0,00024832	4	0,89530700	0,00019905	0,00019905	1,44383881	0,00051766	0,00207066
2,376	0,00010030	2	0,98930162	0,00009816	0,00009816	1,58938630	0,00025336	0,00050673

2,893	0,00004547	4	0,97192270	0,00004295	0,00004295	1,55680993	0,00011020	0,00044080
3,450	0,00002259	2	1,22883916	0,00003412	0,00003412	0,68853568	0,00001071	0,00002142
4,047	0,00001208	4	1,56599367	0,00002963	0,00002963	1,47735188	0,00002637	0,00010548
4,683	0,00000686	2	0,13845836	0,00000013	0,00000013	0,54413582	0,00000203	0,00000406
5,359	0,00000409	4	0,03251230	0,00000000	0,00000000	0,35249734	0,00000051	0,00000203
6,074	0,00000254	2	0,03630667	0,00000000	0,00000000	0,14858635	0,00000006	0,00000011
6,829	0,00000164	4	0,03968651	0,00000000	0,00000000	0,11301631	0,00000002	0,00000008
7,623	0,00000109	2	0,01188656	0,00000000	0,00000000	0,15112903	0,00000002	0,00000005
8,458	0,00000074	4	0,00324068	0,00000000	0,00000000	0,10522937	0,00000001	0,00000003
9,331	0,00000052	1	0,01080859	0,00000000	0,00000000	0,03603415	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,01066904		Sum	0,04282433
				Mr0	0,00205112		Mr0	0,00823298

we	Sea State 1	SM	Roll			Yaw		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,26110730	0,00000000	0,00000000	1,92851160	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00000282	4	0,70389475	0,00000140	0,00000559	4,96977328	0,00006963	0,00027853
0,703	0,00518179	2	1,16601660	0,00704513	0,01409026	7,01820592	0,25523000	0,51046000
1,061	0,00227753	4	1,72267435	0,00675882	0,02703530	7,89340288	0,14190358	0,56761432
1,460	0,00070739	2	2,32474240	0,00382306	0,00764613	8,12955753	0,04675150	0,09350300
1,898	0,00024832	4	2,82779949	0,00198568	0,00794271	7,91725049	0,01556539	0,06226156
2,376	0,00010030	2	3,17549753	0,00101137	0,00202274	7,29650924	0,00533970	0,01067940
2,893	0,00004547	4	3,41222270	0,00052941	0,00211762	6,51717782	0,00193123	0,00772491
3,450	0,00002259	2	3,80566316	0,00032722	0,00065444	6,63041382	0,00099326	0,00198652
4,047	0,00001208	4	3,57046026	0,00015402	0,00061610	6,38449841	0,00049249	0,00196995
4,683	0,00000686	2	2,97267975	0,00006061	0,00012122	6,52210836	0,00029176	0,00058351
5,359	0,00000409	4	8,53323366	0,00029787	0,00119150	1,84970872	0,00001400	0,00005599
6,074	0,00000254	2	3,64825505	0,00003385	0,00006770	2,86434036	0,00002087	0,00004173
6,829	0,00000164	4	3,39740440	0,00001891	0,00007562	1,84027366	0,00000555	0,00002219
7,623	0,00000109	2	1,33296456	0,00000193	0,00000386	0,66231731	0,00000048	0,00000095
8,458	0,00000074	4	2,98434614	0,00000660	0,00002641	2,41491114	0,00000432	0,00001729
9,331	0,00000052	1	1,18352995	0,00000072	0,00000072	1,20799942	0,00000075	0,00000075
				Sum	0,06225210		Sum	1,25706171
				Mr0	0,01196797		Mr0	0,24167011

we	Sea State 1	SM	Surge			Sway		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,76541060	0,00000000	0,00000000	1,66321552	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00000282	4	0,54997331	0,00000085	0,00000341	1,19791353	0,00000405	0,00001618
0,703	0,00518179	2	0,46855208	0,00113761	0,00227523	0,99128306	0,00509184	0,01018368
1,061	0,00227753	4	0,39702627	0,00035901	0,00143603	0,81564951	0,00151521	0,00606083
1,460	0,00070739	2	0,32988542	0,00007698	0,00015396	0,67785352	0,00032504	0,00065007
1,898	0,00024832	4	0,26456159	0,00001738	0,00006952	0,55935985	0,00007770	0,00031078
2,376	0,00010030	2	0,21733019	0,00000474	0,00000947	0,44995362	0,00002031	0,00004061

2,893	0,00004547	4	0,17395295	0,00000138	0,00000550	0,35999581	0,00000589	0,00002357
3,450	0,00002259	2	0,13143413	0,00000039	0,00000078	0,29830778	0,00000201	0,00000402
4,047	0,00001208	4	0,10380074	0,00000013	0,00000052	0,23860218	0,00000069	0,00000275
4,683	0,00000686	2	0,05904728	0,00000002	0,00000005	0,22204548	0,00000034	0,00000068
5,359	0,00000409	4	0,02392236	0,00000000	0,00000001	0,12619850	0,00000007	0,00000026
6,074	0,00000254	2	0,00786393	0,00000000	0,00000000	0,02412582	0,00000000	0,00000000
6,829	0,00000164	4	0,00658633	0,00000000	0,00000000	0,00283158	0,00000000	0,00000000
7,623	0,00000109	2	0,01025899	0,00000000	0,00000000	0,00178149	0,00000000	0,00000000
8,458	0,00000074	4	0,00571910	0,00000000	0,00000000	0,06161831	0,00000000	0,00000001
9,331	0,00000052	1	0,00456736	0,00000000	0,00000000	0,01324493	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,00395448		Sum	0,01729318
				Mr0	0,00076025		Mr0	0,00332461

Sea State 2

we	Sea State 2	SM	Heave			Pitch		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,04896754	0,00000000	0,00000000	0,00243568	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00001692	4	0,20651588	0,00000072	0,00000289	0,25193687	0,00000107	0,00000429
0,703	0,03109072	2	1,04327382	0,03383977	0,06767954	0,97338993	0,02945808	0,05891616
1,061	0,01366520	4	1,34011807	0,02454156	0,09816625	1,70814752	0,03987189	0,15948756
1,460	0,00424437	2	0,86937770	0,00320797	0,00641594	1,52118672	0,00982151	0,01964301
1,898	0,00148992	4	0,89530700	0,00119428	0,00477712	1,44383881	0,00310599	0,01242396
2,376	0,00060178	2	0,98930162	0,00058897	0,00117795	1,58938630	0,00152019	0,00304037
2,893	0,00027281	4	0,97192270	0,00025771	0,00103083	1,55680993	0,00066121	0,00264482
3,450	0,00013556	2	1,22883916	0,00020470	0,00040941	0,68853568	0,00006427	0,00012853
4,047	0,00007249	4	1,56599367	0,00017778	0,00071110	1,47735188	0,00015822	0,00063288
4,683	0,00004115	2	0,13845836	0,00000079	0,00000158	0,54413582	0,00001218	0,00002437
5,359	0,00002454	4	0,03251230	0,00000003	0,00000010	0,35249734	0,00000305	0,00001220
6,074	0,00001526	2	0,03630667	0,00000002	0,00000004	0,14858635	0,00000034	0,00000067
6,829	0,00000983	4	0,03968651	0,00000002	0,00000006	0,11301631	0,00000013	0,00000050
7,623	0,00000652	2	0,01188656	0,00000000	0,00000000	0,15112903	0,00000015	0,00000030
8,458	0,00000445	4	0,00324068	0,00000000	0,00000000	0,10522937	0,00000005	0,00000020
9,331	0,00000310	1	0,01080859	0,00000000	0,00000000	0,03603415	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,18037280		Sum	0,18037280
				Mr0	0,03467667		Mr0	0,03467667

we	Sea State 2	SM	Roll			Yaw		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,26110730	0,00000000	0,00000000	1,92851160	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00001692	4	0,70389475	0,00000838	0,00003352	4,96977328	0,00041779	0,00167117
0,703	0,03109072	2	1,16601660	0,04227078	0,08454155	7,01820592	1,53138001	3,06276002
1,061	0,01366520	4	1,72267435	0,04055295	0,16221179	7,89340288	0,85142148	3,40568593
1,460	0,00424437	2	2,32474240	0,02293838	0,04587675	8,12955753	0,28050901	0,56101802
1,898	0,00148992	4	2,82779949	0,01191406	0,04765623	7,91725049	0,09339234	0,37356935

2,376	0,00060178	2	3,17549753	0,00606822	0,01213644	7,29650924	0,03203820	0,06407641	
2,893	0,00027281	4	3,41222270	0,00317644	0,01270574	6,51717782	0,01158736	0,04634944	
3,450	0,00013556	2	3,80566316	0,00196333	0,00392667	6,63041382	0,00595956	0,01191913	
4,047	0,00007249	4	3,57046026	0,00092415	0,00369659	6,38449841	0,00295493	0,01181971	
4,683	0,00004115	2	2,97267975	0,00036366	0,00072731	6,52210836	0,00175054	0,00350108	
5,359	0,00002454	4	8,53323366	0,00178724	0,00714898	1,84970872	0,00008398	0,00033591	
6,074	0,00001526	2	3,64825505	0,00020310	0,00040620	2,86434036	0,00012519	0,00025039	
6,829	0,00000983	4	3,39740440	0,00011344	0,00045374	1,84027366	0,00003328	0,00013313	
7,623	0,00000652	2	1,33296456	0,00001159	0,00002319	0,66231731	0,00000286	0,00000572	
8,458	0,00000445	4	2,98434614	0,00003962	0,00015847	2,41491114	0,00002594	0,00010377	
9,331	0,00000310	1	1,18352995	0,00000435	0,00000435	1,20799942	0,00000453	0,00000453	
				Sum	0,38170754			Sum	7,54320371
				Mr0	0,07338327			Mr0	1,45018091

we	Sea State 2	SM	Surge			Sway			
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM	
0,103	0,00000000	1	0,76541060	0,00000000	0,00000000	1,66321552	0,00000000	0,00000000	
0,383	0,00001692	4	0,54997331	0,00000512	0,00002047	1,19791353	0,00002427	0,00009710	
0,703	0,03109072	2	0,46855208	0,00682569	0,01365138	0,99128306	0,03055105	0,06110210	
1,061	0,01366520	4	0,39702627	0,00215404	0,00861618	0,81564951	0,00909124	0,03636497	
1,460	0,00424437	2	0,32988542	0,00046189	0,00092378	0,67785352	0,00195022	0,00390045	
1,898	0,00148992	4	0,26456159	0,00010428	0,00041713	0,55935985	0,00046617	0,00186468	
2,376	0,00060178	2	0,21733019	0,00002842	0,00005685	0,44995362	0,00012184	0,00024367	
2,893	0,00027281	4	0,17395295	0,00000826	0,00003302	0,35999581	0,00003536	0,00014142	
3,450	0,00013556	2	0,13143413	0,00000234	0,00000468	0,29830778	0,00001206	0,00002413	
4,047	0,00007249	4	0,10380074	0,00000078	0,00000312	0,23860218	0,00000413	0,00001651	
4,683	0,00004115	2	0,05904728	0,00000014	0,00000029	0,22204548	0,00000203	0,00000406	
5,359	0,00002454	4	0,02392236	0,00000001	0,00000006	0,12619850	0,00000039	0,00000156	
6,074	0,00001526	2	0,00786393	0,00000000	0,00000000	0,02412582	0,00000001	0,00000002	
6,829	0,00000983	4	0,00658633	0,00000000	0,00000000	0,00283158	0,00000000	0,00000000	
7,623	0,00000652	2	0,01025899	0,00000000	0,00000000	0,00178149	0,00000000	0,00000000	
8,458	0,00000445	4	0,00571910	0,00000000	0,00000000	0,06161831	0,00000002	0,00000007	
9,331	0,00000310	1	0,00456736	0,00000000	0,00000000	0,01324493	0,00000000	0,00000000	
				Sum	0,02372696			Sum	0,10376073
				Mr0	0,00456151			Mr0	0,01994800

Sea State 3

we	Sea State 3	SM	Heave			Pitch		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,04896754	0,00000000	0,00000000	0,00243568	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00004934	4	0,20651588	0,00000210	0,00000842	0,25193687	0,00000313	0,00001253
0,703	0,09068126	2	1,04327382	0,09869932	0,19739865	0,97338993	0,08591940	0,17183881
1,061	0,03985684	4	1,34011807	0,07157955	0,28631822	1,70814752	0,11629301	0,46517204
1,460	0,01237941	2	0,86937770	0,00935657	0,01871314	1,52118672	0,02864606	0,05729211

1,898	0,00434560	4	0,89530700	0,00348332	0,01393328	1,44383881	0,00905913	0,03623654
2,376	0,00175519	2	0,98930162	0,00171784	0,00343568	1,58938630	0,00443388	0,00886775
2,893	0,00079571	4	0,97192270	0,00075165	0,00300660	1,55680993	0,00192852	0,00771407
3,450	0,00039538	2	1,22883916	0,00059705	0,00119410	0,68853568	0,00018744	0,00037489
4,047	0,00021144	4	1,56599367	0,00051851	0,00207405	1,47735188	0,00046147	0,00184590
4,683	0,00012003	2	0,13845836	0,00000230	0,00000460	0,54413582	0,00003554	0,00007108
5,359	0,00007159	4	0,03251230	0,00000008	0,00000030	0,35249734	0,00000890	0,00003558
6,074	0,00004451	2	0,03630667	0,00000006	0,00000012	0,14858635	0,00000098	0,00000197
6,829	0,00002866	4	0,03968651	0,00000005	0,00000018	0,11301631	0,00000037	0,00000146
7,623	0,00001903	2	0,01188656	0,00000000	0,00000001	0,15112903	0,00000043	0,00000087
8,458	0,00001297	4	0,00324068	0,00000000	0,00000000	0,10522937	0,00000014	0,00000057
9,331	0,00000905	1	0,01080859	0,00000000	0,00000000	0,03603415	0,00000001	0,00000001
				Sum	0,52608734		Sum	0,74946618
				Mr0	0,10114029		Mr0	0,14408487

we	Sea State 3	SM	Roll			Yaw		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,26110730	0,00000000	0,00000000	1,92851160	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00004934	4	0,70389475	0,00002444	0,00009778	4,96977328	0,00121856	0,00487424
0,703	0,09068126	2	1,16601660	0,12328976	0,24657953	7,01820592	4,46652502	8,93305005
1,061	0,03985684	4	1,72267435	0,11827943	0,47311773	7,89340288	2,48331266	9,93325064
1,460	0,01237941	2	2,32474240	0,06690360	0,13380719	8,12955753	0,81815128	1,63630256
1,898	0,00434560	4	2,82779949	0,03474934	0,13899734	7,91725049	0,27239432	1,08957728
2,376	0,00175519	2	3,17549753	0,01769898	0,03539796	7,29650924	0,09344476	0,18688953
2,893	0,00079571	4	3,41222270	0,00926460	0,03705842	6,51717782	0,03379647	0,13518586
3,450	0,00039538	2	3,80566316	0,00572639	0,01145277	6,63041382	0,01738206	0,03476412
4,047	0,00021144	4	3,57046026	0,00269543	0,01078173	6,38449841	0,00861854	0,03447414
4,683	0,00012003	2	2,97267975	0,00106067	0,00212133	6,52210836	0,00510574	0,01021149
5,359	0,00007159	4	8,53323366	0,00521279	0,02085118	1,84970872	0,00024493	0,00097974
6,074	0,00004451	2	3,64825505	0,00059237	0,00118474	2,86434036	0,00036515	0,00073030
6,829	0,00002866	4	3,39740440	0,00033085	0,00132341	1,84027366	0,00009707	0,00038830
7,623	0,00001903	2	1,33296456	0,00003381	0,00006763	0,66231731	0,00000835	0,00001670
8,458	0,00001297	4	2,98434614	0,00011555	0,00046222	2,41491114	0,00007566	0,00030266
9,331	0,00000905	1	1,18352995	0,00001268	0,00001268	1,20799942	0,00001321	0,00001321
				Sum	1,11331365		Sum	22,00101081
				Mr0	0,21403455		Mr0	4,22969433

we	Sea State 3	SM	Surge			Sway		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,76541060	0,00000000	0,00000000	1,66321552	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00004934	4	0,54997331	0,00001492	0,00005969	1,19791353	0,00007080	0,00028319
0,703	0,09068126	2	0,46855208	0,01990826	0,03981652	0,99128306	0,08910723	0,17821445
1,061	0,03985684	4	0,39702627	0,00628263	0,02513051	0,81564951	0,02651612	0,10606449
1,460	0,01237941	2	0,32988542	0,00134718	0,00269436	0,67785352	0,00568816	0,01137631

1,898	0,00434560	4	0,26456159	0,00030416	0,00121664	0,55935985	0,00135966	0,00543866
2,376	0,00175519	2	0,21733019	0,00008290	0,00016580	0,44995362	0,00035535	0,00071071
2,893	0,00079571	4	0,17395295	0,00002408	0,00009631	0,35999581	0,00010312	0,00041248
3,450	0,00039538	2	0,13143413	0,00000683	0,00001366	0,29830778	0,00003518	0,00007037
4,047	0,00021144	4	0,10380074	0,00000228	0,00000911	0,23860218	0,00001204	0,00004815
4,683	0,00012003	2	0,05904728	0,00000042	0,00000084	0,22204548	0,00000592	0,00001184
5,359	0,00007159	4	0,02392236	0,00000004	0,00000016	0,12619850	0,00000114	0,00000456
6,074	0,00004451	2	0,00786393	0,00000000	0,00000001	0,02412582	0,00000003	0,00000005
6,829	0,00002866	4	0,00658633	0,00000000	0,00000000	0,00283158	0,00000000	0,00000000
7,623	0,00001903	2	0,01025899	0,00000000	0,00000000	0,00178149	0,00000000	0,00000000
8,458	0,00001297	4	0,00571910	0,00000000	0,00000000	0,06161831	0,00000005	0,00000020
9,331	0,00000905	1	0,00456736	0,00000000	0,00000000	0,01324493	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,06920363		Sum	0,30263547
				Mr0	0,01330440		Mr0	0,05818167

10 Knot, Heading 90°

Sea State 1

we	Sea State 1	SM	Heave		Scr*SM	Pitch		Scr*SM
			RAO	Scr		RAO	Scr	
0,103	0,00000000	1	0,04987653	0,00000000	0,00000000	0,02547890	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00000353	4	0,20588659	0,00000015	0,00000015	0,31110373	0,00000034	0,00000137
0,703	0,00740453	2	1,02703811	0,00781035	0,00781035	1,34390002	0,01337307	0,02674615
1,061	0,00365423	4	1,27922196	0,00597981	0,00597981	2,42114641	0,02142091	0,08568362
1,460	0,00125858	2	0,78946488	0,00078441	0,00078441	1,96000769	0,00483498	0,00966997
1,898	0,00048504	4	0,78156445	0,00029628	0,00029628	1,55557014	0,00117369	0,00469478
2,376	0,00021333	2	0,87516244	0,00016339	0,00016339	1,43455445	0,00043901	0,00087802
2,893	0,00010459	4	0,95105577	0,00009460	0,00009460	1,30421833	0,00017791	0,00071163
3,450	0,00005588	2	0,94510072	0,00004991	0,00004991	1,16658863	0,00007605	0,00015210
4,047	0,00003197	4	0,92714065	0,00002748	0,00002748	1,01857234	0,00003317	0,00013268
4,683	0,00001933	2	0,88179678	0,00001503	0,00001503	0,85558263	0,00001415	0,00002830
5,359	0,00001224	4	0,79538774	0,00000774	0,00000774	0,66940427	0,00000548	0,00002193
6,074	0,00000805	2	0,67041022	0,00000362	0,00000362	0,46227707	0,00000172	0,00000344
6,829	0,00000546	4	0,54800832	0,00000164	0,00000164	0,29100541	0,00000046	0,00000185
7,623	0,00000382	2	0,52063030	0,00000103	0,00000103	0,24672343	0,00000023	0,00000046
8,458	0,00000273	4	0,69762945	0,00000133	0,00000133	0,27540126	0,00000021	0,00000083
9,331	0,00000199	1	1,30525994	0,00000340	0,00000340	0,39372191	0,00000031	0,00000031
				Sum	0,01524018		Sum	0,12872743
				Mr0	0,00292992		Mr0	0,02474785

we	Sea State 1	SM	Roll		Scr*SM	Yaw		Scr*SM
			RAO	Scr		RAO	Scr	

0,103	0,00000000	1	0,37673136	0,00000000	0,00000000	2,78414690	0,00000000	0,00000000		
0,383	0,00000353	4	1,06408734	0,00000400	0,00001599	7,50557023	0,00019889	0,00079555		
0,703	0,00740453	2	1,85680357	0,02552873	0,05105746	11,28999705	0,94381087	1,88762173		
1,061	0,00365423	4	2,87069030	0,03011400	0,12045599	13,49741259	0,66572791	2,66291162		
1,460	0,00125858	2	4,13123779	0,02148027	0,04296055	14,41186820	0,26140866	0,52281732		
1,898	0,00048504	4	5,47687854	0,01454930	0,05819720	14,40826015	0,10069293	0,40277171		
2,376	0,00021333	2	6,69039654	0,00954874	0,01909748	13,74172333	0,04028328	0,08056656		
2,893	0,00010459	4	7,59390080	0,00603143	0,02412573	12,54630618	0,01646351	0,06585404		
3,450	0,00005588	2	8,11208676	0,00367726	0,00735451	10,96798180	0,00672221	0,01344442		
4,047	0,00003197	4	8,29919381	0,00220203	0,00880813	9,26458214	0,00274412	0,01097649		
4,683	0,00001933	2	8,32727955	0,00134063	0,00268127	7,72811231	0,00115465	0,00230930		
5,359	0,00001224	4	8,41600542	0,00086671	0,00346682	6,57365196	0,00052878	0,00211511		
6,074	0,00000805	2	8,61259021	0,00059681	0,00119363	6,01942821	0,00029153	0,00058306		
6,829	0,00000546	4	7,38694350	0,00029816	0,00119263	6,72708362	0,00024727	0,00098907		
7,623	0,00000382	2	2,72183807	0,00002826	0,00005653	7,06008395	0,00019016	0,00038032		
8,458	0,00000273	4	3,68850151	0,00003712	0,00014848	6,13107406	0,00010256	0,00041025		
9,331	0,00000199	1	4,35771320	0,00003784	0,00003784	5,57213577	0,00006187	0,00006187		
					Sum	0,34085024			Sum	5,65460844
					Mr0	0,06552846			Mr0	1,08709847

we	Sea State 1	SM	Surge			Sway				
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM		
0,103	0,00000000	1	0,01140527	0,00000000	0,00000000	2,50697088	0,00000000	0,00000000		
0,383	0,00000353	4	0,01087459	0,00000000	0,00000000	2,02852750	0,00001453	0,00005811		
0,703	0,00740453	2	0,01148442	0,00000098	0,00000195	1,89886034	0,02669828	0,05339657		
1,061	0,00365423	4	0,01238076	0,00000056	0,00000224	1,74634612	0,01114439	0,04457757		
1,460	0,00125858	2	0,01349522	0,00000023	0,00000046	1,59315670	0,00319445	0,00638890		
1,898	0,00048504	4	0,01466307	0,00000010	0,00000042	1,44602263	0,00101421	0,00405682		
2,376	0,00021333	2	0,01560443	0,00000005	0,00000010	1,30092824	0,00036103	0,00072207		
2,893	0,00010459	4	0,01607827	0,00000003	0,00000011	1,15162265	0,00013871	0,00055484		
3,450	0,00005588	2	0,01602977	0,00000001	0,00000003	0,99845660	0,00005571	0,00011142		
4,047	0,00003197	4	0,01581785	0,00000001	0,00000003	0,85086024	0,00002315	0,00009258		
4,683	0,00001933	2	0,01583236	0,00000000	0,00000001	0,71974194	0,00001002	0,00002003		
5,359	0,00001224	4	0,01533298	0,00000000	0,00000001	0,61032057	0,00000456	0,00001823		
6,074	0,00000805	2	0,01311512	0,00000000	0,00000000	0,52372599	0,00000221	0,00000441		
6,829	0,00000546	4	0,00957331	0,00000000	0,00000000	0,41742316	0,00000095	0,00000381		
7,623	0,00000382	2	0,00757291	0,00000000	0,00000000	0,18152855	0,00000013	0,00000025		
8,458	0,00000273	4	0,00986045	0,00000000	0,00000000	0,10787670	0,00000003	0,00000013		
9,331	0,00000199	1	0,01416886	0,00000000	0,00000000	0,09633946	0,00000002	0,00000002		
					Sum	0,00000537			Sum	0,11000577
					Mr0	0,00000103			Mr0	0,02114861

Sea State 2

We	Sea State 2	SM	Heave		Pitch	
----	-------------	----	-------	--	-------	--

			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,04987653	0,00000000	0,00000000	0,02547890	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00002118	4	0,20588659	0,00000090	0,00000359	0,31110373	0,00000205	0,00000820
0,703	0,04442716	2	1,02703811	0,04686209	0,09372419	1,34390002	0,08023844	0,16047688
1,061	0,02192537	4	1,27922196	0,03587887	0,14351549	2,42114641	0,12852543	0,51410173
1,460	0,00755146	2	0,78946488	0,00470648	0,00941296	1,96000769	0,02900990	0,05801980
1,898	0,00291023	4	0,78156445	0,00177769	0,00711077	1,55557014	0,00704217	0,02816867
2,376	0,00127995	2	0,87516244	0,00098033	0,00196065	1,43455445	0,00263407	0,00526815
2,893	0,00062754	4	0,95105577	0,00056762	0,00227046	1,30421833	0,00106744	0,00426975
3,450	0,00033528	2	0,94510072	0,00029948	0,00059896	1,16658863	0,00045629	0,00091259
4,047	0,00019182	4	0,92714065	0,00016489	0,00065956	1,01857234	0,00019902	0,00079606
4,683	0,00011600	2	0,88179678	0,00009020	0,00018039	0,85558263	0,00008491	0,00016983
5,359	0,00007342	4	0,79538774	0,00004645	0,00018579	0,66940427	0,00003290	0,00013160
6,074	0,00004827	2	0,67041022	0,00002170	0,00004339	0,46227707	0,00001032	0,00002063
6,829	0,00003278	4	0,54800832	0,00000985	0,00003938	0,29100541	0,00000278	0,00001111
7,623	0,00002289	2	0,52063030	0,00000620	0,00001241	0,24672343	0,00000139	0,00000279
8,458	0,00001637	4	0,69762945	0,00000797	0,00003187	0,27540126	0,00000124	0,00000497
9,331	0,00001196	1	1,30525994	0,00002037	0,00002037	0,39372191	0,00000185	0,00000185
				Sum	0,25977024		Sum	0,77236460
				Mr0	0,04994083		Mr0	0,14848709

we	Sea State 2	SM	Roll			Yaw		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,37673136	0,00000000	0,00000000	2,78414690	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00002118	4	1,06408734	0,00002399	0,00009594	7,50557023	0,00119332	0,00477329
0,703	0,04442716	2	1,85680357	0,15317239	0,30634478	11,28999705	5,66286520	11,32573041
1,061	0,02192537	4	2,87069030	0,18068398	0,72273592	13,49741259	3,99436744	15,97746974
1,460	0,00755146	2	4,13123779	0,12888164	0,25776328	14,41186820	1,56845197	3,13690395
1,898	0,00291023	4	5,47687854	0,08729580	0,34918321	14,40826015	0,60415757	2,41663029
2,376	0,00127995	2	6,69039654	0,05729245	0,11458490	13,74172333	0,24169968	0,48339937
2,893	0,00062754	4	7,59390080	0,03618860	0,14475439	12,54630618	0,09878106	0,39512424
3,450	0,00033528	2	8,11208676	0,02206354	0,04412708	10,96798180	0,04033327	0,08066655
4,047	0,00019182	4	8,29919381	0,01321219	0,05284876	9,26458214	0,01646473	0,06585893
4,683	0,00011600	2	8,32727955	0,00804380	0,01608760	7,72811231	0,00692790	0,01385580
5,359	0,00007342	4	8,41600542	0,00520023	0,02080092	6,57365196	0,00317266	0,01269065
6,074	0,00004827	2	8,61259021	0,00358088	0,00716176	6,01942821	0,00174917	0,00349835
6,829	0,00003278	4	7,38694350	0,00178894	0,00715576	6,72708362	0,00148361	0,00593444
7,623	0,00002289	2	2,72183807	0,00016958	0,00033916	7,06008395	0,00114095	0,00228191
8,458	0,00001637	4	3,68850151	0,00022272	0,00089090	6,13107406	0,00061538	0,00246150
9,331	0,00001196	1	4,35771320	0,00022706	0,00022706	5,57213577	0,00037125	0,00037125
				Sum	2,04510142		Sum	33,92765067
				Mr0	0,39317075		Mr0	6,52259084

we	Sea State 2	SM	Surge	Sway
----	-------------	----	-------	------

			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,01140527	0,00000000	0,00000000	2,50697088	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00002118	4	0,01087459	0,00000000	0,00000001	2,02852750	0,00008717	0,00034867
0,703	0,04442716	2	0,01148442	0,00000586	0,00001172	1,89886034	0,16018971	0,32037942
1,061	0,02192537	4	0,01238076	0,00000336	0,00001344	1,74634612	0,06686635	0,26746540
1,460	0,00755146	2	0,01349522	0,00000138	0,00000275	1,59315670	0,01916671	0,03833343
1,898	0,00291023	4	0,01466307	0,00000063	0,00000250	1,44602263	0,00608523	0,02434094
2,376	0,00127995	2	0,01560443	0,00000031	0,00000062	1,30092824	0,00216621	0,00433242
2,893	0,00062754	4	0,01607827	0,00000016	0,00000065	1,15162265	0,00083227	0,00332907
3,450	0,00033528	2	0,01602977	0,00000009	0,00000017	0,99845660	0,00033425	0,00066850
4,047	0,00019182	4	0,01581785	0,00000005	0,00000019	0,85086024	0,00013887	0,00055549
4,683	0,00011600	2	0,01583236	0,00000003	0,00000006	0,71974194	0,00006009	0,00012018
5,359	0,00007342	4	0,01533298	0,00000002	0,00000007	0,61032057	0,00002735	0,00010939
6,074	0,00004827	2	0,01311512	0,00000001	0,00000002	0,52372599	0,00001324	0,00002648
6,829	0,00003278	4	0,00957331	0,00000000	0,00000001	0,41742316	0,00000571	0,00002285
7,623	0,00002289	2	0,00757291	0,00000000	0,00000000	0,18152855	0,00000075	0,00000151
8,458	0,00001637	4	0,00986045	0,00000000	0,00000001	0,10787670	0,00000019	0,00000076
9,331	0,00001196	1	0,01416886	0,00000000	0,00000000	0,09633946	0,00000011	0,00000011
				Sum	0,00003223		Sum	0,66003461
				Mr0	0,00000620		Mr0	0,12689165

Sea State 3

we	Sea State 3	SM	Heave			Pitch		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,04987653	0,00000000	0,00000000	0,02547890	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00006178	4	0,20588659	0,00000262	0,00001048	0,31110373	0,00000598	0,00002392
0,703	0,12957922	2	1,02703811	0,13668111	0,27336221	1,34390002	0,23402879	0,46805758
1,061	0,06394900	4	1,27922196	0,10464671	0,41858684	2,42114641	0,37486584	1,49946337
1,460	0,02202508	2	0,78946488	0,01372724	0,02745447	1,96000769	0,08461220	0,16922441
1,898	0,00848817	4	0,78156445	0,00518494	0,02073975	1,55557014	0,02053965	0,08215862
2,376	0,00373319	2	0,87516244	0,00285929	0,00571858	1,43455445	0,00768271	0,01536542
2,893	0,00183033	4	0,95105577	0,00165554	0,00662218	1,30421833	0,00311336	0,01245344
3,450	0,00097791	2	0,94510072	0,00087348	0,00174696	1,16658863	0,00133086	0,00266172
4,047	0,00055949	4	0,92714065	0,00048093	0,00192372	1,01857234	0,00058046	0,00232185
4,683	0,00033833	2	0,88179678	0,00026307	0,00052615	0,85558263	0,00024767	0,00049533
5,359	0,00021414	4	0,79538774	0,00013547	0,00054189	0,66940427	0,00009596	0,00038383
6,074	0,00014080	2	0,67041022	0,00006328	0,00012657	0,46227707	0,00003009	0,00006018
6,829	0,00009562	4	0,54800832	0,00002872	0,00011486	0,29100541	0,00000810	0,00003239
7,623	0,00006676	2	0,52063030	0,00001810	0,00003619	0,24672343	0,00000406	0,00000813
8,458	0,00004775	4	0,69762945	0,00002324	0,00009295	0,27540126	0,00000362	0,00001449
9,331	0,00003487	1	1,30525994	0,00005942	0,00005942	0,39372191	0,00000541	0,00000541
				Sum	0,75669132		Sum	2,25222566
				Mr0	0,14547391		Mr0	0,43299038
We	Sea State 3	SM	Roll			Yaw		

			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,37673136	0,00000000	0,00000000	2,78414690	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00006178	4	1,06408734	0,00006996	0,00027983	7,50557023	0,00348052	0,01392209
0,703	0,12957922	2	1,85680357	0,44675281	0,89350562	11,28999705	16,51669017	33,03338035
1,061	0,06394900	4	2,87069030	0,52699494	2,10797977	13,49741259	11,65023835	46,60095341
1,460	0,02202508	2	4,13123779	0,37590478	0,75180956	14,41186820	4,57465159	9,14930319
1,898	0,00848817	4	5,47687854	0,25461276	1,01845102	14,40826015	1,76212625	7,04850500
2,376	0,00373319	2	6,69039654	0,16710298	0,33420596	13,74172333	0,70495741	1,40991483
2,893	0,00183033	4	7,59390080	0,10555008	0,42220031	12,54630618	0,28811143	1,15244571
3,450	0,00097791	2	8,11208676	0,06435199	0,12870398	10,96798180	0,11763871	0,23527742
4,047	0,00055949	4	8,29919381	0,03853556	0,15414222	9,26458214	0,04802214	0,19208855
4,683	0,00033833	2	8,32727955	0,02346108	0,04692216	7,72811231	0,02020638	0,04041276
5,359	0,00021414	4	8,41600542	0,01516734	0,06066935	6,57365196	0,00925360	0,03701440
6,074	0,00014080	2	8,61259021	0,01044423	0,02088847	6,01942821	0,00510175	0,01020351
6,829	0,00009562	4	7,38694350	0,00521774	0,02087097	6,72708362	0,00432720	0,01730879
7,623	0,00006676	2	2,72183807	0,00049461	0,00098921	7,06008395	0,00332778	0,00665557
8,458	0,00004775	4	3,68850151	0,00064961	0,00259845	6,13107406	0,00179485	0,00717939
9,331	0,00003487	1	4,35771320	0,00066225	0,00066225	5,57213577	0,00108280	0,00108280
				Sum	5,85820044		Sum	98,87620332
				Mr0	1,12623904		Mr0	19,00895009

we	Sea State 3	SM	Surge			Sway		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,01140527	0,00000000	0,00000000	2,50697088	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00006178	4	0,01087459	0,00000001	0,00000003	2,02852750	0,00025424	0,00101695
0,703	0,12957922	2	0,01148442	0,00001709	0,00003418	1,89886034	0,46721998	0,93443997
1,061	0,06394900	4	0,01238076	0,00000980	0,00003921	1,74634612	0,19502685	0,78010740
1,460	0,02202508	2	0,01349522	0,00000401	0,00000802	1,59315670	0,05590291	0,11180583
1,898	0,00848817	4	0,01466307	0,00000183	0,00000730	1,44602263	0,01774860	0,07099440
2,376	0,00373319	2	0,01560443	0,00000091	0,00000182	1,30092824	0,00631811	0,01263622
2,893	0,00183033	4	0,01607827	0,00000047	0,00000189	1,15162265	0,00242744	0,00970977
3,450	0,00097791	2	0,01602977	0,00000025	0,00000050	0,99845660	0,00097489	0,00194978
4,047	0,00055949	4	0,01581785	0,00000014	0,00000056	0,85086024	0,00040505	0,00162019
4,683	0,00033833	2	0,01583236	0,00000008	0,00000017	0,71974194	0,00017527	0,00035053
5,359	0,00021414	4	0,01533298	0,00000005	0,00000020	0,61032057	0,00007977	0,00031906
6,074	0,00014080	2	0,01311512	0,00000002	0,00000005	0,52372599	0,00003862	0,00007724
6,829	0,00009562	4	0,00957331	0,00000001	0,00000004	0,41742316	0,00001666	0,00006664
7,623	0,00006676	2	0,00757291	0,00000000	0,00000001	0,18152855	0,00000220	0,00000440
8,458	0,00004775	4	0,00986045	0,00000000	0,00000002	0,10787670	0,00000056	0,00000222
9,331	0,00003487	1	0,01416886	0,00000001	0,00000001	0,09633946	0,00000032	0,00000032
				Sum	0,00009368		Sum	1,92463105
				Mr0	0,00001801		Mr0	0,37001032

15 Knot, Heading 180°

Sea State 1

we	Sea State 1	SM	Heave		Scr*SM	Pitch		Scr*SM
			RAO	Scr		RAO	Scr	
0,103	0,00000000	1	0,99485964	0,00000000	0,00000000	2,16800535	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00000238	4	0,99814731	0,00000237	0,00000237	2,04527005	0,00000994	0,00003978
0,703	0,00413267	2	1,01724708	0,00427645	0,00427645	1,95230243	0,01575159	0,03150318
1,061	0,00175416	4	1,07348478	0,00202144	0,00202144	1,97237422	0,00682414	0,02729657
1,460	0,00053215	2	1,14884686	0,00070236	0,00070236	2,09314434	0,00233148	0,00466296
1,898	0,00018369	4	1,12197471	0,00023124	0,00023124	2,10563078	0,00081444	0,00325774
2,376	0,00007328	2	1,33680880	0,00013095	0,00013095	0,88870323	0,00005787	0,00011575
2,893	0,00003291	4	1,76327384	0,00010231	0,00010231	2,03925884	0,00013684	0,00054736
3,450	0,00001623	2	0,35292494	0,00000202	0,00000202	0,78983272	0,00001012	0,00002025
4,047	0,00000863	4	0,02980429	0,00000001	0,00000001	0,34442424	0,00000102	0,00000409
4,683	0,00000487	2	0,01089240	0,00000000	0,00000000	0,13315210	0,00000009	0,00000017
5,359	0,00000290	4	0,01160286	0,00000000	0,00000000	0,09491734	0,00000003	0,00000010
6,074	0,00000179	2	0,00270961	0,00000000	0,00000000	0,09818695	0,00000002	0,00000003
6,829	0,00000115	4	0,00820067	0,00000000	0,00000000	0,04397054	0,00000000	0,00000001
7,623	0,00000076	2	0,00862898	0,00000000	0,00000000	0,02818001	0,00000000	0,00000000
8,458	0,00000052	4	0,00523668	0,00000000	0,00000000	0,06445734	0,00000000	0,00000001
9,331	0,00000036	1	0,00305682	0,00000000	0,00000000	0,05507097	0,00000000	0,00000000
					Sum			Sum
					Mr0			Mr0
					0,00746914			0,06744801
					0,00143594			0,01296688

we	Sea State 1	SM	Roll		Scr*SM	Yaw		Scr*SM
			RAO	Scr		RAO	Scr	
0,103	0,00000000	1	0,00112018	0,00000000	0,00000000	0,00774881	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00000238	4	0,00065194	0,00000000	0,00000000	0,00405843	0,00000000	0,00000000
0,703	0,00413267	2	0,00071010	0,00000000	0,00000000	0,00471612	0,00000009	0,00000018
1,061	0,00175416	4	0,00154808	0,00000000	0,00000002	0,00716481	0,00000009	0,00000036
1,460	0,00053215	2	0,00701486	0,00000003	0,00000005	0,01288242	0,00000009	0,00000018
1,898	0,00018369	4	0,02853917	0,00000015	0,00000060	0,02289480	0,00000010	0,00000039
2,376	0,00007328	2	0,03771202	0,00000010	0,00000021	0,00556704	0,00000000	0,00000000
2,893	0,00003291	4	0,02662029	0,00000002	0,00000009	0,00653857	0,00000000	0,00000001
3,450	0,00001623	2	0,02303537	0,00000001	0,00000002	0,00583776	0,00000000	0,00000000
4,047	0,00000863	4	0,00428876	0,00000000	0,00000000	0,00183401	0,00000000	0,00000000
4,683	0,00000487	2	0,00252597	0,00000000	0,00000000	0,00148793	0,00000000	0,00000000
5,359	0,00000290	4	0,06987722	0,00000001	0,00000006	0,02737481	0,00000000	0,00000001
6,074	0,00000179	2	0,01318726	0,00000000	0,00000000	0,00767813	0,00000000	0,00000000
6,829	0,00000115	4	0,00293556	0,00000000	0,00000000	0,00172685	0,00000000	0,00000000
7,623	0,00000076	2	0,00813234	0,00000000	0,00000000	0,00181600	0,00000000	0,00000000
8,458	0,00000052	4	0,00331675	0,00000000	0,00000000	0,00130453	0,00000000	0,00000000

9,331	0,00000036	1	0,00138720	0,00000000	0,00000000	0,00019687	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,00000105		Sum	0,00000113
				Mr0	0,00000020		Mr0	0,00000022

we	Sea State 1	SM	Surge			Sway		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,97719282	0,00000000	0,00000000	0,00948524	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00000238	4	0,61833376	0,00000091	0,00000364	0,00093455	0,00000000	0,00000000
0,703	0,00413267	2	0,46621916	0,00089828	0,00179655	0,00042471	0,00000000	0,00000000
1,061	0,00175416	4	0,35737473	0,00022404	0,00089614	0,00030912	0,00000000	0,00000000
1,460	0,00053215	2	0,26505736	0,00003739	0,00007477	0,00019726	0,00000000	0,00000000
1,898	0,00018369	4	0,19478616	0,00000697	0,00002788	0,00017064	0,00000000	0,00000000
2,376	0,00007328	2	0,13217223	0,00000128	0,00000256	0,00106783	0,00000000	0,00000000
2,893	0,00003291	4	0,10913672	0,00000039	0,00000157	0,00095805	0,00000000	0,00000000
3,450	0,00001623	2	0,05483445	0,00000005	0,00000010	0,00056755	0,00000000	0,00000000
4,047	0,00000863	4	0,03058014	0,00000001	0,00000003	0,00016369	0,00000000	0,00000000
4,683	0,00000487	2	0,01397593	0,00000000	0,00000000	0,00004393	0,00000000	0,00000000
5,359	0,00000290	4	0,00958668	0,00000000	0,00000000	0,00182049	0,00000000	0,00000000
6,074	0,00000179	2	0,00904680	0,00000000	0,00000000	0,00016292	0,00000000	0,00000000
6,829	0,00000115	4	0,00524516	0,00000000	0,00000000	0,00006520	0,00000000	0,00000000
7,623	0,00000076	2	0,00171061	0,00000000	0,00000000	0,00012880	0,00000000	0,00000000
8,458	0,00000052	4	0,00272052	0,00000000	0,00000000	0,00008334	0,00000000	0,00000000
9,331	0,00000036	1	0,00254019	0,00000000	0,00000000	0,00003451	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,00280325		Sum	0,00000000
				Mr0	0,00053892		Mr0	0,00000000

Sea State 2

we	Sea State 2	SM	Heave			Pitch		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,99485964	0,00000000	0,00000000	2,16800535	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00001426	4	0,99814731	0,00001421	0,00005685	2,04527005	0,00005967	0,00023868
0,703	0,02479599	2	1,01724708	0,02565869	0,05131737	1,95230243	0,09450955	0,18901910
1,061	0,01052497	4	1,07348478	0,01212865	0,04851460	1,97237422	0,04094486	0,16377943
1,460	0,00319289	2	1,14884686	0,00421414	0,00842828	2,09314434	0,01398888	0,02797776
1,898	0,00110216	4	1,12197471	0,00138742	0,00554970	2,10563078	0,00488661	0,01954644
2,376	0,00043966	2	1,33680880	0,00078570	0,00157139	0,88870323	0,00034724	0,00069448
2,893	0,00019743	4	1,76327384	0,00061384	0,00245537	2,03925884	0,00082104	0,00328414
3,450	0,00009738	2	0,35292494	0,00001213	0,00002426	0,78983272	0,00006075	0,00012149
4,047	0,00005176	4	0,02980429	0,00000005	0,00000018	0,34442424	0,00000614	0,00002456
4,683	0,00002924	2	0,01089240	0,00000000	0,00000001	0,13315210	0,00000052	0,00000104
5,359	0,00001737	4	0,01160286	0,00000000	0,00000001	0,09491734	0,00000016	0,00000063
6,074	0,00001077	2	0,00270961	0,00000000	0,00000000	0,09818695	0,00000010	0,00000021
6,829	0,00000691	4	0,00820067	0,00000000	0,00000000	0,04397054	0,00000001	0,00000005
7,623	0,00000458	2	0,00862898	0,00000000	0,00000000	0,02818001	0,00000000	0,00000001

8,458	0,00000312	4	0,00523668	0,00000000	0,00000000	0,06445734	0,00000001	0,00000005
9,331	0,00000217	1	0,00305682	0,00000000	0,00000000	0,05507097	0,00000001	0,00000001
				Sum	0,11791802		Sum	0,40468807
				Mr0	0,02266974		Mr0	0,07780128

we	Sea State 2	SM	Roll			Yaw		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,00112018	0,00000000	0,00000000	0,00774881	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00001426	4	0,00065194	0,00000000	0,00000000	0,00405843	0,00000000	0,00000000
0,703	0,02479599	2	0,00071010	0,00000001	0,00000003	0,00471612	0,00000055	0,00000110
1,061	0,01052497	4	0,00154808	0,00000003	0,00000010	0,00716481	0,00000054	0,00000216
1,460	0,00319289	2	0,00701486	0,00000016	0,00000031	0,01288242	0,00000053	0,00000106
1,898	0,00110216	4	0,02853917	0,00000090	0,00000359	0,02289480	0,00000058	0,00000231
2,376	0,00043966	2	0,03771202	0,00000063	0,00000125	0,00556704	0,00000001	0,00000003
2,893	0,00019743	4	0,02662029	0,00000014	0,00000056	0,00653857	0,00000001	0,00000003
3,450	0,00009738	2	0,02303537	0,00000005	0,00000010	0,00583776	0,00000000	0,00000001
4,047	0,00005176	4	0,00428876	0,00000000	0,00000000	0,00183401	0,00000000	0,00000000
4,683	0,00002924	2	0,00252597	0,00000000	0,00000000	0,00148793	0,00000000	0,00000000
5,359	0,00001737	4	0,06987722	0,00000008	0,00000034	0,02737481	0,00000001	0,00000005
6,074	0,00001077	2	0,01318726	0,00000000	0,00000000	0,00767813	0,00000000	0,00000000
6,829	0,00000691	4	0,00293556	0,00000000	0,00000000	0,00172685	0,00000000	0,00000000
7,623	0,00000458	2	0,00813234	0,00000000	0,00000000	0,00181600	0,00000000	0,00000000
8,458	0,00000312	4	0,00331675	0,00000000	0,00000000	0,00130453	0,00000000	0,00000000
9,331	0,00000217	1	0,00138720	0,00000000	0,00000000	0,00019687	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,00000629		Sum	0,00000676
				Mr0	0,00000121		Mr0	0,00000130

we	Sea State 2	SM	Surge			Sway		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,97719282	0,00000000	0,00000000	0,00948524	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00001426	4	0,61833376	0,00000545	0,00002181	0,00093455	0,00000000	0,00000000
0,703	0,02479599	2	0,46621916	0,00538966	0,01077933	0,00042471	0,00000000	0,00000001
1,061	0,01052497	4	0,35737473	0,00134421	0,00537686	0,00030912	0,00000000	0,00000000
1,460	0,00319289	2	0,26505736	0,00022432	0,00044864	0,00019726	0,00000000	0,00000000
1,898	0,00110216	4	0,19478616	0,00004182	0,00016727	0,00017064	0,00000000	0,00000000
2,376	0,00043966	2	0,13217223	0,00000768	0,00001536	0,00106783	0,00000000	0,00000000
2,893	0,00019743	4	0,10913672	0,00000235	0,00000941	0,00095805	0,00000000	0,00000000
3,450	0,00009738	2	0,05483445	0,00000029	0,00000059	0,00056755	0,00000000	0,00000000
4,047	0,00005176	4	0,03058014	0,00000005	0,00000019	0,00016369	0,00000000	0,00000000
4,683	0,00002924	2	0,01397593	0,00000001	0,00000001	0,00004393	0,00000000	0,00000000
5,359	0,00001737	4	0,00958668	0,00000000	0,00000001	0,00182049	0,00000000	0,00000000
6,074	0,00001077	2	0,00904680	0,00000000	0,00000000	0,00016292	0,00000000	0,00000000
6,829	0,00000691	4	0,00524516	0,00000000	0,00000000	0,00006520	0,00000000	0,00000000
7,623	0,00000458	2	0,00171061	0,00000000	0,00000000	0,00012880	0,00000000	0,00000000

8,458	0,00000312	4	0,00272052	0,00000000	0,00000000	0,00008334	0,00000000	0,00000000
9,331	0,00000217	1	0,00254019	0,00000000	0,00000000	0,00003451	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,01681947		Sum	0,00000002
				Mr0	0,00323354		Mr0	0,00000000

Sea State 3

we	Sea State 3	SM	Heave			Pitch			Scr*SM
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr		
0,103	0,00000000	1	0,99485964	0,00000000	0,00000000	2,16800535	0,00000000	0,00000000	
0,383	0,00004160	4	0,99814731	0,00004145	0,00016580	2,04527005	0,00017404	0,00069614	
0,703	0,07232165	2	1,01724708	0,07483783	0,14967567	1,95230243	0,27565285	0,55130570	
1,061	0,03069782	4	1,07348478	0,03537523	0,14150093	1,97237422	0,11942250	0,47768999	
1,460	0,00931261	2	1,14884686	0,01229124	0,02458248	2,09314434	0,04080089	0,08160179	
1,898	0,00321462	4	1,12197471	0,00404666	0,01618662	2,10563078	0,01425262	0,05701046	
2,376	0,00128234	2	1,33680880	0,00229162	0,00458323	0,88870323	0,00101278	0,00202557	
2,893	0,00057584	4	1,76327384	0,00179037	0,00716149	2,03925884	0,00239469	0,00957874	
3,450	0,00028402	2	0,35292494	0,00003538	0,00007075	0,78983272	0,00017718	0,00035436	
4,047	0,00015098	4	0,02980429	0,00000013	0,00000054	0,34442424	0,00001791	0,00007164	
4,683	0,00008530	2	0,01089240	0,00000001	0,00000002	0,13315210	0,00000151	0,00000302	
5,359	0,00005067	4	0,01160286	0,00000001	0,00000003	0,09491734	0,00000046	0,00000183	
6,074	0,00003140	2	0,00270961	0,00000000	0,00000000	0,09818695	0,00000030	0,00000061	
6,829	0,00002017	4	0,00820067	0,00000000	0,00000001	0,04397054	0,00000004	0,00000016	
7,623	0,00001336	2	0,00862898	0,00000000	0,00000000	0,02818001	0,00000001	0,00000002	
8,458	0,00000909	4	0,00523668	0,00000000	0,00000000	0,06445734	0,00000004	0,00000015	
9,331	0,00000633	1	0,00305682	0,00000000	0,00000000	0,05507097	0,00000002	0,00000002	
				Sum	0,34392756		Sum	1,18034020	
				Mr0	0,06612007		Mr0	0,22692040	

We	Sea State 3	SM	Roll			Yaw			Scr*SM
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr		
0,103	0,00000000	1	0,00112018	0,00000000	0,00000000	0,00774881	0,00000000	0,00000000	
0,383	0,00004160	4	0,00065194	0,00000000	0,00000000	0,00405843	0,00000000	0,00000000	
0,703	0,07232165	2	0,00071010	0,00000004	0,00000007	0,00471612	0,00000161	0,00000322	
1,061	0,03069782	4	0,00154808	0,00000007	0,00000029	0,00716481	0,00000158	0,00000630	
1,460	0,00931261	2	0,00701486	0,00000046	0,00000092	0,01288242	0,00000155	0,00000309	
1,898	0,00321462	4	0,02853917	0,00000262	0,00001047	0,02289480	0,00000169	0,00000674	
2,376	0,00128234	2	0,03771202	0,00000182	0,00000365	0,00556704	0,00000004	0,00000008	
2,893	0,00057584	4	0,02662029	0,00000041	0,00000163	0,00653857	0,00000002	0,00000010	
3,450	0,00028402	2	0,02303537	0,00000015	0,00000030	0,00583776	0,00000001	0,00000002	
4,047	0,00015098	4	0,00428876	0,00000000	0,00000001	0,00183401	0,00000000	0,00000000	
4,683	0,00008530	2	0,00252597	0,00000000	0,00000000	0,00148793	0,00000000	0,00000000	
5,359	0,00005067	4	0,06987722	0,00000025	0,00000099	0,02737481	0,00000004	0,00000015	
6,074	0,00003140	2	0,01318726	0,00000001	0,00000001	0,00767813	0,00000000	0,00000000	
6,829	0,00002017	4	0,00293556	0,00000000	0,00000000	0,00172685	0,00000000	0,00000000	
7,623	0,00001336	2	0,00813234	0,00000000	0,00000000	0,00181600	0,00000000	0,00000000	

8,458	0,00000909	4	0,00331675	0,00000000	0,00000000	0,00130453	0,00000000	0,00000000
9,331	0,00000633	1	0,00138720	0,00000000	0,00000000	0,00019687	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,00001835		Sum	0,00001971
				Mr0	0,00000353		Mr0	0,00000379

we	Sea State 3	SM	Surge			Sway		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,97719282	0,00000000	0,00000000	0,00948524	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00004160	4	0,61833376	0,00001591	0,00006363	0,00093455	0,00000000	0,00000000
0,703	0,07232165	2	0,46621916	0,01571985	0,03143971	0,00042471	0,00000001	0,00000003
1,061	0,03069782	4	0,35737473	0,00392062	0,01568250	0,00030912	0,00000000	0,00000001
1,460	0,00931261	2	0,26505736	0,00065426	0,00130852	0,00019726	0,00000000	0,00000000
1,898	0,00321462	4	0,19478616	0,00012197	0,00048787	0,00017064	0,00000000	0,00000000
2,376	0,00128234	2	0,13217223	0,00002240	0,00004480	0,00106783	0,00000000	0,00000000
2,893	0,00057584	4	0,10913672	0,00000686	0,00002744	0,00095805	0,00000000	0,00000000
3,450	0,00028402	2	0,05483445	0,00000085	0,00000171	0,00056755	0,00000000	0,00000000
4,047	0,00015098	4	0,03058014	0,00000014	0,00000056	0,00016369	0,00000000	0,00000000
4,683	0,00008530	2	0,01397593	0,00000002	0,00000003	0,00004393	0,00000000	0,00000000
5,359	0,00005067	4	0,00958668	0,00000000	0,00000002	0,00182049	0,00000000	0,00000000
6,074	0,00003140	2	0,00904680	0,00000000	0,00000001	0,00016292	0,00000000	0,00000000
6,829	0,00002017	4	0,00524516	0,00000000	0,00000000	0,00006520	0,00000000	0,00000000
7,623	0,00001336	2	0,00171061	0,00000000	0,00000000	0,00012880	0,00000000	0,00000000
8,458	0,00000909	4	0,00272052	0,00000000	0,00000000	0,00008334	0,00000000	0,00000000
9,331	0,00000633	1	0,00254019	0,00000000	0,00000000	0,00003451	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,04905680		Sum	0,00000004
				Mr0	0,00943117		Mr0	0,00000001

15 Knot, *Heading* 135°

Sea State 1

we	Sea State 1	SM	Heave			Pitch		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,99471378	0,00000000	0,00000000	1,08834977	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00000259	4	0,99597043	0,00000257	0,00000257	2,30848548	0,00001382	0,00005530
0,703	0,00462525	2	1,00564313	0,00467760	0,00467760	2,48635406	0,02859308	0,05718617
1,061	0,00199311	4	1,03769040	0,00214618	0,00214618	2,49489927	0,01240615	0,04962459
1,460	0,00061063	2	1,09983742	0,00073864	0,00073864	2,51650657	0,00386700	0,00773400
1,898	0,00021224	4	1,14294600	0,00027725	0,00027725	2,44107994	0,00126468	0,00505873
2,376	0,00008509	2	1,07642961	0,00009859	0,00009859	1,14643146	0,00011183	0,00022366
2,893	0,00003835	4	1,57405281	0,00009502	0,00009502	3,36802967	0,00043506	0,00174024
3,450	0,00001897	2	1,51042342	0,00004328	0,00004328	0,84792439	0,00001364	0,00002728
4,047	0,00001011	4	0,22084485	0,00000049	0,00000049	0,48515485	0,00000238	0,00000952
4,683	0,00000572	2	0,05480415	0,00000002	0,00000002	0,21002303	0,00000025	0,00000050
5,359	0,00000340	4	0,02626978	0,00000000	0,00000000	0,13139586	0,00000006	0,00000024

6,074	0,00000211	2	0,03012747	0,00000000	0,00000000	0,15315226	0,00000005	0,00000010	
6,829	0,00000136	4	0,01890812	0,00000000	0,00000000	0,17909909	0,00000004	0,00000017	
7,623	0,00000090	2	0,00510760	0,00000000	0,00000000	0,15461558	0,00000002	0,00000004	
8,458	0,00000061	4	0,00495671	0,00000000	0,00000000	0,08919171	0,00000000	0,00000002	
9,331	0,00000043	1	0,01057993	0,00000000	0,00000000	0,03385450	0,00000000	0,00000000	
				Sum	0,00807965			Sum	0,12165999
				Mr0	0,00155331			Mr0	0,02338913

we	Sea State 1	SM	Roll			Yaw			
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM	
0,103	0,00000000	1	0,13155083	0,00000000	0,00000000	1,27876563	0,00000000	0,00000000	
0,383	0,00000259	4	0,41447242	0,00000045	0,00000178	3,37856993	0,00002961	0,00011844	
0,703	0,00462525	2	0,76945629	0,00273844	0,00547688	5,07143040	0,11895864	0,23791727	
1,061	0,00199311	4	1,11418379	0,00247426	0,00989702	6,12015600	0,07465448	0,29861790	
1,460	0,00061063	2	1,40099912	0,00119854	0,00239709	6,61795342	0,02674396	0,05348792	
1,898	0,00021224	4	1,60139367	0,00054427	0,00217708	6,37963019	0,00863791	0,03455164	
2,376	0,00008509	2	1,51910942	0,00019635	0,00039271	5,64013415	0,00270670	0,00541340	
2,893	0,00003835	4	1,58089872	0,00009585	0,00038341	5,59095038	0,00119886	0,00479545	
3,450	0,00001897	2	5,17003357	0,00050710	0,00101419	5,55729975	0,00058591	0,00117182	
4,047	0,00001011	4	3,44261384	0,00011980	0,00047921	9,89798400	0,00099033	0,00396133	
4,683	0,00000572	2	1,95620695	0,00002189	0,00004379	3,54365305	0,00007185	0,00014369	
5,359	0,00000340	4	0,77309289	0,00000203	0,00000814	3,17098384	0,00003423	0,00013692	
6,074	0,00000211	2	1,61739851	0,00000552	0,00001105	2,23177605	0,00001052	0,00002104	
6,829	0,00000136	4	1,02511844	0,00000143	0,00000571	1,14254999	0,00000177	0,00000709	
7,623	0,00000090	2	0,68402087	0,00000042	0,00000084	0,38366456	0,00000013	0,00000027	
8,458	0,00000061	4	0,48288931	0,00000014	0,00000057	0,71832982	0,00000032	0,00000127	
9,331	0,00000043	1	0,21639115	0,00000002	0,00000002	0,58833003	0,00000015	0,00000015	
				Sum	0,02226316			Sum	0,64017887
				Mr0	0,00428009			Mr0	0,12307439

we	Sea State 1	SM	Surge			Sway		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,71896696	0,00000000	0,00000000	1,61619067	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00000259	4	0,49414432	0,00000063	0,00000253	1,13179517	0,00000332	0,00001329
0,703	0,00462525	2	0,39836875	0,00073402	0,00146803	0,93035322	0,00400342	0,00800683
1,061	0,00199311	4	0,32343557	0,00020850	0,00083400	0,76763719	0,00117447	0,00469789
1,460	0,00061063	2	0,25886723	0,00004092	0,00008184	0,63510990	0,00024631	0,00049261
1,898	0,00021224	4	0,20047514	0,00000853	0,00003412	0,50407368	0,00005393	0,00021571
2,376	0,00008509	2	0,15460226	0,00000203	0,00000407	0,38552549	0,00001265	0,00002529
2,893	0,00003835	4	0,11606213	0,00000052	0,00000207	0,31550640	0,00000382	0,00001527
3,450	0,00001897	2	0,09972363	0,00000019	0,00000038	0,26609662	0,00000134	0,00000269
4,047	0,00001011	4	0,06693177	0,00000005	0,00000018	0,40521672	0,00000166	0,00000664
4,683	0,00000572	2	0,03467681	0,00000001	0,00000001	0,05484502	0,00000002	0,00000003

5,359	0,00000340	4	0,01800427	0,00000000	0,00000000	0,04463011	0,00000001	0,00000003
6,074	0,00000211	2	0,00443218	0,00000000	0,00000000	0,03270436	0,00000000	0,00000000
6,829	0,00000136	4	0,00464275	0,00000000	0,00000000	0,01183769	0,00000000	0,00000000
7,623	0,00000090	2	0,00655044	0,00000000	0,00000000	0,00711323	0,00000000	0,00000000
8,458	0,00000061	4	0,00492543	0,00000000	0,00000000	0,00870877	0,00000000	0,00000000
9,331	0,00000043	1	0,00311896	0,00000000	0,00000000	0,00206394	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,00242723		Sum	0,01347626
				Mr0	0,00046664		Mr0	0,00259081

Sea State 2

we	Sea State 2	SM	Heave			Pitch		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,99471378	0,00000000	0,00000000	1,08834977	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00001556	4	0,99597043	0,00001544	0,00006176	2,30848548	0,00008294	0,00033178
0,703	0,02775149	2	1,00564313	0,02806558	0,05613117	2,48635406	0,17155850	0,34311700
1,061	0,01195865	4	1,03769040	0,01287709	0,05150836	2,49489927	0,07443688	0,29774751
1,460	0,00366378	2	1,09983742	0,00443186	0,00886373	2,51650657	0,02320201	0,04640403
1,898	0,00127341	4	1,14294600	0,00166349	0,00665396	2,44107994	0,00758810	0,03035239
2,376	0,00051052	2	1,07642961	0,00059154	0,00118308	1,14643146	0,00067098	0,00134196
2,893	0,00023012	4	1,57405281	0,00057015	0,00228059	3,36802967	0,00261036	0,01044146
3,450	0,00011383	2	1,51042342	0,00025969	0,00051938	0,84792439	0,00008184	0,00016368
4,047	0,00006065	4	0,22084485	0,00000296	0,00001183	0,48515485	0,00001428	0,00005710
4,683	0,00003433	2	0,05480415	0,00000010	0,00000021	0,21002303	0,00000151	0,00000303
5,359	0,00002042	4	0,02626978	0,00000001	0,00000006	0,13139586	0,00000035	0,00000141
6,074	0,00001267	2	0,03012747	0,00000001	0,00000002	0,15315226	0,00000030	0,00000059
6,829	0,00000815	4	0,01890812	0,00000000	0,00000001	0,17909909	0,00000026	0,00000105
7,623	0,00000540	2	0,00510760	0,00000000	0,00000000	0,15461558	0,00000013	0,00000026
8,458	0,00000368	4	0,00495671	0,00000000	0,00000000	0,08919171	0,00000003	0,00000012
9,331	0,00000256	1	0,01057993	0,00000000	0,00000000	0,03385450	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,12721415		Sum	0,72996336
				Mr0	0,02445692		Mr0	0,14033546

we	Sea State 2	SM	Roll			Yaw		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,13155083	0,00000000	0,00000000	1,27876563	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00001556	4	0,41447242	0,00000267	0,00001070	3,37856993	0,00017766	0,00071065
0,703	0,02775149	2	0,76945629	0,01643063	0,03286126	5,07143040	0,71375182	1,42750364
1,061	0,01195865	4	1,11418379	0,01484553	0,05938213	6,12015600	0,44792686	1,79170743
1,460	0,00366378	2	1,40099912	0,00719126	0,01438253	6,61795342	0,16046375	0,32092751
1,898	0,00127341	4	1,60139367	0,00326562	0,01306246	6,37963019	0,05182745	0,20730981
2,376	0,00051052	2	1,51910942	0,00117812	0,00235625	5,64013415	0,01624020	0,03248040
2,893	0,00023012	4	1,58089872	0,00057512	0,00230047	5,59095038	0,00719318	0,02877270
3,450	0,00011383	2	5,17003357	0,00304258	0,00608515	5,55729975	0,00351546	0,00703092
4,047	0,00006065	4	3,44261384	0,00071881	0,00287525	9,89798400	0,00594200	0,02376800

4,683	0,00003433	2	1,95620695	0,00013137	0,00026273	3,54365305	0,00043108	0,00086216	
5,359	0,00002042	4	0,77309289	0,00001221	0,00004883	3,17098384	0,00020537	0,00082149	
6,074	0,00001267	2	1,61739851	0,00003315	0,00006630	2,23177605	0,00006312	0,00012623	
6,829	0,00000815	4	1,02511844	0,00000856	0,00003425	1,14254999	0,00001064	0,00004254	
7,623	0,00000540	2	0,68402087	0,00000253	0,00000505	0,38366456	0,00000080	0,00000159	
8,458	0,00000368	4	0,48288931	0,00000086	0,00000343	0,71832982	0,00000190	0,00000759	
9,331	0,00000256	1	0,21639115	0,00000012	0,00000012	0,58833003	0,00000089	0,00000089	
				Sum	0,13373691			Sum	3,84207356
				Mr0	0,02571092			Mr0	0,73863864

we	Sea State 2	SM	Surge			Sway			
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM	
0,103	0,00000000	1	0,71896696	0,00000000	0,00000000	1,61619067	0,00000000	0,00000000	
0,383	0,00001556	4	0,49414432	0,00000380	0,00001520	1,13179517	0,00001994	0,00007975	
0,703	0,02775149	2	0,39836875	0,00440410	0,00880819	0,93035322	0,02402050	0,04804100	
1,061	0,01195865	4	0,32343557	0,00125100	0,00500400	0,76763719	0,00704684	0,02818734	
1,460	0,00366378	2	0,25886723	0,00024552	0,00049104	0,63510990	0,00147784	0,00295568	
1,898	0,00127341	4	0,20047514	0,00005118	0,00020472	0,50407368	0,00032356	0,00129425	
2,376	0,00051052	2	0,15460226	0,00001220	0,00002440	0,38552549	0,00007588	0,00015176	
2,893	0,00023012	4	0,11606213	0,00000310	0,00001240	0,31550640	0,00002291	0,00009163	
3,450	0,00011383	2	0,09972363	0,00000113	0,00000226	0,26609662	0,00000806	0,00001612	
4,047	0,00006065	4	0,06693177	0,00000027	0,00000109	0,40521672	0,00000996	0,00003984	
4,683	0,00003433	2	0,03467681	0,00000004	0,00000008	0,05484502	0,00000010	0,00000021	
5,359	0,00002042	4	0,01800427	0,00000001	0,00000003	0,04463011	0,00000004	0,00000016	
6,074	0,00001267	2	0,00443218	0,00000000	0,00000000	0,03270436	0,00000001	0,00000003	
6,829	0,00000815	4	0,00464275	0,00000000	0,00000000	0,01183769	0,00000000	0,00000000	
7,623	0,00000540	2	0,00655044	0,00000000	0,00000000	0,00711323	0,00000000	0,00000000	
8,458	0,00000368	4	0,00492543	0,00000000	0,00000000	0,00870877	0,00000000	0,00000000	
9,331	0,00000256	1	0,00311896	0,00000000	0,00000000	0,00206394	0,00000000	0,00000000	
				Sum	0,01456342			Sum	0,08085776
				Mr0	0,00279982			Mr0	0,01554490

Sea State 3

we	Sea State 3	SM	Heave			Pitch		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,99471378	0,00000000	0,00000000	1,08834977	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00004540	4	0,99597043	0,00004503	0,00018012	2,30848548	0,00024192	0,00096768
0,703	0,08094184	2	1,00564313	0,08185795	0,16371590	2,48635406	0,50037895	1,00075790
1,061	0,03487939	4	1,03769040	0,03755818	0,15023271	2,49489927	0,21710756	0,86843024
1,460	0,01068603	2	1,09983742	0,01292627	0,02585255	2,51650657	0,06767254	0,13534508
1,898	0,00371412	4	1,14294600	0,00485185	0,01940739	2,44107994	0,02213195	0,08852780
2,376	0,00148902	2	1,07642961	0,00172532	0,00345065	1,14643146	0,00195702	0,00391404
2,893	0,00067118	4	1,57405281	0,00166293	0,00665173	3,36802967	0,00761356	0,03045426
3,450	0,00033200	2	1,51042342	0,00075742	0,00151485	0,84792439	0,00023870	0,00047740

4,047	0,00017690	4	0,22084485	0,00000863	0,00003451	0,48515485	0,00004164	0,00016655
4,683	0,00010013	2	0,05480415	0,00000030	0,00000060	0,21002303	0,00000442	0,00000883
5,359	0,00005957	4	0,02626978	0,00000004	0,00000016	0,13139586	0,00000103	0,00000411
6,074	0,00003696	2	0,03012747	0,00000003	0,00000007	0,15315226	0,00000087	0,00000173
6,829	0,00002376	4	0,01890812	0,00000001	0,00000003	0,17909909	0,00000076	0,00000305
7,623	0,00001575	2	0,00510760	0,00000000	0,00000000	0,15461558	0,00000038	0,00000075
8,458	0,00001073	4	0,00495671	0,00000000	0,00000000	0,08919171	0,00000009	0,00000034
9,331	0,00000748	1	0,01057993	0,00000000	0,00000000	0,03385450	0,00000001	0,00000001

Sum	0,37104128	Sum	2,12905979
Mr0	0,07133269	Mr0	0,40931174

we	Sea State 3	SM	Roll			Yaw		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,13155083	0,00000000	0,00000000	1,27876563	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00004540	4	0,41447242	0,00000780	0,00003119	3,37856993	0,00051818	0,00207274
0,703	0,08094184	2	0,76945629	0,04792267	0,09584534	5,07143040	2,08177614	4,16355227
1,061	0,03487939	4	1,11418379	0,04329947	0,17319788	6,12015600	1,30645333	5,22581333
1,460	0,01068603	2	1,40099912	0,02097452	0,04194904	6,61795342	0,46801928	0,93603856
1,898	0,00371412	4	1,60139367	0,00952471	0,03809885	6,37963019	0,15116341	0,60465362
2,376	0,00148902	2	1,51910942	0,00343619	0,00687238	5,64013415	0,04736724	0,09473449
2,893	0,00067118	4	1,58089872	0,00167743	0,00670972	5,59095038	0,02098010	0,08392039
3,450	0,00033200	2	5,17003357	0,00887418	0,01774836	5,55729975	0,01025343	0,02050686
4,047	0,00017690	4	3,44261384	0,00209654	0,00838615	9,89798400	0,01733083	0,06932333
4,683	0,00010013	2	1,95620695	0,00038315	0,00076631	3,54365305	0,00125732	0,00251464
5,359	0,00005957	4	0,77309289	0,00003560	0,00014242	3,17098384	0,00059900	0,00239602
6,074	0,00003696	2	1,61739851	0,00009669	0,00019337	2,23177605	0,00018409	0,00036818
6,829	0,00002376	4	1,02511844	0,00002497	0,00009989	1,14254999	0,00003102	0,00012408
7,623	0,00001575	2	0,68402087	0,00000737	0,00001474	0,38366456	0,00000232	0,00000464
8,458	0,00001073	4	0,48288931	0,00000250	0,00001000	0,71832982	0,00000553	0,00002214
9,331	0,00000748	1	0,21639115	0,00000035	0,00000035	0,58833003	0,00000259	0,00000259
Sum					0,39006600		Sum	11,20604788
Mr0					0,07499019		Mr0	2,15436270

we	Sea State 3	SM	Surge			Sway		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,00000000	1	0,71896696	0,00000000	0,00000000	1,61619067	0,00000000	0,00000000
0,383	0,00004540	4	0,49414432	0,00001108	0,00004434	1,13179517	0,00005815	0,00023260
0,703	0,08094184	2	0,39836875	0,01284528	0,02569056	0,93035322	0,07005979	0,14011958
1,061	0,03487939	4	0,32343557	0,00364875	0,01459501	0,76763719	0,02055327	0,08221308
1,460	0,01068603	2	0,25886723	0,00071609	0,00143219	0,63510990	0,00431037	0,00862073
1,898	0,00371412	4	0,20047514	0,00014927	0,00059709	0,50407368	0,00094372	0,00377488
2,376	0,00148902	2	0,15460226	0,00003559	0,00007118	0,38552549	0,00022131	0,00044262
2,893	0,00067118	4	0,11606213	0,00000904	0,00003616	0,31550640	0,00006681	0,00026725
3,450	0,00033200	2	0,09972363	0,00000330	0,00000660	0,26609662	0,00002351	0,00004702
4,047	0,00017690	4	0,06693177	0,00000079	0,00000317	0,40521672	0,00002905	0,00011619

4,683	0,00010013	2	0,03467681	0,00000012	0,00000024	0,05484502	0,00000030	0,00000060
5,359	0,00005957	4	0,01800427	0,00000002	0,00000008	0,04463011	0,00000012	0,00000047
6,074	0,00003696	2	0,00443218	0,00000000	0,00000000	0,03270436	0,00000004	0,00000008
6,829	0,00002376	4	0,00464275	0,00000000	0,00000000	0,01183769	0,00000000	0,00000001
7,623	0,00001575	2	0,00655044	0,00000000	0,00000000	0,00711323	0,00000000	0,00000000
8,458	0,00001073	4	0,00492543	0,00000000	0,00000000	0,00870877	0,00000000	0,00000000
9,331	0,00000748	1	0,00311896	0,00000000	0,00000000	0,00206394	0,00000000	0,00000000
				Sum	0,04247663		Sum	0,23583513
				Mr0	0,00816613		Mr0	0,04533930

15 Knot, Heading 90°

Sea State 1

we	Sea State 1	SM	Heave			Pitch		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,0000000	1	0,9943541	0,0000000	0,0000000	2,3263919	0,0000000	0,0000000
0,383	0,0000035	4	0,9911699	0,0000035	0,0000035	2,4481556	0,0000212	0,0000846
0,703	0,0074045	2	0,9832808	0,0071590	0,0071590	2,4459477	0,0442988	0,0885975
1,061	0,0036542	4	0,9691117	0,0034320	0,0034320	2,3832598	0,0207558	0,0830230
1,460	0,0012586	2	0,9508288	0,0011378	0,0011378	2,2666156	0,0064660	0,0129320
1,898	0,0004850	4	0,9332679	0,0004225	0,0004225	2,1173539	0,0021745	0,0086981
2,376	0,0002133	2	0,9216276	0,0001812	0,0001812	1,9579950	0,0008178	0,0016357
2,893	0,0001046	4	0,9182462	0,0000882	0,0000882	1,8007064	0,0003391	0,0013566
3,450	0,0000559	2	0,9185687	0,0000472	0,0000472	1,6420567	0,0001507	0,0003013
4,047	0,0000320	4	0,9095252	0,0000264	0,0000264	1,4695034	0,0000690	0,0002762
4,683	0,0000193	2	0,8740122	0,0000148	0,0000148	1,2703179	0,0000312	0,0000624
5,359	0,0000122	4	0,7971483	0,0000078	0,0000078	1,0246326	0,0000128	0,0000514
6,074	0,0000080	2	0,6775824	0,0000037	0,0000037	0,7064385	0,0000040	0,0000080
6,829	0,0000055	4	0,5521454	0,0000017	0,0000017	0,3537011	0,0000007	0,0000027
7,623	0,0000038	2	0,5211841	0,0000010	0,0000010	0,2030066	0,0000002	0,0000003
8,458	0,0000027	4	0,6963791	0,0000013	0,0000013	0,2937001	0,0000002	0,0000009
9,331	0,0000020	1	1,2813779	0,0000033	0,0000033	0,5710756	0,0000006	0,0000006
				Sum	0,0125313		Sum	0,1970314
				Mr0	0,0024091		Mr0	0,0378793

we	Sea State 1	SM	Roll			Yaw		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,0000000	1	0,2544751	0,0000000	0,0000000	1,8634784	0,0000000	0,0000000
0,383	0,0000035	4	0,7991940	0,0000023	0,0000090	5,2076069	0,0000957	0,0003830
0,703	0,0074045	2	1,5744348	0,0183547	0,0367093	8,3658821	0,5182279	1,0364558
1,061	0,0036542	4	2,5803945	0,0243314	0,0973258	10,8354821	0,4290345	1,7161379
1,460	0,0012586	2	3,7625352	0,0178172	0,0356345	12,5537349	0,1983469	0,3966937

1,898	0,0004850	4	4,9915778	0,0120851	0,0483405	13,5402012	0,0889255	0,3557018
2,376	0,0002133	2	6,0990900	0,0079355	0,0158709	13,8167624	0,0407244	0,0814489
2,893	0,0001046	4	6,9307804	0,0050241	0,0200962	13,3851507	0,0187386	0,0749544
3,450	0,0000559	2	7,4222291	0,0030784	0,0061568	12,3133131	0,0084724	0,0169449
4,047	0,0000320	4	7,6417762	0,0018670	0,0074679	10,8401429	0,0037568	0,0150273
4,683	0,0000193	2	7,7625117	0,0011650	0,0023299	9,3060721	0,0016743	0,0033486
5,359	0,0000122	4	7,9644864	0,0007762	0,0031048	7,9944513	0,0007821	0,0031282
6,074	0,0000080	2	8,1909003	0,0005398	0,0010796	7,1781164	0,0004146	0,0008291
6,829	0,0000055	4	6,7341828	0,0002478	0,0009912	7,2938540	0,0002907	0,0011628
7,623	0,0000038	2	2,5055078	0,0000239	0,0000479	6,4842012	0,0001604	0,0003208
8,458	0,0000027	4	3,8959403	0,0000414	0,0001657	5,3347884	0,0000777	0,0003106
9,331	0,0000020	1	4,5778809	0,0000418	0,0000418	4,9157768	0,0000482	0,0000482
				Sum	0,2753719		Sum	3,7028960
				Mr0	0,0529403		Mr0	0,7118818

we	Sea State 1	SM	Surge			Sway		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,0000000	1	0,0367050	0,0000000	0,0000000	2,5116215	0,0000000	0,0000000
0,383	0,0000035	4	0,0183641	0,0000000	0,0000000	2,0701187	0,0000151	0,0000605
0,703	0,0074045	2	0,0169544	0,0000021	0,0000043	2,0000713	0,0296202	0,0592404
1,061	0,0036542	4	0,0172906	0,0000011	0,0000044	1,9049346	0,0132604	0,0530415
1,460	0,0012586	2	0,0182424	0,0000004	0,0000008	1,7930847	0,0040465	0,0080930
1,898	0,0004850	4	0,0194309	0,0000002	0,0000007	1,6682588	0,0013499	0,0053996
2,376	0,0002133	2	0,0204726	0,0000001	0,0000002	1,5281088	0,0004981	0,0009963
2,893	0,0001046	4	0,0209774	0,0000000	0,0000002	1,3683378	0,0001958	0,0007833
3,450	0,0000559	2	0,0206242	0,0000000	0,0000000	1,1916889	0,0000794	0,0001587
4,047	0,0000320	4	0,0195907	0,0000000	0,0000000	1,0127364	0,0000328	0,0001312
4,683	0,0000193	2	0,0185625	0,0000000	0,0000000	0,8491361	0,0000139	0,0000279
5,359	0,0000122	4	0,0172867	0,0000000	0,0000000	0,7103655	0,0000062	0,0000247
6,074	0,0000080	2	0,0144810	0,0000000	0,0000000	0,5990046	0,0000029	0,0000058
6,829	0,0000055	4	0,0102346	0,0000000	0,0000000	0,4720210	0,0000012	0,0000049
7,623	0,0000038	2	0,0076053	0,0000000	0,0000000	0,2152947	0,0000002	0,0000004
8,458	0,0000027	4	0,0097890	0,0000000	0,0000000	0,1245399	0,0000000	0,0000002
9,331	0,0000020	1	0,0140328	0,0000000	0,0000000	0,1120049	0,0000000	0,0000000
				Sum	0,0000107		Sum	0,1279683
				Mr0	0,0000021		Mr0	0,0246019

Sea State 2

we	Sea State 2	SM	Heave			Pitch		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,0000000	1	0,9943541	0,0000000	0,0000000	2,3263919	0,0000000	0,0000000
0,383	0,0000212	4	0,9911699	0,0000208	0,0000832	2,4481556	0,0001270	0,0005078
0,703	0,0444272	2	0,9832808	0,0429540	0,0859080	2,4459477	0,2657926	0,5315852
1,061	0,0219254	4	0,9691117	0,0205918	0,0823673	2,3832598	0,1245345	0,4981381

1,460	0,0075515	2	0,9508288	0,0068271	0,0136542	2,2666156	0,0387960	0,0775919
1,898	0,0029102	4	0,9332679	0,0025348	0,0101391	2,1173539	0,0130471	0,0521884
2,376	0,0012800	2	0,9216276	0,0010872	0,0021744	1,9579950	0,0049070	0,0098140
2,893	0,0006275	4	0,9182462	0,0005291	0,0021165	1,8007064	0,0020348	0,0081393
3,450	0,0003353	2	0,9185687	0,0002829	0,0005658	1,6420567	0,0009040	0,0018081
4,047	0,0001918	4	0,9095252	0,0001587	0,0006347	1,4695034	0,0004142	0,0016569
4,683	0,0001160	2	0,8740122	0,0000886	0,0001772	1,2703179	0,0001872	0,0003744
5,359	0,0000734	4	0,7971483	0,0000467	0,0001866	1,0246326	0,0000771	0,0003083
6,074	0,0000483	2	0,6775824	0,0000222	0,0000443	0,7064385	0,0000241	0,0000482
6,829	0,0000328	4	0,5521454	0,0000100	0,0000400	0,3537011	0,0000041	0,0000164
7,623	0,0000229	2	0,5211841	0,0000062	0,0000124	0,2030066	0,0000009	0,0000019
8,458	0,0000164	4	0,6963791	0,0000079	0,0000318	0,2937001	0,0000014	0,0000056
9,331	0,0000120	1	1,2813779	0,0000196	0,0000196	0,5710756	0,0000039	0,0000039
				Sum	0,1981552		Sum	1,1821885
				Mr0	0,0380953		Mr0	0,2272757

we	Sea State 2	SM	Roll			Yaw		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,0000000	1	0,0000000	0,0000000	1,8634784	0,0000000	0,0000000	0,0000000
0,383	0,0000212	4	0,0000135	0,0000541	5,2076069	0,0005745	0,0022979	0,0000135
0,703	0,0444272	2	0,1101280	0,2202561	8,3658821	3,1093674	6,2187348	0,1101280
1,061	0,0219254	4	0,1459887	0,5839547	10,8354821	2,5742069	10,2968275	0,1459887
1,460	0,0075515	2	0,1069035	0,2138069	12,5537349	1,1900811	2,3801622	0,1069035
1,898	0,0029102	4	0,0725108	0,2900433	13,5402012	0,5335528	2,1342111	0,0725108
2,376	0,0012800	2	0,0476128	0,0952256	13,8167624	0,2443466	0,4886932	0,0476128
2,893	0,0006275	4	0,0301444	0,1205775	13,3851507	0,1124316	0,4497265	0,0301444
3,450	0,0003353	2	0,0184705	0,0369410	12,3133131	0,0508347	0,1016693	0,0184705
4,047	0,0001918	4	0,0112019	0,0448076	10,8401429	0,0225410	0,0901640	0,0112019
4,683	0,0001160	2	0,0069897	0,0139794	9,3060721	0,0100459	0,0200917	0,0069897
5,359	0,0000734	4	0,0046572	0,0186289	7,9944513	0,0046923	0,0187693	0,0046572
6,074	0,0000483	2	0,0032388	0,0064776	7,1781164	0,0024874	0,0049748	0,0032388
6,829	0,0000328	4	0,0014867	0,0059470	7,2938540	0,0017441	0,0069765	0,0014867
7,623	0,0000229	2	0,0001437	0,0002874	6,4842012	0,0009624	0,0019248	0,0001437
8,458	0,0000164	4	0,0002485	0,0009939	5,3347884	0,0004659	0,0018636	0,0002485
9,331	0,0000120	1	0,0002506	0,0002506	4,9157768	0,0002889	0,0002889	0,0002506
				Sum	1,6522316		Sum	22,2173761
				Mr0	0,3176415		Mr0	4,2712906

we	Sea State 2	SM	Surge			Sway		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,0000000	1	0,0367050	0,0000000	0,0000000	2,5116215	0,0000000	0,0000000
0,383	0,0000212	4	0,0183641	0,0000000	0,0000000	2,0701187	0,0000908	0,0003631
0,703	0,0444272	2	0,0169544	0,0000128	0,0000255	2,0000713	0,1777213	0,3554426
1,061	0,0219254	4	0,0172906	0,0000066	0,0000262	1,9049346	0,0795623	0,3182491

1,460	0,0075515	2	0,0182424	0,0000025	0,0000050	1,7930847	0,0242791	0,0485582
1,898	0,0029102	4	0,0194309	0,0000011	0,0000044	1,6682588	0,0080994	0,0323977
2,376	0,0012800	2	0,0204726	0,0000005	0,0000011	1,5281088	0,0029888	0,0059777
2,893	0,0006275	4	0,0209774	0,0000003	0,0000011	1,3683378	0,0011750	0,0046999
3,450	0,0003353	2	0,0206242	0,0000001	0,0000003	1,1916889	0,0004761	0,0009523
4,047	0,0001918	4	0,0195907	0,0000001	0,0000003	1,0127364	0,0001967	0,0007870
4,683	0,0001160	2	0,0185625	0,0000000	0,0000001	0,8491361	0,0000836	0,0001673
5,359	0,0000734	4	0,0172867	0,0000000	0,0000001	0,7103655	0,0000370	0,0001482
6,074	0,0000483	2	0,0144810	0,0000000	0,0000000	0,5990046	0,0000173	0,0000346
6,829	0,0000328	4	0,0102346	0,0000000	0,0000000	0,4720210	0,0000073	0,0000292
7,623	0,0000229	2	0,0076053	0,0000000	0,0000000	0,2152947	0,0000011	0,0000021
8,458	0,0000164	4	0,0097890	0,0000000	0,0000000	0,1245399	0,0000003	0,0000010
9,331	0,0000120	1	0,0140328	0,0000000	0,0000000	0,1120049	0,0000002	0,0000002
				Sum	0,0000642		Sum	0,7678101
				Mr0	0,0000123		Mr0	0,1476115

Sea State 3

we	Sea State 3	SM	Heave			Pitch		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,0000000	1	0,9943541	0,0000000	0,0000000	2,3263919	0,0000000	0,0000000
0,383	0,0000618	4	0,9911699	0,0000607	0,0002428	2,4481556	0,0003703	0,0014812
0,703	0,1295792	2	0,9832808	0,1252825	0,2505650	2,4459477	0,7752285	1,5504569
1,061	0,0639490	4	0,9691117	0,0600595	0,2402378	2,3832598	0,3632257	1,4529027
1,460	0,0220251	2	0,9508288	0,0199123	0,0398247	2,2666156	0,1131549	0,2263097
1,898	0,0084882	4	0,9332679	0,0073931	0,0295724	2,1173539	0,0380540	0,1522162
2,376	0,0037332	2	0,9216276	0,0031710	0,0063419	1,9579950	0,0143121	0,0286242
2,893	0,0018303	4	0,9182462	0,0015433	0,0061732	1,8007064	0,0059349	0,0237397
3,450	0,0009779	2	0,9185687	0,0008251	0,0016503	1,6420567	0,0026368	0,0052736
4,047	0,0005595	4	0,9095252	0,0004628	0,0018513	1,4695034	0,0012082	0,0048327
4,683	0,0003383	2	0,8740122	0,0002585	0,0005169	1,2703179	0,0005460	0,0010919
5,359	0,0002141	4	0,7971483	0,0001361	0,0005443	1,0246326	0,0002248	0,0008993
6,074	0,0001408	2	0,6775824	0,0000646	0,0001293	0,7064385	0,0000703	0,0001405
6,829	0,0000956	4	0,5521454	0,0000292	0,0001166	0,3537011	0,0000120	0,0000479
7,623	0,0000668	2	0,5211841	0,0000181	0,0000363	0,2030066	0,0000028	0,0000055
8,458	0,0000477	4	0,6963791	0,0000232	0,0000926	0,2937001	0,0000041	0,0000165
9,331	0,0000349	1	1,2813779	0,0000573	0,0000573	0,5710756	0,0000114	0,0000114
				Sum	0,5769763		Sum	3,4469288
				Mr0	0,1109237		Mr0	0,6626721

we	Sea State 3	SM	Roll			Yaw		
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM
0,103	0,0000000	1	0,0000000	0,0000000	1,8634784	0,0000000	0,0000000	0,0000000
0,383	0,0000618	4	0,0000395	0,0001578	5,2076069	0,0016755	0,0067021	0,0000395
0,703	0,1295792	2	0,3212068	0,6424136	8,3658821	9,0689883	18,1379766	0,3212068
1,061	0,0639490	4	0,4258003	1,7032012	10,8354821	7,5081034	30,0324134	0,4258003

1,460	0,0220251	2	0,3118018	0,6236036	12,5537349	3,4710699	6,9421399	0,3118018	
1,898	0,0084882	4	0,2114899	0,8459596	13,5402012	1,5561956	6,2247822	0,2114899	
2,376	0,0037332	2	0,1388707	0,2777414	13,8167624	0,7126775	1,4253550	0,1388707	
2,893	0,0018303	4	0,0879211	0,3516843	13,3851507	0,3279255	1,3117022	0,0879211	
3,450	0,0009779	2	0,0538723	0,1077446	12,3133131	0,1482677	0,2965355	0,0538723	
4,047	0,0005595	4	0,0326722	0,1306888	10,8401429	0,0657446	0,2629782	0,0326722	
4,683	0,0003383	2	0,0203867	0,0407733	9,3060721	0,0293005	0,0586009	0,0203867	
5,359	0,0002141	4	0,0135835	0,0543342	7,9944513	0,0136859	0,0547438	0,0135835	
6,074	0,0001408	2	0,0094465	0,0188931	7,1781164	0,0072549	0,0145098	0,0094465	
6,829	0,0000956	4	0,0043363	0,0173453	7,2938540	0,0050871	0,0203483	0,0043363	
7,623	0,0000668	2	0,0004191	0,0008382	6,4842012	0,0028070	0,0056141	0,0004191	
8,458	0,0000477	4	0,0007247	0,0028989	5,3347884	0,0013589	0,0054356	0,0007247	
9,331	0,0000349	1	0,0007309	0,0007309	4,9157768	0,0008427	0,0008427	0,0007309	
					Sum	4,7239682		Sum	64,6991862
					Mr0	0,9081829		Mr0	12,4384185

we	Sea State 3	SM	Surge			Sway			
			RAO	Scr	Scr*SM	RAO	Scr	Scr*SM	
0,103	0,0000000	1	0,0367050	0,0000000	0,0000000	2,5116215	0,0000000	0,0000000	
0,383	0,0000618	4	0,0183641	0,0000000	0,0000001	2,0701187	0,0002648	0,0010591	
0,703	0,1295792	2	0,0169544	0,0000372	0,0000745	2,0000713	0,5183538	1,0367077	
1,061	0,0639490	4	0,0172906	0,0000191	0,0000765	1,9049346	0,2320566	0,9282264	
1,460	0,0220251	2	0,0182424	0,0000073	0,0000147	1,7930847	0,0708140	0,1416280	
1,898	0,0084882	4	0,0194309	0,0000032	0,0000128	1,6682588	0,0236233	0,0944932	
2,376	0,0037332	2	0,0204726	0,0000016	0,0000031	1,5281088	0,0087174	0,0174349	
2,893	0,0018303	4	0,0209774	0,0000008	0,0000032	1,3683378	0,0034270	0,0137080	
3,450	0,0009779	2	0,0206242	0,0000004	0,0000008	1,1916889	0,0013887	0,0027775	
4,047	0,0005595	4	0,0195907	0,0000002	0,0000009	1,0127364	0,0005738	0,0022953	
4,683	0,0003383	2	0,0185625	0,0000001	0,0000002	0,8491361	0,0002439	0,0004879	
5,359	0,0002141	4	0,0172867	0,0000001	0,0000003	0,7103655	0,0001081	0,0004322	
6,074	0,0001408	2	0,0144810	0,0000000	0,0000001	0,5990046	0,0000505	0,0001010	
6,829	0,0000956	4	0,0102346	0,0000000	0,0000000	0,4720210	0,0000213	0,0000852	
7,623	0,0000668	2	0,0076053	0,0000000	0,0000000	0,2152947	0,0000031	0,0000062	
8,458	0,0000477	4	0,0097890	0,0000000	0,0000000	0,1245399	0,0000007	0,0000030	
9,331	0,0000349	1	0,0140328	0,0000000	0,0000000	0,1120049	0,0000004	0,0000004	
					Sum	0,0001868		Sum	2,2388180
					Mr0	0,0000359		Mr0	0,4304128

LAMPIRAN D RMS (*ROOT MEAN SQUARE*)

Data dari spektrum respons

USV 10 Knot

Hs (m)		Heave			Pitch			Roll		
		180°	135°	90°	180°	135°	90°	180°	135°	90°
Sea State 1	0,10	0,17	0,18	0,22	0,16	0,18	0,31	0,00	0,22	0,51
Sea State 2	0,50	0,72	0,74	0,89	0,40	0,44	0,77	0,00	0,54	1,25
Sea State 3	1,25	1,22	1,27	1,53	0,69	0,76	1,32	0,00	0,93	2,12

Hs (m)		Yaw			Surge			Sway		
		180°	135°	90°	180°	135°	90°	180°	135°	90°
Sea State 1	0,10	0,00	1,97	4,17	0,13	0,11	0,00	0,00	0,23	0,58
Sea State 2	0,50	0,00	4,82	10,22	0,31	0,27	0,01	0,00	0,56	1,42
Sea State 3	1,25	0,01	8,23	17,44	0,53	0,46	0,02	0,00	0,96	2,43

USV 15 Knot

Hs (m)		Heave			Pitch			Roll		
		180°	135°	90°	180°	135°	90°	180°	135°	90°
Sea State 1	0,10	0,15	0,16	0,20	0,23	0,31	0,39	0,00	0,13	0,46
Sea State 2	0,50	0,60	0,63	0,78	0,56	0,75	0,95	0,00	0,32	1,13
Sea State 3	1,25	1,03	1,07	1,33	0,95	1,28	1,63	0,00	0,55	1,91

Hs (m)		Yaw			Surge			Sway		
		180°	135°	90°	180°	135°	90°	180°	135°	90°
Sea State 1	0,10	0,00	1,40	3,37	0,09	0,09	0,01	0,00	0,20	0,63
Sea State 2	0,50	0,00	3,44	8,27	0,23	0,21	0,01	0,00	0,50	1,54
Sea State 3	1,25	0,01	5,87	14,11	0,39	0,36	0,02	0,00	0,85	2,62

USV 20 Knot

Hs (m)		Heave			Pitch			Roll		
		180°	135°	90°	180°	135°	90°	180°	135°	90°
Sea State 1	0,10	0,16	0,15	0,19	0,27	0,29	0,44	0,00	0,12	0,43
Sea State 2	0,50	0,61	0,61	0,76	0,67	0,71	1,07	0,00	0,30	1,05
Sea State 3	1,25	1,04	1,04	1,30	1,14	1,22	1,82	0,01	0,52	1,80

Hs (m)		Yaw			Surge			Sway		
		180°	135°	90°	180°	135°	90°	180°	135°	90°

Sea State 1	0,10	0,00	1,05	2,76	0,07	0,07	0,01	0,00	0,18	0,65
Sea State 2	0,50	0,01	2,57	6,77	0,18	0,17	0,02	0,00	0,44	1,59
Sea State 3	1,25	0,01	4,39	11,56	0,30	0,29	0,03	0,00	0,46	2,71

LAMPIRAN E RELATIVE BOW MOTION DAN VERTICAL ACCELERATION

Heading 180°, 20 Knot

we	sb	wave spectrum	rbm spectrum	acc spectrum	fs	acc spectra * fs	rbm spectra * fs
0,100	1,42607	0,00000	0,0000	0,0000	1	0,00000	0,00000
0,344	1,38312	0,00005	0,0000	0,0000	4	0,00000	0,00035
0,588	3,57766	0,08239	0,4687	0,0720	2	0,14398	1,20860
0,831	3,10849	0,03560	0,1529	0,1347	4	0,53875	1,12839
1,075	3,14964	0,01093	0,0482	0,0393	2	0,07859	0,05885
1,319	1,13193	0,00380	0,0022	0,0181	4	0,07255	0,02399
1,563	2,83455	0,00153	0,0054	0,2171	2	0,43415	0,07284
1,806	2,37038	0,00069	0,0017	0,0082	4	0,03263	0,00307
2,050	3,49002	0,00034	0,0018	0,0024	2	0,00482	0,00027
2,294	0,81406	0,00018	0,0001	0,0029	4	0,01162	0,00042
2,538	1,69376	0,00010	0,0001	0,0029	2	0,00587	0,00014
2,781	1,42310	0,00006	0,0001	0,0025	4	0,00992	0,00017
3,025	1,59107	0,00004	0,0000	0,0027	2	0,00539	0,00006
3,269	1,47192	0,00002	0,0000	0,0019	4	0,00771	0,00007
3,513	1,47224	0,00002	0,0000	0,0018	2	0,00358	0,00002
3,756	1,57519	0,00001	0,0000	0,0016	4	0,00626	0,00003
4,000	1,53990	0,00001	0,0000	0,0015	1	0,00148	0,00001
sum						1,35731666	2,4972773
mo						0,11039509	0,2031119

Heading 180°, 15 Knot

we	sb	wave spectrum	rbm spectrum	acc spectrum	fs	acc spectra * fs	rbm spectra * fs
0,100	2,184439	0,0000	0,00000	0,000	1	0,00000	0,00000
0,344	2,492569	0,0000	0,00011	0,000	4	0,00001	0,00046
0,588	4,315474	0,0723	0,59861	0,071	2	0,14263	1,19722
0,831	4,074743	0,0307	0,22653	0,108	4	0,43263	0,90612
1,075	2,625273	0,0093	0,02853	0,038	2	0,07619	0,05705
1,319	3,121547	0,0032	0,01392	0,042	4	0,16842	0,05569
1,563	2,318574	0,0013	0,00306	0,018	2	0,03652	0,00613
1,806	3,837373	0,0006	0,00377	0,040	4	0,16046	0,01507
2,050	1,053985	0,0003	0,00014	0,002	2	0,00495	0,00028

2,294	1,21709	0,0002	0,00010	0,003	4	0,01101	0,00040	
2,538	1,644855	0,0001	0,00010	0,004	2	0,00850	0,00021	
2,781	1,474076	0,0001	0,00005	0,003	4	0,01171	0,00020	
3,025	1,618557	0,0000	0,00004	0,003	2	0,00612	0,00007	
3,269	1,495375	0,0000	0,00002	0,002	4	0,00915	0,00008	
3,513	1,496921	0,0000	0,00001	0,002	2	0,00405	0,00003	
3,756	1,49287	0,0000	0,00001	0,002	4	0,00717	0,00004	
4,000	1,542135	0,0000	0,00001	0,002	1	0,00171	0,00001	
						sum	1,08123	2,23904
						mo	0,08794	0,18211

Heading 180°, 10 Knot

we	sb	wave spectrum	rbm spectrum	acc spectrum	fs	acc spectra * fs	rbm spectra * fs	
0,100	1,426	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000	
0,344	1,383	0,000	0,000	0,000	4	0,000	0,000	
0,588	3,578	0,082	0,469	0,114	2	0,228	0,937	
0,831	3,108	0,036	0,153	0,194	4	0,776	0,612	
1,075	3,150	0,011	0,048	0,219	2	0,438	0,096	
1,319	1,132	0,004	0,002	0,028	4	0,112	0,009	
1,563	2,835	0,002	0,005	0,174	2	0,347	0,011	
1,806	2,370	0,001	0,002	0,120	4	0,482	0,007	
2,050	3,490	0,000	0,002	0,261	2	0,523	0,004	
2,294	0,814	0,000	0,000	0,014	4	0,057	0,000	
2,538	1,694	0,000	0,000	0,063	2	0,126	0,000	
2,781	1,423	0,000	0,000	0,045	4	0,182	0,000	
3,025	1,591	0,000	0,000	0,058	2	0,116	0,000	
3,269	1,472	0,000	0,000	0,051	4	0,205	0,000	
3,513	1,472	0,000	0,000	0,053	2	0,105	0,000	
3,756	1,575	0,000	0,000	0,062	4	0,249	0,000	
4,000	1,540	0,000	0,000	0,061	1	0,123	0,000	
						sum	4,071	1,677
						mo	0,331	0,136

Heading 135°, 20 Knot

we	sb	wave spectrum	rbm spectrum	acc spectrum	fs	acc spectra * fs	rbm spectra * fs
0,100	1,162	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000
0,344	2,274	0,000	0,000	0,000	4	0,000	0,000
0,588	4,657	0,074	0,711	0,085	2	0,169	1,422
0,831	4,684	0,031	0,306	0,146	4	0,585	1,225
1,075	3,298	0,010	0,046	0,062	2	0,123	0,092

1,319	3,493	0,003	0,018	0,054	4	0,216	0,071
1,563	0,635	0,001	0,000	0,001	2	0,003	0,000
1,806	6,283	0,001	0,010	0,110	4	0,442	0,041
2,050	0,956	0,000	0,000	0,002	2	0,004	0,000
2,294	1,025	0,000	0,000	0,002	4	0,008	0,000
2,538	1,770	0,000	0,000	0,005	2	0,010	0,000
2,781	1,563	0,000	0,000	0,003	4	0,014	0,000
3,025	1,698	0,000	0,000	0,003	2	0,007	0,000
3,269	1,496	0,000	0,000	0,002	4	0,009	0,000
3,513	1,379	0,000	0,000	0,002	2	0,004	0,000
3,756	1,439	0,000	0,000	0,002	4	0,007	0,000
4,000	1,528	0,000	0,000	0,002	1	0,002	0,000
					sum	1,602	2,854
					mo	0,130	0,232

Heading 135°, 15 Knot

we	sb	wave spectrum	rbm spectrum	acc spectrum	fs	acc spectra * fs	rbm spectra * fs
0,100	2,239	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000
0,344	2,618	0,000	0,000	0,000	4	0,000	0,001
0,588	4,489	0,081	0,725	0,086	2	0,173	1,450
0,831	3,996	0,035	0,247	0,118	4	0,473	0,990
1,075	3,031	0,011	0,044	0,058	2	0,117	0,087
1,319	2,844	0,004	0,013	0,040	4	0,161	0,053
1,563	0,979	0,001	0,001	0,004	2	0,008	0,001
1,806	2,629	0,001	0,002	0,022	4	0,088	0,008
2,050	2,476	0,000	0,001	0,016	2	0,032	0,002
2,294	1,330	0,000	0,000	0,004	4	0,015	0,001
2,538	2,023	0,000	0,000	0,008	2	0,015	0,000
2,781	1,312	0,000	0,000	0,003	4	0,011	0,000
3,025	1,646	0,000	0,000	0,004	2	0,007	0,000
3,269	1,480	0,000	0,000	0,003	4	0,011	0,000
3,513	1,380	0,000	0,000	0,002	2	0,004	0,000
3,756	1,449	0,000	0,000	0,002	4	0,008	0,000
4,000	1,526	0,000	0,000	0,002	1	0,002	0,000
					sum	1,124	2,594
					mo	0,091	0,211

Heading 135°, 10 Knot

we	sb				fs		
----	----	--	--	--	----	--	--

		wave spectrum	rbm spectrum	acc spectrum		acc spectra * fs	rbm spectra * fs
0,100	1,4496	0,0000	0,0000	0,0000	1	0,0000	0,0000
0,344	1,2905	0,0000	0,0000	0,0000	4	0,0000	0,0001
0,588	3,4910	0,0907	0,4912	0,0585	2	0,1170	0,9823
0,831	3,7860	0,0399	0,2539	0,1212	4	0,4849	1,0156
1,075	2,4856	0,0124	0,0340	0,0454	2	0,0908	0,0680
1,319	1,9904	0,0043	0,0077	0,0231	4	0,0926	0,0306
1,563	3,5295	0,0018	0,0097	0,0579	2	0,1158	0,0194
1,806	0,4782	0,0008	0,0001	0,0009	4	0,0034	0,0003
2,050	2,1041	0,0004	0,0008	0,0137	2	0,0275	0,0016
2,294	2,9651	0,0002	0,0008	0,0229	4	0,0915	0,0033
2,538	2,2984	0,0001	0,0003	0,0117	2	0,0234	0,0006
2,781	1,0311	0,0001	0,0000	0,0020	4	0,0081	0,0001
3,025	1,4516	0,0000	0,0000	0,0035	2	0,0070	0,0001
3,269	1,4714	0,0000	0,0000	0,0031	4	0,0126	0,0001
3,513	1,3982	0,0000	0,0000	0,0025	2	0,0050	0,0000
3,756	1,4877	0,0000	0,0000	0,0025	4	0,0102	0,0001
4,000	1,5181	0,0000	0,0000	0,0024	1	0,0024	0,0000
					sum	1,0922	2,1223
					mo	0,0888	0,1726

Heading 90°, 20 Knot

we	sb	wave spectrum	rbm spectrum	acc spectrum	fs	acc spectra * fs	rbm spectra * fs
0,100	1,133	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000
0,344	2,268	0,000	0,000	0,000	4	0,000	0,001
0,588	4,925	0,130	1,397	0,166	2	0,333	2,794
0,831	4,724	0,064	0,634	0,303	4	1,211	2,537
1,075	4,232	0,022	0,175	0,234	2	0,468	0,351
1,319	2,591	0,008	0,025	0,077	4	0,306	0,101
1,563	4,067	0,004	0,027	0,164	2	0,327	0,055
1,806	4,262	0,002	0,015	0,157	4	0,629	0,059
2,050	3,481	0,001	0,005	0,093	2	0,186	0,011
2,294	1,455	0,001	0,001	0,015	4	0,058	0,002
2,538	3,251	0,000	0,002	0,066	2	0,132	0,003
2,781	2,413	0,000	0,001	0,033	4	0,133	0,002
3,025	2,483	0,000	0,000	0,032	2	0,065	0,001
3,269	1,269	0,000	0,000	0,008	4	0,031	0,000
3,513	1,753	0,000	0,000	0,014	2	0,028	0,000
3,756	2,325	0,000	0,000	0,023	4	0,091	0,000
4,000	3,537	0,000	0,000	0,050	1	0,050	0,000

sum	4,048	5,917
mo	0,329	0,481

Heading 90°, 15 Knot

we	sb	wave spectrum	rbm spectrum	acc spectrum	fs	acc spectra * fs	rbm spectra * fs
0,100	2,382	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000
0,344	3,000	0,000	0,000	0,000	4	0,000	0,001
0,588	5,089	0,130	1,491	0,178	2	0,355	2,983
0,831	4,175	0,064	0,496	0,237	4	0,946	1,982
1,075	4,166	0,022	0,170	0,227	2	0,454	0,340
1,319	2,155	0,008	0,018	0,053	4	0,212	0,070
1,563	3,643	0,004	0,022	0,131	2	0,262	0,044
1,806	3,866	0,002	0,012	0,129	4	0,518	0,049
2,050	3,085	0,001	0,004	0,073	2	0,146	0,008
2,294	1,054	0,001	0,000	0,008	4	0,031	0,001
2,538	2,948	0,000	0,001	0,054	2	0,108	0,003
2,781	2,084	0,000	0,000	0,025	4	0,099	0,002
3,025	2,268	0,000	0,000	0,027	2	0,054	0,001
3,269	1,409	0,000	0,000	0,010	4	0,039	0,000
3,513	1,801	0,000	0,000	0,015	2	0,029	0,000
3,756	2,294	0,000	0,000	0,022	4	0,089	0,000
4,000	3,386	0,000	0,000	0,045	1	0,045	0,000
					sum	3,388	5,484
					mo	0,276	0,446

Heading 90°, 10 Knot

we	sb	wave spectrum	rbm spectrum	acc spectrum	fs	acc spectra * fs	rbm spectra * fs
0,100	1,435	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000
0,344	1,317	0,000	0,000	0,000	4	0,000	0,000
0,588	4,010	0,130	0,926	0,110	2	0,221	1,852
0,831	4,274	0,064	0,519	0,248	4	0,991	2,076
1,075	3,875	0,022	0,147	0,196	2	0,393	0,294
1,319	1,300	0,008	0,006	0,019	4	0,077	0,025
1,563	2,944	0,004	0,014	0,086	2	0,171	0,029
1,806	3,273	0,002	0,009	0,093	4	0,371	0,035
2,050	2,537	0,001	0,003	0,049	2	0,099	0,006
2,294	0,527	0,001	0,000	0,002	4	0,008	0,000
2,538	2,634	0,000	0,001	0,043	2	0,087	0,002
2,781	1,714	0,000	0,000	0,017	4	0,067	0,001
3,025	2,079	0,000	0,000	0,023	2	0,045	0,001

3,269	1,560	0,000	0,000	0,012	4	0,047	0,000	
3,513	1,849	0,000	0,000	0,015	2	0,031	0,000	
3,756	2,263	0,000	0,000	0,022	4	0,087	0,000	
4,000	3,208	0,000	0,000	0,041	1	0,041	0,000	
						sum	2,735	4,323
						mo	0,222	0,352

BIODATA PENULIS



Wirya Dharmata, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Bogor pada 12 Juli 1998 silam, Penulis merupakan anak pertama dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Dharma Putra, kemudian melanjutkan ke SDN Sukadamai 3, SMPN 4 Bogor dan SMAN 3 Bogor. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2015 melalui jalur SNMPTN.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Hidrodinamika Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi Sekretaris dan Bendahara Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa HIMATEKPAL FTK ITS 2016/2017 serta *Steering Comitte* Kaderisasi PILAR HIMATEKPAL FTK ITS 2017/2018. Selan itu, Penulis juga pernah menjadi peserta Pelatihan Elemen Pengkader BEM ITS dan beberapa kegiatan lain.

Penulis tercatat pernah menjadi *grader* untuk mata kuliah Perencanaan Produksi Kapal.

Email : wiryadharmata@gmail.com