



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - MN141581

**ANALISIS TEGANGAN PADA KAPAL PERANG TIPE
CORVETTE AKIBAT BEBAN SLAMMING**

SUGIYARTO

NRP. 4112 100 052

Dosen Pembimbing

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

Teguh Putranto,S.T,M.T

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOEMBER

SURABAYA

2016



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - MN141581

**ANALISIS TEGANGAN PADA KAPAL PERANG TIPE
CORVETTE AKIBAT BEBAN SLAMMING**

SUGIYARTO

NRP. 4112 100 052

Dosen Pembimbing

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

Teguh Putranto,S.T,M.T

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2016



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - MN141581

**STRESS ANALYSIS ON THE WARSHIP CORVETTE
DUE TO SLAMMING LOADS**

SUGIYARTO

NRP. 4112 100 052

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

Teguh Putranto,S.T,M.T

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS TEGANGAN PADA KAPAL PERANG TIPE
CORVETTE AKIBAT BEBAN SLAMMING

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Hidrodinamika Kapal

Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

SUGIYARTO

NRP. 4112100052

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing I

Aries Sulisetyono, S.T., M.A.Sc., Ph.D.

NIP. 19710320 199512 1 002

Dosen Pembimbing II

Teguh Putranto, S.T., M.T.

NIP. 19900513 201404 1 001

SURABAYA, 4 MEI 2016

LEMBAR REVISI

ANALISIS TEGANGAN PADA KAPAL PERANG TIPE CORVETTE AKIBAT BEBAN SLAMMING

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 25 April 2016

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Hidrodinamika Kapal
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

SUGIYARTO

NRP. 4112 100 052

Disetujui oleh Tim Pengujii Ujian Tugas Akhir:

1. Prof.Ir. I.K.A. Pria Utama, M.Sc., Ph.D

2. Dr. Ir. I Ketut Suastika

3. Septia Hardy Sujatanti, S.T., M.T

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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

2. Teguh Putranto, S.T., M.T.

SURABAYA, 4 MEI 2016



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr, Wb.

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta anugerah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Dan tak lupa shalawat serta salam tetap tercurahkan untuk nabi Muhammad SAW yang senantiasa memberi petunjuk arah jalan kebenaran dan kebaikan.

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik oleh penulis tentunya tidak lepas dari dukungan banyak pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada :

1. Ayah dan Ibu tercinta yang telah membesarkan penulis atas do'a, kasih sayang, dukungan dan bimbingannya yang tidak pernah berhenti.
2. Bapak Aries Sulisetyono,S.T, MA.Sc., Ph.D Selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan, ilmu, waktu, dan kesabaran dalam mengarahkan dan memberi nasehat kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Bapak Teguh Putranto,S.T,M.T Selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan, ilmu, waktu, dan kesabaran dalam mengarahkan dan memberi nasehat kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc, Ph.D Selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan – FTK ITS
5. Bapak Dony Setyawan S.T., M.Eng. Selaku dosen wali penulis, atas bimbingannya selama penulis menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Perkapalan – FTK ITS.
6. Kepala Laboratorium Desain Bapak Hassanudin ST., MT, atas ijinnya menggunakan fasilitas laboratorium untuk mengerjakan tugas akhir.
7. Karyawan Tata Usaha Jurusan Teknik Perkapalan – FTK – ITS.
8. Muhammad Lukman Hakim S.T yang telah bersedia membimbing, memberikan arahan kepada penulis, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
9. Teman teman seperjuangan TA yang telah memberikan semangat penulis Pratama, Teguh, Mas Khadafi dan lain-lain.
10. Teman teman P52 yang yang telah berjuang bersama selama hampir 4 tahun baik susah seneng ataupun sedih.

11. Temen seperjuangan kontrakan Arkon alif, Wimpy, Fikri dan Ibrahim
12. Teman rival sepermainan (PES 2013) yang selalu kalah Alif, Wimpy, Fikri, Ibrahim, Rico, Zola.
13. Semua pihak yang telah membantu penulis, yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Penulis sadar bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, karena kesempurnaan hanyalah milik Allah. Maka saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Wassalamualaikum, Wr, Wb.

Surabaya, 4 Mei 2016

Sugiyarto

NRP. 4112100052

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 bab I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
1.6 Hipotesis	3
1.7 Sistematika Penulisan Laporan	3
DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 DASAR TEORI	5
2.1.1 Tinjauan Umum Kapal Perang	5
2.1.2 Dinamika Kapal (<i>Ship Motions</i>)	6
2.1.3 Gerakan Heave and Pitch.	6
2.1.4 Gerakan Relatif Vertikal (<i>Vertical Motion</i>)	7
2.1.5 Gerakan Vertical (<i>Vertical Velocity</i>)	8
2.1.6 Gerakan <i>Relative Bow Motion</i>	9
2.1.7 Gerakan Struktur pada Gelombang Reguler.....	10
2.1.8 Gelombang <i>Irregular</i>	11
2.1.9 Spektrum Gelombang	12
2.1.10 Sheer Force	13
2.1.11 <i>Bending moment</i>	14
2.1.12 <i>Slamming</i> Kapal.....	15
2.1.13 Peluang Terjadinya <i>Slamming</i>	16
2.1.14 Jumlah Kejadian <i>Slamming</i>	17
2.1.15 Beban <i>Slamming</i>	17
2.1.16 Tegangan dan Regangan.....	18
2.1.17 Tegangan Normal pada Balok	19
2.1.18 Material AH36.....	20
2.1.19 Tegangan Ijin	21
2.1.20 Poseidon	21
2.1.21 Ansys Aqwa.....	21
2.2 Tinjauan Pustaka.....	23
2.2.1 Tinjaun Tugas Akhir dengan judul ” Analisa Perbandingan <i>Fatigue</i> Antara Hull-V Dan Hull-U Akibat Beban <i>Slamming</i> Dengan Metode Elemen Hingga”	23
2.2.2 Tinjaun Tugas Akhir dengan judul ” Analisis Tekanan Pada Bottom Plate Bagian Depan Kapal Trimaran Akibat <i>slamming</i> ”	24
2.2.3 Tinjauan Tugas Akhir dengan judul “Analisa <i>slamming</i> Offshore Patrol Boat”	24
2.2.4 Tinjauan Tugas Akhir dengan judul ” Evaluasi Aspek <i>slamming</i> pada Perancangan Drillship Displasemen 35000 Ton ”	24

2.2.5 Tinjaun Paper dengan judul "Slamming Impact Design Loads On Large High Speed Naval Craft"	25
BAB 3 bab iii METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Diagram Alir	27
3.2 Data Kapal	28
3.3 Proses Validasi Model	29
3.4 Pemodelan Kapal dengan Ansys Aqwa	36
3.4.1 Proses Geometri.....	37
3.4.2 Point Mass	38
3.4.3 <i>Meshing</i>	39
3.4.4 Analisa <i>Wave Direction</i> dan frekuensi	40
3.3.5 Proses <i>Solving</i>	41
3.5 Validasi <i>Grid Independence</i>	42
3.6 Analisa <i>Wave Spectrum</i>	43
3.7 Perhitungan <i>slamming</i>	44
3.7.1 Perhitungan Probabilitas <i>slamming</i>	44
3.7.2 Perhitungan Intensitas <i>slamming</i>	44
3.7.3 Perhitungan Besarnya Beban <i>slamming</i>	44
3.8 Pemodelan Konstruksi menggunakan Poseidon	44
3.8.1 Penentuan Ukuran Utama.....	46
3.8.2 <i>Hull Structure</i>	48
3.8.3 <i>Design Criteria/Loads</i>	51
3.8.4 <i>Results</i>	51
3.8.5 Analisa Data	52
BAB 4 BAB IV	53
ANALISIs dan PEMBAHASAN	53
4.1 Data Kapal	53
4.2 Model Konstruksi Kapal <i>Corvette</i>	53
4.3 Hasil RAO	54
4.4 Perbandingan <i>Vertical Motion</i>	62
4.5 Perbandingan <i>Vertical Velocity</i>	64
4.6 Perbandingan Probabilitas <i>slamming</i>	66
4.7 Perbandingan Intensitas <i>slamming</i>	67
4.8 Perbandingan Beban <i>slamming</i>	69
4.9 <i>Shear Force</i> dan <i>Bending Moment</i>	70
4.10 Hasil Simulasi diposeidon	74
BAB 5 BAB V	81
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran	82
BAB 6 Daftar Pustaka	83
BAB 7 LAMPIRAN A	85
BAB 1 LAMPIRAN B	86
BAB 2 LAMPIRAN C	114
BAB 3 BIODATA PENULIS	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Corvete Sigma</i> Indonesia kelas Navy.....	5
Gambar 2.2 Gerakan 6 derajat kebebasan kapal	6
Gambar 2.3 Gerakan <i>couple heaving pitching</i> (Bhattacharyya, 1978)	8
Gambar 3.1 Pembagian elemen silinder menjadi 12 panel	30
Gambar 3.2 Menentukan titik berat elemen di autocad	31
Gambar 3.3 Validasi model Silinder di Ansys Aqwa	33
Gambar 3.4 Grafik RAO gerakan <i>Surge</i>	34
Gambar 3.5 Grafik RAO gerakan <i>Sway</i>	35
Gambar 3.6 Grafik RAO gerakan <i>Heave</i>	35
Gambar 3.7 Grafik RAO gerakan <i>Roll</i>	35
Gambar 3.8 Grafik RAO gerakan <i>Pitch</i>	36
Gambar 3.9 Grafik RAO gerakan <i>Yaw</i>	36
Gambar 3.10 Detail input.....	37
Gambar 3.11 Menu input <i>slice</i>	37
Gambar 3. 12 Model 3d <i>Corvette</i>	38
Gambar 3.13 Detail point mass.....	38
Gambar 3.14 Input ukuran <i>meshing</i>	39
Gambar 3.15 Hasil <i>meshing</i> kapal	40
Gambar 3.16 Input detail sudut <i>heading</i> gelombang	40
Gambar 3.17 Input frekuensi gelombang.....	41
Gambar 3.18 Pilihan output Ansys Aqwa.....	41
Gambar 3.19 Proses <i>solving</i> pada Ansys Aqwa.....	42
Gambar 3.20 Konstruksi fr 106 – fr 174	45
Gambar 3. 21 Konstruksi Poseidon fr 118-fr 157	45
Gambar 3. 22 Konstruksi Poseidon fr 0-fr 75	45
Gambar 3.23 Detail input ukuran kapal <i>Corvette</i>	46
Gambar 3.24 Input material <i>properties</i>	47
Gambar 3.25 Input jarak gading	48
Gambar 3.26 Koordinat letak pembujur	48
Gambar 3.27 Functional elemen pada frame 142	49
Gambar 3.28 pemodelan pelat haluan kapal	49
Gambar 3.29 Pemodelan pembujur.....	50

Gambar 3.30 Pemodelan gading besar.....	50
Gambar 3.31 Model penampang melintang dan sekat.....	51
Gambar 4. 1 Model kapal <i>Corvette</i>	53
Gambar 4.2 Konstruksi model potongan memanjang.....	54
Gambar 4.3 Konstruksi potongan melintang fr 87 - 147	54
Gambar 4. 4 Grafik RAO <i>heave</i> di CG	55
Gambar 4. 5 Grafik RAO <i>pitch</i> di CG	56
Gambar 4.6 <i>Encounter wave spectrum</i> sudut 90°	56
Gambar 4.7 <i>Encounter wave spectrum</i> sudut 135°	57
Gambar 4.8 <i>Encounter wave spectrum</i> sudut 180°	57
Gambar 4.9 <i>Encounter wave spectrum</i> (Bhattacharyya, 1978)	57
Gambar 4.10 Respon spektrum <i>heaving</i> sudut 90°	58
Gambar 4.11 Respon spektrum <i>heaving</i> sudut 135°	58
Gambar 4.12 Respon spektrum <i>heaving</i> sudut 180°	59
Gambar 4.13 Respon spectrum gerakan <i>pitching</i> sudut 90°	59
Gambar 4.14 Respon spectrum gerakan <i>pitching</i> sudut 135°	60
Gambar 4.15 Respon spectrum gerakan <i>pitching</i> sudut 180°	60
Gambar 4.16 Spektra RBM sudut 90°	61
Gambar 4.17 Spektra RBM sudut 135°	61
Gambar 4.18 Spektra RBM sudut 180°	61
Gambar 4 .19 Respon spectrum RBM (Bhattacharyya, 1978)	62
Gambar 4.20 Grafik <i>vertical motion</i> $\mu = 90^\circ$	63
Gambar 4. 21 Grafik <i>vertical motion</i> $\mu = 135^\circ$	63
Gambar 4. 22 Grafik <i>vertical motion</i> $\mu = 180^\circ$	63
Gambar 4.23 Grafik <i>vertical velocity</i> $\mu = 90^\circ$	65
Gambar 4.24 Grafik <i>vertical velocity</i> $\mu = 135^\circ$	65
Gambar 4. 25 Grafik <i>vertical velocity</i> $\mu = 180^\circ$	65
Gambar 4. 26 Grafik probabilitas <i>slamming</i>	66
Gambar 4.27 Grafik Intensitas <i>slamming</i> per detik	67
Gambar 4. 28 Grafik intensitas <i>slamming</i> per jam.....	68
Gambar 4. 29 Grafik intensitas <i>slamming</i> per hari	68
Gambar 4. 30 Grafik <i>impact load</i> sudut 90°	69
Gambar 4. 31 <i>Impact load</i> sudut 135°	70

Gambar 4.32	<i>Impact Load</i> sudut 180°	70
Gambar 4. 33	<i>Shear force</i> akibat gelombang.....	71
Gambar 4.34	<i>Shear force</i> sudut 90 akibat gelombang + <i>slamming</i>	71
Gambar 4. 35	<i>Shear force</i> sudut 135 akibat gelombang + <i>slamming</i>	72
Gambar 4. 36	<i>Shear force</i> sudut 180 akibat gelombang + <i>slamming</i>	72
Gambar 4. 37	<i>Bending moment</i> sudut 135 akibat beban gelombang	73
Gambar 4. 38	<i>Bending moment</i> sudut 90 akibat gelombang + <i>slamming</i>	73
Gambar 4. 39	<i>Bending moment</i> sudut 135 akibat gelombang + <i>slamming</i>	74
Gambar 4.40	<i>Bending moment</i> sudut 180 akibat gelombang + <i>slamming</i>	74

DAFTAR TABEL

Table 1 Gerakan struktur gelombang	11
Table 2 Ukuran validasi model WAMIT	30
Table 3 Titik berat masing masing elemen silinder.....	31
Table 4 Kuadrat titik berat.....	32
Table 5 Data hasil WAMIT $\mu = 45^\circ$	33
Table 6 Data hasil WAMIT $\mu = 45^\circ$	34
Table 7 <i>Grid Independence</i>	42
Table 8 Tabel ukuran <i>profile</i>	47
Table 9 Hasil <i>running frame 142</i>	52
Table 10 Data Kapal <i>Corvette</i>	53
Table 11 Hasil RAO	55
Table 12 Perbandingan <i>vertical motion</i> tiap station	62
Table 13 Perbandingan <i>vertical velocity</i> tiap station.....	64
Table 14 Probabilitas <i>slamming</i>	67
Table 15 Intenitas <i>slamming</i>	67
Table 16 Beban <i>slamming</i>	69
Table 17 Hasil analisis pelat di fr 142	75
Table 18 Hasil analisis profil yang dipakai fr 142.....	76
Table 19 Hasil <i>running trans girder</i> fr 142	76
Table 20 Hasil <i>running web stiffener</i> Fr 142	77
Table 21 Hasil modulus dan momen inersia fr 142.....	77
Table 22 Tabel hasil tegangan	78

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kapal perang merupakan salah satu alutsista setiap negara yang dipersiapkan utamanya untuk pertahanan, kapal perang dilengkapi dengan senjata, dari mulai senjata kecil, besar, hingga peluru kendali dan radar serta berbagai kecanggihan lainnya seiring perkembangan zaman, bahkan beberapa kapal perang memiliki atau membawa sebuah senjata rudal berhulu ledak nuklir, selain itu kapal perang juga ada yang ditenagai oleh nuklir untuk penggerak mesinnya, bahkan untuk kapal selam bertenaga nuklir dapat bertahan bertahun-tahun dibawah permukaan air tanpa harus naik kepermukaan selama kebutuhan awaknya masih tercukupi. Kapal perang sendiri sudah banyak yang memiliki kecanggihan “*stealth*” atau bisa tidak terdeteksi oleh radar,

Kapal perang biasanya desain untuk dapat melaju pada kecepatan tinggi dan harus memiliki stabilitas yang bagus. Namun pada kenyataannya, pada waktu beroperasi, kapal perang dihadapkan pada kondisi lingkungan yang tidak menentu yang menyebabkan terjadinya *slamming* serta *greenwater*.

Slamming terjadi karena terdapat beda fase struktur kapal dengan fase gelombang. Perbedaan fase ini menyebabkan struktur kapal dapat terangkat keluar dari permukaan laut dan setelah itu jatuh menghantam permukaan laut tersebut. Kejadian masuknya lambung kapal ke dalam permukaan laut ini terjadi begitu cepat hingga menghasilkan beban *impact* yang disebut beban *slamming*.

Beban *slamming* didapatkan dari analisa respon *spectrum* gelombang sehingga dari analisa tersebut digunakan sebagai input dalam analisa beban *slamming*. Beban inilah yang dialami pada bagian kapal. Beban inilah yang dapat menyebabkan timbulnya tegangan pada struktur kapal. Dan dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur kapal. Untuk mengantisipasi hal tersebut sehingga dalam proses desain dilakukan proses perhitungan untuk analisa tegangan yang diakibatkan terjadinya beban *slamming*. Dimana kapal *Corvette* masih dalam proses desain. Sehingga mengantisipasi terjadinya kerusakan pada kapal dilakukan proses analisa tegangan akibat beban *slamming*. Analisa yang dihasilkan dalam perhitungan dibandingkan dengan *rule* sehingga didapatkan desain yang sesuai dengan aturan *rule*.

1.2 Perumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang di atas permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah:

- Berapa peluang terjadinya *slamming* pada kapal *Corvette*?
- Berapa intensitas terjadinya *slamming* pada kapal *Corvette*?
- Berapa besar pressure yang terjadi akibat beban *slamming*?
- Berapakah besar tegangan yang terjadi akibat *slamming* pada kapal?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ada dalam penelitian ini adalah.

- a. Data ukuran kapal (Loa :106 m, B :14m, T: 3.7m, H: 8.75m)
- b. Analisis beban gelombang yang bekerja yaitu beban dengan arah pembebanan gelombang sudut hadap *Head sea* (180°) , *Beam sea* (90°) dan *Quarter sea* (135°)
- c. Kecepatan kapal dalam pengoperasian yaitu 30 knots
- d. Analisa yang dilakukan sebatas menganalisa tegangan yang diakibatkan karena beban *slamming* pada kapal *Corvette*.
- e. Beban tinggi gelombang yang digunakan 4, 5, dan 6 meter.
- f. Analisa *seakeeping* kapal menggunakan *software* Ansys Aqwa 14.5
- g. Pemodelan analisa tegangan menggunakan *software* Poseidon

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

- a. Menghitung peluang terjadinya *slamming* pada kapal *Corvette*.
- b. Menghitung jumlah intensitas terjadinya *slamming*.
- c. Menghitung besar tekanan yang terjadi akibat *slamming*.
- d. Menghitung tegangan yang terjadi akibat beban *slamming* pada kapal

1.5 Manfaat

Adapun manfaat bagi penulis dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

- a. Memahami proses pemodelan dengan Poseidon untuk struktur kapal, Perhitungan *slamming* dan pemodelan dalam Ansys Aqwa untuk analisa RAO, *shear force* dan *bending moment*
- b. Berguna untuk referensi dalam tugas akhir selanjutnya tentang *slamming*.

1.6 Hipotesis

Hipotesis yang dapat diambil dalam penelitian ini yaitu perubahan sudut hadap datangnya gelombang dan variasi tinggi gelombang pada kapal berpengaruh terhadap peluang terjadinya *slamming*, intensitas *slamming*, beban *slamming* dan tegangan yang diakibatkan *slamming*

1.7 Sistematika Penulisan Laporan

Untuk memperoleh hasil laporan Tugas Akhir yang sistematis dan tidak keluar dari pokok permasalahan yang telah ditentukan, maka dibuat sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian secara umum dan singkat meliputi latar belakang masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, manfaat, tujuan, hipotesis dan sistematika penulisan dari tugas akhir yang disusun.

BAB II DASAR TEORI DAN TINJAUN PUSTAKA

Berisi tinjauan pustaka, yakni apa saja yang menjadi acuan dari penelitian tugas akhir ini. Dasar teori, persamaan-persamaan, dan codes yang digunakan dalam mengerjakan tugas akhir ini diuraikan dalam bab ini.

BAB III METODOLOGI

Metodologi penelitian ini menjelaskan bagaimana langkah-langkah penggerjaan dalam penyelesaian tugas akhir ini, serta metode-metode yang digunakan. Mulai metode pemodelan dalam Ansys untuk analisa gelombang, pemodelan seluruh kontruksi kapal pada Poseidon sampai dengan cara memperoleh tegangan yang terjadi.

BAB IV ANALISA HASIL

Membahas tentang tahapan analisa struktur geladak kapal tanker dengan bantuan *finite element software*. Selain itu membahas hasil dari analisa yang telah dilakukan pada penelitian, meliputi perbandingan model, analisa hasil serta pembahasan hasil.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Menjelaskan tentang kesimpulan penting yang diperoleh dari hasil analisa tegangan yang terjadi pada geladak kapal tanker untuk menjawab permasalahan yang diajukan atau dirumuskan. Selain itu saran juga diperlukan dalam bab ini, dengan tujuan sebagai masukan-masukan pada penelitian-penelitian berikutnya.

BAB II

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 DASAR TEORI

2.1.1 Tinjauan Umum Kapal Perang

Kapal perang adalah kapal yang digunakan untuk kepentingan militer atau angkatan bersenjata. Kapal perang dilengkapi dengan senjata, dari mulai senjata kecil, besar, hingga peluru kendali dan radar serta berbagai kecanggihan lainnya seiring perkembangan zaman, bahkan beberapa kapal perang memiliki atau membawa sebuah senjata rudal berhulu ledak nuklir. Tidak seperti kapal niaga yang membawa muatan yang bersifat komersil, kapal perang hanya membawa senjata, amunisi dan persediaan untuk awak kapalnya. Kapal perang modern umumnya terbagi menjadi 7 kategori pokok, yaitu *Aircraft Carriers, Cruisers, Destroyers, Frigates, Corvettes, Submarines dan Amphibious Assault*.

Corvette merupakan jenis kapal perang yang lebih kecil dari *Frigate* dan lebih besar dari kapal patroli pantai, walaupun banyak desain terbaru yang menyamai *Frigate* dalam ukuran dan tugas. Biasanya dimasukan kategori sebagai kapal patroli yang mampu melakukan operasi sergap dan serbu secara mandiri. Istilah *Corvette* sendiri diperkenalkan oleh Angkatan Laut Perancis pada abad ke-17 untuk menyebut suatu kapal kecil (biasanya membawa 20 meriam) yang digunakan untuk melindungi kapal dagang dan patroli lepas pantai.



Gambar 2.1 *Corvette Sigma Indonesia kelas Navy*

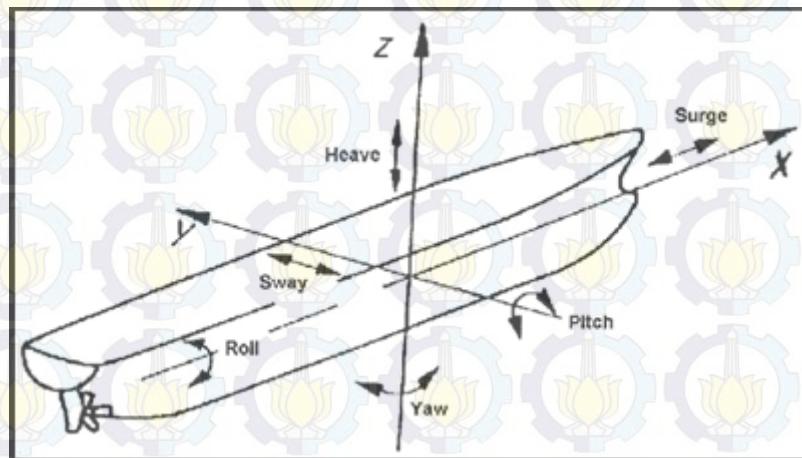
(sumber: <http://artileri-news.blogspot.co.id/2014/05/sigma-class-corvette-tni-al-indonesia.html>)

2.1.2 Dinamika Kapal (*Ship Motions*)

Seakeping adalah gerakan kapal yang dipengaruhi oleh gaya-gaya luar yang disebabkan oleh kondisi air laut. Setiap kapal memiliki karakteristik gerakan berbeda ketika memperoleh gaya dari gelombang, bergantung pada faktor bentuk lambung, letak titik berat dan faktor lainnya. Gerakan kapal sendiri dibagi menjadi 6 macam berdasarkan sumbu geraknya diilustrasikan sesuai gambar 2.2, yakni 3 gerak translasi dan 3 gerak rotasi.yaitu :

- *Surging* adalah gerakan translasi sepanjang sumbu X.
- *Roling* adalah gerakan kapal yang memutari sumbu X.
- *Swaying* adalah gerakan translasi kapal yang terjadi ketika kapal bergerak sepanjang sumbu Y.
- *Pitching* adalah gerakan kapal yang memutari sumbu Y.
- *Heaving* adalah gerakan kapal yang sepanjang sumbu Z.
- *Yawing* adalah gerakan kapal memutari sumbu Z.

(Bhattacharyya, 1978)



Gambar 2.2 Gerakan 6 derajat kebebasan kapal

(Sumber : <https://www.helmidadang.com/2011/12/23/resume-stabilitas-kapal/>)

2.1.3 Gerakan Heave and Pitch.

Dalam buku Dynamics of Marine Vehicles menurut Bhatacharyya (1978) persaman untuk gerak kopel *heave - pitch motion* pada kapal dituliskan dalam persamaan :

Heave :

$$(m+az)\ddot{z} + bz' + cz + d\theta' + e\theta + h\theta = (t) \quad (2.1)$$

Pitch :

$$(Iyy+Ayy)\ddot{\theta} + B\theta' + C\theta + D\ddot{z} + Ez' + Hz = (t) \quad (2.2)$$

Keterangan :

a_z = added mass heaving

b, B = damping coefficient untuk heaving, pitching

c, C = restoring force coefficient untuk heaving, pitching

d, D = inertial moment coefficient heaving, pitching

e, E = damping moment coefficient heaving, pitching

(t) = exiting force

I_{yy} = momen inersia kapal

A_{yy} = added mass pitching

(t) = exciting moment

Setelah menghitung komponen-komponen hidrodinamis di atas, maka didapatkan persamaan *heaving* dan *pitching* sebagai berikut :

Heave :

$$z = za \cos(\omega t + \epsilon z) \quad (2.3)$$

Pitch :

$$\theta = \theta a \cos(\omega t + \epsilon \theta) \quad (2.4)$$

dimana :

z = gerakan *heave*

za = amplitudo *heave*

ϵz = sudut fase *heave*

θ = gerakan *pitch*

θa = amplitudo *pitch*

$\epsilon \theta$ = sudut fase *pitch*

2.1.4 Gerakan Relatif Vertikal (*Vertical Motion*)

Setiap kapal akan memiliki gerakan kapal yang berbeda tergantung dengan kondisi gelombang. Gerakan kapal ini terjadi karena terjadinya gerakan *heave* dan *pitch* bersamaan.

Gerakan ini dinamakan *coupled heaving and pitching motion* sesuai pada gambar 2.3 halaman

8. Menurut Bhattacharyya (1978), gerakan vertikal pada kapal dirumuskan sebagai berikut :

$$zb = z + \xi \sin \theta \quad (2.5)$$

Dari persamaan diatas didapatkan persamaan *coupled heaving and pitching* sebagai berikut.

$$zb = za \cos(\omega_e t + \varepsilon_z) + \xi \theta_a \cos(\omega_e t + \varepsilon_\theta) \quad (2.6)$$

$$= (z_b)_a \cos(\omega t + \varepsilon) \quad (2.7)$$

dimana :

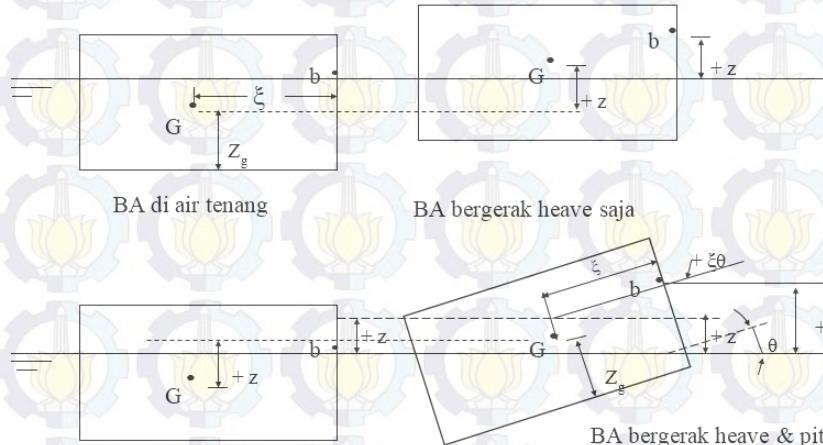
zb = gerakan relatif gabungan

$(z_b)_a$ = amplitudo gerakan di titik b

$$= z_a^2 + (\xi \theta_a)^2 + 2z_a \xi \theta_a \cos(\varepsilon_z + \varepsilon_\theta)$$

eb = sudut fase gerakan di titik b

$$= \frac{Z \sin \theta + \xi \theta \sin \xi}{Z \cos \theta + \xi \theta \cos \xi}$$



Gambar 2.3 Gerakan *couple heaving pitching* (Bhattacharyya, 1978)

Gerakan vertikal terjadi di setiap titik di sepanjang kapal di atas gelombang regular. Gerakan ini terjadi dikarenakan adanya gerakan *couple* antara gerakan *heave* dan *pitch*. Sehingga memungkinkan perbedaan gerakan disetiap titik disepanjang kapal.

2.1.5 Gerakan Vertical (Vertical Velocity)

Menurut buku Bhattacharyya Gerakan vertikal ini adalah gerakan *heave* dan *Pitch*. Dimana gerakan *heave* dan *pitch* ini berpusat pada titik berat kapal itu sendiri. Apabila gerak kapal pada gelombang regular akan bersifat harmonik. Untuk kecepatan vertical pada sembarang titik terhadap CG sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$Z_{\zeta} = \omega_e (Z_{\zeta})_a \cos \omega_e t \quad (2.8)$$

Dengan mempertimbangkan gerakan *heave* dan *pitch* sehingga didapatkan persamaan amplitudo gerakan sebagai berikut;

$$(Z_\zeta)^2 = (Z)_a^2 + \omega_e \zeta^2 (\theta)_a^2 + 2(Z)_a (\theta)_a \zeta \cos (\varepsilon_z - \varepsilon_\theta) \quad (2.9)$$

Dimana :

$(Z)_a$ = amplitudo kecepatan *heave* pada CG (m/det)

$(\theta)_a$ = amplitudo kecepatan *pitch* pada CG (rad/det)

ω_e = frekuensi papasan (*encountering frequency*)

$$= \omega_w \{ 1 - (\omega_w V \cos \mu / g) \}$$

ω_w = frekuensi gelombang (rad/sec)

μ = sudut datang gelombang

gelombang haluan (*Head seas*) $\mu = 180^\circ$

gelombang buritan (*following seas*) $\mu = 0^\circ$

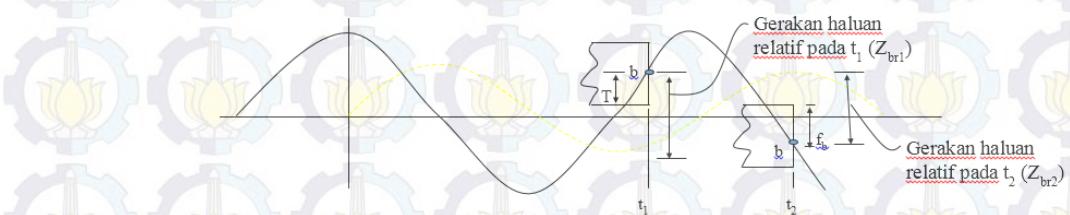
$$(Z)_a = \omega_e Z_a \text{ atau } (Z_\zeta)_a = \omega_e (Z_\zeta)_a \quad (2.10)$$

2.1.6 Gerakan Relative Bow Motion

Dalam menganalisa *seakeeping* kapal kita bisa melakukan prediksi terjadinya *slamming* ataupun *greenwater*. Hal ini bisa dilakukan dengan melakukan analisa *relative bow motion*. Gerakan *relative bow motion* dapat 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 dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Z_{br} = Z_b - \zeta_b \quad (2.11)$$

Menurut Bathacaryya ketika nilai $Z_b > z_b$ maka nilai Z_{br} lebih dari nol sehingga elevasi haluan lebih tinggi dari elevasi gelombang sehingga titik b melebihi sarat kapal atau terjadi *slamming*, dan apabila nilai $Z_b < z_b$ maka nilai Z_{br} lebih kecil dari nol sehingga elevasi haluan kapal tidak melebihi elevasi gelombang sesuai pada gambar 2.4 dibawah ini



Gambar 2.4 Definisi gerakan haluan relatif (terhadap gelombang)

(Bhattacharyya, 1978)

Dari persamaan 2.11 diatas sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$Z_{br} = Z(b) \cos(\omega_e t + \varepsilon_b) - \zeta_a \cos(k_e \zeta - \omega_e t) \quad (2.12)$$

Dimana :

Z_{br} = Gerakan relatif haluan

k_e = angka gelombang efektif

$$k_e = \omega_e^2/g = 2\pi/\lambda_{\omega_e}$$

$$\lambda_{\omega_e} = \lambda_\omega / \cos \mu$$

Setelah didapatkan *relative bow velocity* selanjutnya yaitu menentukan *spectra density relative bow motion*. Perhitungan *relative bow motion* dilakukan untuk kapal berlayaran pada gelombang *irregular*. Rumus empiris sebagai berikut :

$$S_s = S_z + \frac{\pi L}{L_w} S_\theta + S_\zeta \quad (2.13)$$

Dimana :

S_s = *spectra density relative bow motion*

S_z = *spectra density untuk Heaving motion*

S_θ = *spectra density respon spectrum Pitching motion*

S_ζ = *Spectra density spectrum gelombang*

(Bhattacharyya, 1978)

2.1.7 Gerakan Struktur pada Gelombang Reguler

Gerakan suatu struktur pada gelombang reguler disebut sebagai *Response Amplitude Operator* (RAO). RAO merupakan fungsi amplitudo struktur yang bergerak di gelombang regular per unit amplitudo gelombang. Oleh karena itu, RAO akan berbeda untuk tiap jenis gerakan. RAO dapat diperoleh dari tes model pada *towing tank*, perhitungan analitis, maupun simulasi dengan perangkat lunak.

Table 1 Gerakan struktur gelombang

No	Gerakan	RAO
1	<i>Surge</i>	$(X_a/\delta a)^2$
2	<i>Sway</i>	$(Y_a/\delta a)^2$
3	<i>Heave</i>	$(Z_a/\delta a)^2$
4	<i>Roll</i>	$(\theta_a/\delta a)^2$
5	<i>Pitch</i>	$(\Theta_a/\delta a)^2$
6	<i>Yaw</i>	$(\Phi_a/\delta a)^2$

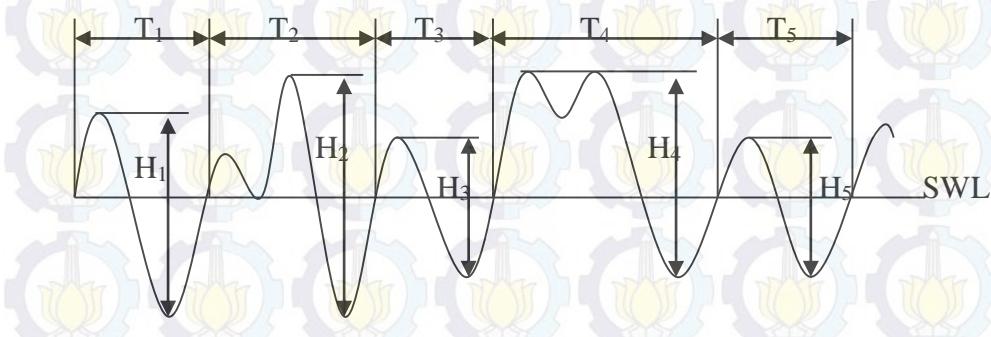
Keterangan :

- δa : Amplitudo gelombang
- X_a : Amplitudo gerakan *Surge*
- Y_a : Amplitudo gerakan *sway*
- Z_a : Amplitudo gerakan *heave*
- θ_a : Amplitudo gerakan *roll*
- Θ_a : Amplitudo gerakan *Pitch*
- Φ_a : Amplitudo gerakan *Yaw*

Dari nilai RAO diatas juga digunakan untuk mentransformasikan beban gelombang menjadi respon struktur.

2.1.8 Gelombang Irregular

Gelombang *irregular* adalah gelombang acak yang terjadi akibat penjumlahan dari banyak gelombang yang memiliki frekuensi, tinggi dan fase gelombang yang berbeda-beda. Mempelajari perilaku gelombang laut yang mempunyai gerakan tidak konstan tersebut perlu menggunakan pendekatan statistik, yang mana pendekatan ini dapat mewakili keadaan sebenarnya. Pendekatan statistic yang digunakan bisa menggunakan formula Joswap, ITTC dan sebagainya. Gelombang *irregular* ditunjukan pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Profil gelombang irreguler beserta propertinya (Naess, 1985)

Menurut Bhattacharyya (1978) Gelombang *irregular* disini diasumsikan berasal dari penjumlahan gelombang-gelombang reguler yang memiliki frekuensi, tinggi dan fase gelombang yang berbeda-beda. Tiap komponen gelombang dapat ditransformasikan menjadi komponen dari suatu jenis gerakan dengan mengalikan spektrum gelombang dengan RAO gerakan tertentu yang ingin dihitung. Spektrum gelombang (ω_w) diubah menjadi spektrum gelombang *encountered* (ω_e) dengan formula sebagai berikut :

$$\omega_e = \omega_w \left(1 - \frac{\omega_w V}{g} \cos \mu\right) \quad (2.14)$$

Dimana :

ω_e : frekuensi *encountered*

ω_w : frekuensi gelombang

g : percepatan gravitasi

V : kecepatan kapal

μ : *heading angle* kapal.

2.1.9 Spektrum Gelombang.

Dalam perancangan struktur bangunan apung, idealnya informasi karakteristik gelombang untuk lingkungan dimana struktur akan dioperasikan harus lengkap tersedia. Meskipun demikian, belum semua daerah lautan di dunia dilakukan observasi gelombangnya. Untuk kebutuhan perancangan maka spectra gelombang dari lokasi lain dengan kondisi yang mirip biasanya diambil. Bila informasi inipun tidak tersedia maka dapat dipakai formula spectra gelombang. Salah satunya yaitu formulasi ITTC formulasi tersebut memberikan persamaan *spectrum energy* gelombang sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan, $H_{1/3}$, dan frekuensi karakteristik. *International Towing Tank Conference (ITTC)* merupakan penelitian mengenai standart *spectrum golombang*. Formula spektrum gelombang ITTC adalah sebagai berikut:

$$S(\omega_e) = \left(\frac{A}{\omega_e^5}\right) e^{\frac{-B}{W_w^4}} \quad (2.15)$$

Dimana

W_w : Frekuensi gelombang (rad/sec)

A : $8.10 \times 10^{-3} g^2$

B ; $3.11 \times 10^4 / (H_{1/3})^2$

$(H_{1/3})$: *Significant wave height (m)*

(Bhattacharyya 1978)

2.1.10 Shear Force

Shear force adalah gaya yang dialami oleh suatu struktur sehingga menyebabkan gerakan translasi pada struktur tersebut. Keseimbangan terjadi pada saat titik pusat gaya berat dan titik pusat gaya tekan keatas terletak disatu garis vertikal (satu garis kerja).

- Penyebaran Gaya Berat.

$$W(x) = g \cdot m(x) \quad (2.16)$$



Gambar 2.6 Distribusi gaya berat

- Penyebaran Gaya Tekan Keatas

$$b(x) = \rho \cdot g \cdot a(x) \quad (2.17)$$

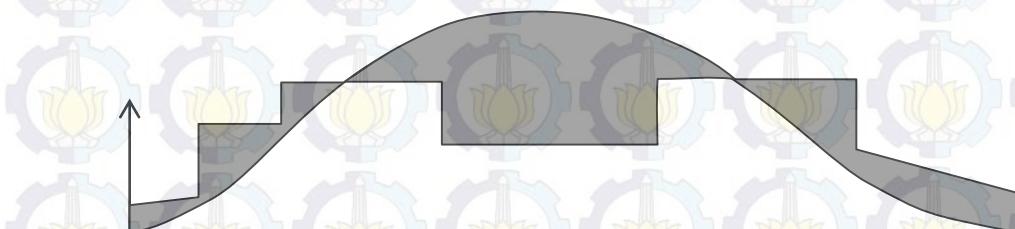


Gambar 2.7 Penyebaran gaya tekan keatas.

Ruas kanan merupakan distribusi memanjang dari beban-beban yang bekerja pada kapal. Dan $f(x)$ merupakan selisih antara gaya tekan keatas dan gaya berat.

Jika lengkung diagram gaya berat kita kurangi dengan lengkung diagram gaya tekan keatas, akan diperoleh lengkung penyebaran beban sepanjang kapal :

$$f(x) = b(x) - w(x) \quad (2.18)$$

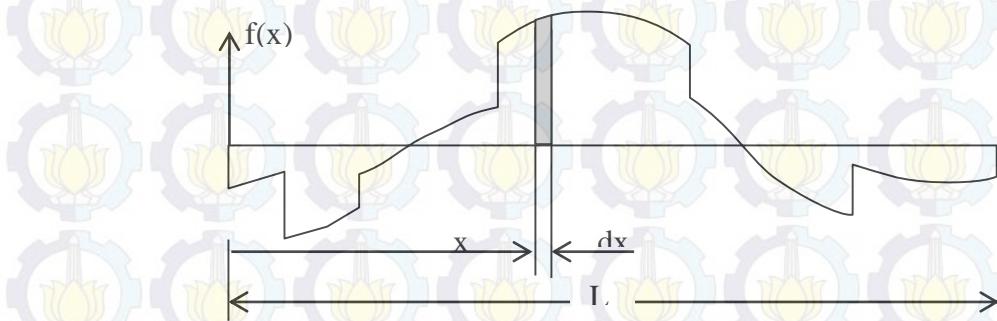


Gambar 2.8 Superposisi gaya berat dan gaya keatas

dan beban $f(x)$ ini merupakan turunan kedua dari momen lengkung :

$$f(x) = \frac{d^2 M}{dx^2} \quad (2.19)$$

Besar gaya lintang adalah lengkung integral pertama dari beban $f(x)$, oleh karena itu

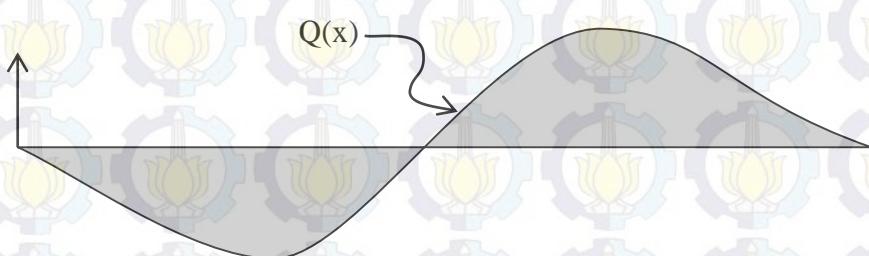


Gambar 2.9 Gaya lintang

persamaan gaya lintang dapat kita peroleh dari :

$$Q(x) = \int_0^x f(x) dx \quad (2.20)$$

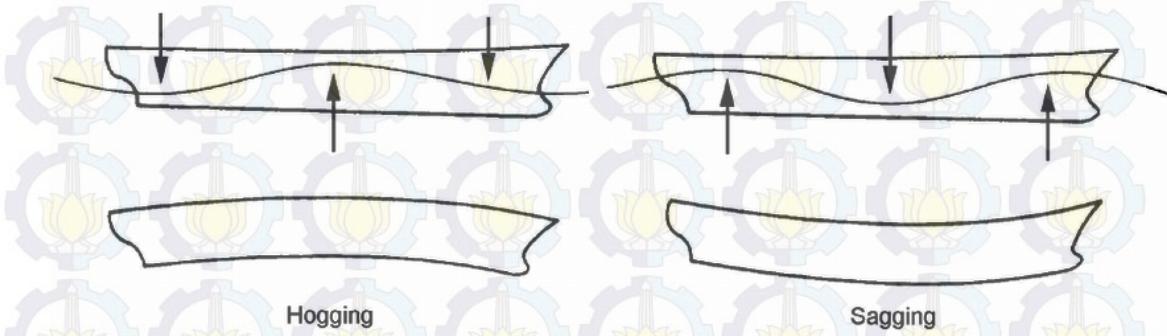
dimana konstante intergrasi besarnya sama dengan nol, karena $Q(0) = 0$



Gambar 2.10 Gaya lintang pada kapal

2.1.11 *Bending Moment.*

Bending moment disebabkan oleh berbagai hal salah satunya yaitu karena beban gelombang. Beban-beban gelombang dipengaruhi oleh gaya gravitasi, tekanan fluida, inersia pada struktur kapal. Tekanan fluida berefek kepada lambung kapal utamanya pada geladak dan alas kapal. Tekanan ini biasanya memiliki terbesar pada bagian *midship*. Pada kondisi ekstrem *bending moment* terjadi pada 2 macam yaitu *sagging* dan *hogging*. *Sagging* adalah kondisi beban gelombang terpusat pada ujung-ujung kapal, sedangkan *hogging* adalah kondisi beban gelombang terpusat pada bagian *midship* kapal.



Gambar 2.11 Kondisi *hogging sagging*. (Djatmiko, 2012)

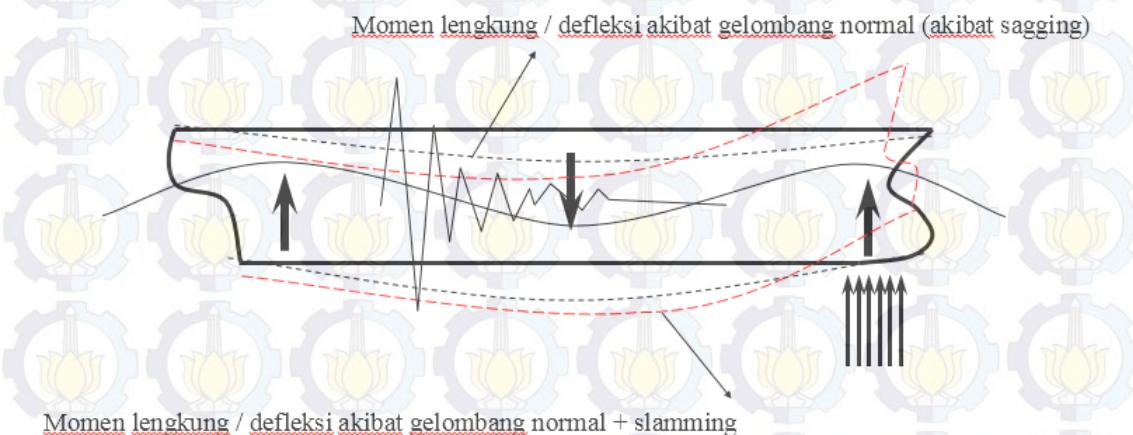
Bending momen disebabkan oleh 2 hal yang pertama *bending moment* pada air tenang (M_s), yang kedua adalah *bending moment* yang disebabkan oleh perbedaan distribusi *displacement* sepanjang kapal (M_w). Jadi *Bending moment* total dapat dijadikan persamaan sebagai berikut:

$$M = M_s + M_w \quad (2.21)$$

Bending moment ini pada akhirnya menimbulkan tegangan pada konstruksi kapal yang dapat menyebabkan pada kerusakan konstruksi kapal. Kerusakan dapat timbul apabila tegangan yang dialami melebihi ambang batas yang mampu dialami oleh kapal. Batasan tegangan yang diijinkan pada suatu kapal telah diatur didalam klasifikasi

2.1.12 *Slamming Kapal*

Slamming adalah hal yang saling berhubungan dengan gerakan vertikal kapal. Gerakan ekstrim terjadi akibat hembusan gelombang sehingga bagian haluan kapal keluar dari permukaan air. Kecepatan jatuhnya bagian haluan ke permukaan gelombang yang relatif cukup besar dapat mengakibatkan kerusakan struktur.



Gambar 2.12 Struktur kapal akibat beban gelombang dan *slamming* (Djatmiko, 2012)

Pada gambar 2.12, diilustrasikan bahwa akibat beban *slamming* dan beban gelombang pada kondisi ekstrim yaitu kondisi *sagging* menimbulkan beban yang lebih besar pada struktur kapal. Hal tersebut dikarenakan beban yang dialami struktur kapal saling menambahkan satu sama lain dan sedangkan pada keadaan *hogging* beban *slamming* berlawanan dengan gelombang sehingga beban yang diterima oleh badan kapal saling mengurangi.

2.1.13 Peluang terjadinya *Slamming*

Menurut Bhattacharyya (1978) dalam menentukan peluang terjadinya *Slamming* harus didasarkan 2 syarat.

1. Dasar haluan naik melewati (*emerge*) gelombang, atau dengan kata lain gerakan relatif vertikal haluan melampaui sarat air bagian haluan ($z_b > T_b$), dan
2. Kecepatan relatif vertikal haluan mempunyai harga yang melewati harga kecepatan ambang batas *slamming* atau *threshold velocity*. Perlu dicatat disini, efek *slamming* yang sebenarnya hanya terjadi atau dialami oleh bangunan laut bilamana pada saat dasar haluan masuk kembali ke dalam air atau gelombang mempunyai kecepatan tertentu. Bilamana kecepatan terlalu rendah maka haluan dapat dikatakan hanya mencelup kembali ke dalam air, sehingga efek *slamming* atau hampasan tidak akan terasa. Dengan demikian peluang terjadinya *slamming* harus juga memenuhi 2 (dua) syarat tersebut, yakni, pertama harus memperhitungkan peluang gerakan vertikal haluan relatif lebih besar dari sarat air bagian haluan, atau secara matematis dituliskan:

$$\Pr(\text{haluan terangkat}) = \Pr(Z_{br} > T_b) = \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_{0Zbr}}\right) \quad (2.22)$$

Dimana :

T_b = Sarat kapal

V_o = Kecepatan kapal

M_{os} = Luas *response spectrum* pada gerakan *relative bow motion* (RBM).

M_{2s} = Luas *response spectrum* pada kecepatan *relative di station* yang dihitung

Kedua, peluang kecepatan relatif vertikal haluan lebih besar dari kecepatan ambang batas *slamming*:

$$\Pr(\text{kec.ambang batas terlampaui}) = \Pr(V_{br} > V_{th}) = \exp\left(-\frac{V_{th}^2}{2m_{0Vbr}}\right) \quad (2.23)$$

V_{th} = kecepatan ambang batas *slamming*

$V_{br} = Z_{br}$ = kecepatan relatif vertikal haluan

Peluang terjadinya *slamming* dengan demikian adalah kombinasi pers. (1) dan (2), yang dapat dituliskan:

$$\Pr(\text{slam}) = \Pr(Z_{br} > T_b \text{ dan } V_{br} > V_{th}) = \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_{0Zbr}} - \frac{V_{th}^2}{2m_{0Vbr}}\right) \quad (2.24)$$

Kecepatan ambang batas atau *threshold velocity* dapat diperoleh dengan mengambil acuan berikut: Bhattacharyya memberikan acuan = 12.0 ft/det (= 3.65 m/det) untuk kapal dengan panjang 520 ft (= 158.5 m), bila panjang kapal mempunyai harga berbeda maka dapat diperoleh dengan memperhitungkan hukum skala, yakni ft/det. Sebagai misal kapal yang dikaji mempunyai = 550 ft (= 167.6 m) maka kecepatan ambang batasnya adalah = 12.6 ft/det (= 3.84 m/det).

2.1.14 Jumlah Kejadian *Slamming*

Sedangkan untuk frekuensi terjadinya *slamming* per satuan waktu (Ns) dapat diprediksi dengan persamaan :

$$N_{\text{slam}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_{2Zbr}}{m_{0Zbr}}} \times \Pr(\text{slam}) \quad (2.25)$$

Atau didapatkan sebagai berikut:

$$N_{\text{slam}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_{2Zbr}}{m_{0Zbr}}} \times \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_{0Zbr}} - \frac{V_{th}^2}{2m_{0Vbr}}\right) \quad (2.26)$$

Bilamana ingin diketahui jumlah kejadian *slamming* dalam waktu operasi tertentu (/jam) didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$N_{\text{slam}(T_0 \text{ jam})} = \frac{3600 \times T_0}{2\pi} \sqrt{\frac{m_{2Zbr}}{m_{0Zbr}}} \times \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_{0Zbr}} - \frac{V_{th}^2}{2m_{2Zbr}}\right) \quad (2.27)$$

Dimana :

M_{0Zbr} = luas *response spectrum* pada gerakan *relative bow motion* (RBM).

M_{2Zbr} = Luas *response spectrum* pada kecepatan relative di station yang dihitung

2.1.15 Beban *Slamming*

Besar tekanan yang terjadi pada dasar kapal di haluan akibat adanya *slamming* dapat dihitung dengan mempertimbangkan pengaruh bentuk lambung kapal, kecepatan dan percepatan gerakan vertikal haluan kapal. (Bhattacharyya, 1978)

$$P = P_0 \left[\frac{2}{\beta \sqrt{1 - (\frac{Y_s}{2b})^2}} + \frac{2}{\delta} \sqrt{\left(1 - \frac{Y_s}{2b}\right)^2 - \frac{(Y_s/2b)^2}{1 - (\frac{Y_s}{2b})^2}} \right] \quad (2.28)$$

dimana,

P = beban *slamming*

P_0 = beban awal

$$= \frac{1}{2} \rho (\dot{z}_x)^2$$

\dot{z}_x = *relative vertical velocity*

$$\delta = \frac{(\dot{z}_x)^2}{2b\ddot{z}_x}$$

\ddot{z}_x = *relative acceleration*

ρ = massa jenis fluida

β = *deadrise angel of wedge*

$$b = \frac{\pi z}{2\beta}$$

2.1.16 Tegangan dan Regangan

Konsep paling dasar dalam mekanika bahan adalah tegangan dan regangan. Efek-efek gaya dan momen yang bekerja pada balok adalah (a) memberikan tekukan (*deflection*) tegak lurus sumbu longitudinal batang, dan (b) menghasilkan tegangan normal maupun geser pada setiap penampang melintang batang yang tegak lurus sumbu batang (Gere & Timoshenko, 1997)

Besar tegangan rata-rata pada suatu bidang dapat didefinisikan sebagai intensitas gaya yang bekerja pada bidang tersebut. Sehingga secara matematis tegangan normal rata-rata dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.29)$$

dimana :

σ = Tegangan normal rata-rata (N/m^2)

P = Gaya yang bekerja (N)

A = Luas bidang benda (m^2)

Suatu batang lurus akan mengalami perubahan panjang apabila dibebani secara aksial, yaitu menjadi panjang jika mengalami tarik dan menjadi pendek jika mengalami tekan. Sesuai dengan konsep ini perpanjangan per satuan panjang disebut dengan regangan. Jika dituliskan dalam persamaan adalah sebagai berikut (Gere & Timoshenko, 1997):

$$\epsilon = \frac{\delta}{L} \quad (2.30)$$

dimana :

ϵ = Regangan

δ = Perpanjangan benda (m)

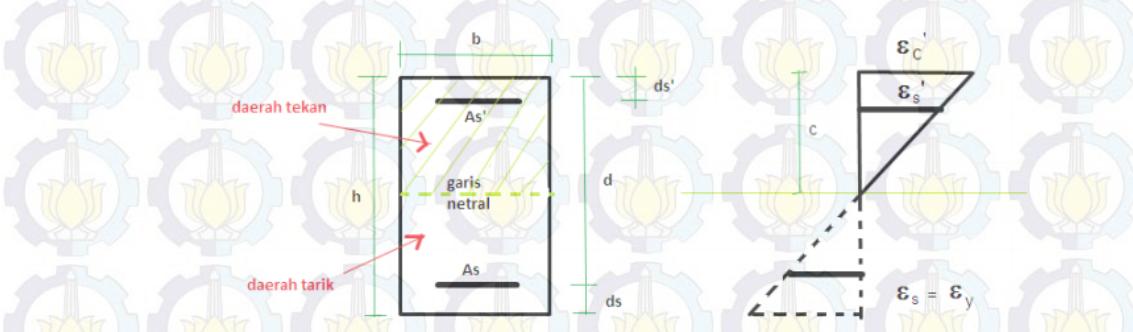
L = Panjang benda (m)

Karena perbandingan antara dua panjang sehingga regangan merupakan besaran yang tidak terdefinisi dikarenakan tidak memiliki dimensi ukuran. Sehingga regangan merupakan sebuah bilangan yang tidak tergantung dalam sistem apapun.

2.1.17 Tegangan Normal pada Balok

Tegangan normal terjadi akibat elemen balok yang terkena gaya geser atau momen lentur. Jika gaya aksial bekerja pada elemen batang, maka gaya geser dan momen lentur bekerja pada elemen balok yang mendapat beban lateral atau tegak lurus dengan sumbu batang. Jika semua beban bekerja di bidang yang sama, dan jika semua defleksi terjadi di bidang tersebut, maka bidang tersebut disebut bidang lentur (*plane of bending*). (Gere & Timoshenko, 1997)

Regangan longitudinal di suatu balok dapat diperoleh dengan menganalisis kelengkungan suatu balok beserta deformasinya. Pada kejadian deformasi lentur akibat momen positif, pada bagian permukaan bawah balok mengalami bentuk cembung yang terjadi adalah menerima tegangan tarik. Sedangkan permukaan balok bagian atas mengalami bentuk cekung yang terjadi adalah menerima tegangan tekan. Antara bagian atas dan bawah balok terdapat garis longitudinal yang tidak berubah panjangnya, yang disebut sebagai sumbu netral dimana tegangan di daerah ini mengecil hingga sama dengan nol.



Gambar 2.13 Tegangan pada balok (Gere & Timoshenko, 1997)

Besar tegangan yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_x = -My \frac{-My}{l} = \frac{M}{E \text{ penampang}} \quad (2.31)$$

dimana,

M = momen lentur yang bekerja pada balok

y = jarak tegangan yang dihitung terhadap netral axis

I = momen inersia penampang balok

E penampang = modulus penampang balok

2.1.18 Material AH36

Material AH36 merupakan material yang sering digunakan dalam proses pembangunan bangunan apung maupun kapal. Material ini juga yang digunakan dalam proses pemodelan kapal Corvette. Material AH36 tergolong *high tensile grade A* dengan nilai *mechanical properties* sebagai berikut:

Yield stress : 350 Mpa

Tensile strength : 490 – 620 Mpa

Modulus of elasticity : 200 Gpa

Shear modulus : 80 Gpa

Density : 7.85 g/cc

Elongation at break : 19% - 22%

Bulk modulus : 160 Gpa

ASTM A131 Steel, Grade AH36			
Categories:	Metal; Ferrous Metal; Alloy Steel; Low Alloy Steel; ASTM Steel; Carbon Steel; Low Carbon Steel		
Material Notes:	Structural steel used in ship construction High-strength, low-alloy Materials as large as 13mm thick may be semikilled		
Key Words:	UNS K01806		
Vendors:	No vendors are listed for this material. Please click here if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.		
Printer friendly version	Download as PDF	Download to Excel (requires Excel and Windows)	
Export data to your CAD/FEA program			Add to Folder <input type="checkbox"/> My Folder 0/0
Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in³	Typical of ASTM Steel
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	490 - 620 MPa	71100 - 89900 psi	
Tensile Strength, Yield	350 MPa	50800 psi	
Elongation at Break	19 %	19 %	
	22 %	22 %	
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	in 200 mm in 50 mm
Poissons Ratio	0.29	0.29	Typical Carbon Steel
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for Steel
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.0000170 ohm-cm	0.0000170 ohm-cm	Typical Carbon Steel
Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear	12.0 $\mu\text{m/m} \cdot ^\circ\text{C}$	6.67 $\mu\text{in/in} \cdot ^\circ\text{F}$	Typical Carbon Steel
Specific Heat Capacity	0.470 J/g- $^\circ\text{C}$	0.112 BTU/lb- $^\circ\text{F}$	Typical Carbon Steel

Gambar 2.14 Mechanical properties AH36 (ASTM A131 Steel, 2014)

2.1.19 Tegangan Ijin

Berdasarkan rule – Biro Klasifikasi Indonesia Volume II *Rules for Hull* (2014) Section 5 memberikan batas tegangan ijin untuk kapal dengan panjang di atas 90 meter adalah sebagai berikut:

$$\sigma_{ijin} = \frac{175}{K} \quad (2.32)$$

Berdasarkan Rule – Biro Klasifikasi Indonesia Volume II Rules for Hull (2014) Section 2 memberikan batas untuk koefisien material *High Tensile* dengan nilai Reh 315 N/mm^2 – 390 N/mm^2 didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Reh = \frac{295}{(Reh+60)} \quad (2.33)$$

Dimana:

σ_{ijin} : tegangan ijin (N/mm^2)

K : koefisien mmaterial

Reh : *yield stress*

2.1.20 Poseidon

Dalam melakukan analisa beban gelombang metode yang sering digunakan sebelumnya adalah metode eksperimen di *towing tank*. Namun metode ini membutuhkan biaya dan waktu yang tidak sedikit. Kini analisa tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan analisa numeric ataupun menggunakan *software* pendukung. Hal ini tentu saja mempermudah dan mempersingkat waktu dalam menganalisa serta biaya yang dikeluarkan dapat diminimalisir. Salah satu program yang dapat digunakan melakukan analisa beban gelombang adalah Poseidon. Poseidon merupakan *software class* dari DNV-GL. Software Poseidon bisa buat analisa tidak hanya beban gelombang tetapi juga bisa disebabkan karena beban muatan seperti muatan kargo, tangki dan sebagainya. Untuk proses analisa dengan menggunakan Poseidon perlu dilakukan proses pemodelan setruktur kapal secara menyeluruh seperti pada kondisi sebenarnya.

2.1.21 Ansys Aqwa

Ansys adalah sebuah *software* analisis elemen hingga (*finite element*) yang biasa dipakai untuk melakukan analisis mekanika benda tegar, analisis fluida, dan analisis perpindahan panas. Salah satu jenis Ansys yang khusus menganalisis benda tegar yang berada di dalam fluida adalah *Ansys Aqwa*. *Ansys Aqwa* merupakan perangkat lunak analisis rekayasa yang digunakan untuk penyelidikan efek gelombang, angin dan struktur lepas pantai,*semi-*

submersible dan masih banyak lagi. *Ansys Aqwa* terdiri dari tiga bagian yang mempunyai ciri masing-masing yaitu *Ansys Aqwa Diffraction*, *Ansys Aqwa Suite* dan *Ansys Aqwa Suite with Coupled Cable Dynamics*. *Ansys Aqwa* menyediakan fasilitas interpretasi hasil dari manipulasi, meliputi:

1. Statistik interpretasi data *time-series* seperti gerakan kapal dan mooring tensions untuk mendapatkan nilai-nilai puncak.
2. *Time-history filter* yang menyediakan akses cepat ke dasar data seperti komponen frekuensi dan redaman kritis.
3. Aljabar fungsi dan kombinasi hasil yang menyediakan kerangka user-defined untuk interpretasi hasil.

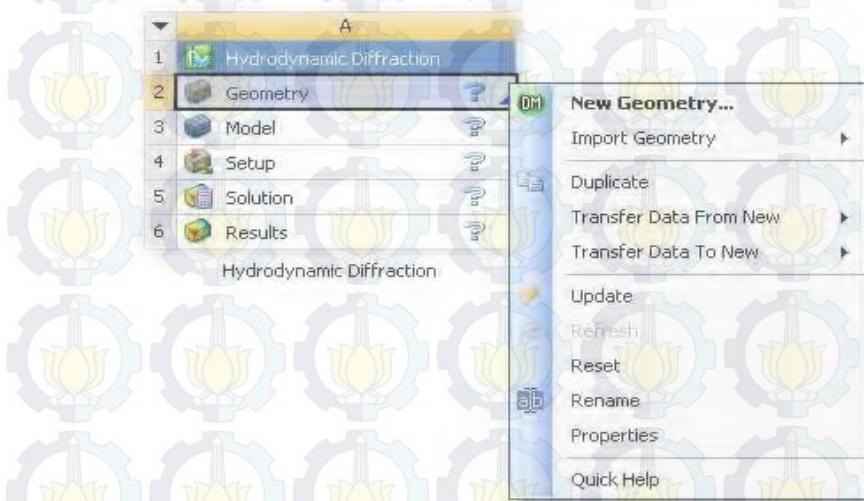
Berikut ini adalah beberapa perintah dalam *Ansys Aqwa*:

Design Modeler adalah alat yang digunakan untuk membuat geometri untuk *hydrodynamic systems*. Proses pengimporan geometri dilakukan dalam *Design Modeler*. Bila menggunakan *Design Modeler* untuk menentukan geometri, ada sejumlah aspek yang harus dipertimbangkan untuk memastikan model yang cocok untuk analisis dengan *Ansys Aqwa* seperti:

1. Pastikan bahwa model dibagi pada garis air, *import* atau buat struktur masing masing, kemudian gunakan perintah untuk membagi *hull* pada tingkat permukaan air (*water level*).
2. Bila menggunakan garis untuk membuat balok, hanya bagian tubular yang didukung dalam *Ansys Aqwa*, semua bagian lain akan menghasilkan elemen rintisan terbentuk dan akan sangat perlu untuk mendefinisikan informasi tambahan dalam aplikasi *Ansys Aqwa*.
3. Setiap kapal atau struktur didefinisikan sebagai sebuah bagian, sehingga semua tubuh (*body*) harus dikelompokkan melalui fasilitas bagian *multibody*. Catatan, tidak mungkin untuk mengubah nama dalam aplikasi *Ansys Aqwa*.
4. Model berorientasi pada sumbu Z vertikal.
5. Permukaan harus normal menunjuk ke luar.

Sistem analisis hidrodinamik hanya memproses *Line Bodies* dan *Surface Bodies* dalam geometri. Secara *default*, *Line Bodies* tidak diimporkan dalam geometri. Untuk mengubah pengaturan *default* ini, di jendela *Workbench*, pilih *Tools > Options* dan klik pada entri *Import Geometri in the tree*. Pastikan bahwa kotak dicentang untuk *Solid Bodies*, *Surface Bodies* dan *Line Bodies* yang diperlukan. Di samping itu, *software* ini dapat melampirkan geometri yang

tidak memiliki garis atau permukaan tubuh, tetapi geometri tersebut tidak sesuai untuk analisis Ansys Aqwa.



Gambar 2.15 Hydrodynamic context menu (Aqwa, 2012)

2.2 Tinjauan Pustaka

2.2.1 Tinjauan Tugas Akhir dengan judul " Analisa Perbandingan *Fatigue* Antara Hull-V Dan Hull-U Akibat Beban *Slamming* Dengan Metode Elemen Hingga"

Pertama Tugas akhir ini berjudul " Analisa Perbandingan *Fatigue* Antara Hull-V Dan Hull-U Akibat Beban *slamming* Dengan Metode Elemen Hingga" (Hakim, 2015) meneliti tentang perbedaan *fatigue* antara hull-V dan Hull-U akibat beban *slamming*. Proses analisa menggunakan metode finite elemen dengan validasi dengan konvergensi model. Beban yang digunakan menggunakan beban *pressure* pada LR rule dengan variasi kecepatan 8 knots, 12 knots dan 16 knots. Faktor yang mempengaruhi *fatigue* akibat *slamming* yaitu:

- Bentuk lambung kapal U dan lambung V cukup berpengaruh terhadap nilai probabilitas *slamming*, intensitas *slamming*, beban *slamming* dan *fatigue life*.
- Kecepatan kapal yang digunakan cukup berpengaruh yaitu kecepatan 8 knots, 12 knots dan 16 knots

Hasil Tugas Akhir adalah sebagai berikut:

1. Lambung kapal berbentuk U mempunya peluang, jumlah dan tekanan *slamming* lebih besar dari pada lambung kapal berbentuk V.
2. Untuk beban yang sama, lambung kapal berbentuk V memiliki tegangan lebih besar dari pada lambung kapal berbentuk U.
3. Untuk beban yang sama namun intensitas berbeda, lambung kapal berbentuk U

mempunyai harga *fatigue life* lebih lama dari pada lambung kapal berbentuk V.

2.2.2 Tinjauan Tugas Akhir dengan judul ” Analisis Tekanan Pada Bottom Plate Bagian Depan Kapal Trimaran Akibat *slamming*”

Tugas akhir ini berjudul ” Analisis Tekanan Pada Bottom Plate Bagian Depan Kapal Trimaran Akibat *slamming*” (Wibowo, 2013) meneliti tekanan pada bottom plate bagian depan kapal trimaran akibat beban *slamming*. Beban *slamming* yang dipakai dengan beberapa *variasi sea state* yaitu *sea state 3* sampai *sea state 7*. Dimana nilai tekanan dikalkulasikan dari nilai metode pendekatan. tekanan bisa dikalkulasi menggunakan *Boundary Element Method*, kemudian *Relative Bow Motion* (RBM) pada kapal bisa dikalkulasikan menggunakan *spectral method*. Setelah dilakukan analisis,didapatkan nilai *pressure* yang dialami pada haluan kapal. Selanjutnya *pressure* dibandingkan dengan nilai *pressure* maksimal yang diijinkan oleh ABS dan BKI *rule*. Pada BKI *rule* kapal boleh berlayar maksimal pada *sea state 6* dan sedangkan untuk ABS *rule* kapal diijinkan berlayar maksimal *sea state 5*.

2.2.3 Tinjauan Tugas Akhir dengan judul “Analisa *slamming* Offshore Patrol Boat”

Tinjauan Tugas Akhir selanjutnya yaitu ”Analisa *Slamming* Offshore Patrol Boat” (Darmawan, 2012) meneliti tentang analisa *slamming* pada offshore Patrol Boat berdasarkan variasi kecepatan dan sudut hadap datangnya gelombang. Dalam Tugas akhir dijelaskan bahwa kapal memiliki kondisi peluang terjadinya *slamming* terbesar pada kecepatan 10 knots dengan kondisi sarat muatan penuh (1.57 m) dengan sudut hadap 0° n dan sedangkan intensitas terjadi *slamming* terbesar pada kondisi sarat muatan penuh (1.57 m) dengan kecepatan 10 knot mencapai intensitas sebesar 393,556 kali dengan kecepatan ambang batas sebesar 0.25 m/s. Dan sedangkan tekanan *slamming* terbesar terjadi pada kondisi sarat 1,57 m dengan kecepatan 10 knots dengan nilai 25,49 kPa.

2.2.4 Tinjauan Tugas Akhir dengan judul ” Evaluasi Aspek *slamming* pada Perancangan Drillship Displasemen 35000 Ton ”

Tugas Akhir selanjutnya yaitu Evaluasi Aspek *Slamming* pada Perancangan Drillship Displasemen 35000 Ton (Pratama, 2012) dilakukan perancangan sebuah drillship berukuran panjang 156 m dan berdisplasemen 35000 ton. Terhadap rancangan tersebut kemudian dilakukan studi untuk mengkaji sejumlah kinerja hidrodinamisnya. Salah satu aspek utama yang dikaji adalah karakteristik *slamming* atau hembusan gelombang di dasar haluan pada saat dioperasikan pada perairan tidak terbatas, dengan tinggi gelombang signifikan mencapai $H_s = 18.0$ m. Pengkajian *slamming* diawali dengan analisis gerakan, yang secara

khusus meninjau intensitas gerakan kopel *heave* dan *pitch* di gelombang haluan. Kombinasi gerakan kopel ini dengan elevasi gelombang, dan selanjutnya dikorelasikan sesuai sudut fase yang sesuai, akan menghasilkan gerak relatif vertikal pada posisi dasar haluan tertentu. Dengan memakai RAO gerak relatif vertikal haluan sebagai data dasar dan selanjutnya memakai analisis spektra gelombang akan dapat diperoleh tiga informasi, yaitu peluang terjadinya *slamming*, intensitas kejadian *slamming*, serta besarnya tekanan *slamming*. Analisis telah dilakukan pada sejumlah kecepatan laju *Drillship*, dengan harga terbesar $V_s = 14.0$ knot. Pada kecepatan ini, di atas gelombang ekstrim perairan tak terbatas diprediksi peluang terjadinya *slamming* $Pr = 0.651$, intensitas kejadian *slamming* 0.054/det atau 193/jam, dan tekanan *slamming* 241.6 kPa. Mengacu pada besarnya tekanan ini maka pada panel struktur dasar haluan *Drillship* di perkirakan akan terjadi tegangan akibat hembusan sebesar 167.04 N/mm

2.2.5 Tinjau Paper dengan judul "Slamming Impact Design Loads On Large High Speed Naval Craft"

Tinjauan selanjutnya yaitu *Slamming Impact Design Loads On Large High Speed Naval Craft* (Kim & Novak, 2008) dilakukan analisa perbedaan tekanan dan *vertical velocity* pada berbagai ukuran kapal pada berbagai kondisi pelayaran *North Atlantic*. Gelombang yang digunakan pada paper ini antara *sea state 2* sampai *sea state 8* dengan berbagai kondisi kecepatan dan kondisi muatan. Pada *mono hull* dilakukan beberapa ukuran kapal yaitu kapal *Large Speed Semi-Planning Naval Craft* dengan displasemen 3000 tons, *Medium High Speed Semi-Planning Naval craft* dengan displasemen 750 tons, Kapal sering dibangun ABS dengan displasemen 2200 tons, dan kapal *High Speed Planning Naval Craft* dengan ukuran LOA 25 meter. Dari berbagai kondisi ukuran kapal, kondisi kecepatan dan kondisi ukuran kapal diatas yang paling berbahaya terjadinya *slamming* pada kapal dengan displasemen 75 tons atau ukuran 25 meter. Pada Kapal tersebut melebihi dengan aturan yang diijinkan ABS *rule* pada kondisi operasional dengan kecepatan kapal 30 knots. Sedangkan untuk kapal pada ukuran yang lain masih memenuhi aturan yang diijinkan oleh ABS.

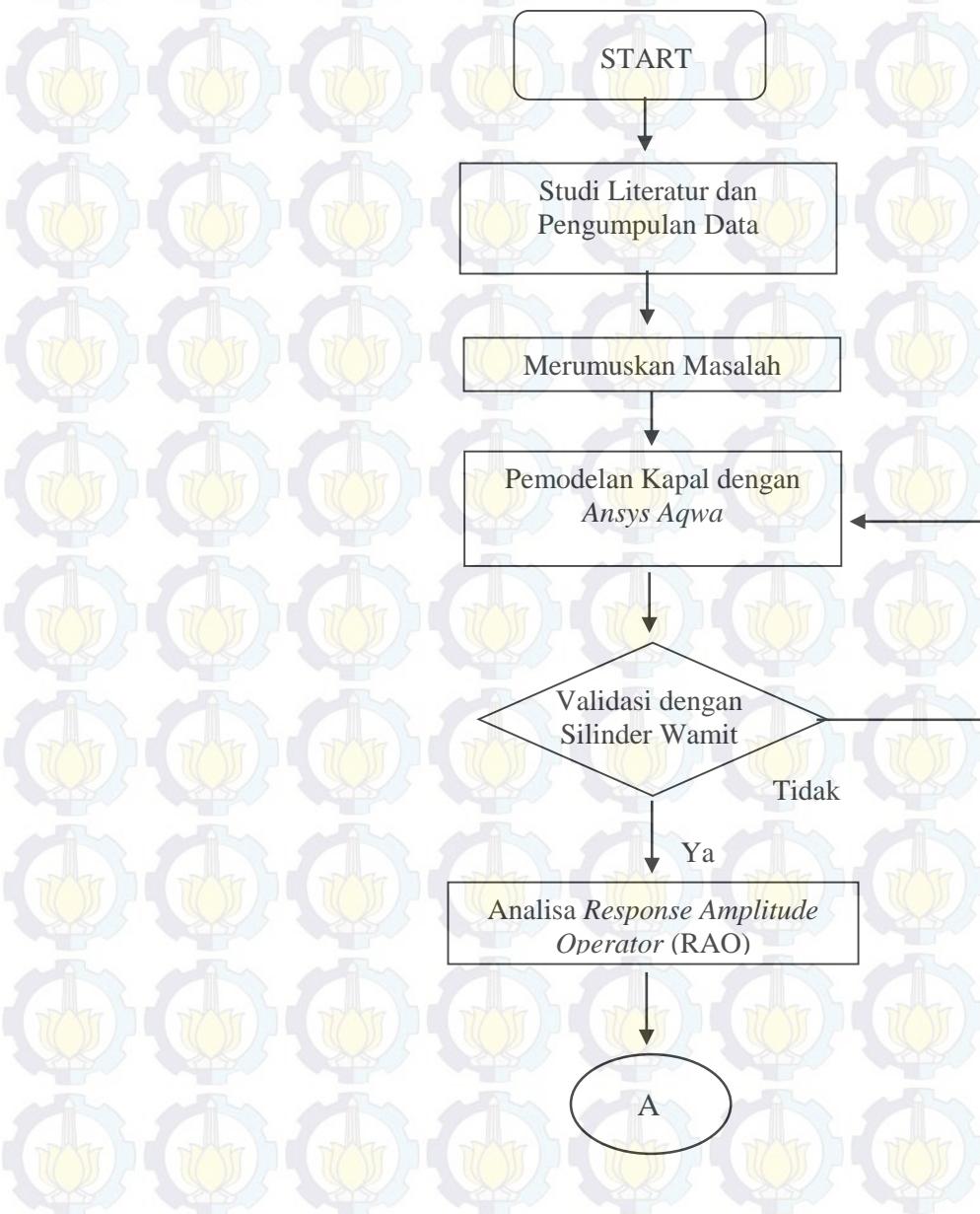
BAB III

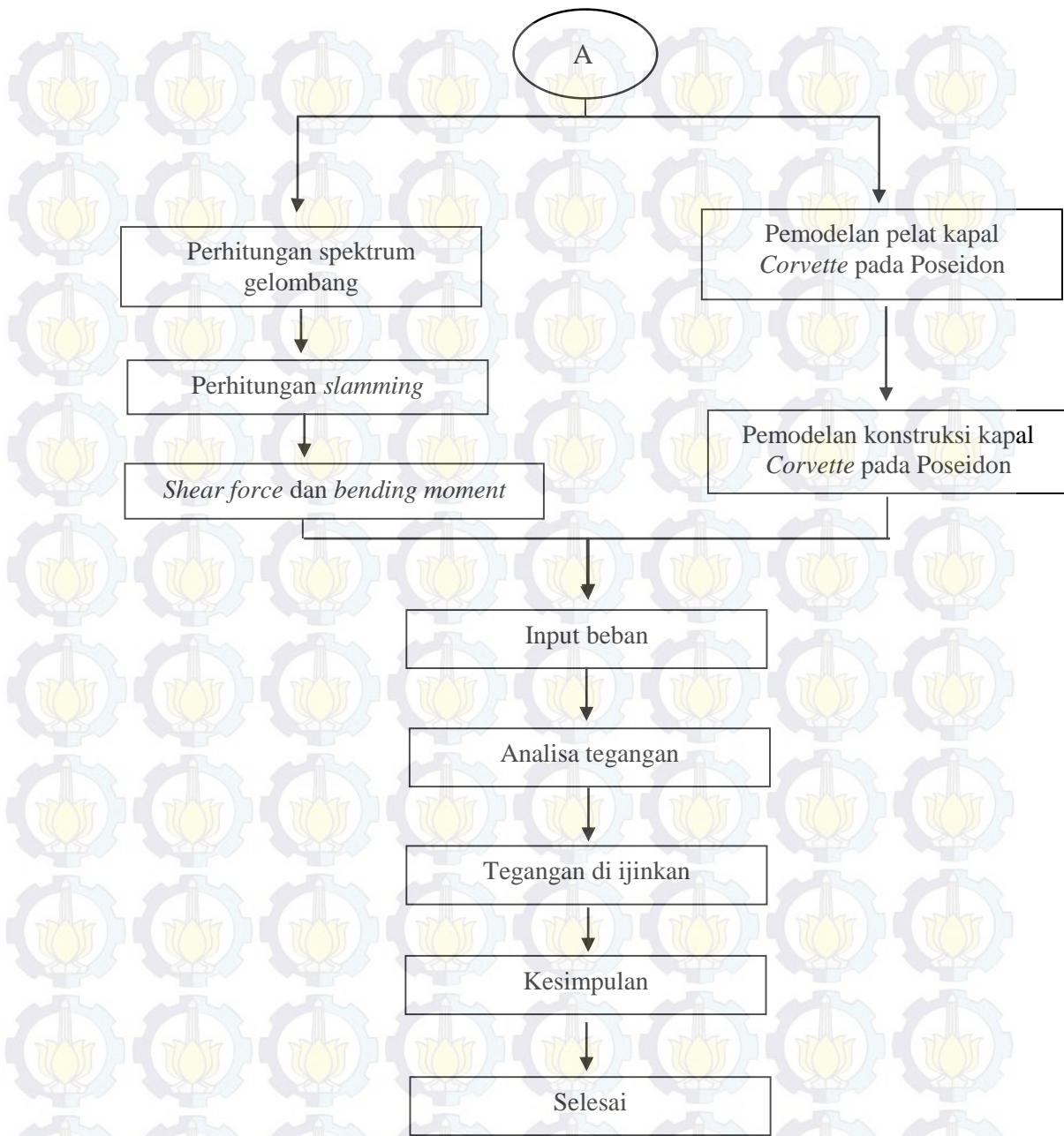
METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai bagaimana cara penggerjaan tugas akhir ini. Pada Tugas Akhir ini menggunakan *software* Ansys Aqwa dan Poseidon. Berikut ini diagram alur proses penggerjaan tugas akhir.

3.1 Diagram Alir

Metodologi yang digunakan dalam menyusun tugas akhir ini dapat digambarkan dalam diagram alir di bawah ini :





3.2 Data Kapal

Kapal yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini adalah kapal perang tipe *Corvette*. Kapal ini didesain pada struktur kapal ini mengacu pada regulasi di badan klasifikasi *Germanyster Lyoid's - (Class DNV-GL)*.

Data-data kapal yang dibutuhkan untuk pemodelan diantaranya adalah ukuran utama kapal yang meliputi panjang antara garis tegak (Lpp), lebar (B), sarat air (T), tinggi (H), dan koefisien blok (Cb). Selain Data ukuran utama kapal *Corvette* data yang digunakan untuk analisa adalah sebagai berikut:

- Model Maxsurf Kapal *Corvette*.

Data model maxsurf pada kapal *Corvette* digunakan untuk analisa respon gerakan pada kapal *Corvette*. Proses analisa dilakukan pada *software Ansys Aqwa*.

- Gambar *Midship Section*

Midship section adalah gambar melintang bagian tengah kapal yang mana gambar ini mempresentasikan struktur kapal secara melintang. Sehingga penampang plat dan profil bagian tengah kapal terlihat. Ukuran pelat dan ukuran profil dapat diperoleh dari gambar ini

- Gambar *Construction Profile*

Construction profile yang diperlukan pada penelitian ini adalah bagian geladak utama tampak atas. Dari gambar ini dapat dilihat penegar-penegar pelat geladak kapal *Corvette* yang akan dimodelkan.

- Gambar *Longitudinal Section*

Longitudinal Section adalah gambar potongan memanjang pada bagian *centerline* kapal, Jarak 2 meter dan Jarak 3 meter dari *centerline* kapal yang mana gambar ini mempresentasikan potongan struktur kapal secara memanjang kapal. Sehingga penampang pelat dan profil secara memanjang kapal akan terlihat.

Dari data yang diperoleh di atas dapat digunakan untuk menghitung *shear force* dan *bending moment* dan pemodelan kapal dengan menggunakan Poseidon.

3.3 Proses Validasi Model

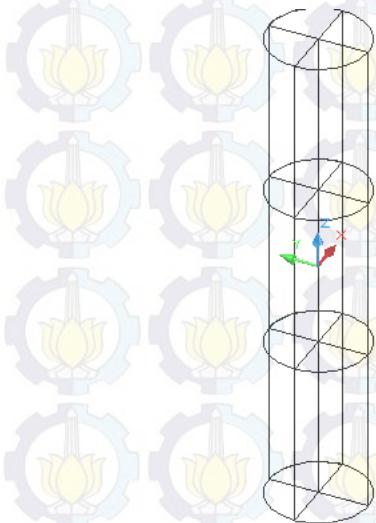
Proses validasi dilakukan untuk mengetahui kevalidan data yang dihasilkan program Ansys Aqwa yang digunakan oleh penulis. Metode validasi yang digunakan yaitu dengan membandingkan data penelitian yang sudah pernah dilakukan dengan data hasil program Ansys Aqwa dengan model dan parameter yang sama. Proses validasi ini mengacu referensi dari *WAMIT-MOSES Hydrodynamic Analysis Comparison Study*. Di dalam paper *WAMIT-MOSES Hydrodynamic Analysis Comparison Study* menggunakan beberapa model antara lain *box*, *cylinder*, *general ship*, *TLP*, dan *semi-sumbersible*. (McDermot, 2000)

Berikut data beberapa model ditunjukkan pada Table 2.

Table 2 Ukuran Validaasi model WAMIT

TYPE	Length (meter)	Beam or Diameter (meter)	Draft (meter)	Displacement (Metric-Tons)	Center of Gravity (KG)	Number of Panels
Box	200.0	40.0	28.0	229,645.0	28.0	1264
Cylinder	200.0	40.0	200.0	256,011.0	200.0	1120
Ship	275.4	27.7	9.6	43,698.0	13.9	430
TLP	51.6	51.6	35.0	52,761.0	35.0	512
MOB	260.0	138.0	39.0	328,894.0	26.9	1120

Dari beberapa data model diatas digunakan validasi dengan menggunakan bentuk silinder. Proses pemodelan bentuk silinder memerlukan input radius girasi silinder. Menurut Bathacaryya 1978 menjelaskan bahwa dalam menentukan radius girasi bisa menggunakan perhitungan sebagai berikut.



Radius of Gyration for Rolling

$$K_{xx} = \sqrt{\frac{\sum Wi (yi^2 + zi^2)}{\Delta}}$$

Radius of Gyration for Pitching

$$K_{yy} = \sqrt{\frac{\sum Wi (xi^2 + zi^2)}{\Delta}}$$

Radius of Gyration for Yawing

$$K_{zz} = \sqrt{\frac{\sum Wi (xi^2 + yi^2)}{\Delta}}$$

Gambar 3.1 Pembagian elemen silinder menjadi 12 panel

Keterangan :

xi = longitudinal distance of the CG of the element from the axis through the CG of the ship

yi = transverse distance of the CG of the element from the axis through the ship (i.e., from the rolling axis)

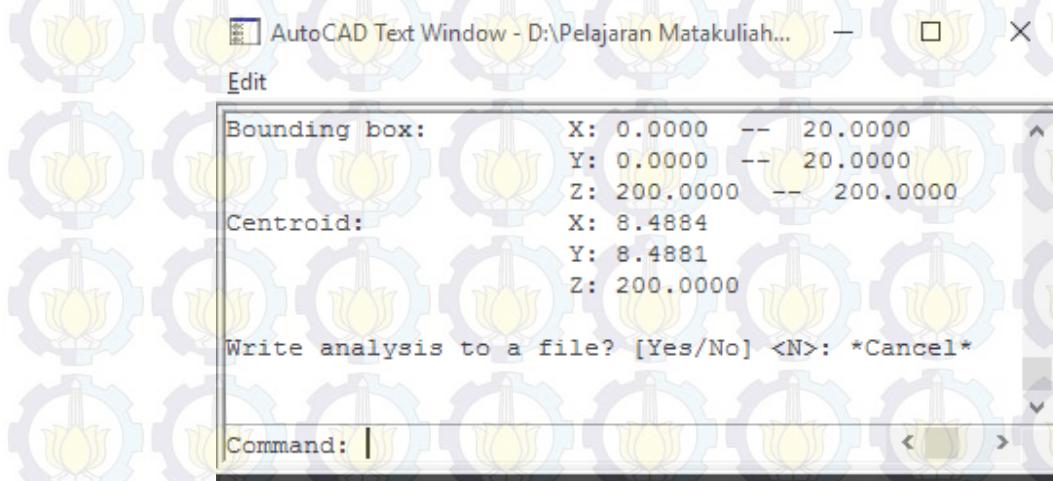
zi = vertical distance of the CG of the element from the axis through the CG of the ship

A homogeneously loaded barge ($\Delta = 256011$ tons)

Dibagi menjadi 12 bagian yang seragam, berat perbagian adalah 21334.25 tons

➤ **Cara mencari titik pusat dari masing-masing elemen**

Untuk menemukan titik centroid dari masing-masing elemen pertama kita harus mendefinisikan titik pusat pada CG dari *cylinder* tersebut kemudian menggunakan *command region mass properties* untuk mengetahui titik *centroid* dari masing-masing elemen tersebut.



Gambar 3.2 Menentukan titik berat elemen di autocad

Kemudian untuk pencarian radius girasi menggunakan bantuan program excel dalam, sebagai berikut

Table 3 Titik berat masing masing elemen silinder

No	Wi	Xi	Zi	Yi	Xi ²	Zi ²	Yi ²
1	21334.250	-8.488	66.67	-8.488	72.046	4444.444	72.05
2	21334.250	-8.488	0	-8.488	72.046	0.000	72.05
3	21334.250	-8.488	-66.6667	-8.488	72.046	4444.444	72.05
4	21334.250	-8.488	-66.6667	8.488	72.046	4444.444	72.05
5	21334.250	-8.488	0	8.488	72.046	0.000	72.05
6	21334.250	-8.488	66.66667	8.488	72.046	4444.444	72.05
7	21334.250	8.488	66.66667	-8.488	72.046	4444.444	72.05
8	21334.250	8.488	0	-8.488	72.046	0.000	72.05
9	21334.250	8.488	-66.6667	-8.488	72.046	4444.444	72.05
10	21334.250	8.488	-66.6667	8.488	72.046	4444.444	72.05
11	21334.250	8.488	0	8.488	72.046	0.000	72.05
12	21334.250	8.488	66.66667	8.488	72.046	4444.444	72.05

Table 4 kuadrat titik berat

$Y_i^2 + Z_i^2$	$X_i^2 + Z_i^2$	$X_i^2 + Y_i^2$	$W_i(Y_i^2 + Z_i^2)$	$W_i(X_i^2 + Z_i^2)$	$W_i(X_i^2 + Y_i^2)$
4516.491	4516.491	144.092	96355939	96355939	3074101
72.046	72.046	144.092	1537050	1537050	3074101
4516.491	4516.491	144.092	96355939	96355939	3074101
4516.491	4516.491	144.092	96355939	96355939	3074101
72.046	72.046	144.092	1537050	1537050	3074101
4516.491	4516.491	144.092	96355939	96355939	3074101
4516.491	4516.491	144.092	96355939	96355939	3074101
72.046	72.046	144.092	1537050	1537050	3074101
4516.491	4516.491	144.092	96355939	96355939	3074101
4516.491	4516.491	144.092	96355939	96355939	3074101
72.046	72.046	144.092	1537050	1537050	3074101
4516.491	4516.491	144.092	96355939	96355939	3074101
4516.491	4516.491	144.092	96355939	96355939	3074101
72.046	72.046	144.092	1537050	1537050	3074101
4516.491	4516.491	144.092	96355939	96355939	3074101
SUMS			7.77E+08	7.77E+08	36889211

$$k_{xx}^2 = \frac{7.77E+08}{256011} m^2$$

$$k_{xx}^2 = 3035.009 m^2$$

$$k_{xx} = 55.09092 m$$

$$k_{yy}^2 = \frac{7.77E+08}{256011} m^2$$

$$k_{yy}^2 = 3035.009 m^2$$

$$k_{yy} = 55.09092 m$$

$$k_{zz}^2 = \frac{36889211}{256011} m^2$$

$$k_{zz}^2 = 144.0923 m^2$$

$$k_{zz} = 12.00384 m$$

Dari hasil diatas digunakan input untuk pada model sehingga sehingga didapatkan model silinder pada Ansys Aqwa pada gambar berikut:



Gambar 3.3 Validasi model Silinder di Ansys Aqwa

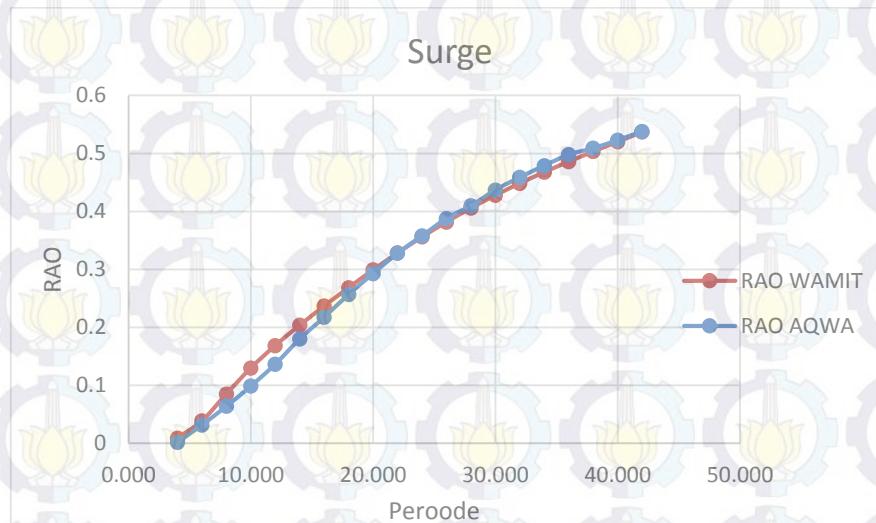
Setelah proses pemodelan selesai selanjutnya hasil dibandingkan dengan validasi *WAMIT-MOSES Hydrodynamic Analysis Comparison Study*. Sehingga didapatkan seperti tabel berikut. Table 5 Data hasil WAMIT $\mu = 45^\circ$

Periode	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
4	1.90E-03	1.90E-03	0.00E+00	5.28E-04	5.28E-04	3.37E-03
6	3.20E-02	3.20E-02	0.00E+00	8.46E-03	8.46E-03	3.37E-03
8	6.42E-02	6.42E-02	1.08E-02	1.00E-02	1.00E-02	1.41E-02
10	9.90E-02	9.90E-02	2.70E-02	6.00E-03	6.00E-03	2.72E-01
12	1.37E-01	1.37E-01	5.00E-01	6.00E-05	6.00E-05	3.61E-01
14	1.80E-01	1.80E-01	1.71E+00	1.90E-02	1.90E-02	3.51E-01
16	2.18E-01	2.18E-01	1.25E+00	2.60E-02	2.60E-02	3.12E-01
18	2.57E-01	2.57E-01	1.11E+00	3.30E-02	3.30E-02	2.69E-01
20	2.93E-01	2.93E-01	1.05E+00	3.90E-02	3.90E-02	2.32E-01
22	3.28E-01	3.28E-01	1.03E+00	4.30E-02	4.30E-02	2.00E-01
24	3.58E-01	3.58E-01	5.40E+00	4.60E-02	4.60E-02	1.73E-01
26	3.88E-01	3.88E-01	3.29E+01	4.80E-02	4.80E-02	1.50E-01
28	4.10E-01	4.10E-01	7.73E+01	4.82E-02	4.82E-02	1.32E-01
30	4.37E-01	4.37E-01	2.87E+01	4.86E-02	4.86E-02	1.16E-01
32	4.59E-01	4.59E-01	1.91E+01	4.86E-02	4.86E-02	1.04E-01
34	4.79E-01	4.79E-01	1.72E+01	4.86E-02	4.86E-02	9.18E-02
36	4.98E-01	4.98E-01	1.00E+00	4.60E-02	4.60E-02	8.33E-02
38	5.09E-01	5.09E-01	1.00E+00	4.40E-02	4.40E-02	7.52E-02
40	5.23E-01	5.23E-01	1.00E+00	4.20E-02	4.20E-02	6.77E-02
42	5.38E-01	5.38E-01	1.00E+00	4.10E-02	4.10E-02	6.23E-02

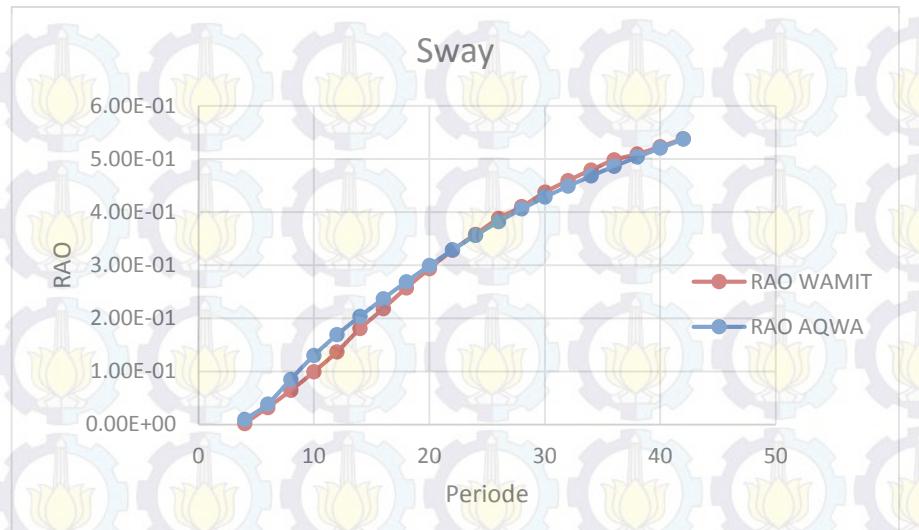
Table 6 Data hasil WAMIT $\mu = 45^\circ$

Periode	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
42.000	0.537196	5.37E-01	0.00E+00	5.27E-02	5.27E-02	3.43E-06
40.000	0.520472	5.20E-01	0.00E+00	5.44E-02	5.44E-02	3.07E-06
38.000	0.503542	5.04E-01	1.08E-02	5.60E-02	5.60E-02	2.74E-06
36.000	0.486148	4.86E-01	2.70E-02	5.75E-02	5.75E-02	2.42E-06
34.000	0.46791	4.68E-01	5.00E-01	5.88E-02	5.88E-02	2.12E-06
32.000	0.448573	4.49E-01	1.71E+00	5.96E-02	5.96E-02	1.84E-06
30.000	0.428044	4.28E-01	1.25E+00	5.99E-02	5.99E-02	1.59E-06
28.000	0.405874	4.06E-01	1.11E+00	5.93E-02	5.93E-02	1.35E-06
26.000	0.381901	3.82E-01	1.20E+00	5.76E-02	5.76E-02	1.14E-06
24.000	0.356089	3.56E-01	1.30E+00	5.43E-02	5.43E-02	9.49E-07
22.000	0.328494	3.28E-01	5.40E+00	4.92E-02	4.92E-02	7.81E-07
20.000	0.299268	2.99E-01	2.70E+01	4.20E-02	4.20E-02	6.37E-07
18.000	0.268635	2.69E-01	5.68E+01	3.24E-02	3.24E-02	5.15E-07
16.000	0.236803	2.37E-01	3.06E+01	2.09E-02	2.09E-02	4.17E-07
14.000	0.203763	2.04E-01	1.72E+01	8.10E-03	8.10E-03	3.41E-07
12.000	0.168834	1.69E-01	1.63E+01	4.02E-03	4.02E-03	2.84E-07
10.000	0.129937	1.30E-01	9.00E+00	1.26E-02	1.26E-02	2.46E-07
8.000	8.51E-02	8.51E-02	1.00E+00	1.44E-02	1.44E-02	2.21E-07
6.000	3.87E-02	3.87E-02	1.00E+00	9.00E-03	9.00E-03	1.99E-07
4	9.20E-03	9.20E-03	1.00E+00	2.64E-03	2.64E-03	7.68E-08

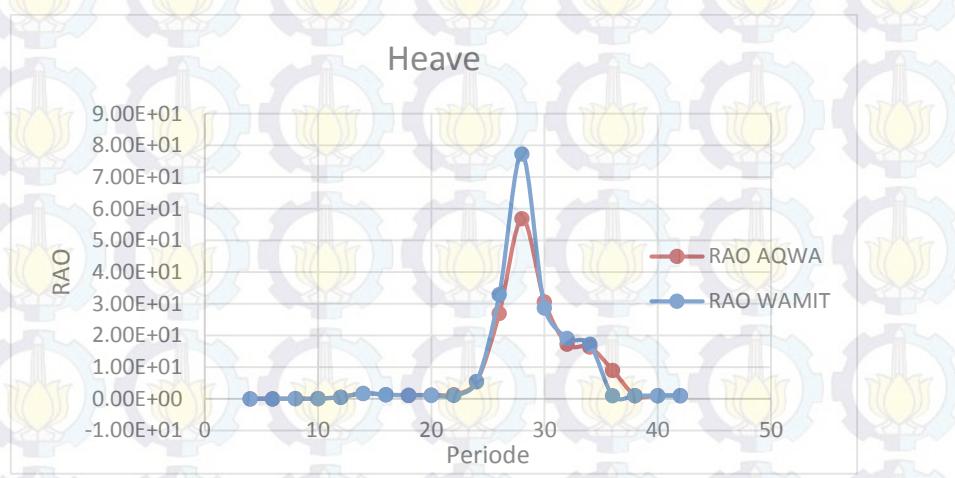
Dari data hasil tabel 5, tabel 6 dibandingkan sehingga didapatkan grafik berikut:



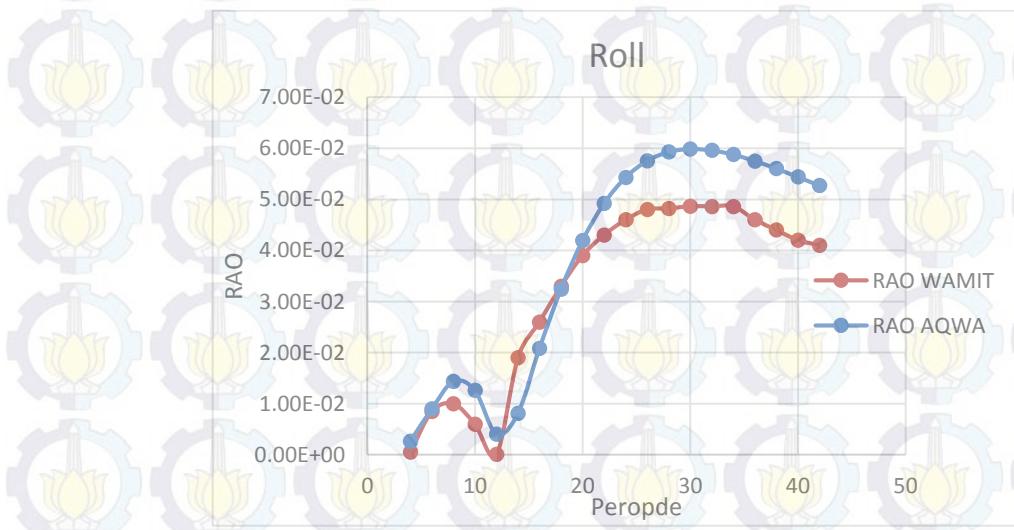
Gambar 3.4 Grafik RAO gerakan Surge



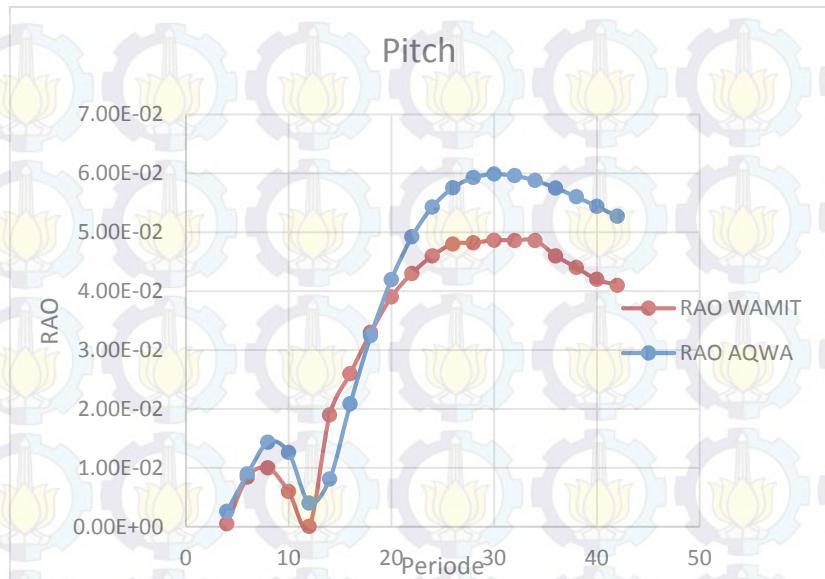
Gambar 3.5 Grafik RAO gerakan *Sway*



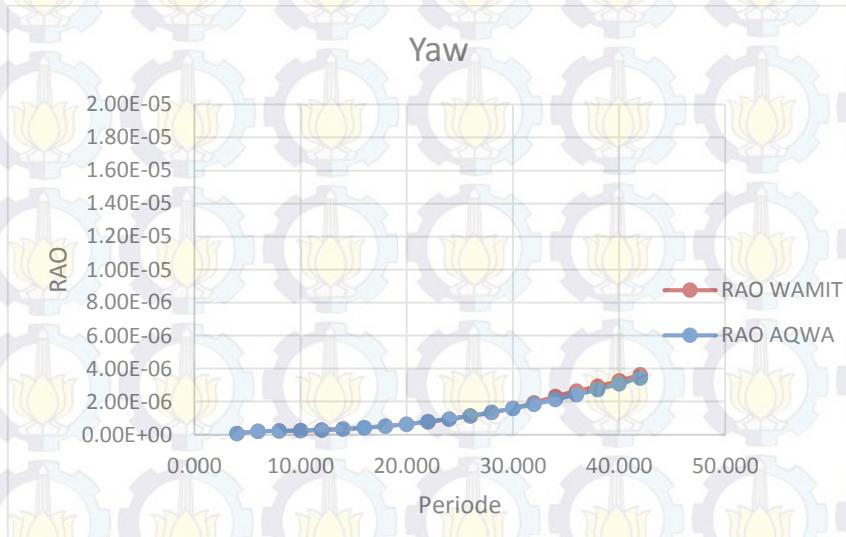
Gambar 3.6 Grafik RAO gerakan *Heave*



Gambar 3.7 Grafik RAO gerakan *Roll*



Gambar 3.8 Grafik RAO gerakan Pitch



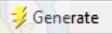
Gambar 3.9 Grafik RAO gerakan Yaw

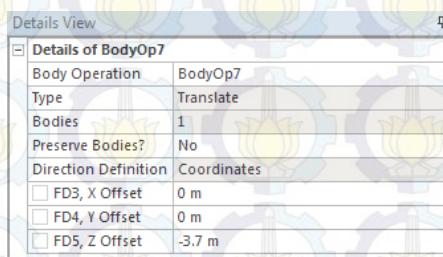
Dari Gambar 3.4 - Gambar 3.9 didapatkan bahwa model dari hasil RAO dari Ansys Aqwa dan dari WAMIT-MOSES Hydrodynamic Analysis Comparison Study memiliki trend yang hampir sama sehingga software yang digunakan pada pemodelan ini cukup valid.

3.4 Pemodelan Kapal dengan Ansys Aqwa.

Dalam proses pemodelan pada Ansys Aqwa dilakukan dengan cara *import file* dari maxsurf dalam bentuk *IGES*. Setelah dilakukan *import file* selanjutnya proses *geometri file*, *slicing* (memotong kapal secara memanjang sesuai dengan sarat kapal), *meshing* (membuat kapal terdiri dari partisi-partisi kecil) dan *solving*.

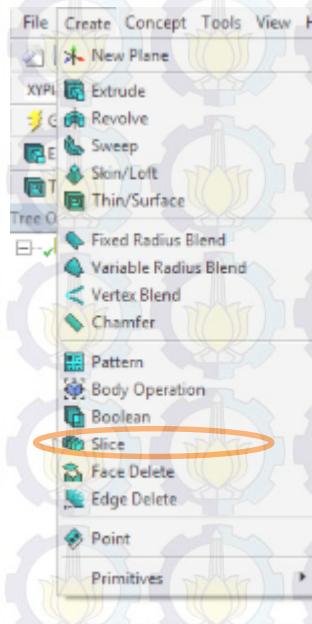
3.4.1 Proses Geometri

Dalam proses geometri pada Ansys Aqwa dilakukan dengan cara *import model* dari maxsurf dengan sekala 1:1 dalam bentuk *IGES*. Proses import dilakukan dengan pilih menu file lalu klik *Import Eksternal Geometri file* lalu selanjutnya klik *generate* atau icon  Model yang diexport dari maxsurf harus dalam satu part. Sehingga perlu dilakukan proses dengan cara memilih menu *create > body operation > sew*. Lalu klik *generate* sehingga badan kapal menjadi satu *part*. Selanjutnya untuk membuat kapal sesuai dengan koordinat yang diinginkan dilakukan proses *body operation* lalu pilih *translate*. Lalu pilih *direction definition* lalu klik *z offsite (vertical)* untuk memasukan sarat kapal sebesar -3.7 meter lalu *generate*.



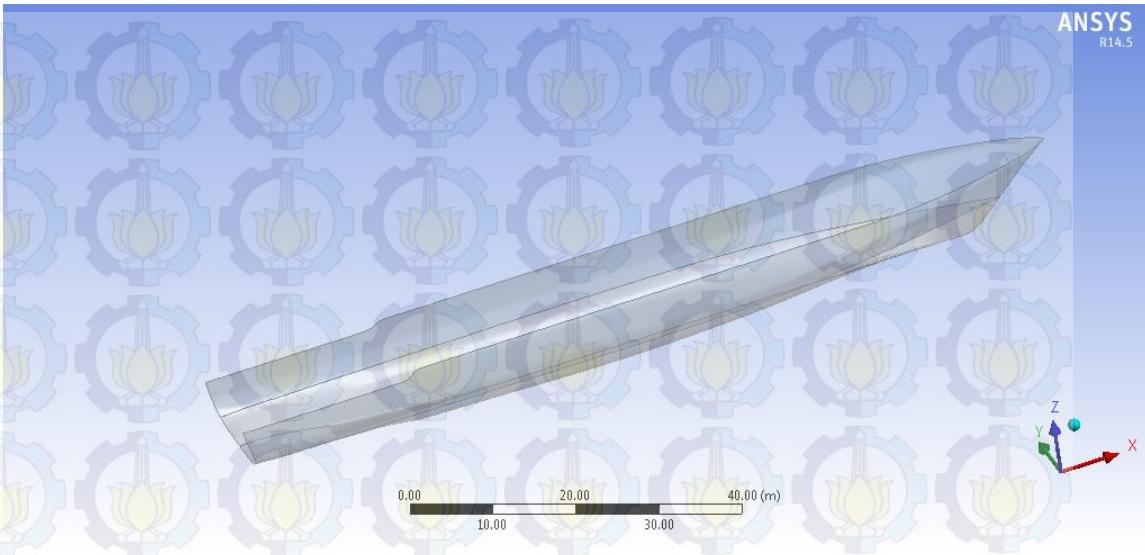
Gambar 3.10 Detail input

Selanjutnya untuk membagi sarat kapal menjadi 2 bagian dilakukan dengan cara klik *tools* lalu *freeze* agar kapal bisa dibagi menjadi 2 bagian. Selanjutnya pilih menu *create* lalu pilih *slice* dan pilih *XY plane* untuk memotong kapal secara memanjang sesuai sarat kapal.



Gambar 3.11 Menu input slice

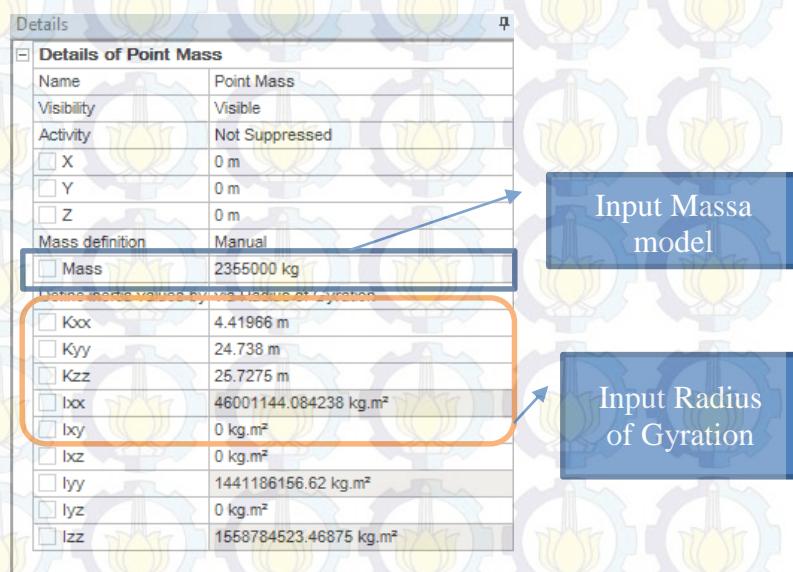
Setelah kapal dapat dibuat joint dengan cara klik kanan pada part lalu pilih *form new part*. Hasil dari pemodelan geometri pada Ansys Aqwa ditampilkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. 12 Model 3d Corvette

3.4.2 Point Mass

Setelah proses geometri selanjutnya yaitu penentuan besar massa dan radius girasi. Proses input *point mass* dilakukan dengan klik kanan pada menu *add* lalu klik *point mass* sehingga akan muncul tampilan seperti gambar berikut:



Gambar 3.13 Detail point mass

Dari gambar diatas perlu melakukan input data radius girasi (Kxx,Kyy,Kzz) dan berat massa kapal. Untuk input Radius girasi pada *software* ini diberikan secara umum dengan rumus :

$$Kxx = 0.34 * Beam$$

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

$$K_{zz} = 0.26 * Length$$

Dari rumus diatas didapatkan nilai sebagai berikut :

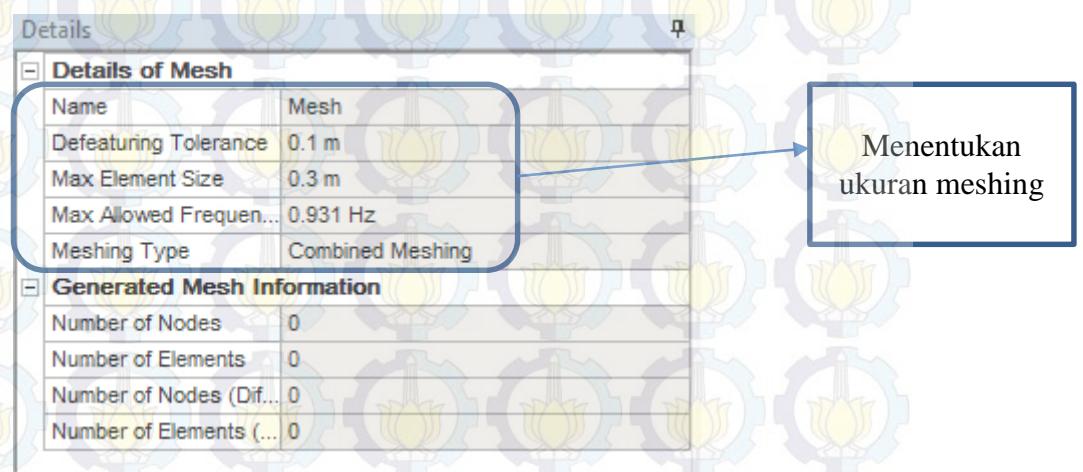
$$K_{xx} = 4.416 \text{ m}$$

$$K_{yy} = 24.738 \text{ m}$$

$$K_{zz} = 25.727 \text{ m}$$

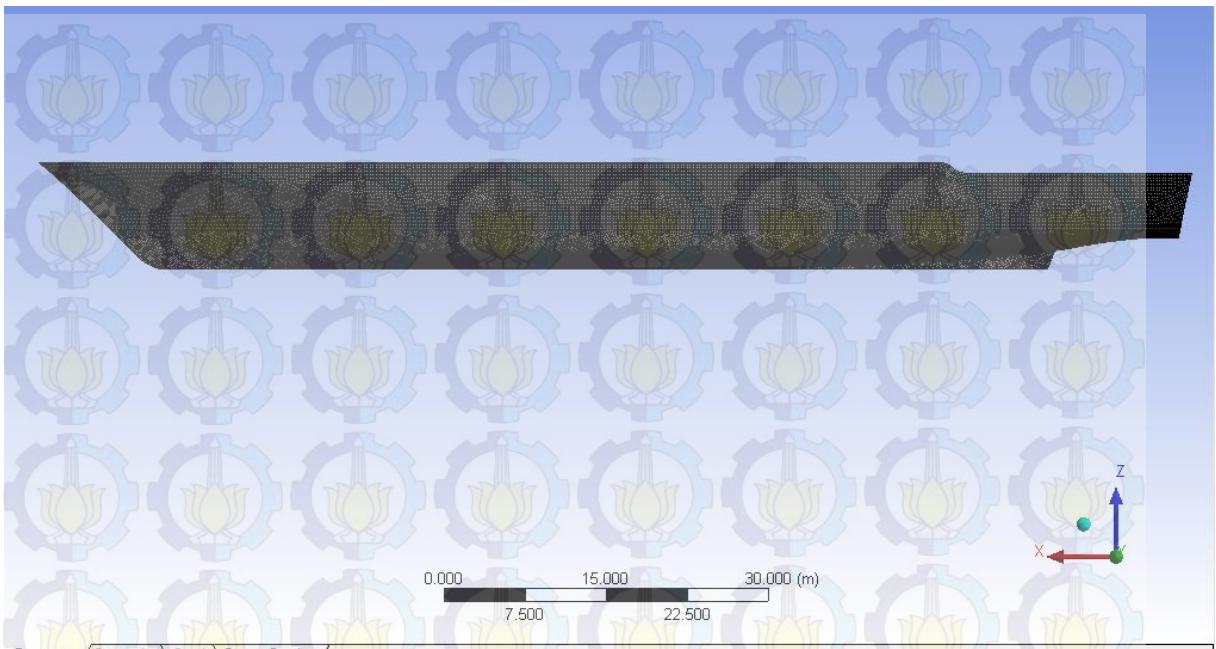
3.4.3 Meshing

Proses *meshing* bertujuan untuk membagi kapal menjadi elemen-elemen kecil sehingga hasil yang didapatkan nantinya lebih akurat. Untuk melakukan proses *meshing* dilakukan seperti ditunjukkan pada gambar.



Gambar 3.14 Input ukuran *meshing*

Setelah dilakukan proses input ukuran *meshing* yang sesuai pada kapal selanjutnya dilakukan *generate* sehingga didapatkan sesuai pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.15 Hasil *meshing* kapal

3.4.4 Analisa *Wave Direction* dan frekuensi

Pada proses analisa dilakukan untuk menentukan sudut hadap datangnya gelombang dan besarnya frekuensi gelombang. Dalam analisa yang dilakukan menggunakan sudut hadap 90° , 135° dan 180° . Sehingga perlu dilakukan proses input sudut hadap kapal dengan cara memilih menu *wave direction* seperti pada



Gambar 3.16 Input detail sudut *heading* gelombang

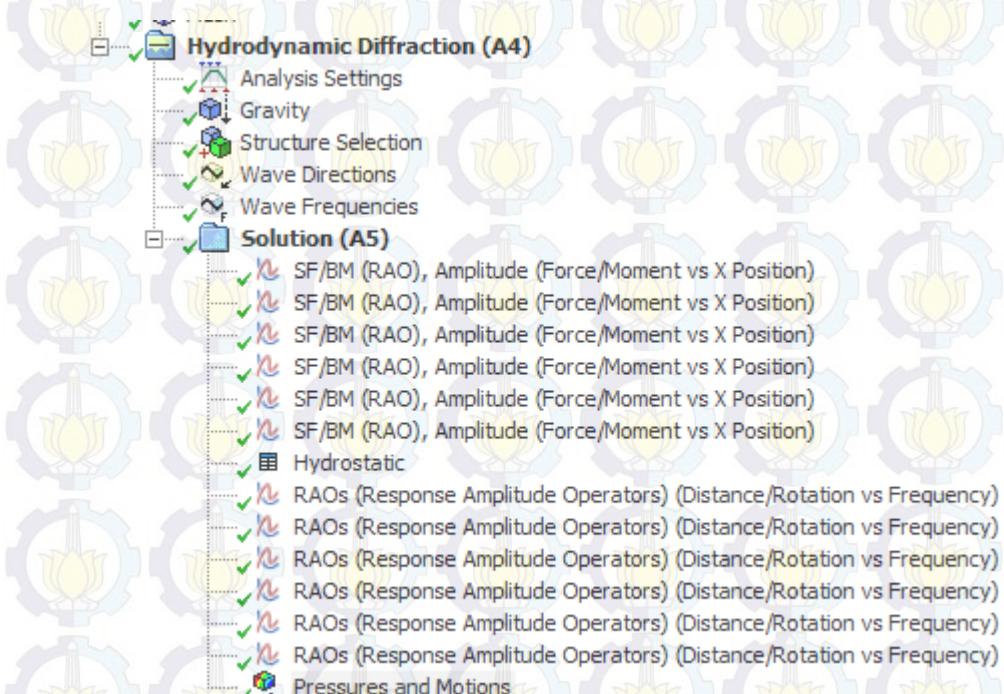
Setelah dilakukan proses input sudut hadap selanjutnya dilakukan proses input frekuensi gelombang seperti pada gambar 3.17.

Details	
Details of Wave Frequencies	
Name	Wave Frequencies
Frequency / Period definition	
Range	Manual Definition
Definition Type	Range
Lowest Frequency	0.1 Hz
Longest Period	10 s
Highest Frequency	0.22 Hz
Shortest Period	4.551 s
Interval Type	Frequency
Interval Frequency	0.036 Hz
Number of Intermediate Points	2

Gambar 3.17 Input frekuensi gelombang

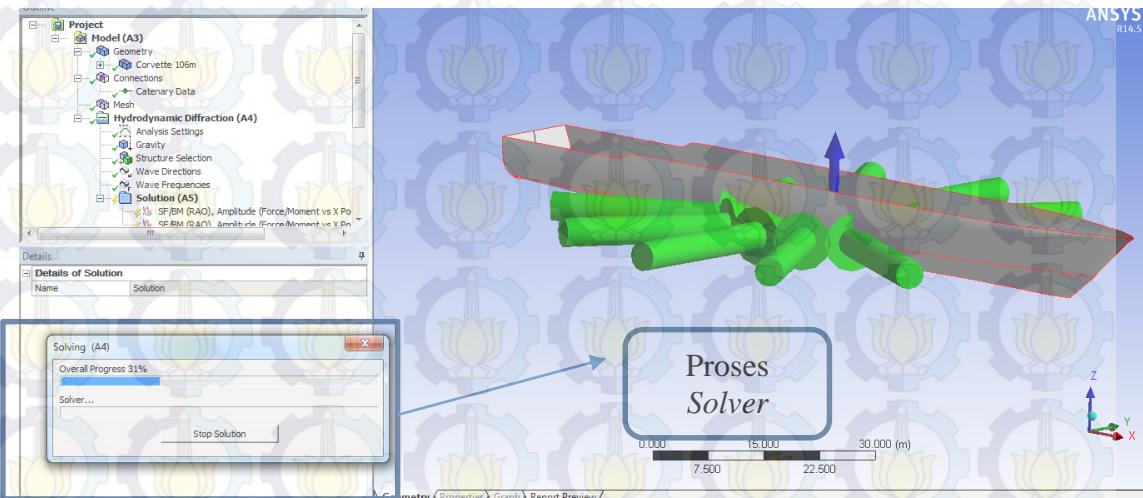
3.3.5 Proses Solving

Poses terakhir yang dilakukan adalah *solving* untuk mendapatkan hasil dari pemodelan kapal yang telah kita buat. Pada pemodelan Ansys Aqwa kita bisa menampilkan berbagai solusi yang kita inginkan meliputi RAO *bending moment*, RAO *heaving* maupun *pitching* seperti pada gambar dibawah. Dalam menampilkan hasil solution bisa ditampilkan dengan klik menu *solution>insert solution>* pilih solution yang diinginkan seperti pada gambar dibawah:



Gambar 3.18 Pilihan output Ansys Aqwa

Setelah pilihan output ditentukan seperti RAO, *added mass*, *bending moment* dan lain lain proses selanjutnya adalah proses *solver* dari program yang telah kita buat. Proses *solver* pada Ansys Aqwa diilustrasikan seperti gambar dibawah



Gambar 3.19 Proses *solving* pada Ansys Aqwa

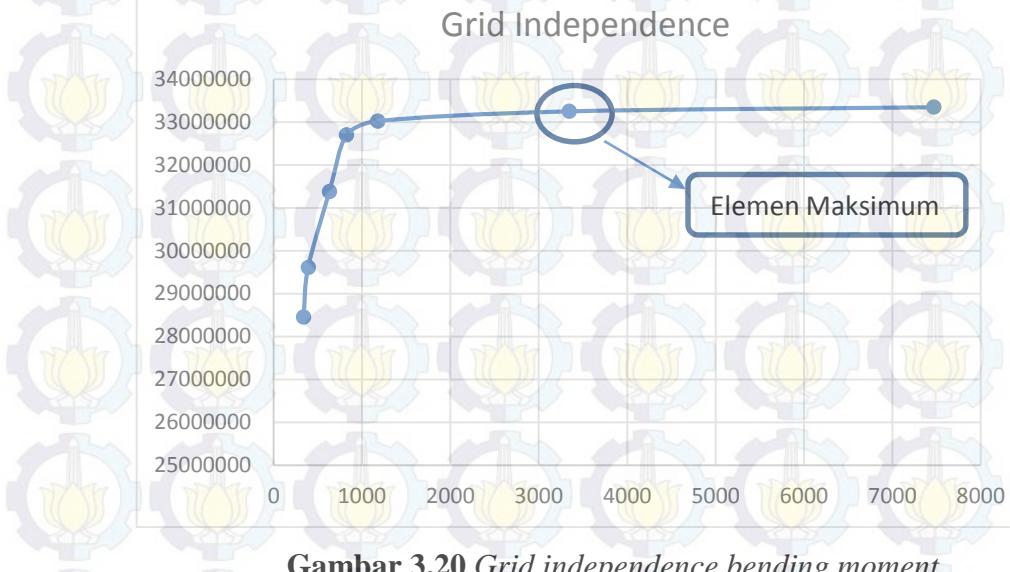
3.5 Validasi *Grid Independence*

Dalam proses analisa perhitungan ataupun hasil *running* perlu dilakukan proses *Grid Independence*. Proses *grid independence* bertujuan untuk mengukur keakuratan hasil. Hasil yang ditampilkan pada Ansys Aqwa tergantung dari banyaknya jumlah elemen pada model. Semakin banyak jumlah elemen maka semakin akurasi proses analisa yang mendekati keadaan sebenarnya. Namun dalam proses analisa tidak hanya berdasarkan keakuratan analisa tetapi juga mempertimbangkan waktu yang digunakan. Hasil yang digunakan dalam pertimbangan analisa ini berdasarkan pada besar *bending moment*. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan dimana selisih untuk nilai antara *bending moment* yang diijinkan sebesar 5%. Hasil *bending moment* dan jumlah elemen disajikan pada tabel 7.

Table 7 *Grid independence*

No	Ukuran elemen	Jumlah elemen	RAO <i>Bending moment</i>	Selisih (%)
1	5	337	28454812	
2	4.5	389	29607912	3.458032
3	3.5	630	31382704	5.322425
4	3	823	32697734	3.943644
5	2.57	1176	33022220	0.973101
6	1.5	3341	33249670	0.6821
7	1	7468	33345554	0.287547

Dari tabel 7 diatas disajikan dalam grafik sebagai berikut:



Gambar 3.20 Grid independence bending moment

Gambar 3.20 merepresentasikan hasil grafik *grid independence* dimana grafik tersebut akan menjadi landasan dalam pemilihan elemen atau grid yang digunakan untuk simulasi Ansys Aqwa. Dari grafik *grid independence* tersebut dipilih model 6 dengan jumlah elemen sebesar 3341 panel untuk dilakukan pengujian *bending moment*

3.6 Analisa Wave Spectrum

Setelah didapatkan hasil RAO dari Ansys Aqwa selanjutnya dilakukan analisa *wave spectrum* gelombang untuk mengetahui berapa besar beban gelombang yang sesungguhnya diperlukan analisis gelombang pada keadaan gelombang *irregular*. Analisis *wave spectrum* merupakan cara untuk mendapatkan gelombang *irregular*. Pada penggeraan tugas akhir ini diambil *wave spectrum* dengan metode ITTC. Formula spektrum gelombang ITTC adalah sebagai berikut:

$$S(\omega_e) = \left(\frac{A}{\omega_e^5} \right) e^{\frac{-B}{w_w^4}}$$

Dimana

w_w : Frekuensi gelombang (rad/sec)

A : $8.10 \times 10^{-3} g^2$

B ; $3.11 \times 10^4 / (H)^{2/3}$

$(H)^{1/3}$: Significant wave height (m)

3.7 Perhitungan *slamming*

Untuk menghitung *slamming* perlu dilakukan analisa perhitungan *Relative bow motion*. *Relative bow motion* dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.13. Sebelum menghitung RBM perlu dilakukan analisa Respon Spektrum di haluan kapal pada kondisi *heaving* dan *pitching*. ((Bhattacharyya, 1978)

3.7.1 Perhitungan Probabilitas *slamming*

Dalam menghitung probabilitas *slamming* diperlukan nilai m_{0s} dan m_{2s} . Dimana nilai m_{0s} adalah luasan dibawah kurva spektrum of RBM dan m_{2s} merupakan luas response *spectrum* pada kecepatan relatif di station yang dihitung. Dari analisa tersebut sehingga didapatkan nilai probabilitas *slamming*. Probabilitas *slamming* yang didapatkan yaitu probabilitas akibat variasi perubahan sudut hadap akibat arah gelombang 180° , 90° dan 135° Selain itu juga dilakukan variasi tinggi gelombang yaitu gelombang 6 meter, 5 meter dan 4 meter. Yang mana *slamming* melai terjadi pada gelombang 3.2 meter.

3.7.2 Perhitungan Intensitas *slamming*

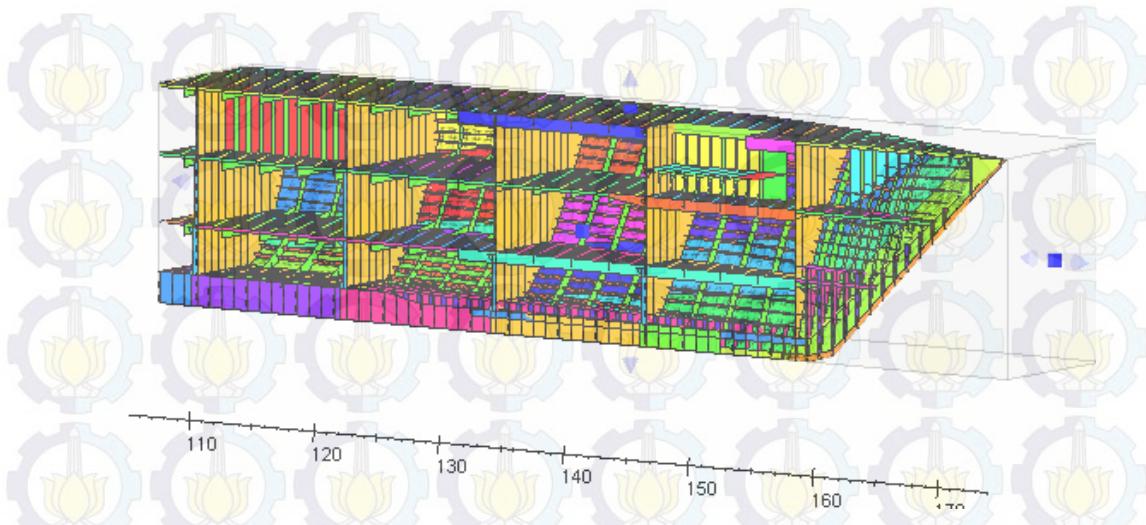
Setelah menghitung probabilitas *slamming*, selanjutnya adalah menghitung banyaknya kejadian *slamming* dalam satuan waktu (intensitas *slamming*). Perhitungan tersebut menggunakan Persamaan 2.23. Untuk perhitungan intensitas *slamming* per detik. Hasil perhitungan jumlah kejadian *slamming* per detik dapat dikalikan satuan waktu yang lain, misalkan jam atau tahun.

3.7.3 Perhitungan Besarnya Beban *slamming*

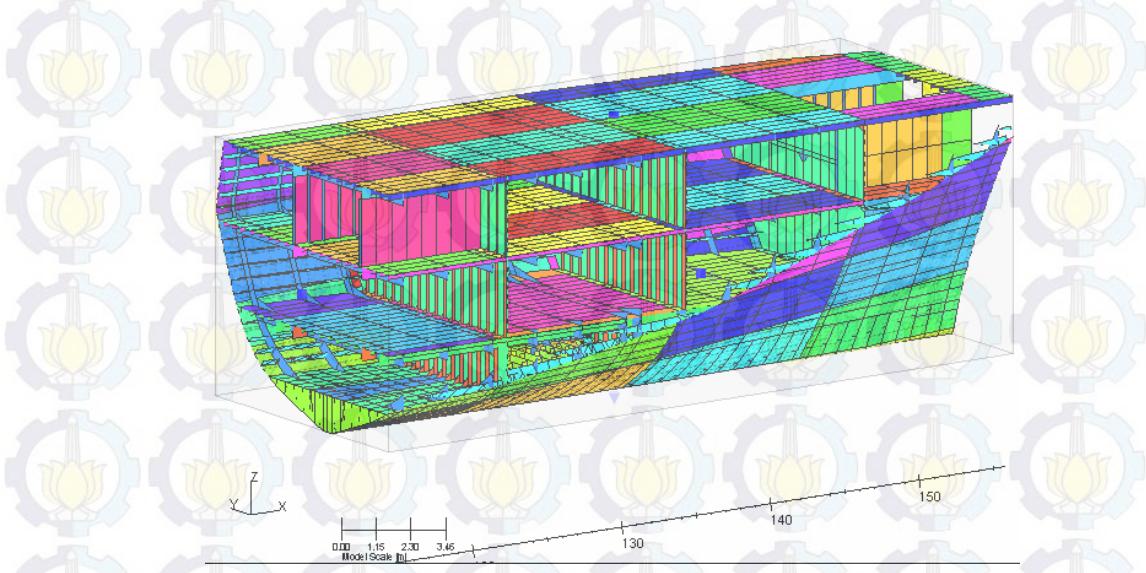
Pada tahap ini dilakukan analisis beban *slamming* yang diterima oleh kapal *Corvette*. Perhitungan beban *slamming* pada penelitian ini menggunakan *software* Ansys Aqwa. Beban *slamming* yang digunakan pada analisa ini adalah beban *slamming* akibat beban gelombang *sagging* ditambah dengan beban akibat *slamming*. Beban *slamming* yang dihitung merupakan beban *slamming* yang diterima oleh kapal pada berbagai variasi sudut hadap datangnya gelombang dan variasi tinggi gelombang.

3.8 Pemodelan Konstruksi menggunakan Poseidon

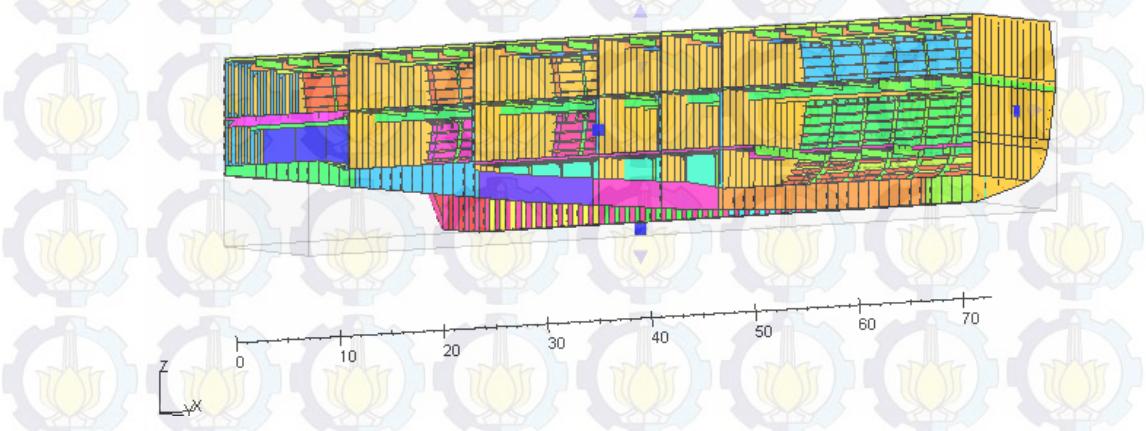
Pada tahap ini akan dilakukan proses pemodelan konstruksi kapal *Corvette* pada Poseidon. Proses pemodelan ini didasarkan pada ukuran dan tebat pelat pada konstruksi *midship Section*, *Construction Profile*, dan *Longitudinal section* yang sudah ada. Sehingga didapatkan gambar berikut.



Gambar 3.20 Konstruksi fr 106 – fr 174



Gambar 3. 21 Konstruksi Poseidon fr 118-fr 157



Gambar 3. 22 Konstruksi Poseidon fr 0-fr 75

3.8.1 Penentuan Ukuran Utama.

Proses pemodelan dengan menggunakan poseidon langkah pertama yang perlu dilakukan adalah penentuan ukuran utama kapal (*main dimensions*) pada *general*. General terdiri atas sebagai berikut:

3.8.1.1 Principal Dimensions

Dalam prinsipal *principal dimensions* merupakan input ukuran utama pada kapal terdiri atas L, B, T, Cb, *Displasment* dan sebagainya. Sesuai pada gambar dibawah:

Length betw. perpendiculars	Lpp:	103.890 m	Scantling draught	T:	3.600 m
Length of water line at T	Lwl:	105.930 m	Block coefficient	CB:	0.496
Scantling length	L:	102.752 m	Max. speed in calm water	Vo:	30.000 kn
Breadth	B:	14.000 m	Min. draught at FP in ballast	Tbf:	3.600 m
Depth (nominal)	H:	8.750 m	Min. draught at AP in ballast	Tba:	3.600 m
H for effective superstructures (1, H 2.5)			Deadweight		1275.554 tdw
from	to	H: 0 m	XA acc Fig. 5.13 at Fr.No.		
from	to	H: 0 m	Number of Cargo Holds:		0
			Displacement of the ship		2355 t

Gambar 3.23 Detail input ukuran kapal *Corvette*

3.8.1.2 Material Properties

Setelah ukuran utama kapal dimasukkan, langkah selanjutnya adalah memasukkan spesifikasi dari material yang akan digunakan, seperti *Material Density*, *Yield Stress*, *E modulus* dan *G-Modulus*. Poseidon sudah memiliki *default material properties* yang sering digunakan pada kapal. Tetapi material yang digunakan pada kapal *Corvette* adalah AH36. Sehingga perlu input material *properties* secara manual dikarenakan di Poseidon tidak menyediakan material tersebut.

1.2 Linear isotropic Materials

Mat. No.	E-Modulus [kN/m**2]	G-Modulus [kN/m**2]	Material Density [kg/m**3]	Yield Stress [N/mm**2]	Remark
1	206000000	79230769	8000	235	
2	206000000	79230769	8000	315	
3	206000000	79230769	8000	355	
4	206000000	79230769	8000	390	
5	200000000	80000000	7850	350	
6	200000000	80000000	7850	455	
*	200000000	80000000	7850	455	
7	200000000	80000000	7850	455	

Material AH36

Gambar 3.24 Input material properties

3.8.1.3 Profile Table

Seperti halnya material *properties*, Poseidon juga menyediakan *table default* ukuran profil yang sering digunakan dalam membangun sebuah kapal. Baik dalam bentuk profil L, T dan sebagainya. Sesuai pada Tabel 8 Apabila *profile* yang digunakan tidak ada pada Poseidon bisa melakukan input sesuai ukuran yang digunakan.

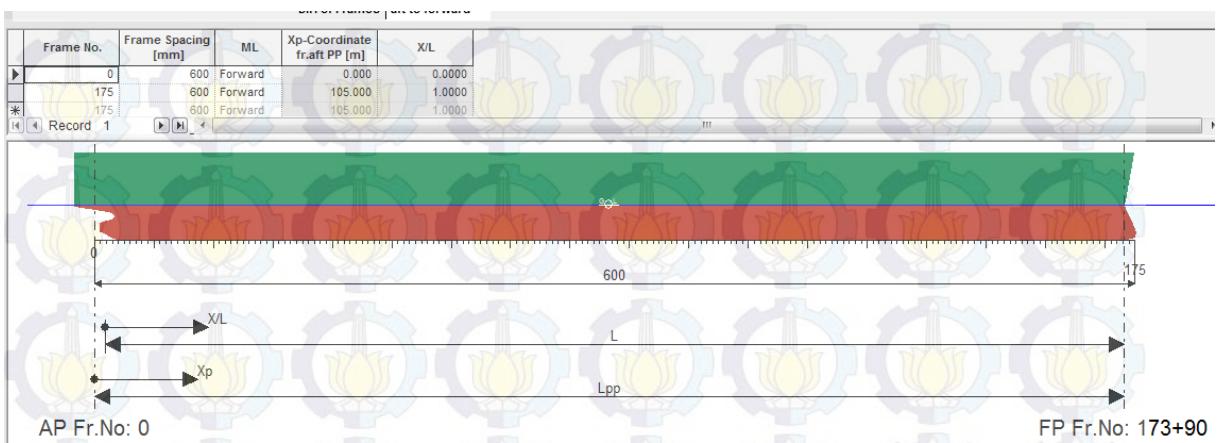
Table 8 Tabel ukuran *profile*

Reh [N/mm**2] for Brackets: 235 for Profiles: 235

Type	Name	Profiles						Brackets					
		hw [mm]	tw [mm]	bf [mm]	tf [mm]	Area [cm**2]	e [mm]	W [cm**3]	I [cm**4]	I [mm]	tb [mm]	bf [mm]	tbf [mm]
HP	HP 400*14.0	400.0	14.0	72.0		81.2	254.6	1468.7	40356.0	525	15.5	89	12.4
HP	HP 370*17.0	370.0	17.0	70.5		84.3	226.3	1372.3	38324.0	513	15.2	86	12.1
HP	HP 400*15.0	400.0	15.0	73.0		85.2	252.1	1530.9	43105.0	532	15.7	90	12.5
HP	HP 370*18.0	370.0	18.0	71.5		88.0	224.6	1425.4	40458.0	520	15.4	88	12.3
HP	HP 400*16.0	400.0	16.0	74.0		89.2	249.7	1593.1	46013.0	540	15.9	90	12.7
HP	HP 400*17.0	400.0	17.0	75.0		93.2	247.6	1655.1	48602.0	546	16.1	90	12.9
HP	HP 430*15.0	430.0	15.0	77.5		93.9	274.1	1827.7	53730.0	565	16.6	90	13.3
HP	HP 400*18.0	400.0	18.0	76.0		97.2	245.6	1717.1	51381.0	553	16.3	90	13.0
HP	HP 430*16.0	430.0	16.0	78.5		98.2	271.5	1899.8	57149.0	572	16.8	90	13.4
HP	HP 400*19.0	400.0	19.0	77.0		101.2	243.8	1779.2	54103.0	560	16.5	90	13.2
HP	HP 430*17.0	430.0	17.0	79.5		102.5	269.2	1971.7	60832.0	579	17.1	90	13.6
HP	HP 430*18.0	430.0	18.0	80.5		106.8	267.0	2043.5	64325.0	586	17.3	90	13.8
HP	HP 430*19.0	430.0	19.0	81.5		111.1	265.0	2115.2	67752.0	593	17.4	90	13.9
HP	HP 430*20.0	430.0	20.0	82.5		115.4	263.1	2187.0	71353.0	600	17.6	90	14.1
HP	HP 430*21.0	430.0	21.0	83.5		119.7	261.4	2258.8	74658.0	606	17.8	90	14.2
L	L 60*5.0*40*5.0	60.0	5.0	40.0	5.0	4.8	40.4	15.7	76.0	116	6.5	50	6.5
L	L 65*5.0*50*5.0	65.0	5.0	50.0	5.0	5.5	45.1	20.4	103.0	126	6.5	50	6.5
L	L 60*6.0*40*6.0	60.0	6.0	40.0	6.0	5.7	40.0	18.8	95.0	123	6.5	50	6.5
L	L 75*5.0*50*5.0	75.0	5.0	50.0	5.0	6.0	51.0	24.6	141.0	134	6.5	50	6.5
L	L 75*5.0*55*5.0	75.0	5.0	55.0	5.0	6.3	51.9	26.3	149.0	137	6.5	50	6.5
L	L 60*7.0*40*7.0	60.0	7.0	40.0	7.0	6.6	39.6	21.8	115.0	129	6.5	50	6.5
L	L 80*6.0*40*6.0	80.0	6.0	40.0	6.0	6.9	51.5	27.8	182.0	140	6.5	50	6.5

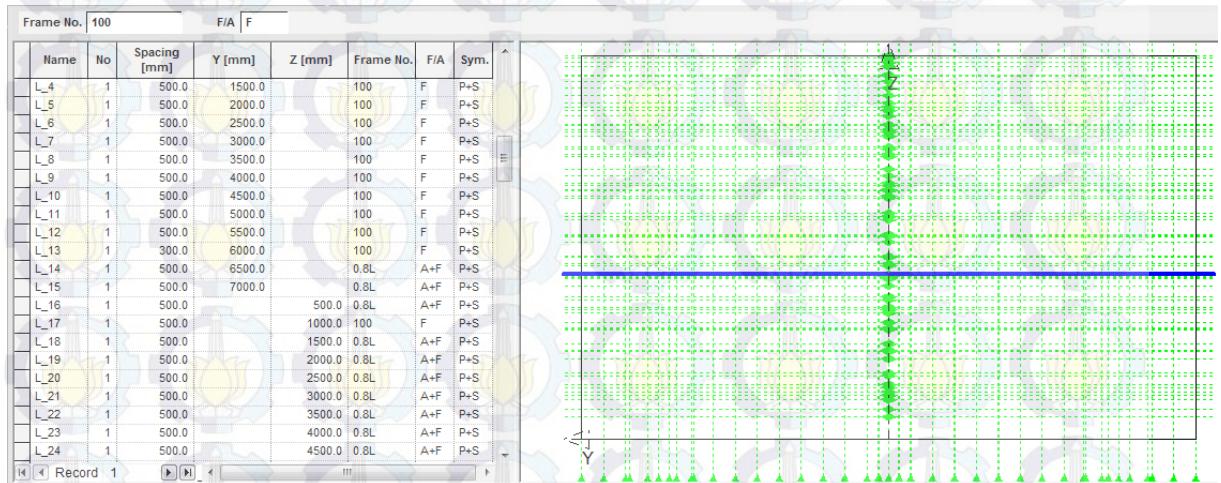
3.8.1.4 Penentuan Table (X dir) dan (Y Z Dir)

Pada tahap ini merupakan suatu tahapan memodelkan struktur yang didasarkan pada data gambar yang ada. Untuk komponen X dir untuk memodelkan berapa jarak gading pada kapal. Sesuai pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.25 Input jarak gading

Sedangkan untuk Y dan Z dir digunakan untuk memasukan input koordinat pembujur ataupun gading yang nantinya akan dimodelkan di *hull structure* pada bagian selanjutnya. Sesuai pada ilustrasi gambar dibawah.



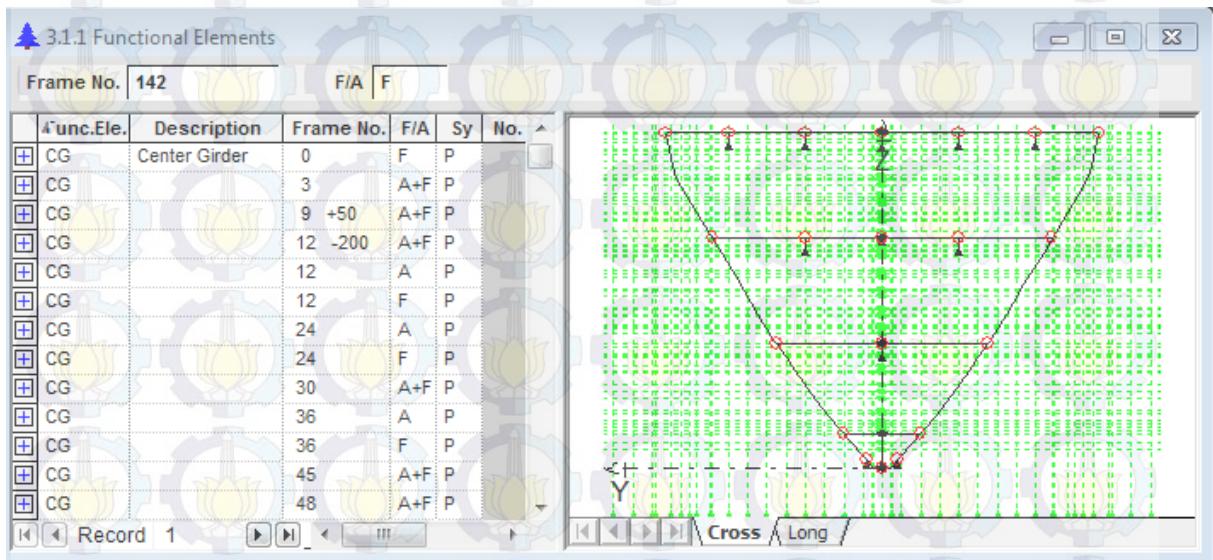
Gambar 3.26 Koordinat letak pembujur

3.8.2 Hull Structure

Setelah dilakukan proses pendefinisian pada tahap sebelumnya. Selanjutnya adalah proses pemodelan *hull structure*. Pemodelan *hull structure* dilakukan melalui beberapa tahap yaitu sebagai berikut :

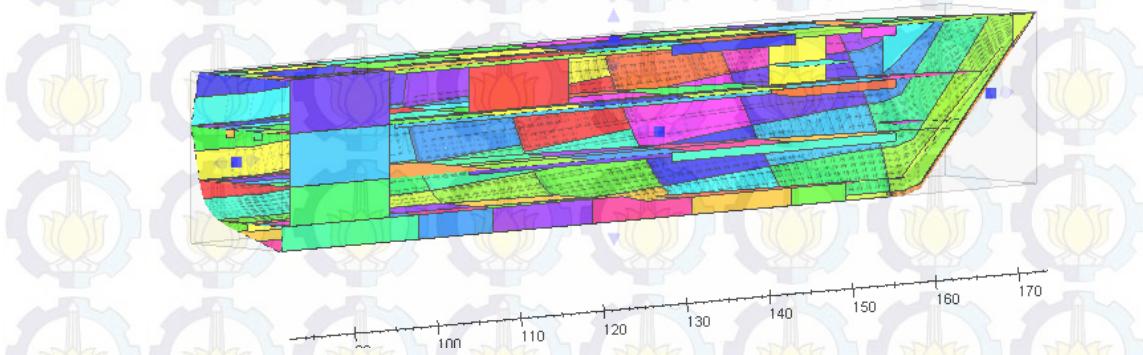
3.8.2.1 Long member

Pada tahap ini dilakukan pendefinian model konstruksi secara memanjang memanjang kapal. Dimulai dari pendefinisan pelat, pembujur, gading beserta ukuran yang telah ditentukan. Pada tahap pertama yaitu *Functional Element*. Pada tahap ini dilakukan proses pendefisian elemen berupa pendefinian pelat. Sesuai pada gambar 3.27 mendefinisikan elemen pada fr 142.



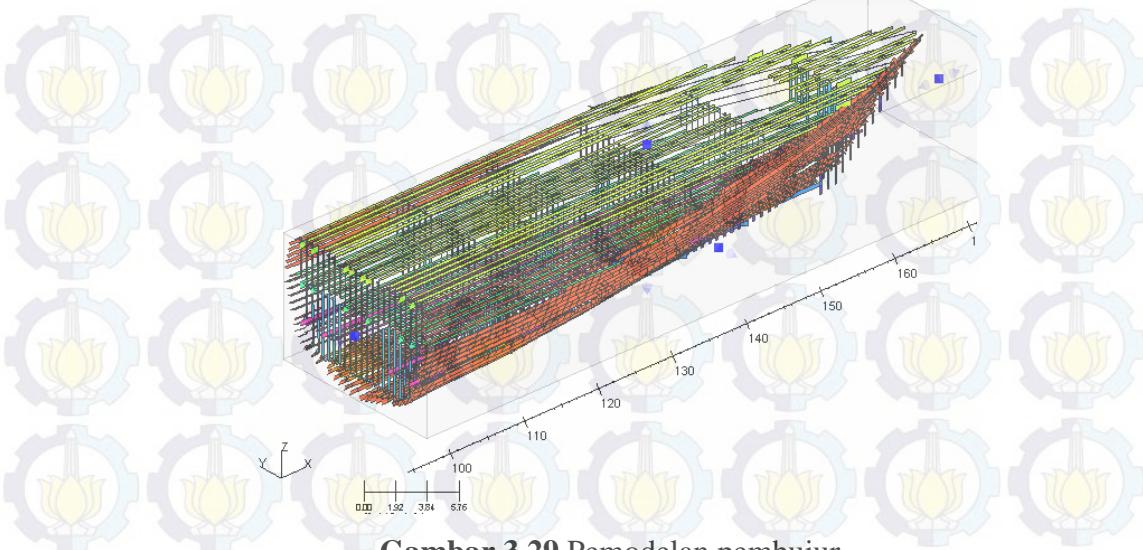
Gambar 3.27 Functional elemen pada frame 142

Setelah dilakukan pendefinian elemen selanjutnya adalah penentuan pelat. Pada tahap ini dilakukan input lebar pelat, tebal pelat dan material apa yang digunakan. Sehingga didapatkan hasil sesuai pada gambar dibawah



Gambar 3.28 pemodelan pelat haluan kapal

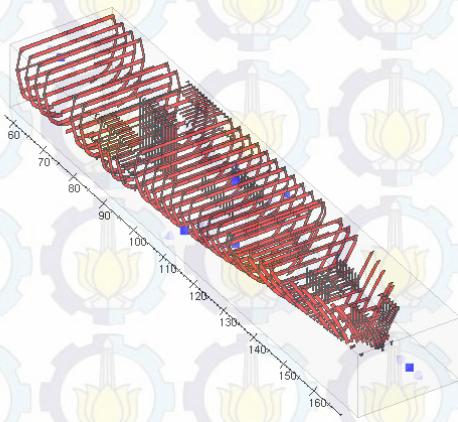
Kamudian dilakukan pendefinisan penguatan secara memanjang seperti pembujur, *girder* dan sebagainya. Pada tahap ini koordinat yang digunakan berdasarkan input pada Y dan Z dir. . Pendefinisan pada tahap ini juga diberikan ukuran penampang tersebut. Konstruksi kapal ini menggunakan beberapa jenis penampang *profile* diantaranya *profile L*, *profile T*. Sehingga didapatkan hasil pemodelan seperti gambar 3.29



Gambar 3.29 Pemodelan pembujur

Pada Tahap selanjutnya ialah pemodelan pada bagian *trans girder* dan *trans stiffener*. Pemodelan pada tahap ini meliputi pemodelan *frame*, *beam*, *wrangle plate* dan *bracket*. Proses pendefinian profil dan hasil ditunjukkan pada gambar 3.30.

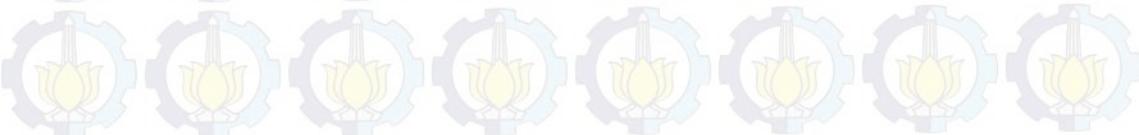
Frame No. 142		F/A F									
		Arrangement				Web and Flange					
Func.Ele.	Item	Y-Z Start	X-Start	X-End	Mat	hweb	bflg	twb			
Attributes	ML	Y-Z End	Spacing		Sy	hweb	bflg	tflg			
IB2	1	Y=0.0	130	151	1	241	0	0.0			
	OF	SHELL	a		P+S	241	0	0.0			
SHELL	web	DK3	133	158	1	402	100	##			
	MF	S_36	3a		P+S	380	100	##			
SHELL	web	DK2	133	158	1	402	100	##			
	MF	DK3	3a		P+S	385	100	##			
SHELL	web	DK1	133	158	1	385	100	8.0			
	MF	DK2	3a		P+S	375	100	8.0			
DK1	web	SHELL	133	145	1	340	0	0.0			
	MF	S_0	3a		P+S	341	0	0.0			
DK2	web	SHELL	133	168	1	340	0	0.0			
	OF	S_0	3a		P+S	340	0	0.0			
DK3	web	Y=0.0	133	158	1	340	0	0.0			
	OF	SHELL	3a		P+S	340	0	0.0			

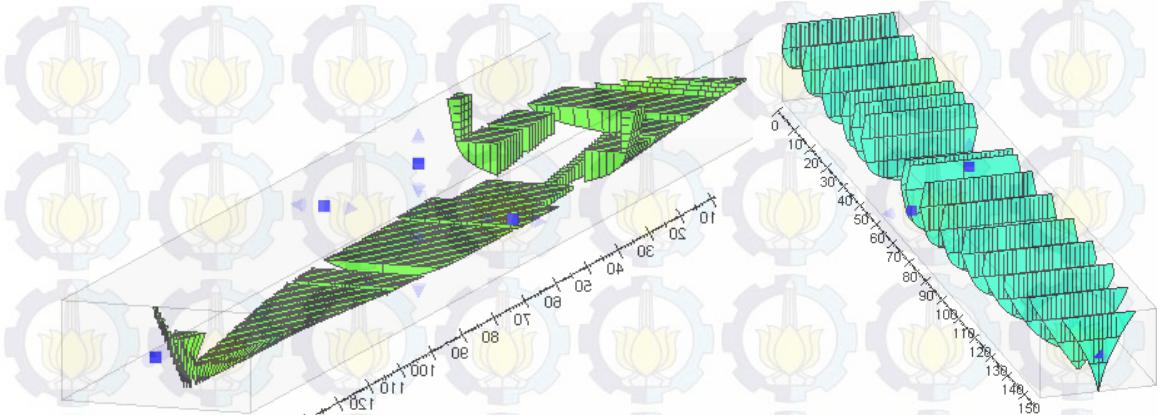


Gambar 3.30 Pemodelan gading besar

3.8.2.2 Trans Web Plate dan Trans Bulkhead

Setelah selesai pemodelan pada *long member* selanjutnya dilakukan pemodelan pada bagian sekat dan bagian penampang melintang kapal. Pemodelan sekat maupun penampang melintang kapal juga bisa dilakukan penguatan pada bagian ini seperti *stiffener* dan lainnya. Pendefinisian sekat ini hampir sama seperti pendefinisian pada bagian *long member*. Didapatkan hasil seperti gambar berikut:





Gambar 3. 31 Model penampang melintang dan sekat.

3.8.3 Design Criteria/Loads

Pada tahapan ini dilakukan pembebanan pada kapal *Corvette*, yakni input beban *slamming*. Proses input beban *slamming* dilakukan dalam berbagai variasi tinggi dan sudut hadap yang berbeda. Untuk pembebanan *slamming*, dilakukan dengan cara mencari *shear force bending moment* pada berbagai kondisi variasi tinggi gelombang dan sudut hadap tertentu yang mana digunakan sebagai input beban pada Poseidon.

3.8.4 Results

Setelah semua permodelan selesai dilakukan maka langkah selanjutnya adalah *running* program. *Running program* ini dilakukan untuk mendapatkan hasil berdasarkan penampang melintang yang telah dimodelkan. Pada *Result* bisa ditampilkan beberapa assessment meliputi *hull cross section*, *transverse member*, *hull girder bending*, dan *stress*. Salah satu hasil *running* ditunjukkan pada tabel 9.

Table 9 Hasil running frame 142

5.1.1 Long. Plates (Frame No: 142 F/A: F)															
Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria				Shogg	Tau	t as built	Assess ment	Error Note			
				LoLC Z	I	DCat req.	stat	dyn	p2						
DK1	DK1	750	500	WD			91	9	8.0	++	0				
DC=80		8750	1800	40	9	22	0	-150	350	7.0	Show	0			
DK1	DK1	3250	500	WD			91	32	8.0	++	0				
DC=80		8750	1800	40	9	22	0	-150	350	7.5	Show	0			
DK1	DK1	5323	647	WD			91	42	10.0	++	0				
DC=80		8750	1800	45	9	22	0	-150	350	9.0	Show	0			
DK2	DK2	250	500				28	1	6.0	++	0				
DC=80		6000	1800	36	0	0	0	-45	350	4.0	Show	0			
DK2	DK2	3963	926				28	11	6.0	++	0				
DC=80		6000	1800	36	0	0	0	-45	350	5.0	Show	2			
DK3	DK2	2374	747				-36	9	6.0	++	0				
DC=80		3250	1800	36	0	0	0	59	350	4.5	Show	2			
SHELL	Keel	104	208	S			-112	1	12.0	++	0				
DC=80		0	600	45	36	64	0	183	350	10.6	Show	6			
SHELL	Bottom1	373	500	S			-107	7	13.0	++	0				
DC=80		188	600	50	36	64	0	176	350	8.6	Show	4			
SHELL	Bottom2	1754	500	S			-69	55	10.0	++	0				
DC=80		1838	1800	40	18	66	0	113	350	8.6	Show	0			
SHELL	Side1	3117	458	S			-23	72	10.0	++	0				
DC=80		3829	1800	36	0	62	0	37	350	8.6	Show	0			

3.8.5 Analisa Data

Dari hasil perhitungan beban gelombang sebelumnya akan didapatkan besar *shear force* dan *bending moment*. *Bending moment* yang digunakan adalah hasil dari perhitungan *bending momet* akibat beban gelombang ditambah beban *slamming* pada berbagai variasi tinggi gelombang dan sudut hadap tertentu. Setelah input *shear force* dan *bending moment* kita bisa mendapatkan besar tegangan disetiap kapal.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Kapal

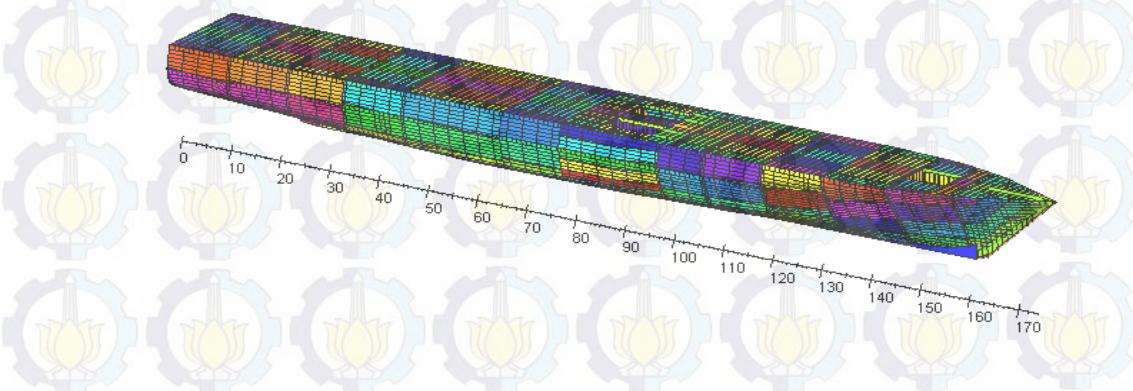
Desain yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah desain kapal *Corvette* yang dilakukan oleh (Perdana, 2012) Kapal ini didesain untuk daerah operasi di perairan Indonesia. Data ukuran kapal dapat dilihat pada Tabel 10

Table 10 Data kapal *Corvette*

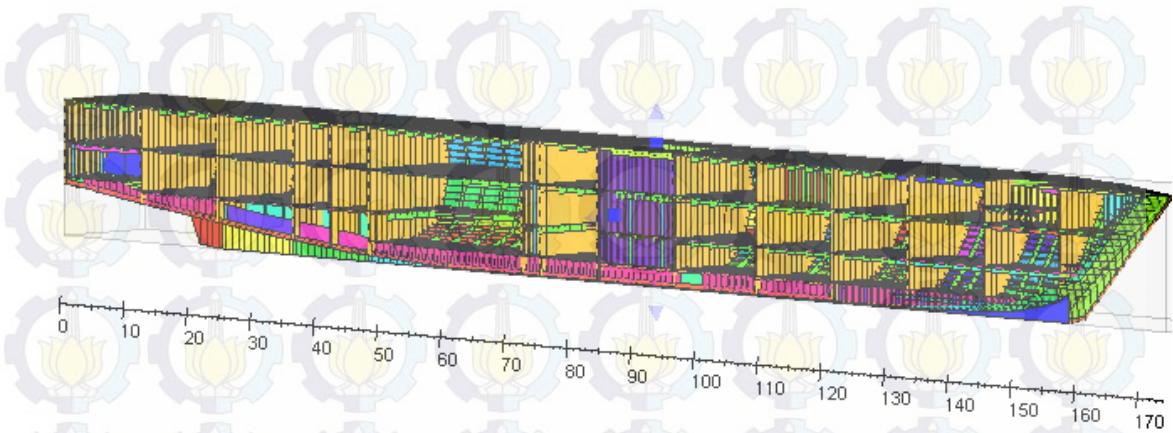
Description	Symbol	Unit	Quantity
Displacement	Δ	DWT	2419
Length Overall	LOA	M	106
Length Construction	L	M	98.936
Breadth (Moulded)	B	M	14
Depth (Moulded)	D	M	8.75
Draft (Moulded)	T	M	3.7
Block Coefficient	C_b		0.496
Prismatic Coefficient	C_p		0.667
Longitudinal Center Bouyency	LCB	m	46.707
Speed	V_s	Knot	30

4.2 Model Konstruksi Kapal *Corvette*

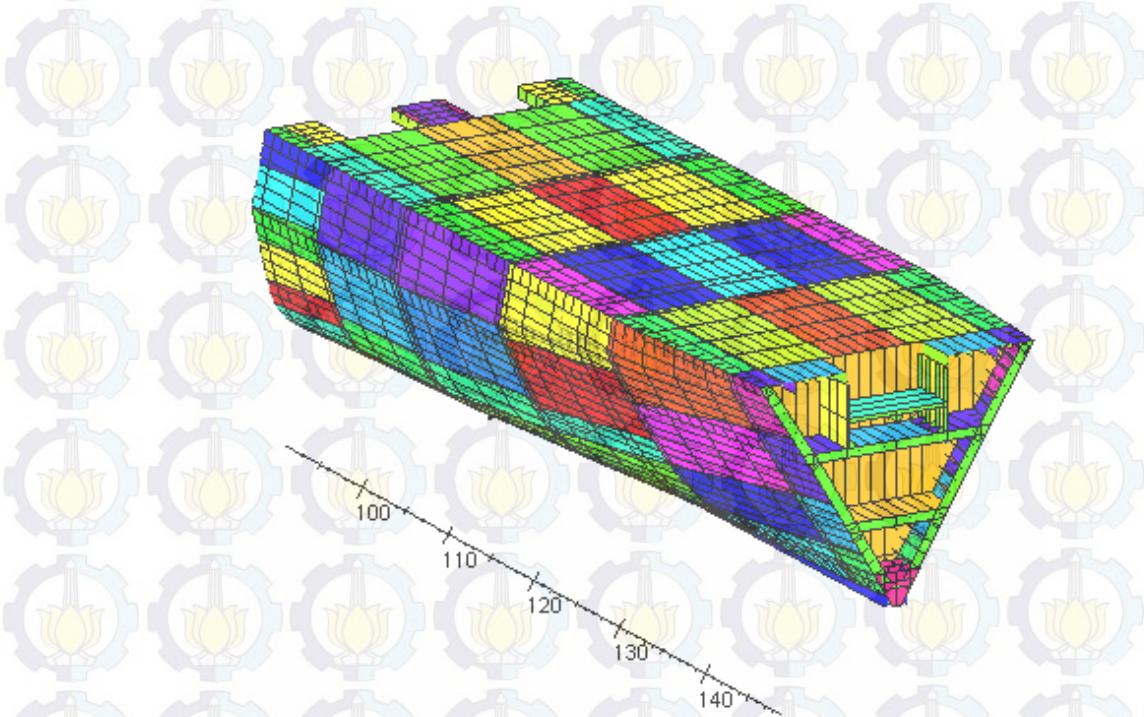
Pemodelan yang digunakan pada pemodelan ini didasarkan dari gambar Konstruksi yang sudah ada. Sehingga didapatkan model seperti gambar 4.2 dibawah.



Gambar 4. 1 Model kapal *Corvette*



Gambar 4.2 Konstruksi model potongan memanjang



Gambar 4.3 Konstruksi potongan melintang fr 87 - 147

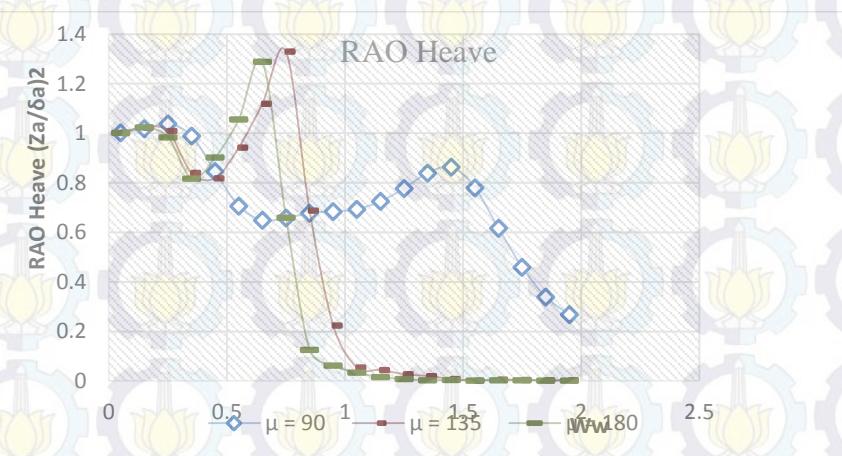
4.3 Hasil RAO

Dari hasil simulasi Ansys Aqwa pada kapal *Corvette*, Sehingga didapatkan hasil berupa RAO *heaving* dan *pitching*. Data hasil diklasifikasikan berdasarkan sudut hadap datangnya gelombang yaitu sudut 90° , 135° dan sudut 180° . Selain variasi sudut hadap juga dilakukan variasi tinggi gelombang. Sehingga didapatkan hasil pada tabel 11 berikut;

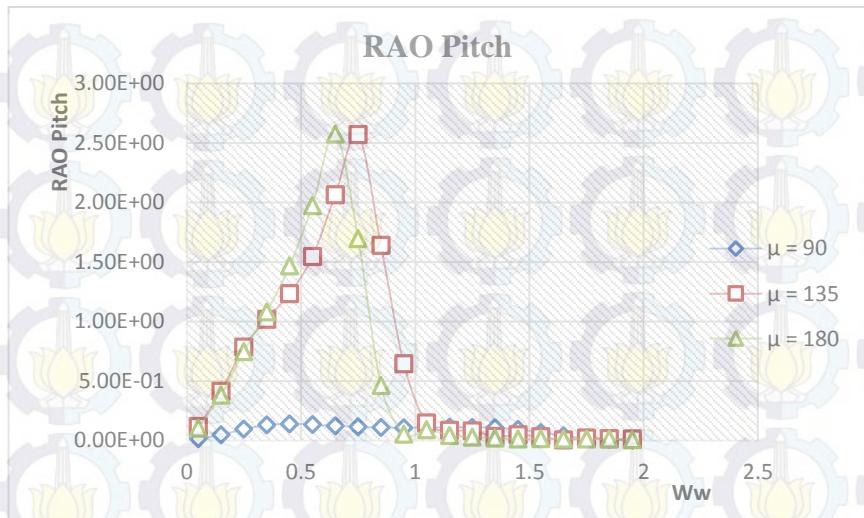
Table 11 Hasil RAO

Freq (ω_w)	Heave(Z)			Pitching(RY)		
	90	135	180	90	135	180
0.05	1.00139	1.00193	1.002105	1.47E-01	1.17E-01	1.05E-01
0.15	1.017882	1.022497	1.0234	4.89E-01	0.412506	0.382264
0.25	1.038239	1.008825	0.98382	9.53E-01	0.785542	0.747962
0.35	0.989282	0.840156	0.817407	1.31E+00	1.020042	1.080397
0.45	0.845059	0.818652	0.90214	1.4058322	1.234338	1.467745
0.55	0.705905	0.942546	1.056043	1.3333459	1.545783	1.974299
0.65	0.649469	1.119498	1.288462	1.2370416	2.06485	2.575659
0.75	0.657698	1.329648	0.659494	1.1573188	2.570165	1.696166
0.85	0.67768	0.687328	0.12526	1.0939027	1.639117	0.460793
0.95	0.684507	0.223825	6.21E-02	1.0733109	0.646102	5.45E-02
1.05	0.693037	5.43E-02	3.35E-02	1.0937909	0.147145	9.02E-02
1.15	0.72517	4.45E-02	1.55E-02	1.1116577	8.61E-02	4.36E-02
1.25	0.777129	2.77E-02	7.83E-03	1.1095609	8.14E-02	2.98E-02
1.35	0.839526	2.00E-02	3.40E-03	1.0730974	3.42E-02	2.15E-02
1.45	0.863834	8.11E-03	4.08E-03	0.934439	4.74E-02	1.18E-02
1.55	0.779941	1.84E-03	2.24E-03	0.6777298	3.29E-02	1.60E-02
1.65	0.61695	5.84E-03	3.30E-03	0.4046338	3.63E-03	1.37E-02
1.75	0.459726	4.64E-03	2.79E-03	2.10E-01	2.15E-02	1.24E-02
1.85	0.339262	2.72E-03	2.30E-03	9.50E-02	1.58E-02	1.18E-02
1.95	0.268337	3.04E-03	2.03E-03	3.08E-02	1.22E-02	8.36E-03

Dari tabel diatas sehingga didapatkan grafik seperti pada gambar 4.4 dan gambar 4.5.

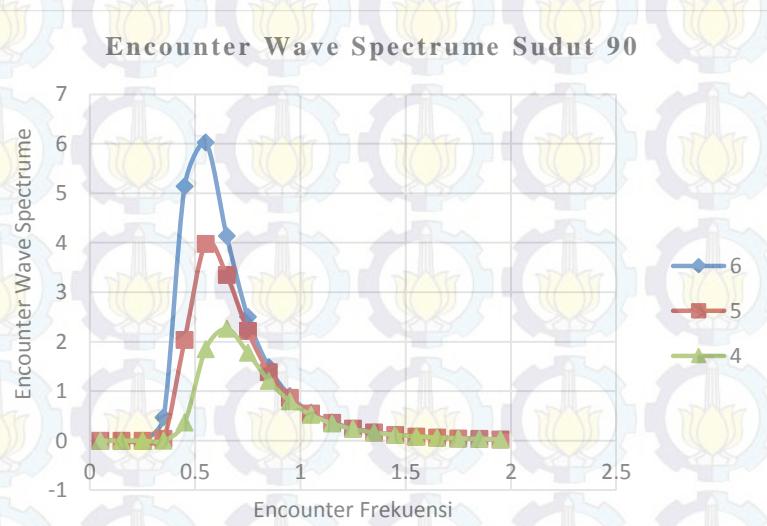


Gambar 4.4 Grafik RAO heave di CG

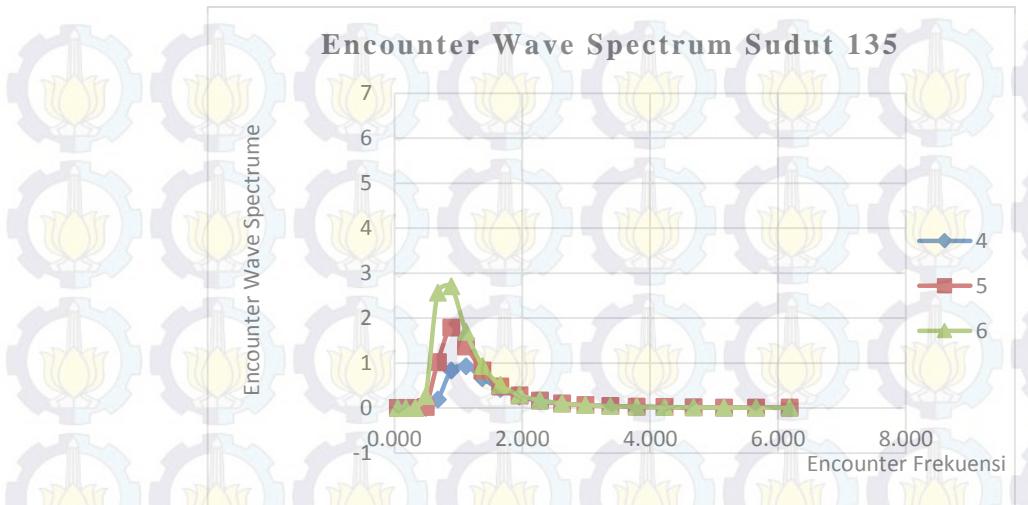


Gambar 4.5 Grafik RAO pitch di CG

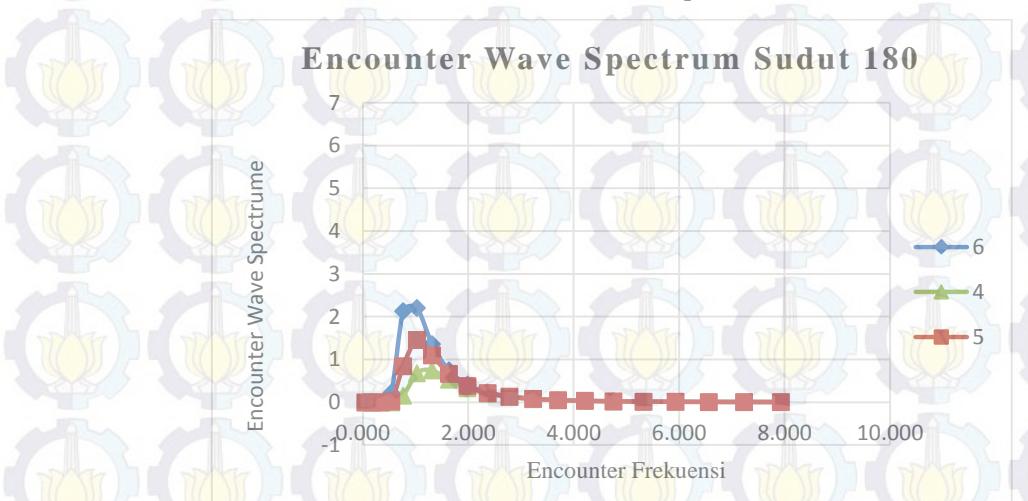
Dari Gambar 4.4, Gambar 4.5 mempresentasi bahwa perbedaan sudut hadap datangnya gelombang berpengaruh terhadap RAO *heaving* maupun RAO *pitching*. Dimana pada kondisi *heaving* paling besar pada sudut hadap 135° pada frekuensi gelombang 0,75 dengan simpangan terjauh mencapai 1,329 m/m sedangkan pada kondisi *pitching* paling besar pada sudut hadap 180° dengan simpangan mencapai 2,575 m/m pada frekuensi gelombang 0,65. Setelah didapatkan hasil RAO, Selanjutnya dilakukan perhitungan *wave spectrum encounter*. Proses perhitungan *wave spectrum encounter* dengan menggunakan metode ITTC. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.6 Encounter wave spectrum sudut 90°

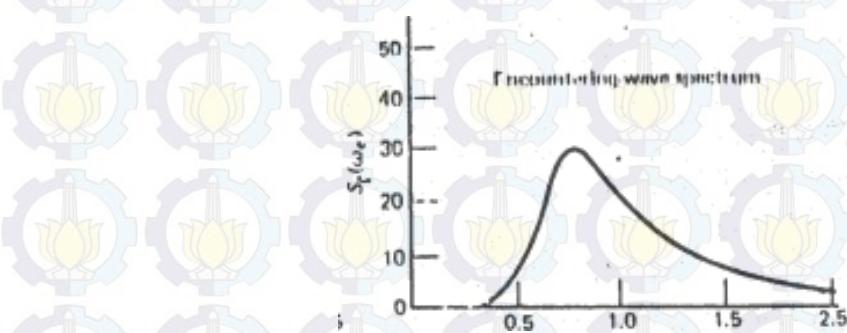


Gambar 4.7 Encounter wave spectrum sudut 135°



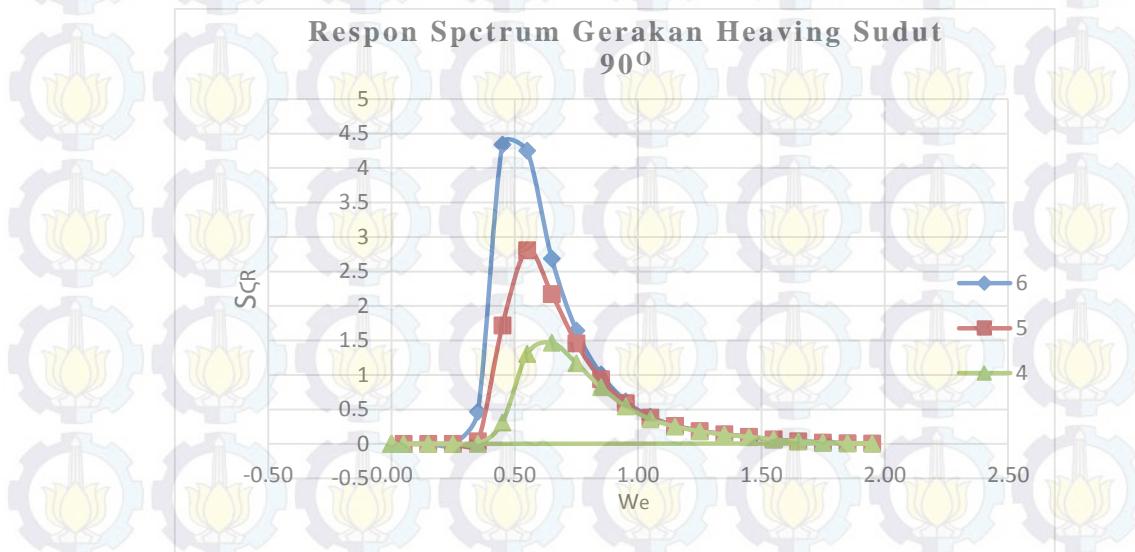
Gambar 4.8 Encounter wave spectrum sudut 180°

Dari perhitungan *wave spectrum* pada Gambar 4.6, Gambar 4.7, Gambar 4.8 sudah benar maka perlu dilakukan validasi dengan grafik hasil yang lain. Grafik diambil dari buku *Dynamic of Marine Vehicles* (Bhattacharyya, 1978)

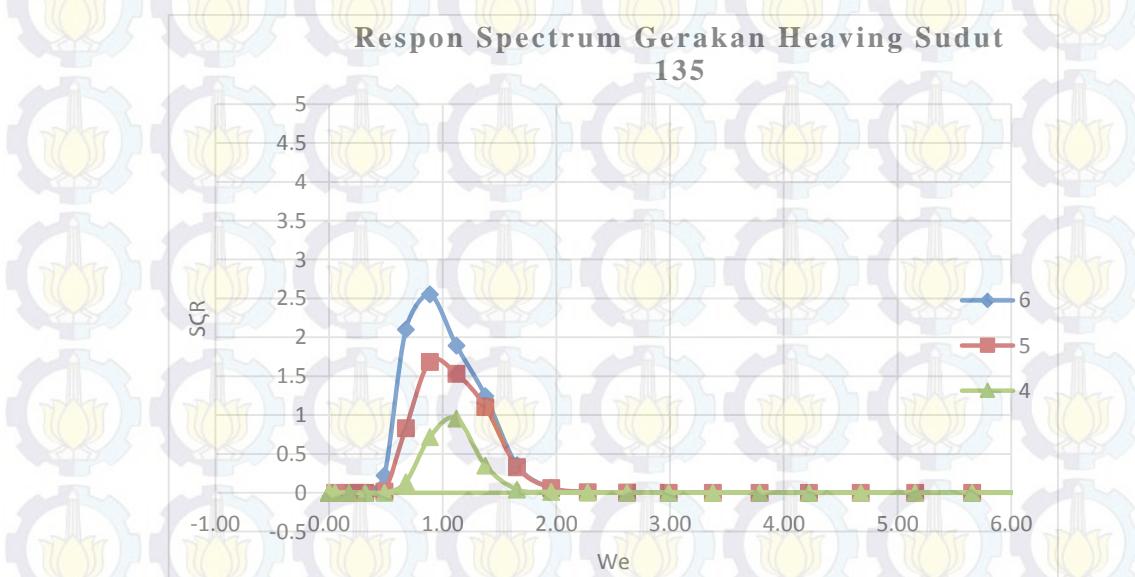


Gambar 4.9 Encounter wave spectrum (Bhattacharyya, 1978)

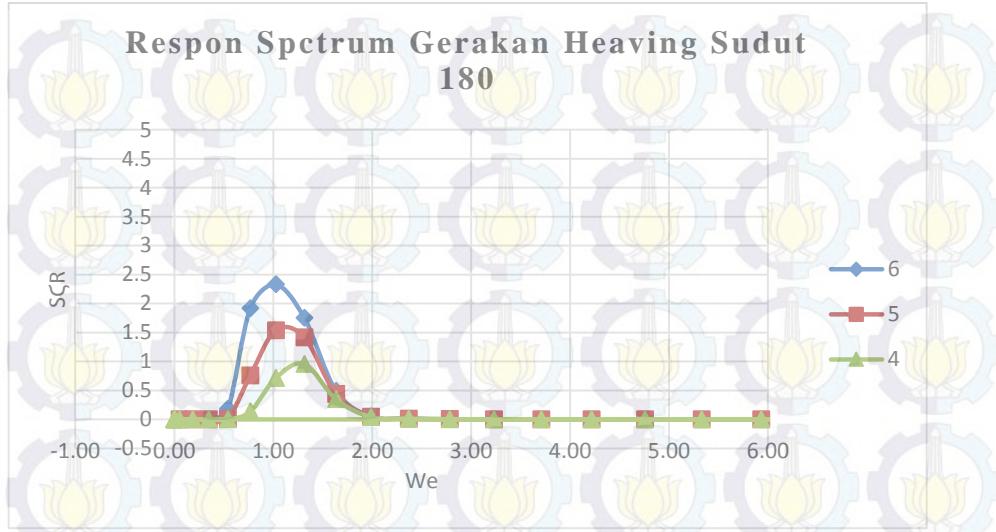
Dari hasil diatas antara *encounter wave spectrum* perhitungan dan dari grafik *Dynamic of Marine Vehicles* memiliki trend yang sama maka analisa disimpulkan valid. Setelah didapatkan *wave spectrum* gelombang encounter. Selanjutnya perlu dilakukan perhitungan untuk mendapatkan respon *spectrum*. Respone Spectrum didapatkan dengan cara mengkalikan *wave spectrum* dengan RAO. Sehingga didapatkan grafik seperti dibawah.



Gambar 4.10 Respon spektrum *heaving* sudut 90°

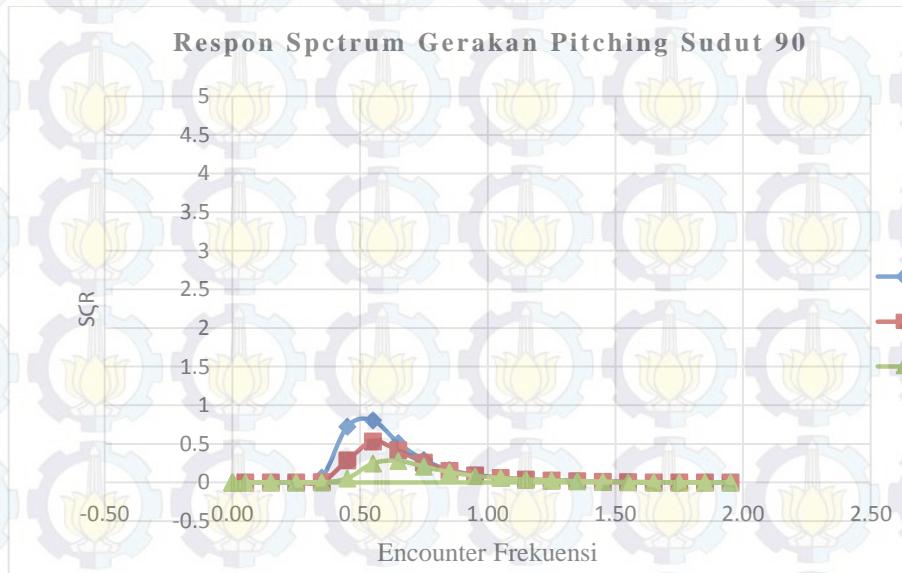


Gambar 4.11 Respon spektrum *heaving* sudut 135°

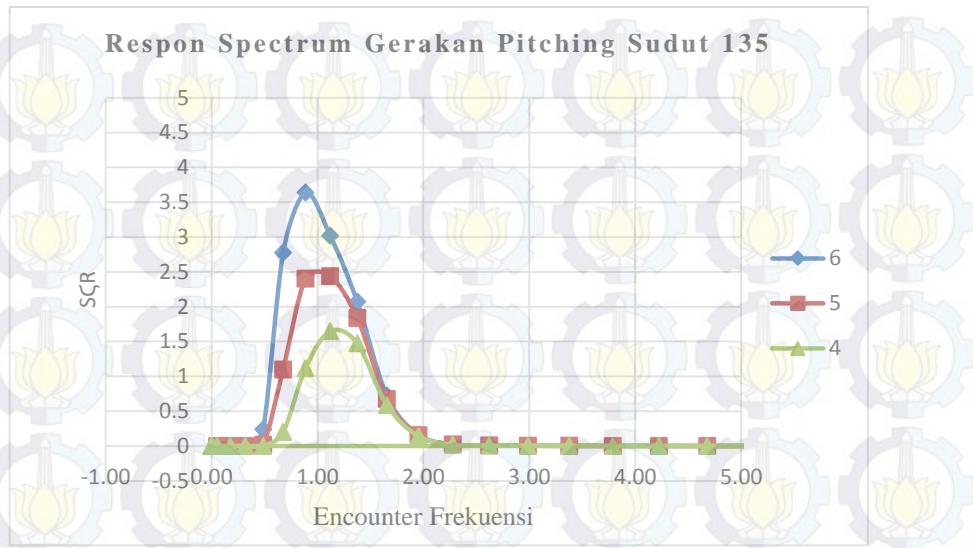


Gambar 4.12 Respon spektrum *heaving* sudut 180

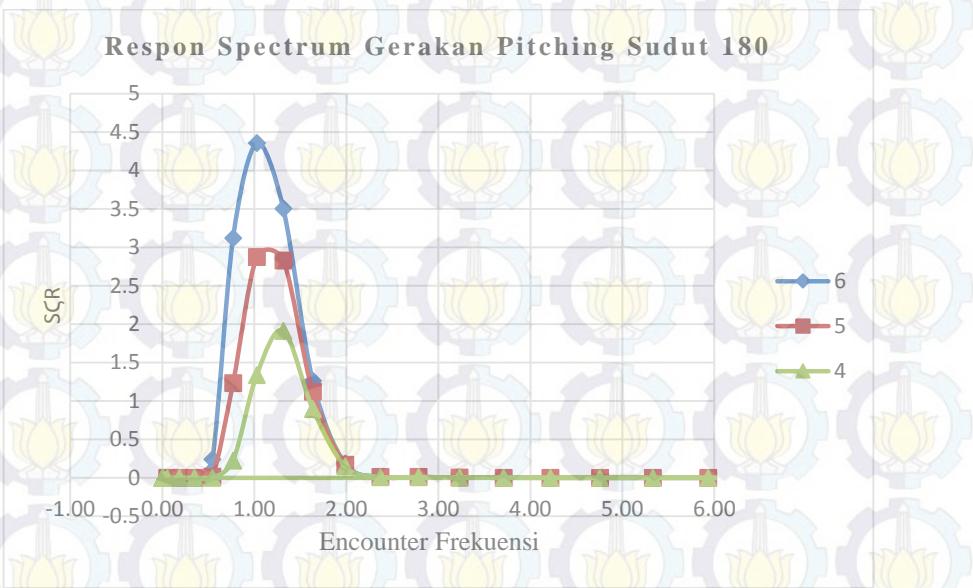
Dari Gambar 4.10, Gambar 4.11, Gaambar 4.12 didapatkan bahwa respon kapal berpengaruh terhadap sudut hadap dan tinggi gelombang. Dimana respon gerakan *heaving* terbesar terjadi pada sudut hadap 90° dengan tinggi gelombang 6 meter. Sedangkan pada sudut 180° memiliki respon gerakan *heaving* yang relatif paling kecil. Selain respon gerakan *heaving* juga didapatkan respon gerakan *pitching* sebagai berikut :



Gambar 4.13 Respon spectrum gerakan *pitching* sudut 90°

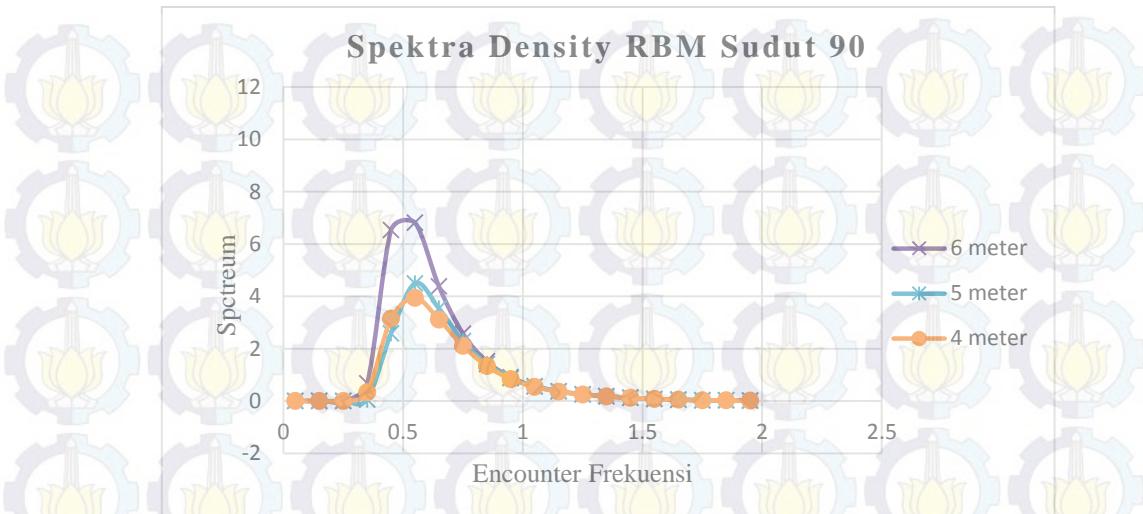


Gambar 4.14 Respon spectrum gerakan *pitching* sudut 135°

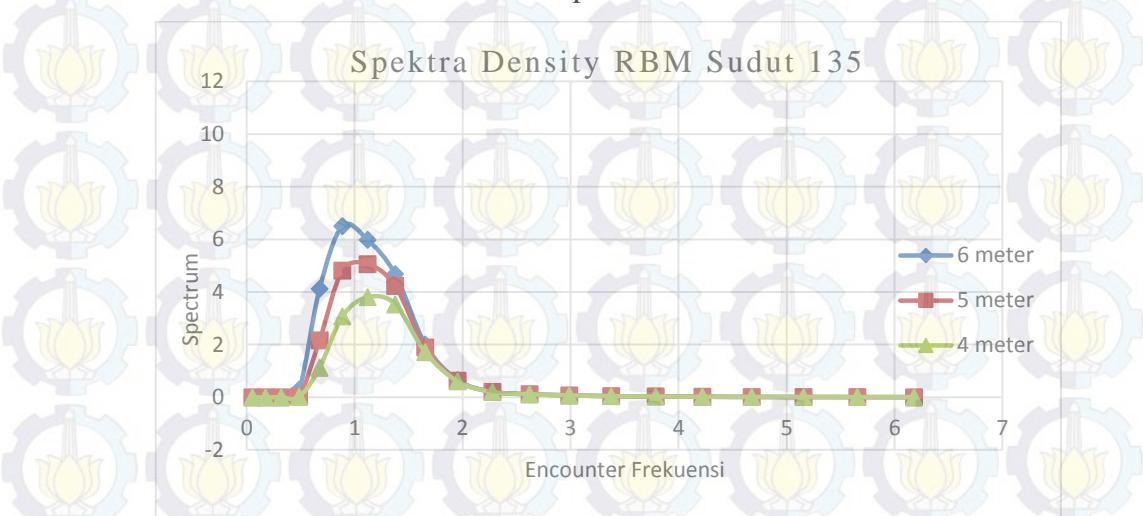


Gambar 4. 15 Respon spectrum gerakan *pitching* sudut 180°

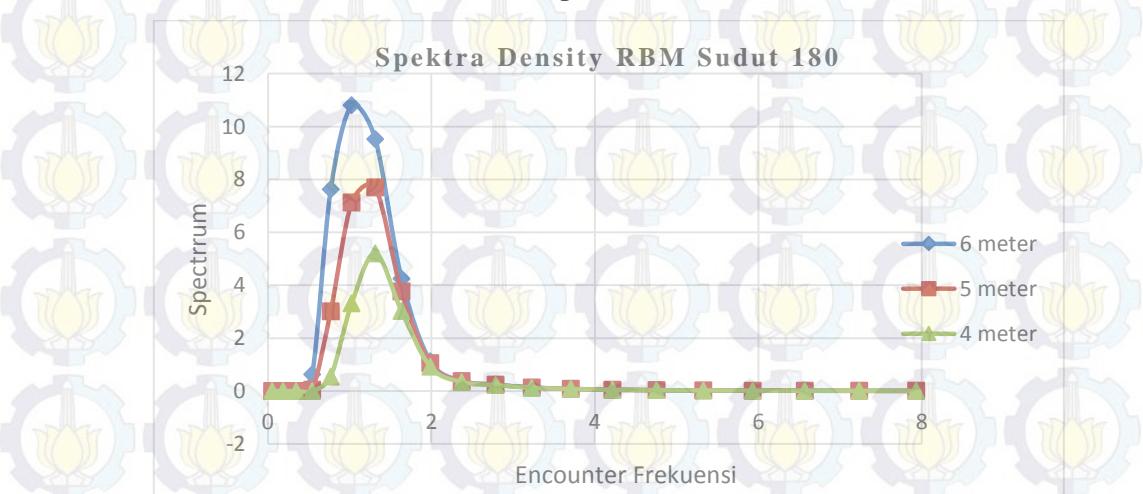
Dari Gambar 4.13-4.15 didapatkan bahwa respon *spectrum* gerakan *pitching* terbesar pada sudut 180° dengan tinggi gelombang 6 meter. Sedangkan untuk respon terkecil terjadi pada sudut 90°. Setelah didapatkan respon *spectrum* gerakan *heaving* dan respon *spectrum* gerakan *pitching*, Perlu dilakukan perhitungan untuk mendapatkan *spectra density of relative bow motion* dengan cara sesuai persamaan 2.13. Sehingga didapatkan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.16 Spektra RBM sudut 90°

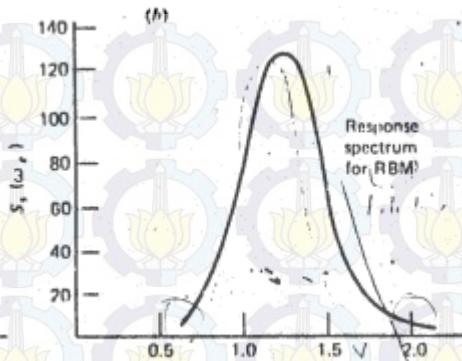


Gambar 4.17 Spektra RBM sudut 135°



Gambar 4.18 Spektra RBM sudut 180°

Dari analisa respon spektra RBM dari perhitungan dibandingkan dengan dari grafik respon spectrum RBM dari buku *Dynamic of Marine Vehicles* berikut ini:



Gambar 4 .19 Respon spectrum RBM (Bhattacharyya, 1978)

Respon spektra RBM dari perhitungan memiliki trend yang hampir sama dengan grafik dari *Dynamic of Marine Vehicles* sehingga bisa dikatakan valid.

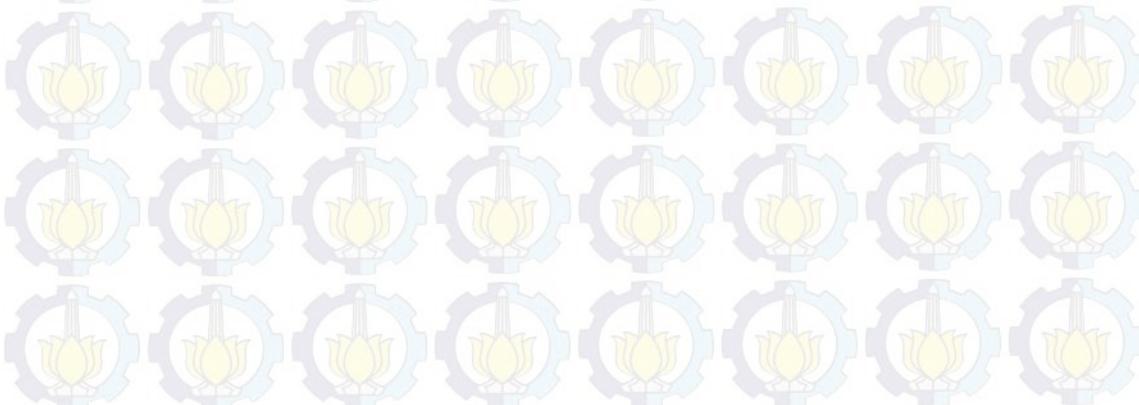
4.4 Perbandingan *Vertical Motion*

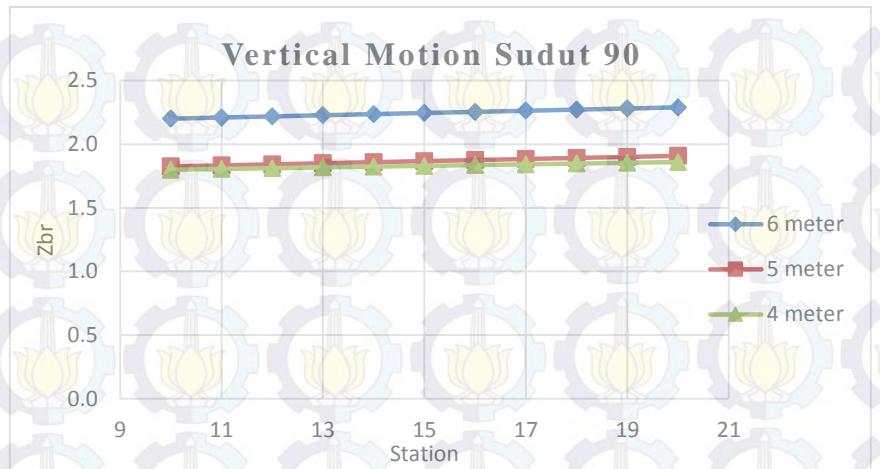
Setelah didapatkan *spectrum relative bow motion* selanjutnya dilakukan analisa untuk mendapatkan nilai *vertical motion*. *Vertical motion* merupakan gerakan couple gabungan antara gerakan *heave* dan gerakan *pitch*. Untuk mendapatkan nilai *vertical motion* dilakukan dengan cara mencari luasan *spectrum density* RBM dari midship sampai FP sehingga didapatkan sesuai

Table 12 Perbandingan *vertical motion* tiap station

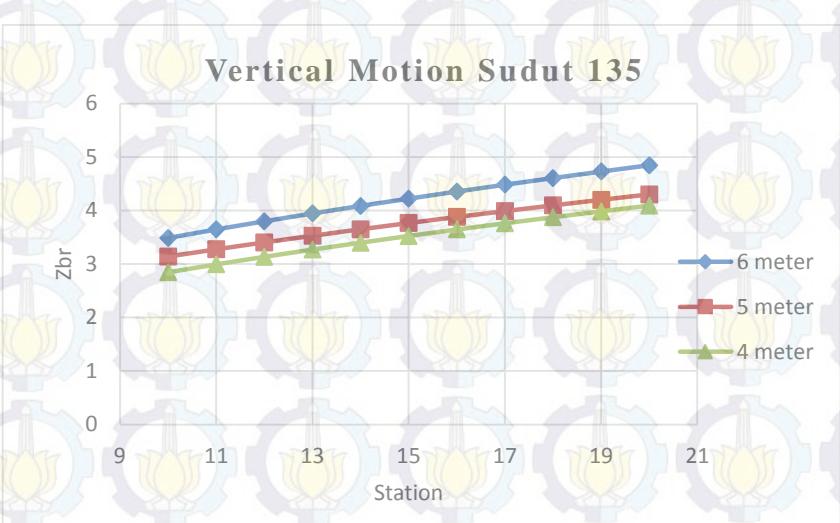
ST				$\mu = 90$			$\mu = 135$			$\mu = 180$		
	mo	m2s	m4s	$H(w) = 6 \text{ m}$	$H(w) = 5 \text{ m}$	$H(w) = 4 \text{ m}$	$H(w) = 6 \text{ m}$	$H(w) = 5 \text{ m}$	$H(w) = 4 \text{ m}$	$H(w) = 6 \text{ m}$	$H(w) = 5 \text{ m}$	$H(w) = 4 \text{ m}$
10	2.47	1.09	0.79	2.20	1.83	1.80	3.49	3.14	2.84	5.00	4.11	3.13
11	2.49	1.11	0.81	2.21	1.83	1.81	3.65	3.27	2.99	5.19	4.28	3.27
12	2.51	1.12	0.82	2.22	1.84	1.81	3.80	3.40	3.13	5.38	4.45	3.40
13	2.53	1.13	0.83	2.23	1.85	1.82	3.94	3.53	3.27	5.56	4.61	3.53
14	2.55	1.14	0.84	2.24	1.86	1.82	4.09	3.65	3.40	5.74	4.76	3.65
15	2.57	1.16	0.86	2.25	1.87	1.83	4.22	3.77	3.52	5.91	4.91	3.77
16	2.59	1.17	0.87	2.25	1.88	1.84	4.35	3.88	3.64	6.07	5.05	3.89
17	2.61	1.18	0.88	2.26	1.88	1.84	4.48	3.99	3.76	6.23	5.19	4.00
18	2.63	1.19	0.89	2.27	1.89	1.85	4.61	4.10	3.87	6.39	5.33	4.11
19	2.65	1.21	0.91	2.28	1.90	1.85	4.73	4.20	3.98	6.46	5.40	4.16
20	2.67	1.22	0.92	2.29	1.91	1.86	4.85	4.30	4.09	6.69	5.59	4.31

Dari Tabel 12 disajikan dalam grafik seperti pada gambar sebagai berikut:

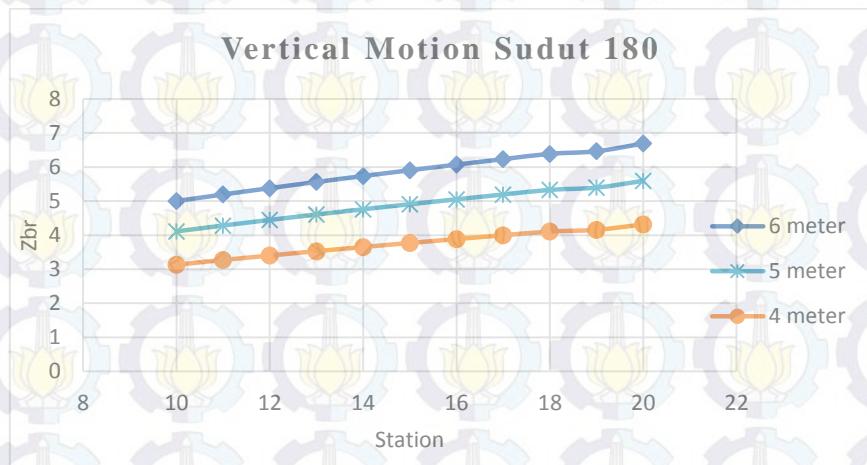




Gambar 4.20 Grafik vertical motion $\mu = 90^\circ$



Gambar 4. 21 Grafik vertical motion $\mu = 135^\circ$



Gambar 4. 22 Grafik vertical motion $\mu = 180^\circ$

Dari Gambar 4.20, Gambar 4.21, Gambar 4.22 merepresentasikan perbedaan vertical *motion* pada variasi sudut hadap dan tinggi gelombang yang diterima kapal. Dari gambar diatas bahwa gerakan vertical haluan paling besar dibagian ujung haluan kapal (St 20) dengan sudut hadap 180° dengan tinggi gelombang 6 meter mencapai 6.69 m. Gerakan vertical *motion* di St 20 pada sudut 180° mencapai kisaran 4.43m – 6.69 m. untuk sudut 135° antara 4.08m – 4.84 m sedangkan paling kecil pada sudut 90° hanya sekiran 1.86m – 2.26m. Pada sudut hadap 180° pada tinggi gelombang 4 meter gerakan relatif vertikal haluan mencapai 4.31 m. atau dengan kata lain gerakan relatif vertikal haluan sudah melampaui sarat air bagian haluan ($T = 3.7\text{m}$). Sehingga kapal sudah terjadi *slamming*.

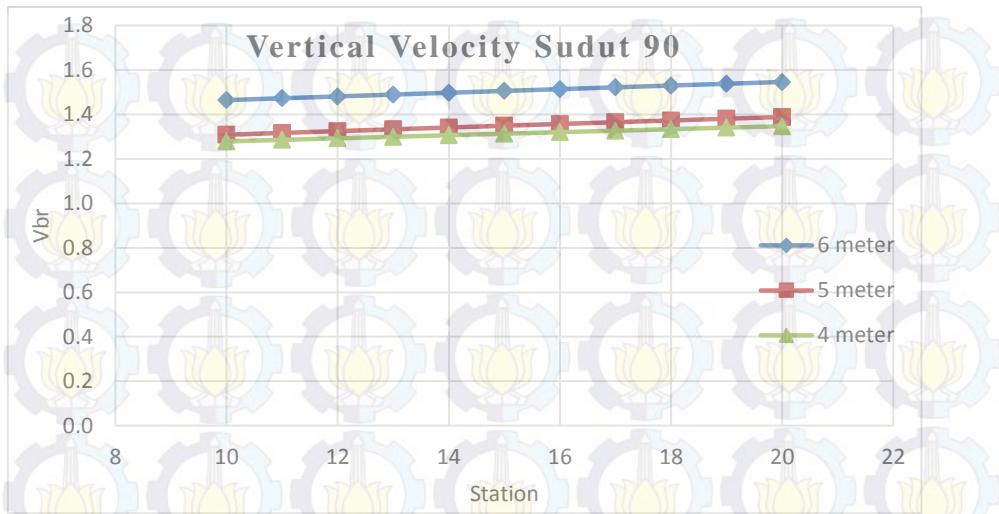
4.5 Perbandingan Vertical Velocity

Vertical velocity merupakan gerakan couple gabungan antara gerakan *heave* dan gerakan *Pitch*. Untuk mendapatkan nilai *vertical motion* dilakukan dengan cara mencari luasan *spectrum relative velocity* dari *midship* sampai St 20 sehingga didapatkan sesuai tabel berikut:

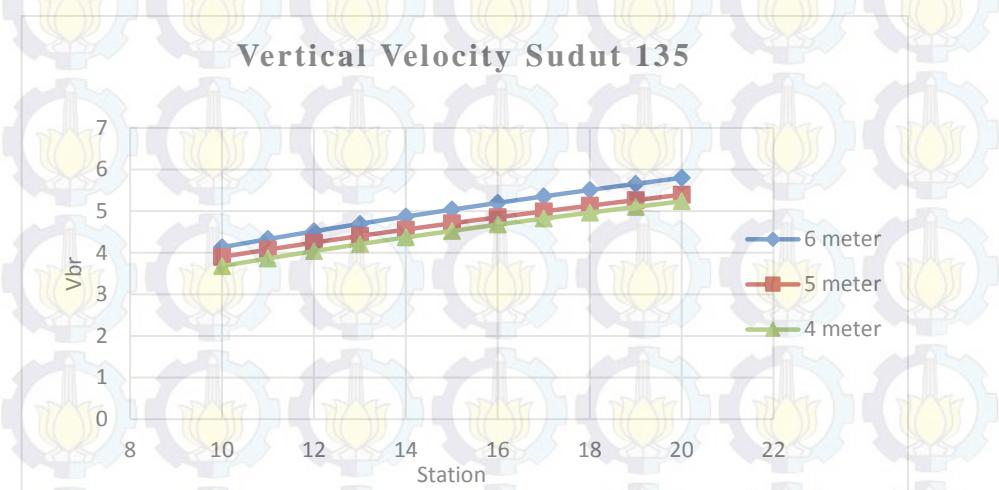
Table 13 Perbandingan *vertical velocity* tiap station

ST	$\mu = 90$			$\mu = 135$			$\mu = 180$		
	$H(w) = 6\text{ m}$	$H(w) = 5\text{ m}$	$H(w) = 4\text{ m}$	$H(w) = 6\text{ m}$	$H(w) = 5\text{ m}$	$H(w) = 4\text{ m}$	$H(w) = 6\text{ m}$	$H(w) = 5\text{ m}$	$H(w) = 4\text{ m}$
10	1.46	1.31	1.28	4.13	3.90	3.68	6.56	5.88	5.05
11	1.47	1.32	1.29	4.32	4.07	3.86	6.80	6.09	5.21
12	1.48	1.33	1.29	4.51	4.24	4.04	7.03	6.30	5.38
13	1.49	1.33	1.30	4.69	4.40	4.20	7.25	6.49	5.54
14	1.50	1.34	1.31	4.86	4.55	4.37	7.47	6.69	5.69
15	1.51	1.35	1.31	5.03	4.70	4.52	7.68	6.87	5.84
16	1.51	1.36	1.32	5.19	4.85	4.67	7.88	7.05	5.99
17	1.52	1.37	1.33	5.35	4.99	4.82	8.08	7.23	6.13
18	1.53	1.37	1.33	5.50	5.13	4.96	8.28	7.40	6.27
19	1.54	1.38	1.34	5.65	5.26	5.10	8.37	7.49	6.34
20	1.55	1.39	1.35	5.80	5.39	5.23	8.66	7.74	6.54

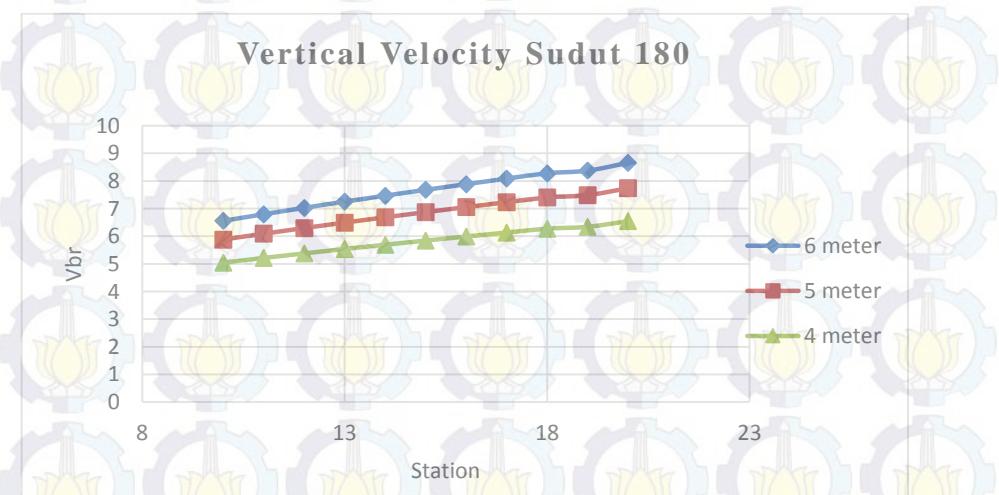
Komponen *vertical velocity* dari setiap variasi sudut hadap dan tinggi gelombang pada Tabel 13 dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.23, Gambar 4.24 dan Gambar 4.25 berikut ini.



Gambar 4.23 Grafik vertical velocity $\mu = 90^\circ$



Gambar 4.24 Grafik vertical velocity $\mu = 135^\circ$



Gambar 4.25 Grafik vertical velocity $\mu = 180^\circ$

Dari Gambar 4.23, Gambar 4.24, Gambar 4.25 merepresentasikan perbedaan *vertical velocity* pada variasi sudut hadap dan tinggi gelombang yang diterima kapal. Dari gambar diatas bahwa kecepatan *vertical bow velocity* paling besar dibagian ujung haluan kapal (St 20) dengan sudut hadap 180° dengan tinggi gelombang 6 meter mencapai 8.65 m/s. *Vertical velocity* di St 20 pada sudut 180° mencapai kisaran 5.04m/s – 8.65m/s. untuk sudut 135° antara 3.6m/s – 5.7 m/s sedangkan paling kecil pada sudut 90° hanya sekiran 1.3m/s – 2.2m/s. Pada sudut hadap 180° pada tinggi gelombang 4 meter kecepatan relatif vertikal haluan mencapai 6.54 m/s. atau dengan kata lain kecepatan relatif vertikal haluan lebih besar dari pada *threshold velocity*($v = 2.99$ m/s). Sehingga kapal sudah dipastikan terjadi *slamming*.

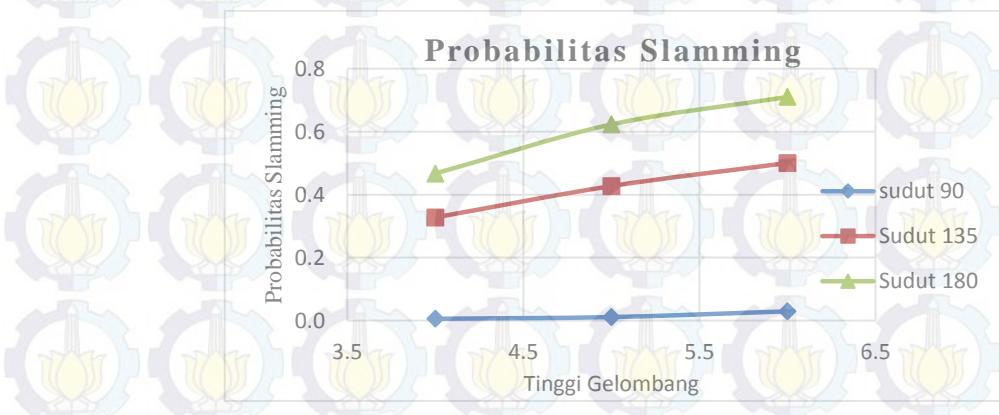
4.6 Perbandingan Probabilitas *slamming*

Untuk mendapatkan nilai probabilitas terjadinya *slamming* dengan persamaan 2.24. Untuk memenuhi persamaan tersebut sehingga dilakukan perhitungan luasan dibawah grafik luasan *spectrum density* RBM (Lihat Gambar 4.16, Gambar 4.17, Gambar 4.18) untuk mendapatkan nilai Mos dan luasan grafik *spectra velocity* (Lihat Gambar 4.20, Gambar 4.21, Gambar 4.22) untuk mendapatkan nilai M_{2s} . Sehingga dari perhitungan tersebut didapatkan nilai probabilitas terjadinya *slamming* dari beberapa variasi tinggi gelombang yaitu 4 meter, 5 meter, 6 meter dan variasi sudut hadap yaitu 90° , 135° , 180° seperti pada tabel 14 :

Tabel 14 Probabilitas terjadi *slamming*

Hs (m)	m _{os}			m _{2s}			Pr		
	90°	135°	180°	90°	135°	180°	90°	135°	180°
4	2.67	8.12	11.03	1.66	14.10	25.76	0.01	0.33	0.47
5	3.13	10.98	18.60	1.86	17.21	35.88	0.01	0.43	0.62
6	4.30	13.89	26.71	2.22	19.83	44.87	0.03	0.50	0.71

Tabel 14 dapat disajikan dalam bentuk grafik Gambar 4.26 sebagai berikut:



Gambar 4. 26 Grafik probabilitas *slamming*

Gambar 4.26 mempresentasikan perbedaan peluang terjadinya *slamming*. Terhadap variasi perbedaan sudut hadap datangnya gelombang dan variasi tinggi gelombang. Probabilitas *slamming* paling besar terjadi pada sudut 180° dengan panjang gelombang 6 meter dengan nilai probabilitas sebesar 0.71. Untuk tinggi gelombang 4-6 meter pada sudut 180° probabilitas terjadinya *slamming* memiliki kisaran 0.467 – 0.71. Pada sudut hadap 135° memiliki kisaran probabilitas *slamming* sebesar 0.328 - 0.501 serta pada sudut hadap 90° memiliki probabilitas sebesar 0.006 - 0.030 Variasi sudut hadap dan tinggi gelombang berpengaruh cukup significant terhadap peluang terjadinya *slamming*.

4.7 Perbandingan Intensitas *slamming*

Selain probabilitas *slamming* juga didapatkan nilai intensitas terjadinya *slamming*. Untuk mendapatkan jumlah kejadian *slamming* menggunakan persamaan 2.25. sehingga didapatkan jumlah kejadian *slamming* dalam per detik, per jam dan per hari seperti tabel 15.

Table 15 Intenistas *slamming*

Hs (m)	Ns(perdetik)			Ns(perjam)			Ns(perhari)		
	90°	135°	180°	90°	135°	180°	90°	135°	180°
4	0.001	0.07	0.11	2.71	247.64	409.29	64.97	5943.41	9823.01
5	0.001	0.09	0.14	5.05	306.67	496.08	121.14	7359.98	11905.80
6	0.003	0.10	0.15	12.19	342.82	527.62	292.50	8227.71	12662.80

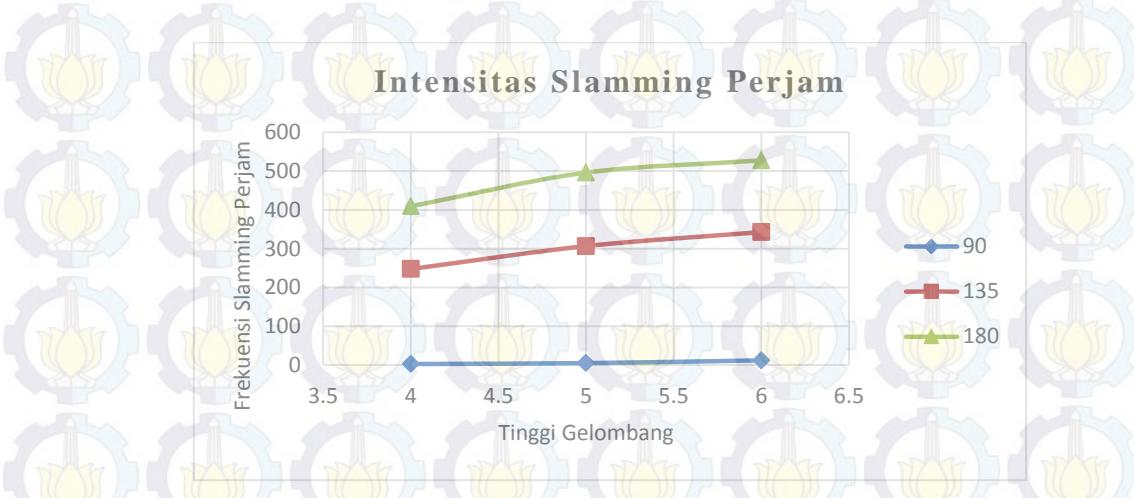
Dari hasil analisa perhitungan *slamming* yang telah ditampilkan pada Tabel 15, Jumlah frekuensi kejadian *slamming* setiap detik, setiap jam, dan setiap hari kecepatan dapat disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.27 – 4.30 berikut ini.



Gambar 4.27 Grafik Intensitas *slamming* per detik

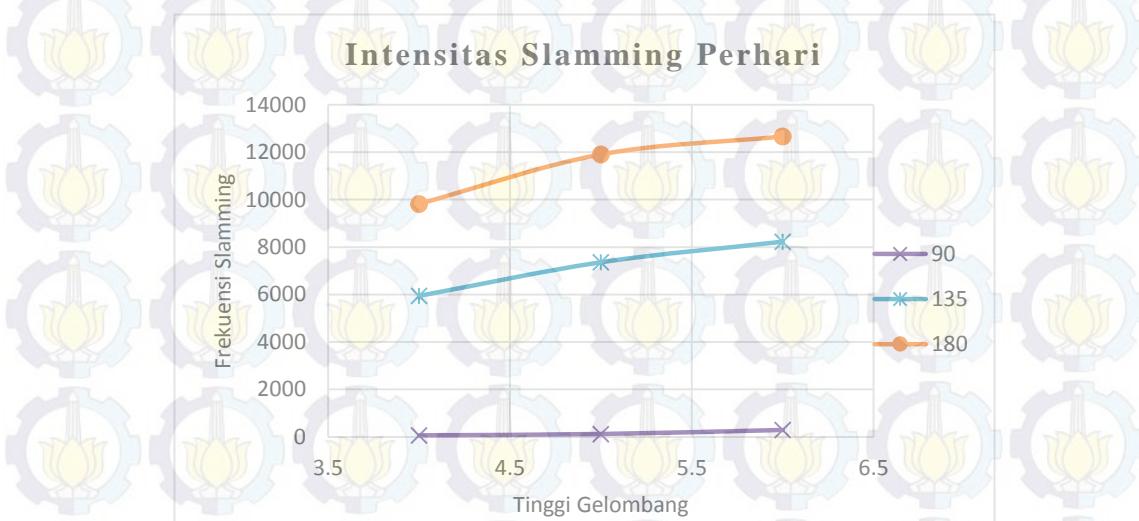
Dari Gambar 4.27 menunjukkan bahwa jumlah kejadian *slamming* paling besar terjadi pada gelombang dengan sudut hadap 180° dengan tinggi gelombang 6 meter dengan nilai kejadian

slamming per detik mencapai 0,147 kali kejadian. Untuk sudut hadap 135° jumlah kejadian *slamming* antara 0,069 – 0,09 sedangkan untuk sudut hadap 90° hanya terjadi 0,001 – 0,003 kali terjadi *slamming*.



Gambar 4. 28 Grafik intensitas *slamming* per jam

Dari Gambar 4.28 menunjukan bahwa jumlah kejadian *slamming* paling besar terjadi pada gelombang dengan sudut hadap 180° dengan tinggi gelombang 6 meter dengan nilai kejadian *slamming* per jam mencapai 528 kali kejadian. Untuk sudut hadap 135° dengan tinggi gelombang 6 meter mencapai 342 kali kejadian per jam sedangkan untuk sudut hadap 90° hanya terjadi 12 kali terjadi *slamming*.



Gambar 4. 29 Grafik intensitas *slamming* per hari

Dari Gambar 4.29 menunjukan bahwa jumlah kejadian *slamming* paling perhari terjadi pada gelombang dengan sudut hadap 180° dengan kejadian mencapai 10000 – 12666 kali kejadian . Pada sudut hadap 135° dengan mencapai 5943 - 8927 kali kejadian per hari sedangkan untuk sudut hadap 90° hanya terjadi 64 – 292 kali terjadi *slamming*.

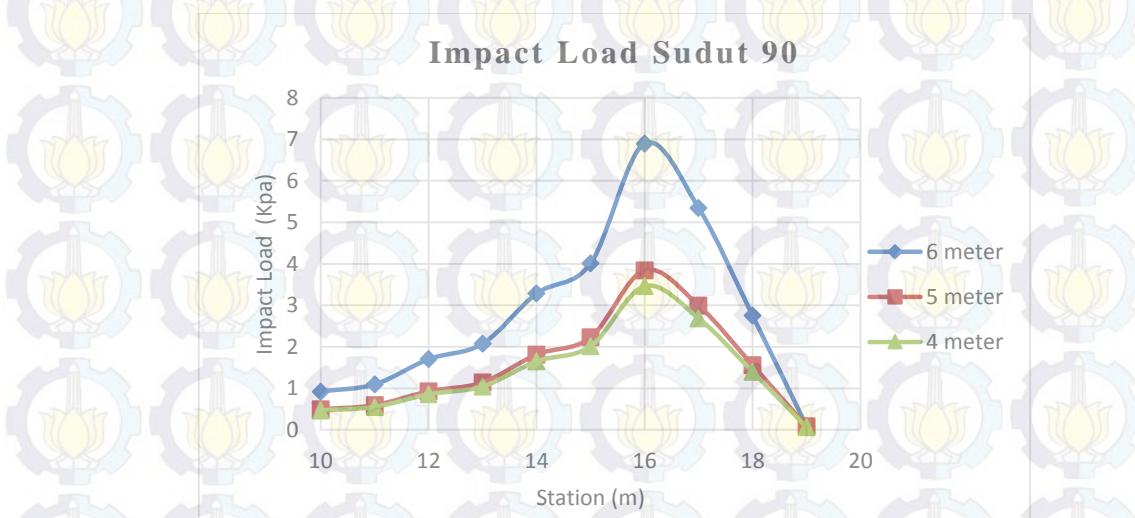
4.8 Perbandingan Beban *slamming*

Besarnya beban *slamming* yang dialami oleh kapal didapatkan berdasarkan persamaan 2.28, Sehingga didapatkan hasil perbandingan besarnya beban *slamming* untuk beberapa variasi sudut hadap datangnya gelombang dan variasi tinggi gelombang sehingga didapatkan hasil pada table 16 dibawah ini.

Table 16. Perbandingan beban *slamming*

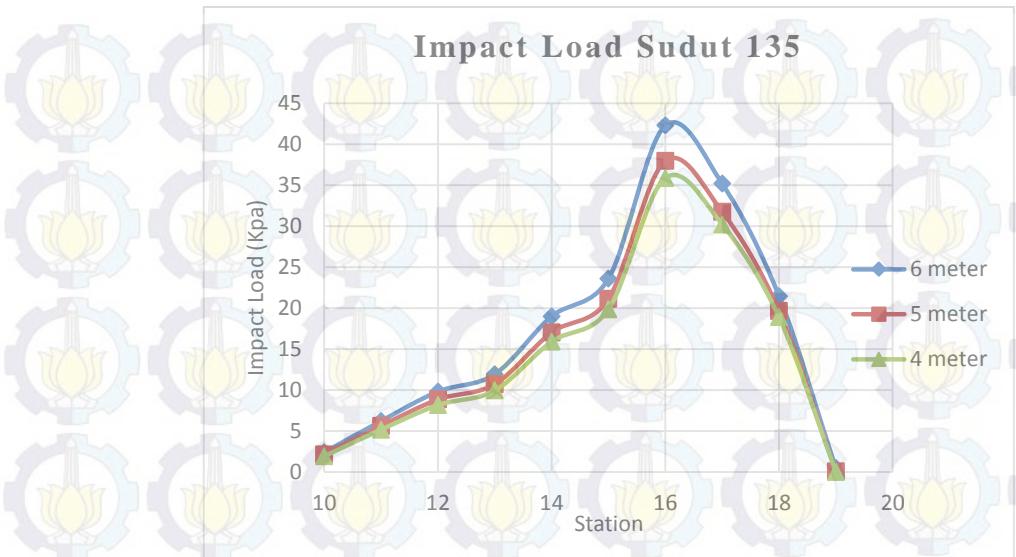
Station	$\mu = 90$			$\mu = 135$			$\mu = 180$		
	H_s (m)	$H(w) = 4$ m	$H(w) = 5$ m	$H(w) = 6$ m	$H(w) = 4$ m	$H(w) = 5$ m	$H(w) = 6$ m	$H(w) = 4$ m	$H(w) = 5$ m
FP	0.07	0.09	0.09	0.00	0.07	0.44	0.00	0.03	0.16
18	1.40	1.56	2.75	18.88	19.64	21.45	31.56	38.39	44.32
17	2.69	3.00	5.35	30.19	31.74	35.17	50.41	63.71	75.41
16	3.46	3.84	6.90	35.86	37.95	42.28	60.32	77.45	92.62
15	2.02	2.23	4.01	19.84	21.13	23.58	33.76	43.71	52.57
14	1.65	1.82	3.29	15.89	17.02	18.99	27.45	35.64	42.97
13	1.04	1.14	2.08	9.94	10.71	11.92	17.47	22.68	27.37
12	0.86	0.93	1.70	8.15	8.84	9.80	14.64	18.95	22.85
11	0.55	0.59	1.10	5.15	5.62	6.20	9.48	12.20	14.68
10	0.47	0.50	0.92	1.91	2.13	2.38	1.86	2.39	2.86

Dari hasil Tabel 16 dapat ditampilkan dalam bentuk grafik *impact load* seperti pada gambar berikut:



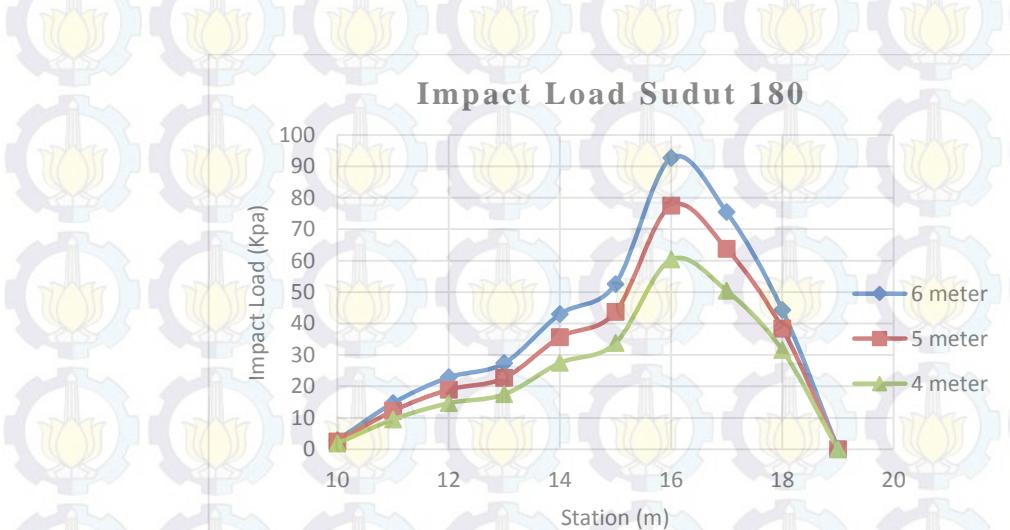
Gambar 4.30 Grafik *impact load* sudut 90°

Dari gambar 4.30 untuk sudut hadap 90° beban *slamming* terbesar terdapat pada station 16 atau kisaran $0,15L$ dari FP. Beban terbesar terjadi pada tinggi gelombang 6 meter dengan besar beban *slamming* sebesar 6.9 kPa.



Gambar 4.31 Impact load sudut 135°

Gambar 4.31 menunjukkan bahwa beban *slamming* yang terjadi pada sudut 135° terbesar pada tinggi gelombang 6 meter sebesar 43,99 kPa. Beban terbesar terletak di 0.15L dari FP.



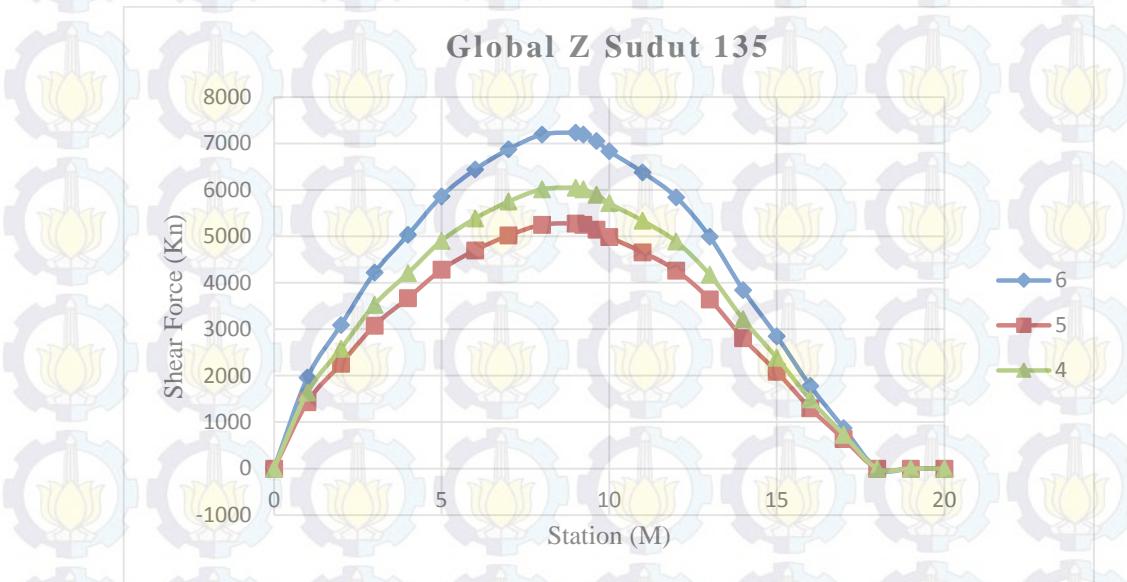
Gambar 4.32 Impact Load sudut 180°

Dari gambar 4.32 menunjukkan beban *slamming* terbesar terjadi pada sudut hadap 180° dengan tinggi gelombang 6 meter sebesar 92,619 kPa. Sehingga berdasarkan gambar 4.36-4.39 diatas disimpulkan bahwa beban terbesar akibat *slamming* terjadi pada sudut hadap 180° dengan tinggi gelombang 6 meter. Sehingga dianjurkan apabila kapal berlayar menghindari kejadian tersebut.

4.9 Shear Force dan Bending Moment

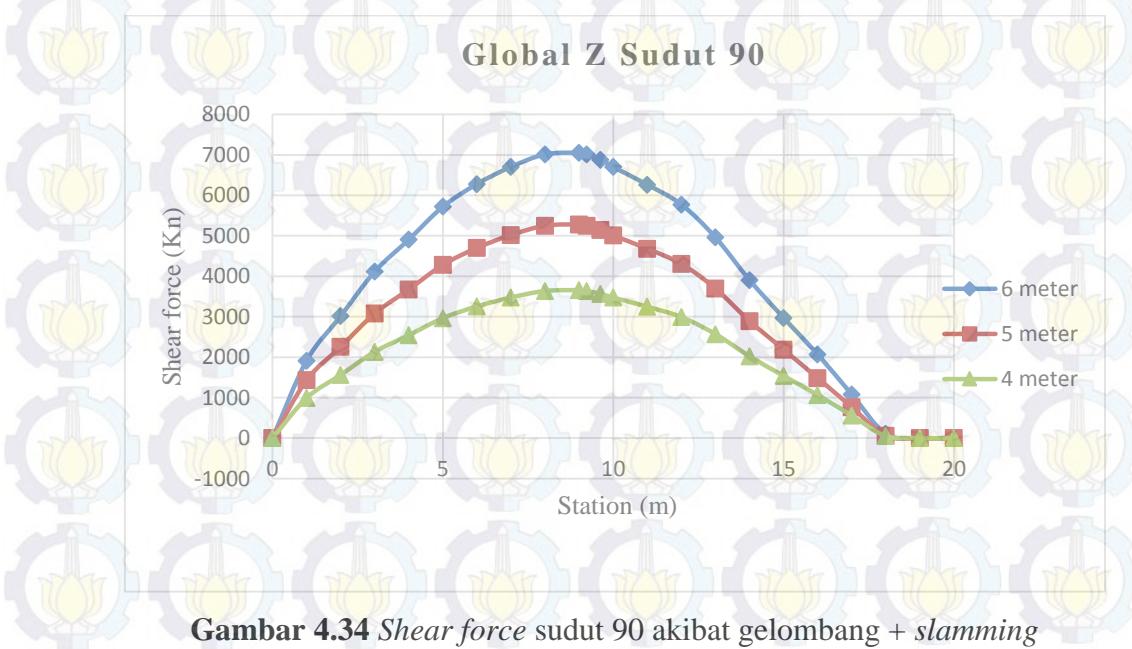
Selain dapat mengetahui berapa besar RAO pada kapal. Ansys Aqwa juga dapat diketahui berapa distribusi *bending moment* dan juga distribusi *shear force* pada kapal di tiap-tiap station

akibat beban gelombang. Jadi langkah selanjutnya yang akan dilakukan adalah menghitung besar *bending moment* dan juga besar *shear force* pada kapal di tiap-tiap station. yang mana nantinya hasil *shear force* dan *bending moment* akibat beban gelombang ditambah dengan *shear force* dan *bending moment* akibat beban *slamming* sehingga didapatkan hasil seperti grafik seperti pada Gambar 4.36, Gambar 4.35 dan Gambar 4.36 sebagai berikut :

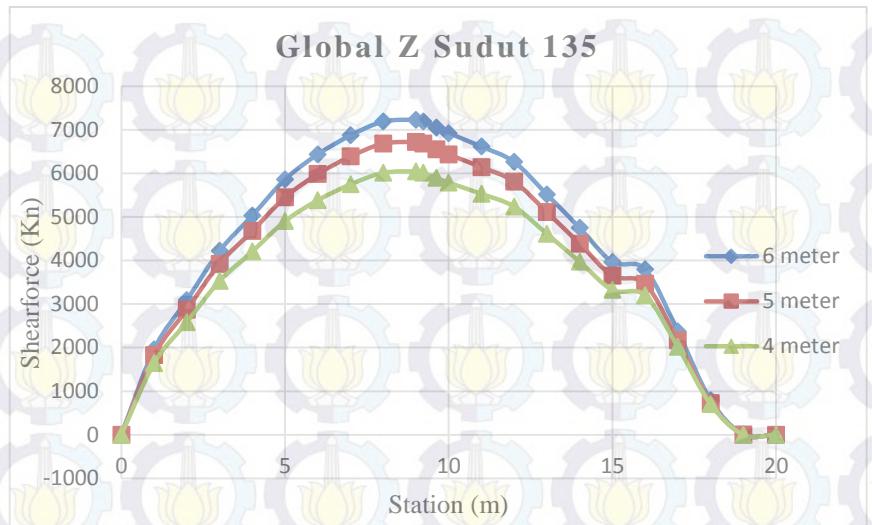


Gambar 4.33 *Shear force* akibat gelombang

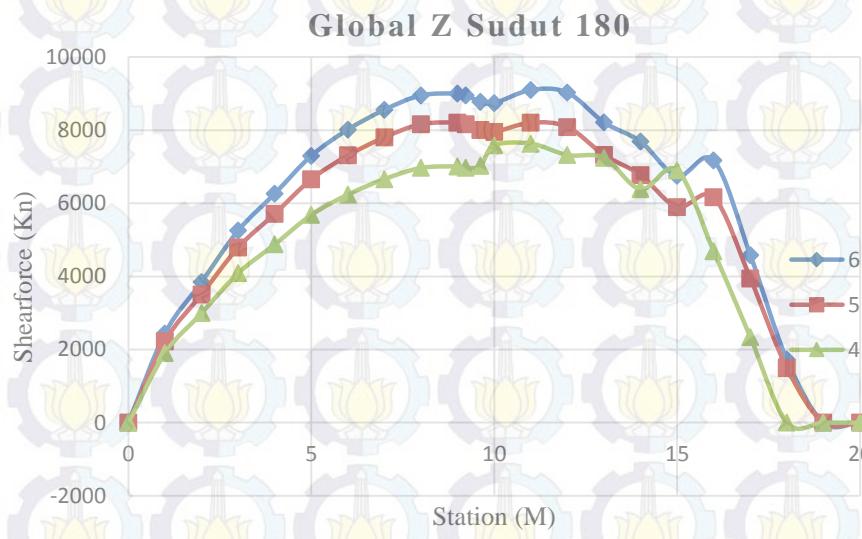
Gambar 4.33 merupakan gambar shearforce akibat beban gelombang pada kondisi ekstrim yaitu kondisi *hogging* dan *sagging* (Arianto, 2016). Selanjutnya didapatkan grafik *shearforce bending moment* akibat beban gelombang dan beban *slamming* ditunjukan pada Gambar 4.34, Gambar 4.35 dan Gambar 4.36 sebagai berikut:



Gambar 4.34 *Shear force* sudut 90 akibat gelombang + *slamming*

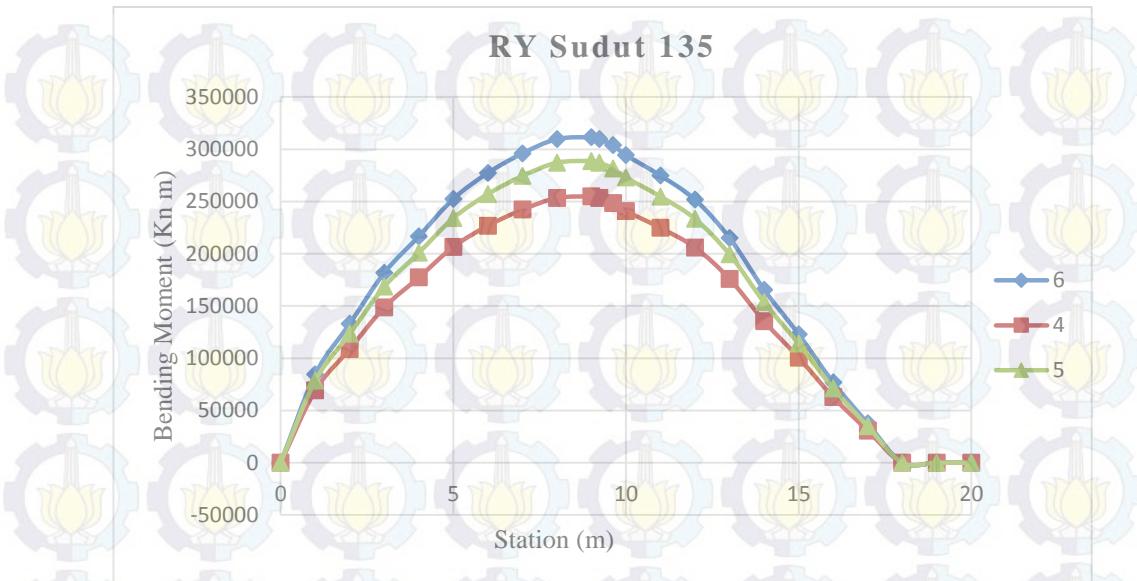


Gambar 4. 35 Shear force sudut 135 akibat gelombang + *slamming*



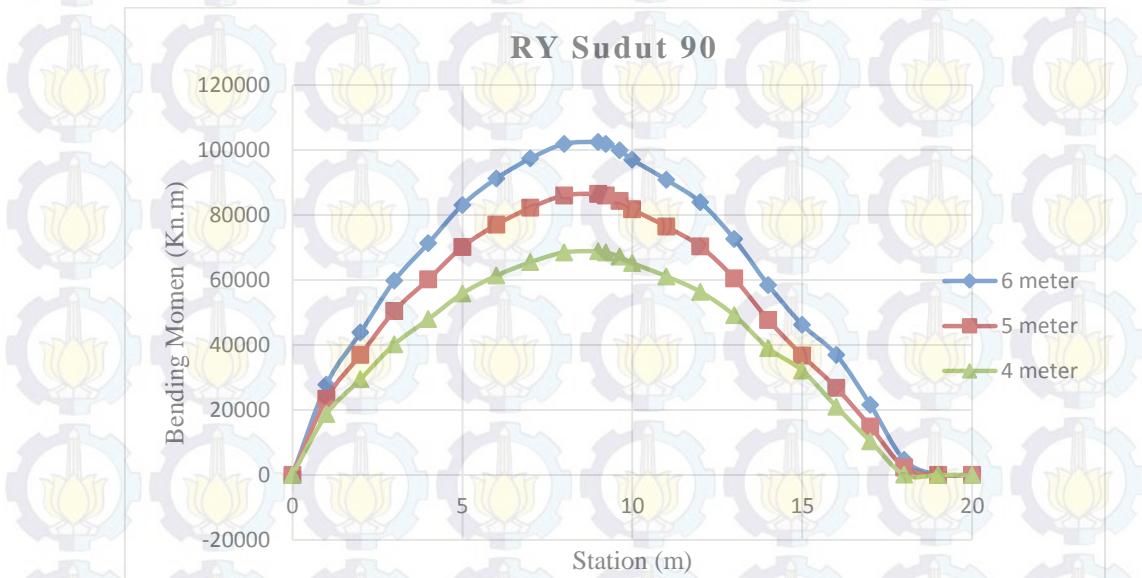
Gambar 4. 36 Shear force sudut 180 akibat gelombang + *slamming*

Dari perhitungan distribusi *bending moment* dan distribusi *shear force* yang telah dilakukan pada kapal di tiap station. Dapat dilihat bahwa pada Gambar 4.34, Gambar 4.35, Gambar 4.36 distribusi *shear force*. Nilai *shear force* terbesar akibat beban *slamming* adalah pada bagian 0.84 Lwl (St 16) atau 0.15 dari FP . Dimana *shear force* terbesar akibat *slamming* pada sudut 180 derajat pada tinggi gelombang 6 meter sebesar 7172 Kn. Dan terkecil pada sudut *heading* 90 derajat. Selain *Shear force* juga didapatkan nilai *bending moment* global Y diilustrasikan pada gambar 4.37 berikut:

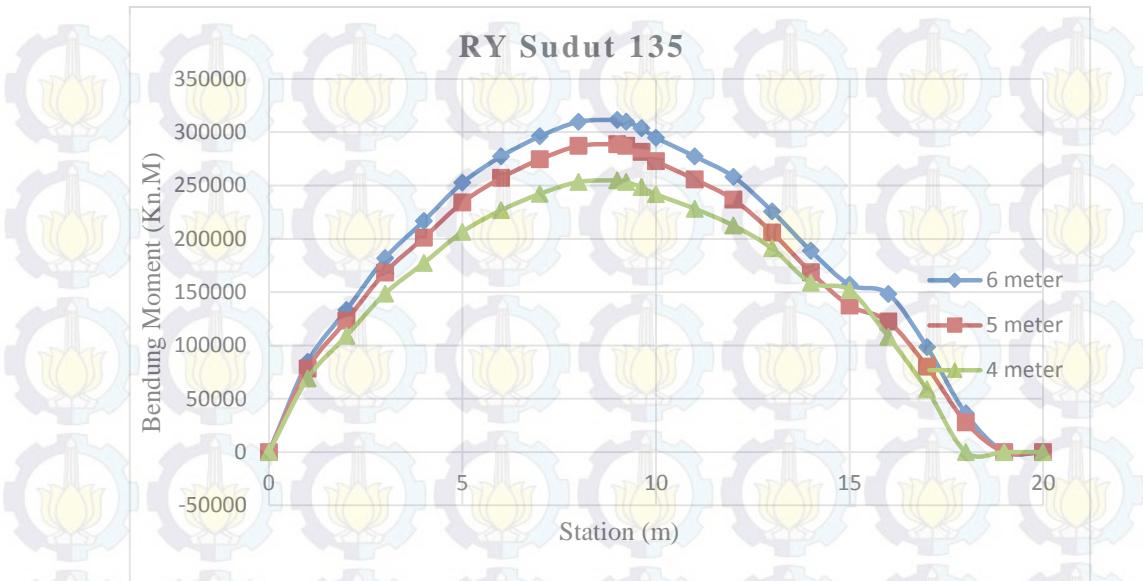


Gambar 4. 37 Bending moment sudut 135 akibat beban gelombang

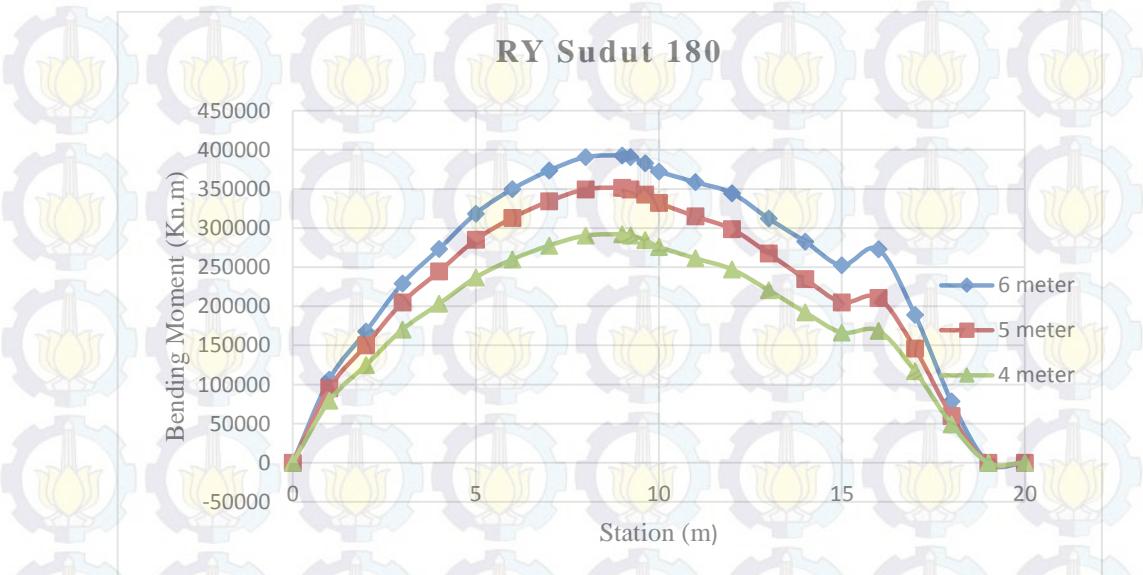
Gambar 4.37 merupakan gambar *bending moment* akibat beban gelombang pada kondisi ekstrim yaitu kondisi *hogging* dan *sagging*. Selanjutnya didapatkan grafik *bending moment* akibat beban gelombang dan beban *slamming* ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4. 38 Bending moment sudut 90 akibat gelombang + slamming



Gambar 4.39 Bending moment sudut 135 akibat gelombang + *slamming*



Gambar 4.40 Bending moment sudut 180 akibat gelombang + *slamming*

Dari gambar 4.38, Gambar 4.39, Gambar 4.40 didapatkan bahwa beban *bending moment* terbesar akibat beban *slamming* adalah pada bagian 0.84 Lwl (St 16) atau 0.15 dari FP . Dimana *bending moment* terbesar pada sudut 180 derajat pada tinggi gelombang 6 meter sebesar 272844 Kn.m dan *bending moment* terkecil pada sudut *heading* 90 derajat.

4.10 Hasil Simulasi diposeidon

Pada tahapan ini dapat diketahui kekuatan dari struktur kapal *Corvette* apakah memenuhi dari standart rule yang dijinkan oleh class. setelah di running seperti gambar di bawah dan juga modulus dari dek dan juga bottom. Dari hasil sesuai gambar maka semua longitudinal plate

telah memenuhi kekuatan seperti yang diatur dalam *GL rule*. Tanda pada *assessment* mempunyai makna yang berbeda seperti berikut

- ++ (biru) bermakna *oversized* lebih dari 3%
- (merah) bermakna bahwa *undersized* +3%
- (hijau) bermakna bahwa *undersized* -3% tetapi masih diijinkan
- + (hijau) bermakna *oversized* -3% tetapi masih diijinkan

Berikut hasil running pada tinggi gelombang 6 meter pada sudut 180 derajat.

Table 17 Hasil analisis pelat di fr 142

5.1.1 Long. Plates (Frame No: 142 F/A: F)															
Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria				Shogg	Tau	t as built	Assess	Error			
				LoLC Z	I	DCat	stat	dyn	p2						
DK1	DK1	250	500	WD				90	5	8.0	++	0			
DC=80		8750	1800	40	9	22	0	-147	350	6.5	Show	0			
DK1	DK1	3750	500	WD				90	36	8.0	++	0			
DC=80		8750	1800	40	9	22	0	-147	350	7.5	Show	0			
DK1	DK1	5323	647	WD				90	36	12.0	++	0			
DC=80		8750	1800	40	9	22	0	-147	350	9.0	Show	0			
DK2	DK2	250	500					27	1	6.0	++	0			
DC=80		6000	1800	36	0	0	0	-44	350	4.0	Show	0			
DK2	DK2	3963	926					27	11	6.0	++	0			
DC=80		6000	1800	36	0	0	0	-44	350	4.5	Show	2			
DK3	DK2	250	500					-36	2	6.0	++	0			
DC=80		3250	1800	36	0	0	0	60	350	4.0	Show	2			
SHELL	Keel	104	208	S				-111	1	12.0	++	0			
DC=80		0	600	45	36	64	0	182	350	10.6	Show	6			
SHELL	Bottom1	373	500	S				-107	7	13.0	++	0			
DC=80		188	600	50	36	64	0	175	350	8.6	Show	4			
SHELL	Bottom2	1754	500	S				-69	54	10.0	++	0			
DC=80		1838	1800	40	18	66	0	113	350	8.6	Show	0			
SHELL	Side1	3117	458	S				-23	72	10.0	++	0			
DC=80		3829	1800	36	0	62	0	38	350	8.6	Show	0			
SHELL	Side2	4542	458	S				31	64	10.0	++	0			
DC=80		6198	1800	40	0	51	0	-51	350	8.6	Show	0			
CG	CenterGird	0	T 600	LG				-104	4	12.0	++	0			
XT DC=80		300	900	40	0	0	0	171	350	6.9	Calc	1			
CGDK2	CenterGird	0	174	LG				25	0	8.0	++	0			
DC=80		5913	7200	36	0	0	0	-41	350	6.9	Calc	1			
CGDK3	CenterGird	0	450	LG				-42	1	8.0	++	0			
DC=80		3025	7200	36	0	0	0	68	350	6.9	Calc	1			
SG1(20	sidegirder2	2000	450					85	2	8.0	++	0			

Dari Tabel 17 ditunjukkan bahwa tebal pelat yang digunakan dalam analisa perhitungan sudah memenuhi dari aturan *class*. Hal itu dibuktikan dengan adanya *assessment* pada material yang

berwarna biru (++) yang merupakan tebal pelat lebih 3% diatas dari standart minimum yang diijinkan *class*.

Table 18 Hasil analisis profil yang dipakai fr 142.

5.1.2 Long. Stiffeners (Frame No: 142 F/A: F)														
Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria			Shogg	Tau	as built scantlings				Asse ssment	Error Note
				DCa	stat	dyn			Ssagg	Reh	t req	W req.		
				t	[kN/m ²]				[N/mm ²]		[mm]	[cm ³]	[cm ³]	[cm4]
DK1	Stif10	-4500	500	WD	90	31	HP 160* 8.0		++	0				
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-147	350	0.0	8	0	369	Show 0
DK1	Stif11	5000	573	WD	90	31	HP 200* 9.0		++	0				
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-147	350	0.0	8	0	546	Show 0
DK1	Stif8	-3500	500	WD	90	35	HP 200* 9.0		++	0				
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-147	350	0.0	8	0	347	Show 0
DK1	Stif7	-3000	500	WD	90	31	HP 200* 9.0		++	0				
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-147	350	0.0	8	0	347	Show 0
DK1	Stif6	-2500	500	WD	90	26	HP 200* 9.0		++	0				
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-147	350	0.0	8	0	347	Show 0
DK1	Stif2	-1500	500	WD	90	17	HP 140* 8.0		++	0				
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-147	350	0.0	8	0	244	Show 0
DK2	Stif2	500	500		27	2	HP 140* 8.0		++	0				
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-44	350	0.0	0	0	48	Show 0
DK2	Stif6	2500	500		27	8	HP 140* 8.0		++	0				
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-44	350	0.0	0	0	48	Show 0
DK2	Stif7	3000	500		27	9	HP 140* 8.0		++	0				
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-44	350	0.0	0	0	48	Show 0
DK2	Stif8	3500	713		27	9	HP 140* 8.0		++	0				
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-44	350	0.0	0	0	72	Show 0
DK2	Stif2	1000	500		27	3	HP 140* 8.0		++	0				
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-44	350	0.0	0	0	48	Show 0
DK2	Stif2	1500	500		27	5	HP 140* 8.0		++	0				
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-44	350	0.0	0	0	48	Show 0
DK3	2	1500	500		-36	7	HP 140* 8.0		++	0				
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	60	350	0.0	0	0	40	Show 0
DK3	1	2000	624		-36	7	HP 140* 8.0		++	0				
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	60	350	0.0	0	0	51	Show 0
DK3	2	1000	500		-36	5	HP 140* 8.0		++	0				
	Record	1												

Dari Tabel 18 dijelaskan bahwa *profile* material yang digunakan pada analisa sudah memenuhi standar minimum dari *Class*.

Table 19 Hasil running *trans girder* fr 142

5.1.4 Trans. Girders (Frame No: 142 F/A: F)														
Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria			Shogg	Tau	as built scantlings				Asse ssment	Error Note
				DCa	stat	dyn			Ssagg	Reh	t req	W req.		
				t	[kN/m ²]				[N/mm ²]		[mm]	[cm ³]	[cm ³]	[cm4]
IB2	1	0	T 600		0	0	0	0	XT 241*15.0*500*15.0		++ (*)	0		
Ik=0;150 DC=		900	1991	36	0	0	0	0	235	0.0	0	0	883	Show 0
SHELL	wo	3600	1800	S					0	0	XT 280*12.0*100*12.0		++ (*)	0
DC=63		4617	3222	36	0	58	0	0	235	0.0	447	12	661	Show 2
SHELL	web	1912	1800	S					0	0	XT 391*10.0*100*10.0		++ (*)	0
DC=63		2044	2933	36	16	71	0	0	235	0.0	452	12	1593	Show 2
SHELL	web	3600	1800	S					0	0	XT 394*10.0*100*10.0		++ (*)	0
DC=63		4617	3222	36	0	58	0	0	235	0.0	447	12	836	Show 2
SHELL	web	5198	1800	S					0	0	XT 380*8.0*100*8.0		++ (*)	0
DC=63		7313	3046	36	0	47	0	0	235	0.0	321	9	1752	Show 2
DK1	web	1000	1800	WD					0	0	XT 341*10.0*100*10.0		++ (*)	0
Ik=325;0 DC=		8750	2000	36	0	16	0	0	235	0.0	48	1	871	Show 0
DK2	web	1000	1800						0	0	XT 340*10.0*100*10.0		++ (*)	0
Ik=325;0 DC=		6000	2000	36	0	0	0	0	235	0.0	0	0	241	Show 0
DK3	web	1374	1800						0	0	XT 340*10.0*100*10.0		++ (*)	0
Ik=0;325 DC=		3250	2747	36	0	0	0	0	235	0.0	0	0	469	Show 0

Dari tabel 19 didapatkan bahwa ukuran model *transgirder* pada fr 142 yang digunakan memenuhi standart minimum aturan *class* yang diijinkan.

Table 20 Hasil running *web stiffener* Fr 142.

5.2.2 Web Stiffener (Frame No: 142 F/A: F)														
Frame No.		142	F/A	F	X =	85.200	(1+av) =	1.688						
Func.Ele.	Item	LoLC Y	dyz	a	Design Criteria			as built scantlings				Asses	Show more Details	Error Note
	Attributes	LoLC Z	dx	I	stat	dyn	p2	Reh	treq	W req.	As req	I req		
		[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m ²]	[N/mm ²]		[mm]	[cm ³]	[cm ³]	[cm ⁴]			
	WP6	1	-500 1075	0 600	823 350	0 0	0 0	235	HP 200*10.0 0.0	0 0	0 0	0 0	++	0 0

Dari Tabel 20 ditunjukan bahwa *web striffener* yang digunakan dalam pemodelan ini memenuhi standart rule *class* yang diijinkan. Dari data hasil running diatas sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Modulus dan Momen Inersia

Table 21 Hasil modulus dan momen inersia fr 142

Hs (m)	Heading Angel	Modulus (m ³)		Moments of Inertia (m ⁴)	
		Existing	required	Existing	Required
4	$\mu = 90^\circ$	W deck	1,683	0,944	
		W bottom	1,362	0,944	6,510 4,727
	$\mu = 135^\circ$	W deck	1,683	0,944	
		W bottom	1,362	0,944	6,510 4,727
	$\mu = 180^\circ$	W deck	1,683	0,944	
		W bottom	1,362	0,944	6,510 4,727
5	$\mu = 90^\circ$	W deck	1,683	0,944	
		W bottom	1,362	0,944	6,510 4,727
	$\mu = 135^\circ$	W deck	1,683	0,944	
		W bottom	1,362	0,944	6,510 4,727
	$\mu = 180^\circ$	W deck	1,683	0,944	
		W bottom	1,362	0,944	6,510 4,727
6	$\mu = 90^\circ$	W deck	1,683	1,269	
		W bottom	1,362	1,269	6,510 4,727
	$\mu = 135^\circ$	W deck	1,683	1,269	
		W bottom	1,362	1,269	6,510 4,727
	$\mu = 180^\circ$	W deck	1,683	1,269	
		W bottom	1,362	1,269	6,510 4,727

Berdasarkan hasil analisa diatas, dapat disimpulkan bahwa modulus dan momen inersia pada pemodelan kapal lebih besar disbanding modulus minimum dari DNV-GL Rules. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa modulus pada kapal ini telah memenuhi sandart minimum yang disyaratkan oleh klasifikasi.

b. Weight of Section

Dari hasil analisa didapatkan bahwa berat kapal disekitar fr 142 yaitu

Weight of section: $G = 5.827 \text{t/m}$ (*longitudinal members*)

Weight of section: $G = 1.115 \text{t/m}$ (*transverse members*)

a. Tegangan

1. Perhitungan tegangan yang diijinkan :

$$\sigma_p = \frac{175}{K}$$

σ_p = Tegangan kapal yang diijinkan

Material yang digunakan yaitu AH36 dengan nilai $R_{eh} = 350 \text{ N/mm}^2$ sehingga didapatkan nilai K sebagai berikut :

$$k = \frac{295}{(R_{eh} + 60)}$$

$$= \frac{295}{(350 + 60)}$$

$$= 0.719$$

Jadi,

$$\sigma_p = \frac{175}{0.719}$$

$$= 243.4 \text{ N/mm}^2$$

2. Perhitungan tegangan pada kapal perang :

Table 22 hasil tegangan

Wave Height	Heading	Stress	
	angle	σ_{Bottom}	σ_{deck}
$H_s = 6 \text{ m}$	$\mu = 90$	28.89	22.41
	$\mu = 135$	116.00	89.97
	$\mu = 180$	213.32	165.45
$H_s = 5 \text{ m}$	$\mu = 90$	37.31	28.94
	$\mu = 135$	131.86	102.27
	$\mu = 180$	183.74	142.51
$H_s = 4 \text{ m}$	$\mu = 90$	23.65	30.49
	$\mu = 135$	96.33	124.20
	$\mu = 180$	116.62	150.35

Berdasarkan Tabel 22 perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan nilai tegangan yang maksimal terjadi pada kondisi *heading angle* 180° dengan tinggi gelombang 6 meter pada

kondisi *sagging + slamming* pada bagian battom mencapai $213,32 \text{ N/mm}^2$ dan tegangan di *deck* sebesar $165,45 \text{ N/mm}^2$.. Berdasarkan BKI *rules section 5* bahwa tegangan ijin sebesar $243,4 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tegangan pada kapal perang akibat beban *slamming* masih memenuhi standart minimum yang diijinkan *class*.

Berdasarkan hasil analisis komparatif yang dilakukan oleh *ABS class* pada paper “Slamming Impact Design Loads on Large High Speed Naval Craft” pada model kapal dengan *displacement* 2200 tons dengan kecepatan dinas 25 knots dengan *sea state* maksimal 5 dan pada kecepatan 10 knots dengan *sea state* maksimal sampai 8. Beban *slamming* yang dihasilkan pada kapal tersebut masih memenuhi standart yang diijinkan oleh *ABS class*. Dimana beban yang diijinkan *ABS rule* maksimal 300 kPa sedangkan beban yang terjadi pada kondisi operasional yaitu 220 kPa sedangkan pada kondisi *survival* mencapai 200 kPa. (Kim & Novak, 2008). Selain itu juga dilakukan perbandingan pada dengan paper yang berjudul “ Head Sea Slamming Pressure Prediction on a Frigate Ship Hull (A Numerical Study)” pada paper ini dilakukan analisa pada kapal *Frigate* dengan ukuran utama LPP = 120m, B = 15,89m, H= 9,365m dan T=4,83m dengan kecepatan dinas mencapai 25 knots dengan tinggi gelombang 5 meter. Analisa gelombang dilakukan dengan metode JONSWAP. Analisa beban *slamming* yang dilakukan dengan menggunakan 3 formulasi numerik yaitu *slamming ABS rule guide*, *Pressure Stavovy & Chuang* serta *full scale measurement data from Mariner Ship*. Pada analisa yang dilakukan beban *slamming* terbesar pada metode *Stavovy & Chuang* mencapai beban *slamming* sebesar 250 kPa, *ABS rule* mencapai 200 kPa dan untuk *full scale measurement* hanya 150 kPa. (Nugroho & Mujahid, 2012)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis dan pembahasan pada hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Sudut hadap datangnya gelombang dan tinggi gelombang berpengaruh terhadap peluang terjadinya *slamming*. Probabilitas *slamming* paling besar terjadi pada sudut 180° dengan panjang gelombang 6 meter dengan nilai probabilitas sebesar 0,710. Untuk tinggi gelombang 4-6 meter pada sudut 180° probabilitas terjadinya *slamming* memiliki kisaran 0,467 – 0,710. sedangkan pada sudut hadap 135° memiliki kisaran probabilitas *slamming* sebesar 0,328 – 0,501 serta pada sudut hadap 90° memiliki probabilitas sebesar 0,001 - 0,003
2. Jumlah kejadian *slamming* paling besar terjadi pada gelombang dengan sudut hadap 180° dengan tinggi gelombang 6 meter dengan nilai kejadian *slamming* per jam mencapai 528 kali kejadian. pada sudut hadap 135° dengan tinggi gelombang 6 meter mencapai 342 kali kejadian per jam sedangkan untuk sudut hadap 90° hanya terjadi 12 kali terjadi *slamming*.
3. beban *slamming* terbesar terjadi pada sudut hadap 180° dengan tinggi gelombang 6 meter sebesar 92,619 kPa di fr 142 (st 16) atau sekitar 0.15L dari FP. Pada sudut 135° terbesar pada tinggi gelombang 6 meter sebesar 43,99 kPa. Sedangkan pada sudut hadap 90° pada gelombang 6 meter hanya sebesar 6.9 kPa. Sehingga dianjurkan apabila kapal berlayar menghindari kejadian sudut hadap 180° pada tinggi gelombang 6 meter.
4. Hasil perhitungan tegangan yang didapatkan nilai tegangan yang maksimal terjadi pada kondisi *heading angle* 180° dengan tinggi gelombang 6 meter pada bagian battom mencapai $213,32 \text{ N/mm}^2$ dan tegangan dideck sebesar $165,45 \text{ N/mm}^2$. Berdasarkan BKI Rules section 5 bahwa tegangan ijin sebesar $243,4 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tegangan pada kapal perang akibat beban *slamming* masih memenuhi standart maksimum yang diijinkan class.

5.2 Saran

Pada Tugas Akhir ini saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya bisa dilakukan analisa *Fatigue life* yang diakibatkan oleh beban *slamming* pada beberapa kondisi pelayaran Indonesia.
2. Penelitian selanjutnya bisa ditambahkan variasi kecepatan kapal dan variasi bentuk badan kapal.
3. Analisa *local stress* akibat *slamming* yang terjadi bisa digunakan dengan *finite element method*.

DAFTAR PUSTAKA

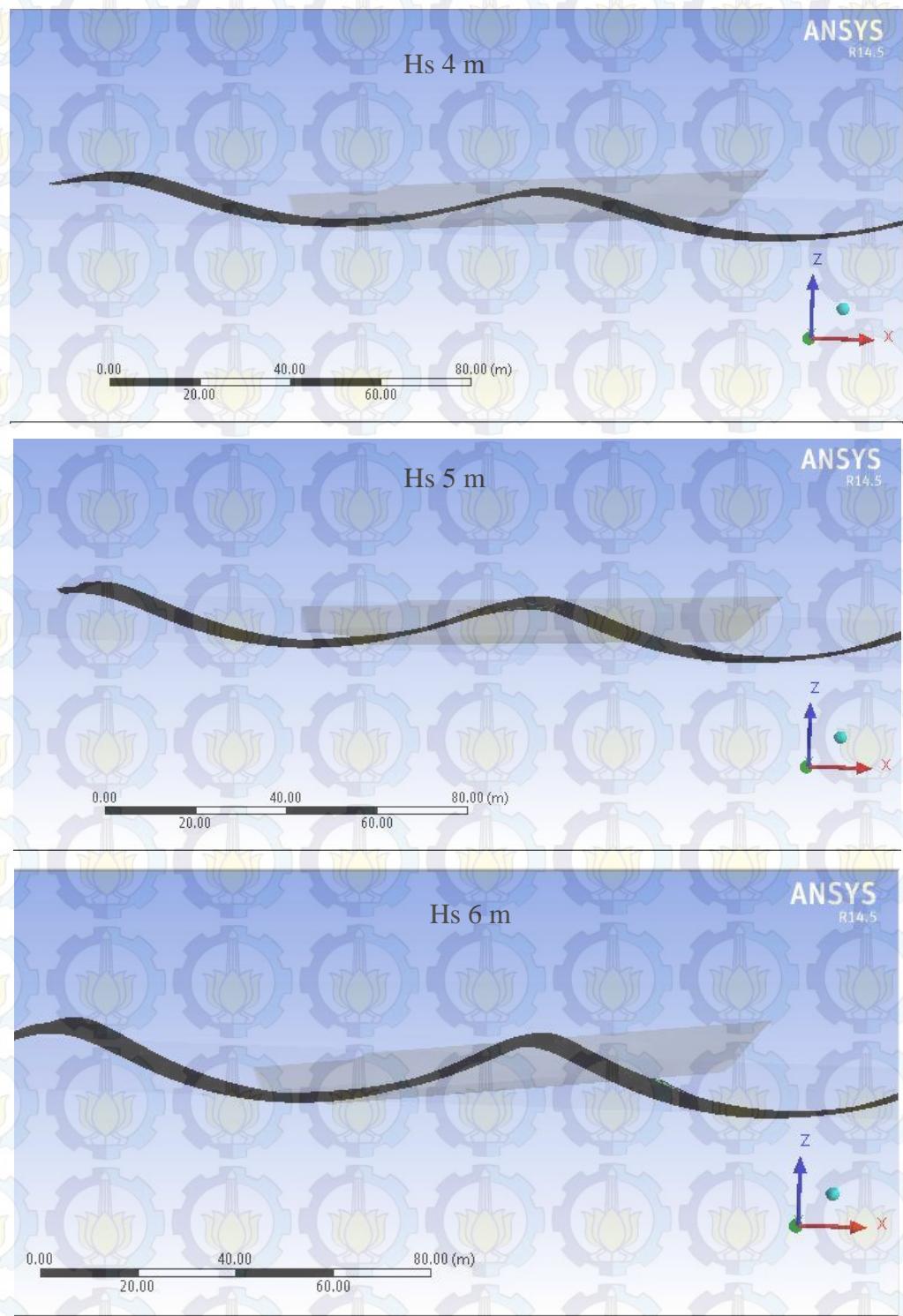
- Aqwa, A. (2012). *Ansys User Manual 14,5*. U.S.A: Ansys.
- Arianto, P. Y. (2016). *Analisa Tegangan Akibat Beban Gelombang Pada struktur Kapal Perang Tipe corvette*. Surabaya: Tugas Akhir S1 Teknik Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- ASTM A131 Steel. (2014).
- Bhattacharyya, R. (1978). *Dynamics of Marine Vihicles*. Annapolis, Maryland: U.S Naval Academy.
- BKI. (2009). *Rules For The Classification And Contruction of Seagoing Stell Ships* (Vol. II). Indonesia: BKI.
- Darmawan, I. (2012). *Analisa Slamming Offshore Patroal Boat*. Surabaya: S1 Tugas Akhir Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Djatmiko, E. B. (2012). *Perilaku Dan Operabilitas Bangunan Laut Di Atas Gelombang Acak*. Surabaya: ITS Press.
- Gere, J. M., & Timoshenko, S. P. (1997). *Mekanika Bahan Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Hakim, M. L. (2015). *Analisa Perbandingan Fatigue Antara Hull-V dan Hull-U Akibat Beban Slamming Dengan Metode Elemen Hingga*. Surabaya: S1 Tugas Akhir Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kim, S., & Novak, D. (2008). Slamming Impact Design Loads On Large High Speed Naval Craft. *ABS Technical Paper*.
- Lloyd, G. (n.d.). Rules For Classification And Contruction Ship Technology. *Germanischer Lloyd*.
- Lloyd, G. (2012). *Poseidon User Manual Guide*. DNV GL.
- McDermot, J. R. (2000). WAMIT-MOSES Hydrodynamic Analysis Comparasion Study. *Hull Department Engineering*.
- Naess, A. (1985). *On the distribution forest to trough wave heights* (Vol. III). Annapolis: Ocean Engineering.
- Nugroho, W. H., & Mujahid, A. S. (2012). Head Sea Slamming Pressure Prediction on a Frigate Ship Hull (A Numerical Study). *Paper on The Worlg Marine Technology Conference (WMTC)*.

Pratama, F. C. (2012). *Evaluasi Aspek Slamming Pada Perancangan Drillship Displasement 35000 Ton*. Surabaya: S1 Tugas Akhir Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Wibowo, C. F. (2013). *Analisa Tekanan Pada Bottom Plate Bagian Depan Kapal Trimaran Akibat Slamming*. Surabaya: S1 Tugas Akhir Teknik Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

LAMPIRAN A

➤ Lampiran 1 Simulasi Gerakan Kapal Akibat Gelombang



LAMPIRAN B

.1 Respon spectrum

➤ Hs 6 meter Sudut heading 90 derajat

ω_w	ω_w/ω_p	τ	$S_\zeta (Ww)$	V_w	ω_e	$S_\zeta (We)$	Heaving	Pitching
0.05	0.083	0.07	0.00000	196.200	0.050	0.00000	0.00000	0.00000
0.15	0.250	0.07	0.00000	65.400	0.150	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.417	0.07	0.00000	39.240	0.250	0.00000	0.00000	0.00000
0.35	0.584	0.07	0.46915	28.029	0.350	0.46915	0.46412	0.06137
0.45	0.751	0.07	5.13832	21.800	0.450	5.13832	4.34219	0.72236
0.55	0.918	0.07	6.02563	17.836	0.550	6.02563	4.25352	0.80342
0.65	1.085	0.09	4.14074	15.092	0.650	4.14074	2.68928	0.51223
0.75	1.252	0.09	2.50000	13.080	0.750	2.50000	1.64425	0.28933
0.85	1.419	0.09	1.48886	11.541	0.850	1.48886	1.00897	0.16287
0.95	1.586	0.09	0.90603	10.326	0.950	0.90603	0.62018	0.09725
1.05	1.753	0.09	0.56887	9.343	1.050	0.56887	0.39425	0.06222
1.15	1.920	0.09	0.36888	8.530	1.150	0.36888	0.26750	0.04101
1.25	2.087	0.09	0.24655	7.848	1.250	0.24655	0.19160	0.02736
1.35	2.254	0.09	0.16938	7.267	1.350	0.16938	0.14220	0.01818
1.45	2.421	0.09	0.11926	6.766	1.450	0.11926	0.10302	0.01114
1.55	2.588	0.09	0.08584	6.329	1.550	0.08584	0.06695	0.00582
1.65	2.755	0.09	0.06300	5.945	1.650	0.06300	0.03887	0.00255
1.75	2.922	0.09	0.04706	5.606	1.750	0.04706	0.02163	0.00099
1.85	3.089	0.09	0.03571	5.303	1.850	0.03571	0.01211	0.00034
1.95	3.256	0.09	0.02748	5.031	1.950	0.02748	0.00737	0.00008

➤ Hs 5 meter Sudut heading 90 derajat

ω_w	ω_w/ω_p	τ	S_ζ	V_w	ω_e	S_ζ	Heaving	Pitching
0.05	0.076	0.07	0.00000	196.200	0.050	0.00000	0.00000	0.00000
0.15	0.229	0.07	0.00000	65.400	0.150	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.381	0.07	0.00000	39.240	0.250	0.00000	0.00000	0.00000
0.35	0.534	0.07	0.03726	28.029	0.350	0.03726	0.03686	0.00487
0.45	0.686	0.07	2.03352	21.800	0.450	2.03352	1.71844	0.28588
0.55	0.838	0.07	3.97740	17.836	0.550	3.97740	2.80767	0.53033
0.65	0.991	0.09	3.34656	15.092	0.650	3.34656	2.17349	0.41398
0.75	1.143	0.09	2.21701	13.080	0.750	2.21701	1.45812	0.25658
0.85	1.296	0.09	1.38430	11.541	0.850	1.38430	0.93811	0.15143
0.95	1.448	0.09	0.86472	10.326	0.950	0.86472	0.59191	0.09281
1.05	1.601	0.09	0.55135	9.343	1.050	0.55135	0.38211	0.06031
1.15	1.753	0.09	0.36095	8.530	1.150	0.36095	0.26175	0.04013
1.25	1.906	0.09	0.24274	7.848	1.250	0.24274	0.18864	0.02693
1.35	2.058	0.09	0.16745	7.267	1.350	0.16745	0.14058	0.01797
1.45	2.210	0.09	0.11824	6.766	1.450	0.11824	0.10214	0.01105
1.55	2.363	0.09	0.08527	6.329	1.550	0.08527	0.06651	0.00578
1.65	2.515	0.09	0.06268	5.945	1.650	0.06268	0.03867	0.00254
1.75	2.668	0.09	0.04687	5.606	1.750	0.04687	0.02155	0.00099
1.85	2.820	0.09	0.03559	5.303	1.850	0.03559	0.01208	0.00034
1.95	2.973	0.09	0.02741	5.031	1.950	0.02741	0.00736	0.00008

➤ Hs 4 meter Sudut heading 90 derajat

ω_w	ω_w/ω_p	τ	S_ζ	V_w	ω_e	S_ζ	Heaving	Pitching
0.05	0.068	0.07	0.00000	196.200	0.050	0.00000	0.00000	0.00000
0.15	0.205	0.07	0.00000	65.400	0.150	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.341	0.07	0.00000	39.240	0.250	0.00000	0.00000	0.00000
0.35	0.477	0.07	0.00035	28.029	0.350	0.00035	0.00035	0.00005
0.45	0.614	0.07	0.36910	21.800	0.450	0.36910	0.31191	0.05189
0.55	0.750	0.07	1.85137	17.836	0.550	1.85137	1.30689	0.24685
0.65	0.886	0.09	2.26128	15.092	0.650	2.26128	1.46863	0.27973
0.75	1.023	0.09	1.77714	13.080	0.750	1.77714	1.16882	0.20567
0.85	1.159	0.09	1.21064	11.541	0.850	1.21064	0.82042	0.13243
0.95	1.295	0.09	0.79353	10.326	0.950	0.79353	0.54318	0.08517
1.05	1.432	0.09	0.52051	9.343	1.050	0.52051	0.36073	0.05693
1.15	1.568	0.09	0.34679	8.530	1.150	0.34679	0.25148	0.03855
1.25	1.704	0.09	0.23588	7.848	1.250	0.23588	0.18331	0.02617
1.35	1.841	0.09	0.16396	7.267	1.350	0.16396	0.13765	0.01759
1.45	1.977	0.09	0.11638	6.766	1.450	0.11638	0.10053	0.01088
1.55	2.113	0.09	0.08424	6.329	1.550	0.08424	0.06571	0.00571
1.65	2.250	0.09	0.06209	5.945	1.650	0.06209	0.03831	0.00251
1.75	2.386	0.09	0.04652	5.606	1.750	0.04652	0.02139	0.00098
1.85	2.522	0.09	0.03538	5.303	1.850	0.03538	0.01200	0.00034
1.95	2.659	0.09	0.02728	5.031	1.950	0.02728	0.00732	0.00008

➤ Hs 6 meter Sudut heading 135

ω_w	ω_w/ω_p	τ	S_ζ	V_w	ω_e	S_ζ	Heaving	Pitching
0.05	0.083	0.07	0.00000	196.200	0.053	0.00000	0.00000	0.00000
0.15	0.250	0.07	0.00000	65.400	0.175	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.417	0.07	0.00000	39.240	0.320	0.00000	0.00000	0.00000
0.35	0.584	0.07	0.46915	28.029	0.486	0.26377	0.22161	0.26905
0.45	0.751	0.07	5.13832	21.800	0.675	2.56774	2.10208	3.16946
0.55	0.918	0.07	6.02563	17.836	0.886	2.70988	2.55419	4.18889
0.65	1.085	0.09	4.14074	15.092	1.120	1.69283	1.89512	3.49544
0.75	1.252	0.09	2.50000	13.080	1.376	0.93685	1.24568	2.40787
0.85	1.419	0.09	1.48886	11.541	1.654	0.51500	0.35398	0.84415
0.95	1.586	0.09	0.90603	10.326	1.954	0.29101	0.06513	0.18802
1.05	1.753	0.09	0.56887	9.343	2.276	0.17053	0.00926	0.02509
1.15	1.920	0.09	0.36888	8.530	2.621	0.10366	0.00462	0.00893
1.25	2.087	0.09	0.24655	7.848	2.988	0.06521	0.00180	0.00531
1.35	2.254	0.09	0.16938	7.267	3.377	0.04231	0.00084	0.00145
1.45	2.421	0.09	0.11926	6.766	3.789	0.02822	0.00023	0.00134
1.55	2.588	0.09	0.08584	6.329	4.222	0.01930	0.00004	0.00064
1.65	2.755	0.09	0.06300	5.945	4.678	0.01349	0.00008	0.00005
1.75	2.922	0.09	0.04706	5.606	5.157	0.00962	0.00004	0.00021
1.85	3.089	0.09	0.03571	5.303	5.657	0.00698	0.00002	0.00011
1.95	3.256	0.09	0.02748	5.031	6.180	0.00515	0.00002	0.00006

➤ Hs 5 meter Sudut heading 135

ω_w	ω_w/ω_p	τ	S_ζ	V_w	ω_e	S_ζ	Heaving	Pitching
0.05	0.076	0.07	0.00000	196.200	0.053	0.00000	0.00000	0.00000
0.15	0.229	0.07	0.00000	65.400	0.175	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.381	0.07	0.00000	39.240	0.320	0.00000	0.00000	0.00000
0.35	0.534	0.07	0.03726	28.029	0.486	0.02095	0.01760	0.02137
0.45	0.686	0.07	2.03352	21.800	0.675	1.01620	0.83191	1.25433
0.55	0.838	0.07	3.97740	17.836	0.886	1.78874	1.68597	2.76501
0.65	0.991	0.09	3.34656	15.092	1.120	1.36815	1.53164	2.82503
0.75	1.143	0.09	2.21701	13.080	1.376	0.83080	1.10467	2.13530
0.85	1.296	0.09	1.38430	11.541	1.654	0.47884	0.32912	0.78487
0.95	1.448	0.09	0.86472	10.326	1.954	0.27774	0.06216	0.17945
1.05	1.601	0.09	0.55135	9.343	2.276	0.16528	0.00898	0.02432
1.15	1.753	0.09	0.36095	8.530	2.621	0.10144	0.00452	0.00874
1.25	1.906	0.09	0.24274	7.848	2.988	0.06420	0.00178	0.00523
1.35	2.058	0.09	0.16745	7.267	3.377	0.04183	0.00083	0.00143
1.45	2.210	0.09	0.11824	6.766	3.789	0.02798	0.00023	0.00132
1.55	2.363	0.09	0.08527	6.329	4.222	0.01917	0.00004	0.00063
1.65	2.515	0.09	0.06268	5.945	4.678	0.01342	0.00008	0.00005
1.75	2.668	0.09	0.04687	5.606	5.157	0.00958	0.00004	0.00021
1.85	2.820	0.09	0.03559	5.303	5.657	0.00696	0.00002	0.00011
1.95	2.973	0.09	0.02741	5.031	6.180	0.00513	0.00002	0.00006

➤ Hs 4 meter Sudut heading 135

ω_w	ω_w/ω_p	τ	S_ζ	V_w	ω_e	S_ζ	Heaving	Pitching
0.05	0.068	0.07	0.00000	196.200	0.053	0.00000	0.00000	0.00000
0.15	0.205	0.07	0.00000	65.400	0.175	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.341	0.07	0.00000	39.240	0.320	0.00000	0.00000	0.00000
0.35	0.477	0.07	0.00035	28.029	0.486	0.00020	0.00017	0.00020
0.45	0.614	0.07	0.36910	21.800	0.675	0.18445	0.15100	0.22767
0.55	0.750	0.07	1.85137	17.836	0.886	0.83261	0.78477	1.28703
0.65	0.886	0.09	2.26128	15.092	1.120	0.92446	1.03493	1.90888
0.75	1.023	0.09	1.77714	13.080	1.376	0.66596	0.88550	1.71164
0.85	1.159	0.09	1.21064	11.541	1.654	0.41876	0.28783	0.68640
0.95	1.295	0.09	0.79353	10.326	1.954	0.25487	0.05705	0.16467
1.05	1.432	0.09	0.52051	9.343	2.276	0.15603	0.00848	0.02296
1.15	1.568	0.09	0.34679	8.530	2.621	0.09746	0.00434	0.00839
1.25	1.704	0.09	0.23588	7.848	2.988	0.06239	0.00173	0.00508
1.35	1.841	0.09	0.16396	7.267	3.377	0.04096	0.00082	0.00140
1.45	1.977	0.09	0.11638	6.766	3.789	0.02754	0.00022	0.00130
1.55	2.113	0.09	0.08424	6.329	4.222	0.01894	0.00003	0.00062
1.65	2.250	0.09	0.06209	5.945	4.678	0.01329	0.00008	0.00005
1.75	2.386	0.09	0.04652	5.606	5.157	0.00951	0.00004	0.00020
1.85	2.522	0.09	0.03538	5.303	5.657	0.00692	0.00002	0.00011
1.95	2.659	0.09	0.02728	5.031	6.180	0.00511	0.00002	0.00006

➤ Hs 6 meter Sudut 180

ω_w	ω_w/ω_p	τ	S_ζ	V_w	ω_e	S_ζ	Heaving	Pitching
0.05	0.083	0.07	0.00000	196.200	0.054	0.00000	0.00000	0.00000
0.15	0.250	0.07	0.00000	65.400	0.185	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.417	0.07	0.00000	39.240	0.348	0.00000	0.00000	0.00000
0.35	0.584	0.07	0.46915	28.029	0.543	0.22328	0.18251	0.24123
0.45	0.751	0.07	5.13832	21.800	0.769	2.12698	1.91884	3.12187
0.55	0.918	0.07	6.02563	17.836	1.026	2.20687	2.33055	4.35702
0.65	1.085	0.09	4.14074	15.092	1.315	1.35984	1.75210	3.50249
0.75	1.252	0.09	2.50000	13.080	1.635	0.74413	0.49075	1.26217
0.85	1.419	0.09	1.48886	11.541	1.987	0.40522	0.05076	0.18672
0.95	1.586	0.09	0.90603	10.326	2.370	0.22714	0.01411	0.01237
1.05	1.753	0.09	0.56887	9.343	2.784	0.13219	0.00443	0.01192
1.15	1.920	0.09	0.36888	8.530	3.230	0.07988	0.00124	0.00348
1.25	2.087	0.09	0.24655	7.848	3.708	0.04998	0.00039	0.00149
1.35	2.254	0.09	0.16938	7.267	4.217	0.03228	0.00011	0.00069
1.45	2.421	0.09	0.11926	6.766	4.757	0.02144	0.00009	0.00025
1.55	2.588	0.09	0.08584	6.329	5.329	0.01461	0.00003	0.00023
1.65	2.755	0.09	0.06300	5.945	5.933	0.01018	0.00003	0.00014
1.75	2.922	0.09	0.04706	5.606	6.568	0.00723	0.00002	0.00009
1.85	3.089	0.09	0.03571	5.303	7.234	0.00524	0.00001	0.00006
1.95	3.256	0.09	0.02748	5.031	7.932	0.00385	0.00001	0.00003

➤ Hs 5 meter Sudut 180

ω_w	ω_w/ω_p	τ	S_ζ	V_w	ω_e	S_ζ	Heaving	Pitching
0.05	0.076	0.07	0.00000	196.200	0.054	0.00000	0.00000	0.00000
0.15	0.229	0.07	0.00000	65.400	0.185	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.381	0.07	0.00000	39.240	0.348	0.00000	0.00000	0.00000
0.35	0.534	0.07	0.03726	28.029	0.543	0.01773	0.01449	0.01916
0.45	0.686	0.07	2.03352	21.800	0.769	0.84177	0.75939	1.23550
0.55	0.838	0.07	3.97740	17.836	1.026	1.45671	1.53835	2.87598
0.65	0.991	0.09	3.34656	15.092	1.315	1.09903	1.41606	2.83073
0.75	1.143	0.09	2.21701	13.080	1.635	0.65990	0.43520	1.11929
0.85	1.296	0.09	1.38430	11.541	1.987	0.37676	0.04719	0.17361
0.95	1.448	0.09	0.86472	10.326	2.370	0.21678	0.01346	0.01181
1.05	1.601	0.09	0.55135	9.343	2.784	0.12812	0.00429	0.01155
1.15	1.753	0.09	0.36095	8.530	3.230	0.07816	0.00121	0.00341
1.25	1.906	0.09	0.24274	7.848	3.708	0.04921	0.00039	0.00147
1.35	2.058	0.09	0.16745	7.267	4.217	0.03191	0.00011	0.00069
1.45	2.210	0.09	0.11824	6.766	4.757	0.02126	0.00009	0.00025
1.55	2.363	0.09	0.08527	6.329	5.329	0.01451	0.00003	0.00023
1.65	2.515	0.09	0.06268	5.945	5.933	0.01012	0.00003	0.00014
1.75	2.668	0.09	0.04687	5.606	6.568	0.00720	0.00002	0.00009
1.85	2.820	0.09	0.03559	5.303	7.234	0.00522	0.00001	0.00006
1.95	2.973	0.09	0.02741	5.031	7.932	0.00384	0.00001	0.00003

➤ Hs 4 meter Sudut 180

μ	ω_w	ω_w/ω_p	τ	S_ζ	V_w	ω_e	S_ζ	Heaving	Pitching
0.05	0.068	0.07	0.00000	196.200	0.054	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.15	0.205	0.07	0.00000	65.400	0.185	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.341	0.07	0.00000	39.240	0.348	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.35	0.477	0.07	0.00035	28.029	0.543	0.00017	0.00014	0.00018	
0.45	0.614	0.07	0.36910	21.800	0.769	0.15279	0.13784	0.22425	
0.55	0.750	0.07	1.85137	17.836	1.026	0.67806	0.71606	1.33869	
0.65	0.886	0.09	2.26128	15.092	1.315	0.74262	0.95683	1.91273	
0.75	1.023	0.09	1.77714	13.080	1.635	0.52897	0.34885	0.89722	
0.85	1.159	0.09	1.21064	11.541	1.987	0.32949	0.04127	0.15183	
0.95	1.295	0.09	0.79353	10.326	2.370	0.19894	0.01236	0.01083	
1.05	1.432	0.09	0.52051	9.343	2.784	0.12095	0.00405	0.01091	
1.15	1.568	0.09	0.34679	8.530	3.230	0.07509	0.00116	0.00327	
1.25	1.704	0.09	0.23588	7.848	3.708	0.04782	0.00037	0.00142	
1.35	1.841	0.09	0.16396	7.267	4.217	0.03125	0.00011	0.00067	
1.45	1.977	0.09	0.11638	6.766	4.757	0.02092	0.00009	0.00025	
1.55	2.113	0.09	0.08424	6.329	5.329	0.01434	0.00003	0.00023	
1.65	2.250	0.09	0.06209	5.945	5.933	0.01003	0.00003	0.00014	
1.75	2.386	0.09	0.04652	5.606	6.568	0.00715	0.00002	0.00009	
1.85	2.522	0.09	0.03538	5.303	7.234	0.00519	0.00001	0.00006	
1.95	2.659	0.09	0.02728	5.031	7.932	0.00382	0.00001	0.00003	

2.3 Perhitungan Beban

➤ Hs 6m sudut 90

St	WL	b	Z	dZ	ddZ	δ	β	Y	Po	P
20	1	0	3.037545	2.201054	2.056845	0	0	0	2.482877	0
	2	0	3.037545	2.201054	2.056845	0	0	0	2.482877	0
	3	0	3.037545	2.201054	2.056845	0	0	0	2.482877	0
	4	0	3.037545	2.201054	2.056845	0	0	0	2.482877	0
FP	1	0	2.971187	2.144566	1.996846	0	0	0	2.357072	0
	2	0	2.971187	2.144566	1.996846	0	0	0	2.357072	0
	3	0	2.971187	2.144566	1.996846	0	0	0	2.357072	0
	4	21.91267	2.971187	2.144566	1.996846	0.052554	0.286592	0	2.357072	89.70027
18	1	4.834583	2.903314	2.08655	1.934987	0.232697	0.324744	0.3236	2.231266	53.24521
	2	9.669166	2.903314	2.08655	1.934987	0.116348	0.324744	0.683	2.231266	264.34
	3	14.50375	2.903314	2.08655	1.934987	0.077566	0.324744	1.0776	2.231266	990.5481
	4	19.33833	2.903314	2.08655	1.934987	0.058174	0.324744	1.4198	2.231266	2751.514
17	1	3.700782	2.833815	2.026873	1.871084	0.296645	0.424235	1.1458	2.10546	100.9029
	2	7.401564	2.833815	2.026873	1.871084	0.148322	0.424235	1.7071	2.10546	586.0283
	3	11.10235	2.833815	2.026873	1.871084	0.098882	0.424235	2.2915	2.10546	2165.054
	4	14.80313	2.833815	2.026873	1.871084	0.074161	0.424235	2.7378	2.10546	5348.31
16	1	3.083119	2.762568	1.965386	1.80492	0.34707	0.509225	1.9553	1.979655	137.9613
	2	6.166238	2.762568	1.965386	1.80492	0.173535	0.509225	2.7306	1.979655	901.171
	3	9.249357	2.762568	1.965386	1.80492	0.11569	0.509225	3.4082	1.979655	3040.614
	4	12.33248	2.762568	1.965386	1.80492	0.086768	0.509225	3.8737	1.979655	6898.278
15	1	1.940157	2.689434	1.901911	1.736237	0.536914	0.809213	2.7815	1.853849	93.29723
	2	3.880314	2.689434	1.901911	1.736237	0.268457	0.809213	3.6618	1.853849	588.9783
	3	5.820471	2.689434	1.901911	1.736237	0.178971	0.809213	4.3999	1.853849	1868.015
	4	7.760628	2.689434	1.901911	1.736237	0.134228	0.809213	4.8568	1.853849	4013.085
14	1	1.571251	2.614256	1.836244	1.664722	0.644531	0.999204	3.6481	1.728043	93.65771
	2	3.142501	2.614256	1.836244	1.664722	0.322265	0.999204	4.6307	1.728043	562.6485
	3	4.713752	2.614256	1.836244	1.664722	0.214844	0.999204	5.2291	1.728043	1601.539
	4	6.285003	2.614256	1.836244	1.664722	0.161133	0.999204	5.6296	1.728043	3285.708
13	1	1.184235	2.53685	1.76814	1.589994	0.830175	1.325751	4.4507	1.602238	82.56099
	2	2.368469	2.53685	1.76814	1.589994	0.415088	1.325751	5.2933	1.602238	385.4044
	3	3.552704	2.53685	1.76814	1.589994	0.276725	1.325751	5.8547	1.602238	1050.756
	4	4.736938	2.53685	1.76814	1.589994	0.207544	1.325751	6.1737	1.602238	2076.404
12	1	1.060111	2.457007	1.697305	1.511576	0.898894	1.480978	5.0295	1.476432	81.63602
	2	2.120221	2.457007	1.697305	1.511576	0.449447	1.480978	5.7828	1.476432	344.6421
	3	3.180332	2.457007	1.697305	1.511576	0.299631	1.480978	6.2471	1.476432	879.1939
	4	4.240442	2.457007	1.697305	1.511576	0.224723	1.480978	6.5131	1.476432	1702.883
11	1	0.871373	2.374481	1.623382	1.428861	1.058321	1.801754	5.3975	1.350626	65.81906
	2	1.742747	2.374481	1.623382	1.428861	0.52916	1.801754	6.0429	1.350626	240.1312
	3	2.61412	2.374481	1.623382	1.428861	0.352774	1.801754	6.4433	1.350626	584.2187
	4	3.485493	2.374481	1.623382	1.428861	0.26458	1.801754	6.658	1.350626	1096.502
10	1	0.871373	2.288981	1.545928	1.341054	1.022582	1.801754	5.6571	1.224821	65.18397
	2	2.368469	2.288981	1.545928	1.341054	0.376214	1.325751	6.2072	1.224821	406.8984
	3	3.683346	2.288981	1.545928	1.341054	0.241913	1.278728	6.513	1.224821	1064.552
	4	3.343556	2.288981	1.545928	1.341054	0.266498	1.87824	6.6903	1.224821	923.0486

➤ Hs 5m sudut 90

St	WL	b	z	dz	ddz	δ	β	γ	Po	P
20	1	0	2.598176	2.020454	1.982955	0	0	0	2.092146	
	2	0	2.598176	2.020454	1.982955	0	0	0	2.092146	
	3	0	2.598176	2.020454	1.982955	0	0	0	2.092146	
	4	0	2.598176	2.020454	1.982955	0	0	0	2.092146	
19	1	0	2.53762	1.966417	1.924119	0	0	0	1.981733	
	2	0	2.53762	1.966417	1.924119	0	0	0	1.981733	
	3	0	2.53762	1.966417	1.924119	0	0	0	1.981733	
	4	21.91267	2.53762	1.966417	1.924119	0.045856	0.286592	0	1.981733	86.43328
18	1	4.834583	2.475583	1.910852	1.863425	0.202653	0.324744	0.3236	1.87132	34.37979
	2	9.669166	2.475583	1.910852	1.863425	0.101327	0.324744	0.683	1.87132	156.9989
	3	14.50375	2.475583	1.910852	1.863425	0.067551	0.324744	1.0776	1.87132	567.611
	4	19.33833	2.475583	1.910852	1.863425	0.050663	0.324744	1.4198	1.87132	1556.803
17	1	3.700782	2.411951	1.853623	1.800687	0.257799	0.424235	1.1458	1.760907	59.28423
	2	7.401564	2.411951	1.853623	1.800687	0.128899	0.424235	1.7071	1.760907	333.0814
	3	11.10235	2.411951	1.853623	1.800687	0.085933	0.424235	2.2915	1.760907	1216.791
	4	14.80313	2.411951	1.853623	1.800687	0.06445	0.424235	2.7378	1.760907	2995.037
16	1	3.083119	2.346593	1.794569	1.735683	0.300905	0.509225	1.9553	1.650495	78.67449
	2	6.166238	2.346593	1.794569	1.735683	0.150453	0.509225	2.7306	1.650495	505.4324
	3	9.249357	2.346593	1.794569	1.735683	0.100302	0.509225	3.4082	1.650495	1697.173
	4	12.33248	2.346593	1.794569	1.735683	0.075226	0.509225	3.8737	1.650495	3844.034
15	1	1.940157	2.279363	1.733504	1.668148	0.464246	0.809213	2.7815	1.540082	52.17957
	2	3.880314	2.279363	1.733504	1.668148	0.232123	0.809213	3.6618	1.540082	328.0922
	3	5.820471	2.279363	1.733504	1.668148	0.154749	0.809213	4.3999	1.540082	1037.918
	4	7.760628	2.279363	1.733504	1.668148	0.116062	0.809213	4.8568	1.540082	2227.511
14	1	1.571251	2.210089	1.670209	1.597761	0.55559	0.999204	3.6481	1.429669	51.88599
	2	3.142501	2.210089	1.670209	1.597761	0.277795	0.999204	4.6307	1.429669	311.0799
	3	4.713752	2.210089	1.670209	1.597761	0.185197	0.999204	5.2291	1.429669	885.236
	4	6.285003	2.210089	1.670209	1.597761	0.138897	0.999204	5.6296	1.429669	1815.389
13	1	1.184235	2.138571	1.604418	1.524127	0.713094	1.325751	4.4507	1.319256	46.23711
	2	2.368469	2.138571	1.604418	1.524127	0.356547	1.325751	5.2933	1.319256	211.8023
	3	3.552704	2.138571	1.604418	1.524127	0.237698	1.325751	5.8547	1.319256	577.3348
	4	4.736938	2.138571	1.604418	1.524127	0.178273	1.325751	6.1737	1.319256	1141.239
12	1	1.060111	2.064578	1.535812	1.446749	0.768957	1.480978	5.0295	1.208844	45.80747
	2	2.120221	2.064578	1.535812	1.446749	0.384478	1.480978	5.7828	1.208844	188.7807
	3	3.180332	2.064578	1.535812	1.446749	0.256319	1.480978	6.2471	1.208844	479.9479
	4	4.240442	2.064578	1.535812	1.446749	0.192239	1.480978	6.5131	1.208844	930.3451
11	1	0.871373	1.987832	1.463994	1.364993	0.900978	1.801754	5.3975	1.098431	37.20644
	2	1.742747	1.987832	1.463994	1.364993	0.450489	1.801754	6.0429	1.098431	131.259
	3	2.61412	1.987832	1.463994	1.364993	0.300326	1.801754	6.4433	1.098431	317.2591
	4	3.485493	1.987832	1.463994	1.364993	0.225245	1.801754	6.658	1.098431	594.6354
10	1	0.871373	1.908002	1.388467	1.278017	0.865566	1.801754	5.6571	0.988018	36.62904
	2	2.368469	1.908002	1.388467	1.278017	0.318447	1.325751	6.2072	0.988018	219.4115
	3	3.683346	1.908002	1.388467	1.278017	0.204768	1.278728	6.513	0.988018	572.8334
	4	3.343556	1.908002	1.388467	1.278017	0.225578	1.87824	6.6903	0.988018	496.3943

➤ Hs 4m sudut 90

St	WL	b	z	dz	ddz	δ	β	γ	Po	P
20	1	0	2.384198	1.901433	1.919462	0	0	0	1.852917	
	2	0	2.384198	1.901433	1.919462	0	0	0	1.852917	0
	3	0	2.384198	1.901433	1.919462	0	0	0	1.852917	0
	4	0	2.384198	1.901433	1.919462	0	0	0	1.852917	0
19	1	0	2.33705	1.853477	1.863539	0	0	0	1.76063	0
	2	0	2.33705	1.853477	1.863539	0	0	0	1.76063	0
	3	0	2.33705	1.853477	1.863539	0	0	0	1.76063	0
	4	21.91267	2.33705	1.853477	1.863539	0.042064	0.286592	0	1.76063	83.71198
18	1	4.834583	1.634951	1.804246	1.805885	0.186429	0.324744	0.3236	1.668344	33.42063
	2	9.669166	1.634951	1.804246	1.805885	0.093214	0.324744	0.683	1.668344	145.4989
	3	14.50375	1.634951	1.804246	1.805885	0.062143	0.324744	1.0776	1.668344	514.322
	4	19.33833	1.634951	1.804246	1.805885	0.046607	0.324744	1.4198	1.668344	1398.984
17	1	3.700782	1.599842	1.753634	1.746328	0.237919	0.424235	1.1458	1.576057	54.78791
	2	7.401564	1.599842	1.753634	1.746328	0.118959	0.424235	1.7071	1.576057	301.7317
	3	11.10235	1.599842	1.753634	1.746328	0.079306	0.424235	2.2915	1.576057	1094.557
	4	14.80313	1.599842	1.753634	1.746328	0.05948	0.424235	2.7378	1.576057	2688.052
16	1	3.083119	1.563945	1.701518	1.684667	0.278701	0.509225	1.9553	1.483771	71.80034
	2	6.166238	1.563945	1.701518	1.684667	0.13935	0.509225	2.7306	1.483771	456.8233
	3	9.249357	1.563945	1.701518	1.684667	0.0929	0.509225	3.4082	1.483771	1529.58
	4	12.33248	1.563945	1.701518	1.684667	0.069675	0.509225	3.8737	1.483771	3461.029
15	1	1.940157	1.527205	1.647753	1.620662	0.431743	0.809213	2.7815	1.391484	47.40052
	2	3.880314	1.527205	1.647753	1.620662	0.215871	0.809213	3.6618	1.391484	297.389
	3	5.820471	1.527205	1.647753	1.620662	0.143914	0.809213	4.3999	1.391484	939.4567
	4	7.760628	1.527205	1.647753	1.620662	0.107936	0.809213	4.8568	1.391484	2015.066
14	1	1.571251	1.489559	1.592175	1.554023	0.519097	0.999204	3.6481	1.299198	47.25668
	2	3.142501	1.489559	1.592175	1.554023	0.259548	0.999204	4.6307	1.299198	283.0369
	3	4.713752	1.489559	1.592175	1.554023	0.173032	0.999204	5.2291	1.299198	805.3279
	4	6.285003	1.489559	1.592175	1.554023	0.129774	0.999204	5.6296	1.299198	1651.169
13	1	1.184235	1.450936	1.534584	1.484396	0.669829	1.325751	4.4507	1.206911	42.68408
	2	2.368469	1.450936	1.534584	1.484396	0.334915	1.325751	5.2933	1.206911	193.8683
	3	3.552704	1.450936	1.534584	1.484396	0.223276	1.325751	5.8547	1.206911	528.401
	4	4.736938	1.450936	1.534584	1.484396	0.167457	1.325751	6.1737	1.206911	1044.663
12	1	1.060111	1.411257	1.474746	1.411337	0.726813	1.480978	5.0295	1.114624	42.69848
	2	2.120221	1.411257	1.474746	1.411337	0.363407	1.480978	5.7828	1.114624	174.3114
	3	3.180332	1.411257	1.474746	1.411337	0.242271	1.480978	6.2471	1.114624	442.558
	4	4.240442	1.411257	1.474746	1.411337	0.181703	1.480978	6.5131	1.114624	858.1447
11	1	0.871373	1.370429	1.412376	1.334284	0.857863	1.801754	5.3975	1.022338	35.10738
	2	1.742747	1.370429	1.412376	1.334284	0.428932	1.801754	6.0429	1.022338	122.5009
	3	2.61412	1.370429	1.412376	1.334284	0.285954	1.801754	6.4433	1.022338	295.4403
	4	3.485493	1.370429	1.412376	1.334284	0.214466	1.801754	6.658	1.022338	553.4835
10	1	0.871373	1.328347	1.347121	1.2525	0.831383	1.801754	5.6571	0.930051	34.87695
	2	2.368469	1.328347	1.347121	1.2525	0.30587	1.325751	6.2072	0.930051	206.6878
	3	3.683346	1.328347	1.347121	1.2525	0.196681	1.278728	6.513	0.930051	539.3121
	4	3.343556	1.328347	1.347121	1.2525	0.216669	1.87824	6.6903	0.930051	467.2713

➤ Hs 6m sudut 135

St	WL	b	z	dz	ddz	δ	β	Y	Po	P
20	1	0	4.846002	5.79697	10.03329	0	0	0	17.22249	0
	2	0	4.846002	5.79697	10.03329	0	0	0	17.22249	0
	3	0	4.846002	5.79697	10.03329	0	0	0	17.22249	0
	4	0	4.846002	5.79697	10.03329	0	0	0	17.22249	0
19	1	0	4.727745	5.652321	9.846621	0	0	0	16.37372	0
	2	0	4.727745	5.652321	9.846621	0	0	0	16.37372	0
	3	0	4.727745	5.652321	9.846621	0	0	0	16.37372	0
	4	21.91267	4.727745	5.652321	9.846621	0.074036	0.28659	0	16.37372	442.31981
18	1	4.834583	4.606454	5.503871	9.656346	0.32444	0.32474	0.3236	15.52496	79.645036
	2	9.669166	4.606454	5.503871	9.656346	0.16222	0.32474	0.683	15.52496	1558.2978
	3	14.50375	4.606454	5.503871	9.656346	0.108147	0.32474	1.0776	15.52496	7705.3655
	4	19.33833	4.606454	5.503871	9.656346	0.08111	0.32474	1.4198	15.52496	21448.727
17	1	3.700782	4.481881	5.351305	9.462246	0.408885	0.42423	1.1458	14.67619	423.99314
	2	7.401564	4.481881	5.351305	9.462246	0.204443	0.42423	1.7071	14.67619	3869.5611
	3	11.10235	4.481881	5.351305	9.462246	0.136295	0.42423	2.2915	14.67619	14547.019
	4	14.80313	4.481881	5.351305	9.462246	0.102221	0.42423	2.7378	14.67619	35168.798
16	1	3.083119	4.353745	5.19426	9.264079	0.472307	0.50922	1.9553	13.82742	735.2977
	2	6.166238	4.353745	5.19426	9.264079	0.236154	0.50922	2.7306	13.82742	5656.2348
	3	9.249357	4.353745	5.19426	9.264079	0.157436	0.50922	3.4082	13.82742	18925.97
	4	12.33248	4.353745	5.19426	9.264079	0.118077	0.50922	3.8737	13.82742	42276.517
15	1	1.940157	4.221722	5.032316	9.06158	0.72022	0.80921	2.7815	12.97865	472.95329
	2	3.880314	4.221722	5.032316	9.06158	0.36011	0.80921	3.6618	12.97865	3492.916
	3	5.820471	4.221722	5.032316	9.06158	0.240073	0.80921	4.3999	12.97865	11060.389
	4	7.760628	4.221722	5.032316	9.06158	0.180055	0.80921	4.8568	12.97865	23581.06
14	1	1.571251	4.085435	4.864984	8.854451	0.850601	0.9992	3.6481	12.12989	599.02888
	2	3.142501	4.085435	4.864984	8.854451	0.4253	0.9992	4.6307	12.12989	3255.803
	3	4.713752	4.085435	4.864984	8.854451	0.283534	0.9992	5.2291	12.12989	9296.6966
	4	6.285003	4.085435	4.864984	8.854451	0.21265	0.9992	5.6296	12.12989	18987.519
13	1	1.184235	3.944441	4.691689	8.642359	1.075371	1.32575	4.4507	11.28112	413.48701
	2	2.368469	3.944441	4.691689	8.642359	0.537685	1.32575	5.2933	11.28112	2328.5662
	3	3.552704	3.944441	4.691689	8.642359	0.358457	1.32575	5.8547	11.28112	6016.2822
	4	4.736938	3.944441	4.691689	8.642359	0.268843	1.32575	6.1737	11.28112	11917.83
12	1	1.060111	3.798218	4.511742	8.42493	1.13957	1.48098	5.0295	10.43235	382.95208
	2	2.120221	3.798218	4.511742	8.42493	0.569785	1.48098	5.7828	10.43235	1989.14
	3	3.180332	3.798218	4.511742	8.42493	0.379857	1.48098	6.2471	10.43235	4530.7096
	4	4.240442	3.798218	4.511742	8.42493	0.284892	1.48098	6.5131	10.43235	9803.7857
11	1	0.871373	3.646135	4.324313	8.201739	1.30826	1.80175	5.3975	9.583587	272.99594
	2	1.742747	3.646135	4.324313	8.201739	0.65413	1.80175	6.0429	9.583587	1341.5912
	3	2.61412	3.646135	4.324313	8.201739	0.436087	1.80175	6.4433	9.583587	3427.441
	4	3.485493	3.646135	4.324313	8.201739	0.327065	1.80175	6.658	9.583587	6204.7082
10	1	0.871373	3.487426	4.128383	7.972301	1.226711	1.80175	5.6571	8.734819	273.27096
	2	2.368469	3.487426	4.128383	7.972301	0.451314	1.32575	6.2072	8.734819	2421.3966
	3	3.683346	3.487426	4.128383	7.972301	0.290204	1.27873	6.513	8.734819	6288.0965
	4	3.343556	3.487426	4.128383	7.972301	0.319696	1.87824	6.6903	8.734819	2381.4272

➤ Hs 5m sudut 135

St	WL	b	z	dZ	ddZ	δ	β	Y	Po	P
20	1		4.301713	5.390574	9.748719		0		14.89237	
	2		4.301713	5.390574	9.748719		0		14.89237	#DIV/0!
	3		4.301713	5.390574	9.748719		0		14.89237	#DIV/0!
	4		4.301713	5.390574	9.748719		0		14.89237	#DIV/0!
19	1		4.199993	5.260358	9.575512		0		14.18158	#DIV/0!
	2		4.199993	5.260358	9.575512		0		14.18158	#DIV/0!
	3		4.199993	5.260358	9.575512		0		14.18158	#DIV/0!
	4		4.199993	5.260358	9.575512		0.28659		14.18158	#DIV/0!
18	1	4.834583	4.095748	5.126836	9.399113	0.289216	0.32474	0.3236	13.47078	73.511561
	2	9.669166	4.095748	5.126836	9.399113	0.144608	0.32474	0.683	13.47078	1445.2382
	3	14.50375	4.095748	5.126836	9.399113	0.096405	0.32474	1.0776	13.47078	7099.3515
	4	19.33833	4.095748	5.126836	9.399113	0.072304	0.32474	1.4198	13.47078	19640.569
17	1	3.700782	3.988779	4.989742	9.21934	0.364866	0.42423	1.1458	12.75998	385.50407
	2	7.401564	3.988779	4.989742	9.21934	0.182433	0.42423	1.7071	12.75998	3524.4955
	3	11.10235	3.988779	4.989742	9.21934	0.121622	0.42423	2.2915	12.75998	13177.21
	4	14.80313	3.988779	4.989742	9.21934	0.091216	0.42423	2.7378	12.75998	31737.424
16	1	3.083119	3.878862	4.848773	9.035992	0.421956	0.50922	1.9553	12.04918	665.26342
	2	6.166238	3.878862	4.848773	9.035992	0.210978	0.50922	2.7306	12.04918	5109.5039
	3	9.249357	3.878862	4.848773	9.035992	0.140652	0.50922	3.4082	12.04918	17031.303
	4	12.33248	3.878862	4.848773	9.035992	0.105489	0.50922	3.8737	12.04918	37954.383
15	1	1.940157	3.765737	4.703582	8.848845	0.644323	0.80921	2.7815	11.33839	425.77763
	2	3.880314	3.765737	4.703582	8.848845	0.322162	0.80921	3.6618	11.33839	3142.0353
	3	5.820471	3.765737	4.703582	8.848845	0.214774	0.80921	4.3999	11.33839	9925.2442
	4	7.760628	3.765737	4.703582	8.848845	0.161081	0.80921	4.8568	11.33839	21130.334
14	1	1.571251	3.649108	4.553763	8.657653	0.762194	0.9992	3.6481	10.62759	535.65576
	2	3.142501	3.649108	4.553763	8.657653	0.381097	0.9992	4.6307	10.62759	2925.3307
	3	4.713752	3.649108	4.553763	8.657653	0.254065	0.9992	5.2291	10.62759	8342.2287
	4	6.285003	3.649108	4.553763	8.657653	0.190548	0.9992	5.6296	10.62759	17022.919
13	1	1.184235	3.528625	4.398845	8.462143	0.965449	1.32575	4.4507	9.916793	370.34838
	2	2.368469	3.528625	4.398845	8.462143	0.482724	1.32575	5.2933	9.916793	2091.2051
	3	3.552704	3.528625	4.398845	8.462143	0.321816	1.32575	5.8547	9.916793	5407.1134
	4	4.736938	3.528625	4.398845	8.462143	0.241362	1.32575	6.1737	9.916793	10705.342
12	1	1.060111	3.403881	4.238268	8.262008	1.02544	1.48098	5.0295	9.205996	343.92625
	2	2.120221	3.403881	4.238268	8.262008	0.51272	1.48098	5.7828	9.205996	1792.213
	3	3.180332	3.403881	4.238268	8.262008	0.341813	1.48098	6.2471	9.205996	4094.5022
	4	4.240442	3.403881	4.238268	8.262008	0.25636	1.48098	6.5131	9.205996	8835.5914
11	1	0.871373	3.274388	4.071363	8.056903	1.180531	1.80175	5.3975	8.495199	245.79081
	2	1.742747	3.274388	4.071363	8.056903	0.590265	1.80175	6.0429	8.495199	1213.2048
	3	2.61412	3.274388	4.071363	8.056903	0.39351	1.80175	6.4433	8.495199	3100.7659
	4	3.485493	3.274388	4.071363	8.056903	0.295133	1.80175	6.658	8.495199	5619.245
10	1	0.871373	3.139558	3.897316	7.846438	1.110771	1.80175	5.6571	7.784401	247.41755
	2	2.368469	3.139558	3.897316	7.846438	0.408659	1.32575	6.2072	7.784401	2203.6634
	3	3.683346	3.139558	3.897316	7.846438	0.262776	1.27873	6.513	7.784401	5727.0349
	4	3.343556	3.139558	3.897316	7.846438	0.289481	1.87824	6.6903	7.784401	2132.6628

➤ Hs 4m sudut 135

St	WL	b	z	dZ	ddZ	δ	β	Y	Po	P
20	1	0	4.091481	5.23227	9.645727	0	0	0	14.03053	0
	2	0	4.091481	5.23227	9.645727	0	0		14.03053	0
	3	0	4.091481	5.23227	9.645727	0	0		14.03053	0
	4	0	4.091481	5.23227	9.645727	0	0		14.03053	0
19	1	0	3.984397	5.098012	9.470637	0	0		13.31973	0
	2	0	3.984397	5.098012	9.470637	0	0		13.31973	0
	3	0	3.984397	5.098012	9.470637	0	0		13.31973	0
	4	21.91267	3.984397	5.098012	9.470637	0.062618	0.28659		13.31973	425.43024
18	1	4.834583	3.874356	4.960121	9.292248	0.273826	0.32474	0.3236	12.60894	70.942795
	2	9.669166	3.874356	4.960121	9.292248	0.136913	0.32474	0.683	12.60894	1397.9
	3	14.50375	3.874356	4.960121	9.292248	0.091275	0.32474	1.0776	12.60894	6845.5237
	4	19.33833	3.874356	4.960121	9.292248	0.068457	0.32474	1.4198	12.60894	18883.013
17	1	3.700782	3.761096	4.818286	9.110367	0.344291	0.42423	1.1458	11.89814	368.19775
	2	7.401564	3.761096	4.818286	9.110367	0.172146	0.42423	1.7071	11.89814	3369.3418
	3	11.10235	3.761096	4.818286	9.110367	0.114764	0.42423	2.2915	11.89814	12561.267
	4	14.80313	3.761096	4.818286	9.110367	0.086073	0.42423	2.7378	11.89814	30194.437
16	1	3.083119	3.644317	4.672148	8.924779	0.396657	0.50922	1.9553	11.18734	631.30357
	2	6.166238	3.644317	4.672148	8.924779	0.198329	0.50922	2.7306	11.18734	4844.3999
	3	9.249357	3.644317	4.672148	8.924779	0.132219	0.50922	3.4082	11.18734	16112.66
	4	12.33248	3.644317	4.672148	8.924779	0.099164	0.50922	3.8737	11.18734	35858.843
15	1	1.940157	3.523671	4.521288	8.73525	0.60309	0.80921	2.7815	10.47655	400.96569
	2	3.880314	3.523671	4.521288	8.73525	0.301545	0.80921	3.6618	10.47655	2957.4965
	3	5.820471	3.523671	4.521288	8.73525	0.20103	0.80921	4.3999	10.47655	9328.2957
	4	7.760628	3.523671	4.521288	8.73525	0.150772	0.80921	4.8568	10.47655	19841.624
14	1	1.571251	3.398745	4.365217	8.541516	0.709907	0.9992	3.6481	9.765749	499.26081
	2	3.142501	3.398745	4.365217	8.541516	0.354953	0.9992	4.6307	9.765749	2735.4829
	3	4.713752	3.398745	4.365217	8.541516	0.236636	0.9992	5.2291	9.765749	7793.9588
	4	6.285003	3.398745	4.365217	8.541516	0.177477	0.9992	5.6296	9.765749	15894.47
13	1	1.184235	3.269048	4.203356	8.343285	0.894103	1.32575	4.4507	9.054952	343.05802
	2	2.368469	3.269048	4.203356	8.343285	0.447051	1.32575	5.2933	9.054952	1941.0082
	3	3.552704	3.269048	4.203356	8.343285	0.298034	1.32575	5.8547	9.054952	5021.6166
	4	4.736938	3.269048	4.203356	8.343285	0.223526	1.32575	6.1737	9.054952	9938.0896
12	1	1.060111	3.133989	4.035006	8.140228	0.943345	1.48098	5.0295	8.344154	316.44752
	2	2.120221	3.133989	4.035006	8.140228	0.471673	1.48098	5.7828	8.344154	1653.4948
	3	3.180332	3.133989	4.035006	8.140228	0.314448	1.48098	6.2471	8.344154	3787.1024
	4	4.240442	3.133989	4.035006	8.140228	0.235836	1.48098	6.5131	8.344154	8153.5563
11	1	0.871373	2.992841	3.859321	7.931975	1.077472	1.80175	5.3975	7.633357	224.19895
	2	1.742747	2.992841	3.859321	7.931975	0.538736	1.80175	6.0429	7.633357	1111.2298
	3	2.61412	2.992841	3.859321	7.931975	0.359157	1.80175	6.4433	7.633357	2841.2732
	4	3.485493	2.992841	3.859321	7.931975	0.269368	1.80175	6.658	7.633357	5154.0937
10	1	0.871373	2.844698	3.675246	7.718104	1.004218	1.80175	5.6571	6.92256	223.89931
	2	2.368469	2.844698	3.675246	7.718104	0.369458	1.32575	6.2072	6.92256	2005.3467
	3	3.683346	2.844698	3.675246	7.718104	0.237569	1.27873	6.513	6.92256	5215.905
	4	3.343556	2.844698	3.675246	7.718104	0.261712	1.87824	6.6903	6.92256	1906.8843

Hs 6 m sudut 180

St	WL	b	z	dz	ddZ	δ	β	γ	Po	P
20	1	0	6.69027	8.656587	18.11687	0	0	0	38.40495	0
	2	0	6.69027	8.656587	18.11687	0	0	0	38.40495	0
	3	0	6.69027	8.656587	18.11687	0	0	0	38.40495	0
	4	0	6.69027	8.656587	18.11687	0	0	0	38.40495	0
19	1	0	6.46409	8.374082	17.78093	0	0	0	35.93919	0
	2	0	6.46409	8.374082	17.78093	0	0	0	35.93919	0
	3	0	6.46409	8.374082	17.78093	0	0	0	35.93919	0
	4	0	6.46409	8.374082	17.78093	0	0	0	0	0
18	1	5.478168	6.46409	8.279412	17.66946	0.354087	0.286592	0.3236	35.13119	155.4383
	2	9.669166	6.46409	8.279412	17.66946	0.200612	0.324744	0.683	35.13119	3144.621
	3	14.50375	6.46409	8.279412	17.66946	0.133741	0.324744	1.0776	35.13119	15741.77
	4	19.33833	6.46409	8.279412	17.66946	0.100306	0.324744	1.4198	35.13119	44315.83
17	1	4.834583	6.388232	8.084228	17.44145	0.38753	0.324744	1.1458	33.4943	1638.674
	2	7.401564	6.388232	8.084228	17.44145	0.253129	0.424235	1.7071	33.4943	8160.944
	3	11.10235	6.388232	8.084228	17.44145	0.168752	0.424235	2.2915	33.4943	30983.57
	4	14.80313	6.388232	8.084228	17.44145	0.126564	0.424235	2.7378	33.4943	75406.77
16	1	3.700782	6.231725	7.884213	17.21042	0.48798	0.424235	1.9553	31.85742	2347.004
	2	6.166238	6.231725	7.884213	17.21042	0.29287	0.509225	2.7306	31.85742	12256.32
	3	9.249357	6.231725	7.884213	17.21042	0.195247	0.509225	3.4082	31.85742	41290.24
	4	12.33248	6.231725	7.884213	17.21042	0.146435	0.509225	3.8737	31.85742	92619.04
15	1	3.083119	5.906283	7.678991	16.97624	0.563309	0.509225	2.7815	30.22054	2912.605
	2	3.880314	5.906283	7.678991	16.97624	0.447579	0.809213	3.6618	30.22054	7732.724
	3	5.820471	5.906283	7.678991	16.97624	0.298386	0.809213	4.3999	30.22054	24592.28
	4	7.760628	5.906283	7.678991	16.97624	0.22379	0.809213	4.8568	30.22054	52566.59
14	1	1.940157	5.736643	7.468131	16.7388	0.858683	0.809213	3.6481	28.58365	1334.804
	2	3.142501	5.736643	7.468131	16.7388	0.530144	0.999204	4.6307	28.58365	7338.518
	3	4.713752	5.736643	7.468131	16.7388	0.35343	0.999204	5.2291	28.58365	21004.24
	4	6.285003	5.736643	7.468131	16.7388	0.265072	0.999204	5.6296	28.58365	42968.64
13	1	1.571251	5.561831	7.251142	16.49793	1.014163	0.999204	4.4507	26.94677	1690.628
	2	2.368469	5.561831	7.251142	16.49793	0.6728	1.325751	5.2933	26.94677	5350.055
	3	3.552704	5.561831	7.251142	16.49793	0.448533	1.325751	5.8547	26.94677	13803.22
	4	4.736938	5.561831	7.251142	16.49793	0.3364	1.325751	6.1737	26.94677	27370.84
12	1	1.184235	5.381344	7.027457	16.25349	1.282868	1.325751	5.0295	25.30989	1119.019
	2	2.120221	5.381344	7.027457	16.25349	0.716537	1.480978	5.7828	25.30989	4639.147
	3	3.180332	5.381344	7.027457	16.25349	0.477691	1.480978	6.2471	25.30989	10504.27
	4	4.240442	5.381344	7.027457	16.25349	0.358268	1.480978	6.5131	25.30989	22852.66
11	1	1.060111	5.194589	6.796413	16.00533	1.361175	1.480978	5.3975	23.673	960.5161
	2	1.742747	5.194589	6.796413	16.00533	0.828001	1.801754	6.0429	23.673	3184.28
	3	2.61412	5.194589	6.796413	16.00533	0.552001	1.801754	6.4433	23.673	8127.921
	4	3.485493	5.194589	6.796413	16.00533	0.414	1.801754	6.658	23.673	14682
10	1	0.871373	5.000865	6.557233	15.75325	1.566163	1.801754	5.6571	22.03612	666.5941
	2	1.742747	5.000865	6.557233	15.75325	0.783081	1.801754	6.2072	22.03612	3139.292
	3	3.552704	5.000865	6.557233	15.75325	0.384133	1.325751	6.513	22.03612	13991.74
	4	4.911129	5.000865	6.557233	15.75325	0.277882	1.278728	6.6903	22.03612	28645.49

Hs 5 m sudut 180

St	WL	b	z	dZ	ddZ	δ	β	γ	Po	P
20	1	0	0	7.737232	17.45893		0		30.68069	0
	2	0	0	7.737232	17.45893		1		30.68069	0
	3	0	0	7.737232	17.45893		0		30.68069	0
	4	0	0	7.737232	17.45893		0		30.68069	0
19	1	0	0	7.48705	17.15552				28.72866	0
	2	0	0	7.48705	17.15552				28.72866	0
	3	0	0	7.48705	17.15552				28.72866	0
	4	0	0	7.48705	17.15552				28.72866	0
18	1	5.478168	5.330297	7.403231	17.05493	0.29331	0.286592	0.3236	28.08901	65.87573
	2	9.669166	5.330297	7.403231	17.05493	0.166178	0.324744	0.683	28.08901	2781.424
	3	14.50375	5.330297	7.403231	17.05493	0.110785	0.324744	1.0776	28.08901	13772.55
	4	19.33833	5.330297	7.403231	17.05493	0.083089	0.324744	1.4198	28.08901	38386.84
17	1	4.834583	5.193567	7.230447	16.84929	0.320893	0.324744	1.1458	26.79317	1412.464
	2	7.401564	5.193567	7.230447	16.84929	0.209602	0.424235	1.7071	26.79317	6995.742
	3	11.10235	5.193567	7.230447	16.84929	0.139735	0.424235	2.2915	26.79317	26330.51
	4	14.80313	5.193567	7.230447	16.84929	0.104801	0.424235	2.7378	26.79317	63707.8
16	1	3.700782	5.05314	7.053432	16.64111	0.40392	0.424235	1.9553	25.49733	1992.318
	2	6.166238	5.05314	7.053432	16.64111	0.24242	0.509225	2.7306	25.49733	10347.1
	3	9.249357	5.05314	7.053432	16.64111	0.161613	0.509225	3.4082	25.49733	34651.71
	4	12.33248	5.05314	7.053432	16.64111	0.12121	0.509225	3.8737	25.49733	77445.61
15	1	3.083119	4.908697	6.871858	16.4303	0.466104	0.509225	2.7815	24.2015	2450.334
	2	3.880314	4.908697	6.871858	16.4303	0.370345	0.809213	3.6618	24.2015	6467.943
	3	5.820471	4.908697	6.871858	16.4303	0.246896	0.809213	4.3999	24.2015	20492.93
	4	7.760628	4.908697	6.871858	16.4303	0.185172	0.809213	4.8568	24.2015	43706.8
14	1	1.940157	4.759873	6.685355	16.21674	0.710262	0.809213	3.6481	22.90566	1126.263
	2	3.142501	4.759873	6.685355	16.21674	0.43851	0.999204	4.6307	22.90566	6107.416
	3	4.713752	4.759873	6.685355	16.21674	0.29234	0.999204	5.2291	22.90566	17445.32
	4	6.285003	4.759873	6.685355	16.21674	0.219255	0.999204	5.6296	22.90566	35638.73
13	1	1.571251	4.606243	6.493497	16.00034	0.838596	0.999204	4.4507	21.60982	1400.339
	2	2.368469	4.606243	6.493497	16.00034	0.556327	1.325751	5.2933	21.60982	4432.16
	3	3.552704	4.606243	6.493497	16.00034	0.370885	1.325751	5.8547	21.60982	11448.68
	4	4.736938	4.606243	6.493497	16.00034	0.278164	1.325751	6.1737	21.60982	22682.72
12	1	1.184235	4.447308	6.295796	15.78096	1.060474	1.325751	5.0295	20.31398	924.4111
	2	2.120221	4.447308	6.295796	15.78096	0.59232	1.480978	5.7828	20.31398	3845.438
	3	3.180332	4.447308	6.295796	15.78096	0.39488	1.480978	6.2471	20.31398	8749.535
	4	4.240442	4.447308	6.295796	15.78096	0.29616	1.480978	6.5131	20.31398	18951.03
11	1	1.060111	3.46479	6.091681	15.5585	1.12493	1.480978	5.3975	19.01815	793.4903
	2	1.742747	3.46479	6.091681	15.5585	0.684294	1.801754	6.0429	19.01815	2640.454
	3	2.61412	3.46479	6.091681	15.5585	0.456196	1.801754	6.4433	19.01815	6744.515
	4	3.485493	3.46479	6.091681	15.5585	0.342147	1.801754	6.658	19.01815	12204.22
10	1	0.871373	3.326091	5.880486	15.3328	1.294108	1.801754	5.6571	17.72231	550.0385
	2	1.742747	3.326091	5.880486	15.3328	0.647054	1.801754	6.2072	17.72231	2608.644
	3	3.552704	3.326091	5.880486	15.3328	0.317407	1.325751	6.513	17.72231	11662.75
	4	4.911129	3.326091	5.880486	15.3328	0.229611	1.278728	6.6903	17.72231	23865.24

➤ Hs 4 m sudut 180

St	WL	b	z	dZ	ddZ	δ	β	γ	Po	P
20	1	0	4.314628	6.544897	16.5498	0	0	0	21.95328	
	2	0	4.314628	6.544897	16.5498	0	0	0	21.95328	0
	3	0	4.314628	6.544897	16.5498	0	0	0	21.95328	0
	4	0	4.314628	6.544897	16.5498	0	0	0	21.95328	0
19	1	0	6.728331	6.341727	16.29246	0	0	0	20.61147	0
	2	0	6.728331	6.341727	16.29246	0	0	0	20.61147	0
	3	0	6.728331	6.341727	16.29246	0	0	0	20.61147	0
	4	2.4565	6.728331	6.341727	16.29246	0.0332	0.04321	0	20.61147	32.345
18	1	5.478168	4.105522	6.27372	16.20724	0.221654	0.286592	0.3236	20.17178	52.36059
	2	9.669166	4.105522	6.27372	16.20724	0.125581	0.324744	0.683	20.17178	2358.786
	3	14.50375	4.105522	6.27372	16.20724	0.08372	0.324744	1.0776	20.17178	11495.09
	4	19.33833	4.105522	6.27372	16.20724	0.06279	0.324744	1.4198	20.17178	31562.87
17	1	4.834583	3.233712	6.133638	16.03321	0.242676	0.324744	1.1458	19.28103	1153.536
	2	7.401564	3.233712	6.133638	16.03321	0.158512	0.424235	1.7071	19.28103	5664.951
	3	11.10235	3.233712	6.133638	16.03321	0.105675	0.424235	2.2915	19.28103	21033.08
	4	14.80313	3.233712	6.133638	16.03321	0.079256	0.424235	2.7378	19.28103	50414.94
16	1	3.700782	3.143347	5.990281	15.85728	0.305733	0.424235	1.9553	18.39028	1590.109
	2	6.166238	3.143347	5.990281	15.85728	0.183491	0.509225	2.7306	18.39028	8185.952
	3	9.249357	3.143347	5.990281	15.85728	0.122328	0.509225	3.4082	18.39028	27150.84
	4	12.33248	3.143347	5.990281	15.85728	0.091746	0.509225	3.8737	18.39028	60319.23
15	1	3.083119	3.050306	5.843408	15.67937	0.35317	0.509225	2.7815	17.49952	1929.669
	2	3.880314	3.050306	5.843408	15.67937	0.280612	0.809213	3.6618	17.49952	5045.766
	3	5.820471	3.050306	5.843408	15.67937	0.187075	0.809213	4.3999	17.49952	15888.16
	4	7.760628	3.050306	5.843408	15.67937	0.140306	0.809213	4.8568	17.49952	33760.54
14	1	1.940157	2.954336	5.692746	15.49942	0.538842	0.809213	3.6481	16.60877	892.1966
	2	3.142501	2.954336	5.692746	15.49942	0.332677	0.999204	4.6307	16.60877	4730.937
	3	4.713752	2.954336	5.692746	15.49942	0.221785	0.999204	5.2291	16.60877	13468.2
	4	6.285003	2.954336	5.692746	15.49942	0.166339	0.999204	5.6296	16.60877	27450.36
13	1	1.571251	2.855143	5.537988	15.31735	0.637155	0.999204	4.4507	15.71802	1077.722
	2	2.368469	2.855143	5.537988	15.31735	0.422691	1.325751	5.2933	15.71802	3411.998
	3	3.552704	2.855143	5.537988	15.31735	0.281794	1.325751	5.8547	15.71802	8831.048
	4	4.736938	2.855143	5.537988	15.31735	0.211345	1.325751	6.1737	15.71802	17471.84
12	1	1.184235	2.752377	5.378778	15.13309	0.807183	1.325751	5.0295	14.82727	709.4461
	2	2.120221	2.752377	5.378778	15.13309	0.450846	1.480978	5.7828	14.82727	2968.002
	3	3.180332	2.752377	5.378778	15.13309	0.300564	1.480978	6.2471	14.82727	6807.388
	4	4.240442	2.752377	5.378778	15.13309	0.225423	1.480978	6.5131	14.82727	14637.39
11	1	1.060111	2.645622	5.21471	14.94657	0.8581	1.480978	5.3975	13.93652	610.147
	2	1.742747	2.645622	5.21471	14.94657	0.521981	1.801754	6.0429	13.93652	2042.984
	3	2.61412	2.645622	5.21471	14.94657	0.347987	1.801754	6.4433	13.93652	5224.4
	4	3.485493	2.645622	5.21471	14.94657	0.260991	1.801754	6.658	13.93652	9480.466
10	1	0.871373	2.534374	5.04531	14.75768	0.989745	1.801754	5.6571	13.04577	423.0578
	2	1.742747	2.534374	5.04531	14.75768	0.494873	1.801754	6.2072	13.04577	2029.618
	3	3.552704	2.534374	5.04531	14.75768	0.242755	1.325751	6.513	13.04577	9119.555
	4	4.911129	2.534374	5.04531	14.75768	0.175609	1.278728	6.6903	13.04577	18645.98

2. Perhitungan RBM

Hs 6 meter sudut 90

► Hs 5 meter sudut 90

ω_w	ω_e	S_ζ	S_z	$S\theta$	LW	$S_b(\omega_e)$	F_s	$S_b(\omega_e), F_s$	ω_e^2	$(\omega_e), F_s, \omega_e$	$\omega_e 4$	$(\omega_e), F_s, \omega_e$
0.05	0.05	0	0	0	23060.16	0	1	0	0.0025	0	6.25E-06	0
0.15	0.15	1.6455E-103	1.6749E-103	8.0403E-104	2562.24	3.3652E-103	4	1.3E-102	0.0225	3E-104	0.000506	6.8E-106
0.25	0.25	9.0274E-12	9.3726E-12	8.6037E-12	922.4064	1.97337E-11	2	3.95E-11	0.0625	2.47E-12	0.003906	1.54E-13
0.35	0.35	0.026433616	0.026150303	0.034575484	470.6155102	0.063088689	4	0.252355	0.1225	0.030913	0.015006	0.003787
0.45	0.45	1.350066751	1.40885554	1.897967311	284.6933333	3.444178576	2	6.888357	0.2025	1.394892	0.041006	0.282466
0.55	0.55	2.490407134	1.757991097	3.320574142	190.5798347	6.739668025	4	26.95867	0.3025	8.154998	0.091506	2.466887
0.65	0.65	1.988399201	1.291404039	2.459732529	136.4506509	5.857292115	4	23.42917	0.4225	9.898824	0.178506	4.182253
0.75	0.75	1.25622517	0.826216782	1.453853007	102.4896	4.110709432	2	8.221419	0.5625	4.624548	0.316406	2.601308
0.85	0.85	0.751127858	0.509024102	0.821660792	79.79294118	2.732507236	4	10.93003	0.7225	7.896946	0.522006	5.705543
0.95	0.95	0.450859867	0.3086166	0.483912809	63.87855956	1.842646235	2	3.685292	0.9025	3.325976	0.814506	3.001694
1.05	1.05	0.277050504	0.19200625	0.303035321	52.29061224	1.297674159	4	5.190697	1.1025	5.722743	1.215506	6.309324
1.15	1.15	0.175243013	0.127081028	0.194810245	43.59198488	0.941307587	2	1.882615	1.3225	2.489759	1.749006	3.292706
1.25	1.25	0.114121701	0.088683784	0.126624978	36.896256	0.693515257	4	2.774061	1.5625	4.33447	2.441406	6.77261
1.35	1.35	0.076381083	0.064123913	0.081964342	31.63259259	0.510993466	2	1.021987	1.8225	1.862571	3.321506	3.394536
1.45	1.45	0.052417926	0.045280392	0.048981354	27.41992866	0.353114844	4	1.412459	2.1025	2.969696	4.420506	6.243786
1.55	1.55	0.036796976	0.028699482	0.024938407	23.99600416	0.21409492	2	0.42819	2.4025	1.028726	5.772006	2.471514
1.65	1.65	0.026363946	0.01626265234	0.010667744	21.17553719	0.114660715	4	0.458643	2.7225	1.248655	7.412006	3.399464
1.75	1.75	0.019239687	0.008844983	0.004045964	18.82462041	0.058815925	2	0.117632	3.0625	0.360248	9.378906	1.103258
1.85	1.85	0.014275718	0.004843207	0.001356493	16.84452885	0.030633376	4	0.122534	3.4225	0.419371	11.71351	1.435297
1.95	1.95	0.01075293	0.002885411	0.000331222	15.16118343	0.016762055	2	0.033524	3.8025	0.127475	14.45901	0.484725
					0.1		0.26	Sum1	93.80763	sum2	55.89081	SUM 4
								0.6924				53.15116
m_{os}	3.126921135											
m_2	1.86302708											
$m_4 = 1.771705264$												
$\varepsilon^{1/2} = m_0 m_4 - m 2^{1/2}$												
$= 0.373487224$												
$CF = (1 - \varepsilon^{1/2})^{1/2} / 0.5$												
$S1/3 = 2 * CF^*(m0)^{1/2}$												
	2.799											

► Hs 4 meter sudut 90

$$N_{x, \text{sum}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_{2, \text{sum}}}{m_{0, \text{sum}}}} \times \text{Pr}(x | am)$$

$$P[\text{Slamming}] = e^{-(T^{1/2} / 2M_{os} + V_o^{1/2} / 2M_{2s})} N = 0.001402$$

$$= 0.011407$$

$$\text{Intensitas Slamming}$$

Hs 6 meter sudut 135

105

Hs 5 meter sudut 135

► Hs 4 meter sudut 135

▲ Hs 6 meter sudut 180

ω_w	ω_e	S_ζ	S_z	$S\theta$	Lw	$S_b(\omega_e)$	F_s	$S_b(\omega_e)F_s$	ω_e^2	$S_b(\omega_e)F_s\omega_e^2$	$\omega_e 4$	$S_b(\omega_e)F_s\omega_e 4$
0.05	0.053933	0	0	23060.16	0	0	0	0.002909	0	8.46E-06	0	0
0.15	0.185394	6.457E-71	6.608E-71	2.468E-71	2562.24	1.32019E-70	4	5.281E-70	0.034371	1.81505E-71	0.001181	6.23853E-73
0.25	0.348318	1.409E-07	1.386E-07	1.054E-07	922.4064	2.95849E-07	2	5.917E-07	0.121325	7.17881E-08	0.01472	8.70973E-09
0.35	0.542703	0.294944	0.2410892	0.3186565	470.61551	0.632847874	4	2.5313915	0.294527	0.745562995	0.086746	0.219588388
0.45	0.76855	2.8873911	2.6048313	4.2379525	284.69333	7.62067177	2	15.241344	0.59067	9.002601456	0.348891	5.31756487
0.55	1.025859	3.0541942	3.2253598	6.0298927	190.57983	10.80349748	4	43.21399	1.0523387	45.47785673	1.107519	47.86032155
0.65	1..31463	1.908656	2.4592303	4.9160462	136.45065	9.519281552	4	38.077126	1.778252	65.80686787	2.986855	113.7308481
0.75	1.634862	1.0555594	0.6961354	1.7904034	102.4896	4.249483086	2	8.4989662	2.672775	22.71582447	7.143726	60.71428818
0.85	1.986557	0.5794971	0.0725877	0.2670285	79.792941	1.130580046	4	4.5223202	3.946407	17.84691614	15.57413	70.43119524
0.95	2.369713	0.3269086	0.0203036	0.0178034	63.87856	0.3870626668	2	0.7741253	5.615538	4.347129859	31.53426	24.4114708
1.05	2..78433	0.1912196	0.0064034	0.0172409	52.290612	0.244766503	4	0.979066	7.752495	7.590204427	60.10118	58.84302249
1.15	3.23041	0.1160249	0.0017951	0.0050583	43.591985	0.134411578	2	0.2688232	10.43555	2.805316781	108.9006	29.2750162
1.25	3.707951	0.0728485	0.0005707	0.0021691	36.896256	0.081824887	4	0.3272995	13.7489	4.500009135	189.0323	61.87018072
1.35	4.216954	0.0471782	0.0001602	0.0010147	31.632593	0.05192483	2	0.1038497	17.7827	1.846727569	316.2245	32.83980625
1.45	4.757419	0.0314134	0.0001281	0.0003712	27.419929	0.033477217	4	0.1339089	22.63304	3.030764097	512.2543	68.59539037
1.55	5.329346	0.0214415	4.802E-05	0.0003425	23.996004	0.023530258	2	0.0470605	28.40192	1.336609194	806.6693	37.96227296
1.65	5.932734	0.0149632	4.945E-05	0.0002051	21.175537	0.016397731	4	0.0655909	35.19733	2.308625588	1238.852	81.25746142
1.75	6.567584	0.0106519	2.967E-05	0.0001317	18.82462	0.011682064	2	0.0233641	43.13316	1.007768718	1860.47	43.46825025
1.85	7.233896	0.0077197	1.773E-05	9.115E-05	16.844529	0.008511175	4	0.0340447	52.32925	1.781533593	2738.351	93.22631977
1.95	7.93167	0.0056858	1.153E-05	4.752E-05	15.161183	0.006145514	2	0.012291	62.91138	0.773245557	3957.842	48.64594867
					0.6977737	4.033800981	Sum1	114.85456	sum2	192.9235642	SUM 4	878.6689463
m_{os}	26.714164				127.1922122							
m_2	44.87233											
$m4$	204.37069											
$\varepsilon^2 =$		$m_0 m_4 - m2^2$				$m_0 m_4$						
	= 0.6311948											
	$CF = (1-\varepsilon^2)^{0.5}$											
	0.6072933											
	$S1/3 = 2 * CF * (m0)^{0.5}$											
	6.278											

$$P[\text{Slamming}] = e^{-(T^2 / 2M_{os} + V_0^2 / 2M_{os}^2)}$$

$$N = \frac{1}{2\pi\sqrt{m_{1,2,3,4}}} \times \Pr(s/cm)$$

$$N = 0.14656 \text{ detik}$$

► Hs 5 meter sudut 180

HS 4 meter sudut 180

$$= \sqrt{\frac{m_{2,Zb\tau}}{m_{0,Zb\tau}}} \times \Pr(slam)$$

$$N_{\text{slam}} = \frac{1}{2\pi}$$

25.765

M2S =

m0 m4

$$= 0.6500943$$

1

o^λ2 / 2M2s

$$= e^{\lambda - (\frac{t^2}{2} + 2Ms + V)}$$

P[Slamming]

283

$$CF = (1 - \varepsilon^{\lambda_2}) / 0.59152$$

1

U

10

• 30

30

1

4. Sheer force bending moment

Station	Shear Force (kN)						Bending Moment (kN.m)						(Yaw) RZ					
	Surge (X)		Sway (Y)		Heave (Z)		Rolling (RX)			Pitching (RY)								
	90	135	180	90	135	180	90	135	180	90	135	180	90	135	180			
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
1	60.30	46.43	51.93	24.44	86.27	0.88	561.21	767.71	727.91	267.11	770.30	4.45	8329.25	9890.72	9077.20	1451.62	2094.40	117.15
2	120.60	92.86	103.86	48.87	172.54	1.77	1122.42	1535.42	1455.82	534.22	1540.60	8.91	16658.49	19781.44	1854.40	2903.24	4188.79	234.31
3	180.90	139.29	155.80	73.31	258.80	2.65	1683.62	2303.13	2183.73	801.32	2310.90	13.36	24987.74	29672.16	27231.60	4354.87	6283.19	351.46
4	241.20	185.73	207.73	97.75	345.07	3.53	2244.83	3070.84	2911.64	1068.43	3081.20	17.81	33316.98	39562.88	36308.80	5806.49	8377.59	468.61
5	301.50	232.16	259.66	122.18	431.34	4.41	2806.04	3838.55	3639.54	1335.54	3851.51	22.27	41646.23	49453.60	45386.00	7258.11	10471.98	585.77
6	361.80	278.59	311.59	146.62	517.61	5.30	3567.25	4606.26	4367.45	1602.65	4621.81	26.72	49975.48	59344.31	54463.20	8709.73	12566.38	702.92
7	422.10	325.02	363.53	171.06	603.87	6.18	3928.46	5373.97	5095.36	1869.75	5392.11	31.17	58304.72	69235.03	63540.40	10161.36	14660.78	820.07
8	482.40	371.45	415.46	195.49	690.14	7.06	4489.66	6141.68	5823.27	2136.86	6162.41	35.63	66633.97	79125.75	72617.60	11612.98	16755.18	937.23
9	542.70	417.88	467.39	219.93	776.41	7.94	5050.87	6909.39	6551.18	2403.97	6932.71	40.08	74963.21	89016.47	81694.80	13064.60	18849.57	1054.38
9.23	557.40	429.20	480.04	225.88	797.43	8.16	5575.28	7626.76	7231.36	2469.04	7120.38	41.17	82746.31	98258.66	90176.80	13418.26	19359.83	1082.92
9.63	764.58	241.92	733.74	393.27	1945.59	4.32	5403.69	8080.10	8895.02	1554.93	6311.74	32.98	83072.81	334835.91	352484.96	15249.58	77124.06	1130.67
10	738.27	233.60	708.50	379.74	1878.66	-0.42	5066.24	7613.02	8510.97	1501.44	6263.72	32.41	77546.83	312279.25	329483.13	14724.93	74470.68	1091.77
11	664.44	210.24	637.65	341.76	1690.79	3.75	4514.54	6925.22	8519.89	1351.30	6128.93	30.81	69205.90	279647.92	303947.59	13252.45	67023.65	982.60
12	590.62	186.88	566.80	303.79	1502.93	3.34	3886.54	6272.21	8193.07	1201.15	5994.15	29.21	61306.66	249038.80	282489.34	11777.98	59576.63	873.43
13	516.79	163.52	495.95	265.82	1315.06	2.92	3445.74	5539.83	7520.02	1051.01	5859.37	27.61	53455.40	218629.49	259857.07	10307.50	52129.61	764.26
14	442.96	140.16	425.10	227.84	1127.20	2.50	2952.45	5087.53	7505.06	900.87	5724.59	26.02	46999.73	196407.27	256499.52	8835.02	44682.59	655.10
15	369.14	116.80	354.25	189.87	939.33	2.09	2426.10	4459.10	6879.08	750.73	5589.80	24.42	40192.60	172644.07	243539.65	7362.55	37235.57	545.93
16	295.31	93.44	283.40	151.90	751.47	1.67	2005.96	4522.45	7713.50	600.59	5455.02	22.82	37486.25	175536.58	285413.43	5890.07	29788.55	436.76
17	221.48	70.08	212.55	113.92	563.60	1.25	1346.76	3174.99	5341.28	450.45	5320.24	21.23	26479.64	130239.62	214863.16	4417.59	22341.52	327.59
18	147.66	46.72	141.70	75.95	375.74	0.83	660.99	1630.14	2645.46	300.31	5185.46	19.63	13262.28	70840.27	115059.39	2945.11	14894.50	218.42
19	73.83	23.36	70.85	37.98	187.87	0.42	1.60	7.69	2.72	150.17	5050.67	18.03	110.84	431.05	182.66	1472.64	7447.48	109.25
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	4915.89	16.43	1.59	1.73	2.29	0.16	0.46	0.09

Hs 5 meter

Station	Shear Force (kN)						Bending Moment (N.m)											
	Surge (X)			Sway (Y)			Heave (Z)			Rolling (RX)			Pitching (RY)			(Yaw) RZ		
	90	135	180	90	135	180	90	135	180	90	135	180	90	135	180	90	135	180
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	44.97	34.63	38.73	18.22	64.34	0.66	346.49	461.70	401.47	199.21	574.49	3.32	5142.54	5451.72	5809.85	1082.62	1562.00	87.37
2	89.94	69.26	77.46	36.45	128.68	1.32	692.99	923.40	802.94	398.42	1148.98	6.64	10285.08	10903.43	11619.69	2165.24	3124.01	174.75
3	134.92	103.89	116.19	54.67	193.02	1.97	1039.48	1385.10	1204.40	597.63	1723.48	9.96	15427.62	16355.15	17429.54	3247.87	4686.01	262.12
4	179.89	138.51	154.92	72.90	257.35	2.63	1385.98	1846.80	1605.87	796.84	2297.97	13.29	20570.16	21806.86	23239.38	4330.49	6248.02	349.49
5	224.86	173.14	193.66	91.12	321.69	3.29	1732.47	2308.50	2007.34	996.05	2872.46	16.61	25712.70	27258.58	29049.23	5413.11	7810.02	436.87
6	269.83	207.77	232.39	109.35	386.03	3.95	2078.96	2770.20	2408.81	1195.26	3446.95	19.93	30855.24	32710.30	34859.07	6495.73	9372.03	524.24
7	314.81	242.40	271.12	127.57	450.37	4.61	2425.46	3231.90	2810.28	1394.47	4021.44	23.25	35997.78	38162.01	40668.92	7578.36	10934.03	611.61
8	359.78	277.03	309.85	145.80	514.71	5.27	2771.95	3693.60	3211.75	1593.67	4595.93	26.57	41140.32	43613.73	46478.76	8660.98	12496.04	698.99
9	404.75	311.66	348.58	164.02	579.05	5.92	3118.45	4155.29	3613.21	1792.88	5170.43	29.89	46282.86	49065.44	52288.61	9743.60	14058.04	786.36
9.226604	415.71	320.09	358.02	168.46	594.72	6.09	3442.22	4586.72	3988.36	1841.42	5310.39	30.70	51088.21	54159.69	57717.50	10007.36	14438.59	807.65
9.62591	570.22	180.42	547.23	293.30	1451.03	3.22	3336.28	4859.36	4905.92	1159.67	4707.31	24.59	51289.79	184559.92	225607.36	11373.16	57519.25	843.25
10	550.60	174.22	528.40	283.21	1401.10	-0.31	3125.18	4604.70	4758.42	1119.77	4671.49	24.17	47759.89	171854.74	210076.49	10981.88	55540.35	814.24
11	495.54	156.80	475.56	254.89	1260.99	2.80	2784.16	4237.04	5022.81	1007.80	4570.97	22.98	42569.21	153748.44	191549.10	9883.70	49986.35	732.83
12	440.48	139.37	422.72	226.57	1120.88	2.49	2456.13	3898.14	5005.10	895.82	4470.45	21.79	37549.93	157166.24	177920.31	8785.53	44432.35	651.41
13	385.42	121.95	369.88	198.25	980.77	2.18	2121.24	3487.19	4701.45	783.85	4369.93	20.60	32599.17	121131.64	164901.07	7687.35	38878.35	569.99
14	330.36	104.53	317.04	169.93	840.66	1.87	1812.67	3327.50	4946.16	671.87	4269.41	19.40	28277.70	110681.18	164888.17	6589.17	33324.35	488.57
15	275.30	87.11	264.20	141.61	700.55	1.56	1486.06	3010.31	4689.22	559.90	4168.89	18.21	23871.23	99851.59	159857.03	5491.00	27770.35	407.15
16	220.24	69.69	211.36	113.28	560.44	1.24	1218.72	3316.82	5663.97	447.92	4068.36	17.02	21428.35	108561.74	194282.88	4392.82	22216.35	325.74
17	165.18	52.27	158.52	84.96	420.33	0.93	818.37	2361.89	3972.73	335.95	3967.84	15.83	15108.78	83373.48	150221.82	3294.65	16662.35	244.32
18	110.12	34.84	105.68	56.64	280.22	0.62	402.84	1229.96	2001.92	223.97	3867.32	14.64	7629.98	47082.10	83141.94	2196.47	11108.34	162.90
19	55.06	17.42	52.84	28.32	140.12	0.31	1.29	0.03	0.03	1.29	0.51	112.00	3766.80	13.45	19.91	52.11	1098.29	5554.34
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	3666.28	12.26	1.19	0.00	0.12	0.06

➤ Hs 4 meter

Station	Shear Force (kN)						Bending Moment (kN.m)												
	Surge (X)			Sway (Y)			Heave (Z)			Rolling (RX)			Pitching (RY)			(Yaw) RZ			
	90	135	180	90	135	180	90	135	180	90	135	180	90	135	180	90	135	180	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1	26.21	20.18	22.57	10.62	37.50	0.38	189.72	237.34	225.12	116.10	334.81	1.94	2815.83	3057.70	3257.75	630.94	910.32	50.92	
2	52.42	40.36	45.14	21.24	74.99	0.77	379.45	474.67	450.23	232.19	669.61	3.87	5631.65	6115.40	6555.51	1261.88	1820.64	101.84	
3	78.63	60.54	67.72	31.86	112.49	1.15	569.17	712.01	675.35	348.29	1004.42	5.81	8447.48	9173.10	9773.26	1892.82	2730.96	152.76	
4	104.84	80.72	90.29	42.48	149.98	1.53	758.90	949.35	900.46	464.39	1339.23	7.74	11263.31	12230.79	13031.02	2523.76	3641.27	203.68	
5	131.05	100.91	112.86	53.11	187.48	1.92	948.62	1186.68	1125.58	580.48	1674.04	9.68	14079.13	15288.49	16288.77	3154.70	4551.59	254.60	
6	157.26	121.09	135.43	63.73	224.97	2.30	1138.35	1424.02	1350.69	696.58	2008.84	11.61	16894.96	18346.19	19546.53	3785.64	5461.91	305.52	
7	183.46	141.27	158.00	74.35	262.47	2.69	1328.07	1661.35	1575.81	812.68	2343.65	13.55	19710.78	21403.89	22804.28	4416.58	6372.23	356.44	
8	209.67	161.45	180.58	84.97	299.97	3.07	1517.80	1898.69	1800.92	928.78	2678.46	15.49	22526.61	24461.59	26062.03	5047.52	7282.55	407.36	
9	235.88	181.63	203.15	95.59	337.46	3.45	1707.52	2136.03	2026.04	1044.87	3013.27	17.42	25342.44	27519.29	29319.79	5678.46	8192.87	458.28	
9.226042	242.27	186.55	208.65	98.18	346.60	3.55	1884.81	2357.80	2236.39	1073.16	3094.83	17.89	27973.63	30376.49	32363.93	5832.18	8414.65	470.69	
9.625908	332.32	105.15	318.92	170.93	845.64	1.88	1826.80	2497.95	2941.16	675.84	2743.36	14.33	28084.01	103513.94	126504.80	6628.15	33521.57	491.44	
10	320.89	101.53	307.95	165.05	816.55	-0.18	1718.53	2397.41	3523.72	652.59	2722.49	14.09	26257.08	97374.01	117796.18	6400.12	32368.29	474.53	
11	288.80	91.38	277.15	148.55	734.89	1.63	1533.20	2264.73	3728.98	587.33	2663.91	13.39	2364.67	89175.84	108446.93	5760.11	29131.48	427.08	
12	256.71	81.23	246.36	132.04	653.24	1.45	1359.82	2158.70	3648.29	522.08	2605.33	12.70	21031.16	81525.25	102838.55	5120.11	25894.67	379.63	
13	224.62	71.07	215.56	115.54	571.58	1.27	1179.95	1987.57	4115.96	456.82	2546.74	12.00	19016.34	79458.82	97669.96	4480.10	22557.86	332.18	
14	192.53	60.92	184.77	99.03	489.93	1.09	1023.95	2051.99	4081.98	391.56	2488.16	11.31	16915.66	77013.25	102548.88	3840.10	19421.05	284.73	
15	160.44	50.77	153.97	82.53	408.28	0.91	851.32	1972.10	5279.70	326.30	2429.58	10.61	16576.41	94107.43	103709.09	3200.09	16184.25	237.28	
16	128.35	40.61	123.18	66.02	326.62	0.73	731.94	2484.02	3811.41	261.04	2371.00	9.92	12745.12	77303.20	136039.99	2560.09	12947.44	189.84	
17	96.27	30.46	92.38	49.52	244.97	0.54	492.90	1807.31	2063.57	195.79	2312.41	9.23	7891.76	49395.84	108106.09	1920.08	9710.63	142.39	
18	64.18	20.31	61.59	33.01	163.31	0.36	240.81	957.59	285.12	130.53	2253.83	8.53	2966.24	10721.72	62251.07	1280.08	6473.82	94.94	
19	32.09	10.15	30.79	16.51	81.66	0.18	1.15	0.01	0.01	0.01	65.27	2195.25	7.84	10.90	13.44	16.64	640.07	3237.01	47.49
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	2136.67	7.14	0.69	0.75	1.00	0.07	0.04	

LAMPIRAN C

Hs 4m sudut 180

POSEIDON 11.0.0.8340 (Rules:GL Ch.1)
Copyright © 2011 by Germanischer Lloyd



5.1.1 Long. Plates (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.537 Des. BM hogg 0.884 SW SF 0.413
1+av) = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele.	Item Attributes	LoLC Y LoLC Z	a I	Design Criteria				Shogg Ssagg	Tau Reh	t as built t req	Assessm ent	Error Notes
				DCat	stat	dyn	p2	[kN/m ²]	[N/mm ²]	[mm]		
DK1	DK1	250	500	WD	40	9	22	0	-147	5	8.0	++ 0
DC=80		8750	1800							350	6.5	0
DK1	DK1	3750	500	WD	40	9	22	0	-147	36	8.0	++ 0
DC=80		8750	1800							350	7.5	0
DK1	DK1	5323	647	WD	40	9	22	0	-147	36	12.0	++ 0
DC=80		8750	1800							350	9.0	0
DK2	DK2	250	500						27	1	6.0	++ 0
DC=80		6000	1800	36	0	0	0	-44	350		4.0	0
DK2	DK2	3963	926						27	11	6.0	++ 0
DC=80		6000	1800	36	0	0	0	-44	350		4.5	2
DK3	DK2	2374	747						-36	9	6.0	++ 0
DC=80		3250	1800	36	0	0	0	60	350		4.5	0
SHELL	Keel	104	208	S					-111	1	12.0	++ 0
DC=80		0	600	45	36	64	0	182	350		10.6	6
SHELL	Bottom1	373	500	S					-107	7	13.0	++ 0
DC=80		188	600	50	36	64	0	175	350		8.6	4
SHELL	Bottom2	1754	500	S					-69	54	10.0	++ 0
DC=80		1838	1800	40	18	66	0	113	350		8.6	0
SHELL	Side1	3117	458	S				-23	72		10.0	++ 0
DC=80		3829	1800	36	0	62	0	38	350		8.6	0
SHELL	Side2	4542	458	S				31	64		10.0	++ 0
DC=80		6198	1800	40	0	51	0	-51	350		8.6	0
CG	CenterGird	0	T 600	LG				-104	4		12.0	++ 0
XT DC=80		300	900	40	0	0	0	171	350		6.9	1
CGDK2	CenterGird	0	174	LG				25	0		8.0	++ 0
DC=80		5913	7200	36	0	0	0	-41	350		6.9	1
CGDK3	CenterGird	0	450	LG				-42	1		8.0	++ 0
DC=80		3025	7200	36	0	0	0	68	350		6.9	1
SG1(20)	sidegirder2	2000	450					85	2		8.0	++ 0
DC=80		8525	1800	36	0	0	0	-139	350		6.0	0
SG1(40)	sidegirder2	4000	450					85	2		8.0	++ 0
DC=80		8525	1800	36	0	0	0	+139	350		6.0	0
SG2(20)	sidegirder2	2000	450					22	1		8.0	++ 0
DC=80		5775	1800	36	0	0	0	-35	350		4.0	0
CGDK1	CenterGird	0	500					84	3		12.0	++ 0
DC=80		8500	7200	36	0	0	0	-138	350		6.0	0
IB2	CenterGird	150	300					-90	7		10.0	++ 0
DC=80		900	600	36	0	0	0	148	350		4.0	0

POSEIDON 11.0.0.8340 (Rules:GL Ch.1)
Copyright © 2011 by Germanischer Lloyd



5.1.4 Trans. Girders (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.537 Des. BM hogg 0.884 SW SF 0.413
1+av) = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele.	Item Attributes	LoLC Y LoLC Z	a I	Design Criteria				Shogg Ssagg	Tau Reh	t req	as built scantlings		Asse ssme nt	Error Notes
				DCat	stat	dyn	p2	[kN/m ²]	[N/mm ²]	[mm]	[cm ³]	[cm ³]	[cm ⁴]	
IB2	1	0	T 600					0	0	XT 241*10.0*100*10.0			++ (*)	0
Ik=0:150 DC		900	1991	36	0	0	0	0	235	0.0	0	0	566	0
SHELL	w0	3600	1800	S				0	0	XT 280*12.0*100*12.0			++ (*)	0
DC=63		4617	3222	36	0	58	0	0	235	0.0	447	12	658	2
SHELL	web	1912	1800	S				0	0	XT 391*10.0*100*10.0			++ (*)	0
DC=63		2044	2933	36	16	71	0	0	235	0.0	452	12	1139	2
SHELL	web	3600	1800	S				0	0	XT 394*10.0*100*10.0			++ (*)	0
DC=63		4617	3222	36	0	58	0	0	235	0.0	447	12	832	2
SHELL	web	5198	1800	S				0	0	XT 380*8.0*100*8.0			++ (*)	0
DC=63		7313	3046	36	0	47	0	0	235	0.0	321	9	1778	2
DK1	web	1000	1800	WD				0	0	XT 341*10.0*100*10.0			++ (*)	0
DK1		8750	2000	36	0	16	0	0	235	0.0	48	1	728	0
DK2	web	1000	1800					0	0	XT 340*10.0*100*10.0			++ (*)	0
DK2		6000	2000	36	0	0	0	0	235	0.0	0	0	259	0
DK3	web	1374	1800					0	0	XT 340*10.0*100*10.0			++ (*)	0
DK3		3250	2747	36	0	0	0	0	235	0.0	0	0	300	0



POSEIDON 11.0.0.8340 (Rules:GL Ch.1)
Copyright © 2011 by Germanischer Lloyd

5.1.2 Long. Stiffeners (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.537 Des. BM hogg 0.884 SW SF 0.413
[1+av] = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele. Attributes	Item	LoLC Y LoLC Z	a I	Design Criteria			Shogg Ssagg	Tau Reh	as built scantlings				Asses- ment	Error Notes
				DCat	stat	dyn	p2		treq	Wreq.	As req	Ireq		
DK1	Stif10	-4500	500	WD				91	37	HP 160*8.0			++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-150	350	0.0	8	0	329	0
DK1	Stif11	5000	573	WD				91	37	HP 200*9.0			++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-150	350	0.0	9	0	492	0
DK1	Stif8	-3500	500	WD				91	36	HP 200*9.0			++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-150	350	0.0	8	0	357	0
DK1	Stif7	-3000	500	WD				91	32	HP 200*9.0			++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-150	350	0.0	8	0	357	0
DK1	Stif6	-2500	500	WD				91	27	HP 200*9.0			++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-150	350	0.0	8	0	357	0
DK1	Stif2	-1500	500	WD				91	17	HP 140*8.0			++	0
DC=63		8750	1800	40	0	16	0	-150	350	0.0	8	0	250	0
DK2	Stif2	500	500					28	2	HP 140*8.0			++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-45	350	0.0	0	0	50	0
DK2	Stif6	2500	500					28	8	HP 140*8.0			++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-45	350	0.0	0	0	50	0
DK2	Stif7	3000	500					28	9	HP 140*8.0			++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-45	350	0.0	0	0	50	0
DK2	Stif8	3500	713					28	9	HP 140*8.0			++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-45	350	0.0	0	0	75	0
DK2	Stif2	1000	500					28	4	HP 140*8.0			++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-45	350	0.0	0	0	50	0
DK2	Stif2	1500	500					28	5	HP 140*8.0			++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-45	350	0.0	0	0	50	0
DK3	2	1500	500					-36	7	HP 140*8.0			++	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	59	350	0.0	0	0	39	0
DK3	1	2000	624					-36	7	HP 140*8.0			++	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	59	350	0.0	0	0	50	0
DK3	2	1000	500					-36	5	HP 140*8.0			++	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	59	350	0.0	0	0	39	0
DK3	2	500	500					-36	4	HP 140*8.0			++	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	59	350	0.0	0	0	39	0
SHELL	side	2994	458	S				-27	72	HP 280*11.0			++	0
DC=63		3636	6000	45	0	64	0	45	350	0.0	312	4	513	0
SHELL	1	4658	458	S				37	62	HP 260*12.0			++	0
DC=63		6395	6000	56	0	50	0	-80	350	0.0	245	4	2161	0
SHELL	1	1602	500	S				-74	38	HP 280*12.0			++	0
DC=63		1640	6000	63	20	73	0	121	350	0.0	388	6	1754	0

Hs 5 meter sudut 180



POSEIDON 11.0.0.8340 (Rules:GL Ch.1)
Copyright © 2011 by Germanischer Lloyd

5.1.1 Long. Plates (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.537 Des. BM hogg 0.884 SW SF 0.413
[1+av] = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele. Attributes	Item	LoLC Y LoLC Z	a I	Design Criteria			Shogg Ssagg	Tau Reh	treq	as built	Assess- ment	Error Notes
				DCat	stat	dyn	p2					
DK1	OK1	750	500	WD				91	9	8.0	++	0
DC=80		8750	1800	40	9	22	0	-150	350	7.0	++	0
DK1	OK1	3250	500	WD				91	32	8.0	++	0
DC=80		8750	1800	40	9	22	0	-150	350	7.5	++	0
DK1	OK1	5323	647	WD				91	42	10.0	++	0
DC=80		8750	1800	45	9	22	0	-150	350	9.0	++	0
DK2	OK2	250	500					28	1	6.0	++	0
DC=80		6000	1800	36	0	0	0	-45	350	4.0	++	0
DK2	OK2	3963	926					28	11	6.0	++	0
DC=80		6000	1800	36	0	0	0	-45	350	5.0	++	2
DK3	OK2	2374	747					-36	9	6.0	++	0
DC=80		3250	1800	36	0	0	0	59	350	4.5	++	2
SHELL	Keel	104	208	S				-112	1	12.0	++	0
DC=80		0	600	45	36	64	0	183	350	10.6	++	6
SHELL	Bottom1	373	500	S				-107	7	13.0	++	0
DC=80		188	600	50	36	64	0	176	350	8.6	++	4
SHELL	Bottom2	1754	500	S				-69	55	10.0	++	0
DC=80		1838	1800	40	18	66	0	113	350	8.6	++	0
SHELL	Side1	3117	458	S				-23	72	10.0	++	0
DC=80		3829	1800	36	0	62	0	37	350	8.6	++	0
SHELL	Side2	4542	458	S				-32	64	10.0	++	0
DC=80		6198	1800	40	0	51	0	-53	350	8.6	++	0
CG	CenterGird	0	T 600	LG				-105	4	12.0	++	0
XT DC=80		300	900	40	0	0	0	172	350	6.9	++	1
CGDK2	CenterGird	0	174	LG				26	0	8.0	++	0
DC=80		5913	7200	36	0	0	0	-42	350	6.9	++	1
CGDK3	CenterGird	0	450	LG				-41	1	8.0	++	0
DC=80		3025	7200	36	0	0	0	68	350	6.9	++	1
SG1(20)	sidegirder2	2000	450					86	2	8.0	++	0
DC=80		8525	1800	36	0	0	0	-142	350	6.0	++	0
SG1(40)	sidegirder2	4000	450					86	2	8.0	++	0
DC=80		8525	1800	36	0	0	0	-142	350	6.0	++	0
SG2(20)	sidegirder2	2000	450					22	1	8.0	++	0
DC=80		5775	1800	36	0	0	0	-37	350	4.0	++	0
CGDK1	CenterGird	0	500					86	3	12.0	++	0
DC=80		8500	7200	36	0	0	0	-141	350	6.5	++	0
IB2	CenterGird	150	300					-91	7	10.0	++	0
DC=80		900	600	36	0	0	0	149	350	4.0	++	0

5.1.2 Long. Stiffeners (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.489 Des. BM hogg 0.872 SW SF 0.413
 1+av) = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele. Attributes	Item LoLC Y LoLC Z	a I	Design Criteria			Shogg Ssagg	Tau Reh	as built scantlings				Asse ssme nt	Error Notes
			DCa t	stat	dyn			t req	W req.	As req	I req		
DK1	Stif10	[mm] [mm]	4500 500	WD	0 0	16 0	0	106 34	0.0 8.0	0 0	413	++	0
DC=63			8750 1800	40	0 0	16 0	0	-159 350	0.0 9	0 0	614	++	0
DK1	Stif11		5000 573	WD				106 34	HP 200*9.0				
DC=63			8750 1800	40	0 0	16 0	0	-159 350	0.0 8	0 0	389	++	0
DK1	Stif8		3500 500	WD				106 38	HP 200*9.0				
DC=63			8750 1800	40	0 0	16 0	0	-159 350	0.0 8	0 0	389	++	0
DK1	Stif7		3000 500	WD				106 33	HP 200*9.0				
DC=63			8750 1800	40	0 0	16 0	0	-159 350	0.0 8	0 0	389	++	0
DK1	Stif6		2500 500	WD				106 29	HP 200*9.0				
DC=63			8750 1800	40	0 0	16 0	0	-159 350	0.0 8	0 0	389	++	0
DK1	Stif2		1500 500	WD				106 18	HP 140*8.0				
DC=63			8750 1800	40	0 0	16 0	0	-159 350	0.0 8	0 0	272	++	0
DK2	Stif2		500 500					26 2	HP 140*8.0				
DC=63			6000 1800	36	0 0	0 0	0	-38 350	0.0 0	0 0	42	++	0
DK2	Stif6		2500 500					26 7	HP 140*8.0				
DC=63			6000 1800	36	0 0	0 0	0	-38 350	0.0 0	0 0	42	++	0
DK2	Stif7		3000 500					26 8	HP 140*8.0				
DC=63			6000 1800	36	0 0	0 0	0	-38 350	0.0 0	0 0	42	++	0
DK2	Stif8		3500 713					26 8	HP 140*8.0				
DC=63			6000 1800	36	0 0	0 0	0	-38 350	0.0 0	0 0	64	++	0
DK2	Stif2		1000 500					26 3	HP 140*8.0				
DC=63			6000 1800	36	0 0	0 0	0	-38 350	0.0 0	0 0	42	++	0
DK2	Stif2		1500 500					26 4	HP 140*8.0				
DC=63			6000 1800	36	0 0	0 0	0	-38 350	0.0 0	0 0	42	++	0
DK3	2		1500 500					-55 10	HP 140*8.0				
DC=63			3250 1800	36	0 0	0 0	0	83 350	0.0 0	0 0	62	++	0
DK3	1		2000 624					-55 10	HP 140*8.0				
DC=63			3250 1800	36	0 0	0 0	0	83 350	0.0 0	0 0	79	++	0
DK3	2		1000 500					-55 8	HP 140*8.0				
DC=63			3250 1800	36	0 0	0 0	0	83 350	0.0 0	0 0	62	++	0
DK3	12		500 500					-55 5	HP 140*8.0				
DC=63			3250 1800	36	0 0	0 0	0	83 350	0.0 0	0 0	62	++	0
SHELL	side		2994 458	S				-44 73	HP 280*11.0				
DC=63			3636 6000	45	0 64	0 0	0	66 350	0.0 312	4 754			
SHELL	1		4658 458	S				37 66	HP 260*12.0				
DC=63			6395 6000	56	0 50	0 0	0	-55 350	0.0 245	4 2280			
SHELL	1		1289 478	S				-114 28	HP 280*12.0				
DC=63			1250 6000	71	24	74	0	170 350	0.0 434	6 2464			
IB2	1		0 500					-124 8	HP 280*12.0				
DC=63			900 6000	45	0 0	0 0	0	186 350	0.0 0	0 0	2409	++	0

5.1.4 Trans. Girders (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.489 Des. BM hogg 0.872 SW SF 0.413
 1+av) = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele. Attributes	Item LoLC Y LoLC Z	a I	Design Criteria			Shogg Ssagg	Tau Reh	as built scantlings				Asse ssme nt	Error Notes
			DCa t	stat	dyn			t req	W req.	As req	I req		
IB2	1	0 T 600	36	0 0	0 0	0	0	XT 241*10.0*100*10.0				++ (*)	0
Ik=0;150 DC		900 1991	36	0 0	0 0	0	235	0.0 0	0 0	0 0	776		
SHELL	wo	3600 1800	S					0 0	XT 280*12.0*100*12.0			++ (*)	0
DC=63		4617 3222	36	0 58	0 0	0	235	0.0 447	12 12	756	2		
SHELL	web	1912 1800	S					0 0	XT 391*10.0*100*10.0			++ (*)	0
DC=63		2044 2933	36	16 71	0 0	0	235	0.0 452	12 12	1435	2		
SHELL	web	3600 1800	S					0 0	XT 394*10.0*100*10.0			++ (*)	0
DC=63		4617 3222	36	0 58	0 0	0	235	0.0 447	12 12	956	2		
SHELL	web	5198 1800	S					0 0	XT 380*8.0*100*8.0			++ (*)	0
DC=63		7313 3046	36	0 47	0 0	0	235	0.0 321	9 9	1793	2		
DK1	web	1000 1800	WD					0 0	XT 341*10.0*100*10.0			++ (*)	0
Ik=325;0 DC		8750 2000	36	0 16	0 0	0	235	0.0 48	1 1	920	0		
DK2	web	1000 1800						0 0	XT 340*10.0*100*10.0			++ (*)	0
Ik=325;0 DC		6000 2000	36	0 0	0 0	0	235	0.0 0	0 0	0 0	218	0	
DK3	web	1374 1800	36	0 0	0 0	0	235	0.0 0	0 0	0 0	444	++ (*)	0
Ik=0;325 DC		3250 2747											

Hs 6 meter sudut 180

POSEIDON 11.0.0.8340 (Rules:GL Ch.1)
Copyright © 2011 by Germanischer Lloyd



5.1.4 Trans. Girders (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.537 Des. BM hogg 0.884 SW SF 0.413
1+av) = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele. Attributes	Item Attributes	LoLC Y [mm]	a [mm]	Design Criteria			Shogg Ssagg	Tau Reh	as built scantlings				Asses- ment	Error Notes
				DCat	stat	dyn			[N/mm ²]	[mm]	[cm ³]	[cm ³]		
IB2	1	0	T 600	36	0	0	0	0	0	XT 241*10.0*100*10.0	0	563	++ (*)	0
Ik=0;150 DC		900	1991	S			0	235	0.0	0	0	0		0
SHELL	wo	3600	1800	S	36	0	58	0	0	XT 280*12.0*100*12.0	12	657	++ (*)	2
DC=63		4617	3222	S				0	235	0.0	447	12		0
SHELL	web	1912	1800	S	36	16	71	0	0	XT 391*10.0*100*10.0	12	1142	++ (*)	2
DC=63		2044	2933	S				0	235	0.0	452	12		0
SHELL	web	3600	1800	S	36	0	58	0	0	XT 394*10.0*100*10.0	12	831	++ (*)	2
DC=63		4617	3222	S				0	235	0.0	447	12		0
SHELL	web	5198	1800	S				0	0	XT 380*8.0*100*8.0	9	1739	++ (*)	2
DC=63		7313	3046	WD	36	0	47	0	0	0.0	321	9		0
DK1	web	1000	1800	WD				0	0	XT 341*10.0*100*10.0	0	853	++ (*)	0
Ik=325;0 DC		8750	2000	WD	36	0	16	0	0	0.0	48	1		0
DK2	web	1000	1800	WD				0	0	XT 340*10.0*100*10.0	0	250	++ (*)	0
Ik=325;0 DC		6000	2000	WD	36	0	0	0	0	0.0	0	0		0
DK3	web	1374	1800	WD				0	0	XT 340*10.0*100*10.0	0		++ (*)	0
Ik=0;325 DC		3250	2747	WD	36	0	0	0	0	0.0	0	0		0

POSEIDON 11.0.0.8340 (Rules:GL Ch.1)
Copyright © 2011 by Germanischer Lloyd



5.1.1 Long. Plates (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.489 Des. BM hogg 0.872 SW SF 0.413
1+av) = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele. Attributes	Item Attributes	LoLC Y [mm]	a [mm]	Design Criteria			Shogg Ssagg	Tau Reh	t as built t req	Assess- ment	Error Notes		
				DCat	stat	dyn	p2	[N/mm ²]	[mm]				
DK1	DK1	250	500	WD				106	5	8.0	++	0	
DC=80		8750	1800	WD	45	9	22	0	-159	350	7.0		0
DK1	DK1	4250	500	WD				106	43	8.0	+	0	
DC=80		8750	1800	WD	45	9	22	0	-159	350	8.0		0
DK1	DK1	5323	647	WD				106	39	12.0	++	0	
DC=80		8750	1800	WD	45	9	22	0	-159	350	9.5		0
DK2	DK2	250	500					26	1	6.0	++	0	
DC=80		6000	1800		36	0	0	0	-38	350	4.0		0
DK2	DK2	3963	926					26	9	6.0	++	0	
DC=80		6000	1800		36	0	0	0	-38	350	4.5		2
DK3	DK2	2374	747					-55	13	6.0	++	0	
DC=80		3250	1800		36	0	0	0	-83	350	4.5		2
SHELL	Keel	104	208	S				-151	3	12.0	++	0	
DC=80		0	600	S	56	36	64	0	225	350	10.6		6
SHELL	Bottom1	406	T 600	S				-144	7	13.0	++	0	
XT DC=80		226	1196	WD	71	36	64	0	215	350	10.0		2
SHELL	Bottom2	1754	500	S				-97	49	10.0	++	0	
DC=80		1838	1800	WD	50	18	66	0	145	350	8.0		0
SHELL	Side1	3117	458	S				-38	73	10.0	++	0	
DC=80		3829	1800	S	36	0	62	0	57	350	8.6		0
SHELL	Side2	4542	458	S				31	68	10.0	++	0	
DC=80		6198	1800	WD	40	0	51	0	-47	350	8.6		0
CG	CenterGird	0	T 600	LG				-142	3	12.0	++	0	
XT DC=80		300	900	LG	56	0	0	0	212	350	8.5		1
CGDK2	CenterGird	0	174	LG				23	0	8.0	++	0	
DC=80		5913	7200	LG	36	0	0	0	-34	350	6.9		1
CGDK3	CenterGird	0	450	LG				-62	2	8.0	++	0	
DC=80		3025	7200	LG	36	0	0	0	93	350	6.9		1
SG1(20	sidegirder2	2000	450					100	3	8.0	++	0	
DC=80		8525	1800		36	0	0	0	-149	350	6.0		0
SG1(40	sidegirder2	4000	450					100	3	8.0	++	0	
DC=80		8525	1800		36	0	0	0	-149	350	6.0		0
SG2(20	sidegirder2	2000	450					19	0	8.0	++	0	
DC=80		5775	1800		36	0	0	0	-28	350	4.0		0
CGDK1	CenterGird	0	500					99	3	12.0	++	0	
DC=80		8500	7200		36	0	0	0	-148	350	6.5		0
IB2	CenterGird	250	500					-124	8	10.0	++	0	
DC=80		900	600		45	0	0	0	186	350	6.0		0

5.1.2 Long. Stiffeners (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.537 Des. BM hogg 0.884 SW SF 0.413
1+av) = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria				Shogg	Tau	as built scantlings				Asse ssme nt	Error Notes	
				LoLC Z [mm]	I t	DCa stat	dyn [kNm/m]			Ssagg [N/mm ²]	Reh	t req. [mm]	W req. [cm ³]	As req. [cm ³]		
DK1	Stif10	-4500	500	WD				90	31	HP 160*	8.0				++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-147	350	0.0	8	0	369		0	
DK1	Stif11	5000	573	WD				90	31	HP 200*	9.0				++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-147	350	0.0	8	0	546		0	
DK1	Stif8	-3500	500	WD				90	35	HP 200*	9.0				++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-147	350	0.0	8	0	347		0	
DK1	Stif7	-3000	500	WD				90	31	HP 200*	9.0				++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-147	350	0.0	8	0	347		0	
DK1	Stif6	-2500	500	WD				90	26	HP 200*	9.0				++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-147	350	0.0	8	0	347		0	
DK1	Stif2	-1500	500	WD				90	17	HP 140*	8.0				++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-147	350	0.0	8	0	244		0	
DK2	Stif2	500	500					27	2	HP 140*	8.0				++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-44	350	0.0	0	0	48		0	
DK2	Stif6	2500	500					27	8	HP 140*	8.0				++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-44	350	0.0	0	0	48		0	
DK2	Stif7	3000	500					27	9	HP 140*	8.0				++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-44	350	0.0	0	0	48		0	
DK2	Stif8	3500	713					27	9	HP 140*	8.0				++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-44	350	0.0	0	0	72		0	
DK2	Stif2	1000	500					27	3	HP 140*	8.0				++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-44	350	0.0	0	0	48		0	
DK2	Stif2	1500	500					27	5	HP 140*	8.0				++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-44	350	0.0	0	0	48		0	
DK3	2	1500	500					-36	7	HP 140*	8.0				++	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	60	350	0.0	0	0	40		0	
DK3	1	2000	624					-36	7	HP 140*	8.0				++	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	60	350	0.0	0	0	51		0	
DK3	2	1000	500					-36	5	HP 140*	8.0				++	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	60	350	0.0	0	0	40		0	
DK3	2	500	500					-36	4	HP 140*	8.0				++	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	60	350	0.0	0	0	40		0	
SHELL	side	2994	458	S				-28	72	HP 280*	11.0				++	0
DC=63		3636	6000	45	0	64	0	45	350	0.0	312	4	490		0	

➤ Hs 6 m sudut 135

GL

POSEIDON 11.0.0.8340 (Rules: GL Ch.1)
Copyright © 2011 by Germanischer Lloyd

5.1.1 Long. Plates (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.414 Des. BM hogg 0.854 SW SF 0.413
1+av = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria				Shogg	Tau	t as built	Assessm	Error	
				LoLC Z	I	DCat	stat	dyn	p2	Ssagg	Rah	t req	Notes
		[mm]	[mm]							[N/mm ²]			
DK1	DK1	250	500	WD						126	5	8.0	++
DC=80		8750	1800	50	9	22	0	-159		350		7.0	0
DK1	DK1	4250	500	WD						126	43	8.0	+
DC=80		8750	1800	50	9	22	0	-159		350		8.0	0
DK1	DK1	5323	647	WD						126	39	12.0	++
DC=80		8750	1800	50	9	22	0	-159		350		9.5	0
DK2	DK2	250	500							30	1	6.0	++
DC=80		6000	1800	36	0	0	0	-38		350		4.0	0
DK2	DK2	3963	926							30	9	6.0	++
DC=80		6000	1800	36	0	0	0	-38		350		4.5	2
DK3	DK2	2374	747							-65	13	6.0	++
DC=80		3250	1800	36	0	0	0	-83		350		5.0	2
SHELL	Keel	104	208	S						-178	3	12.0	++
DC=80		0	600	63	36	64	0	225		350		10.6	6
SHELL	Bottom1	406	T	600	S					-170	7	13.0	++
XT DC=80		226	1195	80	36	64	0	215		350		11.5	2
SHELL	Bottom2	1754	500	S						-114	49	10.0	++
DC=80		1838	1800	50	18	66	0	145		350		8.6	0
SHELL	Side1	3117	458	S						-45	73	10.0	++
DC=80		3829	1800	36	0	62	0	57		350		8.6	0
SHELL	Side2	4542	458	S						37	68	10.0	++
DC=80		6198	1800	45	0	51	0	-47		350		8.6	0
CG	CenterGird	0	T	600	LG					-168	3	12.0	++
XT DC=80		300	900	56	0	0	0	212		350		10.0	1
CGDK2	CenterGird	0	174	LG						27	0	8.0	++
DC=80		5913	7200	36	0	0	0	-34		350		6.9	1
CGDK3	CenterGird	0	450	LG						-73	2	8.0	++
DC=80		3025	7200	36	0	0	0	93		350		6.9	1
SG1(20	sidegirder2	2000	450					118		3		8.0	++
DC=80		8525	1800	40	0	0	0	-149		350		6.0	0
SG1(40	sidegirder2	4000	450					118		3		8.0	++
DC=80		8525	1800	40	0	0	0	-149		350		6.0	0
SG2(20	sidegirder2	2000	450					22		0		8.0	++
DC=80		5775	1800	36	0	0	0	-28		350		4.0	0
CGDK1	CenterGird	0	500					117		3		12.0	++
DC=80		8500	7200	40	0	0	0	-148		350		6.5	0
IB2	CenterGird	250	500					-147		8		10.0	++
DC=80		900	600	50	0	0	0	186		350		6.5	0

GL

POSEIDON 11.0.0.8340 (Rules: GL Ch.1)
Copyright © 2011 by Germanischer Lloyd

5.1.4 Trans. Girders (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.414 Des. BM hogg 0.854 SW SF 0.413
1+av = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele.	Item	LoLC Y	LoLC Z	a	I	Design Criteria				Shogg	Tau	as built	scantlings	Ass	Error	
						DCat	stat	dyn	p2							
				[mm]	[mm]											
IB2	1	0	T	600						0	0	XT 241*10.0*100*10.0		++ (*)	0	
Ik=0;150 DC		900	1991	36	0	0	0	0		235	0.0	0	0	0	0	
SHELL	wo	3600	1800	S						0	0	XT 280*12.0*100*12.0		++ (*)	0	
DC=63		4617	3222	36	0	58	0	0		235	0.0	447	12	0	2	
SHELL	web	1912	1800	S						0	0	XT 391*10.0*100*10.0		++ (*)	0	
DC=63		2044	2933	36	16	71	0	0		235	0.0	452	12	0	2	
SHELL	web	3600	1800	S						0	0	XT 394*10.0*100*10.0		++ (*)	0	
DC=63		4617	3222	36	0	58	0	0		235	0.0	447	12	0	2	
SHELL	web	5198	1800	S						0	0	XT 380*8.0*100*8.0		++ (*)	0	
DC=63		7313	3046	36	0	47	0	0		235	0.0	321	9	0	2	
DK1	web	1000	1800	WD						0	0	XT 341*10.0*100*10.0		++ (*)	0	
DK1		8750	2000	36	0	16	0	0		235	0.0	48	1	0	0	
DK2	web	1000	1800							0	0	XT 340*10.0*100*10.0		++ (*)	0	
DK2		6000	2000	36	0	0	0	0		235	0.0	0	0	0	0	
DK3	web	1374	1800							0	0	XT 340*10.0*100*10.0		++ (*)	0	
DK3		3250	2747	36	0	0	0	0		235	0.0	0	0	0	0	



POSEIDON 11.0.0.8340 (Rules:GL Ch.1)
Copyright © 2011 by Germanischer Lloyd

5.1.2 Long. Stiffeners (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.414 Des. BM hogg 0.854 SW SF 0.413
1+av) = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria				Shogg Ssagg [N/mm ²]	Tau Reh	as built scantlings				Asse ssme nt	Error Notes
				DCa	stat	dyn	p2			treq	W req. [cm ³]	As req. [cm ³]	I req. [cm ⁴]		
DK1	Saf10	-4500	500	WD				126	34	HP 160* 8.0				++	0
DC=63		8750	1800	45	0	16	0	-159	350	0.0	8	0	0	0	0
DK1	Saf11	5000	573	WD				126	34	HP 200* 9.0				++	0
DC=63		8750	1800	45	0	16	0	-159	350	0.0	9	0	0	0	0
DK1	Saf18	-3500	500	WD				126	38	HP 200* 9.0				++	0
DC=63		8750	1800	45	0	16	0	-159	350	0.0	8	0	0	0	0
DK1	Saf7	-3000	500	WD				126	33	HP 200* 9.0				++	0
DC=63		8750	1800	45	0	16	0	-159	350	0.0	8	0	0	0	0
DK1	Saf6	2500	500	WD				126	29	HP 200* 9.0				++	0
DC=63		8750	1800	45	0	16	0	-159	350	0.0	8	0	0	0	0
DK1	Saf2	500	500	WD				126	9	HP 140* 8.0				++	0
DC=63		8750	1800	45	0	16	0	-159	350	0.0	8	0	0	0	0
DK2	Saf2	500	500					30	2	HP 140* 8.0				++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	0	0	0
DK2	Saf6	2500	500					30	7	HP 140* 8.0				++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	0	0	0
DK2	Saf7	3000	500					30	8	HP 140* 8.0				++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	0	0	0
DK2	SafB	3500	713					30	8	HP 140* 8.0				++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	0	0	0
DK2	Saf2	1000	500					30	3	HP 140* 8.0				++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	0	0	0
DK2	Saf2	1500	500					30	4	HP 140* 8.0				++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	0	0	0
DK3	2	1500	500					-65	10	HP 140* 8.0				++	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	83	350	0.0	0	0	0	0	0
DK3	1	2000	624					-65	10	HP 140* 8.0				++	0
DK3	2	1000	500					83	350	0.0	0	0	0	0	0
DK3	2	3250	1800	36	0	0	0	83	350	0.0	0	0	0	0	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	83	350	0.0	0	0	0	0	0
DK3	2	500	500					-65	5	HP 140* 8.0				++	0
SHELL	side	2994	458	S				-65	5	HP 140* 8.0				++	0
DC=63		3636	6000	45	0	64	0	66	350	0.0	312	4	0	0	0
SHELL	1	4658	458	S				44	66	HP 280*12.0				++	0
DC=63		6395	6000	56	0	50	0	-55	350	0.0	245	4	0	0	0
SHELL	1	-1289	478	S				-135	27	HP 280*12.0				++	0
DC=63		1250	6000	80	24	74	0	170	350	0.0	434	6	0	0	0
IB2	1	0	500					-147	8	HP 280*12.0				++	0
DC=63		900	6000	50	0	0	0	186	350	0.0	0	0	0	0	0

➤ 5 meter sudut 135



POSEIDON 11.0.0.8340 (Rules:GL Ch.1)
Copyright © 2011 by Germanischer Lloyd

5.1.4 Trans. Girders (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.537 Des. BM hogg 0.884 SW SF 0.413
1+av) = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria				Shogg Ssagg [N/mm ²]	Tau Reh	as built scantlings				Asse ssme nt	Error Notes
				DCa	stat	dyn	p2			t	[kN/m ²]	[N/mm ²]	[mm]	[cm ³]	[cm ³]
IB2	1	0	T 600					0	0	XT 241*10.0*100*10.0				++ (*)	0
I=0;150 DC		900	1991	36	0	0	0	0	235	0.0	0	0	0	0	0
SHELL	wo	3600	1800	S				0	0	XT 280*12.0*100*12.0				++ (*)	0
DC=63		4617	3222	36	0	58	0	0	235	0.0	447	12	732	2	2
SHELL	web	1912	1800	S				0	0	XT 391*10.0*100*10.0				++ (*)	0
DC=63		2044	2933	36	16	71	0	0	235	0.0	452	12	1395	2	2
SHELL	web	3600	1800	S				0	0	XT 394*10.0*100*10.0				++ (*)	0
DC=63		4617	3222	36	0	58	0	0	235	0.0	447	12	926	2	2
SHELL	web	5198	1800	S				0	0	XT 380*8.0*100*8.0				++ (*)	0
DC=63		7313	3046	36	0	47	0	0	235	0.0	321	9	1793	2	2
DK1	web	1000	1800	WD				0	0	XT 341*10.0*100*10.0				++ (*)	0
DK1		8750	2000	36	0	16	0	0	235	0.0	48	1	920	0	0
DK2	web	1000	1800					0	0	XT 340*10.0*100*10.0				++ (*)	0
DK2		6000	2000	36	0	0	0	0	235	0.0	0	0	218	0	0
DK3	web	1374	1800					0	0	XT 340*10.0*100*10.0				++ (*)	0
DK3		3250	2747	36	0	0	0	0	235	0.0	0	0	406	0	0

5.1.1 Long. Plates (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.537 Des. BM hogg 0.884 SW SF 0.413
1+av) = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria			Shogg	Tau	t as built	Assessm	Error Notes
				LoLC Z	I	DCat req.	stat	dyn	p2		
		[mm]	[mm]								
DK1	DK1	250	500	WD			97	5	8.0	++	0
DC=80		8750	1800	45	9	22	0	-159	350	7.0	0
DK1	DK1	4250	500	WD			97	43	8.0	+	0
DC=80		8750	1800	45	9	22	0	-159	350	8.0	0
DK1	DK1	5323	647	WD			97	39	12.0	++	0
DC=80		8750	1800	40	9	22	0	-159	350	9.5	0
DK2	DK2	250	500				23	1	6.0	++	0
DC=80		6000	1800	36	0	0	0	-38	350	4.0	0
DK2	DK2	3963	926				23	9	6.0	++	0
DC=80		6000	1800	36	0	0	0	-38	350	4.5	2
DK3	DK2	2374	747				-50	13	6.0	++	0
DC=80		3250	1800	36	0	0	0	83	350	4.5	2
SHELL	Keel	104	208	S			-137	3	12.0	++	0
DC=80		0	600	56	36	64	0	225	350	10.6	6
SHELL	Bottom1	406	T	600	S		-131	7	13.0	++	0
XT DC=80		226	1196	71	36	64	0	215	350	9.0	2
SHELL	Bottom2	1754	500	S			-88	49	10.0	++	0
DC=80		1838	1800	50	18	66	0	145	350	8.6	0
SHELL	Side1	3117	458	S			-35	73	10.0	++	0
DC=80		3829	1800	36	0	62	0	57	350	8.6	0
SHELL	Side2	4542	458	S			29	68	10.0	++	0
DC=80		6198	1800	40	0	51	0	-47	350	8.6	0
CG	CenterGird	0	T	600	LG		-129	3	12.0	++	0
XT DC=80		300	900	50	0	0	0	212	350	8.0	1
CGDK2	CenterGird	0	174	LG			21	0	8.0	++	0
DC=80		5913	7200	36	0	0	0	-34	350	6.9	1
CGDK3	CenterGird	0	450	LG			-56	2	8.0	++	0
DC=80		3025	7200	36	0	0	0	93	350	6.9	1
SG1(20)	sidegirder2	2000	450				91	3	8.0	++	0
DC=80		8525	1800	36	0	0	0	-149	350	6.0	0
SG1(40)	sidegirder2	4000	450				91	3	8.0	++	0
DC=80		8525	1800	36	0	0	0	-149	350	6.0	0
SG2(20)	sidegirder2	2000	450				17	0	8.0	++	0
DC=80		5775	1800	36	0	0	0	-28	350	4.0	0
CGDK1	CenterGird	0	500				90	3	12.0	++	0
DC=80		8500	7200	36	0	0	0	-148	350	6.5	0
IB2	CenterGird	250	500				-113	8	10.0	++	0
DC=80		900	600	45	0	0	0	186	350	5.5	0

5.1.2 Long. Stiffeners (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.537 Des. BM hogg 0.884 SW SF 0.413
1+av = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria			Shogg	Tau	as built scantlings			Asse ssme nt	Error Notes										
				LoLC Z	I	DCa	stat	dyn	p2	Ssagg	Reh	t req	W req.	As req	I req	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm ³	cm ⁴	Notes		
DK1	Stif10	-4500	500	WD	97	34	HP 160° 8.0														++	0	
DC=63		8750	1800	40	0	16	0	-159	350	0.0	8	0	0	413								0	
DK1	Stif11	5000	573	WD	97	34	HP 200° 9.0															++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-159	350	0.0	9	0	0	614								0	
DK1	Stif8	-3500	500	WD	97	38	HP 200° 9.0															++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-159	350	0.0	8	0	0	389								0	
DK1	Stif7	-3000	500	WD	97	33	HP 200° 9.0															++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-159	350	0.0	8	0	0	389								0	
DK1	Stif6	-2500	500	WD	97	29	HP 200° 9.0															++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16	0	-159	350	0.0	8	0	0	389								0	
DK1	Stif2	-1500	500	WD	97	18	HP 140° 8.0															++	0
DC=63		8750	1800	40	0	16	0	-159	350	0.0	8	0	0	272								0	
DK2	Stif2	600	500		23	2	HP 140° 8.0															++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	0	42								0	
DK2	Stif6	2500	500		23	7	HP 140° 8.0															++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	0	42								0	
DK2	Stif7	3000	500		23	8	HP 140° 8.0															++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	0	42								0	
DK2	Stif8	3500	713		23	8	HP 140° 8.0															++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	0	64								0	
DK2	Stif2	1000	500		23	3	HP 140° 8.0															++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	0	42								0	
DK2	Stif2	1500	500		23	4	HP 140° 8.0															++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	0	42								0	
DK3	2	1500	500		-50	10	HP 140° 8.0															++	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	83	350	0.0	0	0	0	56								0	
DK3	1	2000	624		-50	10	HP 140° 8.0															++	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	83	350	0.0	0	0	0	71								0	
DK3	2	1000	500		-50	8	HP 140° 8.0															++	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	83	350	0.0	0	0	0	56								0	
DK3	2	500	500		-50	5	HP 140° 8.0															++	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	83	350	0.0	0	0	0	56								0	
SHELL	side	2994	458	S	-40	73	HP 280° 11.0															++	0
DC=63		3636	6000	45	0	64	0	66	350	0.0	312	4	4	685								0	
SHELL	1	4658	458	S	34	66	HP 260° 12.0															++	0
DC=63		6395	6000	56	0	50	0	-55	350	0.0	245	4	4	2280								0	
SHELL	1	1289	478	S	-104	28	HP 280° 12.0															++	0
DC=63		1250	6000	71	24	74	0	170	350	0.0	434	6	6	2228								0	
IB2	1	0	500		-113	8	HP 280° 12.0															++	0
DC=63		900	6000	45	0	0	0	186	350	0.0	0	0	0	2176								0	

➤ Hs 4 m sudut 135

5.1.1 Long. Plates (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.537 Des. BM hogg 0.884 SW SF 0.413
(1+av) = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria				Shogg	Tau	t as built	Assessm	Error	
				LoLC Z	I	DCat req.	stat	dyn	p2	Ssagg	Reh	t req	Notes
DK1	DK1	250	500	WD						97	5	8.0	++ 0
DC=80		8750	1800	45	9	22	0	-159		350		6.4	0
DK1	DK1	1750	500	WD						97	18	8.0	++ 0
DC=80		8750	1800	45	9	22	0	-159		350		6.4	0
DK1	DK1	4250	500	WD						97	29	12.0	++ 0
DC=80		8750	1800	40	9	22	0	-159		350		6.4	0
DK2	DK2	250	500							23	1	6.0	++ 0
DC=80		6000	1800	36	0	0	0	-38		350		4.0	0
DK2	DK2	1750	500							23	4	6.0	++ 0
DC=80		6000	1800	36	0	0	0	-38		350		4.0	2
DK3	DK2	250	500							-50	3	6.0	++ 0
DC=80		3250	1800	36	0	0	0			83	350	4.0	2
SHELL	Keel	104	208	S						-137	3	12.0	++ 0
DC=80		0	600	56	38	64	0			225	350	10.6	6
SHELL	Bottom1	406	T 600	S						-131	7	13.0	++ 0
XT DC=80		226	1196	71	36	64	0	215		350		8.6	2
SHELL	Bottom2	1754	500	S						-88	49	10.0	++ 0
DC=80		1838	1800	50	18	66	0	145		350		8.6	0
SHELL	Side1	3117	458	S						-35	73	10.0	++ 0
DC=80		3829	1800	36	0	62	0	57		350		8.6	0
SHELL	Side2	4542	458	S						29	68	10.0	++ 0
DC=80		6198	1800	40	0	51	0	-47		350		8.6	0
CG	CenterGird	0	T 600	LG						-129	3	12.0	++ 0
XT DC=80		300	900	50	0	0	0	212		350		6.9	1
CGDK2	CenterGird	0	174	LG						21	0	8.0	++ 0
DC=80		5913	7200	36	0	0	0	-34		350		6.9	1
CGDK3	CenterGird	0	450	LG						-66	2	8.0	++ 0
DC=80		3025	7200	36	0	0	0	93		350		6.9	1
SG1(20)	sidegirder2	2000	450							91	3	8.0	++ 0
DC=80		8525	1800	36	0	0	0	-149		350		6.0	0
SG1(40)	sidegirder2	4000	450							91	3	8.0	++ 0
DC=80		8525	1800	36	0	0	0	-149		350		6.0	0
SG2(20)	sidegirder2	2000	450							17	0	8.0	++ 0
DC=80		5775	1800	36	0	0	0	-28		350		4.0	0
CGDK1	CenterGird	0	500							90	3	12.0	++ 0
DC=80		8500	7200	36	0	0	0	-148		350		6.5	0
IB2	CenterGird	250	500							-113	8	10.0	++ 0
DC=80		900	600	45	0	0	0	186		350		5.0	0

5.1.4 Trans. Girders (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.537 Des. BM hogg 0.884 SW SF 0.413
(1+av) = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele.	Item	LoLC Y	LoLC Z	a	Design Criteria				Shogg	Tau	as built	scantlings	Asse	Error
					DCA	stat	dyn	p2						
IB2	1	0	T 600						0	0	XT 241*10.0*100*10.0		++ (*)	0
Ik=0;150 DC		900	1991	36	0	0	0	0	0	235	0.0	0	0	706
SHELL	wo	3600	1800	S					0	0	XT 280*12.0*100*12.0		++ (*)	0
DC=63		4617	3222	36	0	58	0	0	0	235	0.0	447	12	732
SHELL	web	1912	1800	S					0	0	XT 391*10.0*100*10.0		++ (*)	0
DC=63		2044	2933	36	16	71	0	0	0	235	0.0	452	12	1395
SHELL	web	3600	1800	S					0	0	XT 394*10.0*100*10.0		++ (*)	0
DC=63		4617	3222	36	0	58	0	0	0	235	0.0	447	12	926
SHELL	web	5198	1800	S					0	0	XT 380*8.0*100*8.0		++ (*)	0
DC=63		7313	3046	36	0	47	0	0	0	235	0.0	321	9	1793
DK1	web	1000	1800	WD					0	0	XT 341*10.0*100*10.0		++ (*)	0
Ik=325;0 DC		8750	2000	36	0	16	0	0	0	235	0.0	48	1	920
DK2	web	1000	1800						0	0	XT 340*10.0*100*10.0		++ (*)	0
Ik=325;0 DC		6000	2000	36	0	0	0	0	0	235	0.0	0	0	218
DK3	web	1374	1800						0	0	XT 340*10.0*100*10.0		++ (*)	0
Ik=0;325 DC		3250	2747	36	0	0	0	0	0	235	0.0	0	0	406

5.1.2 Long. Stiffeners (Frame No: 142 F/A: F)

X = 85.200 SW BM hogg 0.537 Des. BM hogg 0.884 SW SF 0.413
1+av = 1.688 sagg 0.127 sagg 0.782 Des. SF 0.853

Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria			Shogg	Tau	as built scantlings				Assessment	Error Notes	
				LoLC Z	I DCa	t stat	dyn	p2	Ssagg	Reh	t req [mm]	W req [cm ³]	As req [cm ³]	I req [cm ⁴]	
DK1	Stif10	-4500	500	WD					97	34	HP 160* 8.0			++	0
DC=63		8750	1800	40	0	16		0	-159	350	0.0	8	0	413	0
DK1	Stif11	5000	573	WD					97	34	HP 200* 9.0			++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16		0	-159	350	0.0	9	0	614	0
DK1	Stif8	-3500	500	WD					97	38	HP 200* 9.0			++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16		0	-159	350	0.0	8	0	389	0
DK1	Stif7	-3000	500	WD					97	33	HP 200* 9.0			++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16		0	-159	350	0.0	8	0	389	0
DK1	Stif6	-2500	500	WD					97	29	HP 200* 9.0			++	0
DC=63		8750	1800	36	0	16		0	-159	350	0.0	8	0	389	0
DK1	Stif2	-1500	500	WD					97	18	HP 140* 8.0			++	0
DC=63		8750	1800	40	0	16		0	-159	350	0.0	8	0	272	0
DK2	Stif2	500	500						23	2	HP 140* 8.0			++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	42	0
DK2	Stif6	2500	500						23	7	HP 140* 8.0			++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	42	0
DK2	Stif7	3000	500						23	8	HP 140* 8.0			++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	42	0
DK2	Stif8	3500	713						23	8	HP 140* 8.0			++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	64	0
DK2	Stif2	1000	500						23	3	HP 140* 8.0			++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	42	0
DK2	Stif2	1500	500						23	4	HP 140* 8.0			++	0
DC=63		6000	1800	36	0	0	0	0	-38	350	0.0	0	0	42	0
DK3	2	1500	500						-50	10	HP 140* 8.0			++	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	0	83	350	0.0	0	0	56	0
DK3	1	2000	624						-50	10	HP 140* 8.0			++	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	0	83	350	0.0	0	0	71	0
DK3	2	1000	500						-50	8	HP 140* 8.0			++	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	0	83	350	0.0	0	0	56	0
DK3	2	500	500						-50	5	HP 140* 8.0			++	0
DC=63		3250	1800	36	0	0	0	0	83	350	0.0	0	0	56	0
SHELL	side	2994	458	S					-40	73	HP 280*11.0			++	0
DC=63		3636	6000	45	0	64		0	66	350	0.0	312	4	685	0
SHELL	1	4658	458	S					34	66	HP 260*12.0			++	0
DC=63		6395	6000	56	0	50		0	-55	350	0.0	245	4	2280	0
SHELL	1	1289	478	S					-104	28	HP 280*12.0			++	0
DC=63		1250	6000	71	24	74		0	170	350	0.0	434	6	2228	0
IB2	1	0	500						-113	8	HP 280*12.0			++	0
DC=63		900	6000	45	0	0	0	0	186	350	0.0	0	0	2176	0

BIODATA PENULIS



Sugiyarto, 17 Agustus 1994 penulis dilahirkan dikota Klaten, Jawa tengah. Penulis merupakan anak terakhir dari pernikahan pasangan Sartono dan Mudjiyem. Penulis menempuh pendidikan formal dikota kelahiran dari TK ABA Karangtalun, MIM Karangtalun, Beranjak remaja penulis meneruskan sekolah di SMP N 1 Karangdowo dilanjutkan ke SMA N 1 Cawas, Penulis lulus dari SMA N 1 cawas tahun 2012. Selanjutnya penulis menempuh tahapan program Sarjana di

Jurusan Teknik Perkalan FTK ITS sampai sekarang.

Di Jurusan Teknik Perkapalan ITS penulis mengambil bidang studi Rekayasa Perkapalan bidang keahlian Hidrodinamika Kapal. Semasa kuliah penulis juga aktif di beberapa organisasi meliputi Staff Kesejahteraan Mahasiswa HIMATEKPAL ITS (2013/2014), Staff ahli Kemahasiswaan HIMATEKPAL 2014/2015, Koordinator 2012 KMKS (Keluarga Mahasiswa Klaten Surabaya) dan Ketua Regional Timur KMKI (Keluarga Mahasiswa Klaten Indonesia) 2013/2014.

Penulis juga menguasai beberapa *software* penunjang perkapanan meliputi; Autocad, Maxsurf (Design Hull, Intact Stability, Hull Speed), Ansys Aqwa dan Poseidon.

Email : Arto.sugi94@gmail.com

Mobile Phone : 085726857968