



TUGAS AKHIR - MN 141581

**ANALISIS PENGARUH GERAKAN KAPAL TERHADAP
ADDED WAVE RESISTANCE STUDI KASUS : KAPAL
*CORVETTE***

Yuda Wikara Kusumah

NRP 04111340000077



TUGAS AKHIR - MN 141581

**ANALISIS PENGARUH GERAKAN KAPAL TERHADAP
ADDED WAVE RESISTANCE STUDI KASUS : KAPAL
*CORVETTE***

Yuda Wikara Kusumah

NRP 04111340000077

Dosen Pembimbing

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

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

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018



FINAL PROJECT - MN 141581

**STUDY ON THE INFULUENCE OF SHIP MOTION TO
ADDED WAVE RESISTANCE ON CORVETTE WARSHIP**

Yuda Wikara Kusumah

NRP 04111340000077

Supervisor(s)

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

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

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SURABAYA

2018

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH GERAKAN KAPAL TERHADAP *ADDED WAVE RESISTANCE* STUDI KASUS : KAPAL *CORVETTE*

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

YUDA WIKARA KUSUMAH

NRP 4113100077

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

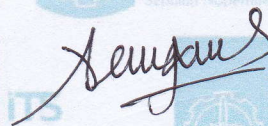
Dosen Pembimbing I



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

NIP 19710320 199512 1 002

Dosen Pembimbing II



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

NIP 19900513 201404 1 001

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Perkapalan



Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, JANUARI 2018

LEMBAR REVISI

ANALISIS PENGARUH GERAKAN KAPAL TERHADAP *ADDED WAVE RESISTANCE* STUDI KASUS : KAPAL *CORVETTE*

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 24 Januari 2018

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Hidrodinamika
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

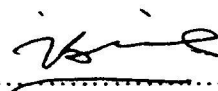
Oleh:

YUDA WIKARA KUSUMAH

NRP 04111340000077

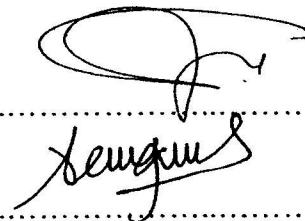
Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Sri Rejeki, S.T., M.T.
2. Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D
3. Dr. Ir. Ketut Suastika, M.Sc.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Aries Sulisetyono S.T., MA.Sc., Ph.D.
2. Teguh Putranto S.T., M.T.



SURABAYA, 24 JANUARI 2018

Dipersembahkan kepada Ibu (Henni Kariah) dan Bapak (Djohardi Angga Kusumah) tercinta
atas segala dukungan dan doanya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

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

1. Allah SWT.
2. Ibu, Bapak, dan segenap keluarga penulis yang telah memberikan dukungan dan doa nya.
3. Bapak Aries Sulisetyono S.T., MA.Sc., Ph.D. dan Bapak Teguh Putranto, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Teguh Putranto S.T., M.T. selaku Dosen Wali yang telah memberikan bimbingan, waktu, ilmu, dan arahan kepada penulis selama masa perkuliahan.
5. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan FTK-ITS.
6. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Perkapalan FTK-ITS.
7. Teman-teman Departemen Perkapalan Angkatan 2013 atas pertemanan dan kerja sama selama masa perkuliahan.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis mengerjakan Tugas Akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

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

Surabaya, 24 Januari 2018

ANALISIS PENGARUH GERAKAN KAPAL TERHADAP ADDED WAVE RESISTANCE STUDI KASUS : KAPAL CORVETTE

Nama Mahasiswa : Yuda Wikara Kusumah
NRP : 04111340000077
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Aries Sulisetyono, S.T., MA.Sc., Ph.D.
2. Teguh Putranto, S.T., M.T.

ABSTRAK

Ketika kapal berlayar di laut, kapal membutuhkan tenaga tambahan. Hal ini disebabkan pada perairan bergelombang kapal mengalami gerakan heave dan pitch yang bisa mengakibatkan adanya *added wave resistance*, *added power*, dan *speed loss*. Nilai *added wave resistance* terbesar untuk ketiga metode terdapat pada *sea state* 6, dengan *heading angle* 90. Hasil *added wave resistance* menggunakan metode Havelock Theory tertinggi yaitu 33.33 KN. Nilai terbesar *added wave resistance* dengan menggunakan Salvesen yaitu sebesar 24.73 KN. Untuk metode Gerritsma & Beukelman nilai tertinggi yaitu sebesar 45.89 KN. Nilai RMS terbesar antara metode Havelock dengan Gerritsma & Beukelman yaitu 0,969 pada *sea state* 2 dan *heading angle* 180. Sedangkan antara metode Havelock dengan Salvesen nilai RMS terbesar yaitu 0,932 pada *sea state* 2 dan *heading angle* 135. Untuk perbandingan antara metode Gerritsma & Beukelman dengan Salvesen, didapatkan nilai RMS terbesar yaitu 2,771 pada *sea state* 2 dan *heading angle* 180. Nilai *added power* untuk metode Salvesen, Gerritsma & Beukelman, dan Havelock Theory memiliki nilai terbesar pada *sea state* 6 dengan *heading angle* 90. Nilai *added power* tertinggi untuk metode Salvesen yaitu 381.6 kW. Untuk metode Gerritsma & Beukelman memiliki nilai *added power* terbesar yaitu 708.1 kW. Nilai terbesar *added power* untuk metode Havelock Theory yaitu 514.4 kW. Nilai *speed loss* untuk metode Salvesen, Gerritsma & Beukelman, dan Havelock Theory memiliki nilai terbesar pada *sea state* 6 dengan *heading angle* 90. Nilai *speed loss* tertinggi untuk metode Salvesen yaitu 0.2053 knot. Untuk metode Gerritsma & Beukelman memiliki nilai *speed loss* terbesar yaitu 1.1328 knot. Nilai terbesar *speed loss* untuk metode Havelock Theory yaitu 1.0009 knot.

Kata Kunci: Kapal *Corvette*, *Added Wave Resistance*, *Added Power*, *Speed Loss*

STUDY ON THE INFULUENCE OF SHIP MOTION TO ADDED WAVE RESISTANCE ON CORVETTE WARSHIP

Author : Yuda Wikara Kusumah
ID No. : 04111340000077
Dept. / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisors : 1. Aries Sulisetyono, S.T., MA.Sc., Ph.D.
2. Teguh Putranto S.T.,M.T.

ABSTRACT

A ship needs an added power when it is sailing through a seaway. The reason behind this is because when a ship sails through a seaway, the ships experienced a heave and pitch motion that results in added wave resistance, added power, and speed loss. The added wave resistance is calculated with Havelock Theory, Gerritsma & Beukelman, and Salvesen method which the highest results for the three method is in sea state 6, with 90 heading angle. The highest added wave resistance result for Havelock Theory is 33.33 KN, for Salvesen is 24.73 KN, and for Gerritsma & Beukelman method is 45.89 KN. The highest RMS result between Havelock Theory and Gerritsma & Beukelman method is 0,969 which happened in sea state 2 with 180 heading angle, between Havelock Theory and Salvesen is 0,932 which happened in sea state 2 with 135 heading angle, and for Gerritsma & Beukelman and Salvesen method is 2.771 which happened in sea state 2 with 180 heading angle. The calculation for added power is using EHP (Effective Horse Power). The highest result of added power for Salvesen, Gerritsma & Beukelman, and Havelock Theory method happened in sea state 6 with heading angle 90. The highest result of added power for salvesen method is 381.6 kW. For Gerritsma & Beukelman method the highest result of added power is 708.1 kW and the highest result of added power for Havelock Theory method is 514.4 kW. After the added power is calculated then the speed loss could be obtained. The highest speed loss for the three method is in sea state 6 with 90 heading angle. The highest result for Salvesen is 0.2053 knot, for Gerritsma & Beukelman is 1.1328 knot, and for Havelock Theory is 1.0009 knot.

Keywords: Corvette Warship, Added Wave Resistance, Added Power, Speed Loss

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
Bab I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah.....	1
I.2. Perumusan Masalah.....	2
I.3. Tujuan.....	2
I.4. Batasan Masalah.....	2
I.5. Manfaat.....	3
Bab II STUDI LITERATUR	5
II.1. Dasar Teori.....	5
II.1.1. Kapal Korvet.....	5
II.1.2. Gelombang Laut	6
II.1.3. <i>Seakeeping</i> Kapal	7
II.1.4. Sea State	11
II.1.5. <i>Added Wave Resistance</i>	12
II.1.6. <i>Added Wave Resistance</i> Gelombang Irregular	16
II.1.7. <i>Added Power</i>	16
II.1.8. <i>Root Mean Square</i>	16
II.1.9. <i>Speed Loss</i>	17
II.1.10. Perangkat Lunak Maxsurf Motions	17
II.2. Tinjauan Pustaka	18
Bab III METODOLOGI	21

III.1.	Diagram Alir	21
III.2.	Studi Literatur	24
III.3.	Data Kapal.....	24
III.4.	Permodelan Kapal	25
III.5.	Maxsurf Motions.....	26
III.5.1.	Pemodelan.....	27
III.5.2.	Metode Analisis	28
III.5.3.	<i>Vessel Draft and Trim</i>	28
III.5.4.	Jenis Kapal.....	29
III.5.5.	<i>Environment</i>	30
III.5.6.	<i>Strip Theory Method</i>	30
III.5.7.	Pengaturan Kecepatan Kapal, dan Gelombang.....	31
III.5.8.	Perhitungan <i>Motion</i>	32
III.5.9.	Perhitungan Wave Encounter Spectrum	32
III.6.	Perhitungan <i>Added Wave Resistance</i>	33
III.7.	Perhitungan <i>Added Wave Resistance</i> pada Gelombang Irregular	33
III.8.	Perhitungan <i>Added Power</i>	34
III.9.	Perhitungan RMS	34
III.10.	Perhitungan <i>Speed Loss</i>	34
III.11.	Kesimpulan.....	34
Bab IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
IV.1.	RAO <i>Heave</i> dan <i>Pitch</i> Kapal <i>Corvette</i>	35
IV.2.	<i>Wave Spectrum</i>	36
IV.3.	Perhitungan <i>Added Wave Resistance</i> Menggunakan Metode Havelock	38
IV.4.	Perhitungan <i>Added Wave Resistance</i> Menggunakan Metode Salvesen	40
IV.5.	Perhitungan <i>Added Wave Resistance</i> Menggunakan Metode Gerritsma & Beukelman	43
IV.6.	Analisis Perbandingan <i>Added Wave Resistance</i>	45
IV.7.	RMS (<i>Root Mean Square</i>).....	59
IV.8.	Perhitungan <i>Added Power</i>	63

IV.9.	<i>Speed Loss</i>	65
Bab V KESIMPULAN DAN SARAN		69
V.1.	Kesimpulan.....	69
V.2.	Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA.....		71
LAMPIRAN A RAO HEAVE DAN PITCH KAPAL PERANG TIPE <i>CORVETTE</i>		
LAMPIRAN B ENCOUNTER WAVE SPECTRUM DENGAN HEADING ANGLE 180, 135, dan 90		
LAMPIRAN C ADDED WAVE RESISTANCE MENGGUNAKAN HAVELOCK		
LAMPIRAN D ADDED WAVE RESISTANCE MENGGUNAKAN METODE SALVESEN		
LAMPIRAN E ADDED WAVE RESISTANCE MENGGUNAKAN METODE GERRITSMA & BEUKELMAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Kapal <i>Corvette</i>	5
Gambar II.2. a. Gelombang <i>Regular</i> b, c. Gelombang <i>Irregular</i>	7
Gambar II.3 Derajat Kebebasan Kapal Pada <i>Seakeeping</i>	8
Gambar II.4 Gelombang pada Variasi Frekuensi Gelombang	10
Gambar II.5 <i>Speed Loss</i>	10
Gambar III.1 Diagram Alir	23
Gambar III.2 Permodelan Kapal dengan Menggunakan <i>software</i> Maxsurf	25
Gambar III.3 <i>Linesplan</i> Kapal <i>Corvette</i>	26
Gambar III.4 <i>Open Design</i>	27
Gambar III.5 <i>Analysis Method</i>	28
Gambar III.6 <i>Vessel Draft and Trim</i>	29
Gambar III.7 <i>Vessel Type</i>	29
Gambar III.8 <i>Environment</i>	30
Gambar III.9 <i>Strip Theory Method</i>	31
Gambar III.10 <i>Inputs</i>	31
Gambar III.11 Hasil Solving Maxsurf Motion	33
Gambar IV.1 RAO <i>Heave</i>	35
Gambar IV.2 RAO <i>Pitch</i>	36
Gambar IV.3 <i>Wave Encounter Spectrum Heading Angle 180°</i>	37
Gambar IV.4 <i>Wave Encounter Spectrum Heading Angle 135°</i>	37
Gambar IV.5 <i>Encounter Wave Spectrum Heading Angle 90°</i>	38
Gambar IV.6 <i>Added Wave Resistance Havelock Heading Angle 180</i>	38
Gambar IV.7 <i>Added Wave Resistance Havelock Heading Angle 135</i>	39
Gambar IV.8 <i>Added Wave Resistance Havelock Heading Angle 90</i>	39
Gambar IV.9 <i>Added Wave Resistance Irreguler Havelock</i>	40
Gambar IV.10 <i>Added Wave Resistance Salvesen Heading Angle 180</i>	41
Gambar IV.11 <i>Added Wave Resistance Salvesen Heading Angle 135</i>	41
Gambar IV.12 <i>Added Wave Resistance Salvesen Heading Angle 90</i>	42

Gambar IV.13 <i>Added Wave Resistance Irregular Salvesen</i>	42
Gambar IV.14 <i>Added Wave Resistance Gerritsma & Beukelman 180</i>	43
Gambar IV.15 <i>Added Wave Resistance Gerritsma & Beukelman Heading Angle 135</i>	44
Gambar IV.16 <i>Added Wave Resistance Gerritsma & Beukelman Heading Angle 90</i>	44
Gambar IV.17 <i>Added Wave Resistance Irregular Gerritsma & Beukelman</i>	45
Gambar IV.18 <i>Added Wave Resistance Sea State 2 Heading Angle 90</i>	46
Gambar IV.19 <i>Added Wave Resistance Sea State 3 Heading Angle 90</i>	47
Gambar IV.20 <i>Added Wave Resistance Sea State 4 Heading Angle 90</i>	47
Gambar IV.21 <i>Added Wave Resistance Sea State 5 Heading Angle 90</i>	48
Gambar IV.22 <i>Added Wave Resistance Sea State 6 Heading Angle 90</i>	49
Gambar IV.23 <i>Added Wave Resistance Sea State 2 Heading Angle 135</i>	50
Gambar IV.24 <i>Added Wave Resistance Sea State 3 Heading Angle 135</i>	50
Gambar IV.25 <i>Added Wave Resistance Sea State 4 Heading Angle 135</i>	51
Gambar IV.26 <i>Added Wave Resistance Sea State 5 Heading Angle 135</i>	52
Gambar IV.27 <i>Added Wave Resistance Sea State 6 Heading Angle 135</i>	53
Gambar IV.28 <i>Added Wave Resistance Sea State 2 Heading Angle 180</i>	54
Gambar IV.29 <i>Added Wave Resistance Sea State 3 Heading Angle 180</i>	54
Gambar IV.30 <i>Added Wave Resistance Sea State 4 Heading Angle 180</i>	55
Gambar IV.31 <i>Added Wave Resistance Sea State 5 Heading Angle 180</i>	56
Gambar IV.32 <i>Added Wave Resistance Sea State 6 Heading Angle 180</i>	56
Gambar IV.33 <i>Added Wave Resistance Irregular Heading Angle 180</i>	57
Gambar IV.34 <i>Added Wave Resistance Irregular Heading Angle 135</i>	58
Gambar IV.35 <i>Added Wave Resistance Irregular Heading Angle 90</i>	58
Gambar IV.36 <i>Added Power Metode Salvesen</i>	63
Gambar IV.37 <i>Added Power Metode Gerritsma & Beukelman</i>	64
Gambar IV.38 <i>Added Power Metode Havelock</i>	64
Gambar IV.39 <i>Speed dan Power Havelock, Sea State 6, Heading Angle 90</i>	62
Gambar IV.40 <i>Speed dan Power Gerritsma & Beukelman, Sea State 6, Heading Angle 90</i> ...	63
Gambar IV.41 <i>Speed dan Power Salvesen, Sea State 6, Heading Angle 90</i>	64

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Persamaan Response Amplitude Operator (RAO)	9
Tabel II.2 <i>Sea State</i>	12
Tabel III.1 Ukuran Utama dan Hidrostatik Kapal Corvette	24
Tabel IV.1 Perbandingan <i>Added Wave Resistance Heading Angle 180, sea state 2</i>	60
Tabel IV.2 Perbandingan <i>Added Wave Resistance Heading Angle 135, sea state 2</i>	56
Tabel IV.3 Perbandingan <i>Added Wave Resistance Heading Angle 90, sea state 2</i>	57
Tabel IV.4 Perbandingan <i>Added Wave Resistance Heading Angle 180, sea state 3</i>	57
Tabel IV.5 Perbandingan <i>Added Wave Resistance Heading Angle 135, sea state 3</i>	57
Tabel IV.6 Perbandingan <i>Added Wave Resistance Heading Angle 90, sea state 3</i>	57
Tabel IV.7 Perbandingan <i>Added Wave Resistance Heading Angle 180, sea state 4</i>	57
Tabel IV.8 Perbandingan <i>Added Wave Resistance Heading Angle 135, sea state 4</i>	58
Tabel IV.9 Perbandingan <i>Added Wave Resistance Heading Angle 90, sea state 4</i>	58
Tabel IV.10 Perbandingan <i>Added Wave Resistance Heading Angle 180, sea state 5</i>	58
Tabel IV.11 Perbandingan <i>Added Wave Resistance Heading Angle 135, sea state 5</i>	58
Tabel IV.12 Perbandingan <i>Added Wave Resistance Heading Angle 90, sea state 5</i>	58
Tabel IV.13 Perbandingan <i>Added Wave Resistance Heading Angle 180, sea state 6</i>	59
Tabel IV.14 Perbandingan <i>Added Wave Resistance Heading Angle 135, sea state 6</i>	59
Tabel IV.15 Perbandingan <i>Added Wave Resistance Heading Angle 90, sea state 6</i>	59
Tabel IV.16 <i>Speed Loss, Havelock, Kecepatan 30 knot</i>	63
Tabel IV.17 <i>Speed Loss, Gerritsma & Beukelman, Kecepatan 30 knot</i>	64
Tabel IV.18 <i>Speed Loss, Salvesen, Kecepatan 30 knot</i>	65

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia memiliki wilayah laut yang luas dengan kondisi perairan yang berbeda-beda. Kondisi laut yang berbeda-beda ini dikelompokkan menjadi beberapa tingkatan yang disebut *sea state*. *Sea state* adalah kondisi laut yang meliputi besarnya kecepatan angin, ketinggian gelombang, panjang gelombang dan periode gelombang. Skala *sea state* adalah 0 sampai 9. Semakin meningkat kondisi *sea state* maka semakin meningkat pula kondisi laut.

Kapal korvet merupakan jenis kapal perang yang lebih kecil dari fraget dan lebih besar dari kapal patrol pantai. Biasanya kapal korvet dimasukkan kedalam kategori kapal patrol yang mampu menyelesaikan operasi sergap dan serbu secara mandiri. Dilihar dari fungsinya kapal ini merupakan kapal yang membutuhkan kecepatan yang tinggi pada berbagai macam perairan guna melindungi wilayah, masyarakat, dan sumber daya yang ada di perairan. Seperti diketahui Indonesia yang memiliki wilayah lautan yang sangat luas sehingga rawan pelanggaran yang terjadi di wilayah perairan seperti *illegal fishing*, *human trafficking*, penyelundupan barang, terorisme dan juga pembajakan. Kapal perang tipe korvet dapat menjadi alat utama sistem pertahanan Negara (ALUTISTA) untuk meningkatkan sektor pertahanan militer Nasional di wilayah perairan Indonesia.

Analisis gerakan kapal korvet yang berlayar pada perairan Indonesia sangat perlu untuk dilakukan dalam proses desainnya. Hal ini dapat memberikan jaminan keselamatan dan performance kapal tersebut untuk berlayar, mengingat kapal korvet beroperasi pada kecepatan tinggi dan perairan Indonesia yang luas memiliki kondisi *sea state* yang berbeda beda. Untuk mencapai kecepatan yang diinginkan terdapat beberapa pendekatan yang bisa dilakukan, salah satunya yaitu dengan mengetahui seberapa besar hambatan yang terjadi pada kapal. Hambatan itu sendiri terdiri dari beberapa komponen, ada hambatan yang disebabkan udara, hambatan yang disebabkan gelombang, dll. Salah satu komponen hambatan yang sangat berpengaruh yaitu adalah *added wave resistance*.

Secara umum, fokus dalam mendesain kapal hanya pada hambatan kapal dan performa pada air tenang walaupun akhir – akhir ini terdapat beberapa perubahan dalam optimasi dan desain lambung kapal. Namun, ketika kapal berlayar di lautan, kapal membutuhkan tenaga tambahan apabila dibandingkan dengan tenaga yang dibutuhkan kapal ketika berjalan

melewati perairan tenang. Penurunan performa pada lautan ini biasanya dihitung dengan menambahkan 15-30% pada tenaga yang dibutuhkan di perairan tenang (Jorgen Storm-Tejsen, 1973). Prediksi yang lebih akurat dibutuhkan untuk menentukan *added wave resistance*, karena dengan mengetahui besarnya *added wave resistance* maka dapat ditentukan berapa besar power yang dapat dibutuhkan oleh kapal korvet yang sedang didesain.

I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dikaji dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana olah gerak *heaving* dan *pitching* kapal korvet pada *sea state* 2-6?
2. Berapa besar nilai *added wave resistance* pada kapal korvet?
3. Bagaimana hubungan *sea state* dengan *added wave resistance*?
4. Bagaimana perbedaan nilai *added wave resistance* antara Havelock Theory, Gerritsma & Beukelman, dan Salvesen pada *sea state* 2-6?
5. Berapa besar nilai *added power* pada kapal korvet?
6. Berapa besar nilai *speed loss* pada kapal korvet?

I.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui respon gerak *heave* dan *pitch* dari kapal korvet pada *sea state* 2-6..
2. Mengetahui nilai *added wave resistance* yang terjadi pada kapal korvet dengan menggunakan metode Havelock Theory, Gerritsman & Beukelman, dan Salvesen pada *sea state* 2-6
3. Mengetahui hubungan *sea state* dengan *added wave resistance*.
4. Mengetahui perbedaan nilai *added wave resistance* antara Havelock Theory, Gerritsma & Beukelman, dan Salvesen pada *sea state* 2-6
5. Mengetahui nilai *added power* yang terjadi pada kapal korvet dengan menggunakan metode Havelock Theory, Gerritsman & Beukelman, dan Salvesen pada *sea state* 2-6
6. Mengetahui nilai *speed loss* yang terjadi pada kapal korvet pada *sea state* 2-6

I.4. Batasan Masalah

Agar penyusunan tugas akhir ini dapat lebih terarah, maka diberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Perhitungan *added wave resistance* adalah untuk kapal korvet dengan ukuran utama sebagai berikut: LOA = 106 m; B = 14 m; H = 8.75 m; T = 3.70 m
2. Perhitungan *added wave resistance* dengan menggunakan Havelock Theory, Gerritsma & Beukelman, dan Salvesen
3. Perhitungan olah gerak kapal hanya *heaving* dan *pitching*, karena gerakan *motion heaving* dan *pitching* memiliki pengaruh paling besar terhadap *added wave resistance* (Rebull, 2014).
4. Perhitungan olah gerak kapal menggunakan perangkat lunak Maxsurf Motion
5. Variasi *heading angle* yang digunakan adalah 180, 135, dan 90.
6. Rentang *sea state* yang digunakan adalah *sea state* 2-6, dimana semakin tinggi *sea state* maka kondisi suatu perairan semakin meningkat. Pada *sea state* 2 merupakan kondisi perairan dengan gelombang yang kecil dan masih tergolong tenang, sementara pada *sea state* 6 terdapat gelombang yang besar dan puncak gelombang lebih luas. Pada *sea state* 6 kondisi perairan sangat buruk.

I.5. Manfaat

Dari Tugas Akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut:

1. Secara akademis, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat menunjang proses belajar mengajar dan turut memajukan khazanah Pendidikan di Indonesia.
2. Secara praktek, diharapkan hasil dari Tugas Akhir ini dapat berguna sebagai referensi pertimbangan desain kapal korvet yang optimum

I.6. Hipotesis

Terdapat perbedaan hasil *added wave resistance*, dan *added power* antara metode Havelock, Gerritsma & Beukelman, dan Salvesen

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1. Dasar Teori

II.1.1. Kapal Korvet

Korvet merupakan jenis kapal perang yang lebih kecil dari fregat dan lebih besar dari kapal patroli pantai, walaupun banyak desain terbaru yang menyamai fregat dalam ukuran dan tugas. Biasanya dimasukan kategori sebagai kapal patroli yang mampu melakukan operasi sergap dan serbu secara mandiri. Istilah korvet 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. Angkatan Laut Inggris kemudian juga mengadopsi istilah ini pada abad ke-19.



Gambar II.1 Kapal Corvette

Desain kapal korvet yang umum seperti pada Gambar II.1 digunakan hingga saat ini merupakan hasil pengembangan dari kapal penangkap ikan paus (*whale chatcher*). Kapal ini merupakan jawaban akan kapal perusak/*destroyer* atau kapal penghancur kapal torpedo (*torpedo boat destroyer*) yang berukuran lebih besar. Di mana Angkatan Laut Inggris memerlukan kapal kecil dan gesit dengan tugas melindungi kapal-kapal dagangnya.

Kapal korvet sendiri memiliki fungsi yang serupa dengan kapal perusak, tetapi berukuran lebih kecil.

Kapal korvet, selain kapal fregat adalah kapal yang menjadi primadona bagi Angkatan Laut di berbagai negara, mengingat kemampuannya yang cukup tinggi. Kapal Korvet selain menyanggah persenjataan yang cukup modern dan dilengkapi dengan rudal sehingga cukup mematikan bila berhadapan dengan kapal-kapal perang yang lainnya. Desain kapal korvet yang terbaru juga mampu mengangkut helikopter. Begitupun harganya cukup terjangkau oleh banyak negara.

II.1.2. Gelombang Laut

Gelombang dibedakan menjadi dua macam, yaitu gelombang sinusoidal dan gelombang trochoidal. Karena jenis gelombang tersebut sangat kompleks maka untuk melakukan perhitungan ilmiah dilakukan pendekatan agar dapat digambarkan sifat dari gelombang yang kita gunakan. Gelombang sinusoidal adalah gelombang harmonik yang mengikuti fungsi sinus, bagian puncak dan lembah gelombang mempunyai bentuk yang sama. Sedangkan gelombang trochoidal mempunyai puncak gelombang yang runcing dengan lembah gelombang yang datar dan lebih panjang. Jenis gelombang ini lebih sulit diterapkan dalam perhitungan meskipun bentuknya lebih mendekati bentuk gelombang sesungguhnya (Bhattacharya, 1978).

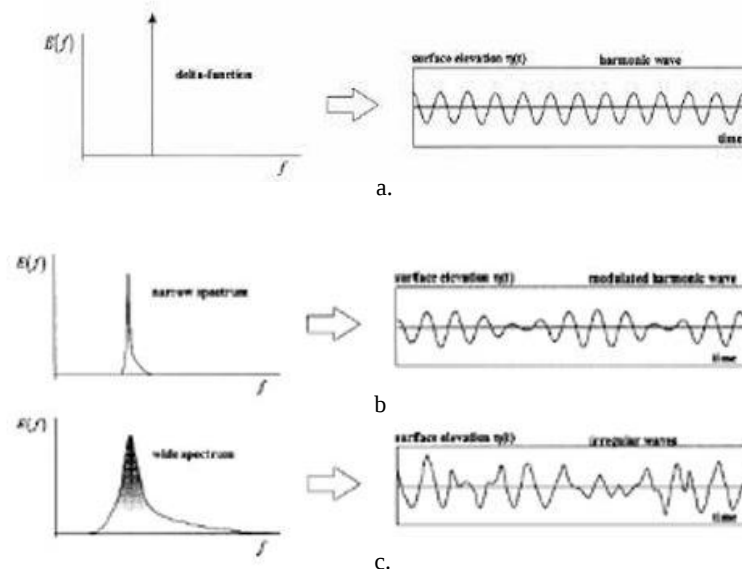
Kapal yang bergerak di laut dipengaruhi oleh gaya-gaya dari luar antara lain berupa gelombang, arus air, dan angin. Untuk memprediksi gerakan kapal yang dipengaruhi semua hal diatas adalah sangat kompleks, karena itu diperlukan penyederhanaan dengan beberapa asumsi sehingga permasalahan dapat lebih sederhana dan dapat dicari penyelesaiannya. Untuk tugas akhir ini diasumsikan hanya gelombang laut yang mempengaruhi gerakan kapal, sedangkan yang lainnya diabaikan.

Gelombang di laut kenyataannya mempunyai bentuk dan sifat yang kompleks, dan sangat tidak beraturan tetapi untuk perhitungan ilmiah dilakukan pendekatan agar dapat menggambarkan sifat dari gelombang tersebut. Pendekatan tersebut adalah dengan menggunakan data gelombang irregular.

Gelombang irregular merupakan gelombang superposisi dari beberapa gelombang reguler yang mempunyai frekuensi dan tinggi gelombang berbeda. Sedangkan gelombang

reguler merupakan gelombang dengan periode tunggal, sehingga gelombang ini juga mempunyai spektrum tunggal

Gelombang diasumsikan di perairan dalam sehingga pengaruh dasar tidak terjadi. Selain itu lebar perairan tak terbatas sehingga pengaruh sisi perairan kecil.



Gambar II.2. a. Gelombang Regular b, c. Gelombang Irregular

Gambar II.2 menjelaskan tentang perbedaan gelombang *regular* dan gelombang *irregular*. Pada Gambar II.2.a merupakan grafik gelombang *regular* dimana panjang gelombang selalu sama. Gambar II.2.b merupakan gelombang *irregular narrow spectrum* dimana panjang dan tinggi gelombang berbeda beda dengan frekuensi gelombang yang sempit terhadap waktu. Sedangkan Gambar II.2.c merupakan gelombang *irregular* dengan *wide spectrum* dimana panjang dan tinggi gelombang tidak sama pada tiap-tiap gelombang dengan frekuensi yang lebar terhadap waktu.

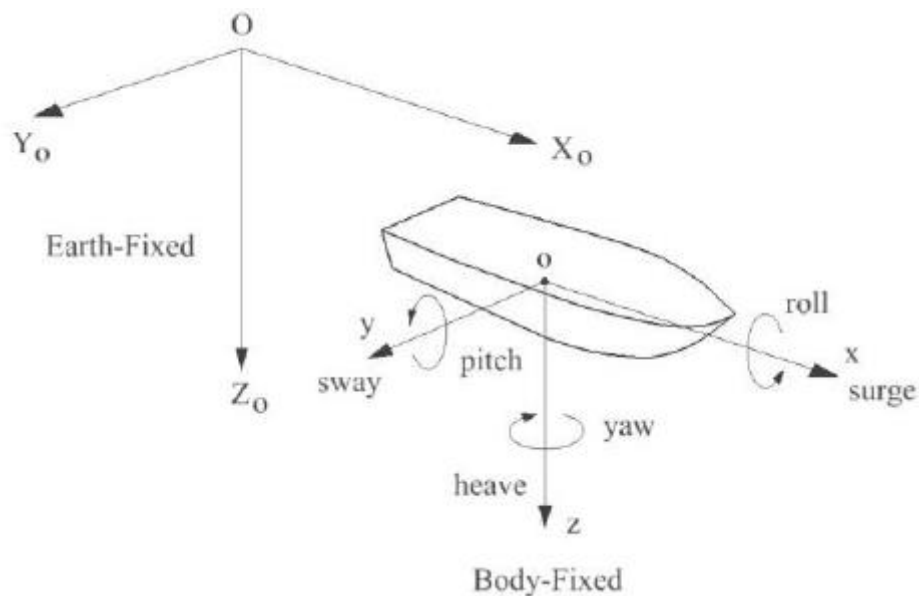
II.1.3. Seakeeping Kapal

Seakeeping adalah kemampuan kapal berlayar pada kondisi lingkungan tertentu. Kapal dikatakan memiliki kemampuan seakeeping yang baik apabila kapal tersebut mampu beroperasi secara efektif pada kondisi laut yang di desain. Suatu kapal yang terapung bebas mempunyai 6 derajat bebas (Bhattacharya, 1978):

- *Surging* : gerakan translasi searah sumbu x.
- *Rolling* : gerakan rotasi terhadap sumbu x.

- *Swaying* : gerakan translasi searah sumbu y.
- *Pitching* : gerakan rotasi terhadap sumbu y.
- *Heaving* : gerakan translasi searah sumbu z.
- *Yawing* : gerakan rotasi terhadap sumbu z.

Pada kenyataanya, kapal di laut bebas dapat mengalami keenam gerakan sekaligus. Namun yang sering digunakan untuk menjadi bahan pertimbangan adalah gerak *heaving*, *pitching* dan *rolling*.



Gambar II.3 Derajat Kebebasan Kapal Pada *Seakeeping*

Gambar II.3 menjelaskan mengenai derajat kebebasan yang dimiliki kapal sesuai dengan sumbu masing masing yaitu gerakan kapal yang searah dengan sumbu *axis* dan gerakan perputar pada sumbu *axis*. Gerakan kapal yang searah dengan sumbu *axis* antara lain gerakan *surge* (searah sumbu x), gerakan *heave* (searah sumbu z), dan gerakan *sway* (searah sumbu y). Sedangkan gerakan kapal memutar pada sumbu *axis* yaitu gerakan *roll* (pada sumbu x), gerakan *pitch* (pada sumbu y), dan gerakan *yaw* (pada sumbu z). Pada penelitian ini motion kapal yang dikalkulasi hanya *heaving* dan *pitching*, karena gerakan *motion heaving* dan *pitching* memiliki pengaruh paling besar terhadap *added wave resistance* (Rebull, 2014).

II.1.3.1 Gerakan Struktur Pada Gelombang Reguler

Response Amplitude Operator (RAO) juga disebut sebagai gerakan suatu struktur pada gelombang reguler. RAO adalah fungsi dari amplitudo gerakan struktur terhadap amplitudo gelombang (Chakrabarti, 1987). Banyak cara untuk mengetahui RAO, mulai dari tes menggunakan model di towing tank, pendekatan numerik maupun analitis baik secara manual ataupun menggunakan program tertentu. Secara matematis persamaan RAO dapat dituliskan seperti ini (Bhattacharya, 1978):

Tabel II.1 Persamaan Response Amplitude Operator (RAO)

No.	Gerakan	RAO
1	<i>Surge</i>	$(xa/\delta a)^2$
2	<i>Sway</i>	$(ya/\delta a)^2$
3	<i>Heave</i>	$(za/\delta a)^2$
4	<i>Roll</i>	$(\phi a/\delta a)^2$
5	<i>Pitch</i>	$(\theta a/\delta a)^2$
6	<i>Yaw</i>	$(\phi a/\delta a)^2$

Tabel II.1 menjelaskan mengenai RAO yang dialami kapal sesuai dengan derajat kebebasan seperti yang telah dijelaskan pada Gambar II.3 yaitu *surge*, *sway*, *heave*, *roll*, *pitch* dan *yaw*.

II.1.3.2 Gerakan struktur Pada Gelombang Irregular

Gelombang tak beraturan adalah gabungan dari beberapa gelombang beraturan yang dijumlahkan yang masing-masing memiliki frekuensi, tinggi, dan fase gelombang yang berbeda. Dengan mengalikan RAO dengan spektrum gelombang pada gelombang tak beraturan maka akan didapatkan response dari struktur. Spektrum gelombang (ω) sebelumnya harus diubah terlebih dahulu menjadi spektrum encountered (ω_e). Frekuensi encounter dapat dihitung dengan persamaan (Bhattacharya, 1978):

$$\omega_e = \omega - \frac{\omega^2 V}{g} \cos \mu \quad (2.1)$$

Dimana,

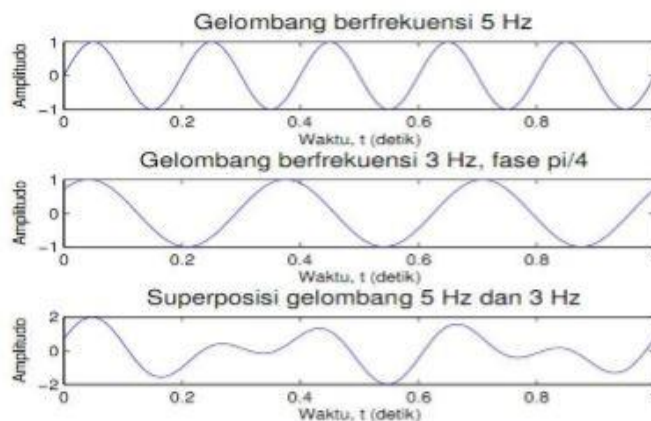
ω_e = frekuensi encounter

ω	= frekuensi gelombang
g	= percepatan gravitasi
V	= kecepatan kapal
μ	= sudut hadap kapal terhadap gelombang

II.1.3.3 Spektrum Gelombang

Pola gelombang irreguler dapat dihasilkan jika sejumlah gelombang sinusoidal dengan panjang gelombang dan tinggi yang berbeda digabungkan. Gelombang hasil penggabungan tidak menunjukkan pola yang pasti untuk ketinggian gelombang, panjang gelombang, ataupun periode gelombang (Bhattacharya, 1978).

Penggabungan beberapa gelombang sinusoidal tidak hanya menghasilkan gelombang irreguler, tetapi juga pola gelombang tidak pernah terulang dari satu waktu ke waktu lain. Namun, ada satu cara untuk memperhitungkan gelombang irreguler yaitu dengan menentukan total energi. Hal ini diperoleh dengan menjumlahkan energi dari semua gelombang reguler yang menghasilkan gelombang irreguler dengan superposisi.



Gambar II.4 Gelombang pada Variasi Frekuensi Gelombang

Gambar II.4 menjelaskan mengenai perbedaan gelombang pada variasi frekuensi gelombang yaitu pada frekuensi 5Hz atau lima gelombang pada satuan waktu detik, gelombang pada frekuensi 3Hz atau tiga gelombang pada satuan waktu detik, dan superposisi atau gabungan dua frekuensi gelombang yaitu gelombang dengan frekuensi 3Hz dan 5Hz.

Pada tugas akhir ini digunakan wave spectrum dari International Towing Tank Conference (ITTC). Rumus dari spektrum dapat dituliskan sebagai berikut (Bhattacharya, 1978):

$$S(\omega w) = \frac{A}{\omega w^5} e^{-B/\omega w^4} \quad (2.2)$$

Dimana,

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

$$g = \text{percepatan gravitasi}$$

$$\omega = \text{frekuensi gelombang}$$

$$B = 3.11 \times 10^4 / H_{1/3}^2$$

$$H_{1/3}^2 = \text{significant wave height}$$

Spektrum gelombang encounter didapatkan dengan merubah spectrum gelombang dengan rumus:

$$S(\omega e) = S(\omega w) \frac{1}{[1 - (\frac{4\omega e V}{g}) \cos \mu]^{0.5}} \quad (2.3)$$

Dimana,

$$\omega w = \text{Frekuensi gelombang}$$

$$\omega e = \text{Frekuensi encounter}$$

$$S(\omega e) = \text{Spektrum encounter}$$

$$S(\omega w) = \text{Spektrum gelombang}$$

$$\mu = \text{Heading angle}$$

$$V = \text{Kecepatan kapal}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi}$$

II.1.4. Sea State

Ketika kapal bergerak di laut maka gerakannya dipengaruhi oleh gayagaya yang bekerja dari luar antara lain gelombang, arus air, kedalaman dan luas perairan, angin, dan lain sebagainya. Keadaan tersebut dibedakan dalam berapa sea state dimana semakin tinggi sea state maka kondisi suatu perairan maka semakin meningkat pula kondisi gelombangnya. Data sea state tersebut disajikan dalam table di bawah ini. Dengan asumsi gerakan kapal

dipengaruhi oleh besarnya kecepatan angin, periode serta panjang gelombang. Data sea state tersebut dapat diberikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel II.2 Sea State

Sea State	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Wind Vel. (Knots)	2	8.5	13.5	16	19	24	26	40	54	59.5
Wave Height (ft)	0.04	0.8	2.1	2.9	4.1	6.6	7.7	18.2	33.2	40.3
Average Periode (Sec)	0.5	2.3	3.6	4.3	5.1	6.4	7	10.7	14.5	15.9

Tabel II.2 menjelaskan mengenai kecepatan angina dalam satuan knot, ketinggian gelombang dengan satuan *feet*, dan periode rata-rata gelombang dalam satuan detik pada masing-masing *sea state* yaitu pada *sea state* 0 yaitu perairan tenang hingga *sea state* 9 yaitu perairan dengan gelombang tinggi (badai).

II.1.5. Added Wave Resistance

Ketika kapal bergerak, kapal akan menyebabkan terjadinya dua gelombang. Pertama yaitu gelombang yang disebabkan oleh gerakan kapal itu sendiri. Kedua yaitu gelombang yang disebabkan oleh olah gerak kapal karena gelombang yang menghadang kapal tersebut. Kedua gelombang tersebut sama sama menyebabkan hilangnya energi atau *power* kapal. Dengan kata lain untuk menciptakan gelombang tersebut, diperlukan sejumlah energi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ketika kapal bergerak pada perairan tenang gelombang kedua tidak perlu diperhitungkan. Namun pada kenyataannya hal ini jarang terjadi energi yang hilang pada saat proses terjadinya gelombang tersebut, menurut teori *seakeeping*, bisa dibagi menjadi tiga komponen:

- *Added resistance* disebabkan oleh *vertical motions*

Komponen ini terjadi disebabkan oleh interferensi antara gelombang yang dihasilkan oleh olah gerak kapal (*radiated waves*) dengan gelombang yang menghadang kapal. Komponen ini

juga biasa disebut sebagai *drift force* dan memiliki pengaruh yang paling besar terhadap *added resistance*.

- *Added resistance* disebabkan oleh *reflection*

Gelombang yang menghadang kapal juga akan memantul, dan berinteraksi dengan *radiated waves*. Komponen ini juga biasa disebut sebagai *diffraction effect*.

- *Added resistance* disebabkan oleh *viscous effect*

Viscous effect yang disebabkan oleh gaya *damping* terkait juga dengan gaya *heaving* dan *pitching* pada perairan tenang.

Dari ketiga komponen tersebut, yang memiliki pengaruh paling besar adalah *radiated waves* dan energi yang hilang yang disebabkan oleh *viscous effect* sangatlah kecil sehingga dapat diabaikan. Maka dari itu, *added wave resistance* bisa juga disebut sebagai *non-viscous phenomenon* (Tejsen, 1973)

II.1.4.1 Havelock

Havelock merupakan salah satu metode dari beberapa metode untuk memprediksi *added wave resistance*. Metode ini berdasarkan integral dari komponen komponen beban longitudinal terhadap permukaan basah dari lambung kapal. Dimana perhitungan dari teori Havelock ini menggambarkan bahwa, secara umum, *drifting force* merupakan penyebab yang paling berpengaruh terhadap besarnya *added wave resistance*, sedangkan *diffraction* merupakan yang paling kecil pengaruhnya. Perhitungan *added wave resistance* Metode Havelock Theptry menggunakan persamaan (Bhattacharya, 1978):

$$R_{aw} = -\frac{k}{2} (F_a z_a \sin \varepsilon_{zF} + M_a \theta_a \sin \varepsilon_{\theta M}) \quad (2.4)$$

Dimana,

R_{aw} = *added wave resistance*

k = *wave number*

F_a = *exciting force*

M_a = *exciting momen*

z_a = *amplitude heave*

θ_a = *amplitude pitch*

ε_{ZF} = sudut fase antara *exciting force* dan *amplitude heave*

$\varepsilon_{\theta M}$ = sudut fase antara *exciting momen* dan *amplitude pitch*

II.1.4.2 Salvesen

Metode Salvesen merupakan metode untuk memprediksi *added wave resistance*. Metode ini mengasumsikan bahwa kapal memiliki bentuk lambung yang ramping dan juga simetris antara sisi *starboard* dan *portside*. Perhitungan *added wave resistance* Metode Salvesen menggunakan persamaan (Salvesen, 1978):

$$R = -\frac{i}{2}k \cos\beta \sum_{j=3,5} \zeta_j \{F_j^I + F_j^D\} + R_7 \quad (2.5)$$

Dimana,

R = *added wave resistance*

k = *wave number*

β = *heading angle*

ζ = *wave amplitude*

Dalam persamaan ini, F_j^I merepresentasikan gaya dan momen Froude-Krilov, sedangkan F_j^D merepresentasikan gaya dan momen dari *diffraction*. Perhitungan F_j^I menggunakan persamaan:

$$F_3^I = -i\rho\omega \iint N_3\phi_0 ds \quad (2.6)$$

$$F_5^I = i\rho\omega \iint xN_3\phi_0 ds \quad (2.7)$$

Dimana,

ω = frekuensi gelombang

N_3 = *amplitude heave*

ϕ_0 = *incident wave potential*

ρ = massa jenis air

$$F_3^D = \int h_3(x)dx \quad (2.8)$$

$$F_5^D = -\int \left(x + \frac{v}{i\omega}\right) h_3(x)dx \quad (2.9)$$

Dimana,

$$h_3(x) = \rho k \int \psi_3(N_3 + iN_2 \sin\beta) \phi_0 dl \quad (2.10)$$

V = kecepatan kapal

ω = frekuensi gelombang

ψ_3 = *velocity potential heave*

II.1.4.3 Gerritsma & Beukelman

Metode ini biasa juga disebut dengan *The Radiated Energy Method*. Metode ini biasa disebut dengan *The Radiated Energy Method* karena Gerritsma dan Beukelman merupakan orang pertama yang menggunakan metode *The Radiated Energy* untuk melakukan perhitungan *added wave resistance*. Dari metode *The Radiated Energy* bisa didapatkan gelombang yang dihasilkan oleh olah gerak kapal. Energi yang terdapat pada gelombang tersebut lah yang digunakan untuk perhitungan metode Gerritsma & Beukelman. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung *added wave resistance* (Rebull, 2014):

$$R_{AW} = \frac{k}{2\omega_e} \int_{x_0}^{x_f} b(x) V_{za}^2(x) dx \quad (2.11)$$

Dimana,

$b(x)$ = *damping coefficient*

V_{za} = vertical velocity

R_{AW} = *added wave resistance*

k = *wave number*

ω_e = *encounter wave frequency*

Konsep dari metode ini yaitu menghitung energi gelombang *radiated* pada satu periode osilasi. Dengan kata lain energi yang dibutuhkan untuk mengakibatkan gelombang *radiated* pada satu kali osilasi. Selain itu diasumsikan bahwa agar kapal bisa terus berlayar sesuai dengan kecepatan yang diinginkan, maka energi yang dibutuhkan untuk mengakibatkan gelombang *radiated* ini dikeluarkan oleh sistem propulsi kapal (Alexandersson, 2009):

II.1.6. Added Wave Resistance Gelombang Irregular

Setelah menentukan *wave spectrum* untuk kondisi perairan tertentu dan *added wave resistance* untuk gelombang reguler pada kondisi perairan tertentu, maka dapat diperoleh *added wave resistance* untuk gelombang irregular, dengan menggunakan persamaan (Bhattacharya, 1978):

$$R_{AW} = 2 \int_0^\infty S_\zeta(\omega_e) \frac{R_{AW}}{\zeta_a^2}(\omega_e) d\omega_e \quad (2.12)$$

Dimana,

R_{AW} = mean added wave resistance

$S_\zeta(\omega_e)$ = encounter wave spectrum

ζ_a^2 = wave amplitude

II.1.7. Added Power

Untuk permasalahan pada gerakan kapal, penambahan hambatan rata-rata, gaya dorong propeller rata-rata, dan torsi rata-rata pada suatu gelombang irregular bisa dihitung dengan menggunakan RAO yang dihitung pada gelombang reguler dan *wave spectrum* yang sudah dihitung. Untuk *added power* sendiri juga dapat dihitung dengan menambahkan *added wave resistance* pada hambatan kapal untuk air tenang. *Effective horse power* pada gelombang irregular lalu dihitung dengan persamaan (Lewis, 1988):

$$EHP = R_T V \quad (2.13)$$

Dimana,

EHP = Effective Horse Power

R_T = Hambatan Total Kapal

V = Kecepatan Kapal

II.1.8. Root Mean Square

Root mean square digunakan dalam penelitian ini untuk membandingkan besaran metode satu dengan metode lainnya. Dalam memulai pembahasan tentang rms. Hal yang paling mudah dari bahasa. *Root-mean-square* artinya dikuadratkan, lalu diambil rata-ratanya, kemudian diakarkuadratkan. Sehingga, apabila terdapat sekumpulan pengukuran $\{x_i\}$ (dengan

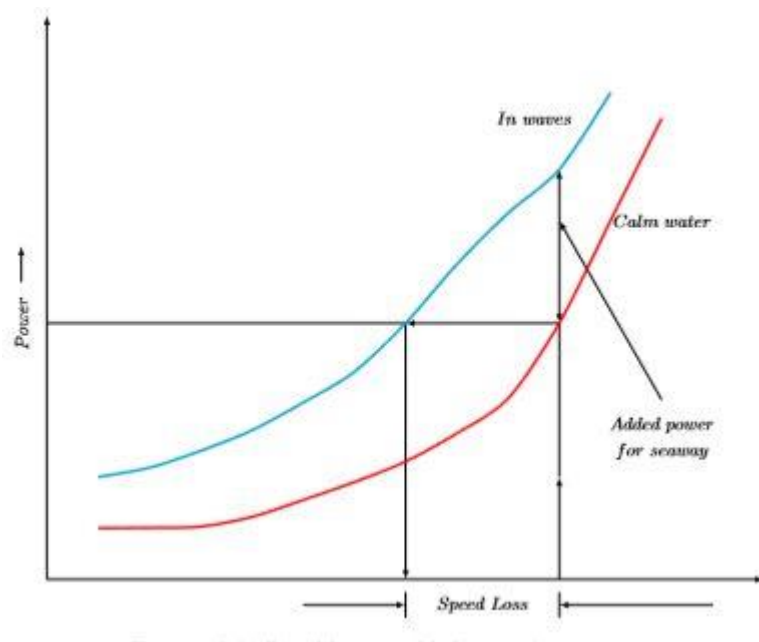
indeks $i = 1, 2, \dots, N$ menunjukkan nilai pengukuran ke- i), untuk mendapatkan nilai rms-nya (Iqra M, 2014):

1. Kuadratkan setiap nilai pengukuran: $x_1^2, x_2^2, \dots, x_N^2$
2. Rata-ratakan, $\frac{1}{N} \sum_i^N (x_i^2) = y$
3. Dan akar kuadratkan, $\sqrt{y} = x_{rms}$

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i^N (x_i^2)} \quad (2.14)$$

II.1.9. Speed Loss

Perhitungan *speed loss* pada penelitian ini yaitu dengan memanfaatkan grafik power pada air tenang dan gelombang irregular. Proses perhitungannya dengan mengambil selisih perbedaan antara *speed* di air tenang dengan gelombang irregular pada *power* yang sama, seperti pada Gambar II.5 (Iqra M, 2014).



Gambar II.5 Speed Loss

II.1.10. Perangkat Lunak Maxsurf Motions

Maxsurf Motion merupakan sebuah software yang menyediakan alat alat yang dibutuhkan untuk melakukan analisis performa seakeeping kapal. Selain digunakan untuk

analisis seakeeping sebuah kapal, Maxsurf Motion juga dapat melakukan analisis added wave resistance dengan menggunakan beberapa metode.

Untuk melakukan analisis *seakeeping* terdapat dua metode, yaitu *strip theory* dan *panel method*. Metode *strip theory* itu sendiri berdasarkan dari metode salvesen, metode tersebut menghitung respons *coupled heave* dan *pitch* dari kapal. Sedangkan *panel method* merupakan metode yang berdasarkan *Boundary Element Method* (BEM).

Dibutuhkan geometri dari lambung kapal untuk dapat memproses analisis seakeeping dan added wave resistance. Terdapat beberapa proses yang harus dilakukan untuk memproses analisis seperti input, analysis setting dll. Untuk hasil daripada analisis itu sendiri dapat ditampilkan dalam bentuk seperti grafik RAO, grafik spektra, tabel, animasi, dan lain lain.

II.2. Tinjauan Pustaka

Referensi pertama adalah penelitian yang dilakukan oleh Rebull (2014). Penelitian ini memperdalam perhitungan hambatan total kapal dimana, *added wave resistance* merupakan salah satu komponen yang sangat berpengaruh terhadap hambatan total kapal sehingga dilakukan penelitian lebih lanjut. Terdapat perhitungan *added wave resistance* yang dikalkulasi menurut Gerritsma & Beukelman dan Havelock Theory.

Referensi kedua adalah penelitian yang dilakukan oleh Salvesen (1978) mengenai perhitungan *added wave resistance* yang dikalkulasi menurut Gerritsma & Beukelman serta dibandingkan dengan perhitungan Salvesen dan dibandingkan dengan hasil eksperimen pada sudut hadap gelombang 180. Penelitian ini dilakukan dengan variasi bentuk lambung kapal dan Froude number.

Referensi ketiga adalah penelitian yang dilakukan oleh Iqra (2014) mengenai perhitungan *added wave resistance* dikalkulasi menurut Gerritsma & Beukelman serta dibandingkan dengan perhitungan menurut Havelock dan Joosen, sedangkan *added power* menggunakan pendekatan EHP (Effisiensi Horse Power). Penelitian ini melakukan perhitungan dengan variasi kecepatan, heading angle, dan sea state. Output yang dihasilkan dari penelitian ini yaitu adalah nilai *added wave resistance*, *added power*, dan biaya pelayaran.

Referensi keempat yaitu penelitian yang dilakukan oleh Kim (2016) mengenai perhitungan *speed loss*. Penelitian ini melakukan perhitungan dengan variasi kecepatan, dan *heading angle*. Untuk menghitung *speed loss* dilakukan perhitungan *power* pada air tenang

dan gelombang irregular. *Speed loss* dapat dihitung dari selisih kecepatan pada power yang sama antara kondisi air tenang dan gelombang irregular.

Halaman ini sengaja dikosongkan

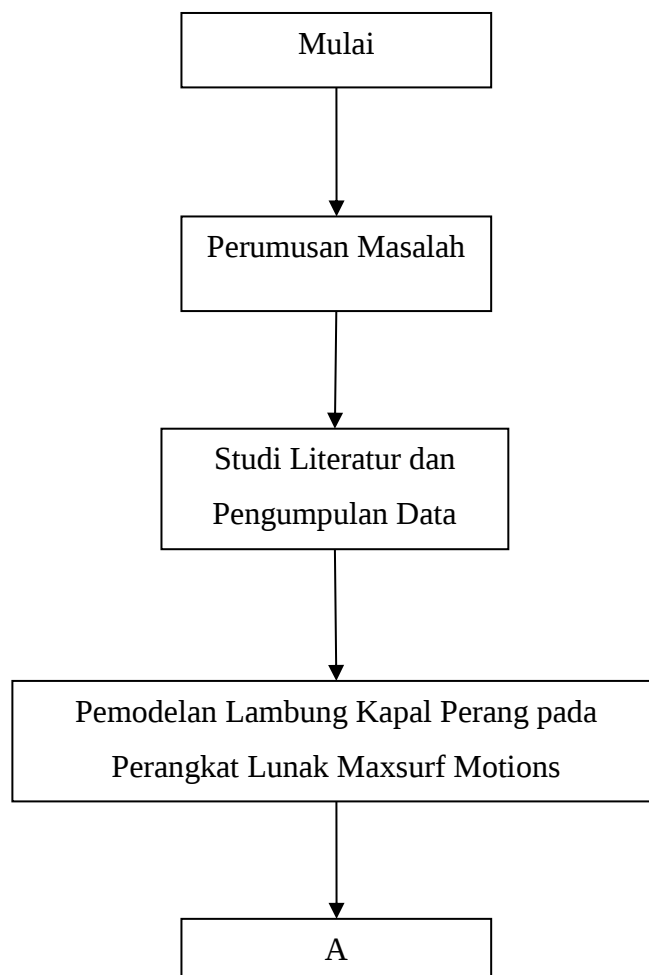
BAB III

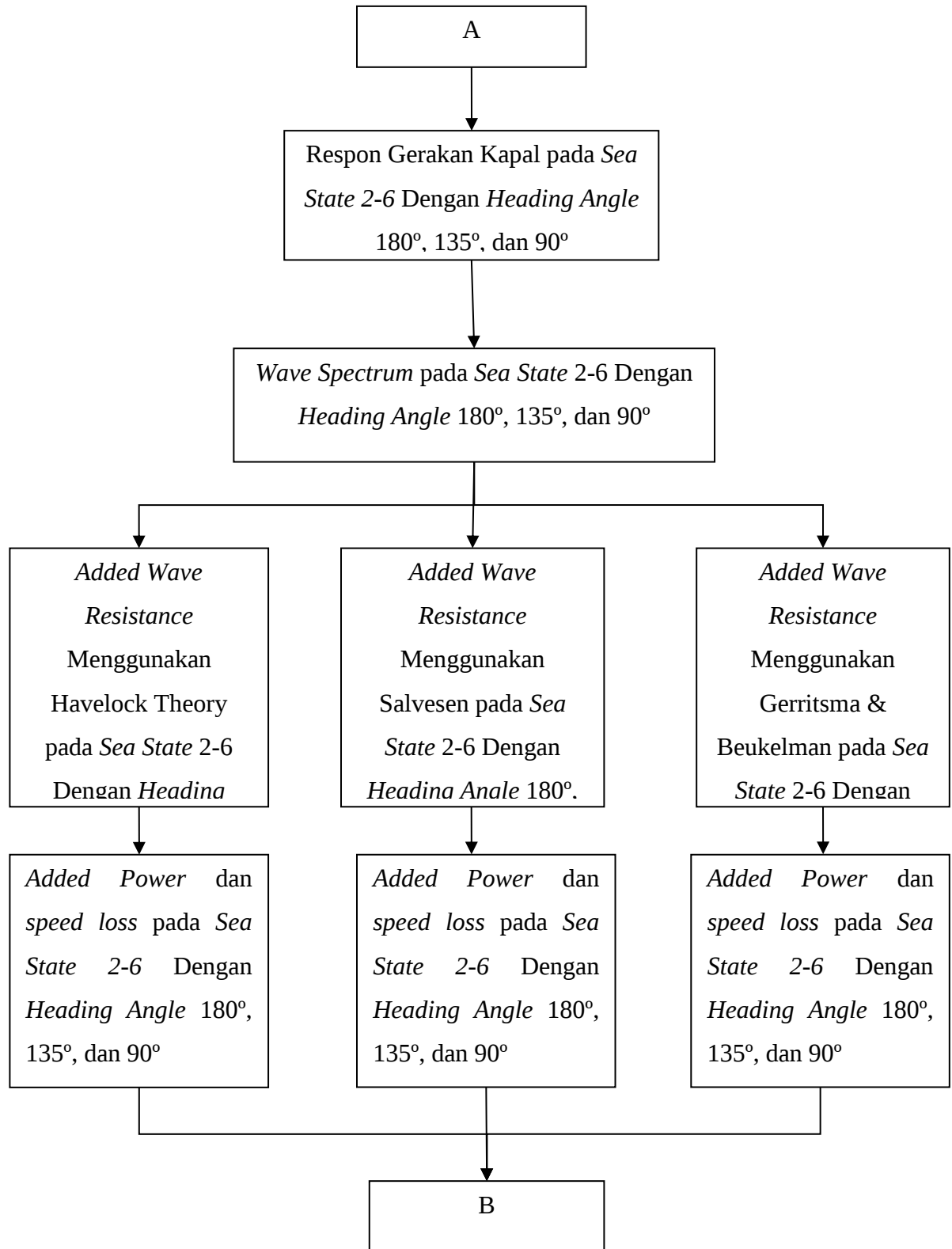
METODOLOGI

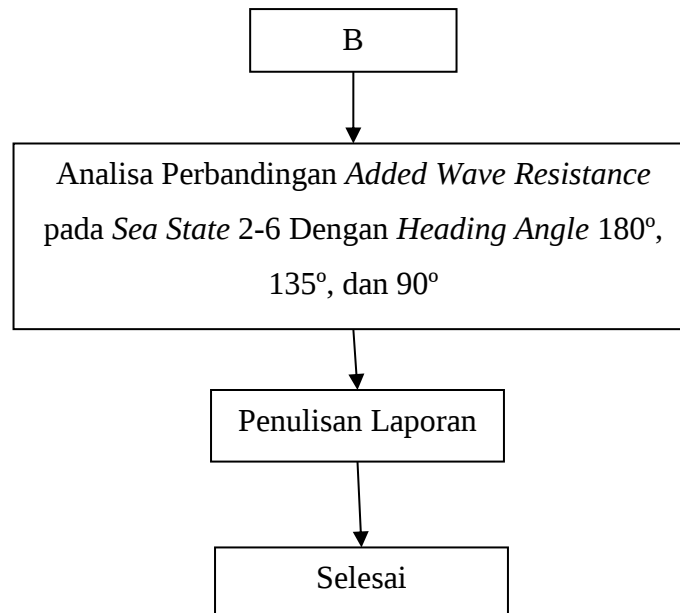
Pada bab ini akan diuraikan sistematika pengerjaan Tugas Akhir oleh penulis. Pada hakekatnya metodologi merupakan kerangka dasar dari proses pengerjaan suatu penelitian. Metodologi penelitian Tugas Akhir ini mencakup seluruh proses kegiatan atau langkahlangkah yang digunakan dalam proses analisis dan penyelesaian masalah pada Tugas Akhir.

III.1. Diagram Alir

Berikut ini diagram alur proses pengerjaan tugas akhir.







Gambar III.1 Diagram Alir

Penelitian ini dimulai dengan perumusan masalah mengenai *added wave resistance*, pengumpulan data dan studi literatur mengenai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sebagai referensi dan landasan teori. Setelah pengumpulan data dan landasan teori selesai, dilakukan permodelan kapal *corvette* dengan menggunakan *software* Maxsurf sehingga didapatkan model 3D kapal yang akan diuji dalam penelitian ini.

Setelah desain 3D selesai dibuat, dilakukan perhitungan respon gerakan kapal pada *sea state* 2-6 dengan variasi *heading angle* 180°, 135°, dan 90° sehingga didapatkan *wave spectrum* pada *sea state* 2-6 dengan variasi *heading angle* 180°, 135°, dan 90°. Setelah *spectrum gelombang* didapatkan, dilakukan perhitungan *added wave resistance* dan *added power* akibat penambahan hambatan dengan menggunakan tiga metode yaitu *Havelock theory*, *Salvesen*, dan *Gerritsma* pada *sea state* 2 hingga *sea state* 6 dengan menggunakan tiga variasi *heading angle gelombang* seperti yang telah disebutkan diatas.

Setelah didapatkan hasil *added wave resistance* dan *added power* dengan menggunakan ketiga metode tersebut, dilakukan analisa dengan membandingkan hasil yang didapatkan. Setelah dilakukan analisa mengenai ketiga metode perhitungan *added wave resistance* dan *added power*, dilakukan penulisan laporan. Setelah dilakukan penulisan laporan maka penelitian ini dianggap telah selesai.

III.2. Studi Literatur

Tujuan tahap ini adalah untuk mengetahui karakteristik kapal perang corvette serta mencari teori, konsep, dan rumusan perhitungan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Dalam tugas akhir ini digunakan program Ansys Aqwa untuk perhitungan numerik analisis olah gerak kapal. Oleh karena itu perlu diketahui bagaimana cara kerja dan teori dari program tersebut, input yang dibutuhkan untuk menjalankan program, serta output yang diharapkan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Selain itu, dilakukan juga pengumpulan informasi mengenai data ukuran utama kapal, *linesplan*, dan hidrostatik untuk proses pemodelan kapal.

III.3. Data Kapal

Data kapal perang tipe *Corvette* yang diperoleh dalam pengerjaan tugas akhir ini yaitu meliputi Ukuran Utama, *Linesplan*, *General Arrangement*, dan Model Maxsurf 3D. Berikut merupakan data ukuran utama kapal *corvette* yang akan diuji dalam penelitian ini:

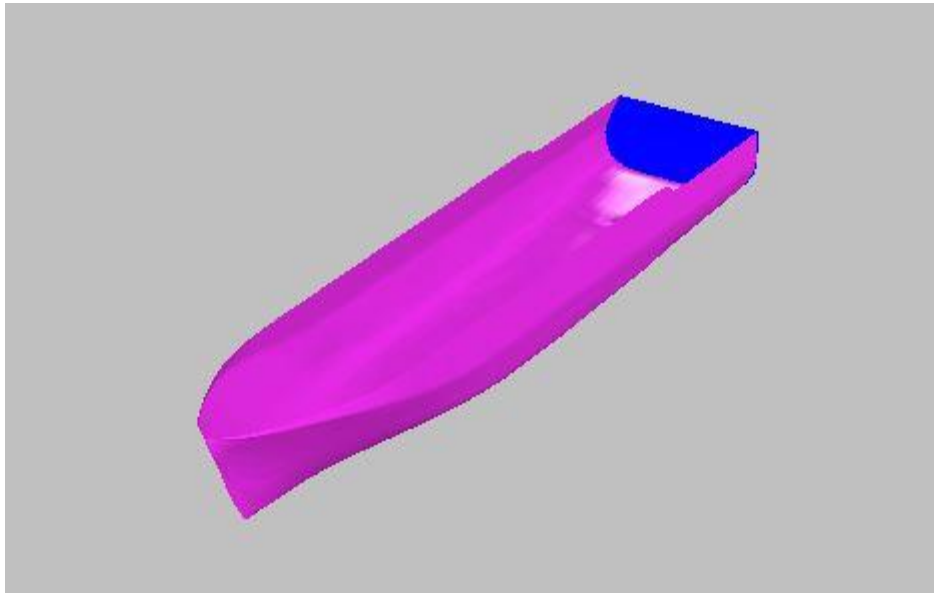
Tabel III.1 Ukuran Utama dan Hidrostatik Kapal Corvette

	Nilai	Satuan
Loa	106,0	m
B	14,00	m
T	3,700	M
H	8,750	M
Vs	30,00	Knot
Cp	0,67	
Cb	0,498	
Cm	0,744	
Cwp	0,827	
Disp.	2423,379	Ton
Volume	2364,272	m^3
WSA	1370,378	m^2

Tabel III.1 merupakan data utama kapal *corvette* yang akan diuji dalam penelitian ini. Data kapal tersebut meliputi ukuran utama, kecepatan dinas, koefisien kapal, dan data hidrostatik kapal lainnya.

III.4. Permodelan Kapal

Pemodelan lambung kapal yang akan digunakan sebagai input pada perangkat lunak Numeca dengan menggunakan bantuan software Maxsurf Modeler. Maxsurf membuat model lambung kapal yang terdiri dari beberapa surface dengan fitur 3D NURB (Non-Uniform Rational B-Spline). Database yang akan digunakan pada tahap ini adalah linesplan kapal *Corvette* dan disesuaikan dengan data kapal seperti ukuran utama dan *displacement*.

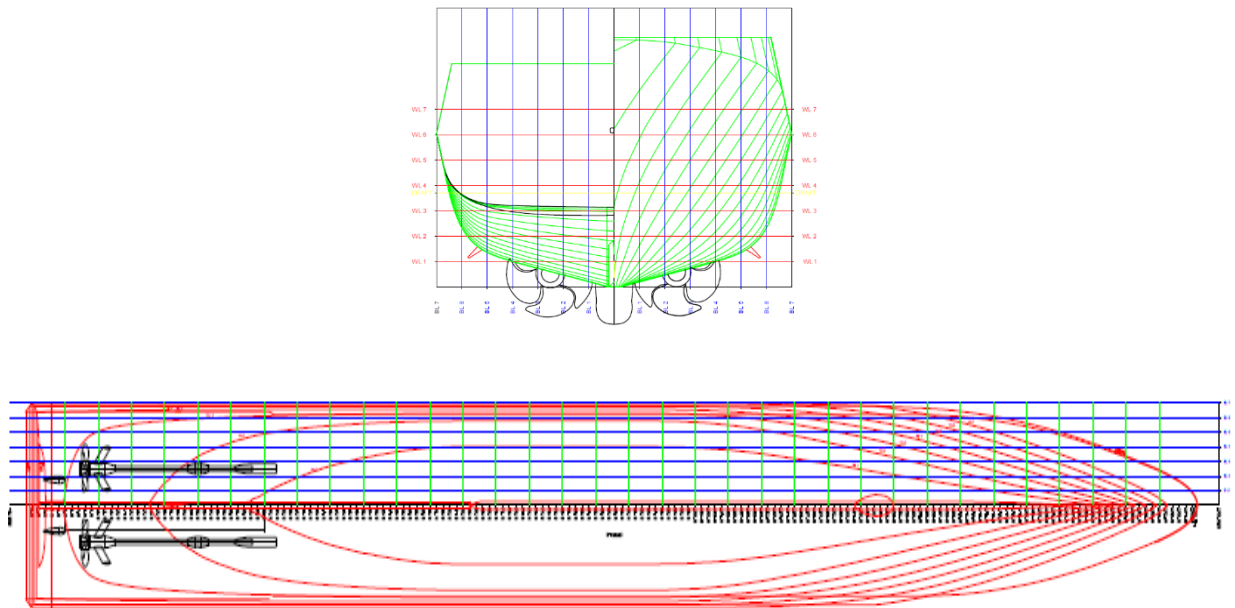


Gambar III.2 Permodelan Kapal dengan Menggunakan software Maxsurf

Gambar III.2 merupakan permodelan tiga dimensi yang dilakukan pada kapal *corvette* yang atangkapkan diuji pada penelitian ini dengan menggunakan software Maxsurf. Permodelan kapal dilakukan semirip mungkin dengan data kapal yang didapatkan sehingga diharapkan penelitian ini mendapatkan hasil yang optimal.

Setelah permodelan selesai, dilakukan perhitungan *hydrostatic* dengan menggunakan software Maxsurf. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan data kapal lambung tanpa *transverse step* dan lambung dengan *transverse step*. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa untuk mendapatkan *displacement* yang sama maka dilakukan perubahan sarat pada kapal

dengan *transverse step*. Perbedaan yang terjadi ditunjukkan pada Tabel IV.1 beserta selisihnya. Karena dalam kasus ini, perbedaan yang terjadi pada data kapal akibat perbedaan sarat tidak menjadi perhatian khusus karena hal tersebut bukan menjadi masalah dalam kasus ini dengan catatan ukuran utama dan karakteristik lambung seperti sudut *deadrise*, *angle of entrance*, *angle of attack* dll pada kapal tidak berubah.



Gambar III.3 Linesplan Kapal Corvette

Gambar III.3 merupakan *linesplan* kapal *corvette* yang didapatkan setelah model 3D kapal selesai dibuat. Setelah *linesplan* selesai dibuat, maka proses permodelan kapal dalam penelitian ini selesai dilakukan.

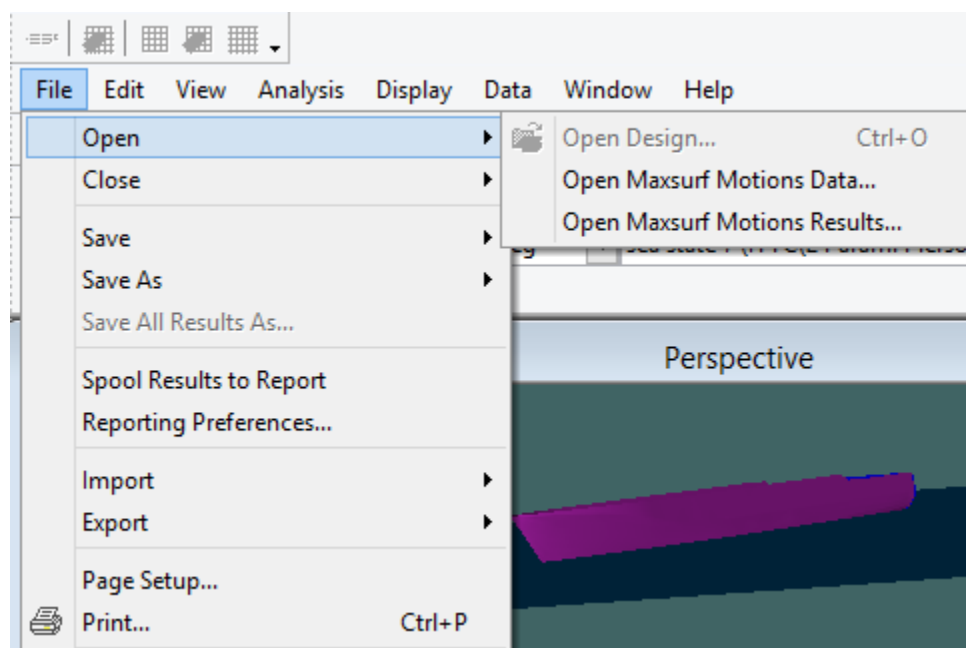
III.5. Maxsurf Motions

Dalam proses perhitungan *added wave resistance* menggunakan perangkat lunak Maxsurf Motion dibutuhkan model kapal dan beberapa data lainnya seperti, tinggi gelombang untuk tiap sea state yang akan dihitung, kecepatan kapal yang digunakan, sudut hadang gelombang, dan juga beberapa pengaturan pengaturan dalam analisis yang akan dilakukan seperti metode pemodelan dan lain lain.

Hasil perhitungan dari perangkat lunak Maxsurf Motion adalah RAO dari *heave*, *pitch*, dan *added wave resistance*. Selain RAO juga didapatkan respons spektrum *heave*, *pitch*, dan *added wave resistance*. Hasil perhitungan ini nantinya akan digunakan untuk menganalisa gerakan kapal dan juga untuk menganalisa nilai *added wave resistance* pada kapal perang Tipe *Corvette*. Supaya dapat melakukan perhitungan *added wave resistance* dengan Maxsurf Motion tahapan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut.

III.5.1. Pemodelan

Untuk melakukan analisis pada Maxsurf Motion, diperlukan model kapal yang digunakan. Cara untuk memasukkan model kedalam Maxsurf Motion yaitu dengan cara klik menu *file > open > open design*. Berikut merupakan tampilan pada saat akan memasukkan model ke dalam Maxsurf Motion.



Gambar III.4 Open Design

Gambar III.4 merupakan langkah yang dilakukan dalam memasukan desain kapal yang telah dibuat pada *software* Maxsurf Modeller.

III.5.2. Metode Analisis

Langkah berikutnya setelah pemodelan yaitu adalah *analysis method*. Proses ini adalah menentukan metode yang akan digunakan untuk menganalisis *added wave resistance*. Terdapat dua jenis metode yaitu *strip theory* dan *panel method*. Kedua metode tersebut memiliki peruntukannya masing masing seperti *strip theory* hanya dapat melakukan analisa heave, roll, dan pitch sementara *panel method* dapat melakukan analisa seluruh 6 derajat kebebasan kapal. Cara untuk memilih metode analisis yaitu dengan cara klik menu *analysis* lalu klik *analysis type* sehingga akan muncul tampilan seperti berikut.

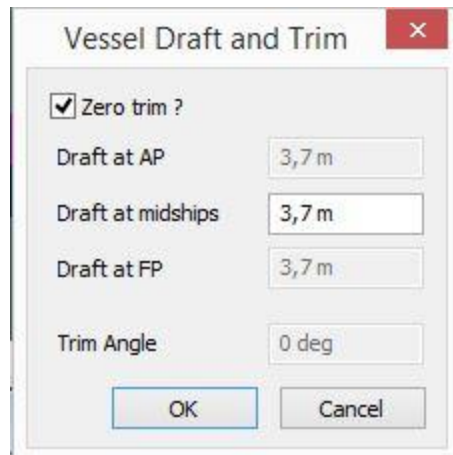


Gambar III.5 Analysis Method

Gambar III.5 merupakan langkah dalam memilih metode yang akan digunakan dalam perhitungan tersebut. Gambar tersebut menunjukkan pilihan metode yang dapat dipilih yaitu *Strip Theory*, *Panel Method*, dan *User Input RAOs*. Dalam penelitian ini, metode yang dipilih adalah *Strip Theory*.

III.5.3. Vessel Draft and Trim

Pada proses ini, dibutuhkan untuk memasukkan data kapal berupa sarat kapal dan sudut *trim* (apabila terdapat *trim* pada kapal). Cara untuk memasukkan data kapal adakah dengan klik pada menu *analysis* lalu setelah itu klik pada bagian *draft and trim*. Sehingga akan muncul tampilan seperti berikut.

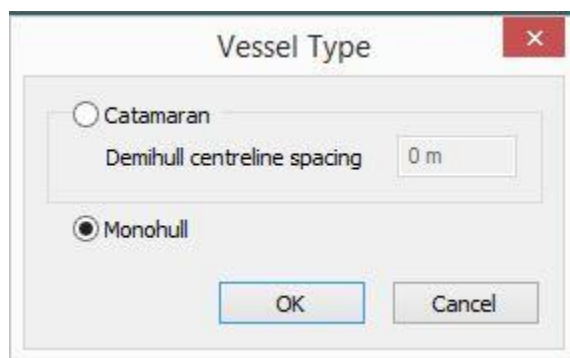


Gambar III.6 Vessel Draft and Trim

Pada Gambar III.6 diatas terdapat beberapa kolom yang harus diisi. Yang pertama yaitu kolom *zero trim* apabila tidak ada trim pada kapal maka klik pada box disebelah tulisan sehingga kolom yang harus diisi hanya kolom *draft at midship*. Pada kolom *draft at midship* dimasukkan nilai sarat kapal yang akan dianalisis. Setelah selesai klik tombol ok.

III.5.4. Jenis Kapal

Proses ini berfungsi untuk memilih jenis kapal yang akan dianalisis. Cara untuk memasukkan jenis kapal yang akan digunakan yaitu pertama klik menu *analysis* lalu setelah itu klik pilihan *vessel type* sehingga akan muncul tampilan seperti berikut.

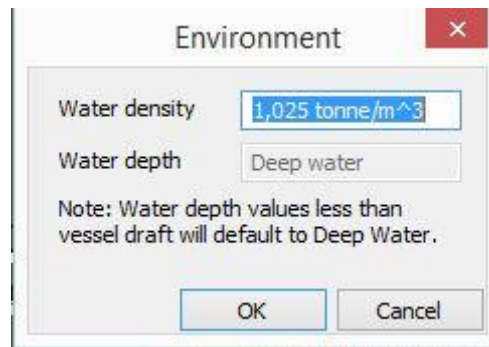


Gambar III.7 Vessel Type

Gambar III.7 menunjukan pilihan jenis lambung kapal yang akan diuji, pilihan yang dapat dipilih seperti pada gambar diatas adalah lambung tunggal dan lambung ganda. Dalam penelitian ini, kapal yang digunakan merupakan kapal jenis lambung tunggal.

III.5.5. Environment

Cara untuk menampilkan kolom *environment* yaitu dengan klik menu *analysis* lalu setelah itu klik *environment* sehingga akan muncul tampilan seperti berikut.

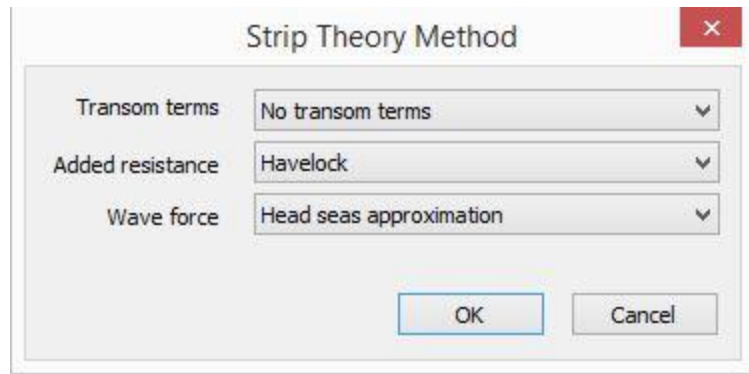


Gambar III.8 Environment

Gambar III.8 menunjukkan *interface* yang muncul dalam kolom pilihan *environment* dimana pada kolom tersebut terdapat kolom massa jenis air dan kedalaman air pada kolom *environment*. Kedalaman air tidak perlu di isi karena secara otomatis kapal diasumsikan berada pada perairan dalam.

III.5.6. Strip Theory Method

Proses ini berfungsi untuk menentukan beberapa metode yang akan digunakan seperti metode analisis untuk perhitungan *added resistance*, metode analisis untuk perhitungan gaya gelombang, dan koreksi transom. Cara untuk memasukkan data data tersebut yaitu dengan klik menu *analysis* lalu klik pada pilihan *strip theory method*. Setelah itu akan muncul tampilan seperti berikut.



Gambar III.9 Strip Theory Method

Pada Gambar III.9 menunjukkan kolom mengenai *strip theory method* yang telah dipilih sebagai metode yang digunakan dalam penelitian ini. Pada gambar tersebut, kolom *transom terms* terdapat pilihan *no transom terms* dan *transom terms*. Koreksi *transom terms* akan menambahkan hasil *damping* daripada *heave* dan *pitch* sehingga akan menyebabkan berkurangnya nilai respons dari kapal.

Pada kolom *added resistance* terdapat empat pilihan metode untuk menghitung nilai *added resistance*. Terdapat metode *Salvesen*, *Gerritsma and Beukelman*, dan *Havelock Theory*. Pada kolom *wave force* terdapat dua pilihan yaitu *head seas approximation* dan *arbitrary wave heading*. *Head seas approximation* digunakan untuk menganalisa sudut hadang gelombang antara 160 derajat – 200 derajat. Sementara *arbitrary wave heading* digunakan untuk menghitung sudut hadang gelombang diluar rentang sudut *head seas approximation*.

III.5.7. Pengaturan Kecepatan Kapal, dan Gelombang

Pada kolom *inputs* terdapat beberapa *sheet* yang perlu untuk disunting. Berikut merupakan tampilan dari kolom *inputs*.

	Name	Speed [kn]	Analyse
1	half speed	15,000	☒
2	full speed	30,000	☒

Gambar III.10 Inputs

Gambar III.10 merupakan *interface* yang muncul pada kolom pengisian kecepatan kapal yang akan diuji. Pada gambar tersebut terdapat *sheet speeds*, *headings*, dan *spectra*. Pada bagian *speeds* dapat ditambahkan variasi kecepatan kapal yang akan digunakan. Cara untuk menambahkan atau mengurangi *item* yaitu dengan menggunakan menu *edit* atau bisa langsung menambahkan dengan tombol Ctrl + A dan mengurangi dengan menggunakan tombol del.

Bagian *headings* digunakan untuk menambahkan sudut gelombang yang menghadang kapal. Pada bagian *spectra* digunakan untuk menambahkan spektrum gelombang atau sea state yang akan digunakan.

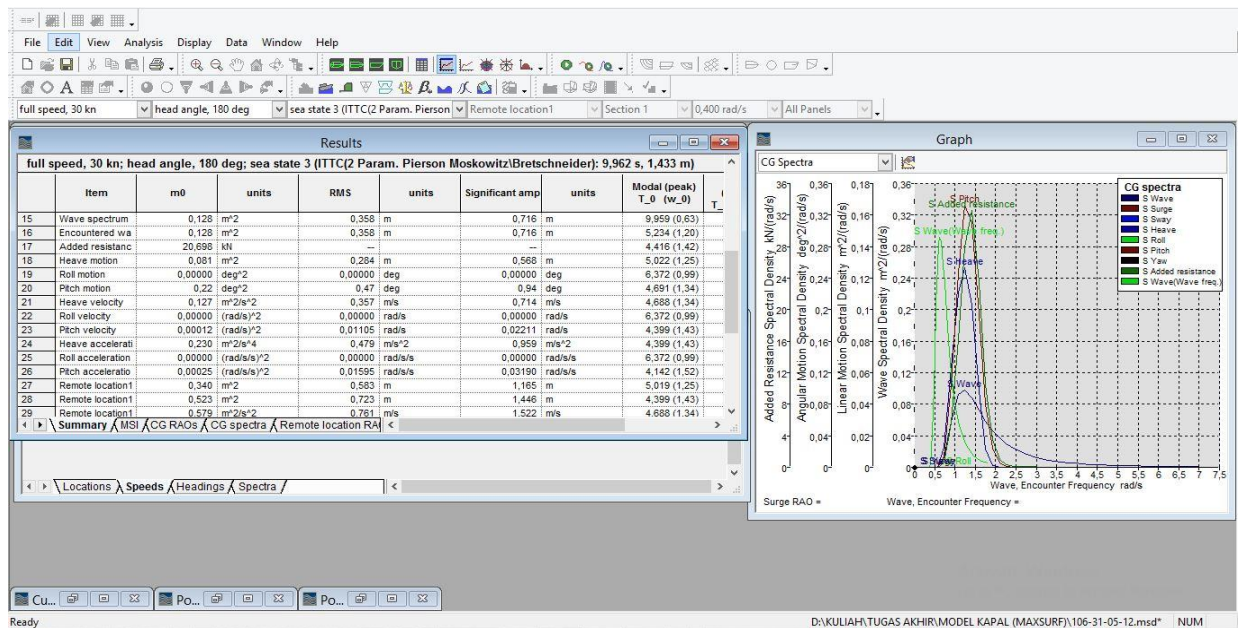
III.5.8. Perhitungan Motion

Pada penelitian ini, perilaku gerak kapal corvette dikaji dalam kondisi gelombang irregular dengan lima variasi *sea state* yaitu skala 2 – 6. Dengan *heading angle* sebesar 90°, 135°, dan 180°.

III.5.9. Perhitungan Wave Encounter Spectrum

Pada penelitian ini, perilaku gerak kapal corvette dikaji dalam kondisi gelombang irregular dengan rentang frekuensi gelombang *encounter* yang dianalisis antara 0.4 – 7 rad/s dengan jarak antar frekuensi yaitu sebesar 0.17 rad/s. Untuk itu didapatkan spektrum gelombang *encounter* untuk menggambarkan kondisi gelombang yang diinginkan. Spektrum gelombang dibuat dalam lima variasi *sea state* yaitu skala 2-6.

Respons struktur pada gelombang irregular dapat dilakukan dengan mentransformasikan spektrum gelombang *encounter* menjadi spectrum respons. Spectrum respons didefinisikan sebagai respons kerapatan energi pada struktur. Hal ini didapatkan dengan mengalikan harga dari *response amplitude operators* (RAO) dengan spektrum gelombang *encounter*.



Gambar III.11 Hasil Solving Maxsurf Motion

Gambar III.11 menunjukkan *interface* yang muncul setelah proses perhitungan *wave spectrum* selesai dilakukan. Seperti pada gambar diatas, grafik disebelah kanan gambar merupakan grafik spektrum gelombang yang didapatkan.

III.6. Perhitungan Added Wave Resistance

Setelah mendapatkan respons untuk gerakan *heaving* dan *pitching*, dilakukan perhitungan *added wave resistance*. Perhitungan dilakukan pada frekuensi gelombang *encounter* yang dianalisis yaitu antara 0.4 – 7 rad/s dengan jarak antar frekuensi yaitu sebesar 0.17 rad/s. Perhitungan *added wave resistance* menggunakan tiga metode yaitu Metode Havelock Theory, Salvesen, dan Gerritsma & Beukelman. Untuk perhitungan Metode Havelock Theory dapat dilihat pada persamaan (2.4), untuk perhitungan Metode Salvesen dapat dilihat pada persamaan (2.5), dan untuk perhitungan Metode Gerritsma & Beukelman dapat dilihat pada persamaan (2.11).

III.7. Perhitungan Added Wave Resistance pada Gelombang Irregular

Untuk mendapatkan nilai *added wave resistance* pada gelombang irregular maka perlu dihitung nilai rata-rata daripada *added wave resistance* untuk tiap *sea state* yaitu skala 2-6 dan *heading angle* 180, 135, dan 90. Untuk perhitungan *added wave resistance* irregular dapat dilihat pada persamaan (2.12)

III.8. Perhitungan *Added Power*

Setelah didapatkan *added wave resistance* irregular untuk tiap *sea state* dan *heading angle* dan juga hambatan kapal pada air tenang, maka dapat diperoleh *added power* kapal untuk tiap *sea state* dan *heading angle*. Perhitungan *added power* dapat dilihat pada persamaan (2.13). Pada persamaan (2.13) terdapat komponen hambatan total, dimana hambatan total yang terdapat pada persamaan tersebut yaitu hambatan kapal pada air tenang dan *added wave resistance*.

III.9. Perhitungan RMS

Untuk membandingkan hasil perhitungan *added wave resistance* dan *added power* tiap metode maka diperlukan perhitungan RMS. RMS dikalkulasi dengan menggunakan persamaan (2.14).

III.10. Perhitungan *Speed Loss*

Perhitungan *speed loss* pada penelitian ini yaitu dengan memanfaatkan grafik power pada air tenang dan gelombang irregular. Proses perhitungannya dengan mengambil selisih perbedaan antara *speed* di air tenang dengan gelombang irregular pada *power* yang sama.

III.11. Kesimpulan

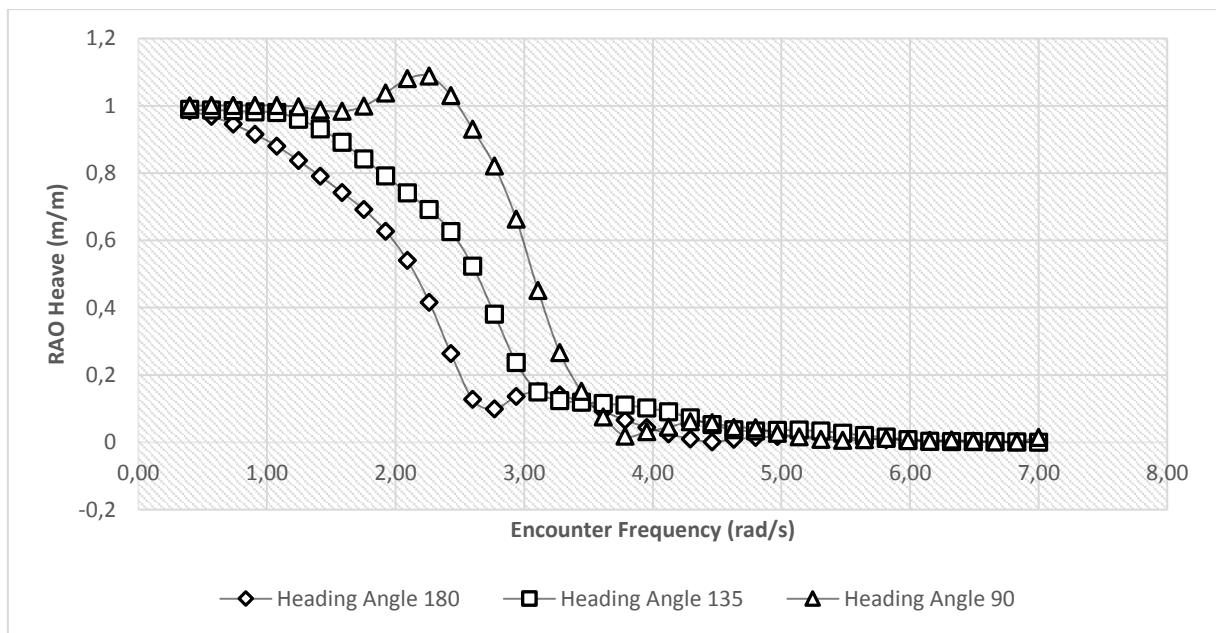
Pada tahapan selanjutnya yaitu penyusunan kesimpulan dari keseluruhan penelitian yang dilakukan mulai dari awal sampai akhir. Kesimpulan ini merupakan pembuktian dari hipotesis awal serta jawaban dari permasalahan yang ada meliputi ketercapaian tujuan penelitian. Pada tahapan ini juga dilakukan penyusunan laporan tugas akhir yang merupakan keseluruhan laporan dari penelitian yang telah dikerjakan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

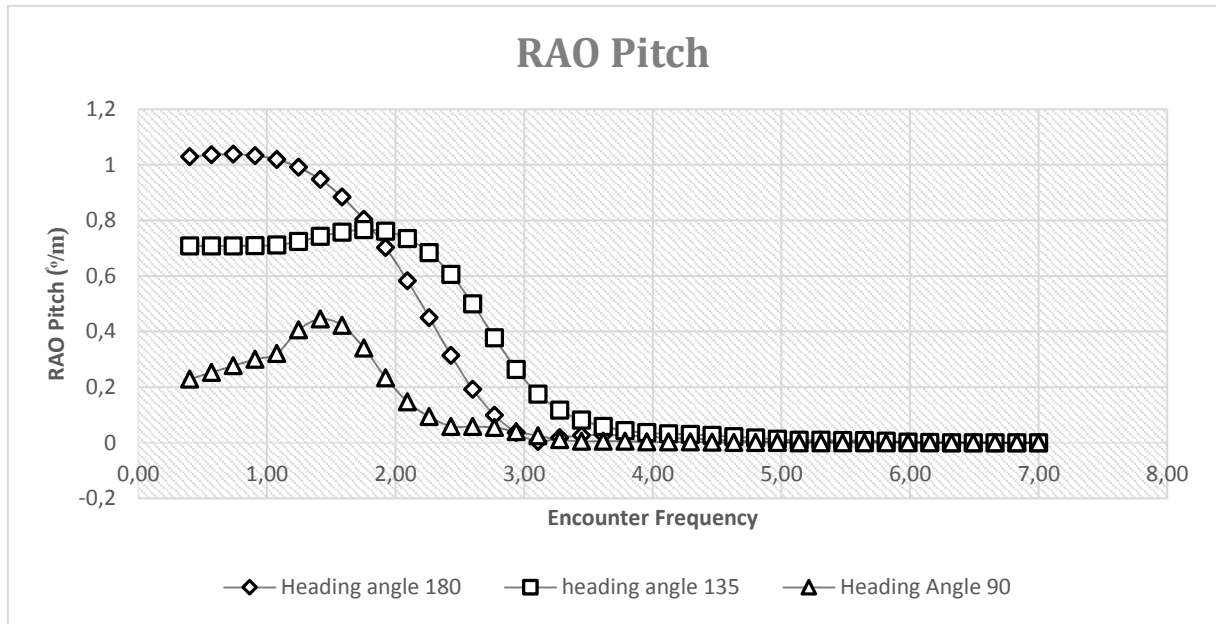
IV.1. RAO *Heave* dan *Pitch* Kapal *Corvette*

Hasil perhitungan dari RAO *heave* dan *pitch* didapatkan setelah perangkat lunak Maxsurf Motions selesai di *running*. Analisis RAO dihitung pada sudut hadang 180°, 135°, dan 90° pada *sea state* 2 - 6.



Gambar IV.1 RAO *Heave*

Gambar IV.1 menunjukkan hasil response amplitude operator (RAO) pada gerakan *heave* dengan variasi *heading angle* 180°, 135°, dan 90°. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa RAO terbesar terjadi ketika kapal bergerak pada *heading angle* 90° dan terjadi pada frekuensi *encountered* 2.26 rad/s yaitu sebesar 1.088 m/m.

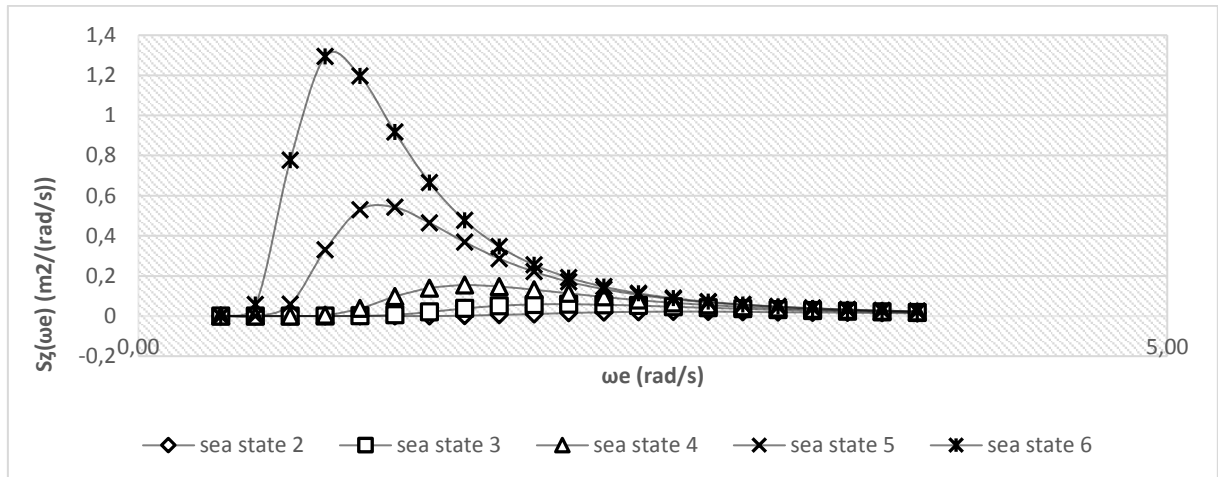


Gambar IV.2 RAO Pitch

Gambar IV.2 menunjukkan hasil response amplitude operator (RAO) pada gerakan *pitch* dengan variasi *heading angle* 180°, 135°, dan 90°. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa RAO terbesar terjadi ketika kapal bergerak pada *heading angle* 180° dan terjadi pada frekuensi *encountered* 0,74 rad/s yaitu sebesar 1,038 °/m. Nilai numerik *encounter wave frequency* dan RAO *heave* dan *pitch* secara detail dapat dilihat pada Lampiran A.

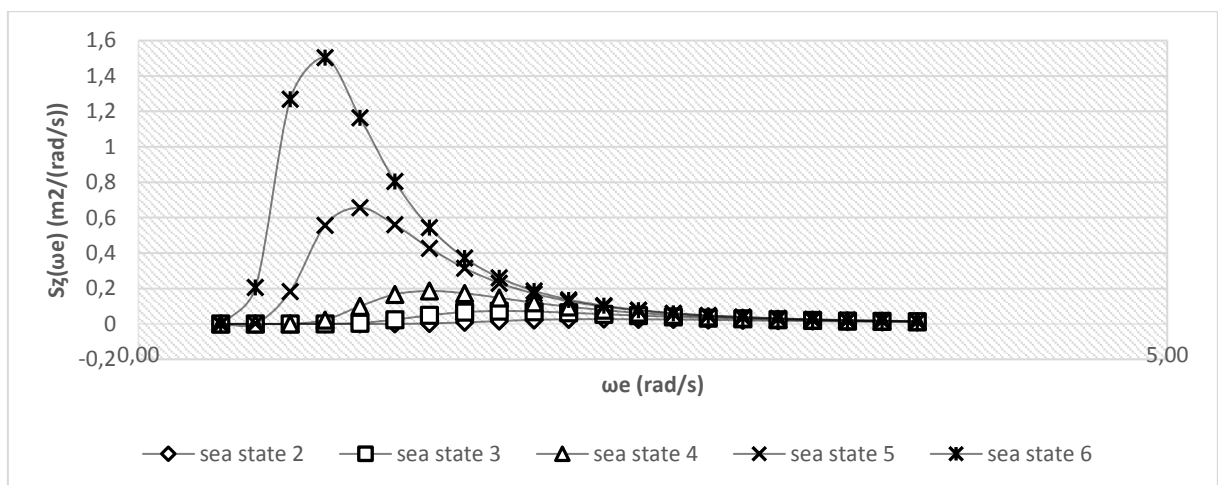
IV.2. Wave Spectrum

Untuk mendapatkan gerakan kapal karena pengaruh gelombang irreguler, maka dilakukan perhitungan spectrum gelombang. Persamaan spektrum gelombang ITTC digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Spektrum gelombang tersebut kemudian ditransformasikan menjadi spectrum gelombang *encountered* pada *heading angle* 180°, 135°, dan 90° pada *sea state* 2 – 6. Pada Gambar IV.3 merupakan spectrum gelombang *encountered* yang diperoleh dari Maxsurf Motions.



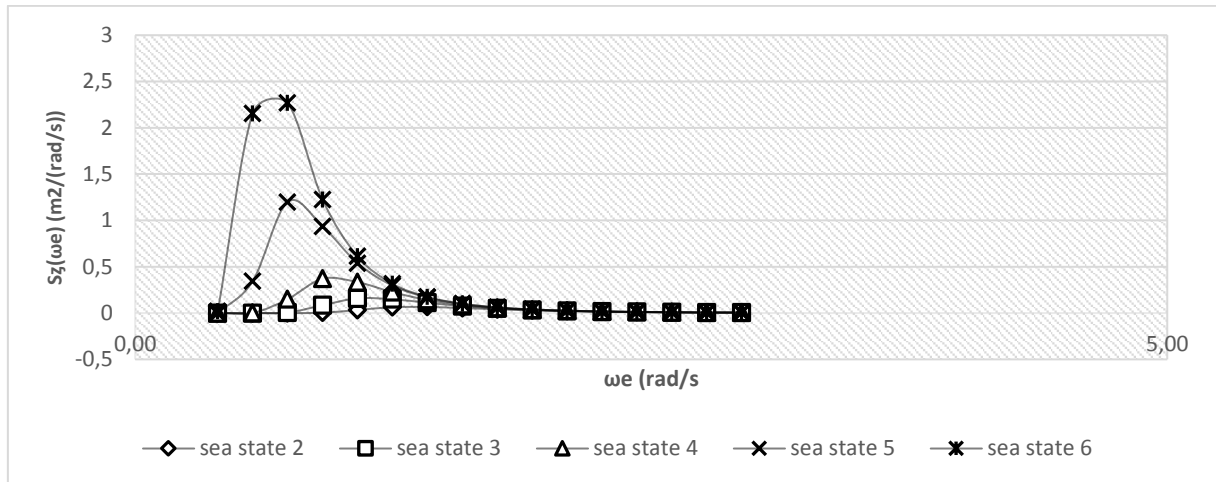
Gambar IV.3 Wave Encounter Spectrum Heading Angle 180°

Gambar IV.3 menunjukkan hasil bahwa spectrum gelombang dengan *sea state* yang berbeda akan menghasilkan spectrum yang berbeda juga. Dapat dilihat bahwa spektrum gelombang tertinggi untuk *heading angle* 180 yaitu pada *sea state* 6.



Gambar IV.4 Wave Encounter Spectrum Heading Angle 135°

Gambar IV.4 menunjukkan hasil spektrum gelombang *encounter* untuk *heading angle* 135. Sama seperti Gambar IV.3, spektrum gelombang *encounter* tertinggi yaitu terdapat pada *sea state* 6.

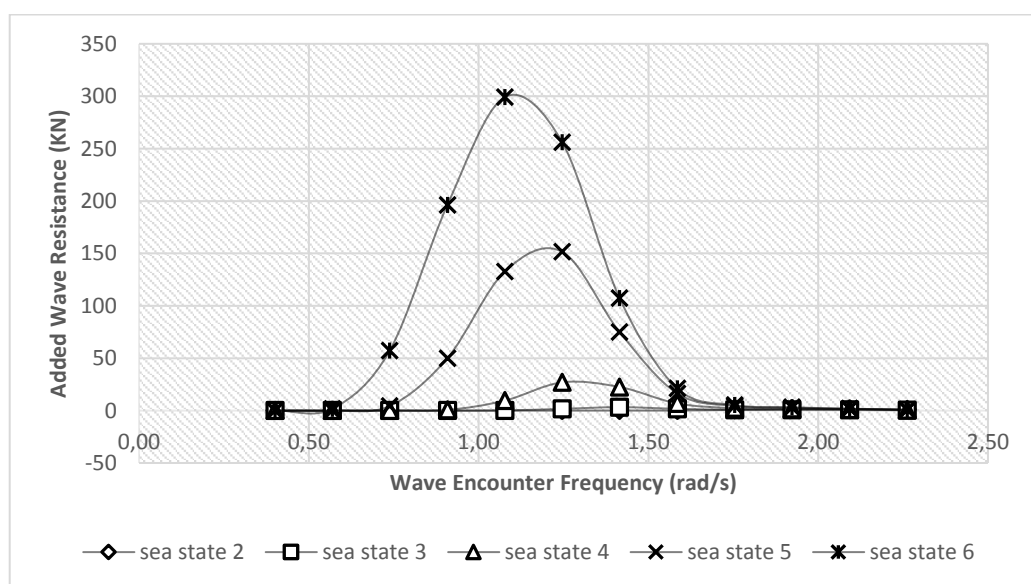


Gambar IV.5 Encounter Wave Spectrum Heading Angle 90°

Gambar IV.5 menunjukkan hasil spektrum gelombang *encounter* untuk *heading angle* 90°. Nilai numerik wave spectrum dan encounter wave spectrum secara detail dapat dilihat pada Lampiran B.

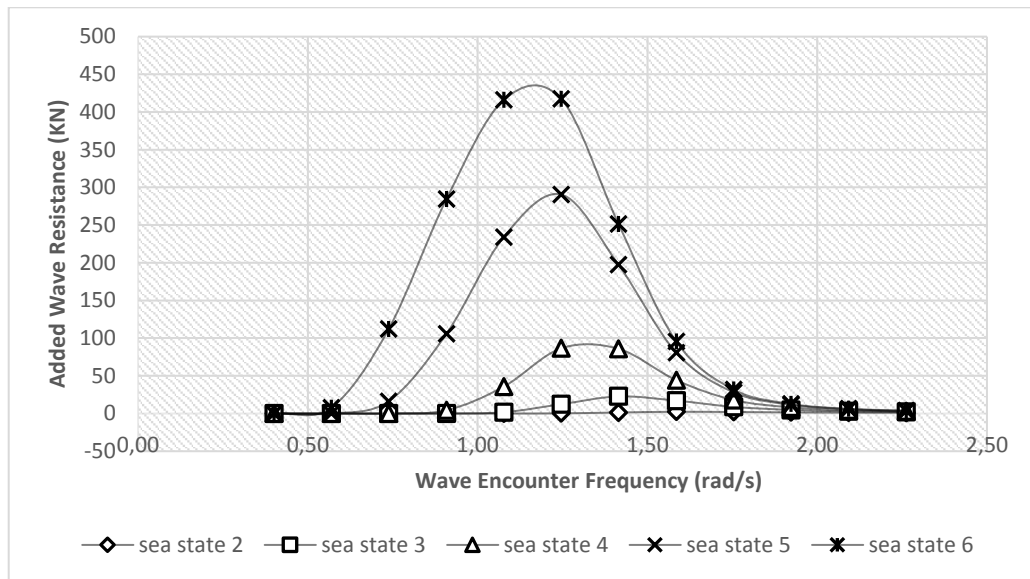
IV.3. Perhitungan Added Wave Resistance Menggunakan Metode Havelock

Setelah didapatkan spektrum gelombang *encounter* maka dapat dilakukan perhitungan *added wave resistance* pada *sea state* 2-6 untuk *heading angle* 180°, 135°, dan 90°. Perhitungan *added wave resistance* Metode Havelock dihitung dengan menggunakan persamaan (2.4).



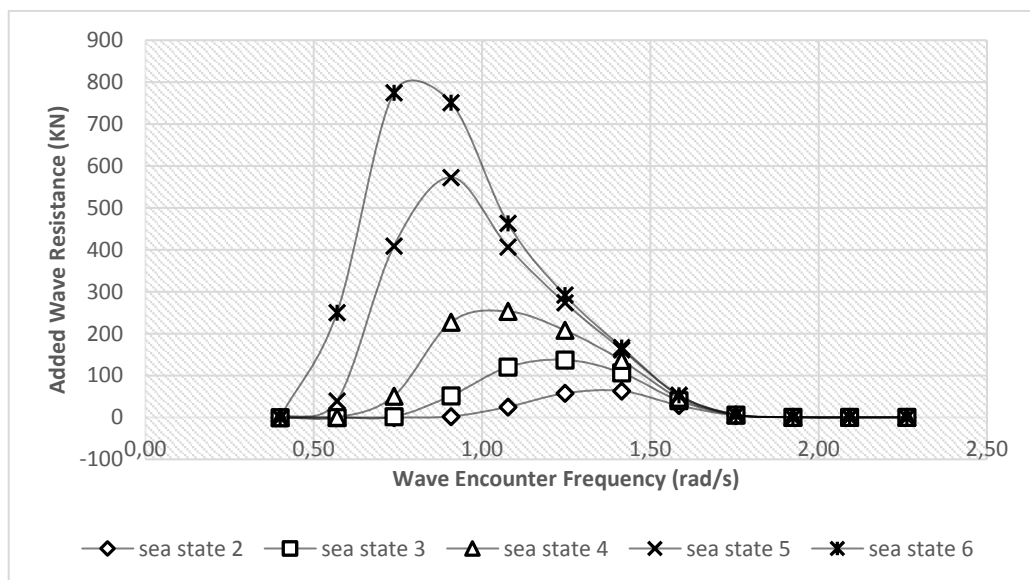
Gambar IV.6 Added Wave Resistance Havelock Heading Angle 180

Gambar IV.6 menunjukkan hasil nilai *added wave resistance* terbesar yaitu pada *sea state* 6 dengan nilai *added wave resistance* irregular yaitu sebesar 8.73 kN.



Gambar IV.7 Added Wave Resistance Havelock Heading Angle 135

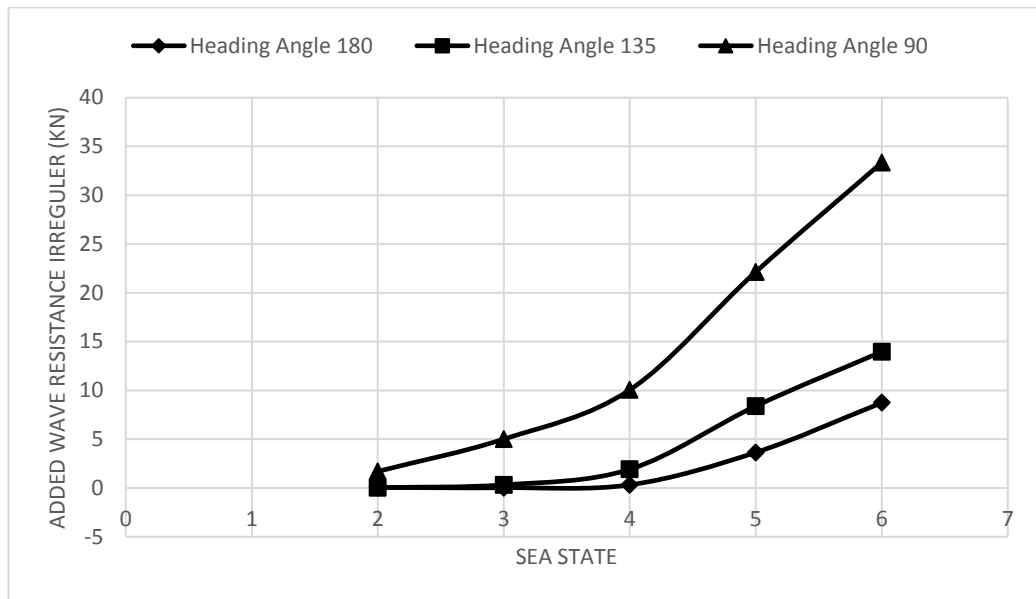
Gambar IV.7 menunjukkan hasil nilai *added wave resistance* terbesar yaitu pada *sea state* 6 dengan nilai *added wave resistance* irregular yaitu sebesar 13.96 kN.



Gambar IV.8 Added Wave Resistance Havelock Heading Angle 90

Gambar IV.8 menunjukkan hasil nilai *added wave resistance* terbesar yaitu pada *sea state* 6 dengan nilai *added wave resistance* irregular yaitu sebesar 33.33 kN. Pada Gambar

IV.6-8 juga menunjukkan dari *sea state* 2-6 semakin besar *sea state* atau *added wave resistance* pun semakin besar.

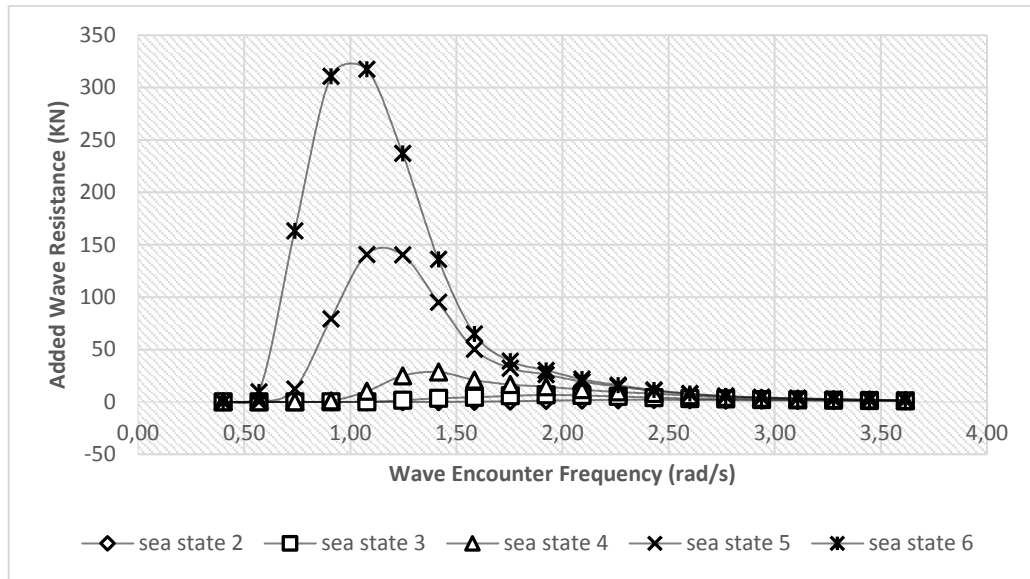


Gambar IV.9 Added Wave Resistance Irregular Havelock

Pada Gambar IV.9 menunjukkan hasil nilai *added wave resistance* irregular terbesar yaitu pada *heading angle* 90. Nilai numerik *added wave resistance* Havelock dan spektrum gelombang *encounter* secara detail dapat dilihat pada Lampiran C.

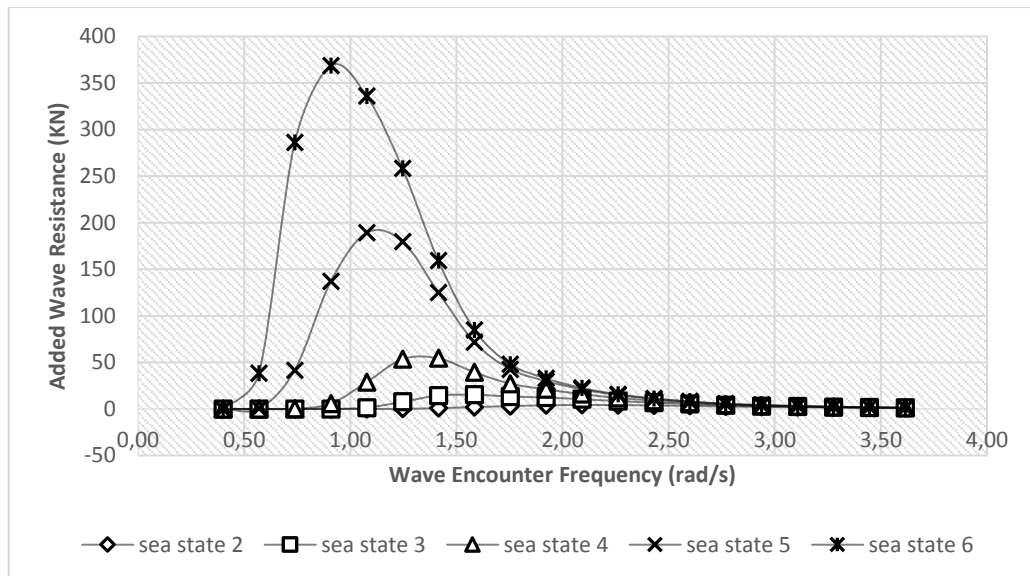
IV.4. Perhitungan Added Wave Resistance Menggunakan Metode Salvesen

Setelah dilakukan perhitungan Havelock, maka selanjutnya dilakukan perhitungan *added wave resistance* dengan menggunakan Metode Salvesen. Dalam perhitungan ini dihasilkan nilai *added wave resistance* untuk *heading angle* 180, 135, dan 90 pada *sea state* 2 – 6. Berikut merupakan hasil perhitungan *added wave resistance* Metode Salvesen:



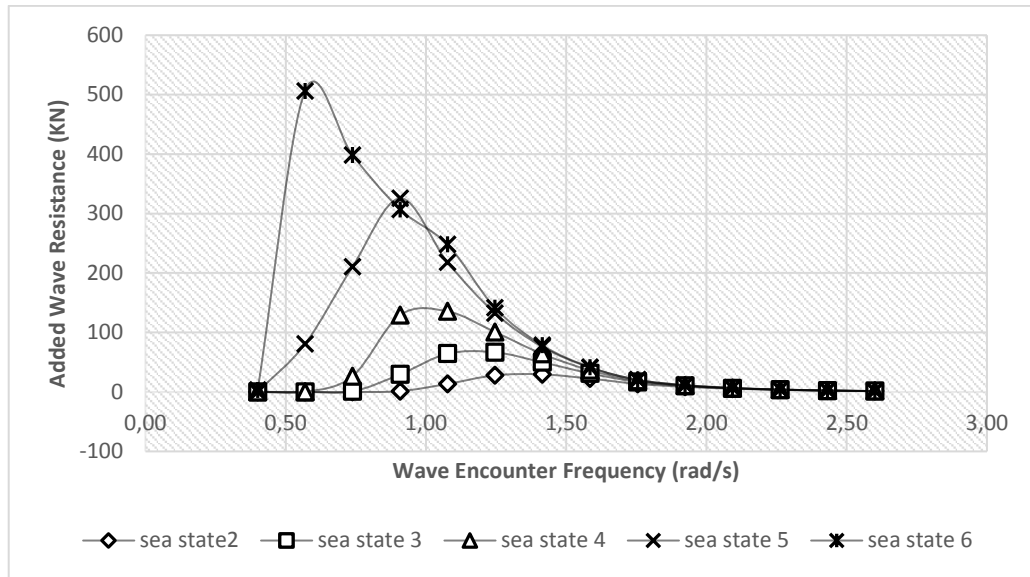
Gambar IV.10 Added Wave Resistance Salvesen Heading Angle 180

Gambar IV.10 menunjukkan hasil nilai *added wave resistance* terbesar yaitu pada *sea state 6* dengan nilai *added wave resistance* irregular yaitu sebesar 11.18 kN.



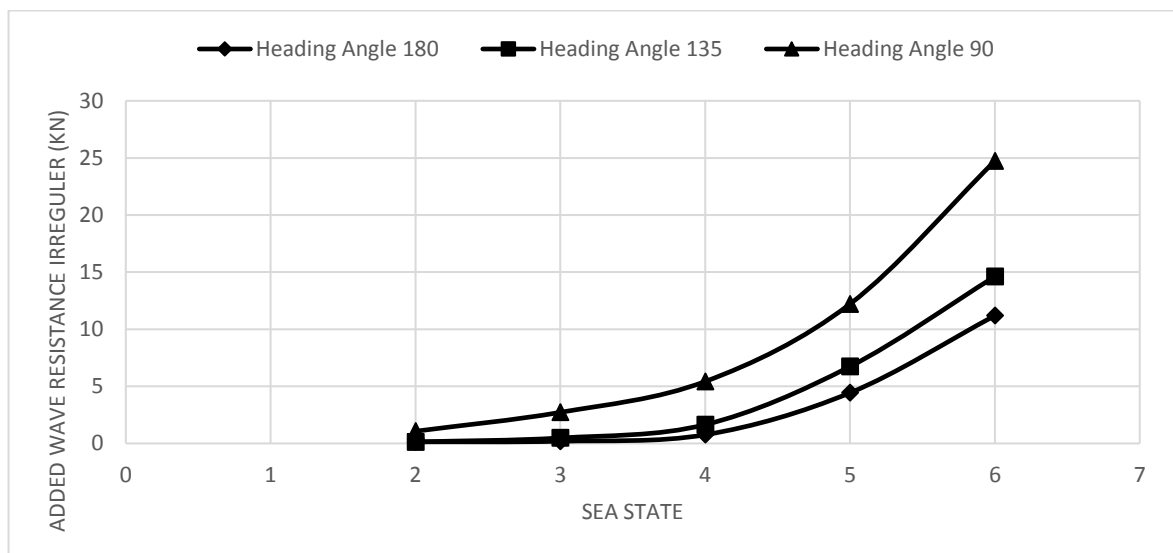
Gambar IV.11 Added Wave Resistance Salvesen Heading Angle 135

Gambar IV.11 menunjukkan hasil nilai *added wave resistance* terbesar yaitu pada *sea state 6* dengan nilai *added wave resistance* irregular yaitu sebesar 14.61 kN.



Gambar IV.12 Added Wave Resistance Salvesen Heading Angle 90

Untuk *added wave resistance* dengan *heading angle* 90 dapat dilihat pada Gambar IV.12. Dapat dilihat bahwa nilai *added wave resistance* terbesar yaitu pada *sea state* 6 dengan nilai *added wave resistance* irregular yaitu sebesar 24.73 kN. Gambar IV.12 juga menunjukkan dari *sea state* 2-6 semakin besar *sea state* maka nilai *added wave resistance* pun semakin besar.



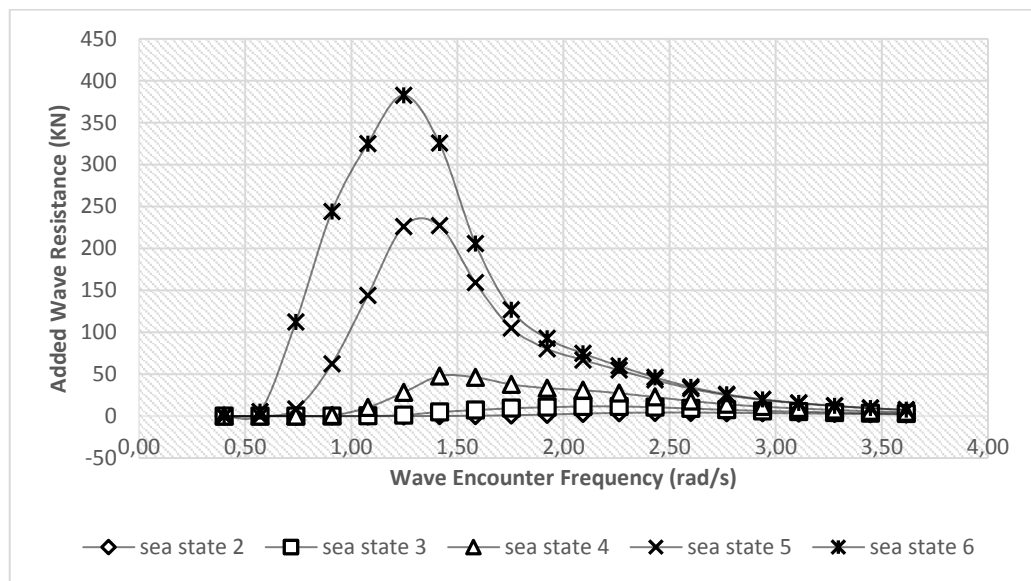
Gambar IV.13 Added Wave Resistance Irregular Salvesen

Gambar IV.13 menunjukkan *added wave resistance* irregular untuk *heading angle* 180, 135, dan 90 pada *sea state* 2 – 6. Dapat dilihat bahwa nilai *added wave resistance* irregular terbesar yaitu pada *sea state* 6 dengan *heading angle* 90, dengan nilai *added wave*

resistance rata rata sebesar 24.73 kN. Nilai numerik *added wave resistance* Metode Salvesen dan spektrum gelombang *encounter* secara detail dapat dilihat pada Lampiran D.

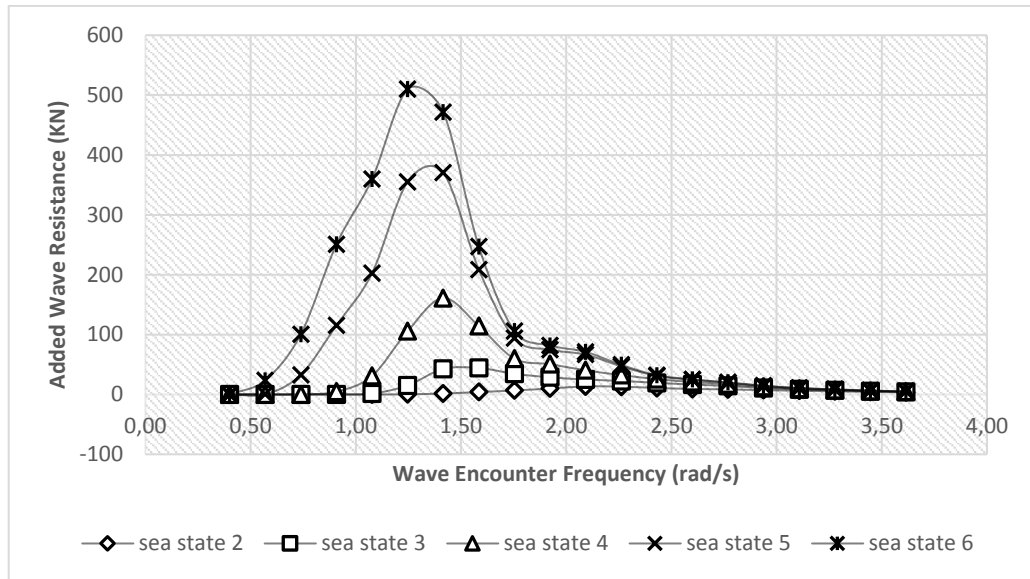
IV.5. Perhitungan *Added Wave Resistance* Menggunakan Metode Gerritsma & Beukelman

Setelah dilakukan perhitungan Metode Havelock dan Salvesen, maka selanjutnya dilakukan perhitungan *added wave resistance* dengan menggunakan Metode Gerritsma & Beukelman. Dalam perhitungan ini dihasilkan nilai *added wave resistance* untuk *heading angle* 180, 135, dan 90 pada *sea state* 2 – 6.



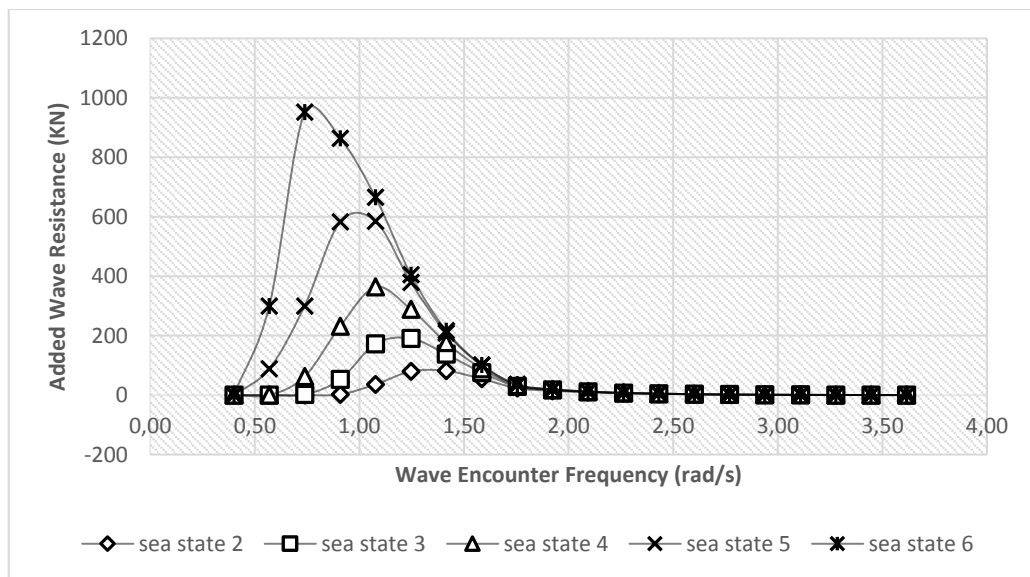
Gambar IV.14 *Added Wave Resistance* Gerritsma & Beukelman 180

Gambar IV.14 menunjukkan hasil nilai *added wave resistance* terbesar untuk *heading angle* 180 yaitu terdapat pada *sea state* 6 dengan nilai *added wave resistance* irreguler yaitu sebesar 13.83 kN.



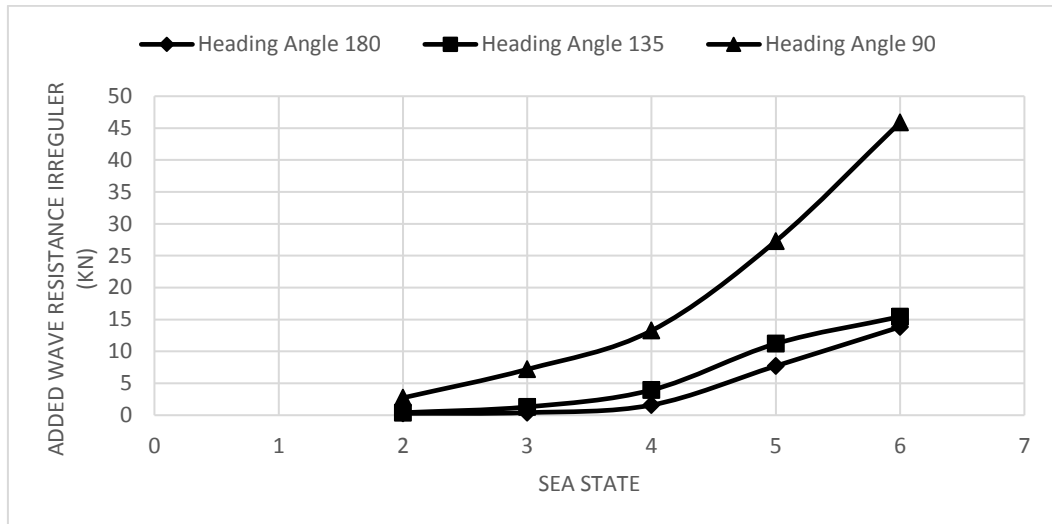
Gambar IV.15 Added Wave Resistance Gerritsma & Beukelman Heading Angle 135

Gambar IV.15 menunjukkan hasil nilai *added wave resistance* terbesar untuk *heading angle* 135 yaitu terdapat pada *sea state* 6 dengan nilai *added wave resistance* irregular yaitu sebesar 15.44 kN.



Gambar IV.16 Added Wave Resistance Gerritsma & Beukelman Heading Angle 90

Gambar IV.16 menunjukkan hasil nilai *added wave resistance* terbesar untuk *heading angle* 180 yaitu terdapat pada *sea state* 6 dengan nilai *added wave resistance* irregular yaitu sebesar 45.89 kN. Gambar IV.16 juga menunjukkan dari *sea state* 2-6 semakin besar *sea state* maka nilai *added wave resistance* pun semakin besar.

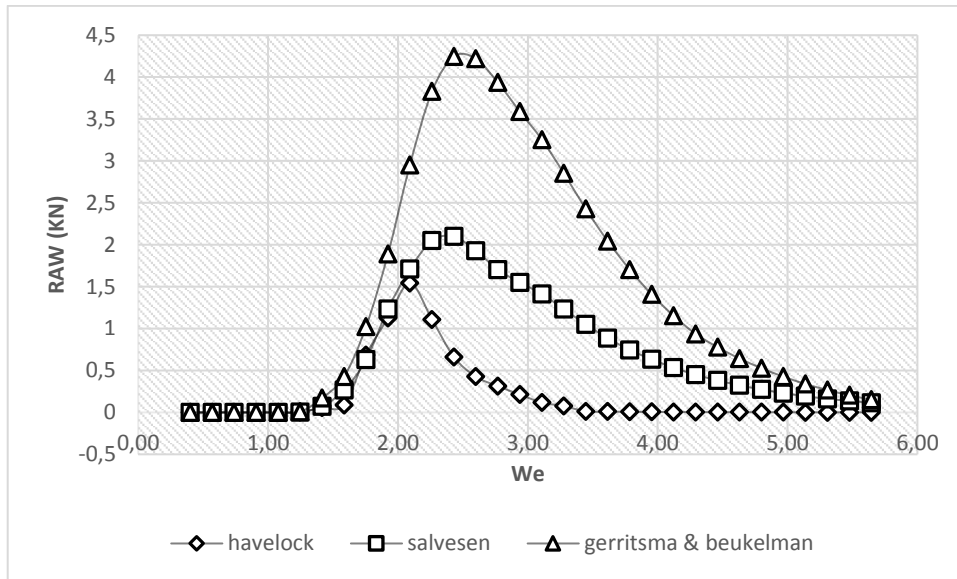


Gambar IV.17 Added Wave Resistance Irregular Gerritsma & Beukelman

Gambar IV.17 menunjukkan *added wave resistance* irregular untuk *heading angle* 180, 135, dan 90 pada *sea state* 2 – 6. Dapat dilihat bahwa nilai *added wave resistance* terbesar yaitu pada *sea state* 6 dengan *heading angle* 90, dengan nilai *added wave resistance* irregular yaitu sebesar 45.89 kN. Nilai numerik *added wave resistance* Metode Gerritsma & Beukelman dan spektrum gelombang *encounter* secara detail dapat dilihat pada Lampiran E.

IV.6. Analisis Perbandingan Added Wave Resistance

Setelah didapatkan hasil analisis dengan menggunakan ketiga metode maka dilakukan perbandingan antara Metode Havelock, Salvesen, dan Gerritsma & Beukelman. Penelitian lain yang membandingkan hasil *added wave resistance* dilakukan oleh Salvesen (1978). Pada penelitian tersebut dilakukan perhitungan *added wave resistance* pada kapal perang *destroyer* dengan $C_B = 0.49$, $F_n = 0.25$ pada *heading angle* 180 dengan menggunakan metode Gerritsma & Beukelman, dan Salvesen. Penelitian tersebut menunjukkan hasil berbeda untuk kedua metode tersebut. Dimana terdapat perbedaan yaitu sebesar $\pm 30\%$. Tren ini memiliki kemiripan dengan hasil yang didapatkan pada penelitian ini dimana terdapat perbedaan yang signifikan antara metode Gerritsma & Beukelman dengan Salvesen.

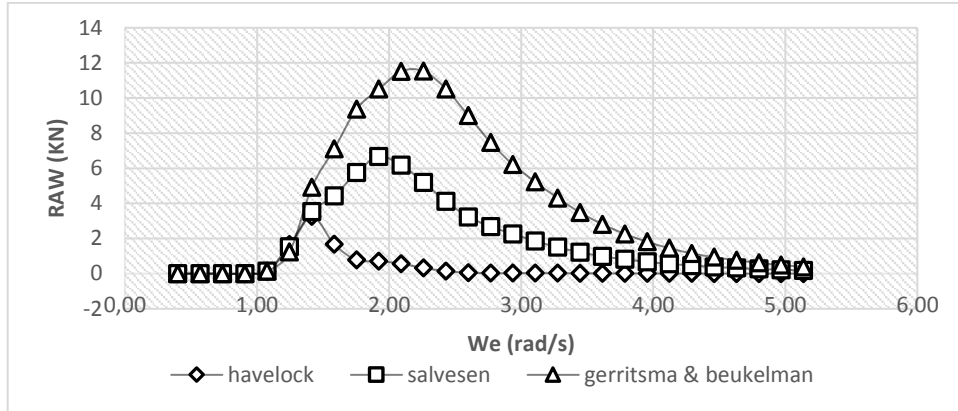


Gambar IV.18 Added Wave Resistance Sea State 2 Heading Angle 90

Gambar IV.18 merupakan hasil perbandingan tiga metode yaitu Havelock, Salvesenn dan Gerritsma & Beukelman pada *sea state 2* dengan *heading angle* sebesar 90 derajat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada *wave encounter* 2 rad/s hingga 4 rad/s, terdapat perbedaan yang cukup besar dimana hasil *added wave resistance* yang didapat dari metode Salvesen memiliki nilai terkecil sedangkan dengan metode Gerritsma, nilai *added wave resistance* yang didapat memiliki nilai terbesar.

Persamaan (2.4) dan (2.5) menjelaskan komponen dari metode Havelock dan Salvesen. Dimana untuk metode Havelock perhitungan vertical motions sangat berpengaruh terhadap *added wave resistance*. Sementara unuk metode Salvesen, terdapat komponen *exciting force*, dan momen Froude-Krilov. Pada perhitungan metode Gerritsma & Beukelman dengan menggunakan persamaan (2.11) terdapat komponen *diffraction*.

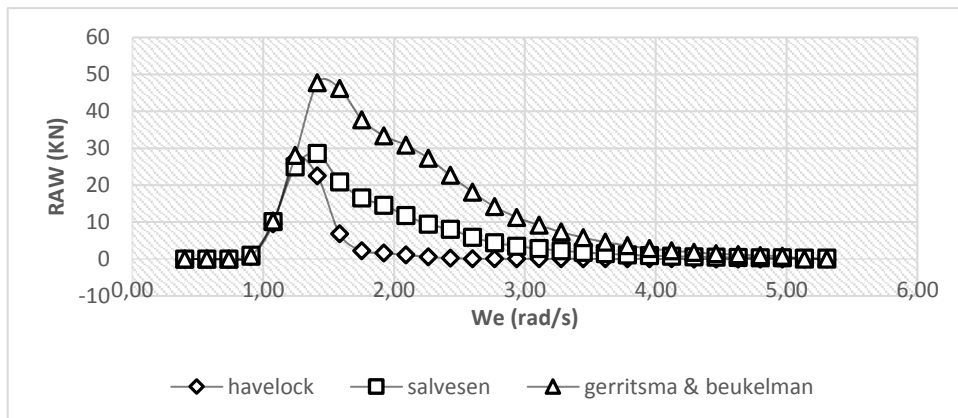
Dari komponen tersebut menghasilkan perbedaan hasil dari *added wave resistance*. Pada *wave encounter* 2 rad/s hingga 4 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* yang mewakili komponen *diffraction* lebih besar daripada *exciting force* dan momen serta vertical motions sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman lebih besar dari metode Havelock dan Salvesen. Sementara pada *wave encounter* 0.4 rad/s hingga 2 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* tidak jauh berbeda dengan *exciting force* dan momen serta *vertical motions* sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman, Havelock, dan Salvesen mengalami kemiripan.



Gambar IV.19 Added Wave Resistance Sea State 3 Heading Angle 90

Gambar IV.19 merupakan hasil perbandingan tiga metode yaitu Havelock, Salvesen dan Gerritsma & Beukelman pada *sea state* 3 dengan *heading angle* sebesar 90 derajat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 4 rad/s, hasil *added wave resistance* yang didapat dari metode Salvesen memiliki nilai terkecil sedangkan dengan metode Gerritsma & Beukelman, nilai *added wave resistance* yang didapat memiliki nilai terbesar.

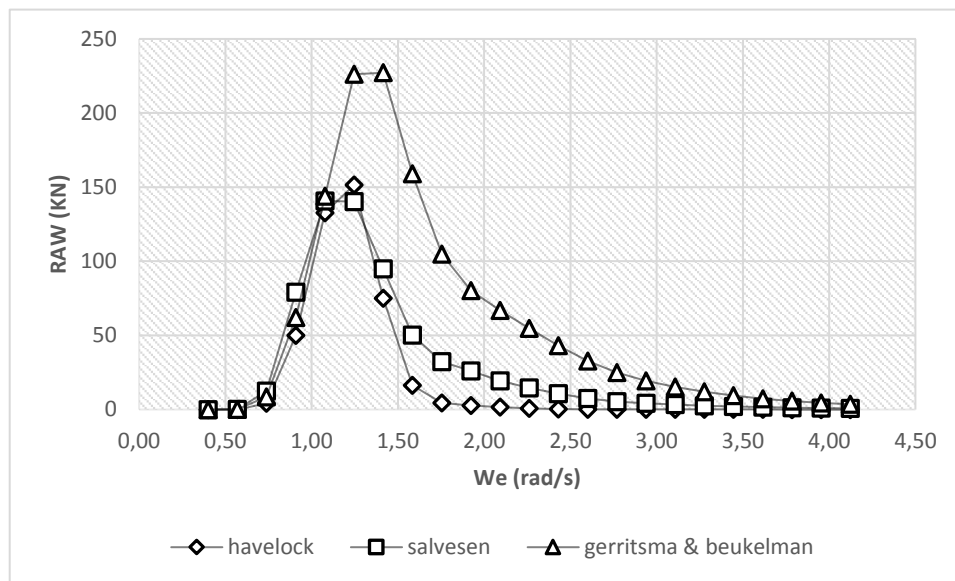
Pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 4 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* yang mewakili komponen *diffraction* lebih besar daripada exciting force dan momen serta vertical motions sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman lebih besar dari metode Havelock dan Salvesen. Sementara pada *wave encounter* 0.4 rad/s hingga 1 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* tidak jauh berbeda dengan exciting force dan momen serta vertical motions sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman, Havelock, dan Salvesen mengalami kemiripan.



Gambar IV.20 Added Wave Resistance Sea State 4 Heading Angle 90

Gambar IV.19 merupakan hasil perbandingan tiga metode yaitu Havelock, Salvesen dan Gerritsma & Beukelman pada *sea state* 4 dengan *heading angle* sebesar 90 derajat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada *wave encounter* 0,5 rad/s hingga 4 rad/s, hasil *added wave resistance* yang didapat dari metode Salvesen memiliki nilai terkecil sedangkan dengan metode Gerritsma & Beukelman, nilai *added wave resistance* yang didapat memiliki nilai terbesar.

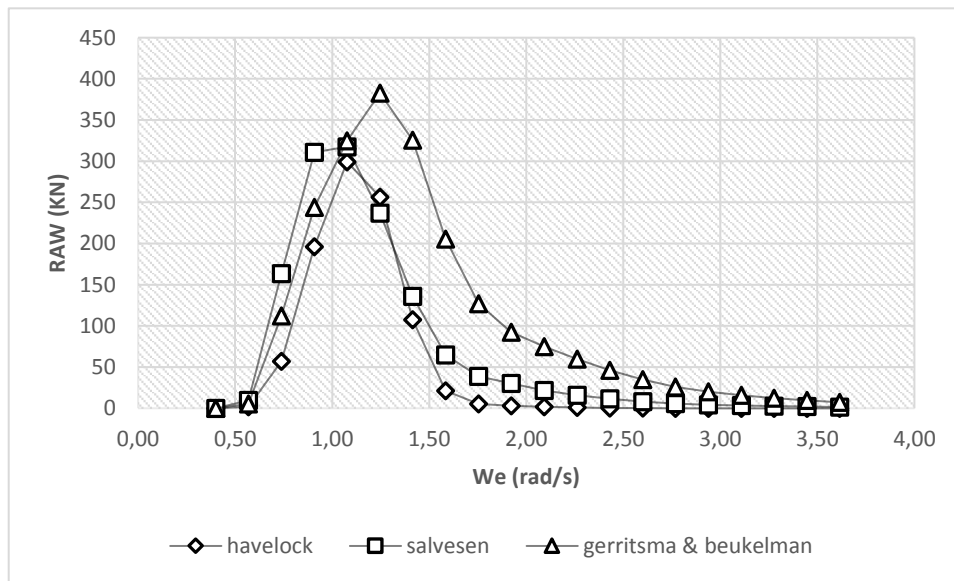
Pada *wave encounter* 2 rad/s hingga 4 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* yang mewakili komponen *diffraction* lebih besar daripada *exciting force* dan momen serta *vertical motions* sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman lebih besar dari metode Havelock dan Salvesen. Sementara pada *wave encounter* 0.4 rad/s hingga 2 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* tidak jauh berbeda dengan *exciting force* dan momen serta *vertical motions* sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman, Havelock, dan Salvesen mengalami kemiripan.



Gambar IV.21 Added Wave Resistance Sea State 5 Heading Angle 90

Gambar IV.21 merupakan hasil perbandingan tiga metode yaitu Havelock, Salvesen dan Gerritsma pada *sea state* 5 dengan *heading angle* sebesar 90 derajat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 3 rad/s, hasil *added wave resistance* yang didapat dari metode Salvesen memiliki nilai terkecil sedangkan dengan metode Gerritsma & Beukelman, nilai *added wave resistance* yang didapat memiliki nilai terbesar.

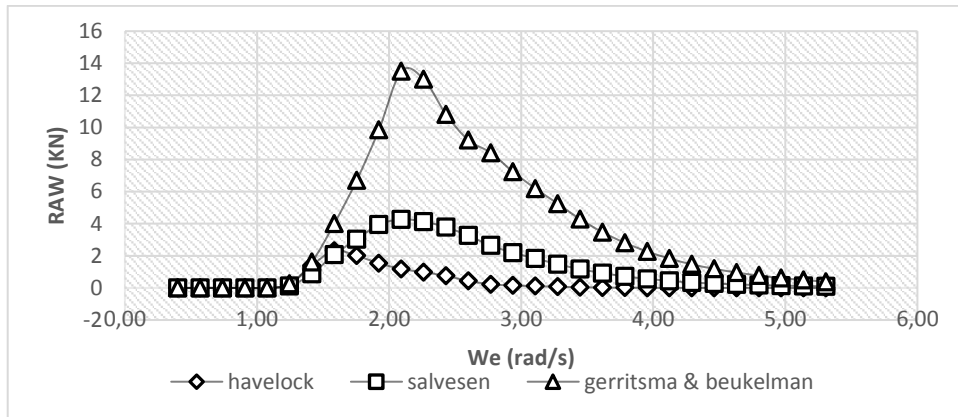
Pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 3 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* yang mewakili komponen *diffraction* lebih besar daripada *exciting force* dan momen serta *vertical motions* sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman lebih besar dari metode Havelock dan Salvesen. Sementara pada *wave encounter* 0.4 rad/s hingga 1 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* tidak jauh berbeda dengan *exciting force* dan momen serta *vertical motions* sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman, Havelock, dan Salvesen mengalami kemiripan.



Gambar IV.22 Added Wave Resistance Sea State 6 Heading Angle 90

Gambar IV.22 merupakan hasil perbandingan tiga metode yaitu Havelock, Salvesen dan Gerritsma pada *sea state* 4 dengan *heading angle* sebesar 90 derajat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada *wave encounter* 0,5 rad/s hingga 3 rad/s, hasil *added wave resistance* yang didapat dari metode Salvesen memiliki nilai terkecil sedangkan dengan metode Gerritsma & Beukelman, nilai *added wave resistance* yang didapat memiliki nilai terbesar.

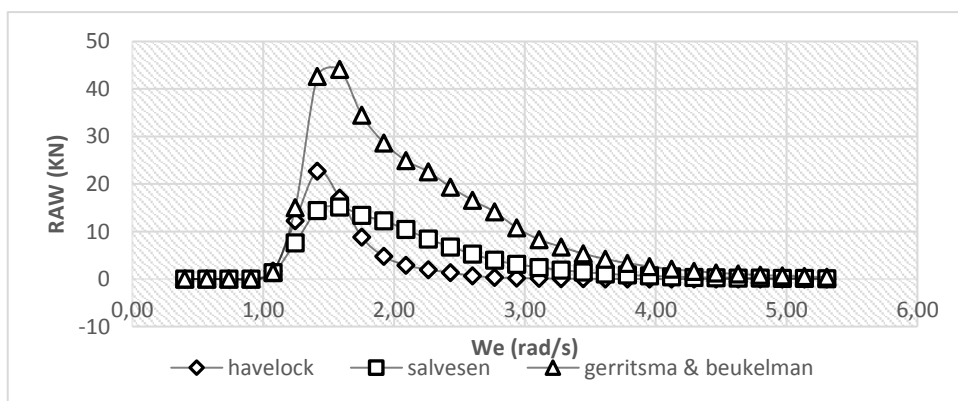
Gambar IV. 18 – 22 menunjukkan perbedaan dari ketiga metode tersebut. Metode Gerritsma & Beukelman merupakan metode dengan hasil *added wave resistance* paling besar, sementara Metode Salvesen merupakan metode dengan hasil *added wave resistance* paling kecil. Berikut merupakan perbandingan antara nilai *added wave resistance* *sea state* 2 sampai dengan *sea state* 6 untuk *heading angle* 135:



Gambar IV.23 Added Wave Resistance Sea State 2 Heading Angle 135

Gambar IV.22 merupakan hasil perbandingan tiga metode yaitu Havelock, Salvaseen dan Gerritsma pada *sea state* 2 dengan *heading angle* sebesar 135 derajat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 5 rad/s, hasil *added wave resistance* yang didapat dari metode Havelock memiliki nilai terkecil sedangkan dengan metode Gerritsma & Beukelman, nilai *added wave resistance* yang didapat memiliki nilai terbesar.

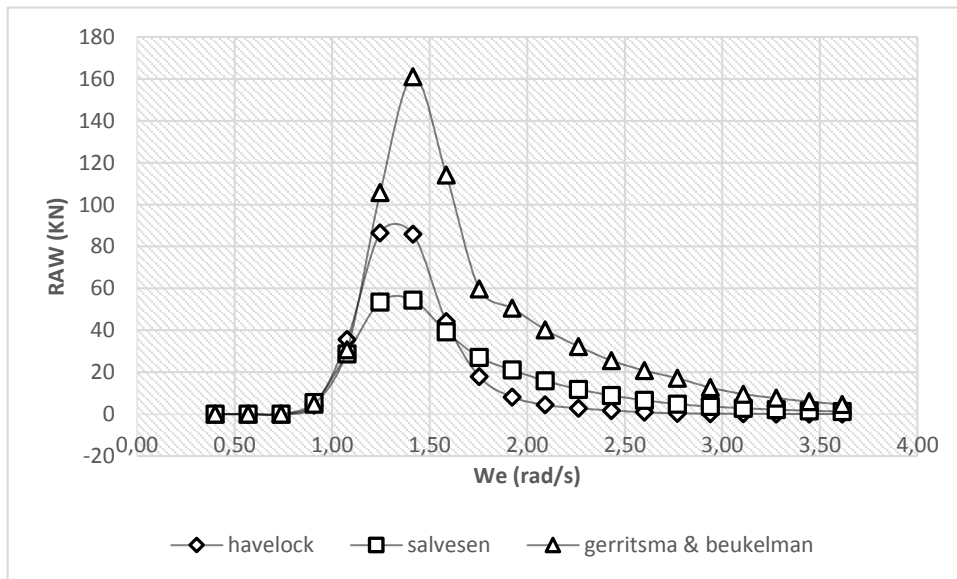
Pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 5 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* yang mewakili komponen *diffraction* lebih besar daripada *exciting force* dan momen serta *vertical motions* sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman lebih besar dari metode Havelock dan Salvaseen. Sementara pada *wave encounter* 0.4 rad/s hingga 1 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* tidak jauh berbeda dengan *exciting force* dan momen serta *vertical motions* sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman, Havelock, dan Salvaseen mengalami kemiripan.



Gambar IV.24 Added Wave Resistance Sea State 3 Heading Angle 135

Gambar IV.24 merupakan hasil perbandingan tiga metode yaitu Havelock, Salvesen dan Gerritsma pada *sea state* 3 dengan *heading angle* sebesar 135 derajat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 5 rad/s, hasil *added wave resistance* yang didapat dari metode Havelock memiliki nilai terkecil sedangkan dengan metode Gerritsma & Beukelman, nilai *added wave resistance* yang didapat memiliki nilai terbesar.

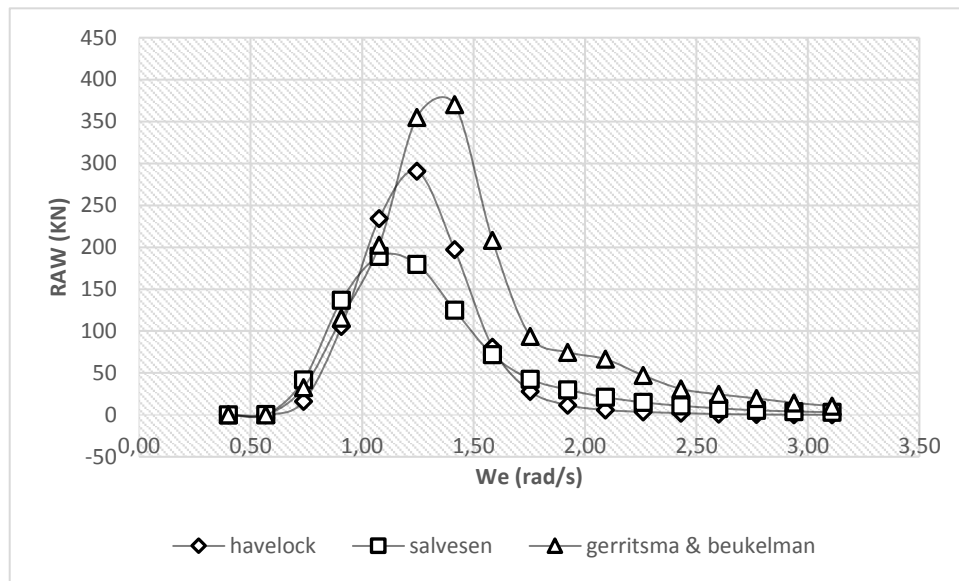
Pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 5 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* yang mewakili komponen *diffraction* lebih besar daripada *exciting force* dan momen serta *vertical motions* sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman lebih besar dari metode Havelock dan Salvesen. Sementara pada *wave encounter* 0.4 rad/s hingga 1 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* tidak jauh berbeda dengan *exciting force* dan momen serta *vertical motions* sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman, Havelock, dan Salvesen mengalami kemiripan.



Gambar IV.25 Added Wave Resistance Sea State 4 Heading Angle 135

Gambar IV.25 merupakan hasil perbandingan tiga metode yaitu Havelock, Salvesen dan Gerritsma pada *sea state* 4 dengan *heading angle* sebesar 135 derajat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 4 rad/s, hasil *added wave resistance* yang didapat dari metode Salvesen memiliki nilai terkecil sedangkan dengan metode Gerritsma & Beukelman, nilai *added wave resistance* yang didapat memiliki nilai terbesar.

Pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 4 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* yang mewakili komponen *diffraction* lebih besar daripada *exciting force* dan momen serta *vertical motions* sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman lebih besar dari metode Havelock dan Salvesen. Sementara pada *wave encounter* 0.4 rad/s hingga 1 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* tidak jauh berbeda dengan *exciting force* dan momen serta *vertical motions* sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman, Havelock, dan Salvesen mengalami kemiripan.

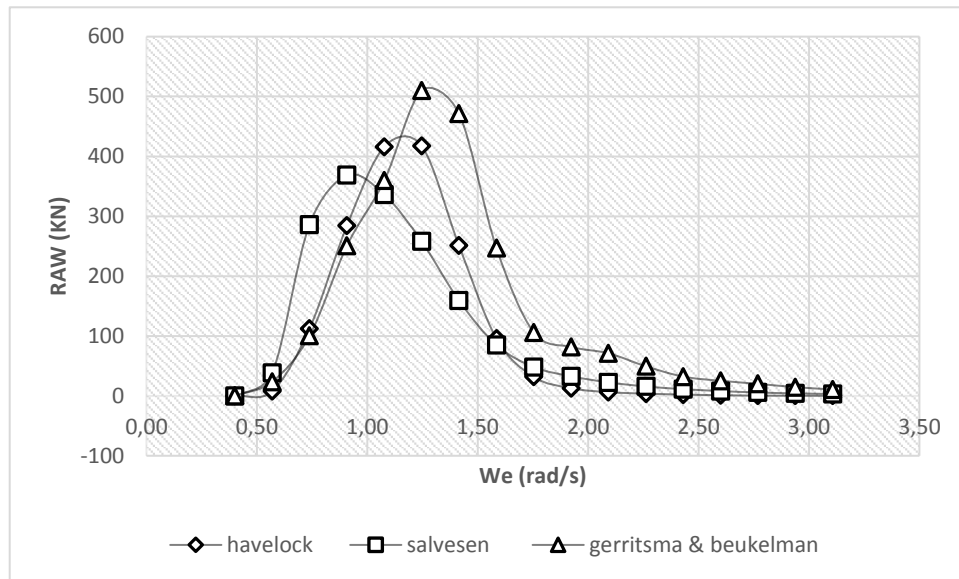


Gambar IV.26 Added Wave Resistance Sea State 5 Heading Angle 135

Gambar IV.26 merupakan hasil perbandingan tiga metode yaitu Havelock, Salvesen dan Gerritsma & Beukelman pada *sea state* 5 dengan *heading angle* sebesar 135 derajat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 3 rad/s, hasil *added wave resistance* yang didapat dari metode Salvesen memiliki nilai terkecil sedangkan dengan metode Gerritsma & Beukelman, nilai *added wave resistance* yang didapat memiliki nilai terbesar.

Pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 3 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* yang mewakili komponen *diffraction* lebih besar daripada *exciting force* dan momen serta *vertical motions* sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman lebih besar dari metode Havelock dan Salvesen. Sementara pada *wave encounter* 0.4 rad/s hingga 1 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* tidak jauh

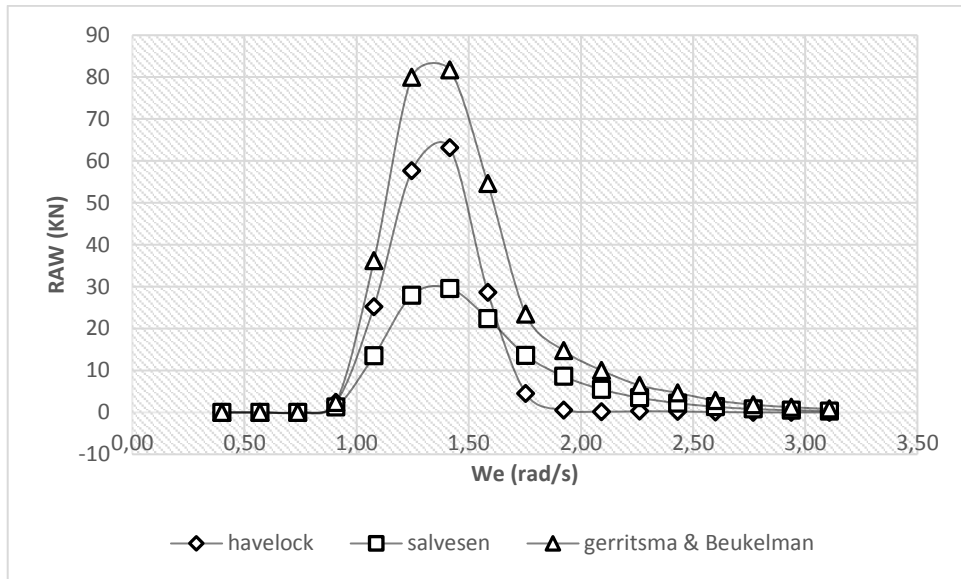
berbeda dengan *exciting force* dan momen serta *vertical motions* sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman, Havelock, dan Salvesen mengalami kemiripan.



Gambar IV.27 Added Wave Resistance Sea State 6 Heading Angle 135

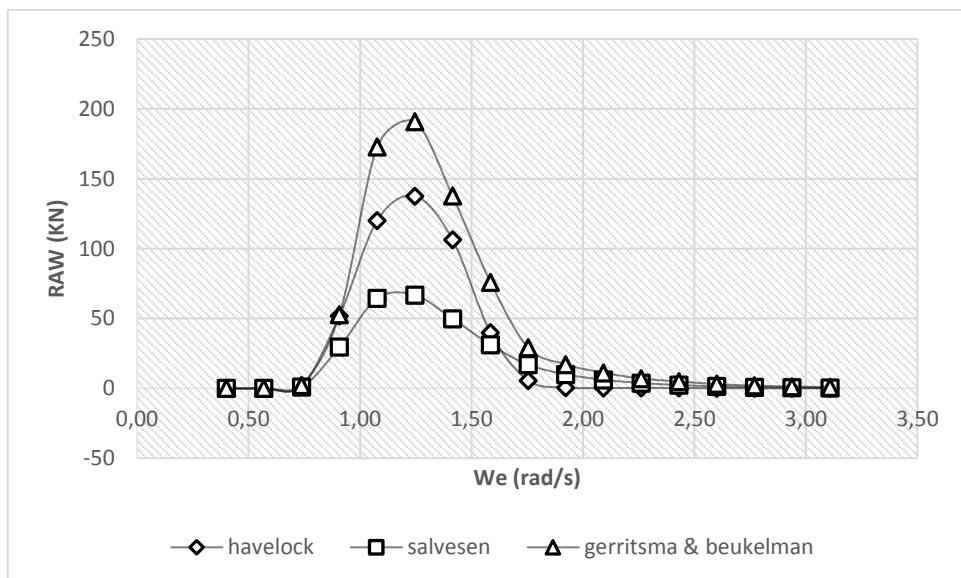
Gambar IV.27 merupakan hasil perbandingan tiga metode yaitu Havelock, Salvesen dan Gerritsma & Beukelman pada *sea state* 6 dengan *heading angle* sebesar 135 derajat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 3 rad/s, hasil *added wave resistance* yang didapat dari metode Salvesen memiliki nilai terkecil sedangkan dengan metode Gerritsma & Beukelman, nilai *added wave resistance* yang didapat memiliki nilai terbesar.

Gambar IV. 23 – 27 menunjukkan hasil perbedaan dari ketiga metode tersebut. Metode Gerritsma & Beukelman merupakan metode dengan hasil *added wave resistance* paling besar, sementara Metode Salvesen merupakan metode dengan hasil *added wave resistance* paling kecil. Berikut merupakan perbandingan antara nilai *added wave resistance* *sea state* 2 sampai dengan *sea state* 6 untuk *heading angle* 180:



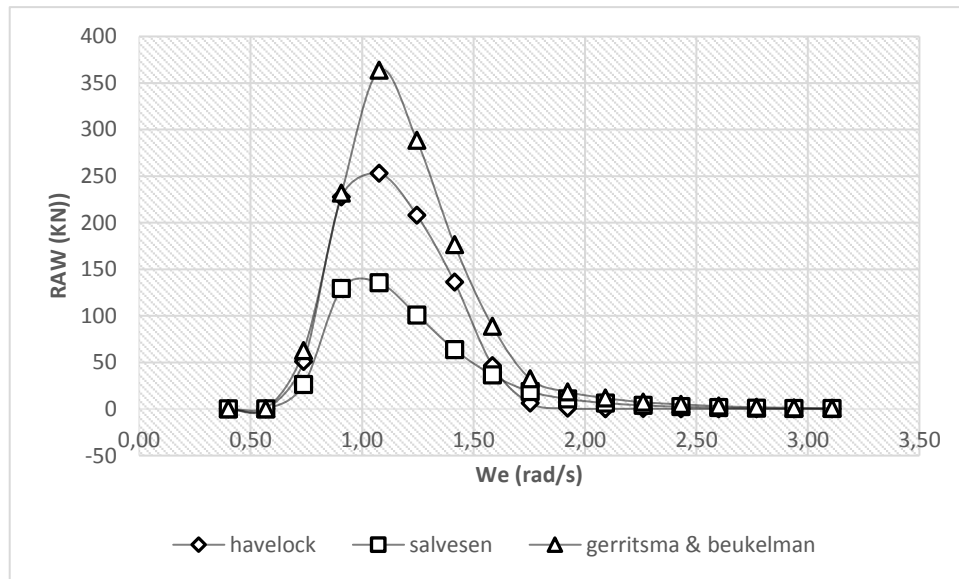
Gambar IV.28 Added Wave Resistance Sea State 2 Heading Angle 180

Gambar IV.28 merupakan hasil perbandingan tiga metode yaitu Havelock, Salvesen dan Gerritsma & Beukelman pada *sea state* 2 dengan *heading angle* sebesar 180 derajat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 2 rad/s, hasil *added wave resistance* yang didapat dari metode Havelock memiliki nilai terkecil sedangkan dengan metode Gerritsma & Beukelman, nilai *added wave resistance* yang didapat memiliki nilai terbesar.



Gambar IV.29 Added Wave Resistance Sea State 3 Heading Angle 180

Gambar IV.29 merupakan hasil perbandingan tiga metode yaitu Havelock, Salvaseen dan Gerritsma pada *sea state* 3 dengan *heading angle* sebesar 180 derajat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 1.5 rad/s, hasil *added wave resistance* yang didapat dari metode Havelock memiliki nilai terkecil sedangkan dengan metode Gerritsma & Beukelman, nilai *added wave resistance* yang didapat memiliki nilai terbesar.

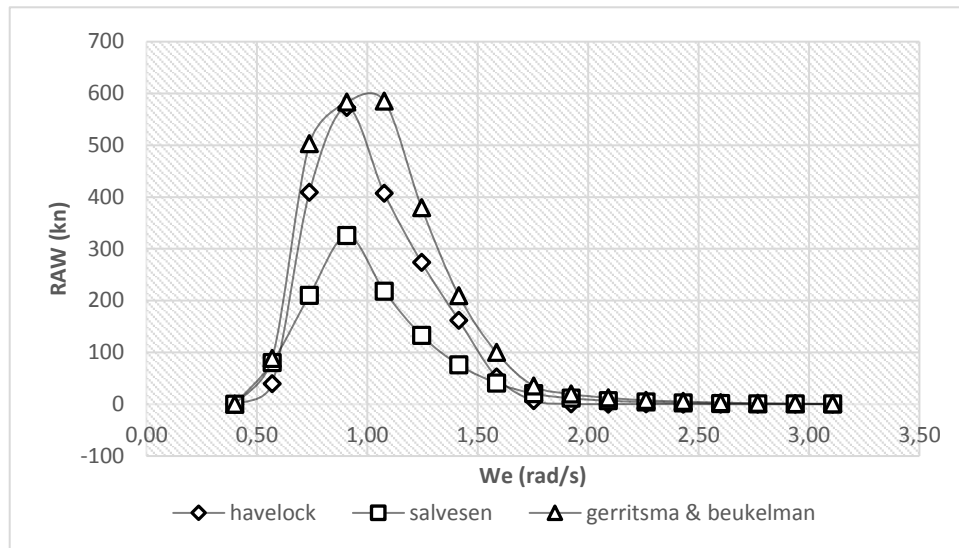


Gambar IV.30 Added Wave Resistance Sea State 4 Heading Angle 180

Gambar IV.30 merupakan hasil perbandingan tiga metode yaitu Havelock, Salvaseen dan Gerritsma pada *sea state* 3 dengan *heading angle* sebesar 180 derajat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 1.5 rad/s, hasil *added wave resistance* yang didapat dari metode Havelock memiliki nilai yang hampir sama dengan metode Salvaseen sedangkan dengan metode Gerritsma & Beukelman, nilai *added wave resistance* yang didapat memiliki nilai terbesar.

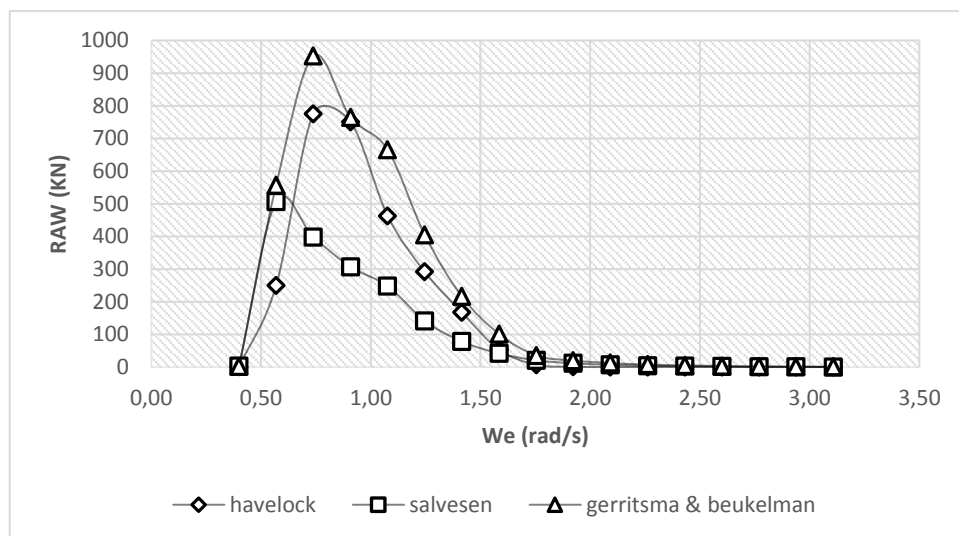
Pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 1.5 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* yang mewakili komponen *diffraction* lebih besar daripada exciting force dan momen serta vertical motions sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman lebih besar dari metode Havelock dan Salvaseen. Sementara pada *wave encounter* 0.4 rad/s hingga 1 rad/s dan 1.5 rad/s hingga 3 rad/s nilai dari *damping coefficient*, *vertical velocity*, dan *added mass* tidak jauh berbeda dengan *exciting force* dan momen serta *vertical motions*

sehingga hasil dari metode Gerritsma & Beukelman, Havelock, dan Salvesen mengalami kemiripan.



Gambar IV.31 Added Wave Resistance Sea State 5 Heading Angle 180

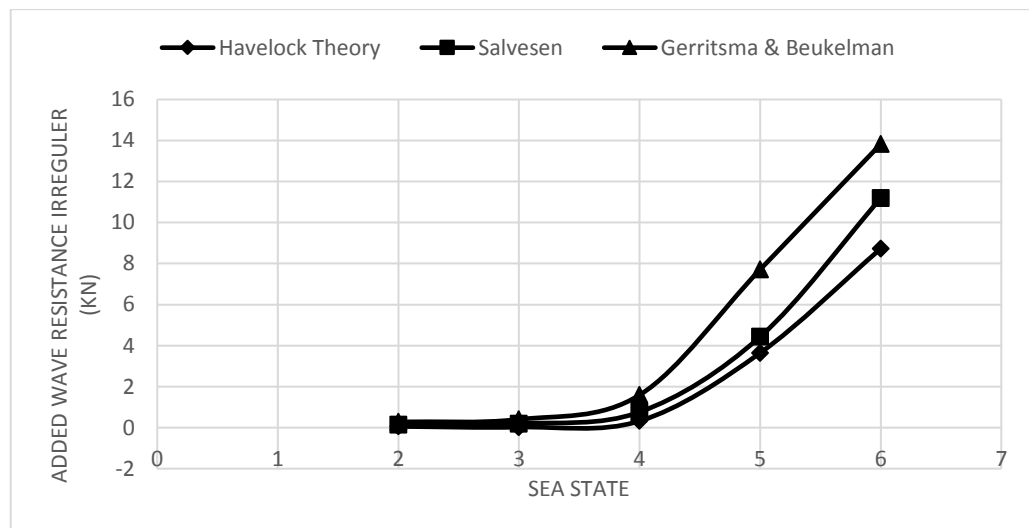
Gambar IV.31 merupakan hasil perbandingan tiga metode yaitu Havelock, Salvesen dan Gerritsma & Beukelman pada *sea state* 3 dengan *heading angle* sebesar 180 derajat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 5 rad/s, hasil *added wave resistance* yang didapat dari metode Havelock memiliki nilai yang hamper sama dengan metode Salvesen sedangkan dengan metode Gerritsma & Beukelman, nilai *added wave resistance* yang didapat memiliki nilai terbesar.



Gambar IV.32 Added Wave Resistance Sea State 6 Heading Angle 180

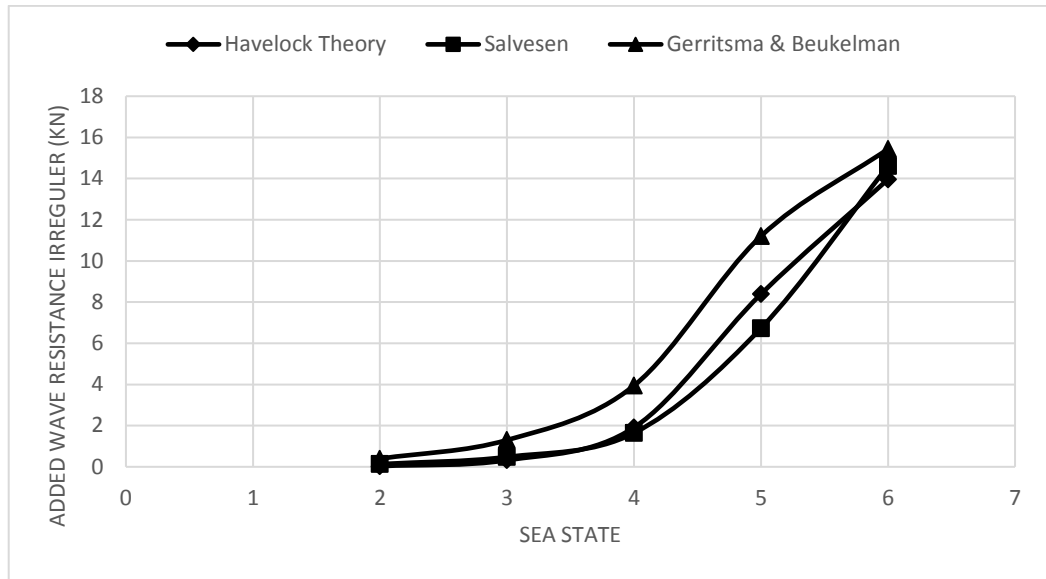
Gambar IV.32 merupakan hasil perbandingan tiga metode yaitu Havelock, Salvesen dan Gerritsma & Beukelman pada *sea state* 3 dengan *heading angle* sebesar 180 derajat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada *wave encounter* 1 rad/s hingga 5 rad/s, hasil *added wave resistance* yang didapat dari metode Havelock memiliki nilai yang hampir sama dengan metode Salvesen sedangkan dengan metode Gerritsma & Beukelman, nilai *added wave resistance* yang didapat memiliki nilai terbesar.

Gambar IV. 28 – 32 menunjukkan hasil perbedaan dari ketiga metode tersebut. Metode Gerritsma & Beukelman merupakan metode dengan hasil *added wave resistance* paling besar. Gambar IV.33-35 merupakan perbandingan antara nilai *added wave resistance* irregular *sea state* 2 sampai dengan *sea state* 6 untuk *heading angle* 180, 135, dan 90:



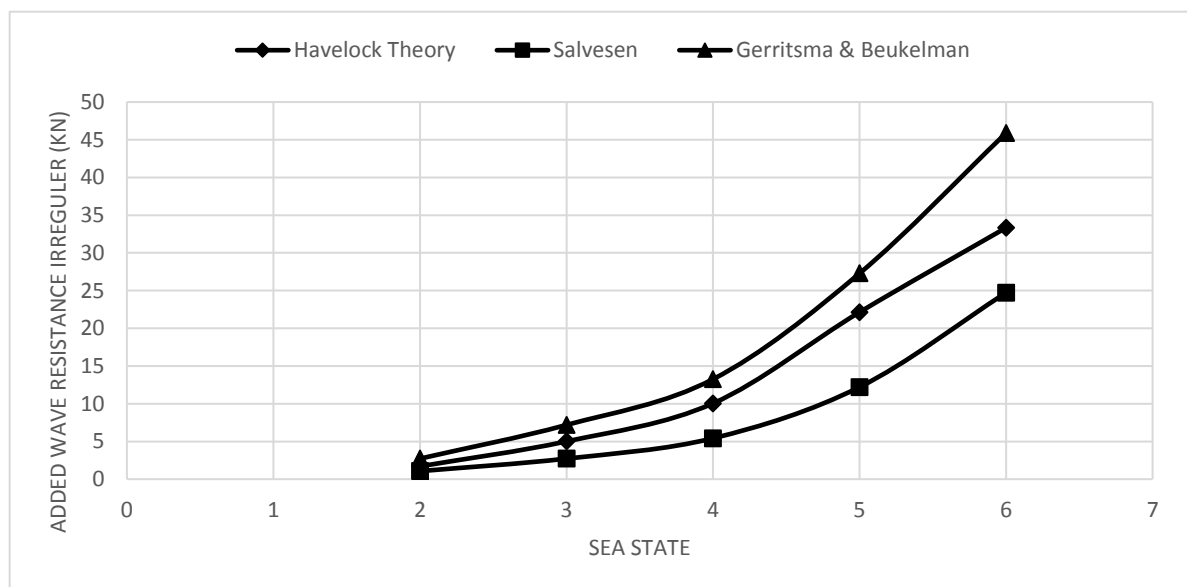
Gambar IV.33 Added Wave Resistance Irregular Heading Angle 180

Gambar IV.33 menunjukan hasil yang didapatkan dari perhitungan *added wave resistance* pada *irregular wave* dengan *heading angle* sebesar 180 derajat dengan menggunakan tiga metode yaitu Havelock, Salvesen, dan Gerritsma & Beukelman. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa ketiga metode memiliki hasil yang mirip pada *sea state* 2 dan 3 namun memiliki perbedaan besar pada *sea state* 4 hingga *sea state* 6. Perbedaan terbesar seperti pada Gambar IV.33 terjadi pada *seastate* 5. Meskipun demikian, ketiga metode tersebut menunjukan tren yang sama pada tiap tiap *sea state* yang digunakan.



Gambar IV.34 Added Wave Resistance Irregular Heading Angle 135

Gambar IV.34 menunjukkan hasil yang didapatkan dari perhitungan *added wave resistance* pada *irregular wave* dengan *heading angle* sebesar 180 derajat dengan menggunakan tiga metode yaitu Havelock, Salvesen, dan Gerritsma & Beukelman. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa ketiga metode memiliki hasil yang mirip pada *sea state* 2 dan 3 namun memiliki perbedaan besar pada *sea state* 5. Meskipun demikian, ketiga metode tersebut menunjukkan tren yang sama pada tiap tiap *seastate* yang digunakan.



Gambar IV.35 Added Wave Resistance Irregular Heading Angle 90

Gambar IV.35 menunjukkan hasil yang didapatkan dari perhitungan *added wave resistance* pada *irregular wave* dengan *heading angle* sebesar 180 derajat dengan menggunakan tiga metode yaitu Havelock, Salvesen, dan Gerritsma & Beukelman. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa ketiga metode memiliki hasil yang mirip pada *sea state* 2 dan 3 namun memiliki perbedaan besar pada *sea state* 4 hingga *sea state* 6. Meskipun demikian, ketiga metode tersebut menunjukkan tren yang sama pada tiap tiap *seastate* yang digunakan.

Pada Gambar IV.33-35, masing-masing metode Havelock dan Salvesen mengalami kenaikan nilai *added wave resistance* namun pada metode Salvesen kenaikan nilai *added wave resistance* tidak terlalu besar. Persamaan (2.4) dan (2.5) menjelaskan komponen dari masing masing metode Havelock dan Salvesen. Dimana untuk metode Havelock perhitungan *motion* kapal, *phase lag*, dan gaya dan momen eksitasi sangat berpengaruh terhadap *added wave resistance*. Sementara untuk metode Salvesen, terdapat komponen *exciting force* dan momen Froude-Krilov.

Perhitungan metode Havelock merupakan sebuah pendekatan karena pada perhitungan tersebut komponen *diffraction* diabaikan. Pada perhitungan metode Gerritsma & Beukelman dengan menggunakan persamaan (2.11) lebih akurat disebabkan oleh terdapatnya komponen *diffraction* (Rebull, 2014).

IV.7. RMS (Root Mean Square)

Dari perhitungan *added wave resistance* Havelock yang ditunjukkan pada Gambar IV.33-35 dapat diperoleh perbandingan nilai *added wave resistance* untuk tiap metode. Persamaan (2.14) merupakan perhitungan RMS yang digunakan untuk mendapatkan perbandingan nilai *added wave resistance*.

Tabel IV.1 Perbandingan Added Wave Resistance Heading Angle 180, sea state 2

speed	Havelock [kN] (1)	gerritsma [kN] (2)	salvesen [kN] (3)	(1) – (3)	(1) – (2)	(2) – (3)
10	0,002	0,280	0,034	0,868	0,983	7,210
20	0,008	0,329	0,139	0,888	0,952	1,869
30	0,057	0,913	0,193	0,495	0,879	13,963
			root mean square	0,866	0,969	2,771

Tabel IV.2 Perbandingan Added Wave Resistance Heading Angle 135, sea state 2

speed	Havelock [kN] (1)	Gerritsma [kN] (2)	salvesen [kN] (3)	(1) – (3)	(1) – (2)	(2) – (3)
10	0,001	0,248	0,065	0,960	0,989	7,897
20	0,016	0,393	0,131	0,765	0,919	4,025
30	0,032	0,577	0,534	0,882	0,891	0,007
			root mean square	0,932	0,966	1,994

Tabel IV.3 Perbandingan Added Wave Resistance Heading Angle 90, sea state 2

Speed	Havelock [kN] (1)	gerritsma [kN] (2)	salvesen [kN] (3)	(1) – (3)	(1) – (2)	(2) – (3)
10,000	0,016	1,419	0,846	0,964	0,978	0,458
20,000	0,021	1,242	0,843	0,950	0,966	0,224
30,000	1,701	2,723	1,067	0,352	0,141	2,407
			root mean square	0,869	0,834	1,015

Tabel IV.4 Perbandingan Added Wave Resistance Heading Angle 180, sea state 3

speed	Havelock [kN] (1)	gerritsma [kN] (2)	salvesen [kN] (3)	(1) - (3)	(1) - (2)	(2) - (3)
10	0,010	0,401	0,039	0,562	0,952	9,223
20	0,023	0,525	0,193	0,776	0,914	2,956
30	0,077	1,217	0,598	0,759	0,877	1,068
			root mean square	0,836	0,956	2,101

Tabel IV.5 Perbandingan Added Wave Resistance Heading Angle 135, sea state 3

speed	havelock [kN] (1)	gerritsma [kN] (2)	salvesen [kN] (3)	(1) - (3)	(1) - (2)	(2) - (3)
10	0,018	0,572	0,236	0,855	0,938	2,008
20	0,070	0,794	0,478	0,727	0,831	0,437
30	0,321	1,298	0,814	0,367	0,567	0,354
			root mean square	0,806	0,882	0,966

Tabel IV.6 Perbandingan Added Wave Resistance Heading Angle 90, sea state 3

speed	havelock [kN] (1)	gerritsma [kN] (2)	salvesen [kN] (3)	(1) - (3)	(1) - (2)	(2) - (3)
10	0,061	1,148	2,032	0,941	0,896	0,189
20	0,069	2,688	2,028	0,933	0,950	0,106
30	5,008	7,190	2,723	0,704	0,092	2,691
			root mean square	0,927	0,804	0,998

Tabel IV.7 Perbandingan Added Wave Resistance Heading Angle 180, sea state 4

speed	havelock [kN] (1)	gerritsma [kN] (2)	salvesen [kN] (3)	(1) - (3)	(1) - (2)	(2) - (3)
10	0,191	1,590	0,506	0,387	0,774	4,592
20	0,204	1,712	0,759	0,535	0,776	1,574
30	0,320	2,962	1,634	0,646	0,795	0,660
			root mean square	0,723	0,884	1,508

Tabel IV.8 Perbandingan Added Wave Resistance Heading Angle 135, sea state 4

speed	havelock [kN] (1)	gerritsma [kN] (2)	salvesen [kN] (3)	(1) - (3)	(1) - (2)	(2) - (3)
10	0,184	2,095	0,769	0,579	0,832	2,968
20	0,371	3,278	1,643	0,599	0,787	0,991
30	1,910	3,945	2,557	0,064	0,266	0,294
			root mean square	0,643	0,793	1,191

Tabel IV.9 Perbandingan Added Wave Resistance Heading Angle 90, sea state 4

speed	havelock [kN] (1)	gerritsma [kN] (2)	salvesen [kN] (3)	(1) - (3)	(1) - (2)	(2) - (3)
10	0,170	2,342	3,880	0,914	0,860	0,157
20	0,522	4,398	3,885	0,749	0,777	0,017
30	10,051	13,254	5,422	0,729	0,058	2,087
			root mean square	0,893	0,752	0,868

Tabel IV.10 Perbandingan Added Wave Resistance Heading Angle 180, sea state 5

speed	havelock [kN] (1)	gerritsma [kN] (2)	salvesen [kN] (3)	(1) - (3)	(1) - (2)	(2) - (3)
10	0,808	2,481	3,417	0,583	0,455	0,075
20	3,099	7,711	4,432	0,090	0,358	0,547
30	3,641	8,102	5,876	0,145	0,303	0,144
			root mean square	0,522	0,610	0,505

Tabel IV.11 Perbandingan Added Wave Resistance Heading Angle 135, sea state 5

speed	havelock [kN] (1)	gerritsma [kN] (2)	salvesen [kN] (3)	(1) - (3)	(1) - (2)	(2) - (3)
10	1,901	6,448	3,909	0,264	0,497	0,422
20	2,063	7,559	6,735	0,481	0,529	0,015
30	8,392	11,206	9,714	0,019	0,063	0,024
			root mean square	0,504	0,602	0,391

Tabel IV.12 Perbandingan Added Wave Resistance Heading Angle 90, sea state 5

speed	havelock [kN] (1)	gerritsma [kN] (2)	salvesen [kN] (3)	(1) - (3)	(1) - (2)	(2) - (3)
10	0,770	6,963	9,495	0,844	0,791	0,071
20	3,907	9,714	11,429	0,433	0,357	0,023
30	22,138	27,284	12,212	0,661	0,036	1,523
			root mean square	0,804	0,628	0,734

Tabel IV.13 Perbandingan Added Wave Resistance Heading Angle 180, sea state 6

speed	havelock [kN] (1)	gerritsma [kN] (2)	salvesen [kN] (3)	(1) - (3)	(1) - (2)	(2) - (3)
10	0,966	11,638	9,609	0,809	0,841	0,045
20	8,470	13,786	11,188	0,059	0,149	0,054
30	8,728	13,828	13,918	0,139	0,136	0,000
			root mean square	0,579	0,613	0,181

Tabel IV.14 Perbandingan Added Wave Resistance Heading Angle 135, sea state 6

speed	havelock [kN] (1)	gerritsma [kN] (2)	salvesen [kN] (3)	(1) - (3)	(1) - (2)	(2) - (3)
10	4,692	13,170	9,927	0,278	0,414	0,107
20	5,052	13,694	14,615	0,428	0,398	0,004
30	13,961	15,437	21,804	0,129	0,009	0,085
			root mean square	0,528	0,523	0,256

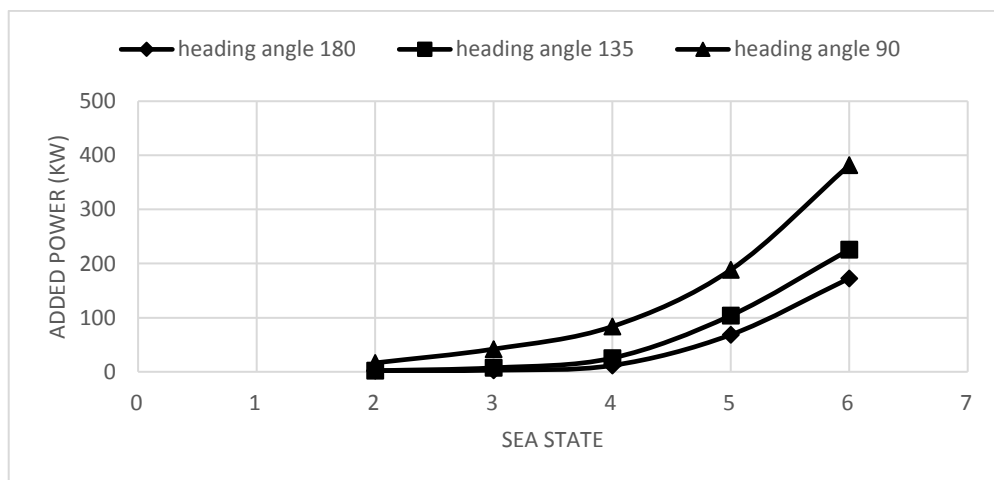
Tabel IV.15 Perbandingan Added Wave Resistance Heading Angle 90, sea state 6

speed	havelock [kN] (1)	gerritsma [kN] (2)	salvesen [kN] (3)	(1) - (3)	(1) - (2)	(2) - (3)
10	3,171	19,261	20,940	0,720	0,698	0,006
20	8,700	21,655	24,730	0,420	0,358	0,015
30	33,335	45,888	26,991	0,055	0,075	0,490
			root mean square	0,631	0,614	0,413

Tabel IV.1-15 menunjukkan hasil perbandingan *added wave resistance* dengan menggunakan tiga metode yaitu Havelock, Salvesen, dan Garritsma. Dengan menggunakan perhitungan RMS (*Root Mean Square*) didapatkan nilai RMS terbesar antara metode Havelock dengan Gerritsma & Beukelman yaitu 0,969 pada *sea state 2* dan *heading angle* 180. Sedangkan antara metode Havelock dengan Salvesen nilai RMS terbesar yaitu 0,932 pada *sea state 2* dan *heading angle* 135. Untuk perbandingan antara metode Gerritsma & Beukelman dengan Salvesen, didapatkan nilai RMS terbesar yaitu 2,771 pada *sea state 2* dan *heading angle* 180.

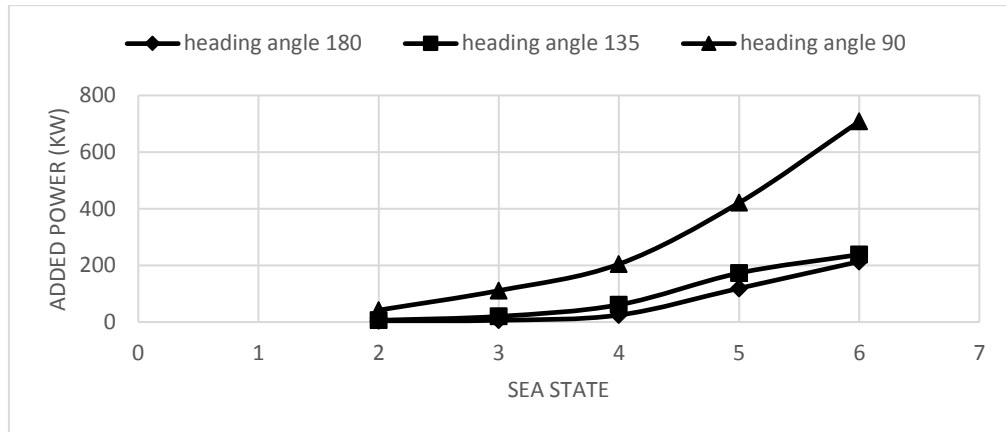
IV.8. Perhitungan Added Power

Setelah didapatkan *added wave resistance* maka dapat dilakukan perhitungan *added power*. Perhitungan *added power* dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.12). Dalam perhitungan ini dihasilkan nilai *added power* untuk *sea state* 2-6 dengan *heaidng angle* 180, 135, dan 90. Pada Gambar IV.36-38 merupakan hasil dari perhitungan *added power*.



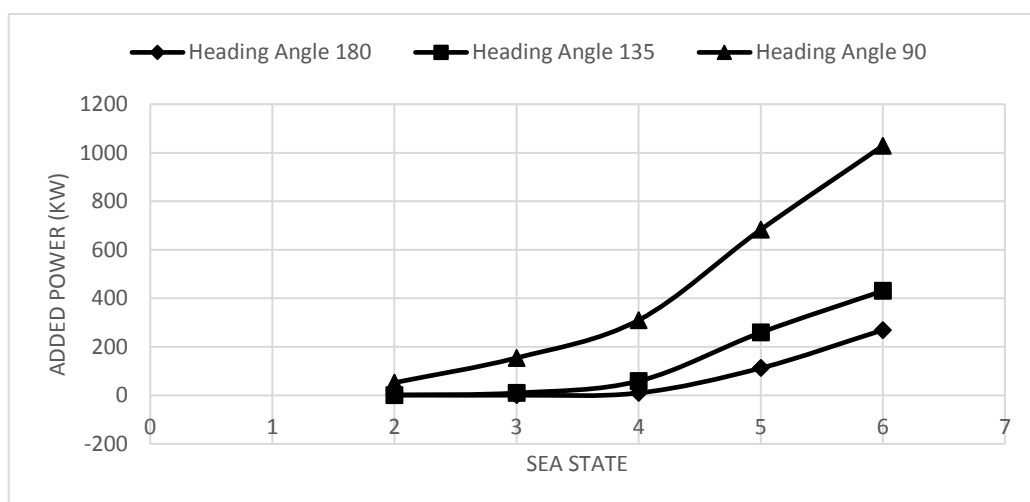
Gambar IV.36 Added Power Metode Salvesen

Gambar IV.36 merupakan grafik hasil perhitungan *added power* yang dilakukan dengan menggunakan metode Salveseen pada *sea state* 2 hingga *sea state* 6. Gambar tersebut menunjukkan grafik perbedaan *added power* pada masing-masing *heading angle* yang diberikan. Dari gambar tersebut terlihat bahwa *added power* terbesar terjadi pada *heading angle* 90 derajat dengan *sea state* 6.



Gambar IV.37 Added Power Metode Gerritsma & Beukelman

Gambar IV.37 merupakan grafik hasil perhitungan *added power* yang dilakukan dengan menggunakan metode Garritsma dan Beukelman pada *sea state* 2 hingga *sea state* 6. Gambar tersebut menunjukkan grafik perbedaan *added power* pada masing-masing *heading angle* yang diberikan. Dari gambar tersebut terlihat bahwa *added power* terbesar terjadi pada *heading angle* 90 derajat dengan *sea state* 6.



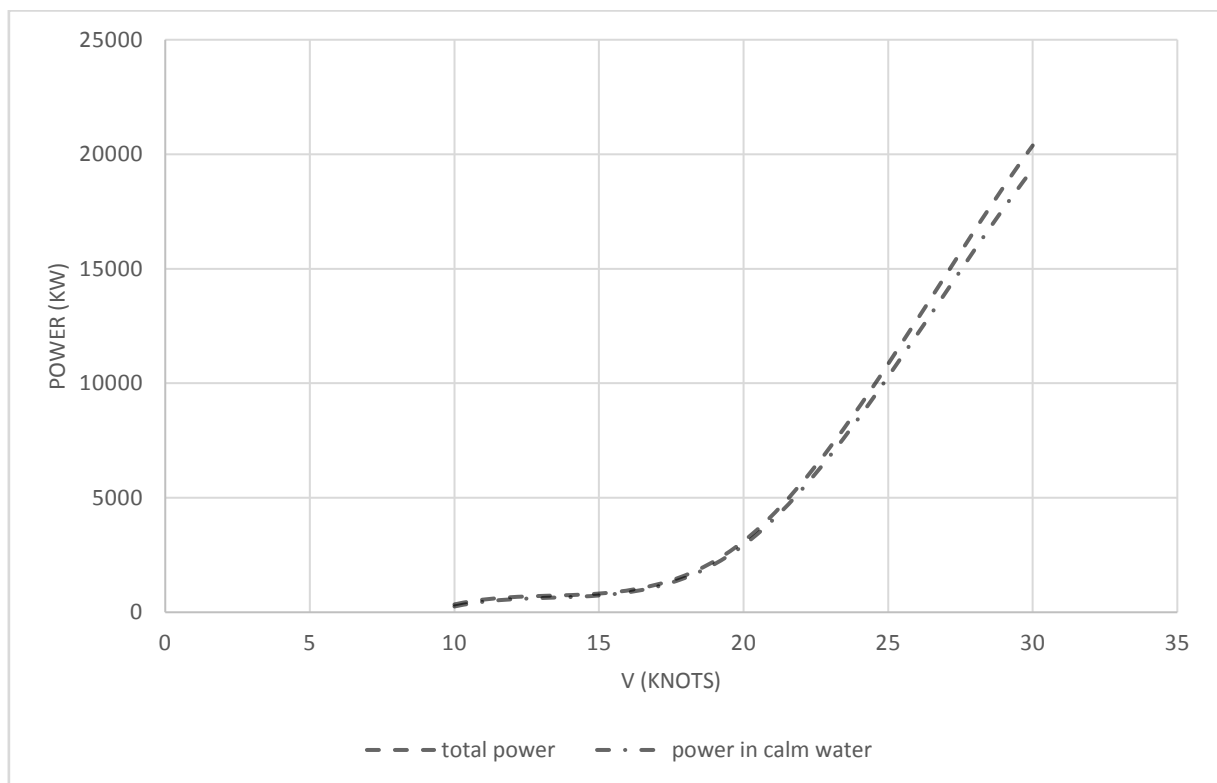
Gambar IV.38 Added Power Metode Havelock

Gambar IV.38 merupakan grafik hasil perhitungan *added power* yang dilakukan dengan menggunakan metode Havelock pada *sea state* 2 hingga *sea state* 6. Gambar tersebut menunjukkan grafik perbedaan *added power* pada masing-masing *heading angle* yang diberikan. Dari gambar tersebut terlihat bahwa *added power* terbesar terjadi pada *heading angle* 90 derajat dengan *sea state* 6.

Pada Gambar IV.36-38 menunjukkan *added power* untuk metode Salvesen, Gerritsma & Beukelman, dan Havelock memiliki nilai terbesar pada *sea state* 6 dengan *heading angle* 90. Dapat dilihat pada gambar IV.36 bahwa nilai *added power* tertinggi untuk metode Salvesen yaitu 381.6 kW. Untuk metode Gerritsma & Beukelman dapat dilihat pada Gambar IV.7 memiliki nilai *added power* terbesar yaitu 708.1 kW. Pada Gambar IV. 38 dapat dilihat nilai terbesar *added power* untuk metode Havelock yaitu 514.4 kW.

IV.9. Speed Loss

Speed loss merupakan pengurangan kecepatan akibat penggunaan *power* yang tetap pada gelombang air tenang dan gelombang irregular. Proses perhitungan *speed loss* ini dengan mengambil selisih nilai antar *power* di air tenang dan gelombang irregular.



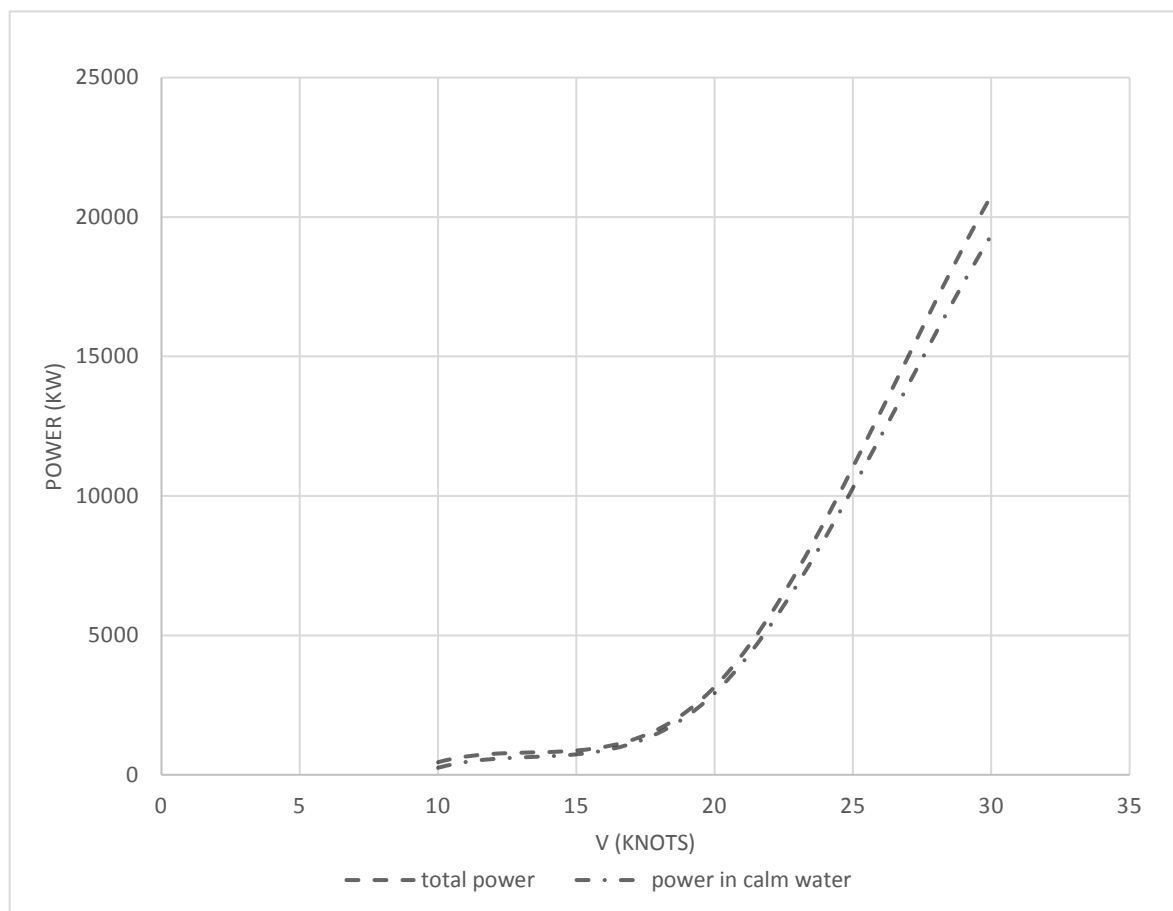
Gambar IV. 39 Speed dan Power Havelock, Sea State 6, Heading Angle 90

Gambar IV.39 merupakan grafik kecepatan kapal dan *power* pada gelombang irregular dan air tenang. Dari grafik tersebut bisa didapatkan nilai *speed loss* Havelock untuk *sea state* 6 dan *heading angle* 90. Tabel IV.16 merupakan hasil perhitungan *speed loss* untuk *sea state* 2-6 dan *heading angle* 180,135, dan 90.

Tabel IV.16 *Speed Loss, Havelock, Kecepatan 30 knot*

	sea state 2	sea state 3	sea state 4	sea state 5	sea state 6
heading angle 180	0,0001	0,0004	0,0023	0,0267	0,7944
heading angle 135	0,0002	0,0023	0,0139	0,0619	0,8548
heading angle 90	0,0124	0,0364	0,0730	0,1636	1,0009

Pada tabel IV.16 didapatkan hasil *speed loss* terbesar yaitu 1,0009 knot pada *sea state* 6 dan *heading angle* 90. Hasil dari perhitungan *speed loss* mengalami kenaikan dari *sea state* 2-6, hal ini dipengaruhi oleh nilai *added wave resistance* pada gelombang irregular.



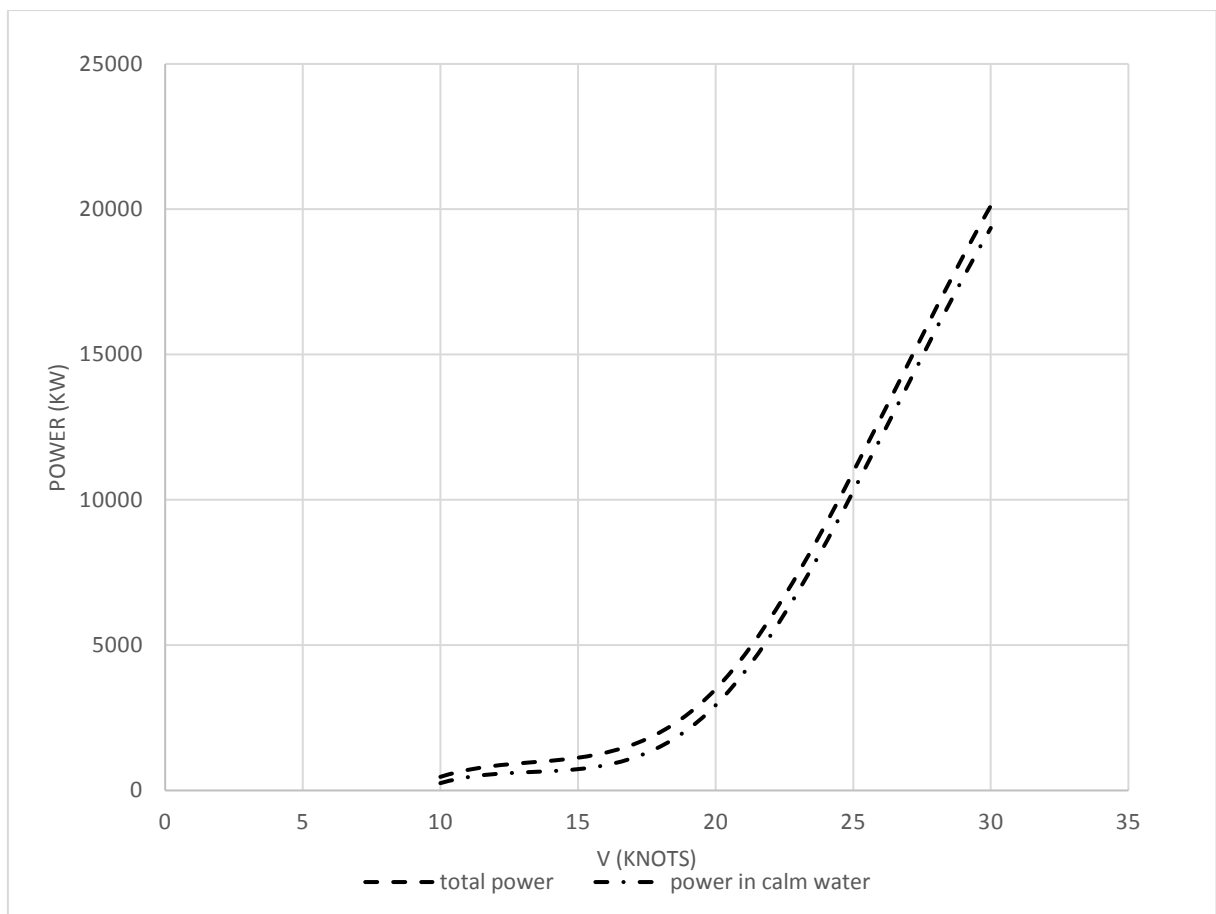
Gambar IV. 40 *Speed dan Power Geritsma & Beukelman Sea State 6, Heading Angle 90*

Gambar IV.40 merupakan grafik kecepatan kapal dan *power* pada gelombang irregular dan air tenang. Dari grafik tersebut bisa didapatkan nilai *speed loss* metode Gerritsma & Beukelman untuk *sea state* 6 dan *heading angle* 90. Tabel IV.17 merupakan hasil perhitungan *speed loss* untuk *sea state* 2-6 dan *heading angle* 180,135, dan 90.

Tabel IV.17 Speed Loss, Gerritsma & Beukelman, Kecepatan 30 knot

	sea state 2	sea state 3	sea state 4	sea state 5	sea state 6
heading angle 180	0,0020	0,0029	0,0119	0,0594	0,3840
heading angle 135	0,0028	0,0096	0,0298	0,0856	0,4287
heading angle 90	0,0202	0,0545	0,1030	0,2101	1,1328

Pada tabel IV.17 didapatkan hasil *speed loss* terbesar yaitu 1,1328 knot pada *sea state* 6 dan *heading angle* 90. Hasil dari perhitungan *speed loss* mengalami kenaikan dari *sea state* 2-6, hal ini dipengaruhi oleh nilai *added wave resistance* pada gelombang irregular.



Gambar IV. 40 Speed dan Power Salvesen Sea State 6, Heading Angle 90

Gambar IV.41 merupakan grafik kecepatan kapal dan *power* pada gelombang irregular dan air tenang. Dari grafik tersebut bisa didapatkan nilai *speed loss* metode Salvesen untuk *sea state* 6 dan *heading angle* 90. Tabel IV.17 merupakan hasil perhitungan *speed loss* untuk *sea state* 2-6 dan *heading angle* 180,135, dan 90.

Tabel IV.18 *Speed Loss*, Salvesen, Kecepatan 30 knot

	sea state 2	sea state 3	sea state 4	sea state 5	sea state 6
heading angle 180	0,0010	0,0014	0,0056	0,0332	0,0875
heading angle 135	0,0030	0,0035	0,0121	0,0506	0,1140
heading angle 90	0,0079	0,0202	0,0408	0,0954	0,2053

Pada tabel IV.18 didapatkan hasil *speed loss* terbesar yaitu 0,2053 knot pada *sea state* 6 dan *heading angle* 90. Hasil dari perhitungan *speed loss* mengalami kenaikan dari *sea state* 2-6, hal ini dipengaruhi oleh nilai *added wave resistance* pada gelombang irregular.

Penelitian lain yang melakukan estimasi *speed loss* dilakukan oleh Kim (2016). Pada penelitian tersebut dilakukan perhitungan *speed loss* pada kapal dengan $C_B = 0.51$, $F_n = 0.26$. Penelitian tersebut menunjukkan hasil *speed loss* terbesar pada *heading angle* 90 dengan nilai 1.05 knot. Tren ini memiliki kemiripan dengan hasil yang didapatkan pada penelitian ini dimana *speed loss* terbesar yaitu 1.1328 knot.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Dengan menggunakan perangkat lunak Maxsurf Motion, dapat dilakukan perhitungan seakeeping kapal, dimana dapat ditambahkan input variasi seperti *heading angle*, kecepatan kapal, dan *sea state*. Untuk melakukan analisis *seakeeping* pada maxsurf motion, terdapat dua metode yaitu *strip theory* dan *panel method*. Selain digunakan untuk analisis seakeeping sebuah kapal, Maxsurf Motion juga dapat melakukan analisis added wave resistance dengan menggunakan tiga metode yaitu, Havelock, Salvesen, dan Gerritsma & Beukelman.

1. Nilai terbesar RAO gerakan *heave* yaitu (1.088 m/m) pada frekuensi gelombang 2.25 rad/s pada *heading angle* 90. Sedangkan nilai RAO terbesar gerakan *pitch* yaitu (1.038 °/m) pada *heading angle* 180 dan terjadi pada frekuensi gelombang 0.75 rad/s.
2. Nilai *added wave resistance* terbesar untuk ketiga metode terdapat pada *sea state* 6, dengan *heading angle* 90. Hasil *added wave resistance* menggunakan metode Havelock tertinggi yaitu 33.33 KN. Nilai terbesar added wave resistance dengan menggunakan Salvesen yaitu sebesar 24.73 KN. Untuk metode Gerritsma & Beukelman nilai tertinggi yaitu sebesar 45.89 KN.
3. Dari *sea state* 2-6 nilai *added wave resistance* dengan menggunakan metode Havelock, Salvesen, dan Gerritsma & Beukelman mengalami kenaikan.
4. Nilai RMS terbesar antara metode Havelock dengan Gerritsma & Beukelman yaitu 0,969 pada *sea state* 2 dan *heading angle* 180. Sedangkan antara metode Havelock dengan Salvesen nilai RMS terbesar yaitu 0,932 pada *sea state* 2 dan *heading angle* 135. Untuk perbandingan antara metode Gerritsma & Beukelman dengan Salvesen, didapatkan nilai RMS terbesar yaitu 2,771 pada *sea state* 2 dan *heading angle* 180.
5. Nilai *added power* untuk metode Salvesen, Gerritsma & Beukelman, dan Havelock memiliki nilai terbesar pada *sea state* 6 dengan *heading angle* 90. Nilai *added power* tertinggi untuk metode Salvesen yaitu 381.6 kW. Untuk metode Gerritsma & Beukelman memiliki nilai *added power* terbesar yaitu 708.1 kW. Nilai terbesar *added power* untuk metode Havelock yaitu 514.4 kW.
6. Nilai *speed loss* untuk metode Salvesen, Gerritsma & Beukelman, dan Havelock memiliki nilai terbesar pada *sea state* 6 dengan *heading angle* 90. Nilai *speed loss* tertinggi untuk

metode Salvesen yaitu 0.2053 knot. Untuk metode Gerritsma & Beukelman memiliki nilai *speed loss* terbesar yaitu 1.1328 knot. Nilai terbesar *speed loss* untuk metode Havelock Theory yaitu 1.0009 knot.

V.2. Saran

Pada Tugas Akhir ini, masih terdapat kekurangan-kekurangan yang terjadi dan juga masih banyak pokok bahasan yang dapat dikembangkan, maka dari itu saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Analisis olah gerak kapal dapat dilakukan dengan eksperimen model kapal atau pun menggunakan software selain dari Maxsurf Motion.
2. Selanjutnya, dapat dilakukan analisis kenaikan biaya pelayaran kapal akibat added wave resistance.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexandersson, M. (2009). Thesis. *A Study of Method to Predict Added Resistance in Waves*. Southampton: KTH Centre for Naval Architecture.
- Bhattacharya, R. (1978). *Dynamic of Marine Vehicle*. New York: united State of America.
- Chakrabarti, S. (1987). *Hydrodynamic of Offshore Structure*. Boston: Computational Mechanics Publication Southampton.
- Iqra, M. (2014). Tugas Akhir. *Perhitungan Added Wave Resistance, Added Power, dan Speed Loss Pada Kapal di Gelombang Irregular*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kim, M. (2016). Estimation of added resistance and ship speed loss in a seaway. Glasgow: Department of Naval Architecture, Ocean and Marine Engineering, University of Strathclyde.
- Lewis, E. V. (1988). *Principle of Naval Architecture (Vol 2)*. New Jersey: United States of America.
- Rebull, B. (2014). Thesis. *Powering Vessel in a Seaway*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Salvaseen, N. (1978). Added Resistance of Ships in Waves. *Journal of Hydrinautics Vol 12*, pp 24-34.
- Tejsen, S. (1973). Added Resistance in Waves. *Society of Naval Architects and Marine Engineers Vol.81*, pp 109-143.

LAMPIRAN A

RAO HEAVE DAN PITCH KAPAL PERANG TIPE *CORVETTE*

We (rad/s)	Heave RAO (m/m)			Pitch RAO (°/m)		
	180	135	90	180	135	90
0,40	0,984	0,989	1	1,029	0,708	0,229
0,57	0,968	0,987	1,001	1,036	0,708	0,253
0,74	0,945	0,985	1,001	1,038	0,708	0,277
0,91	0,915	0,982	1,001	1,033	0,709	0,3
1,08	0,88	0,98	1,001	1,019	0,711	0,321
1,25	0,837	0,96	0,997	0,991	0,724	0,406
1,42	0,79	0,931	0,987	0,947	0,742	0,445
1,59	0,742	0,891	0,983	0,884	0,758	0,422
1,75	0,691	0,842	0,999	0,803	0,767	0,341
1,92	0,627	0,791	1,038	0,702	0,761	0,234
2,09	0,54	0,741	1,08	0,583	0,735	0,147
2,26	0,416	0,691	1,088	0,45	0,684	0,094
2,43	0,263	0,626	1,03	0,314	0,605	0,059
2,60	0,127	0,523	0,93	0,192	0,5	0,058
2,77	0,099	0,38	0,821	0,099	0,378	0,055
2,94	0,136	0,237	0,663	0,037	0,264	0,04
3,11	0,15	0,149	0,451	0,004	0,175	0,025
3,28	0,141	0,124	0,266	0,018	0,117	0,011
3,45	0,119	0,119	0,151	0,026	0,081	0,005
3,62	0,092	0,115	0,075	0,028	0,058	0,006
3,79	0,066	0,11	0,018	0,026	0,044	0,005
3,95	0,044	0,102	0,031	0,022	0,036	0,003
4,12	0,025	0,09	0,045	0,018	0,032	0,003
4,29	0,01	0,072	0,061	0,014	0,03	0,003
4,46	0,001	0,052	0,058	0,011	0,026	0,002

4,63	0,009	0,037	0,044	0,007	0,022	0,001
4,80	0,014	0,033	0,043	0,005	0,017	0,001
4,97	0,017	0,035	0,027	0,003	0,012	0,001
5,14	0,017	0,036	0,016	0,002	0,009	0
5,31	0,016	0,033	0,009	0,003	0,009	0
5,48	0,014	0,027	0,006	0,004	0,008	0
5,65	0,011	0,02	0,008	0,004	0,008	0
5,82	0,008	0,015	0,011	0,004	0,006	0
5,99	0,008	0,008	0,005	0,002	0,002	0
6,15	0,006	0,003	0,003	0,001	0,001	0
6,32	0,004	0,002	0,007	0,001	0	0
6,49	0,003	0,002	0,003	0,001	0	0
6,66	0,002	0,002	0,001	0	0	0
6,83	0,001	0,001	0,001	0	0	0
7,00	0,001	0	0,014	0	0	0

LAMPIRAN B

ENCOUNTER WAVE SPECTRUM DENGAN HEADING

ANGLE 180, 135, DAN 90

Angle : 180 Speed : 30 knot					
Encounter Wave Frequency (ω_e) [rad/s]	$S_z(\omega_e)$				
	Sea State 2	Sea State 3	Sea State 4	Sea State 5	Sea State 6
	1.433 m	2.012 m	3.200 m	4.359 m	4.359 m
0,40	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,57	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0570
0,74	0	0,0000	0,0000	0,0590	0,7770
0,91	0	0,0000	0,0040	0,3300	1,2940
1,08	0	0,0010	0,0380	0,5300	1,1960
1,25	0	0,0060	0,0970	0,5420	0,9170
1,42	0	0,0200	0,1390	0,4640	0,6650
1,59	0,002	0,0380	0,1540	0,3690	0,4770
1,75	0,006	0,0510	0,1470	0,2860	0,3460
1,92	0,01	0,0580	0,1310	0,2210	0,2550
2,09	0,015	0,0590	0,1130	0,1710	0,1910
2,26	0,019	0,0560	0,0950	0,1340	0,1460
2,43	0,021	0,0520	0,0790	0,1060	0,1130
2,60	0,022	0,0460	0,0660	0,0840	0,0890
2,77	0,022	0,0410	0,0550	0,0680	0,0710
2,94	0,021	0,0360	0,0460	0,0560	0,0580
3,11	0,019	0,0310	0,0390	0,0460	0,0470
3,28	0,018	0,0270	0,0330	0,0380	0,0390
3,45	0,017	0,0240	0,0280	0,0320	0,0320
3,62	0,015	0,0210	0,0240	0,0270	0,0270
3,79	0,014	0,0180	0,0210	0,0230	0,0230
3,95	0,012	0,0160	0,0180	0,0200	0,0200
4,12	0,011	0,0140	0,0160	0,0170	0,0170
4,29	0,01	0,0120	0,0140	0,0150	0,0150
4,46	0,009	0,0110	0,0120	0,0130	0,0130
4,63	0,008	0,0100	0,0110	0,0110	0,0110
4,80	0,007	0,0090	0,0090	0,0100	0,0100
4,97	0,007	0,0080	0,0080	0,0090	0,0090
5,14	0,006	0,0070	0,0070	0,0080	0,0080
5,31	0,006	0,0060	0,0070	0,0070	0,0070
5,48	0,005	0,0060	0,0060	0,0060	0,0060
5,65	0,005	0,0050	0,0050	0,0060	0,0060
5,82	0,004	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
5,99	0,004	0,0040	0,0040	0,0050	0,0050
6,15	0,004	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040
6,32	0,003	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040
6,49	0,003	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030
6,66	0,003	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030
6,83	0,003	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030
7,00	0,002	0,0020	0,0030	0,0030	0,0030

Angle : 135 Speed : 30 knot					
Encounter Wave Frequency (ω_e) [rad/s]	$S_z(\omega_e)$				
	Sea State 2	Sea State 3	Sea State 4	Sea State 5	Sea State 6
	1.433 m	2.012 m	3.200 m	4.359 m	4.359 m
0,40	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,57	0	0,0000	0,0000	0,0020	0,2060
0,74	0	0,0000	0,0000	0,1840	1,2690
0,91	0	0,0000	0,0230	0,5580	1,5040
1,08	0	0,0050	0,1000	0,6560	1,1650
1,25	0	0,0240	0,1670	0,5600	0,8040
1,42	0,003	0,0490	0,1860	0,4280	0,5450
1,59	0,009	0,0670	0,1730	0,3150	0,3730
1,75	0,016	0,0730	0,1470	0,2310	0,2610
1,92	0,023	0,0700	0,1200	0,1710	0,1870
2,09	0,026	0,0630	0,0970	0,1280	0,1370
2,26	0,027	0,0550	0,0780	0,0980	0,1030
2,43	0,026	0,0470	0,0620	0,0760	0,0790
2,60	0,025	0,0400	0,0500	0,0590	0,0610
2,77	0,023	0,0340	0,0410	0,0470	0,0480
2,94	0,02	0,0290	0,0340	0,0380	0,0390
3,11	0,018	0,0240	0,0280	0,0310	0,0310
3,28	0,016	0,0210	0,0230	0,0250	0,0260
3,45	0,014	0,0170	0,0190	0,0210	0,0210
3,62	0,012	0,0150	0,0160	0,0180	0,0180
3,79	0,011	0,0130	0,0140	0,0150	0,0150
3,95	0,01	0,0110	0,0120	0,0130	0,0130
4,12	0,008	0,0100	0,0100	0,0110	0,0110
4,29	0,007	0,0080	0,0090	0,0090	0,0090
4,46	0,007	0,0070	0,0080	0,0080	0,0080
4,63	0,006	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070
4,80	0,005	0,0060	0,0060	0,0060	0,0060
4,97	0,005	0,0050	0,0050	0,0060	0,0060
5,14	0,004	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
5,31	0,004	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040
5,48	0,003	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040
5,65	0,003	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030
5,82	0,003	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030
5,99	0,003	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030
6,15	0,002	0,0020	0,0020	0,0030	0,0030
6,32	0,002	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
6,49	0,002	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
6,66	0,002	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
6,83	0,002	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
7,00	0,001	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020

Angle : 90 Speed : 30 knot					
Encounter Wave Frequency (ω_e) [rad/s]	$S_z(\omega_e)$				
	Sea State 2	Sea State 3	Sea State 4	Sea State 5	Sea State 6
	1.433 m	2.012 m	3.200 m	4.359 m	4.359 m
0,40	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0190
0,57	0	0,0000	0,0010	0,3430	2,1540
0,74	0	0,0050	0,1490	1,1990	2,2700
0,91	0,004	0,0850	0,3710	0,9350	1,2260
1,08	0,033	0,1590	0,3340	0,5380	0,6120
1,25	0,063	0,1490	0,2260	0,2970	0,3170
1,42	0,066	0,1110	0,1420	0,1680	0,1740
1,59	0,054	0,0760	0,0880	0,0990	0,1010
1,75	0,041	0,0510	0,0560	0,0610	0,0610
1,92	0,029	0,0340	0,0370	0,0390	0,0390
2,09	0,021	0,0230	0,0250	0,0260	0,0260
2,26	0,015	0,0160	0,0170	0,0180	0,0170
2,43	0,011	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120
2,60	0,008	0,0080	0,0090	0,0090	0,0090
2,77	0,006	0,0060	0,0060	0,0060	0,0060
2,94	0,005	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
3,11	0,003	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040
3,28	0,003	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030
3,45	0,002	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
3,62	0,002	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
3,79	0,001	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
3,95	0,001	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
4,12	0,001	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
4,29	0,001	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
4,46	0,001	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
4,63	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4,80	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4,97	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5,14	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5,31	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5,48	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5,65	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5,82	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5,99	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6,15	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6,32	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6,49	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6,66	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6,83	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7,00	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

LAMPIRAN C

ADDED WAVE RESISTANCE MENGGUNAKAN HAVELOCK

THEORY

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 2									
	k = $2\pi/L_w$ = 0.2901926								
	L_w = 71 ft								
	= 21.6408 m								
no	freq(rad/s)	$R_{int}(kN)$	w_e	$S_z(ue)$	wave height (m)	$S_z(ue)k_{AW}$ / wave height	simpson multiplier		
1	0.32	0	0.40	0,000000000000	1,006	0	1		0
2	0.371	0	0.57	0,000000000000	1,006	0	3		0
3	0.421	0	0.74	0,000000000000	1,006	0	3		0
4	0.468	0	0.91	0,000000000000	1,006	0	2		0
5	0.513	0	1.08	0,001000000000	1,006	0	3		0
6	0.561	0	1.25	0,006000000000	1,006	0	3		0
7	0.607	0,056	1.42	0,020000000000	1,006	0,00110668	2		0,0021336
8	0.652	0,088	1.59	0,038000000000	1,006	0,00330423	3		0,009512691
9	0.695	0,685	1.75	0,051000000000	1,006	0,034519523	3		0,103558569
10	0.736	1,128	1.92	0,058000000000	1,006	0,064645922	2		0,129291843
11	0.777	1,543	2.09	0,059000000000	1,006	0,08995431	3		0,26986293
12	0.816	1,108	2.26	0,056000000000	1,006	0,061310072	3		0,183930216
13	0.854	0,66	2.43	0,052000000000	1,006	0,033911837	2		0,067823674
14	0.892	0,427	2.60	0,046000000000	1,006	0,0194084	3		0,058225201
15	0.928	0,313	2.77	0,041000000000	1,006	0,012680379	3		0,038041137
16	0.964	0,214	2.94	0,036000000000	1,006	0,007612377	2		0,015224755
17	0.998	0,117	3.11	0,031000000000	1,006	0,003583865	3		0,010751594
18	1.033	0,076	3.28	0,027000000000	1,006	0,002027596	3		0,006082788
19	1.066	0,012	3.45	0,024000000000	1,006	0,000284575	2		0,00056915
20	1.099	0,01	3.62	0,021000000000	1,006	0,000207502	3		0,000622507
21	1.131	0,007	3.79	0,018000000000	1,006	0,000124501	3		0,000373504
22	1.162	0,006	3.95	0,016000000000	1,006	9,48583E-05	2		0,000189717
23	1.193	0,005	4.12	0,014000000000	1,006	6,91675E-05	3		0,000207502
24	1.224	0,004	4.29	0,012000000000	1,006	4,74291E-05	3		0,000142287
25	1.254	0,003	4.46	0,011000000000	1,006	3,26075E-05	2		6,52151E-05
26	1.284	0,003	4.63	0,010000000000	1,006	2,96432E-05	3		8,89296E-05
27	1.313	0,002	4.80	0,009000000000	1,006	1,77859E-05	3		5,33578E-05
28	1.341	0,002	4.97	0,008000000000	1,006	1,58097E-05	2		3,16194E-05
29	1.37	0,001	5.14	0,007000000000	1,006	6,91675E-06	3		2,07502E-05
30	1.398	0,001	5.31	0,006000000000	1,006	5,92864E-06	3		1,77859E-05
31	1.425	0,001	5.48	0,005000000000	1,006	5,92864E-06	2		1,18573E-05
32	1.452	0,001	5.65	0,005000000000	1,006	4,94054E-06	3		1,48216E-05
33	1.479	0	5.82	0,005000000000	1,006	0	3		0
34	1.636	0	5.99	0,004000000000	1,006	0	2		0
35	1.783	0	6.15	0,004000000000	1,006	0	3		0
36	1.922	0	6.32	0,004000000000	1,006	0	3		0
37	2.053	0	6.49	0,003000000000	1,006	0	2		0
38	2.179	0	6.66	0,003000000000	1,006	0	3		0
39	2.299	0	6.83	0,003000000000	1,006	0	3		0
40	2.414	0	7.00	0,002000000000	1,006	0	1		0
mean added wave resistance =		0,057162944							0,896673636

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 3									
$k = 2\pi/L_w$									
L_w									
$= 71 \text{ ft}$									
$= 21.6408 \text{ m}$									
no	freq(rad/s)	$R_{AW}(kN)$	w_e	$S_z(ue)$	wave height (m)	$S_z(ue)K_{AW}$	simpson multiplier		
1	0.32	0	0.40	0,000000000000	1.433	0	1	0	
2	0.371	0	0.57	0,000000000000	1.433	0	3	0	
3	0.421	0	0.74	0,000000000000	1.433	0	3	0	
4	0.468	0.001	0.91	0,000000000000	1.433	0	2	0	
5	0.513	0.132	1.08	0,001000000000	1.433	6,42808E-05	3	0,000192843	
6	0.561	1.653	1.25	0,006000000000	1.433	0,004829829	3	0,014489486	
7	0.607	3.256	1.42	0,020000000000	1.433	0,031711882	2	0,063423763	
8	0.652	1.671	1.59	0,038000000000	1.433	0,030922006	3	0,092766019	
9	0.695	0.78	1.75	0,051000000000	1.433	0,019371908	3	0,058115724	
10	0.736	0.715	1.92	0,058000000000	1.433	0,020194898	2	0,040389795	
11	0.777	0.558	2.09	0,059000000000	1.433	0,016032226	3	0,048096678	
12	0.816	0.325	2.26	0,056000000000	1.433	0,008862964	3	0,026588893	
13	0.854	0.149	2.43	0,052000000000	1.433	0,003773091	2	0,007546181	
14	0.892	0.057	2.60	0,046000000000	1.433	0,001276851	3	0,003830554	
15	0.928	0.024	2.77	0,041000000000	1.433	0,000479184	3	0,001437553	
16	0.964	0.024	2.94	0,036000000000	1.433	0,000420747	2	0,000841495	
17	0.998	0.028	3.11	0,031000000000	1.433	0,000422695	3	0,001268086	
18	1.033	0.023	3.28	0,027000000000	1.433	0,000302412	3	0,000907236	
19	1.066	0.018	3.45	0,024000000000	1.433	0,000210374	2	0,000420747	
20	1.099	0.013	3.62	0,021000000000	1.433	0,000132944	3	0,000398833	
21	1.131	0.01	3.79	0,018000000000	1.433	8,76557E-05	3	0,000262967	
22	1.162	0.008	3.95	0,016000000000	1.433	6,23329E-05	2	0,000124666	
23	1.193	0.006	4.12	0,014000000000	1.433	4,0906E-05	3	0,000122718	
24	1.224	0.005	4.29	0,012000000000	1.433	2,92186E-05	3	8,76557E-05	
25	1.254	0.004	4.46	0,011000000000	1.433	2,14269E-05	2	4,28539E-05	
26	1.284	0.003	4.63	0,010000000000	1.433	1,46093E-05	3	4,38278E-05	
27	1.313	0.002	4.80	0,009000000000	1.433	8,76557E-06	3	2,62967E-05	
28	1.341	0.002	4.97	0,008000000000	1.433	7,79162E-06	2	1,55832E-05	
29	1.37	0.001	5.14	0,007000000000	1.433	3,40883E-06	3	1,02265E-05	
30	1.398	0.001	5.31	0,006000000000	1.433	2,92186E-06	3	8,76557E-06	
31	1.425	0.001	5.48	0,005000000000	1.433	2,92186E-06	2	5,84371E-06	
32	1.452	0.001	5.65	0,005000000000	1.433	2,43488E-06	3	7,30464E-06	
33	1.479	0	5.82	0,005000000000	1.433	0	3	0	
34	1.636	0	5.99	0,004000000000	1.433	0	2	0	
35	1.783	0	6.15	0,004000000000	1.433	0	3	0	
36	1.922	0	6.32	0,004000000000	1.433	0	3	0	
37	2.053	0	6.49	0,003000000000	1.433	0	2	0	

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 4									
no	freq(rad/s)	$R_{AW}(KN)$	w_e	$S_z(w_e)$	wave height (m)	$S_z(w_e)^{1/4} H_{AW}$	simpson multiplier		
1	0.32	0	0.40	0,0000000000000000	2,012	0	1	0	
2	0.371	0	0.57	0,0000000000000000	2,012	0	3	0	
3	0.421	0,001	0.74	0,0000000000000000	2,012	0	3	0	
4	0.468	0,627	0.91	0,0040000000000000	2,012	0,000619543	2	0,001239086	
5	0.513	9,499	1,08	0,0380000000000000	2,012	0,089167283	3	0,267501848	
6	0.561	26,964	1,25	0,0970000000000000	2,012	0,646100534	3	1,938301602	
7	0.607	22,53	1,42	0,1390000000000000	2,012	0,773606374	2	1,547212747	
8	0.652	6,799	1,59	0,1540000000000000	2,012	0,258648408	3	0,775945223	
9	0.695	2,241	1,75	0,1470000000000000	2,012	0,081377293	3	0,244131879	
10	0.736	1,619	1,92	0,1310000000000000	2,012	0,052391664	2	0,104783328	
11	0.777	1,067	2,09	0,1130000000000000	2,012	0,029784267	3	0,0893528	
12	0.816	0,548	2,26	0,0950000000000000	2,012	0,012860214	3	0,038580643	
13	0.854	0,229	2,43	0,0790000000000000	2,012	0,004468962	2	0,008937923	
14	0.892	0,081	2,60	0,0660000000000000	2,012	0,001320605	3	0,003961816	
15	0.928	0,033	2,77	0,0550000000000000	2,012	0,000448354	3	0,001345061	
16	0.964	0,031	2,94	0,0460000000000000	2,012	0,00035226	2	0,00070452	
17	0.998	0,035	3,11	0,0390000000000000	2,012	0,000337192	3	0,001011575	
18	1.033	0,028	3,28	0,0330000000000000	2,012	0,000228253	3	0,000684758	
19	1.066	0,021	3,45	0,0280000000000000	2,012	0,000145252	2	0,000290503	
20	1.099	0,015	3,62	0,0240000000000000	2,012	8,89296E-05	3	0,000266789	
21	1.131	0,011	3,79	0,0210000000000000	2,012	5,70632E-05	3	0,00017119	
22	1.162	0,009	3,95	0,0180000000000000	2,012	4,00183E-05	2	8,00367E-05	
23	1.193	0,007	4,12	0,0160000000000000	2,012	2,7667E-05	3	8,3001E-05	
24	1.224	0,005	4,29	0,0140000000000000	2,012	1,72919E-05	3	5,18756E-05	
25	1.254	0,004	4,46	0,0120000000000000	2,012	1,18573E-05	2	2,37146E-05	
26	1.284	0,003	4,63	0,0110000000000000	2,012	8,15188E-06	3	2,44557E-05	
27	1.313	0,003	4,80	0,0090000000000000	2,012	6,66972E-06	3	2,00092E-05	
28	1.341	0,002	4,97	0,0080000000000000	2,012	3,95243E-06	2	7,90486E-06	
29	1.37	0,001	5,14	0,0070000000000000	2,012	1,72919E-06	3	5,18756E-06	
30	1.398	0,001	5,31	0,0070000000000000	2,012	1,72919E-06	3	5,18756E-06	
31	1.425	0,001	5,48	0,0060000000000000	2,012	1,48216E-06	2	2,96432E-06	
32	1.452	0,001	5,65	0,0050000000000000	2,012	1,23513E-06	3	3,7054E-06	
33	1.479	0	5,82	0,0050000000000000	2,012	0	3	0	
34	1.636	0	5,99	0,0040000000000000	2,012	0	2	0	
35	1.783	0	6,15	0,0040000000000000	2,012	0	3	0	
36	1.922	0	6,32	0,0040000000000000	2,012	0	3	0	
37	2.053	0	6,49	0,0030000000000000	2,012	0	2	0	
38	2.179	0	6,66	0,0030000000000000	2,012	0	3	0	
39	2.299	0	6,83	0,0030000000000000	2,012	0	3	0	
40	2.414	0	7,00	0,0030000000000000	2,012	0	1	0	
							jumlah	5,024503328	
mean added wave resistance =									
		0,320312087							

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 5									
k = 2π/L _w = 0.2901926									
L _w = 71 ft									
= 21.6408 m									
no	freq(rad/s)	R _{AW} (kN)	w _e	S _Z (w _e)	wave height (m)	S _Z (w _e)R _{AW} / wave height	simpson multiplier		
1	0.32	0	0.40	0.000000000000	3.2	0	1	0	
2	0.371	0.005	0.57	0.000000000000	3.2	0	3	0	
3	0.421	4.318	0.74	0.059000000000	3.2	0.024879102	3	0.074637305	
4	0.468	50.021	0.91	0.330000000000	3.2	1.612004883	2	3.224009766	
5	0.513	132.609	1.08	0.530000000000	3.2	6.863551758	3	20.59065527	
6	0.561	151.52	1.25	0.542000000000	3.2	8.01990625	3	24.05971875	
7	0.607	74.984	1.42	0.464000000000	3.2	3.3977125	2	6.795425	
8	0.652	16.36	1.59	0.369000000000	3.2	0.589535156	3	1.768605469	
9	0.695	4.361	1.75	0.286000000000	3.2	0.121801367	3	0.365404102	
10	0.736	2.723	1.92	0.221000000000	3.2	0.058767871	2	0.117535742	
11	0.777	1.618	2.09	0.171000000000	3.2	0.027019336	3	0.081058008	
12	0.816	0.771	2.26	0.134000000000	3.2	0.010089258	3	0.030267773	
13	0.854	0.305	2.43	0.106000000000	3.2	0.003157227	2	0.006314453	
14	0.892	0.103	2.60	0.084000000000	3.2	0.000844922	3	0.002534766	
15	0.928	0.041	2.77	0.068000000000	3.2	0.000272266	3	0.000816797	
16	0.964	0.037	2.94	0.056000000000	3.2	0.000202344	2	0.000404688	
17	0.998	0.041	3.11	0.046000000000	3.2	0.00018418	3	0.000552539	
18	1.033	0.033	3.28	0.038000000000	3.2	0.000122461	3	0.000367383	
19	1.066	0.024	3.45	0.032000000000	3.2	0.000075	2	0.00015	
20	1.099	0.017	3.62	0.027000000000	3.2	4.48242E-05	3	0.000134473	
21	1.131	0.012	3.79	0.023000000000	3.2	2.69531E-05	3	8.08594E-05	
22	1.162	0.01	3.95	0.020000000000	3.2	1.95313E-05	2	3.90625E-05	
23	1.193	0.008	4.12	0.017000000000	3.2	1.32813E-05	3	3.98438E-05	
24	1.224	0.006	4.29	0.015000000000	3.2	8.78906E-06	3	2.63672E-05	
25	1.254	0.005	4.46	0.013000000000	3.2	6.34766E-06	2	1.26953E-05	
26	1.284	0.004	4.63	0.011000000000	3.2	4.29688E-06	3	1.28906E-05	
27	1.313	0.003	4.80	0.010000000000	3.2	2.92969E-06	3	8.78906E-06	
28	1.341	0.002	4.97	0.009000000000	3.2	1.75781E-06	2	3.51563E-06	
29	1.37	0.002	5.14	0.008000000000	3.2	1.5625E-06	3	4.6875E-06	
30	1.398	0.001	5.31	0.007000000000	3.2	6.83594E-07	3	2.05078E-06	
31	1.425	0.001	5.48	0.006000000000	3.2	5.85938E-07	2	1.17188E-06	
32	1.452	0.001	5.65	0.006000000000	3.2	5.85938E-07	3	1.75781E-06	
33	1.479	0	5.82	0.005000000000	3.2	0	3	0	
34	1.636	0	5.99	0.005000000000	3.2	0	2	0	
35	1.783	0	6.15	0.004000000000	3.2	0	3	0	
36	1.922	0	6.32	0.004000000000	3.2	0	3	0	
37	2.053	0	6.49	0.003000000000	3.2	0	2	0	
38	2.179	0	6.66	0.003000000000	3.2	0	3	0	
39	2.299	0	6.83	0.003000000000	3.2	0	3	0	
40	2.414	0	7.00	0.003000000000	3.2	0	1	0	
							jumlah		
57,11871221									
mean added wave resistance = 3.641317903									

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 2									
	$k = 2\pi/L_w$								
	L_w								
	$= 21.6408 \text{ m}$								
	no	freq(rad/s)	$R_{AW}(KN)$	w_e	$S_z(w_e)$	wave height (m)	$S_z(w_e)R_{AW}$	/wave height	simpson multiplier
	1	0,32	0	0,40	0,000000000000	1,006	0	0	1
	2	0,371	0	0,57	0,000000000000	1,006	0	0	3
	3	0,421	0	0,74	0,000000000000	1,006	0	0	3
	4	0,468	0	0,91	0,000000000000	1,006	0	0	2
	5	0,513	0,003	1,08	0,000000000000	1,006	0	0	3
	6	0,561	0,206	1,25	0,000000000000	1,006	0	0	3
	7	0,607	1,397	1,42	0,003000000000	1,006	0,004141157	0	2
	8	0,652	2,323	1,59	0,009000000000	1,006	0,020658356	0	3
	9	0,695	2,005	1,75	0,016000000000	1,006	0,031698477	0	3
	10	0,736	1,531	1,92	0,023000000000	1,006	0,034794217	0	2
	11	0,777	1,182	2,09	0,026000000000	1,006	0,030366509	0	3
	12	0,816	0,976	2,26	0,027000000000	1,006	0,026038599	0	3
	13	0,854	0,749	2,43	0,026000000000	1,006	0,019242398	0	2
	14	0,892	0,437	2,60	0,025000000000	1,006	0,010795071	0	3
	15	0,928	0,228	2,77	0,023000000000	1,006	0,005181634	0	3
	16	0,964	0,154	2,94	0,020000000000	1,006	0,00304337	0	2
	17	0,998	0,113	3,11	0,018000000000	1,006	0,00200981	0	3
	18	1,033	0,071	3,28	0,016000000000	1,006	0,00112249	0	3
	19	1,066	0,045	3,45	0,014000000000	1,006	0,000622507	0	2
	20	1,099	0,025	3,62	0,012000000000	1,006	0,000296432	0	3
	21	1,131	0,012	3,79	0,011000000000	1,006	0,00013043	0	3
	22	1,162	0,007	3,95	0,010000000000	1,006	6,91675E-05	0	2
	23	1,193	0,004	4,12	0,008000000000	1,006	3,16194E-05	0	3
	24	1,224	0,001	4,29	0,007000000000	1,006	6,91675E-06	0	3
	25	1,254	0,001	4,46	0,007000000000	1,006	6,91675E-06	0	2
	26	1,284	0,001	4,63	0,006000000000	1,006	5,92864E-06	0	3
	27	1,313	0	4,80	0,005000000000	1,006	0	0	3
	28	1,341	0	4,97	0,005000000000	1,006	0	0	2
	29	1,37	0	5,14	0,004000000000	1,006	0	0	3
	30	1,398	0	5,31	0,004000000000	1,006	0	0	3
	31	1,425	0	5,48	0,003000000000	1,006	0	0	2
	32	1,452	0	5,65	0,003000000000	1,006	0	0	3
	33	1,479	0	5,82	0,003000000000	1,006	0	0	3
	34	1,636	0	5,99	0,003000000000	1,006	0	0	2
	35	1,783	0	6,15	0,002000000000	1,006	0	0	3
	36	1,922	0	6,32	0,002000000000	1,006	0	0	3
	37	2,053	0	6,49	0,002000000000	1,006	0	0	2
	38	2,179	0	6,66	0,002000000000	1,006	0	0	3
	39	2,299	0	6,83	0,002000000000	1,006	0	0	3
	40	2,414	0	7,00	0,001000000000	1,006	0	0	1
	mean added wave resistance =		0,032440226						0,508866285

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 3									
k = $2\pi/L_w$									
= 0.2901926									
L_w									
= 71 ft									
= 21.6408 m									
no	freq(rad/s)	$R_{AW}(kN)$	w_e	$S_z(w_e)$	wave height (m)	$S_z(w_e)R_{AW}$	/wave height	simpson multiplier	
1	0.32	0	0.40	0.000000000000	1.433	0	0	1	0
2	0.371	0	0.57	0.000000000000	1.433	0	0	3	0
3	0.421	0	0.74	0.000000000000	1.433	0	0	3	0
4	0.468	0.025	0.91	0.000000000000	1.433	0	0	2	0
5	0.513	1.692	1.08	0.005000000000	1.433	0.004119818	0.004119818	3	0.012359453
6	0.561	12.309	1.25	0.024000000000	1.433	0.143860522	0.143860522	3	0.431581567
7	0.607	22.727	1.42	0.049000000000	1.433	0.54230775	0.54230775	2	1.084615501
8	0.652	17.088	1.59	0.067000000000	1.433	0.557536953	0.557536953	3	1.672610859
9	0.695	8.831	1.75	0.073000000000	1.433	0.313935453	0.313935453	3	0.94180636
10	0.736	4.767	1.92	0.070000000000	1.433	0.162499044	0.162499044	2	0.324998089
11	0.777	2.882	2.09	0.063000000000	1.433	0.088418297	0.088418297	3	0.265254891
12	0.816	1.994	2.26	0.055000000000	1.433	0.053406665	0.053406665	3	0.160219996
13	0.854	1.342	2.43	0.047000000000	1.433	0.030715529	0.030715529	2	0.061431057
14	0.892	0.708	2.60	0.040000000000	1.433	0.013791162	0.013791162	3	0.041373487
15	0.928	0.342	2.77	0.034000000000	1.433	0.005662558	0.005662558	3	0.016987673
16	0.964	0.218	2.94	0.029000000000	1.433	0.003078663	0.003078663	2	0.006157325
17	0.998	0.152	3.11	0.024000000000	1.433	0.001776489	0.001776489	3	0.005329466
18	1.033	0.091	3.28	0.021000000000	1.433	0.000930611	0.000930611	3	0.002791834
19	1.066	0.057	3.45	0.017000000000	1.433	0.00047188	0.00047188	2	0.00094376
20	1.099	0.031	3.62	0.015000000000	1.433	0.000226444	0.000226444	3	0.000679332
21	1.131	0.014	3.79	0.013000000000	1.433	8.86296E-05	8.86296E-05	3	0.000265889
22	1.162	0.009	3.95	0.011000000000	1.433	4.82106E-05	4.82106E-05	2	9.64213E-05
23	1.193	0.004	4.12	0.010000000000	1.433	1.9479E-05	1.9479E-05	3	5.84371E-05
24	1.224	0.001	4.29	0.008000000000	1.433	3.89581E-06	3.89581E-06	3	1.16874E-05
25	1.254	0.001	4.46	0.007000000000	1.433	3.40883E-06	3.40883E-06	2	6.81766E-06
26	1.284	0.001	4.63	0.007000000000	1.433	3.40883E-06	3.40883E-06	3	1.02265E-05
27	1.313	0	4.80	0.006000000000	1.433	0	0	3	0
28	1.341	0	4.97	0.005000000000	1.433	0	0	2	0
29	1.37	0	5.14	0.005000000000	1.433	0	0	3	0
30	1.398	0	5.31	0.004000000000	1.433	0	0	3	0
31	1.425	0	5.48	0.004000000000	1.433	0	0	2	0
32	1.452	0	5.65	0.003000000000	1.433	0	0	3	0
33	1.479	0	5.82	0.003000000000	1.433	0	0	3	0
34	1.636	0	5.99	0.003000000000	1.433	0	0	2	0
35	1.783	0	6.15	0.002000000000	1.433	0	0	3	0
36	1.922	0	6.32	0.002000000000	1.433	0	0	3	0
37	2.053	0	6.49	0.002000000000	1.433	0	0	2	0
38	2.179	0	6.66	0.002000000000	1.433	0	0	3	0
39	2.299	0	6.83	0.002000000000	1.433	0	0	3	0
40	2.414	0	7.00	0.002000000000	1.433	0	0	1	0
					jumlah		5,029590127		
mean added wave resistance =					0.320636371				

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 4									
no	freq(rad/s)	$R_{AW}(KN)$	w_e	$S_z(w_e)$	wave height (m)	$S_z(w_e) \cdot H_{AW}$	simpson multiplier		
1	0.32	0	0.40	0.0000000000000000	2,012	0	1	0	0
2	0.371	0	0.57	0.0000000000000000	2,012	0	3	0	0
3	0.421	0.037	0.74	0.0000000000000000	2,012	0	3	0	0
4	0.468	4.329	0.91	0.0230000000000000	2,012	0.024595716	2	0.049191432	2,641432716
5	0.513	35.643	1.08	0.1000000000000000	2,012	0.880477572	3	0.880477572	3,567682869
6	0.561	86.482	1.25	0.1670000000000000	2,012	3.567682869	3	7.885604861	7.885604861
7	0.607	85.812	1.42	0.1860000000000000	2,012	3.94280243	2	2	0
8	0.652	44.189	1.59	0.1730000000000000	2,012	1.88844927	3	5.665334781	5.665334781
9	0.695	17.881	1.75	0.1470000000000000	2,012	0.649311635	3	1.947934905	1.947934905
10	0.736	8.18	1.92	0.1200000000000000	2,012	0.242481493	2	0.484962986	0.484962986
11	0.777	4.403	2.09	0.0970000000000000	2,012	0.105502917	3	0.316508751	0.316508751
12	0.816	2.8	2.26	0.0780000000000000	2,012	0.05395065	3	0.16185195	0.16185195
13	0.854	1.77	2.43	0.0620000000000000	2,012	0.027108719	2	0.054217439	0.054217439
14	0.892	0.891	2.60	0.0500000000000000	2,012	0.011005043	3	0.03301513	0.03301513
15	0.928	0.414	2.77	0.0410000000000000	2,012	0.004193033	3	0.012579098	0.012579098
16	0.964	0.256	2.94	0.0340000000000000	2,012	0.002150121	2	0.004300242	0.004300242
17	0.998	0.175	3.11	0.0280000000000000	2,012	0.001210431	3	0.003631294	0.003631294
18	1.033	0.103	3.28	0.0230000000000000	2,012	0.000585206	3	0.001755619	0.001755619
19	1.066	0.063	3.45	0.0190000000000000	2,012	0.000295691	2	0.000591382	0.000591382
20	1.099	0.034	3.62	0.0160000000000000	2,012	0.000134383	3	0.000403148	0.000403148
21	1.131	0.015	3.79	0.0140000000000000	2,012	5.18756E-05	3	0.000155627	0.000155627
22	1.162	0.009	3.95	0.0120000000000000	2,012	2.66789E-05	2	5.33578E-05	5.33578E-05
23	1.193	0.005	4.12	0.0100000000000000	2,012	1.23513E-05	3	3.7054E-05	3.7054E-05
24	1.224	0.001	4.29	0.0090000000000000	2,012	2.22324E-06	3	6.66972E-06	6.66972E-06
25	1.254	0.001	4.46	0.0080000000000000	2,012	1.97621E-06	2	3.95243E-06	3.95243E-06
26	1.284	0.001	4.63	0.0070000000000000	2,012	1.72919E-06	3	5.18756E-06	5.18756E-06
27	1.313	0	4.80	0.0060000000000000	2,012	0	3	0	0
28	1.341	0	4.97	0.0050000000000000	2,012	0	2	0	0
29	1.37	0	5.14	0.0050000000000000	2,012	0	3	0	0
30	1.398	0	5.31	0.0040000000000000	2,012	0	3	0	0
31	1.425	0	5.48	0.0040000000000000	2,012	0	2	0	0
32	1.452	0	5.65	0.0030000000000000	2,012	0	3	0	0
33	1.479	0	5.82	0.0030000000000000	2,012	0	3	0	0
34	1.636	0	5.99	0.0030000000000000	2,012	0	2	0	0
35	1.783	0	6.15	0.0020000000000000	2,012	0	3	0	0
36	1.922	0	6.32	0.0020000000000000	2,012	0	3	0	0
37	2.053	0	6.49	0.0020000000000000	2,012	0	2	0	0
38	2.179	0	6.66	0.0020000000000000	2,012	0	3	0	0
39	2.299	0	6.83	0.0020000000000000	2,012	0	3	0	0
40	2.414	0	7.00	0.0020000000000000	2,012	0	1	0	0
mean added wave resistance =							jumlah	29,96662619	
1,910372419									

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 5									
k = 2π/L _w = 0.2901926									
L _w = 71 ft									
= 21.6408 m									
no	freq(rad/s)	R _{AW} (KN)	w _e	S _z (w _e)	wave height (m)	S _z (w _e)R _{AW} /wave height	simpson multiplier		
1	0.32	0	0.40	0.000000000000	3.2	0	1	0	
2	0.371	0.085	0.57	0.002000000000	3.2	1.66016E-05	3	4.98047E-05	
3	0.421	16.277	0.74	0.184000000000	3.2	0.292477344	3	0.877432031	
4	0.468	105.548	0.91	0.558000000000	3.2	5.75151406	2	11.50308281	
5	0.513	234.125	1.08	0.656000000000	3.2	14.99863281	3	44.99589844	
6	0.561	290.521	1.25	0.560000000000	3.2	15.88786719	3	47.66360156	
7	0.607	197.305	1.42	0.428000000000	3.2	8.246732422	2	16.49346484	
8	0.652	80.639	1.59	0.315000000000	3.2	2.480594238	3	7.441782715	
9	0.695	28.105	1.75	0.231000000000	3.2	0.634009277	3	1.902027832	
10	0.736	11.622	1.92	0.171000000000	3.2	0.19407832	2	0.388156641	
11	0.777	5.827	2.09	0.128000000000	3.2	0.0728375	3	0.2185125	
12	0.816	3.52	2.26	0.098000000000	3.2	0.0336875	3	0.1010625	
13	0.854	2.142	2.43	0.076000000000	3.2	0.015897656	2	0.031795313	
14	0.892	1.047	2.60	0.059000000000	3.2	0.00603252	3	0.018097559	
15	0.928	0.476	2.77	0.047000000000	3.2	0.002184766	3	0.006554297	
16	0.964	0.29	2.94	0.038000000000	3.2	0.001076172	2	0.002152344	
17	0.998	0.194	3.11	0.031000000000	3.2	0.000587305	3	0.001761914	
18	1.033	0.113	3.28	0.025000000000	3.2	0.000275879	3	0.000827637	
19	1.066	0.068	3.45	0.021000000000	3.2	0.000139453	2	0.000278906	
20	1.099	0.036	3.62	0.018000000000	3.2	6.32813E-05	3	0.000189844	
21	1.131	0.016	3.79	0.015000000000	3.2	2.34375E-05	3	7.03125E-05	
22	1.162	0.01	3.95	0.013000000000	3.2	1.26953E-05	2	2.53906E-05	
23	1.193	0.005	4.12	0.011000000000	3.2	5.37109E-06	3	1.61133E-05	
24	1.224	0.001	4.29	0.009000000000	3.2	8.78906E-07	3	2.63672E-06	
25	1.254	0.001	4.46	0.008000000000	3.2	7.8125E-07	2	1.5625E-06	
26	1.284	0.001	4.63	0.007000000000	3.2	6.83594E-07	3	2.05078E-06	
27	1.313	0	4.80	0.006000000000	3.2	0	3	0	
28	1.341	0	4.97	0.006000000000	3.2	0	2	0	
29	1.37	0	5.14	0.005000000000	3.2	0	3	0	
30	1.398	0	5.31	0.004000000000	3.2	0	3	0	
31	1.425	0	5.48	0.004000000000	3.2	0	2	0	
32	1.452	0	5.65	0.003000000000	3.2	0	3	0	
33	1.479	0	5.82	0.003000000000	3.2	0	3	0	
34	1.636	0	5.99	0.003000000000	3.2	0	2	0	
35	1.783	0	6.15	0.003000000000	3.2	0	3	0	
36	1.922	0	6.32	0.002000000000	3.2	0	3	0	
37	2.053	0	6.49	0.002000000000	3.2	0	2	0	
38	2.179	0	6.66	0.002000000000	3.2	0	3	0	
39	2.299	0	6.83	0.002000000000	3.2	0	3	0	
40	2.414	0	7.00	0.002000000000	3.2	0	1	0	
							jumlah		
							131,6468476		
mean added wave resistance = 8.392486532									
mean added wave resistance =									

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 6									
no	freq(rad/s)	R _{AW} (KN)	w _e	S _z (w _e)	wave height (m)	S _z (w _e) ^{1/4} _{AW} /wave height	simpson multiplier		
1	0.32	0	0.40	0.000000000000	4,359	0	1	0	
2	0.371	7,749	0.57	0.206000000000	4,359	0.084011578	3	0.252034735	
3	0.421	111,982	0.74	1.269000000000	4,359	7.478872059	3	22.43661618	
4	0.468	284,268	0.91	1.504000000000	4,359	22.50101308	2	45.00202617	
5	0.513	415,98	1.08	1.165000000000	4,359	25.50495948	3	76.51487844	
6	0.561	417,296	1.25	0.804000000000	4,359	17.65739094	3	52.97217282	
7	0.607	251,296	1.42	0.545000000000	4,359	7.20789315	2	14.4157863	
8	0.652	95,458	1.59	0.373000000000	4,359	1.873904373	3	5.62171312	
9	0.695	31,731	1.75	0.261000000000	4,359	0.435863527	3	1.30759058	
10	0.736	12,711	1.92	0.187000000000	4,359	0.125097199	2	0.250194399	
11	0.777	6,229	2.09	0.137000000000	4,359	0.044912286	3	0.134736858	
12	0.816	3,702	2.26	0.103000000000	4,359	0.02067806	3	0.060203419	
13	0.854	2,226	2.43	0.079000000000	4,359	0.009255045	2	0.018510089	
14	0.892	1,081	2.60	0.061000000000	4,359	0.003470418	3	0.010411254	
15	0.928	0,487	2.77	0.048000000000	4,359	0.001230259	3	0.003690776	
16	0.964	0,294	2.94	0.039000000000	4,359	0.000603446	2	0.001206891	
17	0.998	0,197	3.11	0.031000000000	4,359	0.000321406	3	0.000964218	
18	1.033	0.114	3.28	0.026000000000	4,359	0.000155993	3	0.000467978	
19	1.066	0.069	3.45	0.021000000000	4,359	7.62596E-05	2	0.000152519	
20	1.099	0.036	3.62	0.018000000000	4,359	3.41037E-05	3	0.000102311	
21	1.131	0.016	3.79	0.015000000000	4,359	1.2631E-05	3	3.7893E-05	
22	1.162	0.01	3.95	0.013000000000	4,359	6.84179E-06	2	1.36836E-05	
23	1.193	0.005	4.12	0.011000000000	4,359	2.8946E-06	3	8.68381E-06	
24	1.224	0.001	4.29	0.009000000000	4,359	4.73662E-07	3	1.42099E-06	
25	1.254	0.001	4.46	0.008000000000	4,359	4.21033E-07	2	8.42066E-07	
26	1.284	0.001	4.63	0.007000000000	4,359	3.68404E-07	3	1.10521E-06	
27	1.313	0	4.80	0.006000000000	4,359	0	3	0	
28	1.341	0	4.97	0.006000000000	4,359	0	2	0	
29	1.37	0	5.14	0.005000000000	4,359	0	3	0	
30	1.398	0	5.31	0.004000000000	4,359	0	3	0	
31	1.425	0	5.48	0.004000000000	4,359	0	2	0	
32	1.452	0	5.65	0.003000000000	4,359	0	3	0	
33	1.479	0	5.82	0.003000000000	4,359	0	3	0	
34	1.636	0	5.99	0.003000000000	4,359	0	2	0	
35	1.783	0	6.15	0.003000000000	4,359	0	3	0	
36	1.922	0	6.32	0.002000000000	4,359	0	3	0	
37	2.053	0	6.49	0.002000000000	4,359	0	2	0	
38	2.179	0	6.66	0.002000000000	4,359	0	3	0	
39	2.299	0	6.83	0.002000000000	4,359	0	3	0	
40	2.414	0	7.00	0.002000000000	4,359	0	1	0	
							jumlah		
mean added wave resistance =							219.0035227		
							</		

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 2									
$k = 2\pi/L_w$ $L_w = 71 \text{ ft}$ $= 21.6408 \text{ m}$									
no	freq(rad/s)	$R_{AW}(KN)$	w_e	$S_z(ue)$	wave height (m)	$S_z(ue)R_{AW} / \text{wave height}$	simpson multiplier		
1	0,32	0	0,40	0,000000000000	1,006	0	1		0
2	0,371	0	0,57	0,000000000000	1,006	0	3		0
3	0,421	0,002	0,74	0,000000000000	1,006	0	3		0
4	0,468	2,336	0,91	0,004000000000	1,006	0,009232873	2		0,018465746
5	0,513	25,176	1,08	0,033000000000	1,006	0,820927319	3		2,462781956
6	0,561	57,616	1,25	0,063000000000	1,006	3,58663921	3		10,75991763
7	0,607	63,15	1,42	0,066000000000	1,006	4,118331759	2		8,236663518
8	0,652	28,644	1,59	0,054000000000	1,006	1,528380413	3		4,58514124
9	0,695	4,54	1,75	0,041000000000	1,006	0,183926263	3		0,55177879
10	0,736	0,553	1,92	0,029000000000	1,006	0,015846274	2		0,031692548
11	0,777	0,179	2,09	0,021000000000	1,006	0,003714295	3		0,011142884
12	0,816	0,275	2,26	0,015000000000	1,006	0,004075942	3		0,012227826
13	0,854	0,224	2,43	0,011000000000	1,006	0,002434696	2		0,004869392
14	0,892	0,104	2,60	0,008000000000	1,006	0,000822105	3		0,002466315
15	0,928	0,018	2,77	0,006000000000	1,006	0,000106716	3		0,000320147
16	0,964	0,005	2,94	0,005000000000	1,006	2,47027E-05	2		4,94054E-05
17	0,998	0,003	3,11	0,003000000000	1,006	8,89296E-06	3		2,66789E-05
18	1,033	0,005	3,28	0,003000000000	1,006	1,48216E-05	3		4,44648E-05
19	1,066	0,003	3,45	0,002000000000	1,006	5,92864E-06	2		1,18573E-05
20	1,099	0,001	3,62	0,002000000000	1,006	1,97621E-06	3		5,92864E-06
21	1,131	0,001	3,79	0,001000000000	1,006	9,88107E-07	3		2,96432E-06
22	1,162	0	3,95	0,001000000000	1,006	0	2		0
23	1,193	0	4,12	0,001000000000	1,006	0	3		0
24	1,224	0	4,29	0,001000000000	1,006	0	3		0
25	1,254	0,001	4,46	0,001000000000	1,006	9,88107E-07	2		1,97621E-06
26	1,284	0,002	4,63	0,000000000000	1,006	0	3		0
27	1,313	0,002	4,80	0,000000000000	1,006	0	3		0
28	1,341	0,001	4,97	0,000000000000	1,006	0	2		0
29	1,37	0,001	5,14	0,000000000000	1,006	0	3		0
30	1,398	0	5,31	0,000000000000	1,006	0	3		0
31	1,425	0	5,48	0,000000000000	1,006	0	2		0
32	1,452	0	5,65	0,000000000000	1,006	0	3		0
33	1,479	0	5,82	0,000000000000	1,006	0	3		0
34	1,636	0	5,99	0,000000000000	1,006	0	2		0
35	1,783	0	6,15	0,000000000000	1,006	0	3		0
36	1,922	0	6,32	0,000000000000	1,006	0	3		0
37	2,053	0	6,49	0,000000000000	1,006	0	2		0
38	2,179	0	6,66	0,000000000000	1,006	0	3		0
39	2,299	0,001	6,83	0,000000000000	1,006	0	3		0
40	2,414	0	7,00	0,000000000000	1,006	0	1		0
mean added wave resistance =		1,700697719							26,67761127

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 3									
k = 2π/L _w									
L _w = 71 ft									
= 21.6408 m									
no	freq(rad/s)	R _w (kN)	w _e	S _z (w _e)	wave height (m)	S _z (w _e)R _w	/wave height	simpson multiplier	
1	0.32	0	0.40	0.000000000000	1.433	0	0	1	0
2	0.371	0	0.57	0.000000000000	1.433	0	0	3	0
3	0.421	1,742	0.74	0.005000000000	1.433	0.004241562	0.004241562	3	0.012724685
4	0.468	51,929	0.91	0.085000000000	1.433	2,149495322	2,149495322	2	4.298990645
5	0.513	120,206	1.08	0.159000000000	1.433	9,307453802	9,307453802	3	27.92236141
6	0.561	137,563	1.25	0.149000000000	1.433	9,981493448	9,981493448	3	29.94448035
7	0.607	106.37	1.42	0.111000000000	1.433	5,74976053	5,74976053	2	11.49952106
8	0.652	39,864	1.59	0.076000000000	1.433	1,475373864	1,475373864	3	4.426121591
9	0.695	5,651	1.75	0.051000000000	1.433	0,14034699	0,14034699	3	0.42104097
10	0.736	0,642	1.92	0.034000000000	1.433	0,010629714	0,010629714	2	0.021259427
11	0.777	0,199	2.09	0.023000000000	1.433	0,002228889	0,002228889	3	0.006686668
12	0.816	0,297	2.26	0.016000000000	1.433	0,00231411	0,00231411	3	0.006942331
13	0.854	0,237	2.43	0.012000000000	1.433	0,00138496	0,00138496	2	0.00276992
14	0.892	0,109	2.60	0.008000000000	1.433	0,000424643	0,000424643	3	0.001273929
15	0.928	0,018	2.77	0.006000000000	1.433	5,25934E-05	5,25934E-05	3	0.00015778
16	0.964	0,005	2.94	0.005000000000	1.433	1,21744E-05	1,21744E-05	2	2.43488E-05
17	0.998	0,004	3.11	0.004000000000	1.433	7,79162E-06	7,79162E-06	3	2.33749E-05
18	1.033	0,005	3.28	0.003000000000	1.433	7,30464E-06	7,30464E-06	3	2.19139E-05
19	1.066	0,003	3.45	0.002000000000	1.433	2,92186E-06	2,92186E-06	2	5.84371E-06
20	1.099	0,001	3.62	0.002000000000	1.433	9,73952E-07	9,73952E-07	3	2.92186E-06
21	1.131	0,001	3.79	0.001000000000	1.433	4,86976E-07	4,86976E-07	3	1,46093E-06
22	1.162	0	3.95	0.001000000000	1.433	0	0	2	0
23	1.193	0	4.12	0.001000000000	1.433	0	0	3	0
24	1.224	0	4.29	0.001000000000	1.433	0	0	3	0
25	1.254	0,001	4.46	0.001000000000	1.433	4,86976E-07	4,86976E-07	2	9,73952E-07
26	1.284	0,002	4.63	0.000000000000	1.433	0	0	3	0
27	1.313	0,002	4.80	0.000000000000	1.433	0	0	3	0
28	1.341	0,001	4.97	0.000000000000	1.433	0	0	2	0
29	1.37	0,001	5.14	0.000000000000	1.433	0	0	3	0
30	1.398	0	5.31	0.000000000000	1.433	0	0	3	0
31	1.425	0	5.48	0.000000000000	1.433	0	0	2	0
32	1.452	0	5.65	0.000000000000	1.433	0	0	3	0
33	1.479	0	5.82	0.000000000000	1.433	0	0	3	0
34	1.636	0	5.99	0.000000000000	1.433	0	0	2	0
35	1.783	0	6.15	0.000000000000	1.433	0	0	3	0
36	1.922	0	6.32	0.000000000000	1.433	0	0	3	0

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 5									
	k = $2\pi/L_w$		= 0.2901926						
	L_w		= 71 ft						
			= 21.6408 m						
no	freq(rad/s)	$R_{add}(KN)$	w_e	$S_z(ue)$	wave height (m)	$S_z(ue)R_{AW}$	simpson multiplier		
1	0.32	0	0.40	0,0000000000000000	3,2	0	1		0
2	0.371	39,8	0.57	0,3430000000000000	3,2	1,333144531	3		3,994333594
3	0.421	409,162	0.74	1,1990000000000000	3,2	47,90871465	3		143,7261439
4	0.468	572,844	0.91	0,9350000000000000	3,2	52,30558008	2		104,6111602
5	0.513	407,017	1.08	0,5380000000000000	3,2	21,3842916	3		64,1528748
6	0.561	273,568	1.25	0,2970000000000000	3,2	7,934540625	3		23,80362188
7	0.607	161,846	1.42	0,1680000000000000	3,2	2,655285938	2		5,310571875
8	0.652	52,467	1.59	0,0990000000000000	3,2	0,507249316	3		1,521747949
9	0.695	6,838	1.75	0,0610000000000000	3,2	0,04073418	3		0,122202539
10	0.736	0,737	1.92	0,0390000000000000	3,2	0,002806934	2		0,005613867
11	0.777	0,22	2.09	0,0260000000000000	3,2	0,000558594	3		0,001675781
12	0.816	0,321	2.26	0,0180000000000000	3,2	0,000564258	3		0,001692773
13	0.854	0,252	2.43	0,0120000000000000	3,2	0,000295313	2		0,000590625
14	0.892	0,115	2.60	0,0090000000000000	3,2	0,000101074	3		0,000303223
15	0.928	0,019	2.77	0,0060000000000000	3,2	1,11328E-05	3		3,33984E-05
16	0.964	0,005	2.94	0,0050000000000000	3,2	2,44141E-06	2		4,88281E-06
17	0.998	0,004	3.11	0,0040000000000000	3,2	1,5625E-06	3		4,6875E-06
18	1.033	0,005	3.28	0,0030000000000000	3,2	1,46484E-06	3		4,39453E-06
19	1.066	0,003	3.45	0,0020000000000000	3,2	5,85938E-07	2		1,17188E-06
20	1.099	0,001	3.62	0,0020000000000000	3,2	1,95313E-07	3		5,85938E-07
21	1.131	0,001	3.79	0,0010000000000000	3,2	9,76563E-08	3		2,92969E-07
22	1.162	0	3.95	0,0010000000000000	3,2	0	2		0
23	1.193	0	4.12	0,0010000000000000	3,2	0	3		0
24	1.224	0	4.29	0,0010000000000000	3,2	0	3		0
25	1.254	0,001	4.46	0,0010000000000000	3,2	9,76563E-08	2		1,95313E-07
26	1.284	0,002	4.63	0,0000000000000000	3,2	0	3		0
27	1.313	0,002	4.80	0,0000000000000000	3,2	0	3		0
28	1.341	0,001	4.97	0,0000000000000000	3,2	0	2		0
29	1.37	0,001	5.14	0,0000000000000000	3,2	0	3		0
30	1.398	0	5.31	0,0000000000000000	3,2	0	3		0
31	1.425	0	5.48	0,0000000000000000	3,2	0	2		0
32	1.452	0	5.65	0,0000000000000000	3,2	0	3		0
33	1.479	0	5.82	0,0000000000000000	3,2	0	3		0
34	1.636	0	5.99	0,0000000000000000	3,2	0	2		0
35	1.783	0	6.15	0,0000000000000000	3,2	0	3		0
36	1.922	0	6.32	0,0000000000000000	3,2	0	3		0
37	2.053	0	6.49	0,0000000000000000	3,2	0	2		0
38	2.179	0	6.66	0,0000000000000000	3,2	0	3		0
39	2.299	0,001	6.83	0,0000000000000000	3,2	0	3		0
40	2.414	0	7.00	0,0000000000000000	3,2	0	1	jumlah	347,2576826
mean added wave resistance =		22,13767727							

LAMPIRAN D

ADDED WAVE RESISTANCE MENGGUNAKAN METODE

SALVESEN

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 2									
k = $2\pi/L_w$									
= 0.2901926									
L _w = 71 ft									
= 21.6408 m									
no	freq(rad/s)	R _{AW} (kN)	w _e	S _z (w _e)	wave height (m)	S _z (w _e)R _{AW} / wave height	simpson multiplier		
1	0.32	0	0.40	0.000000000000	1.006	0	1	0	
2	0.371	0	0.57	0.000000000000	1.006	0	3	0	
3	0.421	0	0.74	0.000000000000	1.006	0	3	0	
4	0.468	0	0.91	0.000000000000	1.006	0	2	0	
5	0.513	0	1.08	0.001000000000	1.006	0	3	0	
6	0.561	0.005	1.25	0.006000000000	1.006	2.96432E-05	3	8.89296E-05	
7	0.607	0.071	1.42	0.020000000000	1.006	0.001403112	2	0.002806224	
8	0.652	0.269	1.59	0.038000000000	1.006	0.010100431	3	0.030301294	
9	0.695	0.628	1.75	0.051000000000	1.006	0.031647096	3	0.094941287	
10	0.736	1.233	1.92	0.058000000000	1.006	0.070663494	2	0.141326988	
11	0.777	1.71	2.09	0.059000000000	1.006	0.09969013	3	0.299070389	
12	0.816	2.05	2.26	0.056000000000	1.006	0.1134347	3	0.3403041	
13	0.854	2.099	2.43	0.052000000000	1.006	0.107849918	2	0.215699837	
14	0.892	1.928	2.60	0.046000000000	1.006	0.087633246	3	0.262899739	
15	0.928	1.703	2.77	0.041000000000	1.006	0.068992605	3	0.206977815	
16	0.964	1.55	2.94	0.036000000000	1.006	0.055136379	2	0.110272757	
17	0.998	1.413	3.11	0.031000000000	1.006	0.043282057	3	0.129846171	
18	1.033	1.232	3.28	0.027000000000	1.006	0.032868396	3	0.098605188	
19	1.066	1.051	3.45	0.024000000000	1.006	0.024924015	2	0.049848029	
20	1.099	0.887	3.62	0.021000000000	1.006	0.018405472	3	0.055216415	
21	1.131	0.745	3.79	0.018000000000	1.006	0.013250517	3	0.03975155	
22	1.162	0.633	3.95	0.016000000000	1.006	0.010007549	2	0.020015098	
23	1.193	0.535	4.12	0.014000000000	1.006	0.007400922	3	0.022202767	
24	1.224	0.451	4.29	0.012000000000	1.006	0.005347636	3	0.016042908	
25	1.254	0.382	4.46	0.011000000000	1.006	0.004152026	2	0.008304052	
26	1.284	0.323	4.63	0.010000000000	1.006	0.003191586	3	0.009574758	
27	1.313	0.273	4.80	0.009000000000	1.006	0.002427779	3	0.007283338	
28	1.341	0.23	4.97	0.008000000000	1.006	0.001818117	2	0.003636234	
29	1.37	0.194	5.14	0.007000000000	1.006	0.001341849	3	0.004025548	
30	1.398	0.162	5.31	0.006000000000	1.006	0.00096044	3	0.00288132	
31	1.425	0.137	5.48	0.006000000000	1.006	0.000812224	2	0.001624448	
32	1.452	0.115	5.65	0.005000000000	1.006	0.000568162	3	0.001704485	
33	1.479	0.097	5.82	0.005000000000	1.006	0.000479232	3	0.001437696	
34	1.636	0.081	5.99	0.004000000000	1.006	0.000320147	2	0.000640293	
35	1.783	0.069	6.15	0.004000000000	1.006	0.000272718	3	0.000818153	
36	1.922	0.058	6.32	0.004000000000	1.006	0.000229241	3	0.000687723	
37	2.053	0.049	6.49	0.003000000000	1.006	0.000145252	2	0.000290503	
38	2.179	0.042	6.66	0.003000000000	1.006	0.000124501	3	0.000373504	
39	2.299	0.036	6.83	0.003000000000	1.006	0.000106716	3	0.000320147	
40	2.414	0.008	7.00	0.002000000000	1.006	1.58097E-05	1	1.58097E-05	
mean added wave resistance =		0.138964513						2.1798355	

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 3 k = 2π/L _w L _w = 21.6408 m									
no	freq(rad/s)	R _{AW} (KN)	w _e	S _z (w _e)	wave height (m)	S _z (w _e) ^{R_{AW}} /wave height	simpson multiplier		
1	0.32	0	0.40	0.000000000000	1.433	0	1	0	
2	0.371	0	0.57	0.000000000000	1.433	0	3	0	
3	0.421	0	0.74	0.000000000000	1.433	0	3	0	
4	0.468	0.001	0.91	0.000000000000	1.433	0	2	0	
5	0.513	0.14	1.08	0.001000000000	1.433	6.81766E-05	3	0.00020453	
6	0.561	1.529	1.25	0.006000000000	1.433	0.004467518	3	0.013402555	
7	0.607	3.524	1.42	0.020000000000	1.433	0.034322073	2	0.068644147	
8	0.652	4.423	1.59	0.038000000000	1.433	0.081848016	3	0.245544047	
9	0.695	5.763	1.75	0.051000000000	1.433	0.143128597	3	0.429385792	
10	0.736	6.674	1.92	0.058000000000	1.433	0.18850454	2	0.377009081	
11	0.777	6.171	2.09	0.059000000000	1.433	0.17730263	3	0.531907889	
12	0.816	5.198	2.26	0.056000000000	1.433	0.14175289	3	0.42525867	
13	0.854	4.111	2.43	0.052000000000	1.433	0.104101848	2	0.208203696	
14	0.892	3.229	2.60	0.046000000000	1.433	0.072332503	3	0.21699751	
15	0.928	2.677	2.77	0.041000000000	1.433	0.053449032	3	0.160347097	
16	0.964	2.264	2.94	0.036000000000	1.433	0.039690497	2	0.079380995	
17	0.998	1.857	3.11	0.031000000000	1.433	0.028033751	3	0.084101254	
18	1.033	1.506	3.28	0.027000000000	1.433	0.019801421	3	0.059404263	
19	1.066	1.218	3.45	0.024000000000	1.433	0.014235284	2	0.028470569	
20	1.099	0.988	3.62	0.021000000000	1.433	0.010103779	3	0.030311338	
21	1.131	0.814	3.79	0.018000000000	1.433	0.007135173	3	0.02140552	
22	1.162	0.671	3.95	0.016000000000	1.433	0.005228175	2	0.01045635	
23	1.193	0.553	4.12	0.014000000000	1.433	0.003770169	3	0.011310506	
24	1.224	0.46	4.29	0.012000000000	1.433	0.002688108	3	0.008064324	
25	1.254	0.382	4.46	0.011000000000	1.433	0.002046273	2	0.004092547	
26	1.284	0.318	4.63	0.010000000000	1.433	0.001548584	3	0.004645752	
27	1.313	0.265	4.80	0.009000000000	1.433	0.001161438	3	0.003484314	
28	1.341	0.22	4.97	0.008000000000	1.433	0.000857078	2	0.001714156	
29	1.37	0.183	5.14	0.007000000000	1.433	0.000623816	3	0.001871449	
30	1.398	0.153	5.31	0.006000000000	1.433	0.000447044	3	0.001341132	
31	1.425	0.128	5.48	0.006000000000	1.433	0.000373998	2	0.000747995	
32	1.452	0.106	5.65	0.005000000000	1.433	0.000258097	3	0.000774292	
33	1.479	0.089	5.82	0.005000000000	1.433	0.000216704	3	0.000650113	
34	1.507	0.075	5.99	0.004000000000	1.433	0.000146093	2	0.000292186	
35	1.783	0.062	6.15	0.004000000000	1.433	0.00012077	3	0.00036231	
36	1.922	0.052	6.32	0.004000000000	1.433	0.000101291	3	0.000303873	
37	2.053	0.045	6.49	0.003000000000	1.433	6.57418E-05	2	0.000131484	
38	2.179	0.038	6.66	0.003000000000	1.433	5.55153E-05	3	0.000166546	
39	2.299	0.014	6.83	0.003000000000	1.433	2.0453E-05	3	6.1359E-05	
40	2.414	0.014	7.00	0.002000000000	1.433	1.36353E-05	1	1.36353E-05	
							jumlah		
mean added wave resistance = 0.193192034									

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 4

no	freq(rad/s)	$R_{AW}(KN)$	w_e	$S_z(ue)$	wave height (m)	$S_z(ue)^{R_{AW}} / wave\ height$	simpson multiplier
1	0.32	0	0.40	0,0000000000000000	2,012	0	1
2	0.371	0	0.57	0,0000000000000000	2,012	0	3
3	0.421	0.003	0.74	0,0000000000000000	2,012	0	3
4	0.468	0.993	0.91	0,0040000000000000	2,012	0,00098119	2
5	0.513	10.08	1.08	0,0380000000000000	2,012	0,09462114	3
6	0.561	24.956	1.25	0,0970000000000000	2,012	0,597985645	3
7	0.607	28.533	1.42	0,1390000000000000	2,012	0,979729723	2
8	0.652	20.84	1.59	0,1540000000000000	2,012	0,792797885	3
9	0.695	16.557	1.75	0,1470000000000000	2,012	0,601233306	3
10	0.736	14.534	1.92	0,1310000000000000	2,012	0,470327637	2
11	0.777	11.757	2.09	0,1130000000000000	2,012	0,328185213	3
12	0.816	9.42	2.26	0,0950000000000000	2,012	0,22106427	3
13	0.854	7.998	2.43	0,0790000000000000	2,012	0,156081898	2
14	0.892	5.89	2.60	0,0660000000000000	2,012	0,096029193	3
15	0.928	4.375	2.77	0,0550000000000000	2,012	0,05944082	3
16	0.964	3.47	2.94	0,0460000000000000	2,012	0,039430416	2
17	0.998	2.832	3.11	0,0390000000000000	2,012	0,027283614	3
18	1.033	2.256	3.28	0,0330000000000000	2,012	0,01839065	3
19	1.066	1.786	3.45	0,0280000000000000	2,012	0,012353315	2
20	1.099	1.416	3.62	0,0240000000000000	2,012	0,008394958	3
21	1.131	1.129	3.79	0,0210000000000000	2,012	0,005856758	3
22	1.162	0.917	3.95	0,0180000000000000	2,012	0,004077424	2
23	1.193	0.746	4.12	0,0160000000000000	2,012	0,002948512	3
24	1.224	0.608	4.29	0,0140000000000000	2,012	0,002102692	3
25	1.254	0.501	4.46	0,0120000000000000	2,012	0,001485125	2
26	1.284	0.414	4.63	0,0110000000000000	2,012	0,00112496	3
27	1.313	0.342	4.80	0,0090000000000000	2,012	0,000760348	3
28	1.341	0.283	4.97	0,0080000000000000	2,012	0,000559269	2
29	1.37	0.234	5.14	0,0070000000000000	2,012	0,00040463	3
30	1.398	0.193	5.31	0,0070000000000000	2,012	0,000333733	3
31	1.425	0.161	5.48	0,0060000000000000	2,012	0,000238628	2
32	1.452	0.134	5.65	0,0050000000000000	2,012	0,000165508	3
33	1.479	0.111	5.82	0,0050000000000000	2,012	0,0001371	3
34	1.636	0.092	5.99	0,0040000000000000	2,012	9,09059E-05	2
35	1.783	0.077	6.15	0,0040000000000000	2,012	7,60842E-05	3
36	1.922	0.065	6.32	0,0040000000000000	2,012	6,4227E-05	3
37	2.053	0.054	6.49	0,0030000000000000	2,012	4,00183E-05	2
38	2.179	0.046	6.66	0,0030000000000000	2,012	3,40897E-05	3
39	2.299	0.039	6.83	0,0030000000000000	2,012	2,89021E-05	3
40	2.414	0.009	7.00	0,0030000000000000	2,012	6,66972E-06	1

jumlah

mean added wave resistance = 0,759210893

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 5									
k = 2π/L _w = 0.2901926									
L _w = 71 ft									
= 21.6408 m									
no	freq(rad/s)	R _{AW} (KN)	w _e	S _Z (w _e)	wave height (m)	S _Z (w _e) ^{R_{AW}}	/wave height	simpson multiplier	
1	0.32	0	0.40	0.000000000000	3.2	0	0	1	0
2	0.371	0.029	0.57	0.000000000000	3.2	0	0	3	0
3	0.421	12.346	0.74	0.059000000000	3.2	0.07113418	0.213402539	3	0.213402539
4	0.468	79.194	0.91	0.330000000000	3.2	2.552150391	5.104300781	2	5.104300781
5	0.513	140.72	1.08	0.530000000000	3.2	7.283359375	21.85007813	3	21.85007813
6	0.561	140.239	1.25	0.542000000000	3.2	7.422806445	22.26841934	3	22.26841934
7	0.607	94.961	1.42	0.464000000000	3.2	4.302920313	8.605840625	2	8.605840625
8	0.652	50.149	1.59	0.369000000000	3.2	1.807127051	5.421381152	3	5.421381152
9	0.695	32.218	1.75	0.286000000000	3.2	0.899838672	2.699516016	3	2.699516016
10	0.736	26.135	1.92	0.221000000000	3.2	0.564046387	1.128092773	2	1.128092773
11	0.777	19.357	2.09	0.171000000000	3.2	0.323246777	0.969740332	3	0.969740332
12	0.816	14.659	2.26	0.134000000000	3.2	0.191826758	0.575480273	3	0.575480273
13	0.854	10.63	2.43	0.106000000000	3.2	0.110037109	0.220074219	2	0.220074219
14	0.892	7.494	2.60	0.084000000000	3.2	0.061474219	0.1844422656	3	0.1844422656
15	0.928	5.38	2.77	0.068000000000	3.2	0.035726563	0.107179688	3	0.107179688
16	0.964	4.155	2.94	0.056000000000	3.2	0.022722656	0.045445313	2	0.045445313
17	0.998	3.315	3.11	0.046000000000	3.2	0.014891602	0.044674805	3	0.044674805
18	1.033	2.595	3.28	0.038000000000	3.2	0.009629883	0.028889648	3	0.028889648
19	1.066	2.024	3.45	0.032000000000	3.2	0.006325	0.01265	2	0.01265
20	1.099	1.586	3.62	0.027000000000	3.2	0.004181836	0.012545508	3	0.012545508
21	1.131	1.252	3.79	0.023000000000	3.2	0.002812109	0.008436328	3	0.008436328
22	1.162	1.008	3.95	0.020000000000	3.2	0.00196875	0.0039375	2	0.0039375
23	1.193	0.814	4.12	0.017000000000	3.2	0.001351367	0.004054102	3	0.004054102
24	1.224	0.66	4.29	0.015000000000	3.2	0.000966797	0.002900391	3	0.002900391
25	1.254	0.54	4.46	0.013000000000	3.2	0.000685547	0.001371094	2	0.001371094
26	1.284	0.444	4.63	0.011000000000	3.2	0.000476953	0.001430859	3	0.001430859
27	1.313	0.364	4.80	0.010000000000	3.2	0.000355469	0.001066406	3	0.001066406
28	1.341	0.301	4.97	0.009000000000	3.2	0.000264551	0.000529102	2	0.000529102
29	1.37	0.248	5.14	0.008000000000	3.2	0.00019375	0.00058125	3	0.00058125
30	1.398	0.204	5.31	0.007000000000	3.2	0.000139453	0.000418359	3	0.000418359
31	1.425	0.169	5.48	0.006000000000	3.2	9.90234E-05	0.000198047	2	0.000198047
32	1.452	0.141	5.65	0.006000000000	3.2	8.26172E-05	0.000247852	3	0.000247852
33	1.479	0.116	5.82	0.005000000000	3.2	5.66406E-05	0.000169922	3	0.000169922
34	1.636	0.097	5.99	0.005000000000	3.2	4.73633E-05	9.47266E-05	2	9.47266E-05
35	1.783	0.081	6.15	0.004000000000	3.2	3.16406E-05	9.49219E-05	3	9.49219E-05
36	1.922	0.067	6.32	0.004000000000	3.2	2.61719E-05	7.85156E-05	3	7.85156E-05
37	2.053	0.056	6.49	0.003000000000	3.2	1.64063E-05	3.28125E-05	2	3.28125E-05
38	2.179	0.048	6.66	0.003000000000	3.2	1.40625E-05	4.21875E-05	3	4.21875E-05
39	2.299	0.041	6.83	0.003000000000	3.2	1.20117E-05	3.60352E-05	3	3.60352E-05
40	2.414	0.024	7.00	0.003000000000	3.2	7.03125E-06	7.03125E-06	1	7.03125E-06
									jumlah
mean added wave resistance = 4.431763653									

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 2									
$k = 2\pi/L_w$									
$= 0.2901926$									
L_w									
$= 71 \text{ ft}$									
$= 21.6408 \text{ m}$									
no	freq(rad/s)	$R_{dir}(kN)$	w_e	$S_z(w_e)$	wave height (m)	$S_z(w_e)P_{AW}$	/wave height	simpson multiplier	
1	0.32	0	0.40	0.000000000000	1.006	0	0	1	0
2	0.371	0	0.57	0.000000000000	1.006	0	0	3	0
3	0.421	0	0.74	0.000000000000	1.006	0	0	3	0
4	0.468	0	0.91	0.000000000000	1.006	0	0	2	0
5	0.513	0.002	1.08	0.000000000000	1.006	0	0	3	0
6	0.561	0.127	1.25	0.000000000000	1.006	0	0	3	0
7	0.607	0.885	1.42	0.003000000000	1.006	0.002623424	0.002623424	2	0.005246849
8	0.652	2.067	1.59	0.009000000000	1.006	0.018381757	0.018381757	3	0.055145272
9	0.695	3.041	1.75	0.016000000000	1.006	0.048077341	0.048077341	3	0.144232023
10	0.736	3.941	1.92	0.023000000000	1.006	0.089564996	0.089564996	2	0.179129991
11	0.777	4.274	2.09	0.026000000000	1.006	0.109802418	0.109802418	3	0.329407254
12	0.816	4.134	2.26	0.027000000000	1.006	0.110290543	0.110290543	3	0.330871629
13	0.854	3.787	2.43	0.026000000000	1.006	0.097291005	0.097291005	2	0.194582011
14	0.892	3.263	2.60	0.025000000000	1.006	0.08060484	0.08060484	3	0.24181452
15	0.928	2.643	2.77	0.023000000000	1.006	0.06006045	0.06006045	3	0.180198135
16	0.964	2.196	2.94	0.020000000000	1.006	0.043397666	0.043397666	2	0.086795331
17	0.998	1.842	3.11	0.018000000000	1.006	0.03276168	0.03276168	3	0.098285041
18	1.033	1.476	3.28	0.016000000000	1.006	0.023335138	0.023335138	3	0.070005415
19	1.066	1.174	3.45	0.014000000000	1.006	0.016240529	0.016240529	2	0.032481058
20	1.099	0.925	3.62	0.012000000000	1.006	0.010967989	0.010967989	3	0.032903968
21	1.131	0.723	3.79	0.011000000000	1.006	0.007858416	0.007858416	3	0.023575248
22	1.162	0.567	3.95	0.010000000000	1.006	0.005602567	0.005602567	2	0.011205135
23	1.193	0.44	4.12	0.008000000000	1.006	0.003478137	0.003478137	3	0.010434411
24	1.224	0.338	4.29	0.007000000000	1.006	0.002337861	0.002337861	3	0.007013584
25	1.254	0.273	4.46	0.007000000000	1.006	0.001888273	0.001888273	2	0.003776545
26	1.284	0.219	4.63	0.006000000000	1.006	0.001298373	0.001298373	3	0.003895118
27	1.313	0.175	4.80	0.005000000000	1.006	0.000864594	0.000864594	3	0.002593781
28	1.341	0.144	4.97	0.005000000000	1.006	0.000711437	0.000711437	2	0.001422874
29	1.37	0.12	5.14	0.004000000000	1.006	0.000474291	0.000474291	3	0.001422874
30	1.398	0.1	5.31	0.004000000000	1.006	0.000395243	0.000395243	3	0.001185729
31	1.425	0.082	5.48	0.003000000000	1.006	0.000243074	0.000243074	2	0.000486149
32	1.452	0.068	5.65	0.003000000000	1.006	0.000201574	0.000201574	3	0.000604722
33	1.479	0.055	5.82	0.003000000000	1.006	0.000163038	0.000163038	3	0.000489113
34	1.636	0.045	5.99	0.003000000000	1.006	0.000133594	0.000133594	2	0.000266789
35	1.783	0.036	6.15	0.002000000000	1.006	7.11437E-05	7.11437E-05	3	0.000213431
36	1.922	0.029	6.32	0.002000000000	1.006	5.73102E-05	5.73102E-05	3	0.000171931
37	2.053	0.023	6.49	0.002000000000	1.006	4.54529E-05	4.54529E-05	2	9.09059E-05
38	2.179	0.02	6.66	0.002000000000	1.006	3.95243E-05	3.95243E-05	3	0.000118573
39	2.299	0.016	6.83	0.002000000000	1.006	3.16194E-05	3.16194E-05	3	9.48583E-05
40	2.414	0.005	7.00	0.001000000000	1.006	4.94054E-06	4.94054E-06	1	4.94054E-06
mean added wave resistance =		0.130698032							2.050165212

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 3									
k = $2\pi/L_w$									
L_w = 71 ft									
= 21.6408 m									
no	freq(rad/s)	$R_{inf}(kN)$	w_e	$S_z(we)$	wave height (m)	$S_z(we)R_{AW}$	/wave height	simpson multiplier	
1	0,32	0	0,40	0,000000000000	1,433	0	0	1	0
2	0,371	0	0,57	0,000000000000	1,433	0	0	3	0
3	0,421	0	0,74	0,000000000000	1,433	0	0	3	0
4	0,468	0,032	0,91	0,000000000000	1,433	0	0	2	0
5	0,513	1,367	1,08	0,005000000000	1,433	0,003328481	0,003328481	3	0,009985444
6	0,561	7,616	1,25	0,024000000000	1,433	0,089011434	0,089011434	3	0,267034301
7	0,607	14,399	1,42	0,049000000000	1,433	0,343586452	0,343586452	2	0,687172904
8	0,652	15,202	1,59	0,067000000000	1,433	0,496001683	0,496001683	3	1,488005049
9	0,695	13,395	1,75	0,073000000000	1,433	0,476182244	0,476182244	3	1,428546732
10	0,736	12,268	1,92	0,070000000000	1,433	0,418195569	0,418195569	2	0,836391137
11	0,777	10,424	2,09	0,063000000000	1,433	0,319803028	0,319803028	3	0,959409084
12	0,816	8,449	2,26	0,055000000000	1,433	0,226295344	0,226295344	3	0,678886033
13	0,854	6,786	2,43	0,047000000000	1,433	0,155317121	0,155317121	2	0,310634243
14	0,892	5,289	2,60	0,040000000000	1,433	0,103024657	0,103024657	3	0,309073971
15	0,928	3,965	2,77	0,034000000000	1,433	0,065649244	0,065649244	3	0,196947731
16	0,964	3,097	2,94	0,029000000000	1,433	0,043736782	0,043736782	2	0,087473563
17	0,998	2,474	3,11	0,024000000000	1,433	0,028914691	0,028914691	3	0,086744073
18	1,033	1,905	3,28	0,021000000000	1,433	0,019481478	0,019481478	3	0,058444433
19	1,066	1,466	3,45	0,017000000000	1,433	0,012136418	0,012136418	2	0,024272835
20	1,099	1,124	3,62	0,015000000000	1,433	0,008210417	0,008210417	3	0,02463125
21	1,131	0,859	3,79	0,013000000000	1,433	0,005438062	0,005438062	3	0,016314185
22	1,162	0,661	3,95	0,011000000000	1,433	0,003540803	0,003540803	2	0,007081606
23	1,193	0,505	4,12	0,010000000000	1,433	0,002459229	0,002459229	3	0,007377687
24	1,224	0,382	4,29	0,008000000000	1,433	0,001488199	0,001488199	3	0,004464597
25	1,254	0,305	4,46	0,007000000000	1,433	0,001039694	0,001039694	2	0,002079388
26	1,284	0,242	4,63	0,007000000000	1,433	0,000824937	0,000824937	3	0,002474812
27	1,313	0,192	4,80	0,006000000000	1,433	0,000560996	0,000560996	3	0,001682989
28	1,341	0,157	4,97	0,005000000000	1,433	0,000382276	0,000382276	2	0,000764552
29	1,37	0,13	5,14	0,005000000000	1,433	0,000316534	0,000316534	3	0,000949603
30	1,398	0,107	5,31	0,004000000000	1,433	0,000208426	0,000208426	3	0,000625277
31	1,425	0,088	5,48	0,004000000000	1,433	0,000171416	0,000171416	2	0,000342831
32	1,452	0,072	5,65	0,003000000000	1,433	0,000105187	0,000105187	3	0,00031556
33	1,479	0,058	5,82	0,003000000000	1,433	8,47338E-05	8,47338E-05	3	0,000254202
34	1,636	0,047	5,99	0,003000000000	1,433	6,86636E-05	6,86636E-05	2	0,000137327
35	1,783	0,038	6,15	0,002000000000	1,433	3,70102E-05	3,70102E-05	3	0,000111031
36	1,922	0,03	6,32	0,002000000000	1,433	2,92186E-05	2,92186E-05	3	8,76557E-05
37	2,053	0,024	6,49	0,002000000000	1,433	2,33749E-05	2,33749E-05	2	4,67497E-05
38	2,179	0,02	6,66	0,002000000000	1,433	1,9479E-05	1,9479E-05	3	5,84371E-05
39	2,299	0,017	6,83	0,002000000000	1,433	1,65572E-05	1,65572E-05	3	4,96716E-05
40	2,414	0,006	7,00	0,002000000000	1,433	5,84371E-06	5,84371E-06	1	5,84371E-06
					jumlah				
mean added wave resistance =					0,478053395				

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 2									
	k = $2\pi/L_w$								
	= 0.2901926								
	L_w								
	= 71 ft								
	= 21.6408 m								
no	freq(rad/s)	$R_{AW}(KN)$	w_e	$S_z(ue)$	wave height (m)	$S_z(ue)P_{AW}$ /wave height	simpson multiplier		
1	0.32	0	0.40	0.000000000000	1.006	0	1	0	
2	0.371	0	0.57	0.000000000000	1.006	0	3	0	
3	0.421	0.001	0.74	0.000000000000	1.006	0	3	0	
4	0.468	1.328	0.91	0.004000000000	1.006	0.005248825	2	0.01049765	
5	0.513	13.485	1.08	0.033000000000	1.006	0.439712619	3	1.319137857	
6	0.561	27.93	1.25	0.063000000000	1.006	1.738663447	3	5.21599034	
7	0.607	29.584	1.42	0.066000000000	1.006	1.929322672	2	3.858645345	
8	0.652	22.41	1.59	0.054000000000	1.006	1.195747977	3	3.587243932	
9	0.695	13.591	1.75	0.041000000000	1.006	0.550603931	3	1.651811793	
10	0.736	8.615	1.92	0.029000000000	1.006	0.246863748	2	0.493727496	
11	0.777	5.487	2.09	0.021000000000	1.006	0.113856622	3	0.341569865	
12	0.816	3.495	2.26	0.015000000000	1.006	0.051801517	3	0.155404551	
13	0.854	2.204	2.43	0.011000000000	1.006	0.02395567	2	0.047911339	
14	0.892	1.346	2.60	0.008000000000	1.006	0.010639938	3	0.031919813	
15	0.928	0.805	2.77	0.006000000000	1.006	0.004772557	3	0.014317672	
16	0.964	0.517	2.94	0.005000000000	1.006	0.002554257	2	0.005108514	
17	0.998	0.337	3.11	0.003000000000	1.006	0.000998976	3	0.002996929	
18	1.033	0.234	3.28	0.003000000000	1.006	0.000693651	3	0.002080954	
19	1.066	0.154	3.45	0.002000000000	1.006	0.000304337	2	0.000608674	
20	1.099	0.099	3.62	0.002000000000	1.006	0.000195645	3	0.000586936	
21	1.131	0.064	3.79	0.001000000000	1.006	6.32389E-05	3	0.000189717	
22	1.162	0.047	3.95	0.001000000000	1.006	4.6441E-05	2	9.28821E-05	
23	1.193	0.034	4.12	0.001000000000	1.006	3.35956E-05	3	0.000100787	
24	1.224	0.026	4.29	0.001000000000	1.006	2.56908E-05	3	7.70724E-05	
25	1.254	0.039	4.46	0.001000000000	1.006	3.85362E-05	2	7.70724E-05	
26	1.284	0.047	4.63	0.000000000000	1.006	0	3	0	
27	1.313	0.052	4.80	0.000000000000	1.006	0	3	0	
28	1.341	0.037	4.97	0.000000000000	1.006	0	2	0	
29	1.37	0.023	5.14	0.000000000000	1.006	0	3	0	
30	1.398	0.012	5.31	0.000000000000	1.006	0	3	0	
31	1.425	0.007	5.48	0.000000000000	1.006	0	2	0	
32	1.452	0.004	5.65	0.000000000000	1.006	0	3	0	
33	1.479	0.002	5.82	0.000000000000	1.006	0	3	0	
34	1.636	0.001	5.99	0.000000000000	1.006	0	2	0	
35	1.783	0.001	6.15	0.000000000000	1.006	0	3	0	
36	1.922	0.001	6.32	0.000000000000	1.006	0	3	0	
37	2.053	0.001	6.49	0.000000000000	1.006	0	2	0	
38	2.179	0.004	6.66	0.000000000000	1.006	0	3	0	
39	2.299	0.006	6.83	0.000000000000	1.006	0	3	0	
40	2.414	0.002	7.00	0.000000000000	1.006	0	1	0	
	mean added wave resistance =			1.067181196				16.74009719	

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 3									
	$k = 2\pi/L_w$		$= 0.2901926$						
	L_w		$= 71 \text{ ft}$						
			$= 21.6408 \text{ m}$						
no	freq(rad/s)	$R_{AW}(KN)$	w_e	$S_z(w_e)$	wave height (m)	$S_z(w_e)/R_{AW}$	simpson multiplier		
1	0,32	0	0,40	0,0000000000000000	1,433	0	1	0	
2	0,371	0	0,57	0,0000000000000000	1,433	0	3	0	
3	0,421	0,895	0,74	0,0050000000000000	1,433	0,002179218	3		0,006537654
4	0,468	29,52	0,91	0,0850000000000000	1,433	1,221920351	2		2,443840702
5	0,513	64,384	1,08	0,1590000000000000	1,433	4,985201284	3		14,95560385
6	0,561	66,684	1,25	0,1490000000000000	1,433	4,838553311	3		14,51565993
7	0,607	49,831	1,42	0,1110000000000000	1,433	2,693581996	2		5,387163993
8	0,652	31,187	1,59	0,0760000000000000	1,433	1,154236521	3		3,462709564
9	0,695	16,918	1,75	0,0510000000000000	1,433	0,420171718	3		1,260515153
10	0,736	10,013	1,92	0,0340000000000000	1,433	0,165787107	2		0,331574213
11	0,777	6,102	2,09	0,0230000000000000	1,433	0,068345143	3		0,20503543
12	0,816	3,775	2,26	0,0160000000000000	1,433	0,029413355	3		0,088240064
13	0,854	2,334	2,43	0,0120000000000000	1,433	0,013639226	2		0,027278451
14	0,892	1,404	2,60	0,0080000000000000	1,433	0,005469715	3		0,016409146
15	0,928	0,831	2,77	0,0060000000000000	1,433	0,002428063	3		0,007284188
16	0,964	0,53	2,94	0,0050000000000000	1,433	0,001290487	2		0,002580973
17	0,998	0,343	3,11	0,0040000000000000	1,433	0,000668131	3		0,002004393
18	1,033	0,237	3,28	0,0030000000000000	1,433	0,00034624	3		0,00103872
19	1,066	0,156	3,45	0,0020000000000000	1,433	0,000151937	2		0,000303873
20	1,099	0,1	3,62	0,0020000000000000	1,433	9,73952E-05	3		0,000292186
21	1,131	0,064	3,79	0,0010000000000000	1,433	3,11665E-05	3		9,34994E-05
22	1,162	0,047	3,95	0,0010000000000000	1,433	2,28879E-05	2		4,57758E-05
23	1,193	0,034	4,12	0,0010000000000000	1,433	1,65572E-05	3		4,96716E-05
24	1,224	0,026	4,29	0,0010000000000000	1,433	1,26614E-05	3		3,79841E-05
25	1,254	0,039	4,46	0,0010000000000000	1,433	1,89921E-05	2		3,79841E-05
26	1,284	0,047	4,63	0,0000000000000000	1,433	0	3		0
27	1,313	0,052	4,80	0,0000000000000000	1,433	0	3		0
28	1,341	0,037	4,97	0,0000000000000000	1,433	0	2		0
29	1,37	0,023	5,14	0,0000000000000000	1,433	0	3		0
30	1,398	0,012	5,31	0,0000000000000000	1,433	0	3		0
31	1,425	0,007	5,48	0,0000000000000000	1,433	0	2		0
32	1,452	0,004	5,65	0,0000000000000000	1,433	0	3		0
33	1,479	0,002	5,82	0,0000000000000000	1,433	0	3		0
34	1,636	0,001	5,99	0,0000000000000000	1,433	0	2		0
35	1,783	0,001	6,15	0,0000000000000000	1,433	0	3		0
36	1,922	0,001	6,32	0,0000000000000000	1,433	0	3		0
37	2,053	0,001	6,49	0,0000000000000000	1,433	0	2		0
38	2,179	0,004	6,66	0,0000000000000000	1,433	0	3		0
39	2,299	0,006	6,83	0,0000000000000000	1,433	0	3		0
40	2,414	0,005	7,00	0,0000000000000000	1,433	0	1	jumlah	42,7143374
mean added wave resistance =		2,723039009							

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 4									
no	freq(rad/s)	$R_{AW}(KN)$	w_e	$S_z(ue)$	wave height (m)	$S_z(ue)R_{AW} / \text{wave height}$	simpson multiplier		
1	0.32	0	0.40	0,000000000000	2,012	0	1	0	
2	0.371	0.234	0.57	0,001000000000	2,012	5,78043E-05	3	0,000173413	
3	0.421	26,202	0.74	0,149000000000	2,012	0,96441678	3	2,893250339	
4	0.468	129,337	0.91	0,371000000000	2,012	11,85333995	2	23,7066799	
5	0.513	135,486	1.08	0,334000000000	2,012	11,17853614	3	33,53560842	
6	0.561	100,839	1.25	0,226000000000	2,012	5,629645092	3	16,88893528	
7	0.607	63,808	1.42	0,142000000000	2,012	2,238244489	2	4,476488979	
8	0.652	36,461	1.59	0,088000000000	2,012	0,792602239	3	2,377806718	
9	0.695	18,757	1.75	0,056000000000	2,012	0,259474959	3	0,778424878	
10	0.736	10,743	1.92	0,037000000000	2,012	0,098190924	2	0,196381848	
11	0.777	6,414	2.09	0,025000000000	2,012	0,039610745	3	0,118832235	
12	0.816	3,91	2.26	0,017000000000	2,012	0,01641987	3	0,049259611	
13	0.854	2,394	2.43	0,012000000000	2,012	0,007096585	2	0,014193171	
14	0.892	1,43	2.60	0,009000000000	2,012	0,003179235	3	0,009537704	
15	0.928	0.843	2.77	0,006000000000	2,012	0,001249461	3	0,003748384	
16	0.964	0.535	2.94	0,005000000000	2,012	0,000660797	2	0,001321593	
17	0.998	0.346	3.11	0,004000000000	2,012	0,000341885	3	0,001025655	
18	1.033	0.238	3.28	0,003000000000	2,012	0,000176377	3	0,000529131	
19	1.066	0.156	3.45	0,002000000000	2,012	7,70724E-05	2	0,000154145	
20	1.099	0.1	3.62	0,002000000000	2,012	4,94054E-05	3	0,000148216	
21	1.131	0.064	3.79	0,001000000000	2,012	1,58097E-05	3	4,74291E-05	
22	1.162	0.047	3.95	0,001000000000	2,012	1,16103E-05	2	2,32205E-05	
23	1.193	0.034	4.12	0,001000000000	2,012	8,39891E-06	3	2,51967E-05	
24	1.224	0.026	4.29	0,001000000000	2,012	6,4227E-06	3	1,92681E-05	
25	1.254	0.039	4.46	0,001000000000	2,012	9,63404E-06	2	1,92681E-05	
26	1.284	0.047	4.63	0,000000000000	2,012	0	3	0	
27	1.313	0.062	4.80	0,000000000000	2,012	0	3	0	
28	1.341	0.037	4.97	0,000000000000	2,012	0	2	0	
29	1.37	0.023	5.14	0,000000000000	2,012	0	3	0	
30	1.398	0.012	5.31	0,000000000000	2,012	0	3	0	
31	1.425	0.007	5.48	0,000000000000	2,012	0	2	0	
32	1.452	0.004	5.65	0,000000000000	2,012	0	3	0	
33	1.479	0.002	5.82	0,000000000000	2,012	0	3	0	
34	1.636	0.001	5.99	0,000000000000	2,012	0	2	0	
35	1.783	0.001	6.15	0,000000000000	2,012	0	3	0	
36	1.922	0.001	6.32	0,000000000000	2,012	0	3	0	
37	2.053	0.001	6.49	0,000000000000	2,012	0	2	0	
38	2.179	0.004	6.66	0,000000000000	2,012	0	3	0	
39	2.299	0.006	6.83	0,000000000000	2,012	0	3	0	
40	2.414	0.005	7.00	0,000000000000	2,012	0	1	0	
mean added wave resistance =							jumlah	85,052634	
		5,422105417							

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 5									
$k = 2\pi/L_w$ = 0.2901926									
L_w = 71 ft									
$= 21.6408\text{ m}$									
no	freq(rad/s)	$R_{AW}(kN)$	w_e	$S_z(w_e)$	wave height (m)	$S_z(w_e)R_{AW}$	/wave height	simpson multiplier	
1	0.32	0.002	0.40	0.000000000000	3.2	0	0	1	0
2	0.371	80.599	0.57	0.343000000000	3.2	26.9975166	2.69975166	3	8.0925498
3	0.421	210.335	0.74	1.199000000000	3.2	24.62809229	24.62809229	3	73.88427686
4	0.468	325.647	0.91	0.935000000000	3.2	29.73436963	29.73436963	2	59.46873926
5	0.513	218.006	1.08	0.538000000000	3.2	11.45383086	11.45383086	3	34.36149258
6	0.561	132.613	1.25	0.297000000000	3.2	3.84629502	3.84629502	3	11.53888506
7	0.607	75.814	1.42	0.168000000000	3.2	1.243823438	1.243823438	2	2.487646875
8	0.652	41	1.59	0.099000000000	3.2	0.396386719	0.396386719	3	1.189160156
9	0.695	20.408	1.75	0.061000000000	3.2	0.121571094	0.121571094	3	0.364713281
10	0.736	11.46	1.92	0.039000000000	3.2	0.043646484	0.043646484	2	0.087292969
11	0.777	6.75	2.09	0.026000000000	3.2	0.017138672	0.017138672	3	0.051416016
12	0.816	4.082	2.26	0.018000000000	3.2	0.007175391	0.007175391	3	0.021526172
13	0.854	2.484	2.43	0.012000000000	3.2	0.002910938	0.002910938	2	0.005821875
14	0.892	1.478	2.60	0.009000000000	3.2	0.001299023	0.001299023	3	0.00389707
15	0.928	0.868	2.77	0.006000000000	3.2	0.000508594	0.000508594	3	0.001525781
16	0.964	0.55	2.94	0.005000000000	3.2	0.000268555	0.000268555	2	0.000537109
17	0.998	0.355	3.11	0.004000000000	3.2	0.000138672	0.000138672	3	0.000416016
18	1.033	0.244	3.28	0.003000000000	3.2	7.14844E-05	7.14844E-05	3	0.000214453
19	1.066	0.16	3.45	0.002000000000	3.2	0.00003125	0.00003125	2	0.0000625
20	1.099	0.103	3.62	0.002000000000	3.2	2.01172E-05	2.01172E-05	3	6.03516E-05
21	1.131	0.066	3.79	0.001000000000	3.2	6.44531E-06	6.44531E-06	3	1.93359E-05
22	1.162	0.048	3.95	0.001000000000	3.2	4.6875E-06	4.6875E-06	2	0.000009375
23	1.193	0.035	4.12	0.001000000000	3.2	3.41797E-06	3.41797E-06	3	1.02539E-05
24	1.224	0.026	4.29	0.001000000000	3.2	2.53906E-06	2.53906E-06	3	7.61719E-06
25	1.254	0.04	4.46	0.001000000000	3.2	3.90625E-06	3.90625E-06	2	7.8125E-06
26	1.284	0.048	4.63	0.000000000000	3.2	0	0	3	0
27	1.313	0.053	4.80	0.000000000000	3.2	0	0	3	0
28	1.341	0.038	4.97	0.000000000000	3.2	0	0	2	0
29	1.37	0.023	5.14	0.000000000000	3.2	0	0	3	0
30	1.398	0.013	5.31	0.000000000000	3.2	0	0	3	0
31	1.425	0.007	5.48	0.000000000000	3.2	0	0	2	0
32	1.452	0.004	5.65	0.000000000000	3.2	0	0	3	0
33	1.479	0.002	5.82	0.000000000000	3.2	0	0	3	0
34	1.636	0.001	5.99	0.000000000000	3.2	0	0	2	0
35	1.783	0.001	6.15	0.000000000000	3.2	0	0	3	0
36	1.922	0.001	6.32	0.000000000000	3.2	0	0	3	0
37	2.053	0.001	6.49	0.000000000000	3.2	0	0	2	0
38	2.179	0.004	6.66	0.000000000000	3.2	0	0	3	0
39	2.299	0.006	6.83	0.000000000000	3.2	0	0	3	0
40	2.414	0.001	7.00	0.000000000000	3.2	0	0	1	0
								jumlah	191.5669938
mean added wave resistance = 12.21239585									

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 6									
no	freq(rad/s)	$R_{ad}(KN)$	w_e	$S_z(w_e)$	wave height (m)	$S_z(w_e)K_{AW}$ /wave height	simpson multiplier		
1	0.32	2,985	0.40	0.01900000000000	4,359	0,002984862	1		0,002984862
2	0.371	506,225	0.57	2,15400000000000	4,359	57,38726799	3		172,161804
3	0.421	398,253	0.74	2,27000000000000	4,359	47,57854702	3		142,735641
4	0.468	306,875	0.91	1,2260000000000000	4,359	19,80059504	2		39,60119007
5	0.513	247,949	1.08	0,6120000000000000	4,359	7,986197482	3		23,95859245
6	0.561	141,48	1.25	0,3170000000000000	4,359	2,360372659	3		7,081117976
7	0.607	78,329	1.42	0,1740000000000000	4,359	0,717295477	2		1,434590954
8	0.652	41,59	1.59	0,1010000000000000	4,359	0,221073433	3		0,6632203
9	0.695	20,503	1.75	0,0610000000000000	4,359	0,065822369	3		0,197467107
10	0.736	11,439	1.92	0,0390000000000000	4,359	0,023478964	2		0,046957928
11	0.777	6,711	2.09	0,0260000000000000	4,359	0,009183048	3		0,027549144
12	0.816	4,046	2.26	0,0170000000000000	4,359	0,003619937	3		0,010859812
13	0.854	2,458	2.43	0,0120000000000000	4,359	0,001552349	2		0,003104698
14	0.892	1,461	2.60	0,0090000000000000	4,359	0,000692021	3		0,002076062
15	0.928	0,857	2.77	0,0060000000000000	4,359	0,000270619	3		0,000811857
16	0.964	0,543	2.94	0,0050000000000000	4,359	0,000142888	2		0,000285776
17	0.998	0,349	3.11	0,0040000000000000	4,359	7,34703E-05	3		0,000220411
18	1.033	0,241	3.28	0,0030000000000000	4,359	3,80509E-05	3		0,000114153
19	1.066	0,158	3.45	0,0020000000000000	4,359	1,66308E-05	2		3,32616E-05
20	1.099	0,101	3.62	0,0020000000000000	4,359	1,06311E-05	3		3,18933E-05
21	1.131	0,065	3.79	0,0010000000000000	4,359	3,42089E-06	3		1,02627E-05
22	1.162	0,047	3.95	0,0010000000000000	4,359	2,47357E-06	2		4,94714E-06
23	1.193	0,034	4.12	0,0010000000000000	4,359	1,78939E-06	3		5,36817E-06
24	1.224	0,026	4.29	0,0010000000000000	4,359	1,36836E-06	3		4,10507E-06
25	1.254	0,039	4.46	0,0010000000000000	4,359	2,05254E-06	2		4,10507E-06
26	1.284	0,048	4.63	0,0000000000000000	4,359	0	3		0
27	1.313	0,052	4.80	0,0000000000000000	4,359	0	3		0
28	1.341	0,037	4.97	0,0000000000000000	4,359	0	2		0
29	1.37	0,023	5.14	0,0000000000000000	4,359	0	3		0
30	1.398	0,012	5.31	0,0000000000000000	4,359	0	3		0
31	1.425	0,007	5.48	0,0000000000000000	4,359	0	2		0
32	1.452	0,004	5.65	0,0000000000000000	4,359	0	3		0
33	1.479	0,002	5.82	0,0000000000000000	4,359	0	3		0
34	1.636	0,001	5.99	0,0000000000000000	4,359	0	2		0
35	1.783	0,001	6.15	0,0000000000000000	4,359	0	3		0
36	1.922	0,001	6.32	0,0000000000000000	4,359	0	3		0
37	2.053	0	6.49	0,0000000000000000	4,359	0	2		0
38	2.179	0	6.66	0,0000000000000000	4,359	0	3		0
39	2.299	0	6.83	0,0000000000000000	4,359	0	3		0
40	2.414	0	7.00	0,0000000000000000	4,359	0	1	jumlah	387,9286825
mean added wave resistance =									
		24,73045351							

LAMPIRAN E

ADDED WAVE RESISTANCE MENGGUNAKAN METODE

GERRITSMA & BEUKELMAN

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 2									
k = 2π/L _w = 0.2901926									
L _w = 71 ft									
= 21.6408 m									
no	freq(rad/s)	R _{add} (kN)	W _e	S _{z(ue)}	wave height (m)	S _{z(ue)} R _{add} /wave height	simpson multiplier		
1	0.32	0	0.40	0.000000000000	1.006	0	1	0	0
2	0.371	0	0.57	0.000000000000	1.006	0	3	0	0
3	0.421	0	0.74	0.000000000000	1.006	0	3	0	0
4	0.468	0	0.91	0.000000000000	1.006	0	2	0	0
5	0.513	0	1.08	0.001000000000	1.006	0	3	0	0
6	0.561	0.007	1.25	0.006000000000	1.006	4.15005E-05	3	0.000124501	
7	0.607	0.17	1.42	0.020000000000	1.006	0.003359564	2	0.006719129	
8	0.652	0.4265	1.59	0.038000000000	1.006	0.016014252	3	0.048042757	
9	0.695	1.0225	1.75	0.051000000000	1.006	0.051527317	3	0.154581952	
10	0.736	1.889	1.92	0.058000000000	1.006	0.108258995	2	0.216517989	
11	0.777	2.9525	2.09	0.059000000000	1.006	0.172125794	3	0.516377382	
12	0.816	3.83	2.26	0.056000000000	1.006	0.21192922	3	0.63578766	
13	0.854	4.245	2.43	0.052000000000	1.006	0.218114771	2	0.436229541	
14	0.892	4.219	2.60	0.046000000000	1.006	0.191765906	3	0.575297717	
15	0.928	3.935	2.77	0.041000000000	1.006	0.159416266	3	0.478248797	
16	0.964	3.5895	2.94	0.036000000000	1.006	0.127685181	2	0.255370362	
17	0.998	3.2545	3.11	0.031000000000	1.006	0.099689636	3	0.299068907	
18	1.033	2.853	3.28	0.027000000000	1.006	0.076114881	3	0.228344644	
19	1.066	2.428	3.45	0.024000000000	1.006	0.057578979	2	0.115157959	
20	1.099	2.044	3.62	0.021000000000	1.006	0.042413511	3	0.127240533	
21	1.131	1.704	3.79	0.018000000000	1.006	0.030307222	3	0.090921667	
22	1.162	1.4075	3.95	0.016000000000	1.006	0.02252173	2	0.044504346	
23	1.193	1.1525	4.12	0.014000000000	1.006	0.015943109	3	0.047829326	
24	1.224	0.9565	4.29	0.012000000000	1.006	0.011104348	3	0.033313044	
25	1.254	0.7775	4.46	0.011000000000	1.006	0.008450786	2	0.016901573	
26	1.284	0.642	4.63	0.010000000000	1.006	0.006343648	3	0.019030944	
27	1.313	0.527	4.80	0.009000000000	1.006	0.004686592	3	0.014059777	
28	1.341	0.426	4.97	0.008000000000	1.006	0.003367469	2	0.006734938	
29	1.37	0.3395	5.14	0.007000000000	1.006	0.002348237	3	0.00704471	
30	1.398	0.2665	5.31	0.006000000000	1.006	0.001579983	3	0.00473995	
31	1.425	0.2045	5.48	0.006000000000	1.006	0.001212407	2	0.002424815	
32	1.452	0.1515	5.65	0.005000000000	1.006	0.000748491	3	0.002245473	
33	1.479	0.1065	5.82	0.005000000000	1.006	0.000526167	3	0.001578501	
34	1.636	0.0725	5.99	0.004000000000	1.006	0.000286551	2	0.000573102	
35	1.783	0	6.15	0.004000000000	1.006	0	3	0	0
36	1.922	0	6.32	0.004000000000	1.006	0	3	0	0
37	2.053	0	6.49	0.003000000000	1.006	0	2	0	0
38	2.179	0	6.66	0.003000000000	1.006	0	3	0	0
39	2.299	0	6.83	0.003000000000	1.006	0	3	0	0
40	2.414	0	7.00	0.003000000000	1.006	0	1	0	4.385011996
mean added wave resistance =		0.279544515							

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 3									
k = 2π/L _w									
L _w = 71 ft									
= 21.6408 m									
no	freq(rad/s)	R _{AW} (KN)	w _e	S _Z (ue)	wave height (m)	S _Z (ue)R _{AW}	simpson multiplier		
1	0.32	0	0.40	0,000000000000	1.433	0	1	0	
2	0.371	0	0.57	0,000000000000	1.433	0	3	0	
3	0.421	0	0.74	0,000000000000	1.433	0	3	0	
4	0.468	0.001	0.91	0,000000000000	1.433	0	2	0	
5	0.513	0.143	1.08	0,001000000000	1.433	6,96376E-05	3	0,000208913	
6	0.561	1,2285	1.25	0,006000000000	1.433	0,003589501	3	0,010768502	
7	0.607	4,919	1.42	0,020000000000	1.433	0,047908706	2	0,095817411	
8	0.652	7,106	1.59	0,038000000000	1.433	0,131497174	3	0,394491522	
9	0.695	9,369	1.75	0,051000000000	1.433	0,232686418	3	0,698059254	
10	0.736	10,509	1.92	0,058000000000	1.433	0,296822627	2	0,593645254	
11	0.777	11,52	2.09	0,059000000000	1.433	0,330987894	3	0,992963683	
12	0.816	11,5265	2.26	0,056000000000	1.433	0,314335261	3	0,943005782	
13	0.854	10,5125	2.43	0,052000000000	1.433	0,266205468	2	0,532410936	
14	0.892	8,9955	2.60	0,046000000000	1.433	0,201507288	3	0,604521865	
15	0.928	7,4635	2.77	0,041000000000	1.433	0,149016381	3	0,447049144	
16	0.964	6,204	2.94	0,036000000000	1.433	0,108763183	2	0,217526366	
17	0.998	5,2185	3.11	0,031000000000	1.433	0,078779823	3	0,236339469	
18	1,033	4,303	3.28	0,027000000000	1.433	0,056577367	3	0,1697321	
19	1,066	3,482	3.45	0,024000000000	1.433	0,040695616	2	0,081391232	
20	1,099	2,81	3.62	0,021000000000	1.433	0,028736458	3	0,086209373	
21	1,131	2,261	3.79	0,018000000000	1.433	0,019818952	3	0,059456856	
22	1,162	1,8115	3.95	0,016000000000	1.433	0,014114514	2	0,028229029	
23	1,193	1,446	4.12	0,014000000000	1.433	0,009858344	3	0,029575031	
24	1,224	1,1495	4.29	0,012000000000	1.433	0,006717348	3	0,020152044	
25	1,254	0,936	4.46	0,011000000000	1.433	0,005013906	2	0,010027811	
26	1,284	0,76	4.63	0,010000000000	1.433	0,003701018	3	0,011103054	
27	1,313	0,615	4.80	0,009000000000	1.433	0,002695413	3	0,008086238	
28	1,341	0,4905	4.97	0,008000000000	1.433	0,001910894	2	0,003821788	
29	1,37	0,3865	5.14	0,007000000000	1.433	0,001317514	3	0,0039952541	
30	1,398	0,3005	5.31	0,006000000000	1.433	0,000878018	3	0,002634054	
31	1,425	0,228	5.48	0,005000000000	1.433	0,000666183	2	0,001332367	
32	1,452	0,1675	5.65	0,005000000000	1.433	0,000407842	3	0,001223527	
33	1,479	0,117	5.82	0,005000000000	1.433	0,000284881	3	0,000854643	
34	1,636	0,0795	5.99	0,004000000000	1.433	0,000154858	2	0,000309717	
35	1,783	0	6.15	0,004000000000	1.433	0	3	0	
36	1,922	0	6.32	0,004000000000	1.433	0	3	0	
37	2,053	0	6.49	0,003000000000	1.433	0	2	0	
38	2,179	0	6.66	0,003000000000	1.433	0	3	0	
39	2,299	0	6.83	0,003000000000	1.433	0	3	0	
40	2,414	0	7.00	0,003000000000	1.433	0	1	0	
								jumlah	6,284899505
mean added wave resistance = 0,400662343									

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 5									
		$k = 2\pi/L_w$	$= 0.2901926$						
		L_w	$= 71 \text{ ft}$						
			$= 21.6408 \text{ m}$						
no	freq(rad/s)	$R_{AW}(KN)$	w_e	$S_z(w_e)$	wave height (m)	$S_z(w_e)R_{AW}$	/wave height	simpson multiplier	
1	0,32	0	0,40	0,000000000000	3,2	0	0	1	0
2	0,371	0,016	0,57	0,000000000000	3,2	0	0	3	0
3	0,421	8,457	0,74	0,058000000000	3,2	0,047900977	0,047900977	3	0,14370293
4	0,468	62,093	0,91	0,329000000000	3,2	1,994980176	1,994980176	2	3,989960352
5	0,513	143,823	1,08	0,530000000000	3,2	7,443963867	7,443963867	3	22,3318916
6	0,561	226,112	1,25	0,542000000000	3,2	11,9680375	11,9680375	3	35,9041125
7	0,607	227,168	1,42	0,464000000000	3,2	10,29355	10,29355	2	20,5871
8	0,652	159,044	1,59	0,370000000000	3,2	5,746707031	5,746707031	3	17,24012109
9	0,695	104,934	1,75	0,287000000000	3,2	2,941021289	2,941021289	3	8,823063867
10	0,736	80,168	1,92	0,221000000000	3,2	1,730188281	1,730188281	2	3,460376563
11	0,777	66,902	2,09	0,171000000000	3,2	1,117211133	1,117211133	3	3,351633398
12	0,816	54,822	2,26	0,134000000000	3,2	0,717397266	0,717397266	3	2,152191797
13	0,854	43,037	2,43	0,106000000000	3,2	0,445500195	0,445500195	2	0,891000391
14	0,892	32,824	2,60	0,084000000000	3,2	0,269259375	0,269259375	3	0,807778125
15	0,928	24,891	2,77	0,068000000000	3,2	0,165291797	0,165291797	3	0,495875391
16	0,964	19,27	2,94	0,056000000000	3,2	0,105382813	0,105382813	2	0,210765625
17	0,998	15,295	3,11	0,046000000000	3,2	0,068708008	0,068708008	3	0,206124023
18	1,033	12,033	3,28	0,038000000000	3,2	0,044653711	0,044653711	3	0,133961133
19	1,066	9,363	3,45	0,032000000000	3,2	0,029259375	0,029259375	2	0,05851875
20	1,099	7,32	3,62	0,027000000000	3,2	0,019300781	0,019300781	3	0,057902344
21	1,131	5,729	3,79	0,023000000000	3,2	0,012867871	0,012867871	3	0,038603613
22	1,162	4,489	3,95	0,020000000000	3,2	0,008767578	0,008767578	2	0,017535156
23	1,193	3,51	4,12	0,017000000000	3,2	0,005827148	0,005827148	3	0,017481445
24	1,224	2,749	4,29	0,015000000000	3,2	0,004026855	0,004026855	3	0,012080566
25	1,254	2,201	4,46	0,013000000000	3,2	0,002794238	0,002794238	2	0,005588477
26	1,284	1,765	4,63	0,011000000000	3,2	0,001895996	0,001895996	3	0,005687988
27	1,313	1,41	4,80	0,010000000000	3,2	0,001376953	0,001376953	3	0,004130859
28	1,341	1,115	4,97	0,009000000000	3,2	0,00097998	0,00097998	2	0,001959961
29	1,37	0,871	5,14	0,008000000000	3,2	0,000680469	0,000680469	3	0,002041406
30	1,398	0,671	5,31	0,007000000000	3,2	0,000458691	0,000458691	3	0,001376074
31	1,425	0,506	5,48	0,006000000000	3,2	0,000296484	0,000296484	2	0,000592969
32	1,452	0,37	5,65	0,006000000000	3,2	0,000216797	0,000216797	3	0,000650391
33	1,479	0,257	5,82	0,005000000000	3,2	0,000125488	0,000125488	3	0,000376465
34	1,636	0,173	5,99	0,005000000000	3,2	8,44727E-05	8,44727E-05	2	0,000168945
35	1,783	0,115	6,15	0,004000000000	3,2	4,49219E-05	4,49219E-05	3	0,000134766
36	1,922	0,068	6,32	0,004000000000	3,2	2,65625E-05	2,65625E-05	3	7,96875E-05
37	2,053	0,033	6,49	0,003000000000	3,2	9,66797E-06	9,66797E-06	2	1,93359E-05
38	2,179	0,02	6,66	0,003000000000	3,2	5,85938E-06	5,85938E-06	3	1,75781E-05
39	2,299	0,009	6,83	0,003000000000	3,2	2,63672E-06	2,63672E-06	3	7,91016E-06
40	2,414	0,001	7,00	0,003000000000	3,2	2,92969E-07	2,92969E-07	1	2,92969E-07
jumlah									120,9546138
mean added wave resistance =									
7,710856628									

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 2									
$k = 2\pi/L_w$									
$L_w = 71 \text{ ft}$									
$= 21.6408 \text{ m}$									
no	freq(rad/s)	$R_{\text{lin}}(\text{KN})$	w_e	$S_z(ue)$	wave height (m)	$S_z(ue)R_{\text{lin}} / \text{wave height}$	simpson multiplier		
1	0.32	0	0.40	0.000000000000	1.006	0	1	0	0
2	0.371	0	0.57	0.000000000000	1.006	0	3	0	0
3	0.421	0	0.74	0.000000000000	1.006	0	3	0	0
4	0.468	0	0.91	0.000000000000	1.006	0	2	0	0
5	0.513	0.003	1.08	0.000000000000	1.006	0	3	0	0
6	0.561	0.252	1.25	0.000000000000	1.006	0	3	0	0
7	0.607	1.621	1.42	0.003000000000	1.006	0.004805165	2	0.00961033	
8	0.652	4.003	1.59	0.009000000000	1.006	0.035598536	3	0.106795608	
9	0.695	6.693	1.75	0.016000000000	1.006	0.105814418	3	0.317443253	
10	0.736	9.852	1.92	0.023000000000	1.006	0.223901126	2	0.447802252	
11	0.777	13.494	2.09	0.026000000000	1.006	0.346671462	3	1.040014387	
12	0.816	13.009	2.26	0.027000000000	1.006	0.347065717	3	1.041197151	
13	0.854	10.814	2.43	0.026000000000	1.006	0.277820157	2	0.555640313	
14	0.892	9.213	2.60	0.025000000000	1.006	0.227585778	3	0.682757333	
15	0.928	8.425	2.77	0.023000000000	1.006	0.191470462	3	0.574411385	
16	0.964	7.237	2.94	0.020000000000	1.006	0.143018628	2	0.286037256	
17	0.998	6.188	3.11	0.018000000000	1.006	0.110059326	3	0.330177978	
18	1.033	5.252	3.28	0.016000000000	1.006	0.083032619	3	0.249097858	
19	1.066	4.284	3.45	0.014000000000	1.006	0.059262714	2	0.118525428	
20	1.099	3.475	3.62	0.012000000000	1.006	0.041204068	3	0.123612204	
21	1.131	2.809	3.79	0.011000000000	1.006	0.030531523	3	0.091594568	
22	1.162	2.272	3.95	0.010000000000	1.006	0.022449794	2	0.044899589	
23	1.193	1.83	4.12	0.008000000000	1.006	0.014465889	3	0.043397666	
24	1.224	1.468	4.29	0.007000000000	1.006	0.010153789	3	0.030461367	
25	1.254	1.189	4.46	0.007000000000	1.006	0.008224016	2	0.016448031	
26	1.284	0.959	4.63	0.006000000000	1.006	0.005685568	3	0.017056705	
27	1.313	0.769	4.80	0.005000000000	1.006	0.003799272	3	0.011397816	
28	1.341	0.617	4.97	0.005000000000	1.006	0.003048311	2	0.006096621	
29	1.37	0.492	5.14	0.004000000000	1.006	0.001944595	3	0.005833785	
30	1.398	0.388	5.31	0.004000000000	1.006	0.001533542	3	0.004600627	
31	1.425	0.306	5.48	0.003000000000	1.006	0.000907082	2	0.001814165	
32	1.452	0.241	5.65	0.003000000000	1.006	0.000714401	3	0.002143204	
33	1.479	0.186	5.82	0.003000000000	1.006	0.000551364	3	0.001654091	
34	1.636	0.143	5.99	0.003000000000	1.006	0.000423898	2	0.000847796	
35	1.783	0.11	6.15	0.002000000000	1.006	0.000217384	3	0.000652151	
36	1.922	0.081	6.32	0.002000000000	1.006	0.000160073	3	0.00048022	
37	2.053	0.059	6.49	0.002000000000	1.006	0.000116597	2	0.000233193	
38	2.179	0.041	6.66	0.002000000000	1.006	8.10248E-05	3	0.000243074	
39	2.299	0.026	6.83	0.002000000000	1.006	5.13816E-05	3	0.000154145	
40	2.414	0.006	7.00	0.001000000000	1.006	5.92864E-06	1	5.92864E-06	
mean added wave resistance =		0.392900014							
									6.163137477

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 3 k = 2π/L _w L _w = 71 ft = 21.6408 m									
no	freq(rad/s)	R _{AW} (KN)	w _e	S _z (ue)	wave height (m)	S _z (ue) ¹⁰ _{AW}	/wave height	simpson multiplier	
1	0,32	0	0,40	0,000000000000	1,433	0	0	1	0
2	0,371	0	0,57	0,000000000000	1,433	0	0	3	0
3	0,421	0	0,74	0,000000000000	1,433	0	0	3	0
4	0,468	0,027	0,91	0,000000000000	1,433	0	0	2	0
5	0,513	1,462	1,08	0,005000000000	1,433	0,003559795	0,003559795	3	0,010679385
6	0,561	15,039	1,25	0,024000000000	1,433	0,175767194	0,175767194	3	0,527301583
7	0,607	42,651	1,42	0,049000000000	1,433	0,1017730799	0,1017730799	2	2,035461597
8	0,652	44,159	1,59	0,067000000000	1,433	0,1440793206	0,1440793206	3	4,322379618
9	0,695	34,48	1,75	0,073000000000	1,433	0,1225738244	0,1225738244	3	3,677214731
10	0,736	28,668	1,92	0,070000000000	1,433	0,977244095	0,977244095	2	1,954488191
11	0,777	24,915	2,09	0,063000000000	1,433	0,764379551	0,764379551	3	2,293138653
12	0,816	22,59	2,26	0,055000000000	1,433	0,605043416	0,605043416	3	1,815130249
13	0,854	19,379	2,43	0,047000000000	1,433	0,443544134	0,443544134	2	0,887088268
14	0,892	16,558	2,60	0,040000000000	1,433	0,32253399	0,32253399	3	0,967601969
15	0,928	14,137	2,77	0,034000000000	1,433	0,234068943	0,234068943	3	0,702206829
16	0,964	10,774	2,94	0,029000000000	1,433	0,152153725	0,152153725	2	0,304307449
17	0,998	8,311	3,11	0,024000000000	1,433	0,097134195	0,097134195	3	0,291402584
18	1,033	6,778	3,28	0,021000000000	1,433	0,0693152	0,0693152	3	0,207945599
19	1,066	5,351	3,45	0,018000000000	1,433	0,046904561	0,046904561	2	0,093809122
20	1,099	4,224	3,62	0,015000000000	1,433	0,030854804	0,030854804	3	0,092564411
21	1,131	3,338	3,79	0,013000000000	1,433	0,021131184	0,021131184	3	0,063395519
22	1,162	2,648	3,95	0,011000000000	1,433	0,014184639	0,014184639	2	0,028369278
23	1,193	2,099	4,12	0,010000000000	1,433	0,010221628	0,010221628	3	0,030664883
24	1,224	1,659	4,29	0,008000000000	1,433	0,006463146	0,006463146	3	0,019389439
25	1,254	1,329	4,46	0,007000000000	1,433	0,004530338	0,004530338	2	0,009060677
26	1,284	1,061	4,63	0,007000000000	1,433	0,003616771	0,003616771	3	0,010850314
27	1,313	0,842	4,80	0,006000000000	1,433	0,002460203	0,002460203	3	0,007380609
28	1,341	0,671	4,97	0,005000000000	1,433	0,001633805	0,001633805	2	0,003267609
29	1,37	0,531	5,14	0,005000000000	1,433	0,001292921	0,001292921	3	0,003878764
30	1,398	0,416	5,31	0,004000000000	1,433	0,000810328	0,000810328	3	0,002430985
31	1,425	0,327	5,48	0,004000000000	1,433	0,000636965	0,000636965	2	0,001273929
32	1,452	0,256	5,65	0,003000000000	1,433	0,000373998	0,000373998	3	0,001121993
33	1,479	0,197	5,82	0,003000000000	1,433	0,000287803	0,000287803	3	0,000863409

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 4									
no	freq(rad/s)	$R_{AW}(KN)$	w_e	$S_z(we)$	wave height (m)	$S_z(we)R_{AW}^2$	simpson multiplier		
1	0,32	0	0,40	0,0000000000000000	2,012	0	1	0	
2	0,371	0	0,57	0,0000000000000000	2,012	0	3	0	
3	0,421	0,074	0,74	0,0000000000000000	2,012	0	3	0	
4	0,468	4,732	0,91	0,0230000000000000	2,012	0,026885407	2	0,053770814	
5	0,513	30,808	1,08	0,0900000000000000	2,012	0,75342972	3	2,26028916	
6	0,561	105,662	1,25	0,1660000000000000	2,012	4,332823141	3	12,99846942	
7	0,607	161,042	1,42	0,1860000000000000	2,012	7,399393895	2	14,79878779	
8	0,652	114,192	1,59	0,1730000000000000	2,012	4,880067507	3	14,64020252	
9	0,695	59,693	1,75	0,1470000000000000	2,012	2,167628177	3	6,502884532	
10	0,736	50,629	1,92	0,1200000000000000	2,012	1,500806295	2	3,001612591	
11	0,777	40,284	2,09	0,0970000000000000	2,012	0,965269022	3	2,895807066	
12	0,816	32,34	2,26	0,0780000000000000	2,012	0,623130007	3	1,869390022	
13	0,854	25,557	2,43	0,0630000000000000	2,012	0,397735604	2	0,795471209	
14	0,892	20,819	2,60	0,0510000000000000	2,012	0,262285383	3	0,786856149	
15	0,928	17,129	2,77	0,0410000000000000	2,012	0,173484194	3	0,520452583	
16	0,964	12,678	2,94	0,0340000000000000	2,012	0,10648139	2	0,21296278	
17	0,998	9,553	3,11	0,0280000000000000	2,012	0,066075713	3	0,198227138	
18	1,033	7,644	3,28	0,0230000000000000	2,012	0,043430273	3	0,13029082	
19	1,066	5,942	3,45	0,0190000000000000	2,012	0,02788883	2	0,05577766	
20	1,099	4,63	3,62	0,0160000000000000	2,012	0,018295744	3	0,054899233	
21	1,131	3,619	3,79	0,0140000000000000	2,012	0,012515859	3	0,037547577	
22	1,162	2,846	3,95	0,0120000000000000	2,012	0,008436459	2	0,016872918	
23	1,193	2,239	4,12	0,0100000000000000	2,012	0,00553093	3	0,016592789	
24	1,224	1,758	4,29	0,0090000000000000	2,012	0,003908458	3	0,011725373	
25	1,254	1,4	4,46	0,0080000000000000	2,012	0,0027667	2	0,0055334	
26	1,284	1,112	4,63	0,0070000000000000	2,012	0,001922856	3	0,005768569	
27	1,313	0,879	4,80	0,0060000000000000	2,012	0,001302819	3	0,003908458	
28	1,341	0,697	4,97	0,0050000000000000	2,012	0,000860888	2	0,001721777	
29	1,37	0,55	5,14	0,0050000000000000	2,012	0,000679324	3	0,002037971	
30	1,398	0,43	5,31	0,0040000000000000	2,012	0,000424886	3	0,001274658	
31	1,425	0,337	5,48	0,0040000000000000	2,012	0,000332992	2	0,000665984	
32	1,452	0,263	5,65	0,0030000000000000	2,012	0,000194904	3	0,000584712	
33	1,479	0,202	5,82	0,0030000000000000	2,012	0,000149698	3	0,000449095	
34	1,636	0,154	5,99	0,0030000000000000	2,012	0,000114126	2	0,000228253	
35	1,783	0,117	6,15	0,0020000000000000	2,012	5,78043E-05	3	0,000173413	
36	1,922	0,087	6,32	0,0020000000000000	2,012	4,29827E-05	3	0,000128948	
37	2,053	0,062	6,49	0,0020000000000000	2,012	3,06313E-05	2	6,12626E-05	
38	2,179	0,043	6,66	0,0020000000000000	2,012	2,12443E-05	3	6,37329E-05	
39	2,299	0,028	6,83	0,0020000000000000	2,012	1,38335E-05	3	4,15005E-05	
40	2,414	0,012	7,00	0,0020000000000000	2,012	5,92864E-06	1	5,92864E-06	
mean added wave resistance =							jumlah	61,88153781	
		3,944948035							

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 2									
$k = 2\pi/L_w$									
$L_w = 0.2901926$									
$= 71 \text{ ft}$									
$= 21.6408 \text{ m}$									
no	freq(rad/s)	$R_{AW}(KN)$	w_e	$S_z(ue)$	wave height (m)	$S_z(ue)P_{AW}$	/wave height	simpson multiplier	
1	0.32	0	0.40	0.000000000000	1.006	0	0	1	0
2	0.371	0	0.57	0.000000000000	1.006	0	0	3	0
3	0.421	0.002	0.74	0.000000000000	1.006	0	0	3	0
4	0.468	2.378	0.91	0.004000000000	1.006	0.009398875	0.009398875	2	0.01879775
5	0.513	36.195	1.08	0.033000000000	1.006	1.180229755	1.180229755	3	3.540689264
6	0.561	79.915	1.25	0.063000000000	1.006	4.974768684	4.974768684	3	14.92430605
7	0.607	81.732	1.42	0.066000000000	1.006	5.330158216	5.330158216	2	10.66031643
8	0.652	54.578	1.59	0.054000000000	1.006	2.912161227	2.912161227	3	8.736483682
9	0.695	23.418	1.75	0.041000000000	1.006	0.948719216	0.948719216	3	2.846157647
10	0.736	14.72	1.92	0.029000000000	1.006	0.421803177	0.421803177	2	0.843606354
11	0.777	10.02	2.09	0.021000000000	1.006	0.207917505	0.207917505	3	0.623752515
12	0.816	6.441	2.26	0.015000000000	1.006	0.095465972	0.095465972	3	0.286397915
13	0.854	4.637	2.43	0.011000000000	1.006	0.050400381	0.050400381	2	0.100800762
14	0.892	2.859	2.60	0.008000000000	1.006	0.02259987	0.02259987	3	0.06779996
15	0.928	1.846	2.77	0.006000000000	1.006	0.010944275	0.010944275	3	0.032832824
16	0.964	1.241	2.94	0.005000000000	1.006	0.006131205	0.006131205	2	0.01226241
17	0.998	0.824	3.11	0.003000000000	1.006	0.002442601	0.002442601	3	0.007327803
18	1.033	0.58	3.28	0.003000000000	1.006	0.001719306	0.001719306	3	0.005157919
19	1.066	0.4	3.45	0.002000000000	1.006	0.000790486	0.000790486	2	0.001580971
20	1.099	0.273	3.62	0.002000000000	1.006	0.000539506	0.000539506	3	0.001618519
21	1.131	0.186	3.79	0.001000000000	1.006	0.000183788	0.000183788	3	0.00051364
22	1.162	0.127	3.95	0.001000000000	1.006	0.00012549	0.00012549	2	0.000250979
23	1.193	0.085	4.12	0.001000000000	1.006	8.39891E-05	8.39891E-05	3	0.000251967
24	1.224	0.055	4.29	0.001000000000	1.006	5.43459E-05	5.43459E-05	3	0.000163038
25	1.254	0.038	4.46	0.001000000000	1.006	3.75481E-05	3.75481E-05	2	7.50961E-05
26	1.284	0.026	4.63	0.000000000000	1.006	0	0	3	0
27	1.313	0.017	4.80	0.000000000000	1.006	0	0	3	0
28	1.341	0.01	4.97	0.000000000000	1.006	0	0	2	0
29	1.37	0.005	5.14	0.000000000000	1.006	0	0	3	0
30	1.398	0.001	5.31	0.000000000000	1.006	0	0	3	0
31	1.425	0	5.48	0.000000000000	1.006	0	0	2	0
32	1.452	0	5.65	0.000000000000	1.006	0	0	3	0
33	1.479	0	5.82	0.000000000000	1.006	0	0	3	0
34	1.636	0	5.99	0.000000000000	1.006	0	0	2	0
35	1.783	0	6.15	0.000000000000	1.006	0	0	3	0
36	1.922	0	6.32	0.000000000000	1.006	0	0	3	0
37	2.053	0	6.49	0.000000000000	1.006	0	0	2	0
38	2.179	0	6.66	0.000000000000	1.006	0	0	3	0
39	2.299	0	6.83	0.000000000000	1.006	0	0	3	0
40	2.414	0	7.00	0.000000000000	1.006	0	0	1	0
mean added wave resistance =		2.722837803							42,71118122

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 3										
k = 2π/L _w										
L _w = 71 ft										
= 21.6408 m										
	no	freq(rad/s)	R _{AW} (kN)	w _e	S _Z (w _e)	wave height (m)	S _Z (w _e)R _{AW} / wave height	simpson multiplier		
	1	0.32	0	0.40	0.000000000000	1.433	0	1	0	
	2	0.371	0	0.57	0.000000000000	1.433	0	3	0	
	3	0.421	2,141	0.74	0.005000000000	1.433	0.005213079	3	0.015639236	
	4	0.468	52,856	0.91	0.085000000000	1.433	2,187866602	2	4,375733203	
	5	0.513	172,816	1.08	0.159000000000	1.433	13,38100375	3	40,14301124	
	6	0.561	190,803	1.25	0.149000000000	1.433	13,84455773	3	41,53367318	
	7	0.607	137,669	1.42	0.111000000000	1.433	7,44160743	2	14,88321486	
	8	0.652	75,956	1.59	0.076000000000	1.433	2,811145324	3	8,434335972	
	9	0.695	29,151	1.75	0.051000000000	1.433	0,723987808	3	2,171963424	
	10	0.736	17,108	1.92	0.034000000000	1.433	0,283260344	2	0,566520687	
	11	0.777	11,142	2.09	0.023000000000	1.433	0,124795409	3	0,374386228	
	12	0.816	6,955	2.26	0.016000000000	1.433	0,054190697	3	0,162572091	
	13	0.854	4,91	2.43	0.012000000000	1.433	0,02869263	2	0,05738526	
	14	0.892	2,983	2.60	0.008000000000	1.433	0,011621197	3	0,034863591	
	15	0.928	1,906	2.77	0.006000000000	1.433	0,005569058	3	0,016707175	
	16	0.964	1,272	2.94	0.005000000000	1.433	0,003097168	2	0,006194336	
	17	0.998	0.84	3.11	0.004000000000	1.433	0,001163624	3	0,004908719	
	18	1.033	0.588	3.28	0.003000000000	1.433	0,000859026	3	0,002577077	
	19	1.066	0.404	3.45	0.002000000000	1.433	0,000393477	2	0,000786953	
	20	1.099	0.276	3.62	0.002000000000	1.433	0,000268811	3	0,000806432	
	21	1.131	0.187	3.79	0.001000000000	1.433	9,10645E-05	3	0,000273194	
	22	1.162	0.128	3.95	0.001000000000	1.433	6,23329E-05	2	0,000124666	
	23	1.193	0.085	4.12	0.001000000000	1.433	4,1393E-05	3	0,000124179	
	24	1.224	0.055	4.29	0.001000000000	1.433	2,67837E-05	3	8,03511E-05	
	25	1.254	0.038	4.46	0.001000000000	1.433	1,85051E-05	2	3,70102E-05	
	26	1.284	0.026	4.63	0.000000000000	1.433	0	3	0	
	27	1.313	0.017	4.80	0.000000000000	1.433	0	3	0	
	28	1.341	0.01	4.97	0.000000000000	1.433	0	2	0	
	29	1.37	0.005	5.14	0.000000000000	1.433	0	3	0	
	30	1.398	0	5.31	0.000000000000	1.433	0	3	0	
	31	1.425	0	5.48	0.000000000000	1.433	0	2	0	
	32	1.452	0	5.65	0.000000000000	1.433	0	3	0	
	33	1.479	0	5.82	0.000000000000	1.433	0	3	0	
	34	1.636	0	5.99	0.000000000000	1.433	0	2	0	
	35	1.783	0	6.15	0.000000000000	1.433	0	3	0	
	36	1.922	0	6.32	0.000000000000	1.433	0	3	0	
	37	2.053	0	6.49	0.000000000000	1.433	0	2	0	
	38	2.179	0	6.66	0.000000000000	1.433	0	3	0	
	39	2.299	0	6.83	0.000000000000	1.433	0	3	0	
	40	2.414	0	7.00	0.000000000000	1.433	0	1	0	
								jumlah	112,7850191	
	mean added wave resistance =									
									7,190044965	

ADDED WAVE RESISTANCE SEA STATE 4									
no	freq(rad/s)	$R_{w0}(kN)$	w_0	$S_z(ue)$	wave height (m)	$S_z(ue) \cdot K_{AW}$ /wave height	simpson multiplier		
1	0.32	0	0.40	0,0000000000000000	2,012	0	1	0	0
2	0.371	0.258	0.57	0,0010000000000000	2,012	6,37329E-05	3	0,000191199	
3	0.421	62,645	0.74	0,0149000000000000	2,012	2,305773955	3	6,917321864	
4	0.468	231,574	0.91	0,3710000000000000	2,012	21,2230479	2	42,44609579	
5	0.513	363,665	1,08	0,3340000000000000	2,012	30,00488866	3	90,01466598	
6	0.561	288,534	1,25	0,2260000000000000	2,012	16,1082916	3	48,32487481	
7	0.607	176,283	1,42	0,1420000000000000	2,012	6,183620444	2	12,36724089	
8	0.652	88,802	1,59	0,0880000000000000	2,012	1,93040959	3	5,791228771	
9	0.695	32,318	1,75	0,0560000000000000	2,012	0,447071053	3	1,341213158	
10	0.736	18,356	1,92	0,0370000000000000	2,012	0,167773676	2	0,335547352	
11	0.777	11,708	2,09	0,0250000000000000	2,012	0,07230474	3	0,21691422	
12	0.816	7,205	2,26	0,0170000000000000	2,012	0,030257076	3	0,090771228	
13	0.854	5,023	2,43	0,0120000000000000	2,012	0,014889787	2	0,029779573	
14	0.892	3,038	2,60	0,0090000000000000	2,012	0,006754206	3	0,020262619	
15	0.928	1,934	2,77	0,0060000000000000	2,012	0,002866499	3	0,008599496	
16	0.964	1,285	2,94	0,0050000000000000	2,012	0,001587147	2	0,003174294	
17	0.998	0,846	3,11	0,0040000000000000	2,012	0,000835939	3	0,002507816	
18	1.033	0,591	3,28	0,0030000000000000	2,012	0,000437978	3	0,001313935	
19	1.066	0,406	3,45	0,0020000000000000	2,012	0,000200586	2	0,000401171	
20	1.099	0,276	3,62	0,0020000000000000	2,012	0,000136359	3	0,000409076	
21	1.131	0,187	3,79	0,0010000000000000	2,012	4,6194E-05	3	0,000138582	
22	1.162	0,128	3,95	0,0010000000000000	2,012	3,16194E-05	2	6,32389E-05	
23	1.193	0,085	4,12	0,0010000000000000	2,012	2,09973E-05	3	6,29918E-05	
24	1.224	0,055	4,29	0,0010000000000000	2,012	1,35865E-05	3	4,07594E-05	
25	1.254	0,038	4,46	0,0010000000000000	2,012	9,38702E-06	2	1,8774E-05	
26	1.284	0,026	4,63	0,0000000000000000	2,012	0	3	0	0
27	1.313	0,017	4,80	0,0000000000000000	2,012	0	3	0	0
28	1.341	0,01	4,97	0,0000000000000000	2,012	0	2	0	0
29	1.37	0,005	5,14	0,0000000000000000	2,012	0	3	0	0
30	1.398	0,001	5,31	0,0000000000000000	2,012	0	3	0	0
31	1.425	0	5,48	0,0000000000000000	2,012	0	2	0	0
32	1.452	0	5,65	0,0000000000000000	2,012	0	3	0	0
33	1.479	0	5,82	0,0000000000000000	2,012	0	3	0	0
34	1.636	0	5,99	0,0000000000000000	2,012	0	2	0	0
35	1.783	0	6,15	0,0000000000000000	2,012	0	3	0	0
36	1.922	0	6,32	0,0000000000000000	2,012	0	3	0	0
37	2.053	0	6,49	0,0000000000000000	2,012	0	2	0	0
38	2.179	0	6,66	0,0000000000000000	2,012	0	3	0	0
39	2.299	0	6,83	0,0000000000000000	2,012	0	3	0	0
40	2.414	0	7,00	0,0000000000000000	2,012	0	1	0	0
							jumlah		
mean added wave resistance =							207,9128376		
		13,2544434							

