

19.4.20/H/04



TUGAS AKHIR (KL 1702)

PERENCANAAN ALUR PELAYARAN SELAT MADURA DENGAN MENGGUNAKAN METODE BOUWMEESTER



RSKe
627.23
Yud
P-1
2003

Disusun Oleh :

DERI WISMA YUDI
NRP : 4397.100.016

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2003

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	8 - 4 - 2003
Terima Dari	H
No. Agenda Fpp.	216872

**PERENCANAAN ALUR PELAYARAN
SELAT MADURA
DENGAN MENGGUNAKAN
METODE BOUWMEESTER**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Surabaya, Februari 2003

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Wisnu Wardhana

Nip. 68 001 934

Dosen Pembimbing II



Ir. Murdjito, MSc Eng

Nip. 132 149 376

Yā Allāh....

Ampunilah aku dan kedua orang tuaku

Sayangilah mereka...

Sebagaimana mereka menyayangiku di waktu kecil

Kagem Bapak kaliyan ibu ting ndalem

Matursembahnuwun nggih Pak, Bu!

Sampun ndadosaken kula kados mekaten!



Abstract

Channel waterways is an important aspect for a port. In fact, Tanjung Perak as second big port in Indonesia and located in Selat Madura channel waterways. Therefore, this channel is an important part of Tanjung Perak port. The goal of this study is, to determine minimum depth in Selat Madura channel waterways by using preserved momentum methods (Bouwmeester method) and to analyze the impact of ship motion to the depth of channel for one way traffic. To determine minimum depth of Selat Madura chennel waterways there are many important aspect which must to be considered. These important aspect are maximum speed limit of the ship in channel waterways, water level depression (squat), heaving and pitching of the ship, irregularity of sea water, elevation clearance, and channel clearance. In final assignment use APBS for the sample case which it was main waterways in Tanjung Perak and Gresik. In this final assignment ABPS divide into 5 part and analysed one by one. At the end of this analysis it can be concluded that minimum depth channel waterways in section 1 (tanjung Sawo) is 18,579 m and section 4 (Pelabuhan Gresik) 16,649 m. Threfore the cross section dimension of the section 1 and 4 is 20 m, so is safe for sailing ship with their weight above 30000 DWT. In section 2 (Kali Mertani) the minimum depth is 16,267 m and section 5 (Kali Kamong) the minimum depth is 16,267. Therefore the cross section dimension is 15 m is not safe for sailing ship by the biggest ship, the biggest ship can sailing in this channel only when there were a biggest tidal. In section 3 (Kali Mireng) minimum depth which needed for the biggest ship is 16,267 m. Therefore the cross section dimension is 10 m so its has to be dredged to get depth minimum.



Abstrak

Alur pelayaran merupakan salah satu aspek penting dalam pelabuhan. Melihat pelabuhan Tanjung Perak sebagai salah satu pelabuhan besar di Indonesia maka keadaan alur pelayaran di Selat Madura yaitu Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) juga merupakan bagian penting dari pelabuhan Tanjung Perak. Permasalahan dari tugas ini adalah bagaimana menentukan kedalaman minimum dengan pendekatan kekekalan momentum (Bouwmeester Method) serta bagaimana pengaruh gerakan kapal dengan penentuan kedalaman minimal alur untuk satu kapal. Dalam menentukan kedalaman alur ada beberapa aspek penting yang diperhitungkan yaitu kecepatan maksimal kapal di alur, besarnya squat(depresi permukaan air), besarnya gerakan heaving dan pitching kapal, irregularitas air laut, elevation clearance, dan channel clearance. Sebagai studi kasus dalam tugas akhir ini diambil APBS yang merupakan alur utama untuk Pelabuhan Tanjung Perak dan Gresik. Dalam tugas akhir ini, APBS dibagi dalam 5 bagian alur yang diamati secara terpisah. Sebagai acuan dalam analisa diambil ukuran kapal terbesar yang di masa mendatang potensial untuk angkutan peti kemas yakni kapal dengan ukuran 30.000 DWT dengan draft maksimum 12,5 m. Pada akhir analisa ini dapat ditarik kesimpulan bahwa kedalaman minimum alur untuk section 1(Tanjung Sawo) adalah 18,579 m dan section 4 (Pelabuhan Gresik) 16,649 m. Dengan kedalaman yang ada 20 m maka aman untuk dilewati kapal terbesar (>30000 DWT) yang melewati APBS ini. Pada section 2 (Kali Mertani) kedalaman minimumnya 16,267 m dan section 5 (Kali Kamong) kedalaman minimumnya 16,267m. Dengan kedalaman yang ada 15 m maka tidak aman untuk dilewati, kapal terbesar hanya dapat melewati section 2 dan 5 hanya pada saat pasang saja. Pada section 3 (Kali Mireng) kedalaman minumum yang dibutuhkan 16,267 m. Dengan kedalaman yang ada 10 m maka harus dilakukan penggerukan.



KATA PENGANTAR

Berkat rahmat Allah SWT Sang Penguasa Alam Semesta dan Seisinya yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang yang telah meridlo dan mendampingi penulis sehingga laporan Tugas Akhir berjudul "*Perencanaan Alur Pelayaran Selat Madura Dengan Menggunakan Metode Bouwmeester*" telah dapat diselesaikan, dimana Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Kelautan ITS Surabaya.

Dengan segala hormat dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya, kepada :

1. Bapak *kaliyan* Ibu, mbak Ika *kalih* dik Ria yang selalu mencintai dan memberi dukungan serta doa untuk keberhasilanku
2. Bapak Dr. Ir. Wisnu Wardhana selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan pengarahan dan bimbingan selama kuliah hingga terselesaiannya tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Murdjito, MSc Eng selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan pengarahan dan bimbingan hingga terselesaiannya tugas akhir ini..
4. Bapak Dr. Ir. Paulus Indiyono, MSc dan Bapak Dr. Ir. Wahyudi, MSc, selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan dan Sekretaris Jurusan Teknik Kelautan.
5. Bapak Bapak-bapak Dosen dan Segenap Staf Tata Usaha Jurusan Teknik Kelautan.
6. *My "RIRIE" the biggest gift God ever send to me. Thank you for loving me, "RIRIE"!*
7. Mamik Suhartono yang telah banyak membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Mantan komunitas U-7 *karo kontrakkan mburi* Gothel, Poepoel, Mas Yuli, Sonthol, Baidi, Mike, Basman, Jajak, Wiwin, Kaswanto, Truba, Gondrong, Faroq, Blakie, Heru, Topeng, Danang, Bum-Bum, Mas Nur workshop, Aries, Spec, *lan sak piturute "keep this brotherhood forever"*!



9. Komunitas baru Bhaskara A/14 Bang Yamani, Bang Faisal, Bayou, Ketut, Siyung, *Ayo rek' Gawe geger Bhaskara!*.
10. *Arek-arek Laut '97* : Awang, Didik, Pradin, Koko, Ivan, Ilham, Miil, Mbud, Silid, Hendro, Timbul, Kacong, Jenik Jefri, Teguh Sudjat, Henry, Bram, Bezet, Titin, Silvi, Christin, Nurin & Wiwin, Retno, Ratih, Dien, Ratih, Suga, saya ucapan terima kasih atas kebersamaannya.
11. Bigos-bigos Tenggilis AM-9 serta semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu di sini.

Penulis menyadari bahwa penelitian dalam Tugas Akhir ini masih ada kekurang sempurnaan, sehingga saran dan kritik yang bersifat membangun dari berbagai pihak sangat dibutuhkan. Akhir kata saya mengucapkan banyak terima kasih.

Surabaya, Februari 2003

Deri Wisma Yudi

**DAFTAR ISI**

Lembar Pengesahan	
Abstrak.....	i
Kata Pengantar.....	ii
Daftar Isi.....	iv
Daftar Gambar.....	vi
Daftar Tabel.....	viii
Daftar Notasi.....	ix
Daftar Lampiran	xi
BAB I. PENDAHULUAN	
I.1 LATAR BELAKANG	I-1
I.2 PERUMUSAN MASALAH.....	I-2
I.3 TUJUAN PENULISAN.....	I-3
I.4 MANFAAT.....	I-3
I.5 BATASAN MASALAH.....	I-4
I-6 SISTEMATIKA PENULISAN	
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 ALUR PELAYARAN.....	II-1
II.2 PEMILIHAN KARAKTERISTIK ALUR.....	II-4
II.2.1 Kedalaman alur.....	II-6
II.2.2 Lebar alur.....	II-10
II.3 SISTEM NAVIGASI.....	II-10
II.3.1. Sistem navigasi bersimpangan.....	II-11
II.3.2. Sistem navigasi menyalip.....	II-12
II.4 PENDEKATAN BOUWMEESTER.....	II-13
II.5 KRITERIA PERENCANAAN ALUR.....	II-21
II.5.1 Dimensi kapal	II-21
II.5.2 Frekuensi kapal.....	II-21
II.5.3 Profil penampang alur.....	II-23



II.5.3.1. Parameter kedalaman atau h_0/d_n	II-23
II.5.3.2. Parameter lebar atau B_0/b	II-25
II.5.3.3. Parameter penampang atau A_s/A_c atau $1/k$	II-26
2.6 GERAKAN STRUKTUR BENDA TERAPUNG.....	II-27
II.6.1 Gerakan couple heaving pitching.....	II-28
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
III.1 Metode Penelitian.....	III-1
III.2 Diagram Alir.....	III-6
BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN	
IV.1 KONDISI LINGKUNGAN.....	IV-1
IV.2 KAPAL YANG DIPERHITUNGKAN.....	IV-3
IV.3 HASIL PERHITUNGAN DENGAN METODE BOUWMEESTER.....	IV-3
IV.4 HASIL PERHITUNGAN COUPLE HEAVING PITCHING.....	IV-12
IV.5 PERHITUNGAN LEBAR DAN KEDALAMAN ALUR	IV-19
IV.5.1 Penentuan lebar dan kedalaman minimal alur.....	IV-19
IV.5.2 Penentuan kedalaman alur minimal.....	IV-19
IV.5.3 Parameter Perencanaan	IV-23
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1 KESIMPULAN.....	V-1
V.2 SARAN.....	V-3
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penampang Alur Pelayaran	II-2
Gambar 2.2 Gerakan Squat dan trim kapal di Alur	II-10
Gambar 2.3. Gerakan kapal berpapasan (<i>Encountering</i>).....	II-11
Gambar 2.4. Tekanan hidrostatis pada saat menyalip (<i>overtaking</i>).....	II-12
Gambar 2.5. Gerakan kapal pada saat menyalip (<i>overtaking</i>).....	II-13
Gambar 2.6 : Kedalaman rata rata pada penampang trapezium.....	II-18
Gambar 2.7 : Penampang Kapal menurut Bouwmeester.....	II-19
Gambar 2.8 : Grafik koefisien massa tambah untuk gerakan heaving.....	II-41
Gambar 2.9 : Grafik amplitudo rasio gerakan heaving	II-42
Gambar 4.1 Alur Pelayaran Selat Madura.....	IV-2
Gambar 4.2 Grafik hubungan Vs dengan U dan Z pada kapal berbobot 0-15000, 15000-30000 dan > 30000 DWT pada section 1 dan 4.....	IV-6
Gambar 4.3 Grafik hubungan Vs dengan Z pada kapal berbobot 0-15000,15000 -30000 dan >30000 DWT pada section 1 dan 4	IV-7
Gambar 4.4 Grafik hubungan Vs dengan U pada kapal berbobot 0-15000,15000 -30000 DWT dan >30000 DWT pada section 2,3. dan 5.....	IV-8
Gambar. 4.5 Grafik hubungan Vs dengan Z pada kapal Berbobot 0-15000 15000-30000 dan >30000 DWT pada section 2,3 dan 5.....	IV-9
Gambar 4.6 Grafik hubungan Z/h dan U/\sqrt{gh} dengan Vs/\sqrt{gh} pada kapal >30000 DWT pada section 1 dan 4.....	IV-10
Gambar 4.7 Grafik hubungan Z/h dan U/\sqrt{gh} dengan Vs/\sqrt{gh} pada kapal	



berbobot >30000 DWT pada section 2,3 dan 5.....	IV-11
Gambar 4.8. Grafik gerakan heaving kapal berbobot >30000 DWT pada section 1.....	IV-13
Gambar 4.9. Grafik gerakan <i>pitching</i> kapal berbobot >30000 DWT pada section 1.....	IV-14
Gambar 4.10. Grafik gerakan heaving kapal berbobot >30000 DWT pada section 2,3,4 dan 5.....	IV-16
Gambar 4.10. Grafik gerakan <i>pitching</i> kapal berbobot >30000 DWT pada section 2,3,4 dan 5.....	IV-17
Gambar 4.11. Hubungan DWT dengan besarnya gerakan <i>heaving</i>	IV-18
Gambar 4.12. Hubungan DWT dengan besarnya gerakan <i>pithing</i>	IV-19
Gambar 4.13. Grafik hubungan antara Vs dengan H_min/Ho.....	IV-22
Gambar 4.14. Gambar hubungan Vs dengan Squat, D _{Amin} , dan Dexisting pada section 1 dan 4.....	IV-23
Gambar 4.15. Grafik hubungan Vs dengan Squat, D _{Amin} , dan Dexisting pada section 2,3 dan 5.....	IV-23
Gambar 4.16 Gambar potongan alur pada masing-masing section.....	IV-25

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1. Standart ukuran kapal di alur	II-21
Tabel 2.2 Hubungan kondisi pelayaran dengan lebar alur.....	II-26
Tabel 4.1. Ukuran alur di masing-masing potongan.....	IV-1
Tabel 4.2. Ukuran kapal berdasar DWT nya.....	IV-3
Tabel 4.3. Hasil perhitungan dengan metode Bouwmeester pada section1 dan 4 untuk tipe kapal >30000 DWT.....	IV-4
Tabel 4.4 Hasil perhitungan dengan metode Bouwmeester pada section 2,3 dan 5 untuk tipe kapal >30000 DWT.....	IV-5
Tabel 4.5. Hasil perhitungan couple heaving-pitching kapal berbobot >30000 DWT pada section 1.....	IV-13
Tabel 4.6. Hasil perhitungan <i>couple heaving-pitching</i> kapal berbobot >30000 DWT pada section 2,3,4 dan 5.....	IV-15
Tabel 4.7. Ukuran alur di masing-masing potongan.....	IV-20



DAFTAR NOTASI

Pada perhitungan Squat (Z) dengan metode Bouwmeester

- Ac : penampang basah alur
As : penampang basah kapal
b : lebar tengah kapal
 B_o : lebar alur
d : sarat kapal pada midship
 h_o : kedalaman awal alur sebelum dipengaruhi gerakan kapal
Vs : kecepatan service kapal
Vlim : kecepatan batas layar kapal pada kondisi debit maksimal
U : arus balik pada kapal sepanjang midship
 U_{lim} : arus balik maksimal
Z : depresi permukaan air (tinggi squat)
 Z_{lim} : depresi permukaan air maksimal

Pada perhitungan gerak kapal

- a : Massa tambah
 A_{yy} : Massa tambah momen inersia gerakan pitching
b : Koefisien damping untuk gerakan heaving
B : Koefisien damping untuk gerakan pitching
 B_n : lebar kapal
 β_n : Koefisien luasan strip
c : Koefisien gaya pengembali untuk gerakan heaving
C : Koefisien pengembali untuk gerakan pitching



- F : gaya eksitasi
g : percepatan gravitasi
 I_{yy} : massa inersia kapal
 m : massa kapal
 S_n ; luasan melintang strip
 T_n : sarat kapal
 z : simpangan heaving struktur
 λ : panjang gelombang
 α : sudut beda phase
 θ : simpangan angular akibat gerakan pitching
 ω_e : frekuensi encountering
 ω_n : frekuensi natural



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Perhitungan Vlim,Ulim dan Zlim

Lampiran B : Perhitungan gerak kapal

Lampiran C : Penampang melintang alur

Lampiran D : Prediksi tinggi gelombang di APBS

Lampiran E : Data kecelakaan kapal di Tanjung Perak (1996-2000)

Lampiran F : Arus kunjungan kapal, dimensi kapal dan arus barang di Tanjung Perak (1995-1999)

BAB I
PENDAHULUAN



BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Alur pelabuhan merupakan aspek penting dalam suatu pelabuhan. Dimana kondisi alur yang sempit, dangkal serta rawan terhadap kecelakaan menjadikan perusahaan pelayaran enggan mengoperasikan kapal-kapalnya di pelabuhan tersebut untuk menghindari resiko kerugian operasional yang harus dihadapi. Untuk itu kondisi alur juga akan menjadi permasalahan penting bagi pihak operator pelabuhan untuk meningkatkan kemampuan pelayanan kapal.

Sebagai pelabuhan ekspor-impor Pelabuhan Tanjung Perak merupakan pintu gerbang daerah Jawa-Timur dan juga berfungsi sebagai pebuhan kolektor dan distributor di wilayah Indonesia bagian timur. Karena letaknya yang stategis dan didukung oleh daerah HINTERLAND Jawa Timur yang potensial maka pelabuhan Tanjung Perak berkembang dengan pesat. Perkembangan Pelabuhan Tanjung Perak tersebut dapat dilihat dari makin meningkatnya arus kunjungan dan tonase kapal untuk bongkar muat.

Untuk mengantisipasi perkembangan tersebut perlu dilakukan perencanaan alur pelayaran secara cermat. Apabila pihak pelabuhan melakukan perencanaan alur dengan kedalaman dan lebar tertentu, dimana semua kapal yang memakai jasa fasilitas alur dapat berlayar pada berbagai kondisi pasang surut maupun lebar alur yang tersisa maka dibutuhkan biaya yang tidak sedikit. Demikian sebaliknya bila kedalaman dan lebar alur terlalu kecil dimensinya maka



akan menimbulkan kerugian pada pemilik kapal sehingga dapat menghambat perkembangan pelabuhan. Sebab, apabila waktu tunggu lama maka biaya semakin besar sehingga kapal enggan berlabuh di Pelabuhan Tanjung Perak.

Dilihat dari konsep perencanaannya, perencanaan alur pelabuhan tidak hanya mempertimbangkan dimensi kapal (panjang, lebar, sarat) yang akan melewati alur pelabuhan. Selain dimensi kapal, yang perlu diperhatikan dalam perencanaan alur pelabuhan adalah efek dari gerakan kapal yang akan melewati alur pelabuhan. Efek tersebut dapat berupa gerakan pitcing dan heaving akibat gaya gelombang. Dimana nantinya besarnya gerakan kapal ini juga menentukan kedalaman dari alur pelayaran.

Untuk itu diperlukan studi untuk menentukan kedalaman dan lebar alur pelayaran yang optimum agar semua kapal dapat masuk tetapi pihak pelabuhan tidak memerlukan biaya yang tinggi, sedang pihak pemakai jasa juga tidak perlu biaya yang berlebihan.

I.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana menentukan kedalaman minimum alur pelayaran dengan pendekatan metode kekekalan momentum (*Bouwmeester Method*) untuk kasus alur pelayaran di APBS (Selat Madura)?
2. Bagaimana pengaruh gerakan kapal (*heaving dan pitching*) dalam penentuan ukuran alur minimum?





I.3. Tujuan

Adapun tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengatahui kedalaman minimum alur pelayaran dengan pendekatan metode kekekalan momentum (*Bouwmeester Method*) untuk kasus alur pelayaran di APBS (Selat Madura).
2. Mengatahui pengaruh gerakan kapal (*heaving dan pitching*) dalam penentian ukuran alur minimum.

I.4. Manfaat

Manfaat yang akan diperoleh yaitu untuk mengetahui kedalaman minimum alur pelayaran di Selat Madura dengan memperhatikan juga aspek dari gerak kapal yang melintas di alur pelayaran Selat Madura, sehingga dapat pula digunakan sebagai salah satu acuan dalam perencanaan alur pelabuhan.

I.5. Batasan Masalah

Untuk mempersempit permasalahan dan mempermudah perhitungan maka akan dibatasi sebagai berikut:

- a. Alur yang direncanakan diasumsikan alur satu jalur.
- b. Gerakan kapal yang diperhitungkan adalah *pitching* dan *heaving*.
- c. *Encountering* dan *Overtaking* tidak diperhitungkan
- d. Kapal diasumsikan bergerak sendiri tidak menggunakan jasa tunda.



I.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Pendahuluan berisi latar belakang yang mendasari pembuatan tugas akhir ini, perumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, serta metodologi penelitian.

Bab II Studi Pustaka dan Landasan Teori

Bab ini berisi kajian pustaka mengenai criteria perencanaan alur pelayaran, analisa gerak kapal serta pendekatan-pendekatan untuk menentukan kedalaman alur minimum.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi metode yang dipakai dalam proses penggerjaan serta urutan langkah-langkah penggerjaan tugas akhir ini.

Bab IV Analisa dan Pembahasan

Bab ini berisi ukuran alur minimum dari pendekatan Bouwmeester.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dari penulisan tugas akhir ini.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

II.1. Alur Pelayaran

Alur pelayaran digunakan untuk mengarahkan kapal-kapal yang akan masuk ke kolam pelabuhan. Alur pelayaran dan kolam pelabuhan harus cukup tenang terhadap pengaruh gelombang dan arus. Perencanaan alur pelayaran dan kolam pelabuhan ditentukan oleh kapal terbesar yang akan masuk ke pelabuhan dan kondisi meteorologi dan oseanografi.

Dalam perjalanan masuk pelabuhan melalui alur pelayaran, kapal mengurangi kecepatannya sampai kemudian berhenti di dermaga. Secara umum ada beberapa daerah yang dilewati selama perjalanan tersebut yaitu (Triatmodjo, B, 1996) :

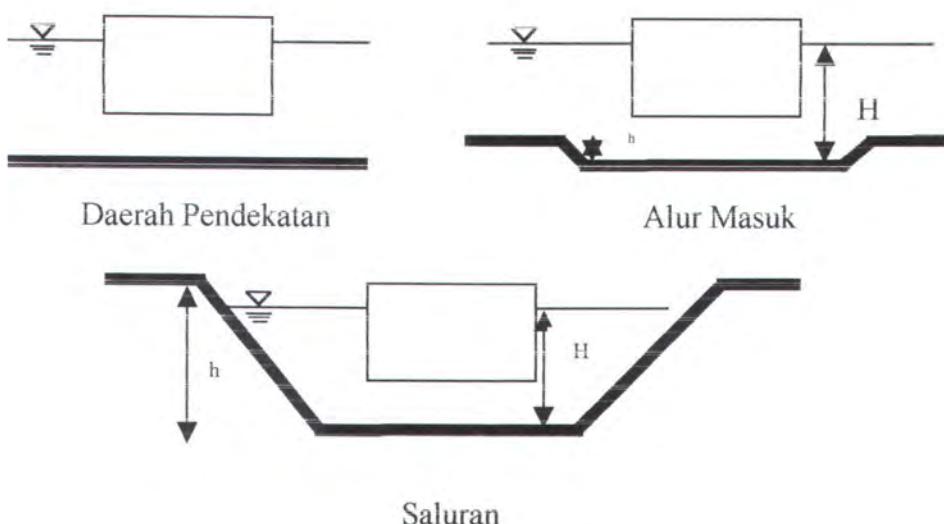
1. Daerah tempat kapal melempar sauh di luar pelabuhan.
2. Daerah pendekatan di luar alur masuk.
3. Alur masuk di luar pelabuhan dan kemudian di daerah terlindung.
4. Saluran menuju dermaga, apabila pelabuhan berada di dalam daratan.
5. Kolam putar.

Alur pelayaran ditandai dengan alat bantu pelayaran yang berupa pelampung dan lampu-lampu. Pada umumnya daerah-daerah tersebut mempunyai kedalaman yang kecil, sehingga sering diperlukan pengerukan untuk mendapatkan kedalaman yang diperlukan.



Daerah pendekatan alur masuk dan saluran dapat dibedakan menurut tinggi tebing, yang masing masing ditunjukkan dalam gambar.

1. Daerah pendekatan $h = 0$
2. Daerah alur masuk $0 < h < H$
3. Daerah saluran $h > H$



Gambar 2.1 Penampang Alur Pelayaran

Dengan h adalah kedalaman pengerukan dan H adalah kedalaman alur. Disini perlu diperhatikan perbandingan antara h dan H , yaitu h/H . Kondisi pelayaran di alur pelayaran tidak banyak berbeda dengan di laut (dasar rata) apabila $h/H < 0,4$ maka alur pelayaran adalah serupa dengan saluran dengan kedua tebing di sisinya

Daerah tempat melempar sauh di luar pelabuhan digunakan sebagai tempat penungguan sebelum kapal masuk ke dalam pelabuhan, baik karena keadaan meteorologi dan oseanografi belum memungkinkan (pasang surut) atau



karena dermaga sedang penuh. Daerah ini harus terletak sedekat mungkin dengan alur masuk kecuali daerah yang diperuntukkan kapal-kapal yang mengangkut barang-barang berbahaya. Dasar daerah ini harus merupakan tanah yang mempunyai daya tahanan yang baik untuk bias menahan jangkar yang dilepas. Kedalaman tidak boleh kurang dari 1,15 kali dari draft maksimum kapal terbesar dan tidak boleh lebih dari 100 meter.

Pada waktu kapal akan masuk ke pelabuhan, kapal tersebut akan melalui alur pendekatan. Disini kapal diarahkan untuk bergerak maju menuju alur masuk dengan menggunakan pelampung pengarah (rambu pelayaran). Sedapat mungkin alur masuk ini lurus. Tetapi apabila alur terpaksa memblok, misalnya untuk menghindari dasar karang, maka setelah belokan dibuat alur stabilisasi yang berguna untuk menstabilkan gerak kapal setelah memblok. Pada ujung akhir alur masuk terdapat kolam putar yang berfungsi mengubah arah kapal yang akan merapat ke dermaga. Panjang alur pelayaran tergantung pada kedalaman dasar laut dan kedalaman alur yang diperlukan. Di laut/pantai yang dangkal diperlukan alur pelayaran yang panjang, sementara di pantai yang dalam (kemiringan besar) diperlukan alur pelayaran yang lebih pendek.

Alur pelayaran biasanya terbuka terhadap gelombang besar dibanding dengan alur masuk atau saluran. Akibatnya gerak vertical kapal karena pengaruh gelombang di alur pendekatan lebih besar daripada di alur masuk atau di saluran.

Sebelum masuk ke mulut pelabuhan kapal harus mempunyai kecepatan tertentu untuk menghindari pengaruh angin, arus dan gelombang. Setelah masuk



ke kolam pelabuhan kapal mengurangi kecepatan. Untuk kapal kecil, kapal tersebut bisa merapat ke dermaga dengan menggunakan mesinnya sendiri. Tetapi untuk kapal besar, diperlukan kapal tunda untuk menghela kapal merapat di dermaga.

II.2. Pemilihan Karakteristik Alur

Alur masuk ke pelabuhan biasanya sempit dan dangkal. Alur-alur tersebut merupakan tempat terjadinya arus, terutama yang disebabkan oleh pasang surut. Sebuah kapal yang mengalami/menerima arus dari depan akan dapat mengatur gerakannya (manuver), tetapi arus berasal dari belakang kapal akan menyebabkan gerakan yang tidak baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan karakteristik alur masuk ke pelabuhan adalah sebagai berikut ini (Triatmodjo, B., 1996) :

- 1 Keadaan trafik kapal.
- 2 Keadaan geografi dan meteorology di daerah alur.
- 3 Sifat-sifat fisik dan variasi dasar saluran
- 4 Fasilitas atau bantuan-bantuan yang diberikan pada pelayaran.
- 5 Karakteristik maksimum pada kapal-kapal yang menggunakan pelabuhan.
- 6 Kondisi pasang surut, arus dan gelombang.

Suatu alur masuk ke pelabuhan yang lebar dan dalam akan memberikan keuntungan-keuntungan baik langsung maupun tidak langsung seperti :



1. Jumlah kapal yang dapat bergerak tanpa tergantung pada pasang surut akan lebih besar.
2. Berkurangnya batasan gerak dari kapal-kapal yang mempunyai draft besar.
- 3 Dapat menerima kapal-kapal yang berukuran besar ke pelabuhan.
4. Mengurangi waktu penungguan kapal-kapal yang hanya dapat masuk ke pelabuhan pada saat air pasang.
5. Mengurangi waktu transito barang-barang.

Selain keuntungan-keuntungan tersebut, dalam menentukan karakteristik alur masuk ini perlu ditinjau pula biaya pengerukan yang lebih besar apabila alur tersebut lebar dan dalam, dibanding dengan alur yang sempit dan dangkal.

Thorensen mengelompokkan alur pelayaran (*channels water ways*) di dalam empat klasifikasi :

- a. Alur pelayaran dimana tersedia alat navigasi siang dan malam juga tersedia jaminan informasi kedalaman secara akurat.
- b. Sama seperti di atas, tetapi hanya tersedia rambu navigasi untuk siang hari.
- c. Pada alur-alur penting tersedia rambu navigasi dan kedalaman alur dilakukan survei secara teratur.
- d. Alur pelayaran lokal yang tidak mempunyai rambu navigasi dan kedalaman hanya berdasar estimasi.

Selanjutnya Thorensen juga menggolongkan alur pelayaran berdasar kondisi fisik lingkungan, yang terbagi atas tiga kelompok, yaitu :



1. *Unrestricted Channels* : alur di perairan dangkal dengan lebar alur minimum 10 s/d 15 kali kapal terbesar tanpa perlu dilakukan pengerukan.
 2. *Semi Restricted Channels* : alur di perairan dangkal pendalaman dengan lebar yang cukup besar, tetapi untuk pendalaman diperlukan pengerukan.
 3. *Fully Restricted Channels* : alur perairan yang sepenuhnya dilakukan dalam pengerukan.

Lay-out umum dari alur pelayaran dirancang sedemikian rupa sehingga kapal dapat melakukan pelayaran hingga tingkat derajat keselamatan tertentu terhadap pengaruh lingkungan seperti pasang surut, hembusan angin, perubahan fluktuasi muka air laut dan pengaruh hempasan gelombang

2.2.1 Kedalaman Alur

Untuk mendapatkan kondisi operasi yang ideal, kedalaman air di alur masuk harus cukup besar untuk memungkinkan pelayaran pada muka air terendah dengan kapal bermuatan penuh.

Triatmodjo (1996) memberikan rumus untuk mengukur kedalaman alur adalah sebagai berikut :

Dengan :

d : *draft* kapal



G : gerak vertikal kapal karena gelombang dan squat

R : ruang kebebasan bersih

P : ketelitian pengukuran

S : pengendapan sediment antara dua penggerukan

K : toleransi penggerukan

Kedalaman alur diukur terhadap muka air referensi. Biasanya muka air referensi ditentukan berdasarkan nilai rerata dari muka air surut terendah pada saat pasang besar (*spring tide*) dalam periode panjang, yang disebut LLWS (*Lower Low Water Spring tide*).

Beberapa definisi yang terdapat dalam gambar 4 adalah sebagai berikut ini. Elevasi dasar alur nominal adalah elevasi di atas mana tidak terdapat rintangan yang mengganggu pelayaran. Kedalaman elevasi ini adalah jumlah draft kapal dan ruang kebebasan bruto yang dihitung dari muka air rencana. Ruang kebebasan bruto adalah jarak antara sisi terbawah kapal dan elevasi dasar alur nominal, pada draft kapal maksimum yang diukur pada keadaan air diam. Ruang ini terdiri dari ruang gerak vertikal kapal karena pengaruh gelombang dan *squat* dan ruang kebebasan bersih. Ruang kebebasan bersih adalah ruang minimum yang tersisa antara sisi terbawah kapal dan elevasi dasar alur nominal kapal, pada kondisi kapal bergerak dengan kecepatan penuh dan pada gelombang dan angin yang terbesar. Ruang kebebasan bersih minimum adalah 0,5 m untuk dasar laut berpasir dan 1 m untuk dasar karang.

Elevasi penggerukan alur ditetapkan dari elevasi dasar alur nominal dengan memperhitungkan beberapa hal berikut ini :



- a. Jumlah endapan yang terjadi antara dua pengukuran.
- b. Toleransi pengukuran.
- c. Ketelitian pengukuran.

Mv.d. Doel (*Widyastuti, 1991*) memberikan pendapat bahwa kedalaman perairan alur dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

- a. Keadaan pasang surut air laut
- b. Ukuran draft kapal
- c. Gerakan kapal akibat pengaruh gelombang, angin dan arus
- d. Squat dan trim
- e. Sedimentasi
- f. Kesalahan *sounding*
- g. Toleransi *dredging*
- h. Jarak bersih lunas kapal terhadap dasar alur

The Permanent International Association of Navigational Congresses (PIANC) merekomendasikan bahwa design kedalaman minimum seharusnya mengikuti draft kapal ditambah 5 sampai 8 feet. selain itu criteria ini berguna untuk memperkirakan kedalaman saluran, perhitungan kedalaman yang diinginkan berdasarkan penjumlahan beberapa faktor dibawah ini (Bruun, 1981) yaitu :

- a) *draft* kapal pada keadaan beban penuh
- b) pasang surut
- c) perubahan densitas



- d) *squat*
- e) gerakan kapal *pitching* dan *rolling*
- f) trim
- g) faktor empiris

2.2.1.1 Sarat kapal

Sarat kapal ditentukan oleh karakteristik kapal terbesar yang menggunakan pelabuhan, muatan yang diangkut dan juga sifat-sifat air seperti berat jenis, salinitas, dan temperatur (Triatmodjo, 1996).

2.2.1.2 *Squat*

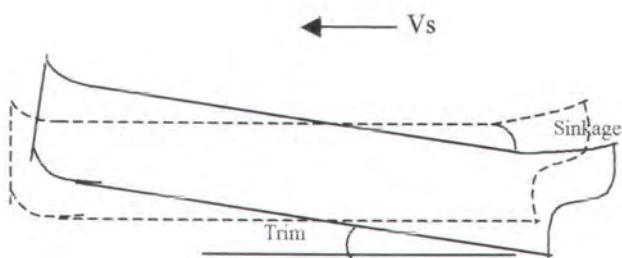
Menurut Triatmodjo (1996) *squat* adalah pertambahan *draft* terhadap muka air yang disebabkan oleh kecepatan kapal. *Squat* ini diperhitungkan berdasarkan dimensi dan kecepatan kapal dan kedalaman air.

Kecepatan air di sisi kapal akan naik disebabkan karena gerak kapal. Berdasarkan hukum Bernoulli, permukaan air akan turun karena kecepatan bertambah. *Squat* akan tampak jelas di saluran sempit, tetapi juga terjadi di dalam saluran dengan lebar tak terhingga. Dua faktor yang menentukan besarnya *squat* adalah kedalaman alur pelayaran dan kecepatan kapal. *Squat* dihitung berdasarkan kecepatan maksimum kapal yang diijinkan. Akibat depresi permukaan air menimbulkan penurunan elevasi pada kapal (*sinkage*). Penurunan elevasi ini berbeda untuk bagian buritan kapal dengan bagian haluan kapal, sehingga kapal



menjadi trim. Kombinasi dari singkage dengan trim ini sering disebut *squat*.

Dengan timbulnya *squat* maka permukaan air menjadi turun sehingga kedalaman alur menjadi berkurang. Hal ini dapat mangakibatkan kandasnya kapal akibat kedalaman alur yang terbatas. Pola gerak kapal akibat *squat* dapat dilihat dalam gambar berikut ini :



Gambar 2.2 : Gerakan *Squat* dan trim kapal di Alur

2.2.2 Lebar Alur

Menurut Kramadibrata (1985) ukuran lebar alur dibedakan menjadi dua yaitu alur tunggal (satu jalur) dan alur ganda (dua jalur). pada alur untuk satu jalur (tidak ada simpangan) lebar alur adalah 3-4 kali lebar kapal, jika kapal boleh bersimpangan lebar alur adalah 6-7 kali lebar kapal.

Menurut Groenveld (1997) untuk menentukan lebar yang dinginkan akan mengikuti navigasi sepanjang garis kanal, garis tengah kanal, manuver kapal pada saat bertemu dan berdampingan, dan area dengan frekuensi angin tinggi.



II.3. Sistem Navigasi

Sebagai akibat dari kecepatan layar kapal dengan kecepatan tertentu menimbulkan gelombang bangkitan pada air yang dilewati, yang dibedakan atas gerakan air primer (gelombang bangkitan utama) dan gerakan air sekunder (gelombang bangkitan sekunder). Pada bagian ini akan dibahas latar belakang teori gelombang bangkitan kecepatan kapal secara ringkas, yang merupakan salah satu aspek dalam penentuan ukuran alur yang optimal.

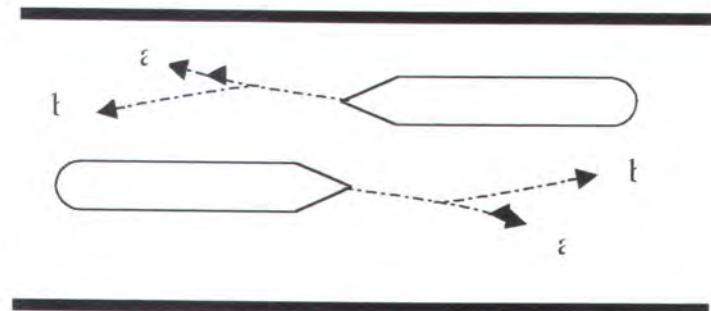
II.3.1. Sistem Navigasi Bersimpangan (*Encountering*)

Sistem navigasi bersimpangan di alur memungkinkan kapal melakukan manuver dengan arah yang saling berlawanan, seperti terlihat pada gambar berikut ini. Akibat dari pola arus yang ditimbulkan oleh gerakan kapal, maka pada kapal yang melakukan navigasi dengan sistem bersimpangan ini akan menimbulkan penurunan permukaan air di sisi alur lebih besar dibandingkan dengan penurunan permukaan air di antara dua kapal. Hal ini mengakibatkan kapal yang bersimpangan cenderung melakukan gerakan *yaw* (menyamping) yang saling menjauhi.

Sehingga pada saat mulai berpapasan seolah-olah masing-masing saling mendorong kapal yang lain saling menjauhi. Hal ini dapat menimbulkan resiko kecelakaan kapal kandas, membentur sisi alur. Sedang waktu masing-masing berjajar, haluan masing-masing kapal cenderung untuk saling mendekat ke kapal yang lain, dimana hal ini dapat menimbulkan resiko tabrakan karena bersenggolan dinding badan kapal. Sedangkan pada saat kapal saling manjauhi, dimana bagian



buritan kapal saling bertemu ada kecenderungan gerakan *yaw* kapal menuju ke arah alur (*centre line*).



Gambar 2.3. Gerakan kapal berpapasan (*Encounter*)

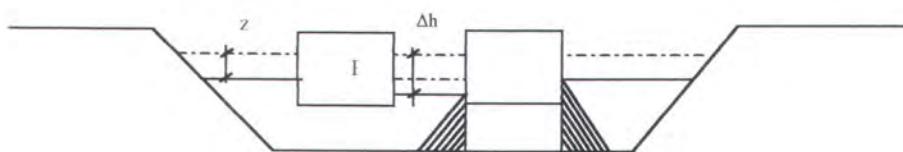
dimana:

a : gerakan *yaw* menuju sisi alur

b : gerakan *yaw* menuju *centre line*

II.3.2. Sistem Navigasi Menyalip (Overtaking)

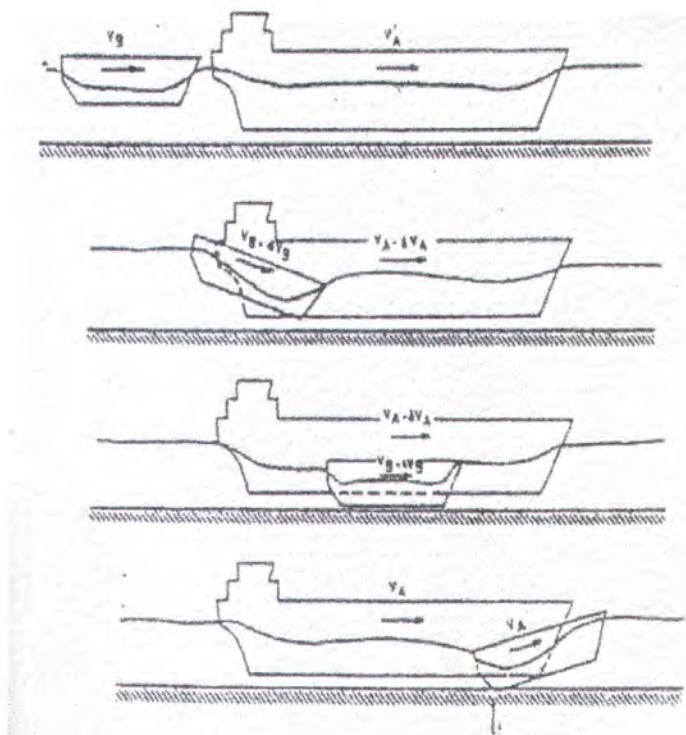
Pada sistem navigasi menyalip (*overtaking*) arus balik dan depresi permukaan air menimbulkan gaya dorong pada sisi kapal. Sehingga penurunan permukaan air di antara sisi kapal lebih besar dibandingkan dengan penurunan permukaan air di sisi luar kapal. Fenomena gerakan kapal pada sistem navigasi menyalip dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut ini.



Gambar 2.4. Tekanan hidrostatik pada saat menyalip (*overtaking*)



Pada saat kapal sedang akan melewati kapal didepannya, kapal ke dua menerima arus balik akibat gerakan kapal pertama yang ada di depannya. Sehingga kapal ke dua cenderung mengalami trim ke depan (*trim by bow*). Sedangkan pada watu kapal saling sejajar, pola arus menjadi berubah dengan adanya gerakan dua kapal, sehingga penurunan permukaan air menjadi lebih besar dibandingkan pada waktu kapal belum pada posisi sejajar. Pada saat kapal kedua akan mendahului kapal pertama, kapal ke dua pada kondisi arus yang berbeda. Pada posisi ini kapal kedua cenderung mengalami *trim buritan*. hal ini dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5. Gerakan kapal pada saat menyalip (*overtaking*).



II.4. Pendekatan Bouwmeester

Displasemen kapal akan menimbulkan aliran fluida (arus air) sepanjang sisi dan bagian bawah kapal dengan arah yang berlawanan dengan arah kecepatan gerak kapal. Hal ini sebagai akibat depresi permukaan air yang ditimbulkan oleh displasemen dan kecepatan kapal. Fenomena ini dikenal sebagai gerakan air utama akibat kecepatan kapal atau gelombang bangkitan primer akibat kecepatan kapal.

Dalam studi ini fenomena gelombang primer dianalisis dengan pendekatan kekalahan momentum atau metode Bouwmeester (1961). Dalam metode Bouwmeester ini perhitungan dilakukan terhadap penurunan permukaan air (*water level depression*) dan arus balik (*return current*).

Dengan hukum kekekalan energi seperti yang diturunkan oleh persamaan Bernoulli untuk aliran fluida, maka didapat hubungan antara parameter-parameter untuk persamaan tidak berdimensi (*dimensionless*), sebagai berikut (Groenveld, 1997) :

$$1 - \frac{A}{Ac} - \frac{1}{2} \frac{Vs^2}{gh} \left[\left\{ 1 - \frac{U/\sqrt{gh}}{Vs/\sqrt{gh}} \right\} - 1 \right]^2 - \left[1 + \frac{U/\sqrt{gh}}{Vs\sqrt{gh}} \right]^{-1} = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (2.2)$$

Kemudian persamaan debit aliran kondisi maksimum :

$$Q_{ma} = V_{lim} \times Ac = (V_{lim} + U)(Ac - As - B_0 \cdot Z) \quad \dots \dots \dots \quad (2.3)$$

dimana :

V_{lim} : kecepatan batas layer kapal pada kondisi debit maksimum

U_{lim} : kecepatan arus maksimum



Z_{\lim} : depresi permukaan air maksimum

Jika Fr adalah angka Froude untuk kondisi berikut :

$$Fr = \frac{V \lim}{\sqrt{g h}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.4)$$

Z dieliminasi, akan diperoleh :

$$1 - \frac{As}{Ac} + \frac{1}{2} Fr^2 - \frac{3}{2} Fr^{3/2} = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (2.5)$$

Untuk nilai ekstrim $As/Ac = 0$ maupun $As/Ac = 1$ mengikuti pedoman :

$$As/Ac = 0 \longrightarrow Fr = 1 \longrightarrow V \lim = \sqrt{gh}$$

$$As/Ac = 1 \longrightarrow Fr = 0 \longrightarrow V \lim = 0$$

Pembatasan kedalaman dan lebar alur mempunyai pengaruh pada kecepatan kapal. Schijf mengembangkan metode dasar kekekalan energi untuk menghitung batas natural kecepatan kapal. Kecepatan ini adalah kecepatan maksimum yang mungkin ($V \lim$) untuk kapal yang dibatasi alur yang telah ditentukan dimensinya. Pendekatan schijf dibatasi oleh kondisi perairan dangkal. Batas kecepatan dipengaruhi oleh panjang kapal yang telah ditentukan dimensinya.



Persamaan 1 dan 2 memuat dua dimensi yang tidak diketahui (Z dan U).

kemudian persamaan tanpa dimensi dibentuk sebagai berikut :

$$1 - \frac{A}{Ac} - \frac{1}{2} \frac{Vs^2}{gh} \left[\left\{ 1 - \frac{U/\sqrt{gh}}{Vs/\sqrt{gh}} \right\} - 1 \right]^2 - \left[1 + \frac{U/\sqrt{gh}}{Vs\sqrt{gh}} \right]^{-1} = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (2.6)$$

Dengan persamaan (2.6) dimana :

$$Fr = \frac{V \lim}{\sqrt{gh}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.7)$$

Z dieliminasi, akan diperoleh :

$$1 - \frac{As}{Ac} + \frac{1}{2} Fr^2 - \frac{3}{2} Fr^{3/2} = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (2.8)$$

Untuk nilai ekstrim $As/Ac = 0$ maupun $As/Ac = 1$ mengikuti pedoman :

$$As/Ac = 0 \longrightarrow Fr = 1 \longrightarrow V \lim = \sqrt{gh}$$

$$As/Ac = 1 \longrightarrow Fr = 0 \longrightarrow V \lim = 0$$

Ini berarti bahwa lebar yang tak terbatas, sebuah kapal mampu berlayar pada kecepatan maksimum sama dengan kecepatan gelombang di perairan dangkal.

Harga As/Ac antara 0,1 sampai 0,3 sering digunakan untuk alur pelayaran daerah pedalaman.

Untuk pelayaran pada kecepatan terbatas maka *water level depression* dan arus balik :



$$\frac{Z \lim}{\bar{h}} = \frac{1}{3} \left[1 - \frac{As}{Ac} - \frac{V \lim}{g \bar{h}} \right] \quad \dots \dots \dots \quad (2.9)$$

dan

$$\frac{U \lim}{\sqrt{gh}} = \left\{ \frac{2}{3} \left(1 - \frac{As}{Ac} + \frac{1}{2} \frac{V \lim^2}{gh} \right) \right\}^{1/2} - \frac{V \ lim}{\sqrt{gh}} . \quad \dots \dots \dots \quad (2.10)$$

Hasil test (Delft Hydraulics, 1953) ternyata tidak sama dengan teori, sehingga diperlukan faktor koreksi α yang dimasukkan ke dalam persamaan (1) :

$$Z = \alpha \frac{(Vs + U)^2}{2g} - \frac{Vs^2}{2g} \quad \dots \dots \dots \quad (2.11)$$

Dimana nilai faktor koreksi α dapat dihitung dengan rumus :

$$\alpha = 1,4 - 0,4 \frac{V_s}{V_{\text{lim}}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.12)$$

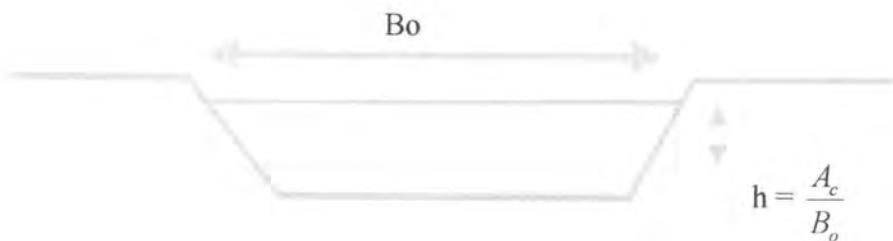
Model hidrolik satu dimensi yang dibuat oleh Schijf/Jansen pada pertamanya diperuntukkan untuk bentuk penampang melintang persegi. Dengan skematisasi sederhana metode tersebut juga bisa diterapkan untuk penampang melintang *trapezoidal*. Pada dasarnya metode ini dapat digunakan untuk berbagai macam penampang melintang dengan menskematisasi bentuk tersebut ke dalam bentuk persegi, dimana nilai dari luasan basah dari kanal/alur pelayaran dan lebar *water level* masih sama. Perhitungan dapat diaplikasikan pada skematisasi bentuk persegi dimana rata-rata kedalaman air sama dengan A_c/B_o .

Deviasi yang akan dibuat pada skematisasi ini tergantung pada gradien kemiringan (m), lebar *water level* (B_o) dan nilai dari *water level depression* (Z)



Deviasi dibuat dengan asumsi penampang alur pada kapal sama dengan $m \cdot Z^2$ dimana $A_c - A_s = B_o \cdot Z$.

Untuk alur dengan koefisien blok $k = A_c/A_s > 10$, menyebabkan skematisasi hanya berjumlah 1 sampai 2%. Untuk koefisien blok yang lebih kecil dapat bertambah hingga 5%.



Gambar 2.6 : Kedalaman rata-rata pada penampang trapesium

Selain dari metode kekalahan energi, metode yang lain yang menerangkan tentang arus balik dan *water level depression*. Metode ini dikemukakan oleh Bouwmeester (1977). Metode ini berdasarkan pada energi kekekalan momentum.

Bagian yang terkena air pada penampang melintang dari alur pelayaran yang berbentuk *trapezoidal* akan dibagi dalam dua situasi yaitu tenang (tidak ada kapal) dan tidak tenang (ada kapal). Gaya hidrostatik pada arah yang searah dengan kapal dapat dihitung dengan mengintegralkan tekanan hidrostatis (F_0 , F_1 , dan F_2).

Untuk menentukan F_2 muka air yang dibangkitkan di depan badan kapal/bow ($\eta = C_D \cdot V_s^2 / 2g$) sebaiknya diperhitungkan.

C_D (*coefisien resistance*) diperhitungkan untuk muka air dimana dalam perhitungan muka air tergantung daripada bentuk *bow*. Gesekan sepanjang badan



kapal dipengaruhi oleh muka air dan untuk alasan yang sederhana dimasukkan dalam koefisien C_D . Gaya dari F_0 , F_1 dan F_2 dapat dituliskan.

Penampang melintang alur 0

$$F_o = \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot g \cdot B_0 \cdot h_0^2 \cdot 2/3 \cdot \rho \cdot \omega \cdot m \cdot h_0^3 \dots \dots \dots (2.13)$$

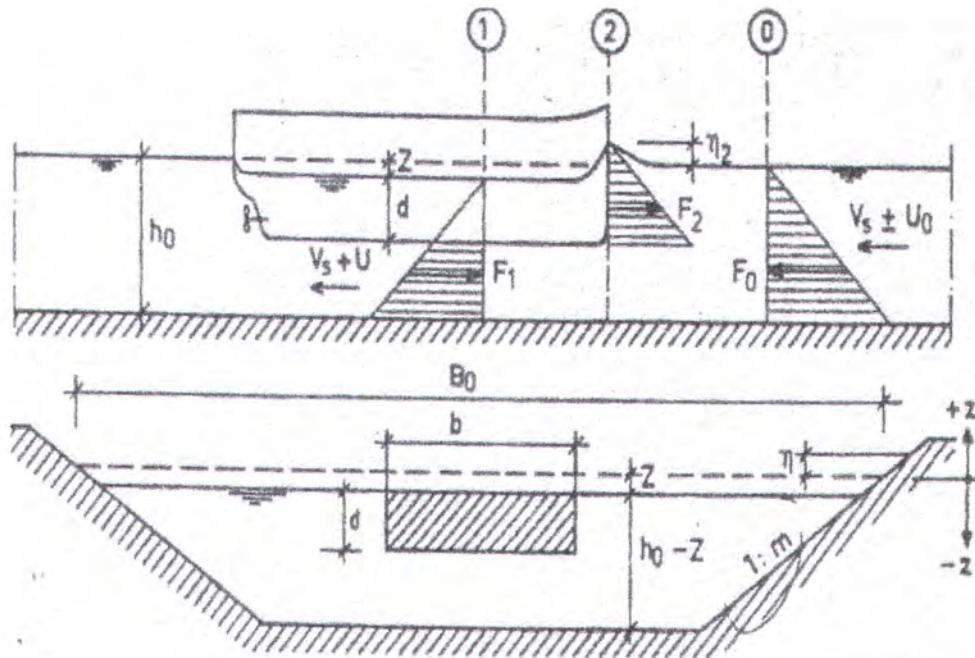
Penampang melintang alur 1

$$F_1 = \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot (h_0 - Z)^2 + \rho_w \cdot g \cdot m \cdot (h_0^2 - Z^2) \cdot Z - \\ \frac{2}{3} \cdot \rho_w \cdot g \cdot m \cdot (h_0^3 - z^3) - \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot g \cdot b \cdot d^2 \dots \dots \quad (2.15)$$

Penampang melintang alur 2

$$\eta_2 = C_D \cdot \frac{V_s^2}{2g} \quad \dots \dots \dots \quad (2.17)$$

$$C_D = \gamma \cdot \left(\frac{d}{h_0}\right)^2 \quad \dots \dots \dots \quad (2.18)$$



Gambar 2.7 : Penampang Kapal menurut Bouwmeester

$$F_2 = \frac{1}{2} C_D \rho_w g b \left[C_D \frac{(V_s \pm U_o)^2}{2g} + Z + d \right]^2 \quad (2.19)$$

Dengan persamaan kontinuitas ($m_0 = m_1$) maka didapatkan :

$$\rho_w \cdot A_c \cdot (Vs \pm U_o) \cdot dt = \rho_w \cdot A_c' \cdot (Vs \pm U) \cdot dt \quad (2.20)$$

Dengan hukum kekekalan momentum ($F \cdot dt = m \cdot du$)

$$(F_0 - F_1 - F_2) \cdot dt = \rho_w \cdot A_c \cdot (Vs \pm U_o) \cdot (U \pm U_o) \cdot dt \quad (2.21)$$

dimana :

$$Vs \pm U_o = Vs' \quad \text{dan} \quad Vs \pm U = Vs' + U' \quad (2.22)$$

$$\bar{h} = \frac{A_c}{B_o} = h_o \cdot \left(1 - \frac{m h_o}{B_o}\right) \quad (2.23)$$

Dari persamaan 2.20 dan 2.21 didapat :



$$\frac{F_0 - F_1 - F_2}{\rho_w g \bar{h} A c} = \frac{V s' U'}{g \bar{h}} = \left(\frac{A c}{A c'} - 1 \right) \frac{V s'^2}{g \bar{h}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.25)$$

Dari persamaan 2.24 dan 2.25 didapat

$$\frac{V_{S'}}{\sqrt{gh}} = \left\{ \frac{2 \cdot \frac{Z}{h} \cdot \left(1 - \frac{As}{Ac}\right) - \left(\frac{Z}{h}\right)^2 \cdot \left(1 - \frac{b}{B_o}\right) + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{Z}{h}\right)^3 \cdot \left(\frac{m \bar{h}}{B_0}\right)}{C_D \cdot \left(\frac{As}{Ac} + \frac{Z}{h} \cdot \frac{b}{B_0}\right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{1 - \left(\frac{z}{h}\right) + \left(\frac{m \bar{h}}{B_0}\right) \cdot \left(\frac{Z}{h}\right)^3} - 1 \right)} \right\} \dots \quad (2.26)$$

$$\frac{U'}{\sqrt{g \bar{h}}} = \left[\frac{1}{1 - \frac{Z}{\bar{h}} + \left(\frac{m \bar{h}}{B_0} \right) \left(\frac{Z}{\bar{h}} \right)^2 - \frac{As}{Ac}} - 1 \right] \frac{Vs'}{\sqrt{g \bar{h}}} \dots \dots \dots \quad (2.27)$$

Dimana :

$$\frac{Vs'}{\sqrt{g \bar{h}}} = \frac{Vs \pm U_0}{\sqrt{g \bar{h}}} \quad \text{dan} \quad \frac{Us'}{\sqrt{g \bar{h}}} = \frac{U \pm U_0}{\sqrt{g \bar{h}}} \dots \dots \dots \quad (2.28)$$

II.5. Kriteria Perencanaan Alur

II.5.1. Dimensi kapal

Sebelum menentukan ukuran alur pelabuhan, dibutuhkan klasifikasi kapal beserta ukurannya. *The European Conference of Ministers of Transport* (1953, 1986) merekomendasikan untuk mengklasifikasi kapal dalam lima kelas seperti berikut :



Tabel 2.1. Standart ukuran kapal di alur

Kelas	Kapasitas GT (ton)	Panjang Loa (m)	Lebar B (m)	Sarat air di alur (m)
I	350	39	5.1	2.4
II	600	55	6.6	2.5
III	1000	67-80	8.2	2.6
IV	1500	85	9.5	2.8
V	2500	110	11.5	3.2
Va	5000	185	11.5	3.2-4.0
Vb	10000	193	22.8	4

II.5.2. Frekuensi kapal

Frekunsi kedatangan kapal dan ukuran kapal merupakan dua faktor utama yang menentukan ukuran penampang alur. Beberapa aspek lain yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan alur pelabuhan antara lain perkembangan arus barang beserta perkembangan ukuran kapal baru.

Arus lalu lintas kapal dalam hubungannya dengan perencanaan alur dikelompokan dalam dua kelompok yaitu : intensitas tinggi (*high intensity*) untuk arus kapal lebih dari 15.000 kapal pertahun, dan intensitas rendah untuk arus kapal kurang dari 5.000 kapal pertahun. Jika intensitas kapal sangat rendah, maka alur untuk satu jalur (*one way traffic*) sudah memenuhi sarat (*acceptable*), selama untuk jalur pendek dan aturan pelayaran dipenuhi.



Hasil studi dari CVB (*Commissie Vaarweg Beheerder*) yang telah diadopsi oleh *The European Conference of Ministers of Transport* mengklasifikasikan ukuran penampang melintang alur dalam hubungannya dengan arus kapal dalam tiga kategori, yaitu :

a) Penampang alur standar (*Preferred cross section*)

Pada kondisi alur demikian, maka kapal dengan sistem navigasi dua arah baik itu dengan pola bersimpangan (*encounter*) maupun menyalip (*overtake*) dengan kondisi bermuatan (laden) diijinkan dengan kecepatan maksimum di alur hingga reduksi 30% dari kecepatan maksimumnya. Penampang alur ini merupakan ukuran sandar dengan tingkat intensitas kapal sebesar 15.000 kapal pertahun atau 50 kapal perhari.

b) Penampang alur reduksi (*reduction cross section*)

Pada kondisi alur ini hanya mengijinkan kapal bermuatan bersimpangan dengan kapal bermuatan lain tapi dengan hati-hati dan mengijinkan kapal tak bermuatan menyalip kapal yang bermuatan di depannya dengan hati-hati, yakni dengan mengurangi kecepatan sekitar 50 – 70% Vs. kondisi alur ini hanya mengijinkan untuk lalu lintas kapal dengan intensitas per tahun sekitar 5.000 kapal atau 20 kapal perhari.

c) Alur satu arah (*one way cross section*)

Pada kondisi ini, hanya satu kapal bermuatan yang diijinkan melintasi alur. Kondisi alur ini hanya memproyeksikan intensitas kapal



maksimal 1.000 kapal pertahun atau 5 kapal perhari. Alur ini harus juga dilengkapi dengan rambu navigasi dan kolam cadangan di beberapa tempat tertentu untuk kapal dapat bersimpangan atau menyalip.

II.5.3. Profil Penampang alur dan parameter perencanaan

Tiga parameter utama yang digunakan untuk menentukan ukuran penampang alur adalah :

II.5.3.1. Parameter kedalaman atau h_0/d_n

Parameter tak berdimensi ini menentukan kemampuan pengendalian kapal dan kecepatan kapal. Dimana d_n adalah sarat kapal tenang. Sehingga parameter ini menentukan kemampuan manuver kapal. Minimum kedalaman alur ditentukan oleh sarat dan kecepatan layar kapal yang diijinkan, dan juga jarak bebas dibawah lunas kapal hingga permukaan dasar.

Brunn (1981) memberikan nilai ruang kebebasan bruto secara umum untuk berbagai daerah berikut ini :

- ❖ Di daerah terbuka dengan gelombang besar, dan kecepatan kapal masih besar, ruang kebebasan bruto sebesar 20% sarat kapal maksimum.
- ❖ Di daerah kapal melempar sauh dimana gelombang besar ruang kebebasan bruto adalah 15% sarat kapal.
- ❖ Alur di luar kolam pelabuhan dimana gelombang besar, ruang kebebasan bruto adalah 15% sarat kapal.
- ❖ Alur tidak terbuka terhadap gelombang, ruang kebebasannya bruto adalah 10% sarat kapal.



- ❖ Kolam pelabuhan yang tidak terlindung dari gelombang, ruang kebebasan bruto adalah 10 – 15% sarat kapal.
- ❖ Kolam pelabuhan yang terlindung dari gelombang, ruang kebebasan bruto adalah 7% sarat kapal.

OCDI (1991) (Triadmodo, 1996) juga memberikan cara penentuan kelonggaran (ruang kebebasan bruto) dengan mempertimbangkan gerak kapal karena pengaruh gelombang, squat, dan kondisi dasar laut.

Ukuran diatas untuk menentukan elevasi dasar alur nominal. Untuk menentukan kedalaman alur pelayaran perlu diperhitungkan ruang untuk pengendapan, toleransi pengukuran dan toleransi penggerakan.

Secara umum kriteria kedalaman alur pelayaran adalah sebagai berikut (Groenveld, 1997) :

- $h_o/d_n > 1,4$: alur panjang, intensitas tinggi, kapal kelas IV atau lebih.
- $h_o/d_n = 1,3$: alur terbuka dan pendek, dengan intensitas arus kapal rendah, kapal kelas III atau kurang.
- $h_o/d_n > 1,5$: alur untuk tongkang yang mendorong.

II.5.3.2. Parameter lebar atau Bo/b

Parameter Bo/b menentukan intensitas arus lalu lintas kapal yang diijinkan, yang juga berhubungan dengan pola navigasi kapal di alur



(encountering atau overtaking). Dimana Bo ukuran lebar alur pada sisi lunas kapal (*keel*) dan b lebar kapal.

Triadmodjo (1996) mensyaratkan bahwa lebar alur tergantung pada beberapa faktor yaitu : lebar, kecepatan dan gerakan kapal, trafik kapal atau pola navigasi, kedalaman alur, kondisi alur (lebar/sempit), stabilitas tebing alur, dan kondisi lingkungan (angin, gelombang, arus dan arus melintang kapal)

CVB merekomendasikan sehubungan dengan parameter Bo/b adalah sebagai berikut :

- Kelas I s/d IV :
 - a. $Bo/b = 2.0$: satu jalur.
 - b. $Bo/b = 3.0$: dua jalur, *reduce profile*
 - c. $Bo/b = 4.0$: dua jalur, *profile standart/pREFERRED*.
- Kelas V atau lebih dengan dua jalur $Bo/b > 4.0$

Sedangkan menurut OCDI (1991) ukuran lebar alur untuk dua jalur direkomendasikan sebagai berikut :

Tabel 2.2 Hubungan kondisi pelayaran dengan lebar alur

Panjang alur	Kondisi pelayaran	lebar
Relatif panjang	Kapal sering bersimpangan	2 Loa
	Tidak sering bersimpangan	1,5 Loa
Selain di atas	Kapal sering bersimpangan	1,5 Loa
	Tidak sering bersimpangan	Loa



II.5.3.3. Parameter penampang atau As/Ac atau $1/k$

Parameter penampang alur sangat berpengaruh pada kecepatan layar kapal di alur, karena hal ini terkait dengan tahanan yang timbul di kapal karena berlayar di alur. Untuk itu, besarnya parameter penampang alur sangat tergantung pada *lay-out* penampang alur. *Lay-out* penampang alur dibedakan atas tiga jenis, yaitu : profil tegak (*rectangular profile*), profil trapesium (*trapezoidal profile*) dan profil kombinasi.

Untuk profil penampang alur bertipe trapesium atau tipe kombinasi berlaku rumus sebagai berikut :

$$\frac{ho}{d_u} x \frac{Bo}{b} < \frac{1}{As/Ac} \quad \dots \dots \dots \quad (2.29)$$

II.6. Gerakan struktur benda terapung

Setiap struktur terapung yang bergerak di atas permukaan laut selalu mengalami gerakan osilasi. Gerakan osilasi ini terdiri dari 6 macam gerakan yaitu 3 macam gerakan lateral dan 3 macam gerakan rotasional. Macam gerakan itu meliputi :

- 1) *Surging* : gerakan osilasi lateral terhadap sumbu X.
 - 2) *Swaying* : gerakan osilasi lateral terhadap sumbu Y.
 - 3) *Heaving* : gerakan osilasi lateral terhadap sumbu Z.
 - 4) *Rolling* : gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu X.



5) *Pitching* : gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu Y.

6) *Yawing* : gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu Z.

Hanya 3 macam gerakan merupakan gerakan osilasi murni,yaitu *heaving*, *rolling*, dan *pitching*, karena gerakan ini bekerja dibawah gaya atau momen pengembali ketika struktur itu terganggu dari posisi kesetimbangannya.

Untuk gerakan *surging*, *swaying*, dan *yawing* struktur tidak kembali menuju posisi kesetimbangannya semula bila mengalami gangguan, kecuali ada gaya atau momen pengembali yang menyebabkan bekerja dalam arah berlawanan.

Dalam kenyataannya keenam gerakan itu bergerak secara bersama-sama, jadi setiap satu macam gerakan tidaklah berdiri sendiri-sendiri. Untuk penulisan tugas akhir ini hanya akan dibahas gerakan kapal couple heaving pitching saja.

II.6.1. Gerakan *couple heaving pitching*

Untuk menghitung elevasi bangunan apung terhadap MWL akibat kopel *heaving* dan *pitching* maka digunakan teori *strip* dimana sebuah benda terapung dibagi secara tranversal menjadi beberapa bagian yang selanjutnya disebut sebagai strip.

Berdasarkan hukum Newton II maka semua gaya yang bekerja pada sebuah benda (strip) adalah sama dengan perkalian antara massa strip terhadap percepatannya.



Persamaan untuk *heaving* : $m \cdot z = \sum F$ (2.30)

Persamaan untuk *pitching* : $I \cdot \ddot{\theta} = \sum M$ (2.31)

Dimana :

ΣF = jumlah gaya fluida

ΣM = jumlah momen gaya yang bekerja pada strip akibat gerak relatif terhadap gelombang.

Adanya massa tambah pada suatu benda yang bergerak relatif terhadap fluida maka persamaan (2.39) diatas dapat ditulis kembali menjadi :

$$\sum F = (m + ma) \cdot z(2.32)$$

dimana : m = massa strip

ma = massa tambah strip untuk gerakan heaving.

Pergerakan suatu benda didalam fluida akan mengalami gaya reaksi akibat tahanan hidrodinamik yang dikenal sebagai gaya damping atau gaya redaman :

$$cz = (m + ma) \cdot z + bz(2.33)$$

dimana : b = koefisien gaya redaman

c = koefisien gaya pengembali.



Jika diasumsikan bahwa *strip* mendapat beban gelombang dengan amplitudo ζ_a maka akan terjadi perubahan gaya inersia karena adanya perubahan sarat. Perubahan sarat tersebut berlangsung secara kontinyu dan mengakibatkan adanya *exciting force*, sehingga persamaan *heaving* menjadi :

$$mz = F = md(-z + \zeta) + b(-z + \zeta) + c(-z + \zeta), \quad (2.34)$$

atau

$$(m + ma)z + bz + cz = ma\zeta + b\zeta + c\zeta \quad \dots \dots \dots (2.35)$$

dimana : ζ = percepatan fluida

ζ = kecepatan fluida

ζ = desplazamiento fluido

Ruas kanan pada persamaan (2.35) di atas disebut sebagai *exciting force*.

Posisi absolut setiap titik sepanjang benda yang dinyatakan dalam $z-\zeta\theta$ dan posisi relatif *strip* terhadap gelombang dinyatakan pada : $zr = z - \zeta\theta - \zeta$. untuk mendapatkan kecepatan relatif persamaan di atas dapat diturunkan menjadi :

$$wr = zr = z - (\zeta \theta + \theta \zeta) - \zeta \quad \dots \dots \dots \quad (2.36)$$



apabila strip tersebut memiliki kecepatan u maka :

$$d\zeta/dt = \zeta = -u \quad \dots \dots \dots \quad (2.37)$$

sehingga percepatan relatifnya menjadi :

$$w_r = z - \xi\theta - \bar{\theta}(-u) + u\bar{\theta} - \zeta \quad \dots \quad (2.38)$$

$$= z - \xi \dot{\theta} + 2u \dot{\theta} - \zeta \quad \dots \dots \dots \quad (2.39)$$

Berdasarkan persamaan-persamaan dasar diatas maka akan terdapat gaya geser diantara masing-masing strip. Besar gaya geser tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :

$$\frac{\delta f_n}{\delta \xi} = -m_n z_n - \left(a_n w_r + b_n w_r \right) - c_n z_r \quad \dots \dots \dots \quad (2.40)$$

dimana : $m_n z_n$ = gaya inersia akibat percepatan massa strip.

$a_n w_r$ = gaya hidrodinamika akibat percepatan massa tambah.

$b_n w_r$ = gaya damping akibat kecepatan relative.

c_{nZ_r} = gaya hidrostatis akibat perubahan posisi.

$$\text{Jika : } \frac{d(a_n w_r)}{dt} = w_r \frac{da_n}{dt} + a_n \frac{dw_r}{dt}$$



$$= w_r \frac{da_n}{dt} + a_n w_r \quad \dots \dots \dots \quad (2.41)$$

maka persamaan (2.40) dapat ditulis kembali menjadi :

$$\frac{\delta f}{\delta \xi} = -m_n z_n - a_n w - \left(b_n + \frac{da_n}{dt} \right) w_r - c_n z_r \quad \dots \dots \dots (2.42)$$

Agar diperoleh gaya sepanjang benda, diperlukan penjumlahan gaya pada setiap strip yang dinyatakan dalam bentuk :

$$\frac{\delta f_n}{dt} dx = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (2.43)$$

displasemen horisontal yang terjadi adalah :

$$x = \xi + ut \quad \dots \dots \dots \quad (2.44)$$

dimana u adalah displasemen antara sumbu utama dengan titik pangkal benda

Untuk waktu t tertentu, ut akan konstan sehingga :

$$dx = d\xi + d(ut) = d\xi \quad \dots \dots \dots \quad (2.45)$$

untuk mendapatkan penjumlahan gaya, persamaan (2.45) diintegrasikan menjadi :

$$-\int \frac{\delta f_n}{\delta \xi} d\xi = \int m_n z_n d\xi + \int a_n w_r d\xi + \left(\int b_n w_r d\xi - u \int \frac{da_n}{d\xi} w_r d\xi \right) + \int c_n z_r d\xi \quad \dots (2.46)$$

dimana :



pada masing-masing persamaan sama dengan nol. Dimana koefisien-koefisien tersebut adalah sebagai berikut :

$$P = -(m + ma)\omega^2 + iB\omega + c \quad \dots \dots \dots \quad (2.70)$$

$$Q = -d\omega^2 + ie\omega + h \quad \dots \dots \dots \quad (2.71)$$

$$S = -(Iyy + Ayy)\omega^2 + iB\omega + c \quad \dots \dots \dots \quad (2.72)$$

$$R = -D\omega^2 + ie\omega + H \quad \dots \dots \dots \quad (2.73)$$

Sedangkan untuk memudahkan penyelesaian, gaya dan momen eksitasi pada persamaan dasar I dan II dapat diperoleh dengan metode bilangan kompleks, yaitu :

$$\bar{F} = F_o e^{i\sigma} \quad \text{dan} \quad \bar{M} = M_o e^{i\tau}$$

Jika \bar{z} menyatakan seluruh komponen z dan $\bar{\theta}$ menyatakan seluruh komponen θ maka persamaan dasar I dan II dapat dituliskembali :

$$\bar{P}\bar{z} + \bar{Q}\bar{\theta} = \bar{F} \quad \text{dan} \quad \bar{S}\bar{\theta} + \bar{R}\bar{z} = \bar{M}$$

sehingga untuk persamaan heaving adalah :

$$\bar{z} = \frac{\bar{F} - \bar{Q}\bar{\theta}}{\bar{P}} \quad \text{dan} \quad \bar{\theta} = \frac{\bar{F} - \bar{P}\bar{z}}{\bar{Q}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.74)$$

sedangkan untuk persamaan pitching adalah :



$$\bar{z} = \frac{\bar{M} - S\bar{\theta}}{R} \quad \text{dan} \quad \bar{\theta} = \frac{\bar{M} - R\bar{z}}{S} \quad \dots \dots \dots \quad (2.75)$$

Jika persamaan di atas disubstitusikan akan diperoleh persamaan berikut :

$$\frac{\bar{F} - Q\bar{\theta}}{P} = \frac{\bar{M} - S\bar{\theta}}{R} \quad \text{dan} \quad \frac{\bar{F} - P\bar{\theta}}{Q} = \frac{\bar{M} - R\bar{\theta}}{S} \quad \dots \dots \dots \quad (2.76)$$

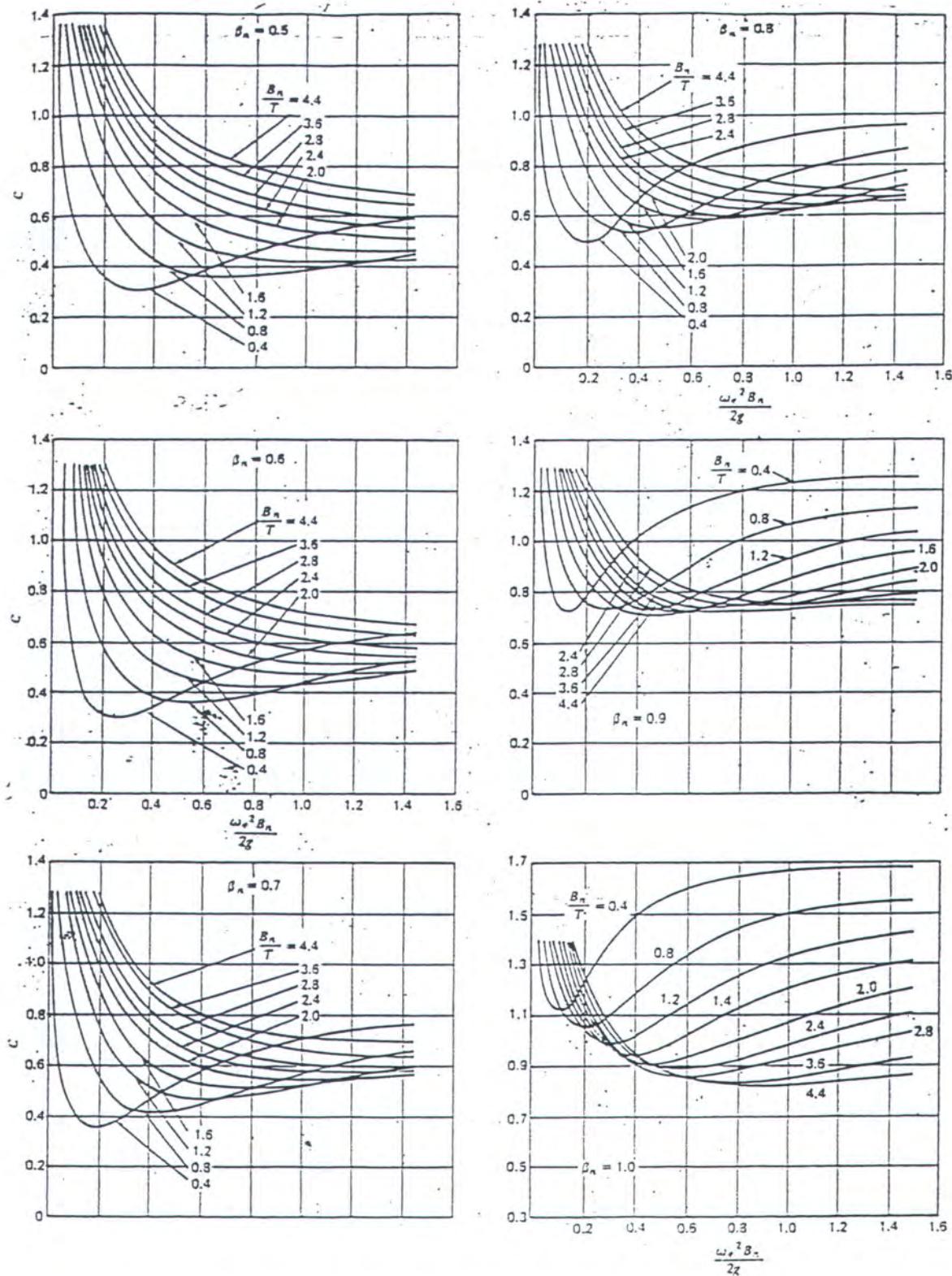
$$\bar{z} = \frac{\bar{M}Q - \bar{F}S}{QR - PS} \quad \dots \dots \dots \quad (2.77)$$

$$\bar{\theta} = \frac{\bar{F}R - \bar{M}P}{QR - PS} \quad \dots \dots \dots \quad (2.78)$$

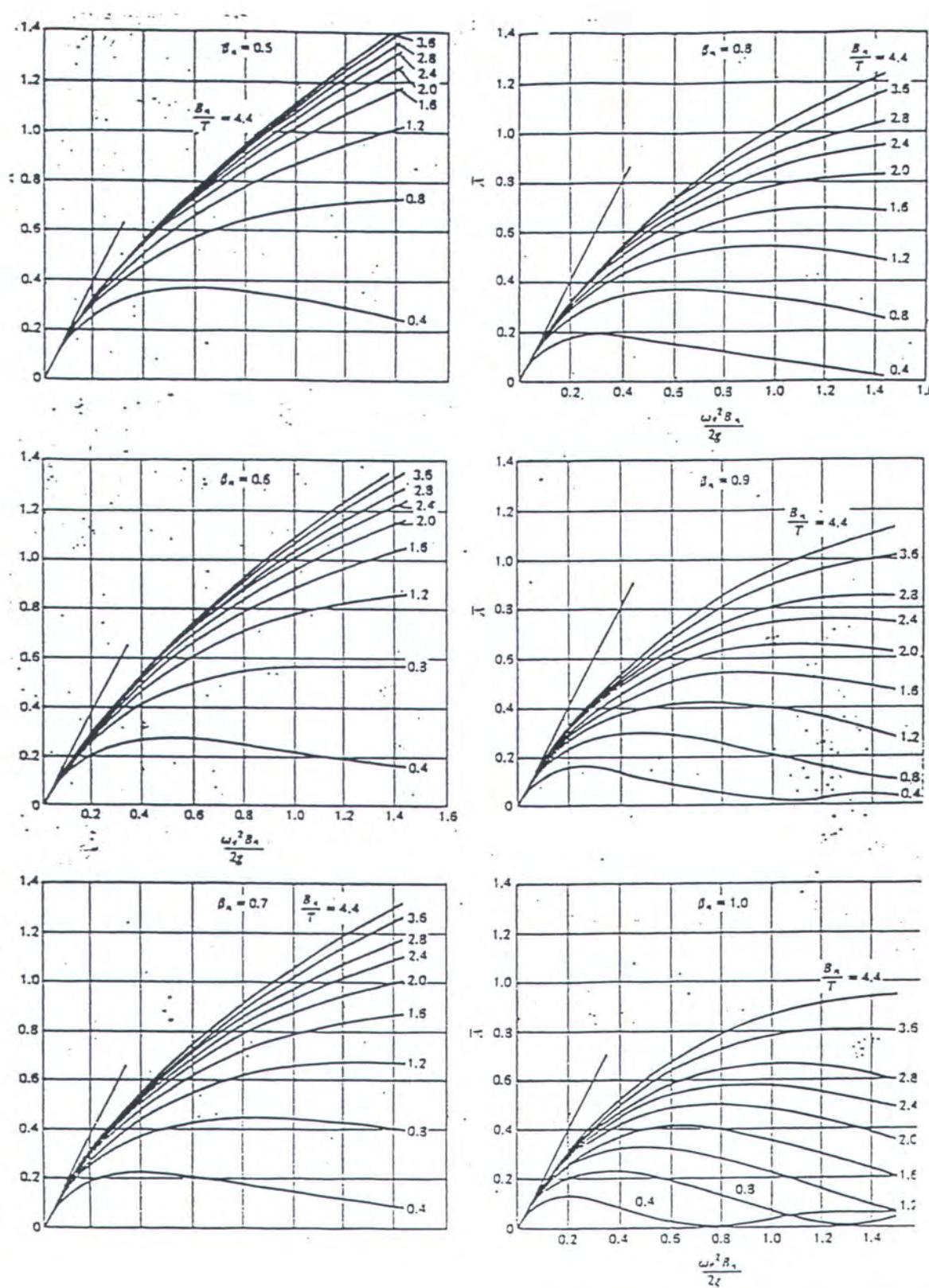
Dari persamaan (2.77) dan (2.78) diatas diperoleh solusi akhir untuk persamaan gerak kopel *heaving-pitching*. Simpangan dan sudut *phase* untuk \bar{z} dan $\bar{\theta}$ dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$\bar{z} = z_a e^{i\delta} = z_a (\cos \delta + i \sin \delta) \quad \dots \dots \dots \quad (2.79)$$

$$\bar{\theta} = \theta_a e^{i\varepsilon} = \theta_a (\cos \varepsilon + i \sin \varepsilon) \quad \dots \dots \dots \quad (2.80)$$



Gambar 2.8 : Grafik koefisien massa tambah untuk gerakan heaving



Gambar 2.9 : Grafik amplitudo rasio gerakan heaving

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Metode Penelitian

Beberapa tahapan yang dilakukan dalam menentukan kedalaman minimum dan lebar minimum alur pelayaran Selat Madura adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur

Meliputi studi dan pengumpulan literatur sebagai bahan-bahan acuan dan sumber teori-teori yang diperlukan dalam menentukan kedalaman dan lebar minimum alur pelayaran di Selat Madura.

2. Menentukan dimensi kapal yang melewati Selat Madura yang meliputi :

- Panjang kapal
- Lebar kapal
- Sarat kapal



3. Menentukan dimensi alur yang ada sekarang yang meliputi :

- Lebar alur (Bo)
- Kedalaman alur (ho)

4. Menentukan kecepatan kapal di alur maksimum dan *squat* maksimum :

- Kecepatan kapal di alur maksimum, Vlim :

$$V_{lim} = Fr \times \sqrt{g \times h}$$

$$\text{dimana : } Fr = 0,78 \times \left(1 - \frac{As}{Ac}\right)^{2,25}$$

$$As = b \times d$$



$$Ac = Bo \times ho$$

- Squat kapal maksimum Zlim :

$$\frac{Vs}{\sqrt{gh}} = \left(\frac{2\left(\frac{z}{h}\right)\left(1 - \frac{As}{Ac}\right) - \left(\frac{z}{h}\right)^2 x\left(1 - \frac{b}{Bo}\right) + \frac{2}{3} x\left(\frac{z}{h}\right)^3 x\left(\frac{mh}{Bo}\right)}{Cdx\left(\frac{As}{Ac} + \frac{z}{h} x \frac{b}{Bo}\right) + 2x \left(\frac{1}{1 - \left(\frac{z}{h}\right) + \left(\frac{mh}{Bo}\right)x\left(\frac{z}{h}\right)^2 - \frac{As}{Ac}} - 1 \right)} \right)^{\frac{1}{2}}$$

5. Menentukan parameter-parameter untuk menentukan heaving dan pitching kapal meliputi :

- Frekuensi gelombang ω_w :

$$\omega_w = \sqrt{\frac{2\pi g}{L_w}}$$

- Frekuensi encounter ω_e :

$$\omega_e = \omega_w - \frac{\omega_w^2}{g} \cos u$$

- Massa tambah untuk gerakan *heaving* a_z :

$$a_z = \int a_n d\xi$$

- Massa tambah momen inersia untuk gerakan *pitching*, A_{yy}

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

- Koefisien damping untuk gerakan *pitching*, B

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



- Koefisien damping untuk gerakan *heaving*, b

$$b = \int b_n d\xi$$

- Koefisien gaya pengembali untuk gerakan *heaving*, c

$$c = \int c_n d\xi = \rho g A_w$$

- Koefisien momen pengembali untuk gerakan *pitching*, C

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

- Untuk perhitungan d,D,e,E,h,H

$$d = \int a_n \xi d\xi$$

$$D = d$$

$$e = - \int b_n \xi d\xi - ua$$

$$E = - \int b_n \xi d\xi - ua$$

$$h = - \int c_n \xi d\xi + ub$$

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

- Massa kapal, m

$$m = m = \int m_n d\xi$$

- Komponen *exciting force*, F₁

$$F_1 = \frac{dF_1}{dx}$$

$$\frac{dF_1}{dx} = \zeta \cdot ae^{-kx} \left(-\omega \cdot e^2 a_n + c_n \right) \sin k\xi + \zeta \cdot ae^{-kx} \omega \cdot e \left(b_n - u \frac{da_n}{d\xi} \right) \cos k\xi$$



- Komponen *exciting force* F_2 ,

$$F_2 =$$

$$\frac{dF_2}{dx} \frac{dF_2}{dx} = \zeta \cdot a e^{-kx} \left(-\omega \cdot e^2 a_n + c_n \right) \cos k\xi + \zeta \cdot a e^{-kx} \omega \cdot e \left(b_n - u \frac{da_n}{d\xi} \right) \sin k\xi$$

- Komponen *exciting* momen, M_1

$$M1 = \int \frac{dM1}{dx} d\xi$$

$$\frac{dM1}{dx} = \xi \cdot \left(\frac{dF1}{dx} \right)$$

- Komponen *exciting* momen, M_2

$$M2 = \int \frac{dM2}{dx} d\xi$$

$$\frac{dM2}{dx} = \xi \cdot \left(\frac{dF2}{dx} \right)$$

6. Menghitung amplitudo gerakan *heaving* dan *pitching*

$$P = -(m+a) \omega_e^2 + i b \omega_e + c$$

$$S = - (I_{yy} + A_{yy}) \omega_e^2 + i b \omega_e + C$$

$$Q = -d \omega_e + i e \phi_e + h$$

$$R = D \omega_e^2 + i E \omega_e + H$$

(PS - QR) - $(PS - OR)$ Nilai 1

(MP – FR) - $(PS - OR)$ Nilai 2

$$(MP - FR) - \overline{(PS - OR)} \quad \text{Nilai 3}$$

$$z = \frac{\text{Nilai } 2}{\text{Nilai } 1} = z_1 + iz_2$$



$$z_a = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$$

$$\theta = \frac{\text{Nilai} 3}{\text{Nilai} 1} = \theta_1 + i \theta_2$$

$$\theta_a = \sqrt{\theta_1^2 + \theta_2^2}$$

7. Menentukan kedalaman alur minimum :

$$D_{\min} = T + Z + W + C + Irr$$

8. Menentukan lebar alur minbimum ;

$$B_{\min} = 6,5 \times \text{lebar kapal}$$



$$z_n = z - \xi\theta \quad \dots \dots \dots \quad (2.47)$$

$$z_r = z - \xi\theta - \zeta\ell^{-kz} \quad \dots \quad (2.48)$$

e^{-kz} = faktor penurunan tekanan.

Sehingga diperoleh persamaan kecepatan relatif dan perecpatan relatif baru sebagai berikut :

$$w_r = \frac{dz_r}{dt} = z - \xi\dot{\theta} + u\theta - \zeta\ell^{-kz} \quad \dots \dots \dots \quad (2.49)$$

$$w_r = dw_r/dt = \ddot{z} - \xi \dot{\theta} + 2u\dot{\theta} - \zeta \ell^{-kz} \quad \dots \quad (2.50)$$

Untuk penyederhanaan, suku-suku gerakan absolute kapal

$$(z, \dot{z}, \ddot{z}, \theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta})$$

Dipisahkan dari suku-suku gerakan gelombang ($\ddot{\xi}, \dot{\xi}, \xi$). Ruas kiri persamaan menyatakan respon natural pada displacement awal dalam still water dan ruas kanan menyatakan kondisi gelombang yang disebut *force function*. Substitusi z_+

w_r , w_i dan z_n dari persamaan (2.46) diperoleh :



Pada persamaan (2.51) diatas, ruas kanan menyatakan *exciting force* untuk masing-masing strip yang disebabkan oleh gelombang df/dx . Dengan mengasumsikan gelombang reguler dan harmonik maka dengan mensubstitusikan formulasi $x = \xi + ut$ kedalam persamaan diatas maka :

$$\zeta = \zeta_0 \sin k(\xi + (u + Vw)t) \quad \dots \dots \dots \quad (2.52)$$

Jika $-k(u-Vw) = \omega_e$ dan ω_e merupakan frekuensi *encounter* maka kecepatan dan percepatan elevasi dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\zeta = \zeta_0 \sin(k\xi - \omega_0 t) \quad \dots \dots \dots \quad (2.53)$$

$$\zeta = -\zeta_a \omega \ell \cos(k\xi - \omega \ell t) \quad \dots \dots \dots \quad (2.54)$$

$$\ddot{\zeta} = -\zeta \cdot a \cdot \omega \cdot \ell^2 \cdot \sin(k\xi - \omega \cdot \ell t) \quad \dots \dots \dots \quad (2.55)$$

Dengan mensubstitusikan ke dalam persamaan (2.51) dan kemudian hasilnya diintegrasikan terhadap panjang benda, diperoleh persamaan dasar I untuk gerakan translasi pada *couple heaving* dan *pitching*, yaitu :

$$(m + ma) \ddot{z} + b \dot{z} + cz + d \ddot{\theta} + \ell \dot{\theta} + h\theta = F(t) \quad \dots \dots \dots \quad (2.56)$$



dimana : $m = \int m_n d\xi$ (2.57)

$$ma = \int a_n d\xi$$

$$b = \int b_n d\xi$$

karena diasumsikan $u \int (da_n / d\xi) d\xi = 0$ maka :

$$c = \int c_n d\xi (2.58)$$

yang dapat juga dinyatakan sebagai $\rho.g \int B_n d\xi$, dimana B_n merupakan lebar masing-masing seksi.

$$d = - \int a_n \xi \cdot d\xi (2.59)$$

karena $\int m_n \xi \cdot d\xi = 0$, yaitu momen dari massa total disekitar titik beratnya harus sama dengan nol maka :

$$e = - \int b_n \xi \cdot d\xi + 2u \int a_n d\xi + u \int (da_n / dt) \xi \cdot d\xi$$

$$e = - \int b_n \xi \cdot d\xi + um a (2.60)$$

jika $\int \xi (da_n / d\xi) d\xi = \int \xi$ dan $= -ma$, maka :

$$h = - \int c_n \xi \cdot d\xi + u \int b_n d\xi$$



$$= - \int c_n \xi \cdot d\xi + ub \quad \dots \dots \dots \quad (2.61)$$

dan karena $u^2 \int (da_n / d\xi) d\xi = 0$ maka :

$$\zeta \cdot a e^{-k\xi} \int (-\omega \cdot e^2 a_n + c_n) \sin(k\xi - \omega \cdot e t) d\xi - \zeta \cdot a e^{-k\xi} \omega \cdot e \left(b_n - u \frac{da_n}{d\xi} \right) \cos(k\xi - \omega e t) d\xi$$

Exciting force (f) yang timbul sebagai akibat gerakan heaving merupakan kurva sinusoidal dan secara umum dinyatakan sebagai berikut :

$$F_o = F_1 \cos \omega et + F_2 \sin \omega et \\ = F_o \cos(\omega et - \sigma) \quad \dots \dots \dots \quad (2.62)$$

dimana F_0 merupakan simpangan dari *exciting force* yang dinyatakan sebagai berikut :

sedangkan σ merupakan sudut *phase* yang dinyatakan sebagai berikut :

$$\sigma = -\tan^{-1}(F1/F2) \dots \quad (2.64)$$

F1 dan F2 dapat diperoleh dari persamaan berikut :

$$F1 = \int \frac{dF1}{dx} dx$$



$$\frac{dF_1}{dx} = \zeta \cdot a e^{-kx} \left(-\omega \cdot e^2 a_n + c_n \right) \sin k\xi + \zeta \cdot a e^{-kx} \omega \cdot e \left(b_n - u \frac{da_n}{d\xi} \right) \cos k\xi \quad \dots \dots \dots (2.65)$$

$$F2 = \int \frac{dF2}{dx} dx$$

$$\frac{dF_2}{dx} = \zeta \cdot ae^{-kx} \left(-\omega \cdot e^2 a_n + c_n \right) \cos k\xi + \zeta \cdot ae^{-kx} \omega \cdot e \left(b_n - u \frac{da_n}{d\xi} \right) \sin k\xi \quad \dots \dots \dots (2.66)$$

Hal yang perlu diperhatikan dari persamaan di atas adalah bahwa z diukur dari garis sarat rata-rata. Persamaan dasar II merupakan persamaan yang menggambarkan perilaku gerakan *pitching* akibat gerakan *couple heaving* dan *pitching*, yaitu :

$$(I_{yy} + A_{yy})\ddot{\theta}_+ + B\dot{\theta}_+ + C\theta_+ + Dz_+ + Ez_+ + Hz = M(t) \quad \dots \dots \dots \quad (2.67)$$

dimana :

A_{yy} = massa tambah momen inersia = $\int a_n \xi^2 d\xi$

$$B = \text{momen peredam} = \int b_n \xi^2 d\xi$$

$$C = \text{momen pengembali} = \int c_n \xi^2 d\xi$$

$$M = \text{ momen eksitasi } = M_o \cos(\omega e + \tau) = \int \frac{dF}{d\xi} \xi d\xi$$

Sedangkan D, E dan H merupakan bentuk kopel yang dinyatakan sebagai berikut :



$$D = d$$

$$E = - \int b_n \xi \cdot d\xi - u ma$$

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

Amplitudo momen eksitasi Mo dapat dipeoleh melalui persamaan berikut :

$$Mo = \sqrt{M1^2 + M2^2} \quad \dots \dots \dots \quad (2.68)$$

Sudut phase τ akibat momen eksitasi terhadap gerakan gelombang adalah :

$$\tau = -\tan^{-1}(M2 / M1) \quad \dots \dots \dots \quad (2.69)$$

dimana :

$$M1 = \int \frac{dM1}{dx} d\xi$$

$$M2 = \int \frac{dM2}{dx} d\xi$$

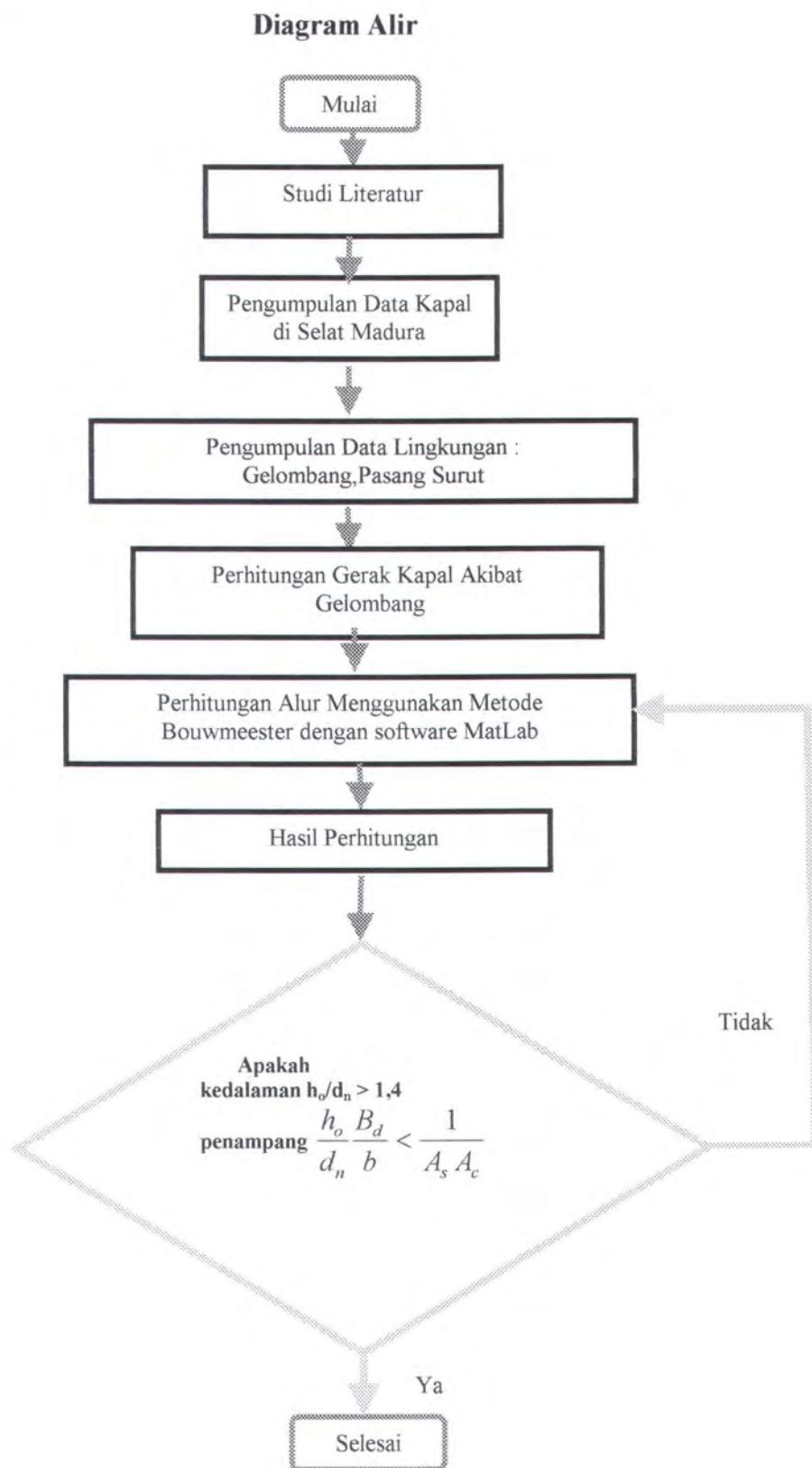
$$\frac{dM1}{dx} = \xi \left(\frac{dF1}{dx} \right)$$

$$\frac{dM2}{dx} = \xi \left(\frac{dF2}{dx} \right)$$

Koefisien-koefisien pada persamaan dasar I dan II dapat diperoleh dengan mengasumsikan pendekatan gerak kopel untuk *calm water* sehingga ruas kanan



III.2 Diagram Alir



BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN



BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

IV.1. Kondisi Alur

Kondisi Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) dibagi atas lima potongan yaitu :

Section 1 : lokasi di Tanjung sawo

Section 2 : depan Kali Mertani

Section 3 : di Kali Mireng

Section 4 : di Pelabuhan Gresik

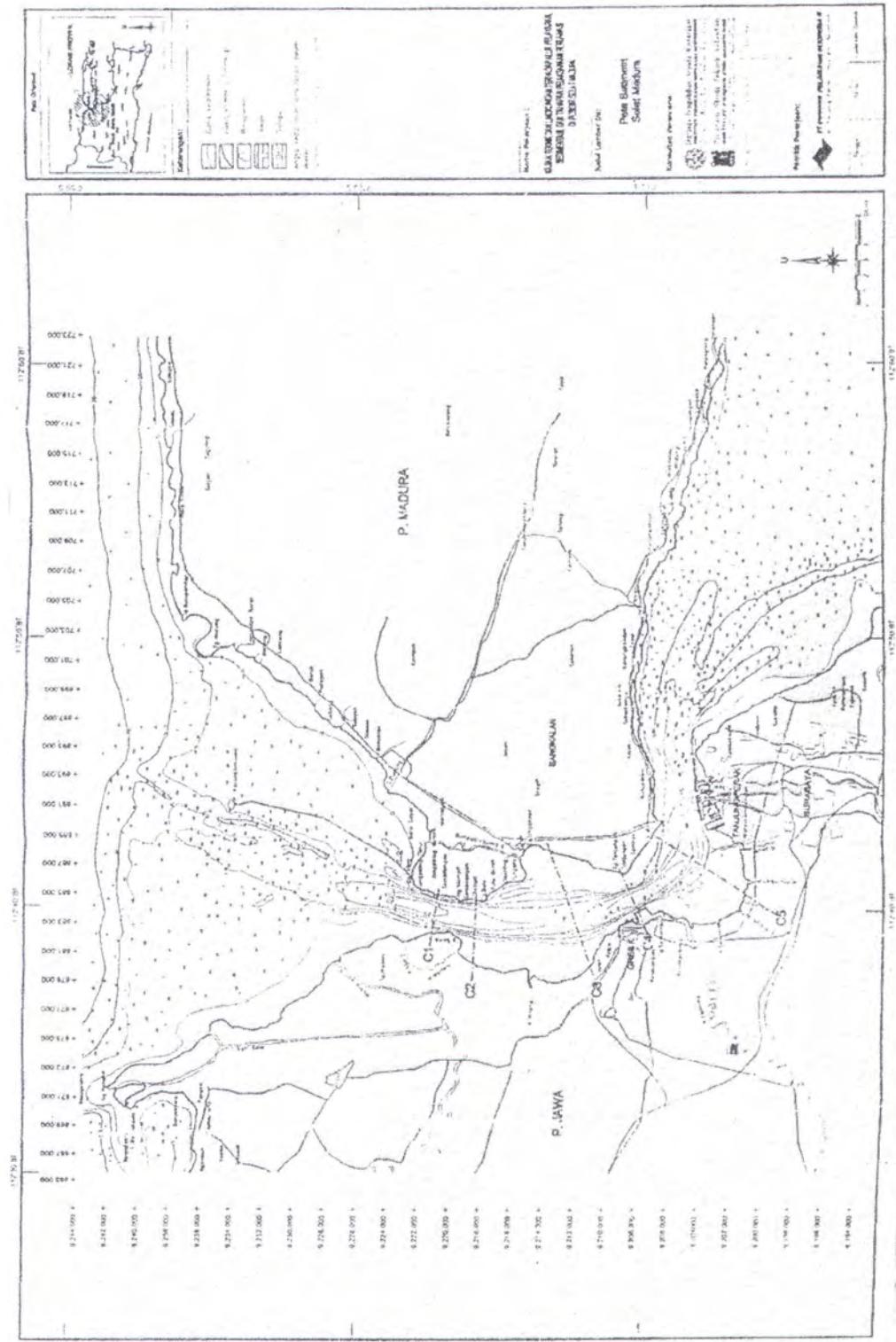
Section 5 : di Kali Lamong

Ukuran alur di masing masing potongan dapat dilihat pada tabel 4.3. di bawah ini.

Tabel 4.1. Ukuran alur di masing-masing potongan.

No	Uraian	Simbol	Satuan	Sect 1	Sect 2	Sect 3	Sect 4	Sect 5
1	Kedalaman maksimum	DHWL	m	21.59	16.76	11.76	21.76	16.76
2	Kedalaman rata-rata	DMWL	m	21.13	16.27	11.27	21.27	16.27
3	Kedalaman rendah	DLWL	m	20.717	15.824	10.824	20.824	15.824
4	Elevasi terendah	DLWS	m	20	15	10	20	15
5	Lebar alur utama	B	m	516	1140	2005	919	1100
6	Sudut belokan alur	α	deg	-	-	79	78	59
7	Lebar alur minimum	BA(min)	m	245.375	245.375	245.375	245.375	245.375
8	Tinggi gelombang 10 th	Hs	m	3.186	0.358	0.942	0.634	1.087
9	Parameter lebar alur	B_d/b		13.67	30.20	53.11	24.34	29.14
10	Parameter dalam alur	h_d/d		1.6	1.2	0.8	1.6	1.2
11	Parameter penampang	Ac/As		22.32	36.98	43.36	39.75	35.68

Sedangkan lokasi dari Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) dengan masing-masing section akan ditunjukkan pada gambar 4.1 di bawah ini



Gambar 4.1 Alur Pelayaran Selat Madura



IV.2. Kapal yang diperhitungkan

Kapal yang ditinjau untuk menentukan lebar dan kedalaman alur dikelompokkan menjadi 3 jenis kapal berdasarkan pada DWT-nya. Ukuran dari kapal diperlihatkan pada tabel 4.2 . dibawah ini.

Tabel 4.2. Ukuran kapal berdasar DWT nya.

	0-15000 DWT	15000-30000 DWT	>30000 DWT
DWT	14000	25700	52400
Panjang Kapal	149	157	279
Lebar Kapal	18,5	27,5	37,8
Sarat Kapal (max)	10	10	12

IV.3. Hasil perhitungan dengan metode Bowmeester

Hasil perhitungan dengan metode Bouwmeester ini berupa batas kecepatan maksimum kapal yang berlayar dialur (V_{lim}), kecepatan arus balik (U) dan depresi permukaan air laut/*squat* (Z).

Proses perhitungan metode Bouwmeester dapat dilihat pada lampiran 1. Hasil perhitungan U (*return current*) dan Z (*squat*) untuk kapal berukuran > 30000 DWT dengan pendekatan kekekalan momentum (*Bouwmeester method*) untuk section 1 dan 4 ditunjukkan pada tabel 4.3 dibawah ini.



Tabel 4.3. Hasil perhitungan dengan metode Bouwmeester pada section 1 dan 4 untuk tipe kapal >30000 DWT.

No	h	Vs	U	Z	$\frac{Z}{h}$	$\frac{U}{\sqrt{gh}}$	$\frac{Vs}{\sqrt{gh}}$
	(m)	(m/s)	(m/s)	(m)			
1	20	1	0,0559	0,2315	0,0116	0,0049	0,2897
2	20	2	0,1188	0,3600	0,0180	0,0109	0,3428
3	20	3	0,1942	0,4897	0,0245	0,0180	0,3806
4	20	4	0,2871	0,6204	0,0312	0,0263	0,4089
5	20	5	0,4022	0,7522	0,0376	0,0359	0,4311
6	20	6	0,5447	0,8850	0,0443	0,0468	0,4483
7	20	7	0,7209	1,0189	0,0509	0,0590	0,4620
8	20	8	0,9407	1,1539	0,0577	0,0726	0,4731
9	20	9	1,2284	1,389	0,0645	0,0876	0,4819

Dari Tabel 4.3 untuk tipe kapal berbobot > 30000 DWT menunjukkan nilai U (return current) dan Z (squat) semakin besar seiring dengan bertambah besarnya kecepatan kapal (Vs). Dimana pada section 1 dan 4 untuk Vs = 1 m/s didapat nilai U = 0,0559 m/s dan Z = 0,2315 sedangkan untuk kecepatan kapal tertinggi di alur, Vs = 9 m/s didapat nilai U = 1,2284 m/s dan Z = 1,389 m

Hasil perhitungan U (*return current*) dan Z (*squat*) untuk kapal berukuran > 30000 DWT dengan pendekatan kekekalan momentum (*Bouwmeester method*) untuk section 2,3 dan 5 ditunjukkan pada tabel 4.4 dibawah ini.



Tabel 4.4 Hasil perhitungan dengan metode Bouwmeester pada section 2,3 dan 5 untuk tipe kapal >30000 DWT.

No	h	Vs	U	Z	$\frac{Z}{h}$	$\frac{U}{\sqrt{gh}}$	$\frac{Vs}{\sqrt{gh}}$
	(m)	(m/s)	(m/s)	(m)			
1	15	1	0,0767	0,2163	0,0159	0,0077	0,2666
2	15	2	0,1643	0,3417	0,0251	0,0171	0,3181
3	15	3	0,2719	0,4697	0,0345	0,0283	0,3548
4	15	4	0,4084	0,6002	0,0312	0,0441	0,3824
5	15	5	0,5847	0,7334	0,0539	0,0571	0,4036
6	15	6	0,8181	0,8690	0,0639	0,0749	0,4200
7	15	7	1,1537	1,0071	0,0741	0,0951	0,4328

Dari Tabel 4.4 untuk tipe kapal berbobot > 30000 DWT menunjukkan nilai U (return current) dan Z (squat) semakin besar seiring dengan bertambah besarnya kecepatan kapal (Vs). Dimana pada section 2,3 dan 5 untuk Vs = 1 m/s didapat nilai U = 0,0767 m/s dan Z = 0,2163 sedangkan untuk kecepatan kapal tertinggi di alur, Vs = 7 m/s didapat nilai U = 1,1537 m/s dan Z = 1,0071m

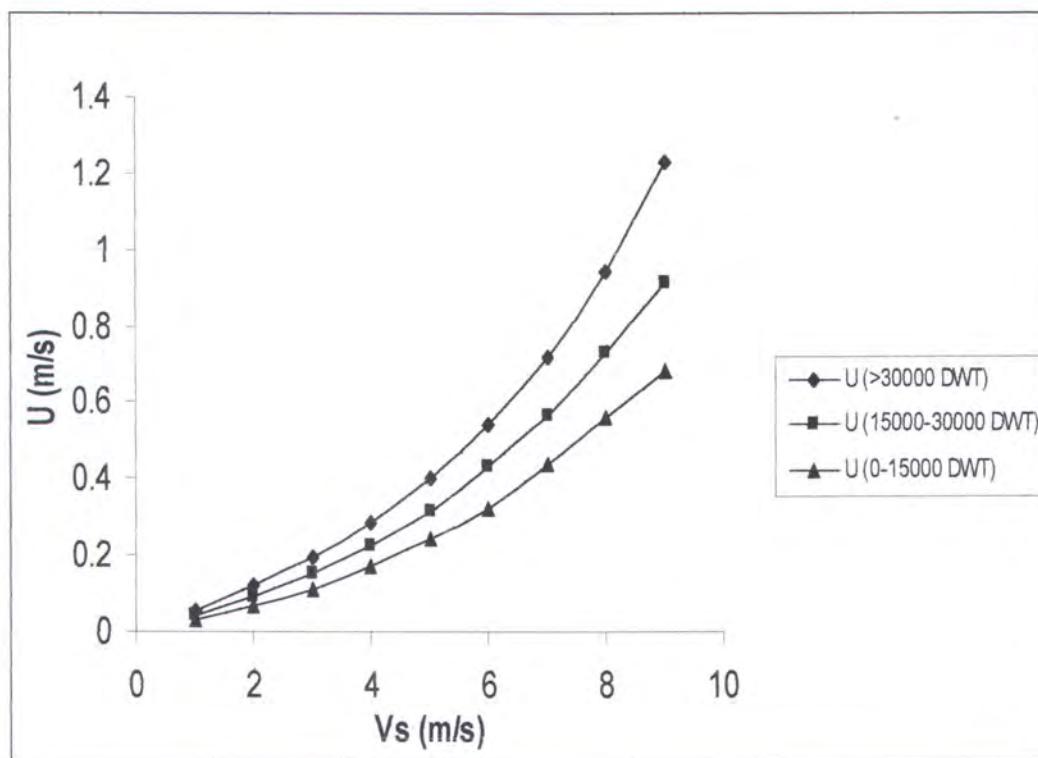
Dengan cara yang sama didapat untuk kapal berukuran 15000 - 30000 DWT dengan pendekatan kekekalan momentum (*Bouwmeester method*) . Dimana pada section 1 dan 4 untuk Vs = 1 m/s didapat nilai U = 0,00423 m/s dan Z = 0,1557 sedangkan untuk kecepatan kapal tertinggi di alur, Vs = 9 m/s didapat nilai U = 0,9159 m/s dan Z = 1,0104 m, sedangkan untuk section 2,3,4 dan 5 untuk Vs = 1 m/s didapat nilai U = 0,0577 m/s dan Z = 0,2138 sedangkan untuk kecepatan kapal tertinggi di alur, Vs = 9 m/s didapat nilai U = 1,1735 m/s dan Z = 1,0585 m

Untuk tipe kapal berbobot 0-15000 DWT . Dimana pada section 1 dan 4



untuk $V_s = 1 \text{ m/s}$ didapat nilai $U = 0,0304 \text{ m/s}$ dan $Z = 0,1181$ sedangkan untuk kecepatan kapal tertinggi di alur, $V_s = 9 \text{ m/s}$ didapat nilai $U = 0,7659 \text{ m/s}$ dan $Z = 0,7570 \text{ m}$, sedangkan pada section 2,3 dan 5 untuk $V_s = 1 \text{ m/s}$ didapat nilai $U = 0,0411 \text{ m/s}$ dan $Z = 0,1289$ sedangkan untuk kecepatan kapal tertinggi di alur, $V_s = 8 \text{ m/s}$ didapat nilai $U = 0,8024 \text{ m/s}$ dan $Z = 0,7616 \text{ m}$.

Dari perhitungan diatas didapat grafik hubungan V_s dengan U untuk tipe kapal 0-15000 DWT, 15000-30000 DWT dan >30000 DWT pada section 1 seperti terlihat pada gambar 4.2. dibawah ini.

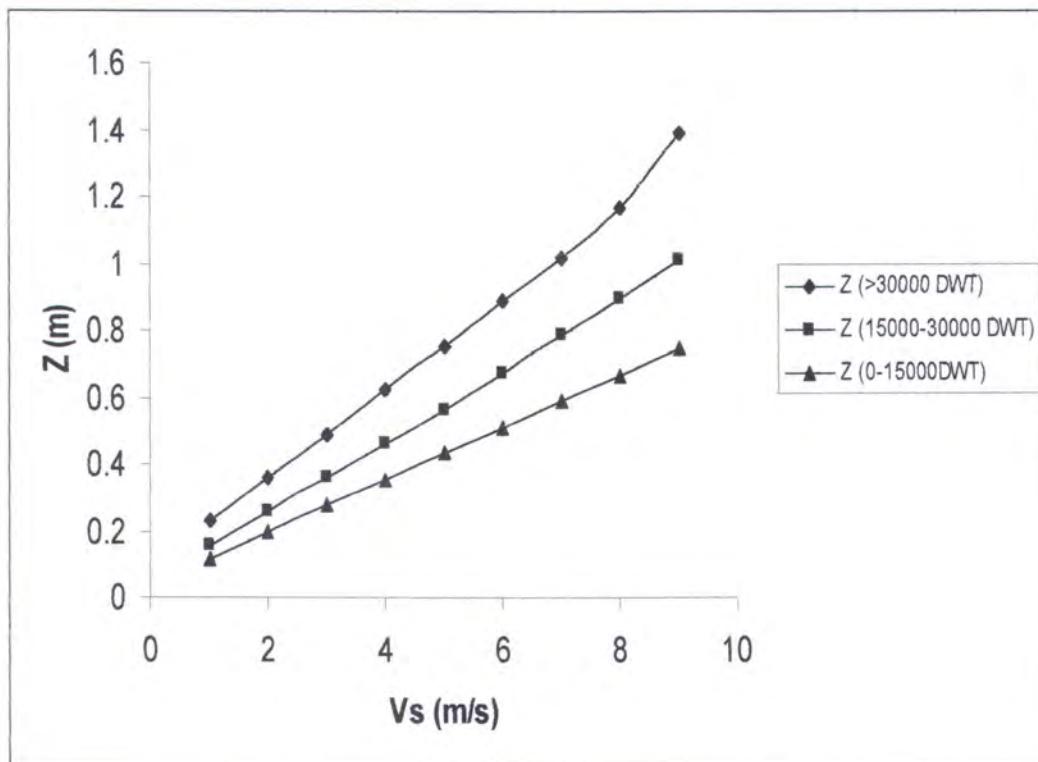


Gambar 4.2 Grafik hubungan V_s dengan U dan Z pada kapal berbobot 0-15000, 15000-30000 dan > 30000 DWT pada section 1 dan 4.



Dari gambar 4.2 diatas menunjukkan pada section 1 dan 4, untuk kapal berbobot 0-15000 DWT, 15000-30000 DWT dan > 30000 DWT nilai U menunjukkan kenaikan seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal.

Sedangkan untuk tipe kapal 0-15000 DWT, 15000-30000 DWT dan >30000 DWT pada section 1 dan 4 didapat grafik hubungan Vs dengan Z seperti terlihat pada gambar 4.3. dibawah ini.

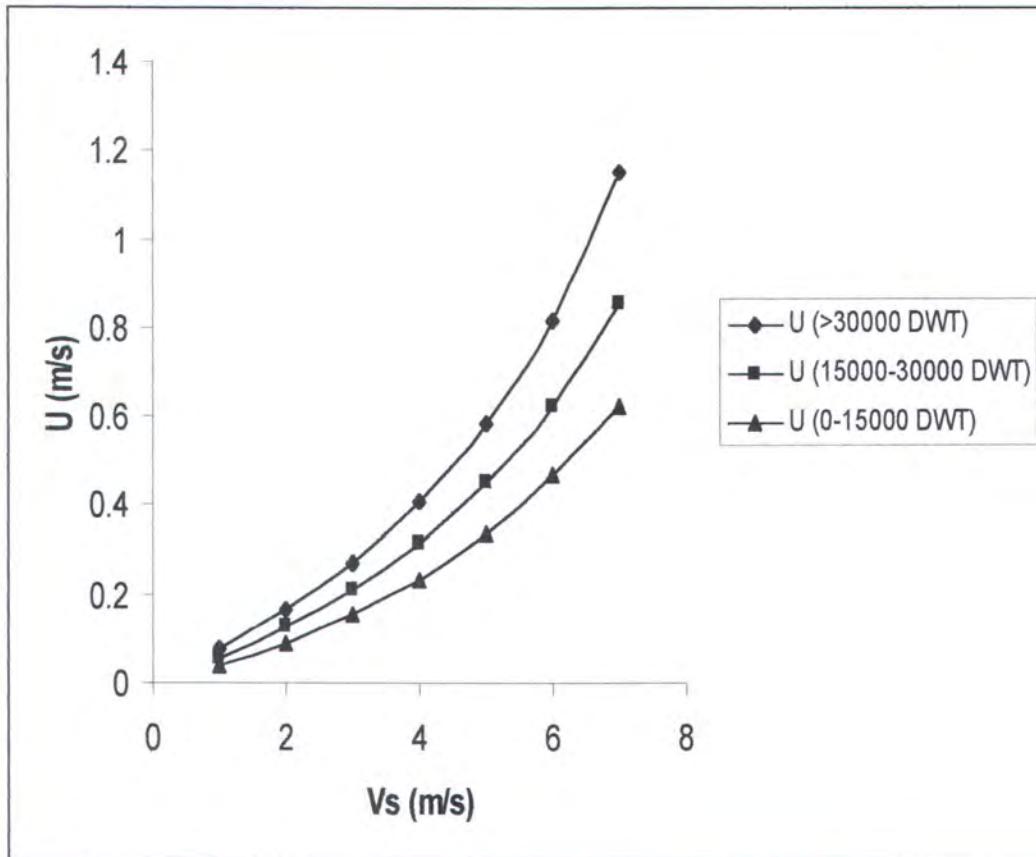


Gambar 4.3 Grafik hubungan Vs dengan Z pada kapal berbobot 0-15000, 15000-30000 DWT dan >30000 DWT pada section 1 dan 4

Dari gambar 4.3 diatas menunjukkan pada section 1 dan 4, untuk kapal berbobot 0-15000 DWT, 15000-30000 DWT dan > 30000 DWT nilai Z menunjukkan kenaikan seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal.



Sedangkan untuk section 2,3,4 dan 5 untuk tipe kapal 0-15000 DWT, 15000-30000 DWT dan >30000 DWT pada section 2,3 dan 5 didapat grafik hubungan Vs dengan U seperti terlihat pada gambar 4.4. dibawah ini.

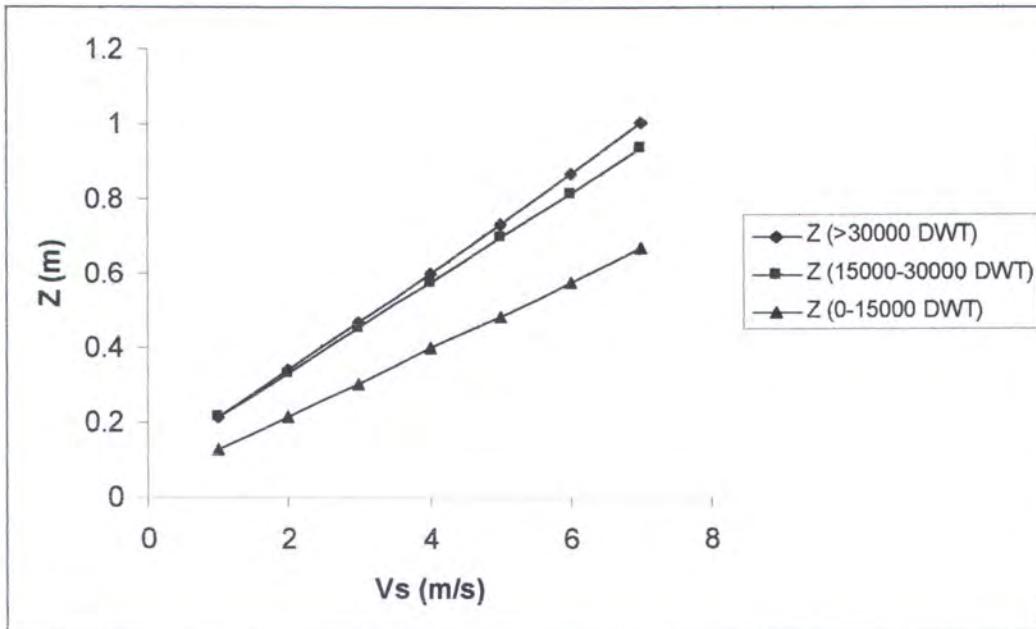


Gambar 4.4 Grafik hubungan Vs dengan U pada kapal berbobot 0-15000, DWT, 15000-30000 DWT dan >30000 DWT pada section 2,3, dan 5

Dari grafik 4.4 diatas menunjukkan pada section 2,3 dan 5, untuk kapal berbobot 0-15000 DWT, 15000-30000 DWT dan > 30000 DWT nilai U menunjukkan kenaikan seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal.



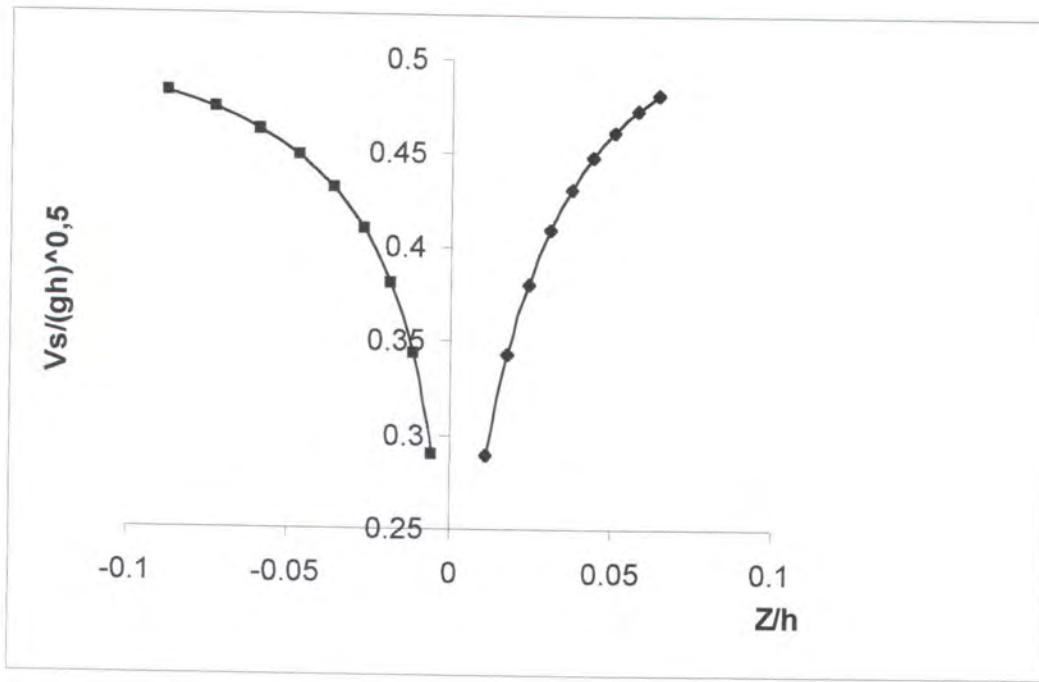
Untuk tipe kapal 0-15000 DWT, 15000-30000 DWT dan >30000 DWT pada section 2,3 dan 5 didapat grafik hubungan Vs dengan Z seperti terlihat pada gambar 4.5. dibawah ini.



Gambar. 4.5 Grafik hubungan Vs dengan Z pada kapal Berbobot 0-15000 DWT, 15000-30000DWT dan >30000 DWT pada section 2,3 dan 5.

Dari gambar 4.5 diatas menunjukkan pada section 2,3 dan 5, untuk kapal berbobot 0-15000 DWT, 15000-30000 DWT dan > 30000 DWT nilai Z menunjukkan kenaikan seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal.

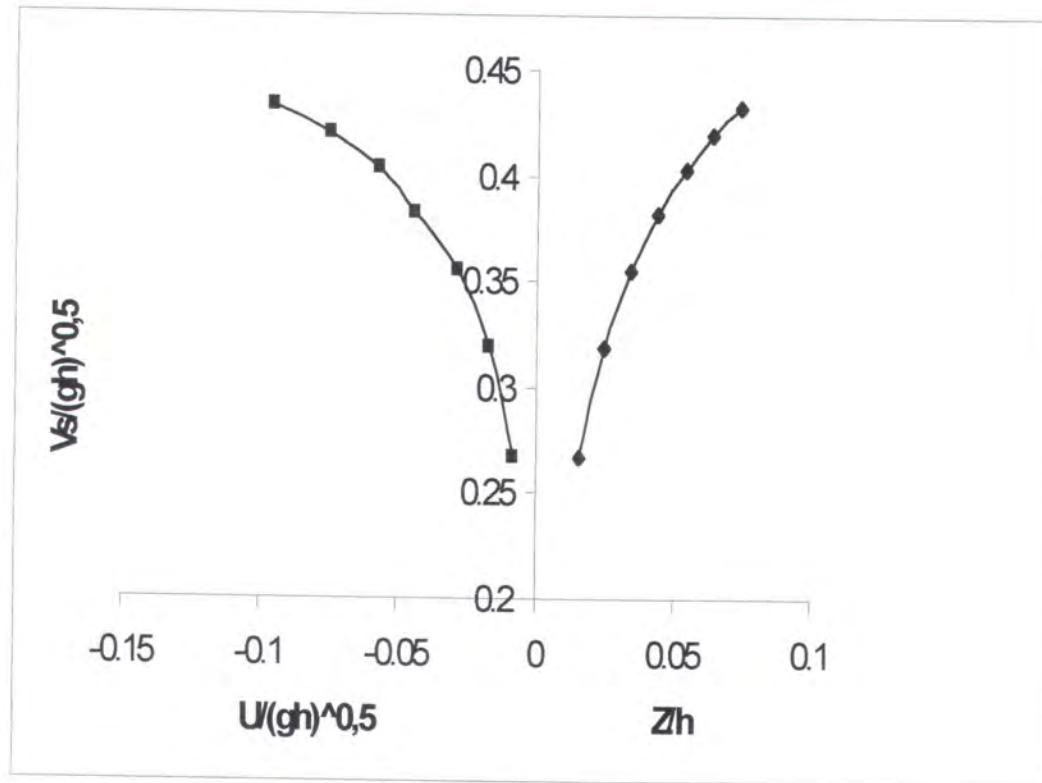
Dari hasil diatas maka dapat digrafikkan hubungan antara Z/h dan U/\sqrt{gh} dengan Vs/\sqrt{gh} untuk tipe kapal berbobot >30000 DWT pada section 1 dan 4 seperti pada gambar 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.6 Grafik hubungan Z/h dan U/\sqrt{gh} dengan V_s/\sqrt{gh} pada kapal >30000 DWT pada section 1 dan 4

Dari gambar 4.6 diatas menunjukkan hubungan V_s/\sqrt{gh} dengan Z/h dan U/\sqrt{gh} . Dimana V_s/\sqrt{gh} naik secara linier seiring dengan bertambahnya Z/h dan U/\sqrt{gh} untuk kapal berbobot >30000 DWT pada section 1 dan 4.

Dari hasil diatas maka dapat digrafikkan hubungan antara Z/h dan U/\sqrt{gh} dengan V_s/\sqrt{gh} untuk tipe kapal berbobot >30000 DWT pada section 2,3 dan 5 seperti pada gambar 4.7 dibawah ini.



Gambar 4.7 Grafik hubungan Z/h dan U/\sqrt{gh} dengan Vs/\sqrt{gh} pada kapal berbobot >30000 DWT pada section 2,3 dan 5

Dari gambar 4.7 diatas menunjukkan hubungan Vs/\sqrt{gh} dengan Z/h dan U/\sqrt{gh} . Dimana Vs/\sqrt{gh} naik secara linier seiring dengan bertambahnya Z/h dan U/\sqrt{gh} untuk kapal berbobot >30000 DWT pada section 2,3 dan 5.

Pada perhitungan section 1 dan 4 adanya kecenderungan garis yang meningkat dari U dan Z seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal (Vs) yang berlayar dialur terebut. Hasil perhitungan dengan metode Bouwmeester tersebut diketahui bahwa pada kecepatan kapal (Vs) terbesar diperoleh nilai arus balik (U) 1,2284 m/s dan *squat* (Z) 1,389 m. Sedangkan nilai Vs/\sqrt{gh} akan meningkat seiring bertambahnya nilai Z/h dan U/\sqrt{gh} .



Pada perhitungan section 2, 3 dan 5 adanya kecenderungan garis yang meningkat dari U dan Z seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal (Vs) yang berlayar dialur terebut. Hasil perhitungan dengan metode Bouwmeester tersebut diketahui bahwa pada kecepatan kapal (Vs) terbesar diperoleh nilai arus balik (U) 1,1537 m/s dan squat (Z) 1,0071 m. Sedangkan nilai Vs/\sqrt{gh} akan meningkat seiring bertambahnya Z/h dan U/\sqrt{gh}

Secara umum dari hasil perhitungan di atas menunjukkan adanya kesamaan kecenderungan garis antara U dan Z baik pada section 1,2,3 4 dan 5. Hal tersebut menunjukkan bahwa arus balik (U) dan squat (Z) sangat tergantung pada kecepatan layar kapal (Vs).

IV.4. Hasil perhitungan couple heaving-pitching kapal

Perhitungan gerakan *couple heaving-pitching* kapal ini merupakan perumusan masalah dari dasar teori yang sudah dijelaskan pada bab II. Proses perhitungan gerakan *couple heaving-pitching* kapal dengan teori Strip dapat dilihat pada lampiran 2.

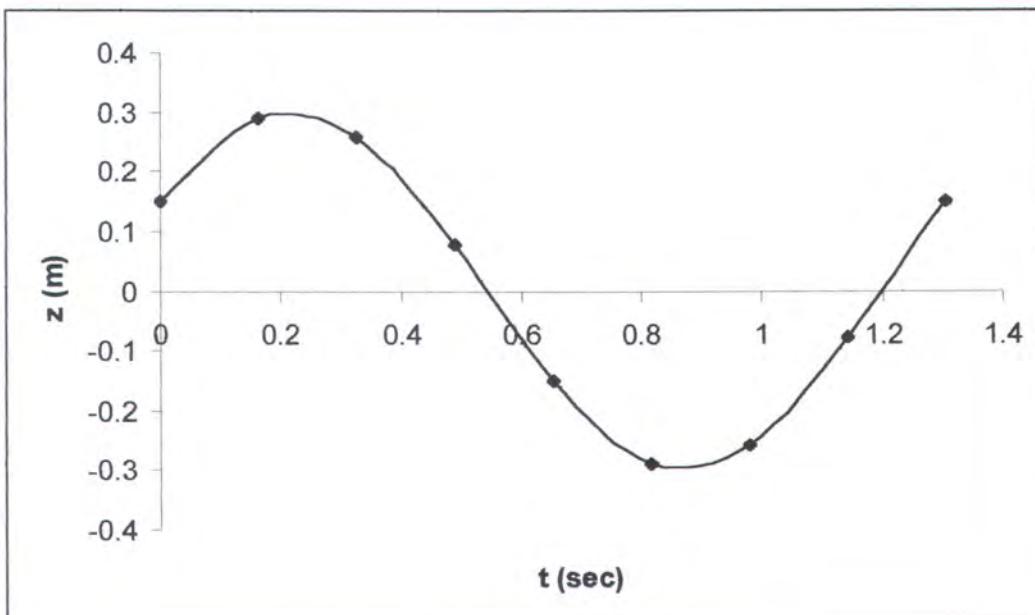
Pada tabel 4.9 dibawah ini ditunjukkan hasil perhitungan *couple heaving* dan *pitching* untuk $\omega_e = 0$ sampai $\omega_e = 2\pi$.untuk kapal berbobot > 30000 DWT pada section 1.



Tabel 4.5. Hasil perhitungan couple heaving-pitching kapal berbobot >30000DWT pada section 1

$\omega_e t$ (rad)	t (sec)	ζ (ft)	F ($\times 10^{12}$)(lb)	z (ft)	M ($\times 10^{18}$)(ft-lb)	θ (rad)
0	0,000	0	2,783	0,495	6,68	0,0146
$\pi/4$	0,163	-0,1414	6,212	0,951	3,16	0,0066
$\pi/2$	0,327	-0,2000	6,002	0,85	-2,21	-0,0052
$3\pi/4$	0,490	-0,1414	2,276	0,251	-6,29	-0,0140
π	0,653	0,0000	-2,783	-0,495	-6,68	-0,0146
$5\pi/4$	0,816	0,1414	-6,212	-0,951	-3,16	-0,0066
$6\pi/4$	0,980	0,2000	-6,002	-0,85	2,21	0,0052
$7\pi/4$	1,143	0,1414	-2,276	-0,251	6,29	0,0140
2π	1,306	0,0000	2,783	0,495	6,68	0,0146

Dari tabel 4.8. diatas ditunjukkan untuk kapal berbobot >30000 DWT besarnya gerakan *heaving* terbesar $z = 0.951$ ft = 0.29 m dengan sudut *phase* gerakan *pitching* 0.0146 rad = 0.832° dengan besarnya gerakan *pitching* sebesar 1.525 m. Dengan grafik gerakan *heaving* yang ditunjukkan pada gambar 4.8. dibawah.

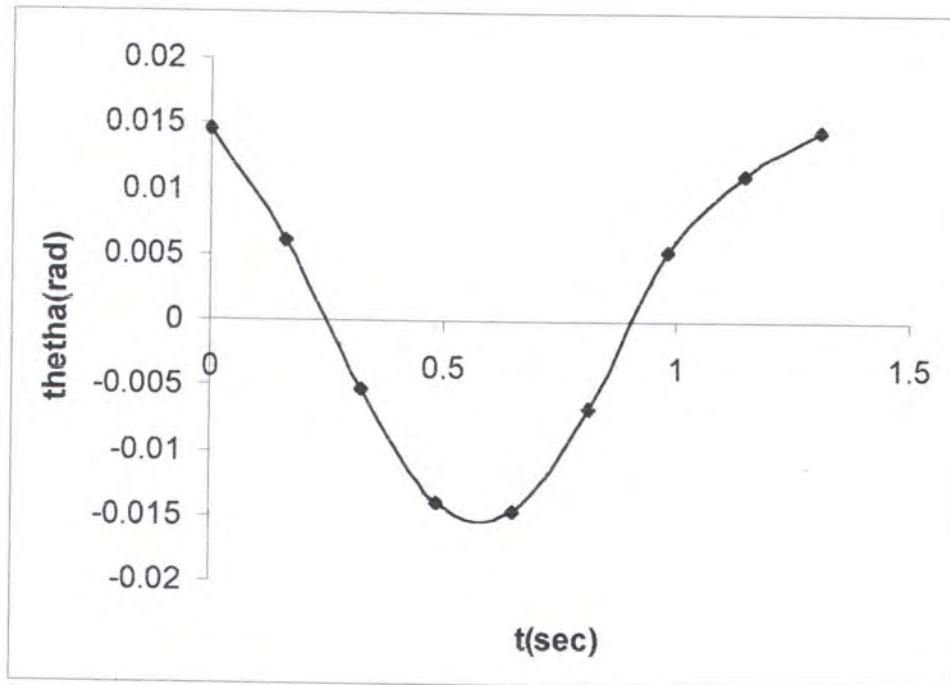


Gambar 4.8. Grafik gerakan heaving kapal berbobot >30000 DWT pada section 1.



Dari gambar 4.8. diatas dapat dilihat hasil gerakan heaving terbesar $z = 0.28$ m pada $t = 0.163$ sec dan heaving terkecil $z = 0.07$ m pada $t = 0.49$ sec, dengan bentuk grafik sinusoidal.

Gambar 4.9. di bawah ini menunjukkan hubungan t (sec) dengan sudut phase gerakan pitching θ (rad) untuk kapal berbobot >30000 DWT pada section 1..



Gambar 4.9. Grafik gerakan *pitching* kapal berbobot >30000 DWT pada section 1

Dari gambar 4.9. diatas dapat dilihat besarnya sudut *phase* gerakan *pitching* terbesar $\theta = 0.0146$ rad pada $t = 0$ sec dan sudut *phase* gerakan *pitching* terkecil $\theta = 0.0052$ rad pada $t = 0.327$ sec. Dengan besarnya gerakan *pitching* 1.8 m.

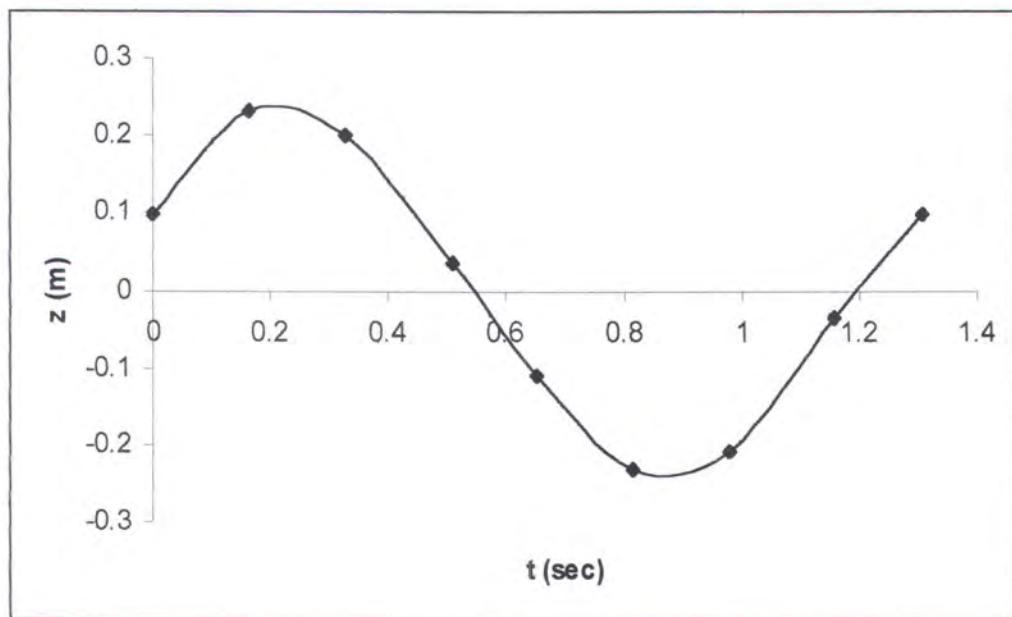


Pada tabel 4.9 dibawah ini ditunjukkan hasil perhitungan *couple heaving* dan *pitching* untuk $\omega_e = 0$ sampai $\omega_e = 2\pi$.untuk kapal berbobot > 30000 DWT pada section 2,3,4 dan 5.

Tabel 4.6. Hasil perhitungan *couple heaving-pitching* kapal berbobot >30000 DWT pada section 2,3,4 dan 5

$\omega_e t$ (rad)	t (sec)	ζ (ft)	F ($\times 10^{12}$)(lb)	z (ft)	M ($\times 10^{18}$)(ft-lb)	θ (rad)
0	0,000	0	2,413	0.324	6,28	-0,010
$\pi/4$	0,163	-0,1414	5.912	0.762	3,01	-0,013
$\pi/2$	0,327	-0,2000	5,002	0.661	-1,96	-0,008
$3\pi/4$	0,490	-0,1414	2,113	0.112	-5,98	0,001
π	0,653	0,0000	-2,413	-0.36	-6,28	0,010
$5\pi/4$	0,816	0,1414	-5.912	-0.762	-3,01	0,013
$6\pi/4$	0,980	0,2000	-5,002	-0.687	1.96	0,008
$7\pi/4$	1,143	0,1414	-2,113	-0.112	5.98	-0,001
2π	1,306	0,0000	2,413	0.324	6,28	-0,010

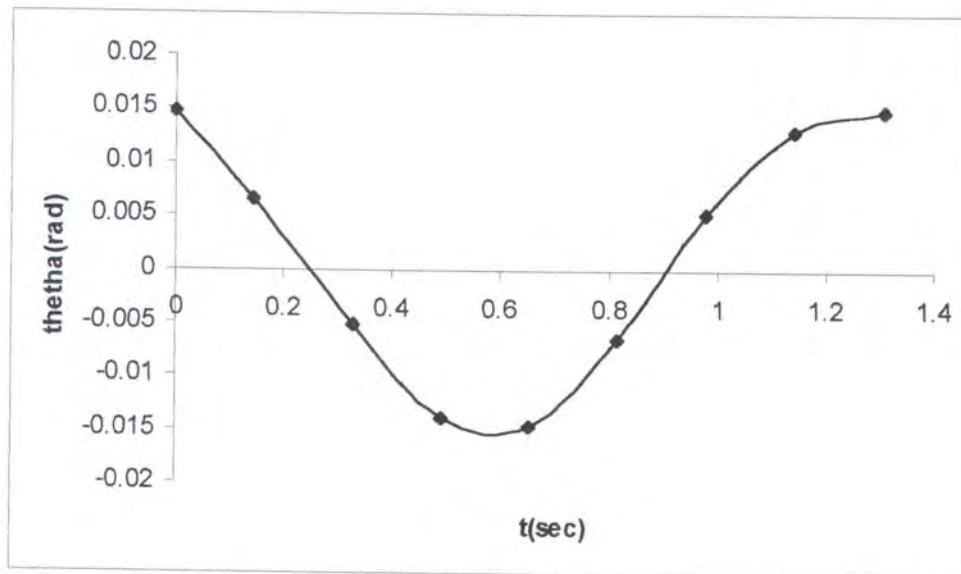
Dari tabel 4.9 diatas ditunjukkan besarnya gerakan *heaving* untuk kapal berbobot > 30000 DWT pada section 2,3,4 dan 5 z = 0.762 ft = 0. 23 m dengan sudut *phase* gerakan *pitching* 0.013 rad = 0.471° dengan besarnya gerakan *pitching* sebesar 1 m. Dengan grafik gerakan *heaving* yang ditunjukkan pada gambar 4.10. dibawah ini.



Gambar 4.10. Grafik gerakan heaving kapal berbobot >30000 DWT pada section 2,3,4 dan 5

Dari gambar 4.10. diatas dapat dilihat untuk kapal berbobot >30000 DWT pada section 2,3,4 dan 5 hasil gerakan *heaving* terbesar $z = 0.2$ m pada $t = 0.163$ sec dan *heaving* terkecil $z = 0.03$ m pada $t = 0.49$ sec, dengan bentuk grafik sinusoidal

Gambar 4.11. di bawah ini menunjukkan hubungan t (sec) dengan sudut phase gerakan pitching θ (rad) untuk kapal berbobot > 30000 DWT pada section 2,3,4 dan 5.



Gambar 4.10. Grafik gerakan pitching kapal berbobot >30000 DWT pada section 2,3,4 dan 5

Dari gambar 4.10. diatas dapat dilihat besarnya sudut *phase* gerakan *pitching* terbesar $\theta = 0.013$ rad pada $t = 0.163$ sec dan sudut *phase* gerakan *pitching* terkecil $\theta = 0.001$ rad pada $t = 0.49$ sec. Dengan besarnya gerakan pitching 1 m.

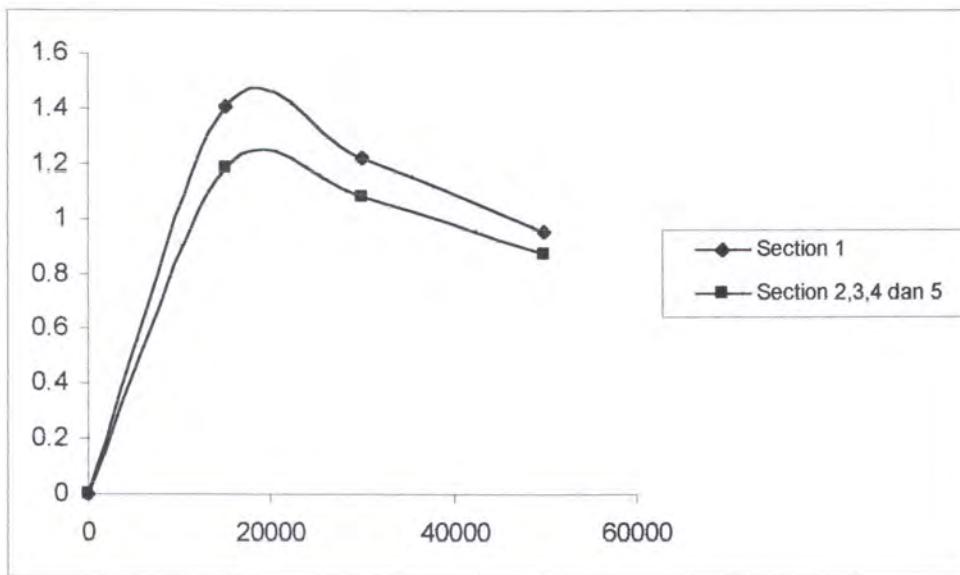
Dengan melakukan perhitungan yang sama didapat besarnya gerakan *heaving* untuk kapal berbobot 15000 - 30000 DWT pada section 1, $z = 0.5$ m dengan sudut *phase* gerakan *pitching* 0.0163 rad = 0.929° dengan besarnya gerakan *pitching* sebesar 1.2 m. Besarnya gerakan *heaving* untuk kapal berbobot 15000 - 30000 DWT pada section 2,3,4 dan 5, $z = 0.44$ m dengan sudut *phase* gerakan *pitching* 0.0185 rad = 0.876° dengan besarnya gerakan *pitching* sebesar 1,1 m. Besarnya gerakan *heaving* untuk kapal berbobot 0 -15000 DWT pada section 1, $z = 0.95$ m dengan sudut *phase* gerakan *pitching* 0.0304 rad = 1.73°



dengan besarnya gerakan pitching sebesar 2.2 m. Untuk kapal berbobot 0-15000 DWT pada section 2,3,4 dan 5 ditunjukkan besarnya gerakan *heaving* $z = 0.88$ m dengan sudut *phase* gerakan *pitching* 0.0286 rad = 1.6° dengan besarnya gerakan pitching sebesar 2.1 m.

Dari perhitungan diatas gerakan yang paling signifikan adalah gerakan kapal terbesar dengan bobot > 30000 DWT, karena dengan melihat gerakan *heaving* *pitching* kapal terkesil walaupun besar gerakan *heaving* dan *pitching*nya lebih besar namun saratnya lebih kecil.

Besarnya DWT kapal ini akan berpengaruh juga terhadap besarnya gerakan *heaving* kapal. Begitu pula panjang kapal juga berpengaruh terhadap besarnya gerakan *pitching*. Seperti yang ditunjukkan pada grafik 4.19 dan 4.20 dibawah ini.



Gambar 4.11. Hubungan DWT dengan besarnya gerakan *heaving*.



Untuk alur pelayaran satu jalur dengan bentuk alur trapezoidal harga h_o/d harus lebih besar dari 1,3. Dari tabel 4.7. diatas diketahui bahwa pada section 1 dan 4 harga h_o/d adalah 1,6 sehingga sudah memenuhi kriteria. Akan tetapi pada section 2,3 dan 5 harga h_o/d adalah 1,2 sehingga belum memenuhi kriteria. Agar pada section 2,3 dan 5 ini memenuhi kriteria maka perlu memperbesar nilai h_o atau dengan kata lain menambah kedalaman alur.

b. Parameter lebar atau B_o/b

Untuk alur satu jalur dengan kapal kelas V keatas maka harga B_o/b harus lebih dari 4,0. Dari tabel 4.7. diatas dapat kita ketahui bahwa baik pada section 1,2,3,4 maupun 5 harga B_o/b adalah 6,49 sehingga dapat disimpulkan bahwa semua section tersebut telah memenuhi kriteria.

c. Parameter penampang atau As/Ac

Untuk profil penampang alur yang yang tipe trapesium atau tipe kombinasi berlaku rumus sebagai berikut :

$$\frac{h_o}{d} \times \frac{B_o}{b} < \frac{1}{As/Ac}$$

Dari rumus tersebut untuk section 1 dan 4 diperoleh nilai ruas kiri 10,384 sedangkan ruas kanan 10,3842 sehingga kriteria diatas sudah terpenuhi.

Untuk section 2,3 dan 5 diperoleh ruas kiri 7,788 sedang ruas kanan 7,7882 sehingga sudah memenuhi kriteria.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisa dan pembahasan pada bab sebelumnya maka dapat diambil suatu kesimpulan sesuai dengan tujuan dari masalah yang diangkat dalam tugas akhir ini. Kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan metode kekekalan momentum (*Bouwmeester method*) untuk tipe satu alur maka didapatkan kedalaman Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) adalah sebagai berikut :

➤ Section 1 (Tanjung Sawo) dan section 4 (Pelabuhan Gresik) :

Dengan kapal terbesar berbobot > 30000 DWT maka kecepatan kapal maksimum di section 1 adalah 8 m/s atau 16 knot. Dengan besarnya $U(\text{arus balik}) = 1,2284$ m/s, Z (squat) = 1,389 m, Untuk section 1 besarnya gerakan heaving = 0,29 m, dan besarnya gerakan pitching = 1,525 m. Untuk section 4 besarnya gerakan heaving = 0,23 m, dan besarnya gerakan pitching = 1,35 m.

Maka kedalaman alur minimum yaitu sebesar 18,579 m dengan kondisi kedalam alur yang ada yakni 20 m maka kedalaman alur di section 1 ini aman untuk dilewati kapal. Untuk section 4 kedalaman alur minimum yaitu sebesar 16,649m dengan kondisi kedalam alur yang ada yakni 20 m maka kedalaman alur di section 4 ini aman untuk dilewati kapal.



➤ Section 2 (Kali Mertani) dan section 5 (Kali Lamong) :

Dengan kapal terbesar berbobot > 30000 DWT maka kecepatan kapal maksimum di section 2 adalah 7 m/s atau 14 knot. Dengan besarnya $U(\text{arus balik}) = 1,1537$ m/s, Z (squat) = 1,0071 m. Untuk section 3 dan section 5 besarnya gerakan heaving = 0,23 m., dan besarnya gerakan pitching = 1,35 m. Untuk section 2 dan 5 dibutuhkan kedalaman alur minimum yaitu sebesar 16,267 m dengan kondisi kedalam alur yang ada yakni 16 m maka kedalaman alur di section 2 dan 5 ini tidak aman untuk dilewati kapal. Kapal bisa melewati section 2 dan 5 ini hanya pada saat pasang tertinggi, dimana kedalaman pada saat pasang adalah 16,76 m.

➤ Section 3 : Kali Mireng :

Dengan kapal terbesar berbobot > 30000 DWT maka kecepatan kapal maksimum di section 3 adalah 7 m/s atau 14 knot. Dengan besarnya $U(\text{arus balik}) = 1,1537$ m/s, Z (squat) = 1,0071 m, besarnya gerakan heaving = 0,23 m, dan besarnya gerakan pitching = 1,35 m. Maka kedalaman alur minimum yaitu sebesar 16,267 m dengan kondisi kedalam alur yang ada yakni 10 m maka kedalaman alur di section 3 ini tidak aman untuk dilewati kapal. Untuk mencapai kedalaman minimum maka harus dilakukan pengeringan.



2. Hubungan gerakan kapal dengan penentuan alur yaitu dimana besarnya gerakan *heaving* kapal berbobot > 30000 DWT pada section 1 sebesar 0,29 m dan besarnya gerakan *pitching* sebesar 1,525 m serta besarnya gerakan *heaving* pada section 2,3,4 dan 5 sebesar 0,23 m dan besarnya gerakan *pitching* kapal sebesar 1,35 m juga ikut diperhitungkan dalam penentuan kedalaman alur minimum.

V.2. SARAN

Dalam perhitungan kedalaman minimum alur pelayaran ini kami hanya menghitung untuk satu jalur. Untuk memperhitungkan kedalaman minimum agar sesuai dengan keadaan sebenarnya kenyataan maka:

1. Untuk lebih baiknya memperhitungkan keadaan alur untuk dua jalur.
2. Pada keadaan kapal menyalip (*overtaking*) dan kapal berpapasan (*encountering*) juga diperhitungkan.
3. Kecepatan dan arah arus laut sebaiknya juga harus diperhitungkan
4. Pengaruh ukuran dan dimensi kapal untuk berbagai tipe kapal perlu diamati untuk perlakau heaving dan pitching.
5. Perlu dilakukan analisa biaya konstruksi agar diketahui apakah dengan metode ini akan dapat menghemat biaya.

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR PUSTAKA

Bhattacharyya, R., “*Dynamics of Marine Vehicles*”, John Wiley & Sons, New York, 1978.

Bruun, P., “*Port Engineering*”, Gulf Publishing Company, Houston, 1981.

Groenveld, R., “*Inland Waterways*”, TU Delft, The Netherlands, 1997.

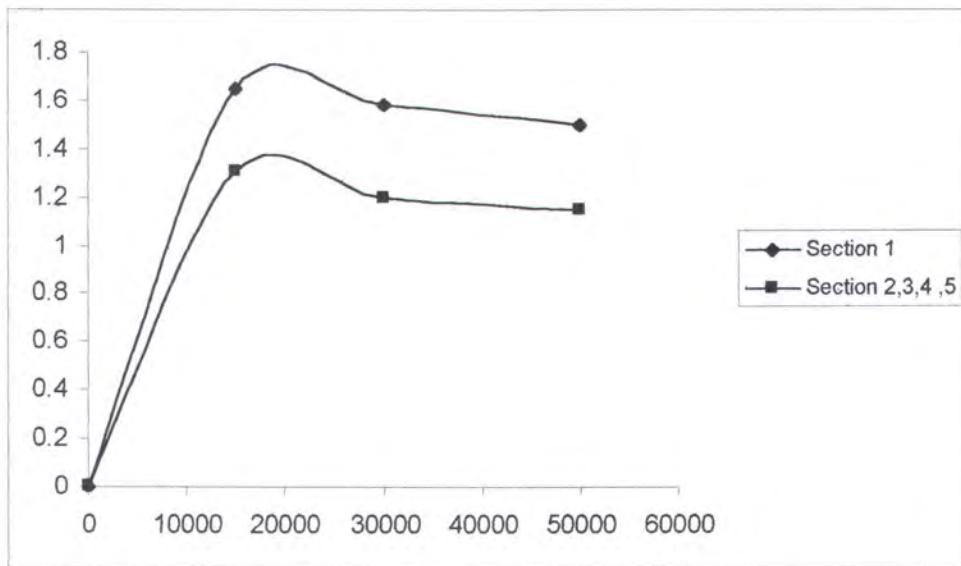
Karmadibrata, S., “*Perencanaan Pelabuhan*”, Ganeca Exact Bandung, Bandung, 1985

Murdjito, Laporan Penelitian “*Model Perencanaan Alur Pelabuhan Berdasar Pertimbangan keselamatan dan Resiko*”, ITS, Surabaya, 2001.

Thorensen, Carl., “*Port Design : Guidelines and Recommendation*”, Trondheim, Norway, 1988.

Triadmodjo, B., “*Pelabuhan*”, Beta Offset, Yogyakarta, 1996.

Widyastuti, dkk., *Laporan Penelitian : "Optimasi Kerdalkaman Pengerukan Alur Pelayaran Barat Surabaya dengan Program Komputer Simulasi Bahasa Prosim"*, ITS, Surabaya, 1991



Gambar 4.12. Hubungan DWT dengan besarnya gerakan *pithing*.

Dari grafik gambar 4.19 dan 4.20 diatas menunjukkan semakin besar DWT kapal maka semakin kecil pula gerakan heaving yang dialami baik pada section 1 ataupun pada section 2,3,4 dan 5 .

IV.5. Perhitungan Lebar dan Kedalaman Alur

IV.5.1. Penentuan Lebar Alur Minimal

Dengan mengambil lebar kapal terbesar adalah 27,8 m maka lebar alur pelayaran minimum adalah :

$$B_{\text{Amin}} = 6,5 \times \text{lebar kapal}$$

IV.5.2. Penentuan Kedalaman Alur Minimal

Pertimbangan penentuan ukuran kedalaman alur minimum adalah kedalaman air yang diperlukan oleh kapal rencana agar dapat berlayar dengan



aman di alur pelayaran. Kedalaman alur minimum dapat dirumuskan dengan rumus sebagai berikut :

$$D_{Amin} = T + sq + W + C + Irr$$

Dimana :

T : sarat kapal (m)

Sq : squat (m)

W : gerakan kapal akibat gelombang (m)

C : ruang bebas yang diperlukan pada saat berlayar (m)

Ir : irregularitas air laut (m)

Tabel 4.13 dibawah ini menunjukkan kedalaman minimum Alur

Pelayaran Barat Surabaya (APBS) pada tiap-tiap section.

Tabel 4.7. Ukuran alur di masing-masing potongan

No	Uraian	Simbol	Satuan	Sect. 1	Sect. 2	Sect.3	Sect. 4	Sect.5
1	Kedalaman maksimum	DHWL	m	21,59	16,76	16,76	21,76	16,76
2	Kedalaman rata-rata	DMWL	m	21,13	16,27	16,27	21,27	16,27
3	Kedalaman rendah	DLWL	m	20,717	15,824	15,824	20,824	15,824
4	Elevasi terendah	DLWS	m	20	15	15	20	15
5	Elevation clearance	W	m	1,85	0,13	0,13	0,13	0,13
6	Channel clearance	C	m	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
7	Irrigularitas	Ir	m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
8	Kedalaman minimum	D_{Amin}	m	18,579	16,267	16,267	16,649	16,267
9	Lebar alur utama	B	m	516	1140	2005	919	1100
10	Lebar alur minimum	B_{amin}	m	245,37	245,37	245,37	245,37	245,37
11	Tinggi gelombang 10 th	Hs	m	3,186	0,358	,942	0,634	1,087
12	Parameter lebar alur	B_d/b		13,67	30,20	53,11	24,34	29,14
13	Parameter dalam alur	h_0/d		1,6	1,2	1,2	1,6	1,2
14	Parameter penampang	$1/k$		10,3842	7,788	7,788	10,3842	7,7883



Dari tabel diatas dimana pada kondisi kedalaman terendah (surut) dapat diketahui bahwa kapal terbesar yang akan berlayar pada section 1 dan 4 sudah aman, tetapi untuk section 2,3 dan 5 kedalaman yang ada saat ini belum mencukupi. Agar kapal terbesar tersebut dapat berlayar dengan aman maka ada beberapa cara yang bisa dilakukan yaitu :

- a) Pengerukan pada section 2, 3 dan 5.

Kondisi saat ini kedalaman alur terendah pada section 2 = 15 m, section 3 = 10 m dan section 5 = 15 m. Sedangkan hasil perhitungan menunjukkan bahwa kedalaman minimal agar kapal terbesar tersebut dapat berlayar dengan aman adalah 16,267 m. Untuk itu perlu dilakukan pengerukan pada section 2,3 dan 5 tersebut minimal sampai kedalaman 16,5 m.

- b) Menunggu air pasang.

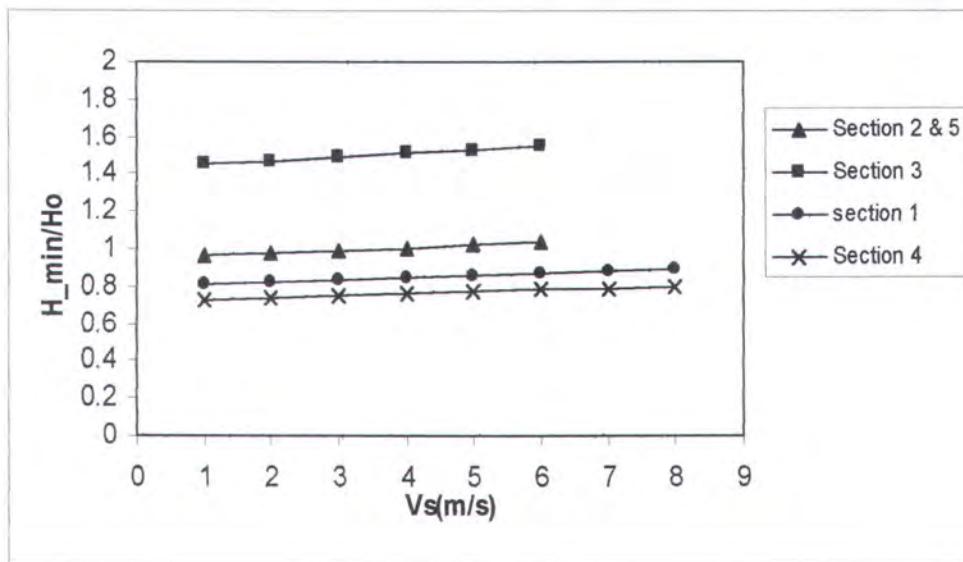
Dimana agar kapal terbesar dapat berlayar dialur dengan aman khususnya pada section 2 dan 5 maka perlu menunggu saat air laut pasang dimana kedalamannya sudah memenuhi kedalaman minimal hasil perhitungan yaitu 16,76 m. Sedangkan section 3 (kedalaman 10 m) harus dilakukan pengerukan karena meskipun saat itu kondisi pasang tertinggi ternyata masih dibawah kedalaman minimal alur yang disyaratkan.

- c) Mengurangi kecepatan kapal.

Dengan mengurangi kecepatan kapal dialur khususnya pada section 2,3 dan 5 maka akan mempengaruhi besarnya squat kapal sehingga pada akhirnya kedalaman minimal alur semakin rendah. Hasil perhitungan squat



(Z) dengan kecepatan kapal (V_s) yang berubah-ubah dapat dilihat pada lampiran A. Grafik perubahan n kecepatan kapal (V_s) sebagai berikut :

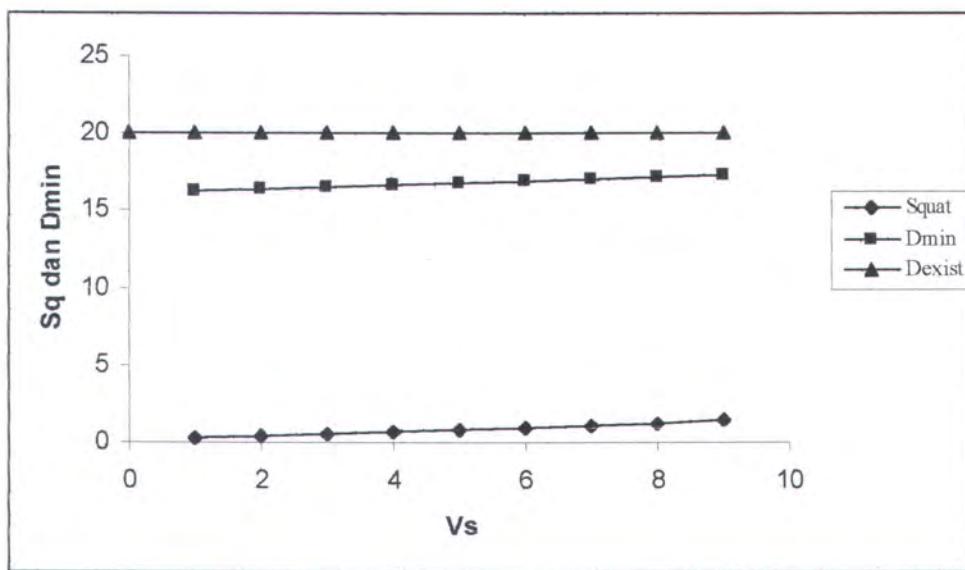


Gambar 4.13. Grafik hubungan antara V_s dengan H_{min}/H_o

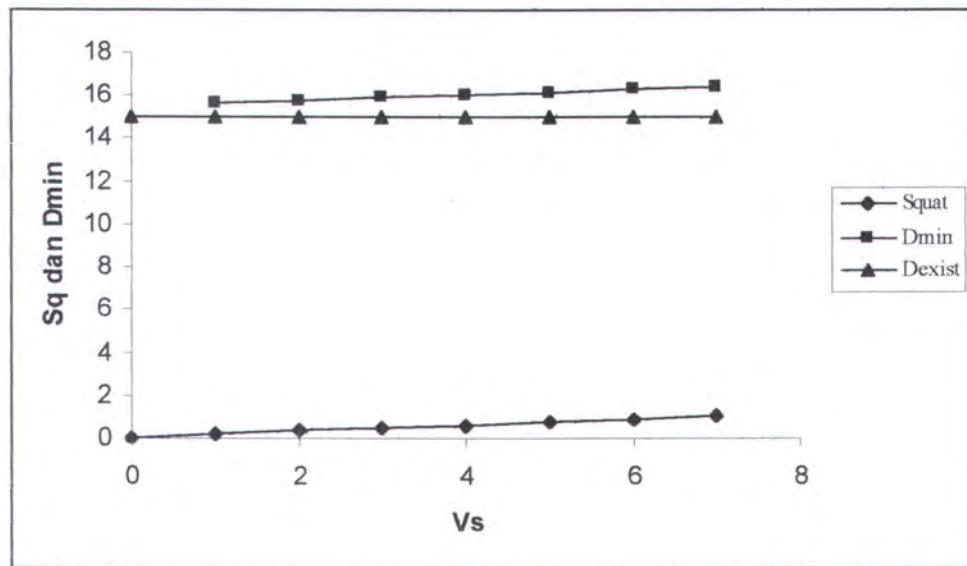
Dari gambar 4.13. dapat dijelaskan bahwa H_{min} adalah kedalaman minimal yang direncanakan sedangkan H_o adalah kedalaman kondisi sekarang. Alur tersebut sudah dapat dikatakan aman apabila hasil perbandingan antara $H_{min}/H_o \leq 1$. Sehingga dapat kita ketahui bahwa pada section 1 dan 4 kondisinya sudah aman sedangkan section 3 belum aman meskipun dengan kecepatan minimal. Untuk section 2 dan 5 sudah aman dengan syarat kecepatan kapal tidak lebih dari 3 m/s.

d) Mengurangi muatan

Cara lain agar kapal dapat berlayar dengan aman di alur yaitu dengan mengurangi muatan pada waktu kapal akan masuk alur khususnya sebelum section 2 sehingga diharapkan dapat menurunkan draft kapal (T) yang pada akhirnya mengurangi kedalaman minimal alur rencana.



Gambar 4.14. Gambar hubungan Vs dengan Squat, $D_{A\text{min}}$, dan Dexisting pada section 1 dan 3



Gambar 4.15. Grafik hubungan Vs dengan Squat, $D_{A\text{min}}$, dan Dexisting pada section 2,3 dan 5

IV.5.3. Parameter Perencanaan

Ada tiga parameter utama yang digunakan untuk menentukan ukuran penampang alur yaitu :

- Parameter kedalaman atau h_o/d

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

PERHITUNGAN V_{lim} , U_{lim} dan Z_{lim}

To get started, select "MATLAB Help" from the Help menu.

```
>> %%%
% Program Perhitungan Vlim Untuk Kapal Kapal Dengan %
% Bobot 0-15000 DWT %
% Pada Section 1 dan Section 4 %
%%%
```

%Menghitung As

L=18.5;

d=10;

As=L*d

%Menghitung Ac

h=20;

B=245.375;

Ac=B*h

%Menghitung m

a=As/Ac

% Menghitung Fr

Fr=0.78*((1-a)^2.25)

%Menghitung Nilai Vlim

g=9.81

Vlim=Fr*((g*h)^(1/2))

As = 185

Ac = 4.9075e+003

a = 0.0377

Fr = 0.7154

g = 9.8100

Vlim = 10.0206

>>

To get started, select "MATLAB Help" from the Help menu.

```
>> %%-----%
% Program Perhitungan Vlim Untuk Kapal >30000 DWT %
% Pada Section 2 ,3 dan Section 5 %
%%-----%
```

%Menghitung As

L=37.8;

d=12.5;

As=L*d

%Menghitung Ac

h=15;

B=245.375;

Ac=B*h

%Menghitung m

a=As/Ac

% Menghitung Fr

Fr=0.78*((1-a)^2.25)

%Menghitung Nilai Vlim

g=9.81

Vlim=Fr*((g*h)^(1/2))

%-----

%Diambil nilai Vlim yang maksimum(pakai max_Vlim)

As = 472.5000

Ac = 3.6806e+003

a = 0.1284

Fr = 0.5726

g = 9.8100

Vlim = 6.9457

>>

To get started, select "MATLAB Help" from the Help menu.

```
>> %% Program Perhitungan Vlim Untuk Kapal Dengan Bobot 15000-30000 DWT Pada Section 1 dan Section 4
% Menghitung As
L=27.5;
d=9.3;
As=L*d
% Menghitung Ac
h=20;
B=245.375;
Ac=B*h
% Menghitung m
a=As/Ac
% Menghitung Fr
Fr=0.78*((1-a)^2.25)
% Menghitung Nilai Vlim
g=9.81
Vlim=Fr*((g*h)^(1/2))
```

As = 255.7500

Ac = 4.9075e+003

a = 0.0521

Fr = 0.6915

g = 9.8100

Vlim = 9.6860

>>

To get started, select "MATLAB Help" from the Help menu.

```
>> %%%
% Program Perhitungan Vlim Untuk Kapal Dengan %
% Bobot 15000-30000 DWT %
% Pada Section 2,3 dan Section 5 %
%%%
```

%Menghitung As

L=27.5;

d=9.3;

As=L*d

%Menghitung Ac

h=15;

B=245.375;

Ac=B*h

%Menghitung m

a=As/Ac

% Menghitung Fr

Fr=0.78*((1-a)^2.25)

%Menghitung Nilai Vlim

g=9.81

Vlim=Fr*((g*h)^(1/2))

As = 255.7500

Ac = 3.6806e+003

a = 0.0695

Fr = 0.6633

g = 9.8100

Vlim = 8.0464

>>

To get started, select "MATLAB Help" from the Help menu.

>> %% Program Perhitungan Vlim Untuk Kapal Kapal Dengan
% Bobot 0-15000 DWT
% Pada Section 1 dan Section 4

%Menghitung As

L=18.5;

d=10;

$$As=L^*d$$

%Menghitung Ac

$h=20;$

$$B=245.375;$$

$$Ac=B^*h$$

%Menghi

$$a = A_s/A_c$$

% Menghitung Fr

$$Fr = 0.78 * ((1-a)^{2.25})$$

%Meng

$$g=9.81$$

VIII - 11

125

$\Delta\phi = 4.0076$

$$a = -0.0377$$

$$Fr = 0.715$$

g = 9.8100

Vlim = 10.0206

27

To get started, select "MATLAB Help" from the Help menu.

```
>> %%%%%% Program Perhitungan Vlim Untuk Kapal Kapal Dengan %  
% Program Perhitungan Vlim Untuk Kapal Kapal Dengan %  
% Bobot 0-15000 DWT %  
% Pada Section 2,3 dan Section 5 %  
%%%%%%%%%%%%% %
```

%Menghitung As

L=18.5;

d=10;

As=L*d

%Menghitung Ac

h=15;

B=245.375;

Ac=B*h

%Menghitung m

a=As/Ac

% Menghitung Fr

Fr=0.78*((1-a)^2.25)

%Menghitung Nilai Vlim

g=9.81

Vlim=Fr*((g*h)^(1/2))

As = 185

Ac = 3.6806e+003

a = 0.0503

Fr = 0.6945

g = 9.8100

Vlim = 8.4252

>>



To get started, select "MATLAB Help" from the Help menu.

```
>> %%%%%%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%0%
%          Program Perhitungan Zlim Untuk Kapal %
%          Dengan Bobot >30000 DWT %
%          Pada Section 1 dan Section 4 %
%%%%%%%%%%%
for Vs=1:9;
    ho=20
    As=333.6
    Ac=4.9075e+003
    Bo=245.375
    m=1.5
    g=9.81
    a=1.3540
    b=37.8
    Cd=0.28
    h=ho*(1-((m*ho)/Bo))
    B=(1-(As/Ac))
    C=(1-(b/Bo))
    D=((m*h)/Bo)
    E=As/Ac
    F=b/Bo
    G=g*h
    P=((2/3)*(D^2)*G)
    Q(((2/3)*D*G)+(C*G*D))
    R(((2/3)*B*G*D)+(C*G)+((2/3)*D*G)-((2/3)*D*G*E)+(Cd*F*(Vs^2)*D))
    S((2*B*G)+(C*G)-(C*G*E)-(Cd*F*(Vs^2))+(Cd*E*D*(Vs^2))-(2*D*(Vs^2)))
    T((2*B*G)-(2*B*G*E)-(Cd*F*(Vs^2))+(Cd*E*(Vs^2))-(2*(Vs^2)))
    V((Cd*E*(Vs^2))-(Cd*(E^2)*(Vs^2))-(2*E*(Vs^2)))
    H=[P -Q R -S T -V ]
    A=abs(H)
    J=min(A)
    Z=J*h
end
%Program menghitung nilai U
```

for Vs=1:9;

$$U = ((1/(1-(Z/h)) + (((m*h)/Bo)*(Z/h)) - (As/Ac)) - 1) * Vs$$

$$La = (2*(Z/h)/(a*((B-(Z/h))^{-2}-1)))^{1/2} \quad \% \text{ perbandingan } Vs \text{ dengan akar } g*h$$

$$Lu = ((1/(B-(Z/h))-1)*(Vs/((g*h)^{1/2}))) \quad \% \text{ perbandingan } U \text{ dengan akar } g*h$$

end

ho = 20

As = 333.6000

Ac = 4.9075e+003

Bo = 245.3750

m = 1.5000

g = 9.8100

a = 1.3540

b = 37.8000

Cd = 0.2800

h = 17.5548

B = 0.9320

C = 0.8460

D = 0.1073

E = 0.0680

F = 0.1540

G = 172.2122

P = 0.0116

Q = 2.7954

R = 16.8653

S = 45.6535

T = 29.7165

V = -0.1182

H = 0.0116 -2.7954 16.8653 -45.6535 29.7165 -0.1182

A = 0.0116 2.7954 16.8653 45.6535 29.7165 0.1182

J = 0.0116

Z = 0.2315

ho = 20

As = 333.6000
Ac = 4.9075e+003
Bo = 245.3750
m = 1.5000
g = 9.8100
a = 1.3540
b = 37.8000
Cd = 0.2800
h = 17.5548
B = 0.9320
C = 0.8460
D = 0.1073
E = 0.0680
F = 0.1540
G = 172.2122
P = 0.0180
Q = 2.7954
R = 16.8667
S = 45.5768
T = 29.1093
V = -0.4729
H = 0.0180 -2.7954 16.8667 -45.5768 29.1093 -0.4729
A = 0.0180 2.7954 16.8667 45.5768 29.1093 0.4729
J = 0.0180
Z = 0.3600
ho = 20
As = 333.6000
Ac = 4.9075e+003
Bo = 245.3750
m = 1.5000
g = 9.8100
a = 1.3540
b = 37.8000
Cd = 0.2800

h = 17.5548
B = 0.9320
C = 0.8460
D = 0.1073
E = 0.0680
F = 0.1540
G = 172.2122
P = 0.0245
Q = 2.7954
R = 16.8690
S = 45.4489
T = 28.0972
V = -1.0639
H = 0.0245 -2.7954 16.8690 -45.4489 28.0972 -1.0639
A = 0.0245 2.7954 16.8690 45.4489 28.0972 1.0639
J = 0.0245
Z = 0.4897
ho = 20
As = 333.6000
Ac = 4.9075e+003
Bo = 245.3750
m = 1.5000
g = 9.8100
a = 1.3540
b = 37.8000
Cd = 0.2800
h = 17.5548
B = 0.9320
C = 0.8460
D = 0.1073
E = 0.0680
F = 0.1540
G = 172.2122
P = 0.0312

Q = 2.7954
R = 16.8723
S = 45.2699
T = 26.6804
V = -1.8914
H = 0.0312 -2.7954 16.8723 -45.2699 26.6804 -1.8914
A = 0.0312 2.7954 16.8723 45.2699 26.6804 1.8914
J = 0.0312
Z = 0.6204
ho = 20
As = 333.6000
Ac = 4.9075e+003
Bo = 245.3750
m = 1.5000
g = 9.8100
a = 1.3540
b = 37.8000
Cd = 0.2800
h = 17.5548
B = 0.9320
C = 0.8460
D = 0.1073
E = 0.0680
F = 0.1540
G = 172.2122
P = 0.0376
Q = 2.7954
R = 16.8764
S = 45.0398
T = 24.8587
V = -2.9554
H = 0.0376 -2.7954 16.8764 -45.0398 24.8587 -2.9554
A = 0.0376 2.7954 16.8764 45.0398 24.8587 2.9554
J = 0.0376

Z = 0.7522
ho = 20
As = 333.6000
Ac = 4.9075e+003
Bo = 245.3750
m = 1.5000
g = 9.8100
a = 1.3540
b = 37.8000
Cd = 0.2800
h = 17.5548
B = 0.9320
C = 0.8460
D = 0.1073
E = 0.0680
F = 0.1540
G = 172.2122
P = 0.0443
Q = 2.7954
R = 16.8815
S = 44.7585
T = 22.6322
V = -4.2558
H = 0.0443 -2.7954 16.8815 -44.7585 22.6322 -4.2558
A = 0.0443 2.7954 16.8815 44.7585 22.6322 4.2558
J = 0.0443
Z = 0.8850
ho = 20
As = 333.6000
Ac = 4.9075e+003
Bo = 245.3750
m = 1.5000
g = 9.8100
a = 1.3540

b = 37.8000
Cd= 0.2800
h = 17.5548
B = 0.9320
C = 0.8460
D = 0.1073
E = 0.0680
F = 0.1540
G = 172.2122
P = 0.0509
Q = 2.7954
R = 16.8875
S = 44.4260
T = 20.0008
V = -5.7926
H = 0.0509 -2.7954 16.8875 -44.4260 20.0008 -5.7926
A = 0.0509 2.7954 16.8875 44.4260 20.0008 5.7926
J = 0.0509
Z = 1.0189
ho = 20
As = 333.6000
Ac = 4.9075e+003
Bo = 245.3750
m = 1.5000
g = 9.8100
a = 1.3540
b = 37.8000
Cd = 0.2800
h = 17.5548
B = 0.9320
C = 0.8460
D = 0.1073
E = 0.0680
F = 0.1540

G = 172.2122
P = 0.0577
Q = 2.7954
R = 16.8945
S = 44.0425
T = 16.9647
V = -7.5658
H = 0.0577 -2.7954 16.8945 -44.0425 16.9647 -7.5658
A = 0.0577 2.7954 16.8945 44.0425 16.9647 7.5658
J = 0.0577
Z = 1.1539
ho = 20
As = 333.6000
Ac = 4.9075e+003
Bo = 245.3750
m = 1.5000
g = 9.8100
a = 1.3540
b = 37.8000
Cd= 0.2800
h = 17.5548
B = 0.9320
C = 0.8460
D = 0.1073
E = 0.0680
F = 0.1540
G = 172.2122
P = 0.0645
Q = 2.7954
R = 16.9023
S = 43.6077
T = 13.5237
V = -9.5754
H = 0.0645 -2.7954 16.9023 -43.6077 13.5237 -9.5754

A = 0.0645 2.7954 16.9023 43.6077 13.5237 9.5754
J = 0.0645
Z = 1.2899
U = 0.0559
La = 0.2897
Lu = 0.0049
U = 0.1188
La = 0.3428
Lu = 0.0109
U = 0.1942
La = 0.3806
Lu = 0.0180
U = 0.2871
La = 0.4089
Lu = 0.0263
U = 0.4022
La = 0.4311
Lu = 0.0359
U = 0.5447
La = 0.4483
Lu = 0.0468
U = 0.7209
La = 0.4620
Lu = 0.0590
U =
0.9407
La =
0.4731
Lu =
0.0726
U =
1.2284
La =
0.4819

Lu =

0.0876

>>

LAMPIRAN B

PERHITUNGAN GERAK KAPAL

Tabel 1. Perhitungan a_n dan Ayy (> 30000 DWT sect.1)

No Station	B _n	T _n	S _n	ξ	$\frac{\omega_e^2}{2g} \times B_n$	B _n /T _n	B _n x T _n	β_n	C
1	2	3	4	5	6	(2: 3) 7	(2 x 3) 8	(4 : 8) 9	10
0	0	39	0	311.6	0.00	0.00	0	0	0
1	13	39	509.65	278.8	0.22	0.33	507	1.00523	1.55
2	28	39	1359	246	0.48	0.72	1092	1.24451	1.45
3	43	39	1868	213.2	0.73	1.10	1677	1.11389	1.45
4	58	39	2548	180.4	0.99	1.49	2262	1.12644	1.36
5	73	39	3058	147.6	1.24	1.87	2847	1.07411	1.17
6	88	39	3397.68	114.8	1.50	2.26	3432	0.99	1.05
7	88	39	3397.68	82	1.50	2.26	3432	0.99	1.05
8	88	39	3397.68	49.2	1.50	2.26	3432	0.99	1.05
9	88	39	3397.68	16.4	1.50	2.26	3432	0.99	1.05
10	88	39	3397.68	-16.4	1.50	2.26	3432	0.99	1.05
11	88	39	3397.68	-49.2	1.50	2.26	3432	0.99	1.05
12	88	39	3397.68	-82	1.50	2.26	3432	0.99	1.05
13	88	39	3397.68	-114.8	1.50	2.26	3432	0.99	1.05
14	88	39	3397.68	-147.6	1.50	2.26	3432	0.99	1.05
15	88	39	3397.68	-180.4	1.50	2.26	3432	0.99	1.05
16	68	39	3058	-213.2	1.16	1.74	2652	1.15309	1.15
17	48	39	2548	-246	0.82	1.23	1872	1.36111	1.45
18	28	39	1699	-278.6	0.48	0.72	1092	1.55586	1.55
19	8	39	679	-311.4	0.14	0.21	312	2.17628	1.75
20	0	39	0	-344.4	0.00	0.00	0	0	0

B_n^2	$(\frac{\rho\pi}{8}) \times B_n^2$	a_n	S M	Hasil	ξ^2	$a_n \times \xi^2$	S M	Hasil
11	12	13	14	15	16	(2: 3)	(2 x 3)	(4 : 8)
0	0	0	1	0	97094.6	0	1	0
169	4247.31	6583.33	4	26333.3	77729.4	5.1E+08	4	2.047E+09
784	19703.5	28570.1	2	57140.1	60516	1.7E+09	2	3.458E+09
1849	46469.1	67380.1	4	269521	45454.2	3.1E+09	4	1.225E+10
3364	84544	114980	2	229960	32544.2	3.7E+09	2	7.484E+09
5329	133928	156696	4	626785	21785.8	3.4E+09	4	1.365E+10
7744	194622	204353	2	408707	13179	2.7E+09	2	5.386E+09
7744	194622	204353	4	817413	6724	1.4E+09	4	5.496E+09
7744	194622	204353	2	408707	2420.64	4.9E+08	2	989331633
7744	194622	204353	4	817413	268.96	5.5E+07	4	219851474
7744	194622	204353	2	408707	268.96	5.5E+07	2	109925737
7744	194622	204353	4	817413	2420.64	4.9E+08	4	1.979E+09
7744	194622	204353	2	408707	6724	1.4E+09	2	2.748E+09
7744	194622	204353	4	817413	13179	2.7E+09	4	1.077E+10
7744	194622	204353	2	408707	21785.8	4.5E+09	2	8.904E+09
7744	194622	204353	4	817413	32544.2	6.7E+09	4	2.66E+10
4624	116210	133642	2	267284	45454.2	6.1E+09	2	1.215E+10
2304	57904.1	83961	4	335844	60516	5.1E+09	4	2.032E+10
784	19703.5	30540.4	2	61080.8	77618	2.4E+09	2	4.741E+09
64	1608.45	2814.78	4	11259.1	96970	2.7E+08	4	1.092E+09
0	0	0	1	0	118611	0	1	0
		sum1=		8015806			sum2=	1.40408E+11

Tabel 2. Perhitungan b dan B (>30000 DWT sect. 1)

No station	$\frac{\omega_e^2}{2g} \times B_n$	$\frac{B_n}{Tn}$	βn	A	A^2	b_n	S M	Hasil	ξ^2	$b_n \times \xi^2$	S M	Hasil				
1	2	3	4	5	(5 x 5)	6	7	8	(7 x 8)	9	10	(7 x 10)	11	12	(11 x 12)	13
0	0.00	0.00	0	0	0	0	1	0	97094.56	0	1	0	1	1	0	
1	0.22	0.33	1.00523	0.054	0.00292	37.95633	4	151.825	77729.44	2950324	4	11801298				
2	0.48	0.72	1.24451	0.084	0.00706	91.84495	2	183.69	60516	5558089	2	11116178				
3	0.73	1.10	1.11389	0.104	0.01082	140.7873	4	563.149	45454.24	6399379	4	25597514				
4	0.99	1.49	1.12644	0.184	0.03386	440.6892	2	881.378	32544.16	14341859	2	28683717				
5	1.24	1.87	1.07411	0.204	0.04162	541.6978	4	2166.79	21785.76	11801298	4	47205192				
6	1.50	2.26	0.99	0.234	0.05476	712.7356	2	1425.47	13179.04	9393171	2	18786341				
7	1.50	2.26	0.99	0.234	0.05476	712.7356	4	2850.94	6724	4792434	4	19169736				
8	1.50	2.26	0.99	0.234	0.05476	712.7356	2	1425.47	2420.64	1725276	2	3450553				
9	1.50	2.26	0.99	0.234	0.05476	712.7356	4	2850.94	268.96	191697.4	4	766789.4				
10	1.50	2.26	0.99	0.234	0.05476	712.7356	2	1425.47	268.96	191697.4	2	383394.7				
11	1.50	2.26	0.99	0.234	0.05476	712.7356	4	2850.94	2420.64	1725276	4	6901105				
12	1.50	2.26	0.99	0.234	0.05476	712.7356	2	1425.47	6724	4792434	2	9584868				
13	1.50	2.26	0.99	0.234	0.05476	712.7356	4	2850.94	13179.04	9393171	4	37572683				
14	1.50	2.26	0.99	0.234	0.05476	712.7356	2	1425.47	21785.76	15527486	2	31054973				
15	1.50	2.26	0.99	0.234	0.05476	712.7356	4	2850.94	32544.16	23195381	4	92781523				
16	1.16	1.74	1.15309	0.204	0.04162	541.6978	2	1083.4	45454.24	24622461	2	49244922				
17	0.82	1.23	1.36111	0.114	0.013	169.1634	4	676.654	60516	10237093	4	40948371				
18	0.48	0.72	1.55586	0.094	0.00884	115.0145	2	230.029	77617.96	8927187	2	17854375				
19	0.14	0.21	2.17628	0.024	0.00058	7.497547	4	29.9902	96969.96	727036.9	4	2908147				
20	0.00	0.00	0	0	0	0	1	0	118611.36	0	1	0				
sum3= 27348.97												sum4= 4.56E+08				

Tabel 3. Perhitungan c dan C (>30000 DWT sect.1)

No Station 1	B _n 2	c _n 3	S M 4	Hasil (3 x 4) 5	ξ^2 6	c _n x ξ_2 (3 x 6) 7	S M 8	Hasil (7 x 8) 9
0	0	0	1	0	97094.6	0	1	0
1	13	26624	4	106496	77729.4	2.1E+09	4	8.3E+09
2	28	57344	2	114688	60516	3.5E+09	2	6.9E+09
3	43	88064	4	352256	45454.2	4E+09	4	1.6E+10
4	58	118784	2	237568	32544.2	3.9E+09	2	7.7E+09
5	73	149504	4	598016	21785.8	3.3E+09	4	1.3E+10
6	88	180224	2	360448	13179	2.4E+09	2	4.8E+09
7	88	180224	4	720896	6724	1.2E+09	4	4.8E+09
8	88	180224	2	360448	2420.64	4.4E+08	2	8.7E+08
9	88	180224	4	720896	268.96	4.8E+07	4	1.9E+08
10	88	180224	2	360448	268.96	4.8E+07	2	9.7E+07
11	88	180224	4	720896	2420.64	4.4E+08	4	1.7E+09
12	88	180224	2	360448	6724	1.2E+09	2	2.4E+09
13	88	180224	4	720896	13179	2.4E+09	4	9.5E+09
14	88	180224	2	360448	21785.8	3.9E+09	2	7.9E+09
15	88	180224	4	720896	32544.2	5.9E+09	4	2.3E+10
16	68	139264	2	278528	45454.2	6.3E+09	2	1.3E+10
17	48	98304	4	393216	60516	5.9E+09	4	2.4E+10
18	28	57344	2	114688	77618	4.5E+09	2	8.9E+09
19	8	16384	4	65536	96970	1.6E+09	4	6.4E+09
20	0	0	1	0	118611	0	1	0
		sum5=		7667712		sum6=		1.59E+11

Tabel 4. Perhitungan d,D,e, E, h,H (> 30000 DWT sect.1)

No Station	ξ	a_n	$a_n \times \xi$	S M	Hasil	b_n	$b_n \times \xi$	S M	Hasil	c_n	$c_n \times \xi$	S M	Hasil	
1	2	3	(2 x 3) 4	5	(4 x 5) 6	7	(2 x 7) 8	9	(8 x 9) 10	11	(2 x 11) 12	13	(13 x 14) 14	
0	311.6	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
1	278.8	6583.33	1835432	4	7341727	37.95633	10582.2	4	42328.9	26624	7422771	4	29691084.8	
2	246	28570.1	7028234	2	1.4E+07	91.84495	22593.9	2	45187.72	57344	1.4E+07	2	28213248	
3	213.2	67380.1	1.4E+07	4	5.7E+07	140.7873	30015.8	4	120063.4	88064	1.9E+07	4	75100979.2	
4	180.4	114980	2.1E+07	2	4.1E+07	440.6892	79500.3	2	159000.7	118784	2.1E+07	2	42857267.2	
5	147.6	156696	2.3E+07	4	9.3E+07	541.6978	79954.6	4	319818.4	149504	2.2E+07	4	88267161.6	
6	114.8	204353	2.3E+07	2	4.7E+07	712.7356	81822	2	163644.1	180224	2.1E+07	2	41379430.4	
7	82	204353	1.7E+07	4	6.7E+07	712.7356	58444.3	4	233777.3	180224	1.5E+07	4	59113472	
8	49.2	204353	1E+07	2	2E+07	712.7356	35066.6	2	70133.18	180224	8867021	2	17734041.6	
9	16.4	204353	3351394	4	1.3E+07	712.7356	11688.9	4	46755.45	180224	2955674	4	11822694.4	
10	-16.4	204353	-3E+06	2	-7E+06	712.7356	-11689	2	-23377.7	180224	-3E+06	2	-5911347.2	
11	-49.2	204353	-1E+07	4	-4E+07	712.7356	-35067	4	-140266	180224	-9E+06	4	-35468083	
12	-82	204353	-2E+07	2	-3E+07	712.7356	-58444	2	-116889	180224	-1E+07	2	-29556736	
13	-114.8	204353	-2E+07	4	-9E+07	712.7356	-81822	4	-327288	180224	-2E+07	4	-82758861	
14	-147.6	204353	-3E+07	2	-6E+07	712.7356	-105200	2	-210400	180224	-3E+07	2	-53202125	
15	-180.4	204353	-4E+07	4	-1E+08	712.7356	-128577	4	-514310	180224	-3E+07	4	-130049638	
16	-213.2	133642	-3E+07	2	-6E+07	541.6978	-115490	2	-230980	139264	-3E+07	2	-59382170	
17	-246	83961	-2E+07	4	-8E+07	169.1634	-41614	4	-166457	98304	-2E+07	4	-96731136	
18	-278.6	30540.4	-9E+06	2	-2E+07	115.0145	-32043	2	-64086.1	57344	-2E+07	2	-31952077	
19	-311.4	2814.78	-876524	4	-4E+06	7.497547	-2334.7	4	-9338.94	16384	-5E+06	4	-20407910	
20	-344.4	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
	sum7= -1.82E+08					sum8= -6.027E+05					sum9= -1.51241E+08			

Tabel 5. Perhitungan m dan Iyy (> 30000 DWT sect.1)

No Station 1	Weight/foot 2	m_n 3	S M 4	Hasil (4 x 5) 5	ξ^2 6	$m_n \times \xi^2$ (3 x 6) 7	S M 8	Hasil (8 x 9) 9
0	94000	2921.98	1	2921.98	97094.6	2.8E+08	1	2.8E+08
1	140000	4351.88	4	17407.5	77729.4	3.4E+08	4	1.4E+09
2	140000	4351.88	2	8703.76	60516	2.6E+08	2	5.3E+08
3	1770000	55020.2	4	220081	45454.2	2.5E+09	4	1E+10
4	5440000	169102	2	338203	32544.2	5.5E+09	2	1.1E+10
5	7400000	230028	4	920112	21785.8	5E+09	4	2E+10
6	7400000	230028	2	460056	13179	3E+09	2	6.1E+09
7	7400000	230028	4	920112	6724	1.5E+09	4	6.2E+09
8	6400000	198943	2	397886	2420.64	4.8E+08	2	9.6E+08
9	6400000	198943	4	795772	268.96	5.4E+07	4	2.1E+08
10	6400000	198943	2	397886	268.96	5.4E+07	2	1.1E+08
11	6400000	198943	4	795772	2420.64	4.8E+08	4	1.9E+09
12	6400000	198943	2	397886	6724	1.3E+09	2	2.7E+09
13	6400000	198943	4	795772	13179	2.6E+09	4	1E+10
14	6400000	198943	2	397886	21785.8	4.3E+09	2	8.7E+09
15	6400000	198943	4	795772	32544.2	6.5E+09	4	2.6E+10
16	4400000	136773	2	273547	45454.2	6.2E+09	2	1.2E+10
17	740000	23002.8	4	92011.2	60516	1.4E+09	4	5.6E+09
18	540000	16785.8	2	33571.7	77618	1.3E+09	2	2.6E+09
19	380000	11812.2	4	47249	96970	1.1E+09	4	4.6E+09
20	24000	746.037	1	746.037	118611	8.8E+07	1	8.8E+07
		sum10=		8106435			sum11=	1.31E+11

Tabel 6. Perhitungan F dan M (> 30000 DWT sect.1)

No Station	ξ	$k \xi$	$\sin k \xi$ (rad)	$\cos k \xi$ (rad)	Tm	$\frac{2\pi Tm}{L_w}$	$e^{-[(2\pi/L_w)x]T}$	c_n	$c_n \times \zeta_a$	a_n	$a_n(-\zeta_a \omega_e^2)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	311.6	4.0508	-0.789	-0.6144	0	0	1	0	0	0	0
1	278.8	3.6244	-0.4643	-0.8857	39.2038	0.50965	0.60071	26624	139243.5	6583.33	-37262
2	246	3.198	-0.0564	-0.9984	48.5357	0.63096	0.53208	57344	299909.1	28570.1	-161707
3	213.2	2.7716	0.36161	-0.9323	43.4419	0.56474	0.56851	88064	460574.7	67380.1	-381372
4	180.4	2.3452	0.71484	-0.6993	43.931	0.5711	0.5649	118784	621240.3	114980	-650786
5	147.6	1.9188	0.94006	-0.341	41.8904	0.54458	0.58009	149504	781905.9	156696	-886901
6	114.8	1.4924	0.99693	0.07832	38.61	0.50193	0.60536	180224	942571.5	204353	-1E+06
7	82	1.066	0.87527	0.48363	38.61	0.50193	0.60536	180224	942571.5	204353	-1E+06
8	49.2	0.6396	0.59687	0.80233	38.61	0.50193	0.60536	180224	942571.5	204353	-1E+06
9	16.4	0.2132	0.21159	0.97736	38.61	0.50193	0.60536	180224	942571.5	204353	-1E+06
10	-16.4	-0.2132	-0.21116	0.97736	38.61	0.50193	0.60536	180224	942571.5	204353	-1E+06
11	-49.2	-0.6396	-0.5969	0.80233	38.61	0.50193	0.60536	180224	942571.5	204353	-1E+06
12	-82	-1.066	-0.8753	0.48363	38.61	0.50193	0.60536	180224	942571.5	204353	-1E+06
13	-114.8	-1.4924	-0.9969	0.07832	38.61	0.50193	0.60536	180224	942571.5	204353	-1E+06
14	-147.6	-1.9188	-0.9401	-0.341	38.61	0.50193	0.60536	180224	942571.5	204353	-1E+06
15	-180.4	-2.3452	-0.7148	-0.6993	38.61	0.50193	0.60536	180224	942571.5	204353	-1E+06
16	-213.2	-2.7716	-0.3616	-0.9323	44.9706	0.58462	0.55732	139264	728350.7	133642	-756413
17	-246	-3.198	0.05638	-0.9984	53.0833	0.69008	0.50153	98304	514129.9	83961	-475219
18	-278.6	-3.6218	0.46196	-0.8869	60.6786	0.78882	0.45438	57344	299909.1	30540.4	-172859
19	-311.4	-4.0482	0.78742	-0.6164	84.875	1.10338	0.33175	16384	85688.32	2814.78	-15932
20	-344.4	-4.4772	0.97247	-0.233	0	0	1	0	0	0	0

(12 + 10) 13	da _n /d ζ 14	(u ζ_{sa} , ω_e)x da _n /d ζ 15	b _n x ζ_a x ω_e 16	(16 - 15) 17	(13 x 4) 18	(17 x 5) 19	(18 + 19) 20	(13 x 5) 21	(17 x 4) 22	(21 - 22) 23	(20 x 8) 24
0	10.56375	1723.75	0	-1723.8	0	1059.02	1059.023	0	1360.07	-1360.1	1059.02
101982	-435.519	-71066	206.482	71272.8	-47347	-63126	-110473	-90325	-33090	-57235	-66362
138203	-926.781	-151228	499.637	151728	-7791.5	-151487	-159278	-137983	-8554	-129429	-84749
79203.1	-1317.22	-214939	765.883	215705	28640.5	-201108	-172468	-73843	78000.8	-151844	-98049
-29546	-1361.53	-222168	2397.35	224566	-21121	-157037	-178157	20661.2	160528	-139867	-100641
-104995	-1362.4	-222311	2946.84	225258	-98701	-76818	-175519	35805.6	211755	-175949	-101816
-214068	-726.48	-118544	3877.28	122421	-213411	9587.55	-203823	-16765	122045	-138810	-123387
-214068	0	0	3877.28	3877.28	-187368	1875.17	-185493	-103530	3393.68	-106923	-112290
-214068	0	0	3877.28	3877.28	-127772	3110.88	-124661	-171754	2314.25	-174069	-75465
-214068	0	0	3877.28	3877.28	-45294	3789.5	-41504.9	-209222	820.388	-210042	-25125
-214068	0	0	3877.28	3877.28	45294.4	3789.5	49083.88	-209222	-820.39	-208401	29713.5
-214068	0	0	3877.28	3877.28	127772	3110.88	130882.8	-171754	-2314.3	-169440	79231.4
-214068	0	0	3877.28	3877.28	187368	1875.17	189243.3	-103530	-3393.7	-100136	114561
-214068	0	0	3877.28	3877.28	213411	303.653	213714.4	-16765	-3865.4	-12900	129374
-214068	0	0	3877.28	3877.28	201236	-1322.2	199913.8	73002	-3644.9	76646.8	121020
-214068	1077.918	175890	3877.28	-172013	153024	120287	273311.1	149696	122961	26734.3	165452
-28063	1835.249	299469	2946.84	-296522	10147.7	276456	286603.8	26163.6	107225	-81061	159730
38910.7	1571.669	256459	920.249	-255538	2193.69	255132	257325.7	-38849	-14407	-24442	129058
127050	1244.574	203085	625.679	-202459	58692.6	179561	238253.2	-112681	-93529	-19152	108257
69756.6	465.555	75967.4	40.7867	-75927	54927.6	46802.7	101730.3	-42999	-59786	16786.5	33749
0	42.64824	6959.17	0	-6959.2	0	1621.67	1621.673	0	-6767.6	6767.59	1621.67

S M	Hasil (24 x 25)	(23 x 8)	S M	Hasil (27 x 28)	(24 x 2)	S M	Hasil (30 x 31)	(27 x 2)	S M	Hasil (33 x 34)
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
1	1059.02	-1360.1	1	-1360.1	329991.5	1	329991	-423797	1	-423797
4	-265447	-34382	4	-137526	-1.9E+07	4	-7E+07	-1E+07	4	-4E+07
2	-169497	-68866	2	-137733	-2.1E+07	2	-4E+07	-2E+07	2	-3E+07
4	-392196	-86324	4	-345297	-2.1E+07	4	-8E+07	-2E+07	4	-7E+07
2	-201283	-79011	2	-158022	-1.8E+07	2	-4E+07	-1E+07	2	-3E+07
4	-407266	-102066	4	-408264	-1.5E+07	4	-6E+07	-2E+07	4	-6E+07
2	-246773	-84030	2	-168061	-1.4E+07	2	-3E+07	-1E+07	2	-2E+07
4	-449161	-64727	4	-258909	-9207802	4	-4E+07	-5E+06	4	-2E+07
2	-150930	-105374	2	-210749	-3712875	2	-7E+06	-5E+06	2	-1E+07
4	-100502	-127151	4	-508605	-412057	4	-2E+06	-2E+06	4	-8E+06
2	59427	-126158	2	-252316	-487301	2	-974602	2068990	2	4137981
4	316925	-102572	4	-410290	-3898183	4	-2E+07	5046566	4	2E+07
2	229121	-60618	2	-121237	-9393967	2	-2E+07	4970712	2	9941423
4	517498	-7808.9	4	-31236	-1.5E+07	4	-6E+07	896464	4	3585857
2	242040	46399	2	92798	-1.8E+07	2	-4E+07	-7E+06	2	-1E+07
4	661808	16183.9	4	64735.7	-3E+07	4	-1E+08	-3E+06	4	-1E+07
2	319459	-45177	2	-90354	-3.4E+07	2	-7E+07	9631728	2	1.9E+07
4	516231	-12259	4	-49035	-3.2E+07	4	-1E+08	3015622	4	1.2E+07
2	216515	-8702.5	2	-17405	-3E+07	2	-6E+07	2424506	2	4849011
4	134996	5568.9	4	22275.6	-1.1E+07	4	-4E+07	-2E+06	4	-7E+06
1	1621.67	6767.59	1	6767.59	-558504	1	-558504	-2E+06	1	-2E+06
sum12		832588.3	sum13		-3119820	sum14=		-9.2E+08	sum15=	

Analisa Gerak Kapal (>30000 dwt sect. 1)

Kapal Post panamax mempunyai dimensi sebagai berikut :

Panjang	L	:	656	ft
Lebar	B	:	88	ft
Draft	T	:	36	ft
Coeff.blok	C_b	:	0.75	
Kecepatan kapal	U	:	30	ft/sec
Panjang gelombang	L_w	:	472.92	ft/sec
Amplitudo gelombang	ζa	:	5.23	ft
Kecepatan gelombang	V_w	:	45.95	ft/sec
Massa jenis air laut	ρ	:	64	lb/ft ³
freq.encounter	ω_e	:	0.84	rad/sec
gravitasi	g	:	32.17	ft/sec ²

Massa tambah untuk gerakan heaving, a_z

$$\begin{aligned} a_z &= \int a_n d\xi \\ &= \frac{1}{3} \times S \times \text{SUM 1} \\ &= \frac{1}{3} \times 31,2 \times 8015806 \\ &= 8,33 \cdot 10^7 \end{aligned}$$

Massa tambah momen inersia untuk gerakan pitching, A_{yy}

$$\begin{aligned} A_{yy} &= \int a_n \xi^2 d\xi \\ &= \frac{1}{3} \times S \times \text{SUM 2} \\ &= \frac{1}{3} \times 31,2 \times 1,404 \cdot 10^{11} \\ &= 1,46 \cdot 10^{12} \end{aligned}$$

Koefisien damping untuk gerakan pitching, B

$$\begin{aligned} B &= \int b_n \xi^2 d\xi \\ &= \frac{1}{3} \times S \times \text{SUM 4} \\ &= \frac{1}{3} \times 31,2 \times 4,56 \cdot 10^8 \\ &= 4,74 \cdot 10^9 \end{aligned}$$

Koefisien damping untuk gerakan heaving, b

$$\begin{aligned} b &= \int b_n d\xi \\ &= \frac{1}{3} \times S \times \text{SUM 3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{3} \times 31,2 \times 27348,97 \\
 &= 284429,28
 \end{aligned}$$

Koefisien gaya pengembali untuk gerakan heaving, c

$$\begin{aligned}
 c &= \int c_n d\xi = \rho g A_w \\
 &= \frac{1}{3} \times S \times \text{SUM 5} \\
 &= \frac{1}{3} \times 31,2 \times 7667712 \\
 &= 7,97 \cdot 10^7
 \end{aligned}$$

Koefisien momen pengembali untuk gerakan pitching, C

$$\begin{aligned}
 C &= \int c_n \xi^2 d\xi \\
 &= \left(\frac{1}{3} \times S \times \text{SUM 6} \right) - uE \\
 &= \left(\frac{1}{3} \times 31,2 \times 1,59 \cdot 10^{11} \right) - 14,7 \cdot -1,21 \cdot 10^9 \\
 &= 1,67 \cdot 10^{12}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan d,D,e,E,h,H

$$\begin{aligned}
 d &= \int a_n \xi d\xi \\
 &= -\frac{1}{3} \times S \times \text{SUM 7} \\
 &= -\frac{1}{3} \times 31,2 \times -1,82 \cdot 10^8 \\
 &= 1,89 \cdot 10^9
 \end{aligned}$$

$$D = d = 1,89 \cdot 10^9$$

$$\begin{aligned}
 e &= - \int b_n \xi d\xi - ua \\
 &= \left(-\frac{1}{3} \times S \times \text{SUM 8} \right) + ua \\
 &= \left(-\frac{1}{3} \times 31,2 \times -6,03 \cdot 10^5 \right) + (14,7 \times 8,33 \cdot 10^7) \\
 &= 1,23 \cdot 10^9
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= - \int b_n \xi d\xi - ua \\
 &= 6271200 - 1,22 \cdot 10^9 \\
 &= -1,21 \cdot 10^9
 \end{aligned}$$

$$h = - \int c_n \xi d\xi + ub$$

$$\begin{aligned}
&= \left(-\frac{1}{3} \times S \times \text{SUM 9} \right) + ub \\
&= \left(-\frac{1}{3} \times 31,2 \times -1,51 \cdot 10^8 \right) + (14,7 \times 284429,28) \\
&= 1,57 \cdot 10^9
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
H &= - \int c_n \xi d\xi \\
&= 1,57 \cdot 10^9
\end{aligned}$$

Massa kapal, m

$$\begin{aligned}
m &= \frac{1}{3} \times S \times \text{SUM 10} \\
&= \frac{1}{3} \times 31,2 \times 8106435 \\
&= 8,43 \cdot 10^7
\end{aligned}$$

Momen inersia massa kapal, I_{yy}

$$\begin{aligned}
I_{yy} &= \frac{1}{3} \times S \times \text{SUM 11} \\
&= \frac{1}{3} \times 31,2 \times 1,31 \cdot 10^{11} \\
&= 1,36 \cdot 10^{12}
\end{aligned}$$

Komponen exciting force, F₁

$$\begin{aligned}
F_1 &= \frac{1}{3} \times S \times \text{SUM 12} \\
&= \frac{1}{3} \times 31,2 \times 195478,8 \\
&= 2,03 \cdot 10^6
\end{aligned}$$

Komponen exciting force F₂,

$$\begin{aligned}
F_2 &= \frac{1}{3} \times S \times \text{SUM 13} \\
&= \frac{1}{3} \times 31,2 \times -1377022 \\
&= -1,43 \cdot 10^7
\end{aligned}$$

Komponen exciting momen, M₁

$$\begin{aligned}
M_1 &= \frac{1}{3} \times S \times \text{SUM 14} \\
&= \frac{1}{3} \times 31,2 \times 52288505 \\
&= 5,43 \cdot 10^8
\end{aligned}$$

Komponen exciting momen, M_2

$$\begin{aligned} M_2 &= \frac{1}{3} \times S \times \text{SUM } 15 \\ &= \frac{1}{3} \times 31,2 \times -3,9 \cdot 10^7 \\ &= -4,05 \cdot 10^8 \end{aligned}$$

```

>> %%%%%% Program perhitungan besarnya gerakan heaving dan pitching %
% Untuk kapal berbobot >30000 DWT pada section 1 %
%%%%%

```

$m = 8.33E+07$ % massa tambah heaving
 $a = 8.43E+07$ % massa kapal
 $b = 2.84E+05$ % koefisien damping untuk heaving
 $w = 1.04$ % frekuensi encountering
 $c = 7.97E+07$ % koefisien gaya pengembali untuk heaving
 $Iyy = 1.36E+12$ % moment inersia massa kapal
 $Ayy = 1.46E+12$ % moment inersia massa tambah untuk pitching
 $B = 4.74E+09$ % koefisien damping untuk pitching
 $C = 1.67E+12$ % koefisien moment pengembali untuk pitching
 $d = 1.89E+09$
 $e = 1.23E+09$
 $h = 1.57E+09$
 $D = d$
 $E = -1.21E+09$
 $H = 1.57E+09$ % d,e,h,D,E,H adalah istilah-istilah couple
 $F1 = 8.66E+06$ % komponen gaya luar, F1
 $F2 = -3.24E+07$ % komponen gaya luar, F2
 $M1 = -9.56E+9$ % komponen moment luar, M1
 $M2 = -2.6E+09$ % komponen moment luar, M2

%perhitungan dengan rumus-rumus yang ada

$$P = -(m+a)*(w^2) + (i*b*w) + c \quad \% \text{ huruf } i \text{ menunjukan bagian imajiner}$$

$$S = -(Iyy+Ayy)*(w^2) + (i*B*w) + C$$

$$Q = -(d*(w^2)) + (i*e*w) + h$$

$$R = -(D*(w^2)) + (i*E*w) + H$$

% hasil perhitungan kemudian dipakai untuk mencari nilai 1

$$A = P*S$$

$$F = Q*R$$

$$G = (A-F)$$

$$J = conj(G)$$

$$K = G * J$$

% mencari nilai 2

$$Fa = F1 + i*F2$$

$$Ma = M1 + i*M2$$

$$L1 = Fa*S$$

$$N1 = Ma*Q$$

$$T1 = L1-N1$$

$$Ta = T1*J$$

% mencari nilai 3

$$L2 = Ma * P$$

$$N2 = Fa * R$$

$$T2 = L2 - N2$$

$$Tb = T2 * J$$

% mencari nilai amplitudo heaving (Za)

$$Z = Ta / K$$

$$Z1 = \text{real}(Z)$$

$$Z2 = \text{imag}(Z)$$

$$Za = (((Z1^2) + (Z2^2))^{(1/2)})$$

% mencari nilai amplitudo pitching (Ua)

$$U = Tb / K$$

$$U1 = \text{real}(U)$$

$$U2 = \text{imag}(U)$$

$$Ua = (((U1^2) + (U2^2))^{(1/2)})$$

% sudut phase gerakan pitching v

$$x = U1 / Ua$$

$$v = \text{acos}(x)$$

v_deg = rad2deg(v) % nilai konversi dari sudut ke derajat

$$m = 83300000$$

$$a = 84300000$$

$$b = 284000$$

$$w = 1.0400$$

$$c = 79700000$$

$$Iyy = 1.3600e+012$$

$$Ayy = 1.4600e+012$$

$$B = 4.7400e+009$$

$$C = 1.6700e+012$$

$$d = 1.8900e+009$$

$$e = 1.2300e+009$$

$$h = 1.5700e+009$$

$$D = 1.8900e+009$$

E = -1.2100e+009
H = 1.5700e+009
F1 = 8660000
F2 = -32400000
M1 = -9.5600e+009
M2 = -2.6000e+009
P = -1.0158e+008 +2.9536e+005i
S = -1.3801e+012 +4.9296e+009i
Q = -4.7422e+008 +1.2792e+009i
R = -4.7422e+008 -1.2584e+009i
A = 1.4019e+020 -9.0836e+017i
F = 1.8346e+018 -9.8639e+015i
G = 1.3835e+020 -8.9850e+017i
J = 1.3835e+020 +8.9850e+017i
K = 1.9142e+040
Fa = 8.6600e+006 -3.2400e+007i
Ma = -9.5600e+009 -2.6000e+009i
L1 = -1.1792e+019 +4.4758e+019i
N1 = 7.8595e+018 -1.0996e+019i
T1 = -1.9652e+019 +5.5754e+019i
Ta = -2.7689e+039 +7.6960e+039i
L2 = 9.7184e+017 +2.6127e+017i
N2 = -4.4879e+016 +4.4671e+015i
T2 = 1.0167e+018 +2.5681e+017i
Tb = 1.4043e+038 +3.6443e+037i
Z = -0.1447 + 0.4021i
Z1 = -0.1447
Z2 = 0.4021
Za = 0.4273
U = 0.0073 + 0.0019i
U1 = 0.0073

U2 = 0.0019

Ua = 0.0076

x = 0.9679

v = 0.2539

v_deg = 0.0832

>>

LAMPIRAN C

PENAMPANG MELINTANG ALUR



CROSS 1

CROSS 2

LIVASH
 JARAK
 194
 Ma.
 244
 26.5
 537
 461
 537
 461

1005

ROSS /

ROSS

LAMPIRAN E

DATA KECELAKAAN KAPAL DI
TANJUNG PERAK (1996-2000)

**DATA KECELAKAAN KAPAL DI PELABUHAN TANJUNG PERAK
BERDASAR JENIS KECELAKAAN
DARI 1996 - 1999**

URAIAN	SATUAN	1996	1997	1998	1999	2000*	JUMLAH	PROSENTASE
TUBRUKNAN (Collision)	UNIT	13	11	4	9	8	45	68%
KANDAS (Grounding)	UNIT	2	2	1	3	3	11	17%.
TENGGELAM (Stranding/Sinking)	UNIT	0	2	2	4	2	10	15%
TOTAL KECELAKAAN	UNIT	15	15	7	16	13	66	100%

sumber: ADPEL Tg. Perak, 2000

* Data s/d Agustus 2000

TOTAL ARUS KAPAL	UNIT	14,993	15,020	14,957	14,285
PROBABILITA KECELAKAAN	%	0.100%	0.100%	0.047%	0.112%
PROB. KECELAKAAN/1000 KPL		1.0005	0.9987	0.4680	1.1201
PERTUMBUHAN			(0.0018)	(0.5314)	1.3932

Rata_2/thn
14,814
0.090%
0.897
0.287

LAMPIRAN D

PREDIKSI TINGGI GELOMBANG DI APBS

Hasil Prediksi Tinggi Gelombang di Lokasi Kritis Perairan Surabaya

Kedalam dan Kecepatan Arus

URAIAN	SATUAN	SECT. 1	SECT. 2	SECT. 3	SECT. 4	SECT. 5
LWS	m	20	15	10	20	15
Arus						
maks	m/s	0.5	0.7	0.8	0.62	0.75
arah	deg	6	290	340	150	290
min	m/s	0.03	0.01	0.01	0.01	0.04
arah	deg	170	300	340	180	130

Tinggi Gelombang Significant

SECT 1

No	U angin (knot)	Arah angin							
		Tenggara		Timur		Timur Laut		Utara	
		H's (m)	Ts (det)	H's (m)	Ts (det)	H's (m)	Ts (det)	H's (m)	Ts (det)
1	5	0.088	2.327	0.035	1.455	0.591	6.052	0.764	6.842
2	10	0.190	2.897	0.074	1.811	1.237	7.534	1.644	8.517
3	15	0.283	3.245	0.111	2.029	1.808	8.440	2.445	9.541
4	20	0.369	3.500	0.144	2.189	2.328	9.103	3.186	10.291

SECT 2

No	U angin (knot)	Arah angin							
		Selatan		Tenggara		Timur			
		H's (m)	Ts (det)	H's (m)	Ts (det)	H's (m)	Ts (det)	H's (m)	Ts (det)
1	5	0.084	2.187	0.086	2.213	0.051	1.698		
2	10	0.180	2.722	0.185	2.755	0.109	2.114		
3	15	0.268	3.049	0.275	3.086	0.162	2.368		
4	20	0.350	3.289	0.358	3.328	0.211	2.554		

SECT 3

No	U angin (knot)	Arah angin							
		Timur		Timur Laut		Utara			
		H's (m)	Ts (det)	H's (m)	Ts (det)	H's (m)	Ts (det)	H's (m)	Ts (det)
1	5	0.077	1.997	0.085	2.089	0.226	3.412		
2	10	0.166	2.485	0.182	2.600	0.486	4.247		
3	15	0.248	2.784	0.271	2.913	0.723	4.758		
4	20	0.323	3.003	0.353	3.141	0.942	5.132		

SECT 4

No	U angin (knot)	Arah angin							
		Selatan		Tenggara		Timur		Timur Laut	
		H's (m)	Ts (det)	H's (m)	Ts (det)	H's (m)	Ts (det)	H's (m)	Ts (det)
1	5	0.063	1.966	0.067	2.034	0.042	1.610	0.058	1.893
2	10	0.136	2.448	0.145	2.532	0.091	2.004	0.126	2.356
3	15	0.202	2.742	0.216	2.836	0.135	2.245	0.187	2.639
4	20	0.263	2.957	0.282	3.059	0.176	2.422	0.244	2.847
								0.152	3.051
								0.327	3.798
								0.486	4.255
								0.634	4.589

SECT 5

No	U angin (knot)	Arah angin							
		Timur		Timur Laut		Utara			
		H's (m)	Ts (det)	H's (m)	Ts (det)	H's (m)	Ts (det)	H's (m)	Ts (det)
1	5	0.044	1.586	0.072	2.030	0.261	3.855		
2	10	0.095	1.974	0.155	2.527	0.561	4.799		
3	15	0.141	2.211	0.231	2.831	0.834	5.375		
4	20	0.184	2.385	0.301	3.053	1.087	5.798		

Tabel . Perhitungan Gelombang Angin Lokasi Perairan Surabaya
SECTION C-1

ANGIN DARI ARAH TENGGARA								
No	U (knot)	U (m/dt)	U10(m/dt)	U(m/dt)	Ua	Feff (m)	Hs (m)	Ts (detik)
1	5	2.575	3.058259	4.740301	4.814	11804	0.267	2.395
2	10	5.15	6.116517	7.951472	9.095	11804	0.505	2.961
3	15	7.725	9.174776	10.3675	12.605	11804	0.700	3.301
4	20	10.3	12.23303	12.96702	16.598	11804	0.922	3.618
ANGIN DARI ARAH TIMUR								
No	U (knot)	U (m/dt)	U10(m/dt)	U(m/dt)	Ua	Feff (Km)	Hs (m)	Ts (detik)
1	5	2.575	3.058259	4.740301	4.814	2886	0.132	1.498
2	10	5.15	6.116517	7.951472	9.095	2886	0.250	1.851
3	15	7.725	9.174776	10.3675	12.605	2886	0.346	2.064
4	20	10.3	12.23303	12.96702	16.598	2886	0.456	2.263
ANGIN DARI ARAH TIMUR LAUT								
No	U (knot)	U (m/dt)	U10(m/dt)	U(m/dt)	Ua	Feff (Km)	Hs (m)	Ts (detik)
1	5	2.575	3.058259	4.740301	4.814	207634	1.121	6.229
2	10	5.15	6.116517	7.951472	9.095	207634	2.119	7.701
3	15	7.725	9.174776	10.3675	12.605	207634	2.936	8.586
4	20	10.3	12.23303	12.96702	16.598	207634	3.866	9.410
ANGIN DARI ARAH UTARA								
No	U (knot)	U (m/dt)	U10(m/dt)	U(m/dt)	Ua	Feff (m)	Hs (m)	Ts (detik)
1	5	2.575	3.0583	4.740301	4.814	300000	1.348	7.042
2	10	5.15	6.1165	7.951472	9.095	300000	2.547	8.706
3	15	7.725	9.1748	10.3675	12.605	300000	3.529	9.706
4	20	10.3	12.2330	12.96702	16.598	300000	4.647	10.638

Tabel . Perhitungan Gelombang Angin Lokasi Perairan Surabaya

ANGIN DARI ARAH SELATAN								
No	U (knot)	U (m/dt)	U10(m/dt)	U(m/dt)	Ua	Feff (m)	Hs (m)	Ts (m)
1	5	2.575	3.058259	4.740301	4.814	9794	0.244	2.251
2	10	5.15	6.116517	7.951472	9.095	9794	0.460	2.782
3	15	7.725	9.174776	10.3675	12.605	9794	0.638	3.102
4	20	10.3	12.23303	12.96702	16.598	9794	0.840	3.400
ANGIN DARI ARAH TENGGARA								
No	U (knot)	U (m/dt)	U10(m/dt)	U(m/dt)	Ua	Feff (Km)	Hs (m)	Ts (m)
1	5	2.575	3.058259	4.740301	4.814	10148	0.248	2.277
2	10	5.15	6.116517	7.951472	9.095	10148	0.468	2.815
3	15	7.725	9.174776	10.3675	12.605	10148	0.649	3.139
4	20	10.3	12.23303	12.96702	16.598	10148	0.855	3.441
ANGIN DARI ARAH TIMUR								
No	U (knot)	U (m/dt)	U10(m/dt)	U(m/dt)	Ua	Feff (Km)	Hs (m)	Ts (m)
1	5	2.575	3.058259	4.740301	4.814	4586	0.167	1.748
2	10	5.15	6.116517	7.951472	9.095	4586	0.315	2.161
3	15	7.725	9.174776	10.3675	12.605	4586	0.436	2.409
4	20	10.3	12.23303	12.96702	16.598	4586	0.575	2.640

- Tabel . Perhitungan Gelombang Angin Lokasi Perairan Surabaya

ANGIN DARI ARAH TIMUR								
No	U (knot)	U (m/dt)	U10(m/dt)	U(m/dt)	Ua	Feff (m)	Hs (m)	Ts (m)
1	5	2.575	3.058259	4.740301	4.814	7454	0.212	2.055
2	10	5.15	6.116517	7.951472	9.095	7454	0.401	2.540
3	15	7.725	9.174776	10.3675	12.605	7454	0.556	2.832
4	20	10.3	12.23303	12.96702	16.598	7454	0.733	3.104
ANGIN DARI ARAH TIMUR LAUT								
No	U (knot)	U (m/dt)	U10(m/dt)	U(m/dt)	Ua	Feff (m)	Hs (m)	Ts (m)
1	5	2.575	3.058259	4.740301	4.814	8534	0.227	2.150
2	10	5.15	6.116517	7.951472	9.095	8534	0.430	2.658
3	15	7.725	9.174776	10.3675	12.605	8534	0.595	2.963
4	20	10.3	12.23303	12.96702	16.598	8534	0.784	3.248
ANGIN DARI ARAH UTARA								
No	U (knot)	U (m/dt)	U10(m/dt)	U(m/dt)	Ua	Feff (m)	Hs (m)	Ts (m)
1	5	2.575	3.058259	4.740301	4.814	37201	0.475	3.512
2	10	5.15	6.116517	7.951472	9.095	37201	0.897	4.341
3	15	7.725	9.174776	10.3675	12.605	37201	1.243	4.840
4	20	10.3	12.23303	12.96702	16.598	37201	1.637	5.305

- Tabel . Perhitungan Gelombang Angin Lokasi Perairan Surabaya
SECTION C-5

ANGIN DARI ARAH TIMUR								
No	U (knot)	U (m/dt)	U10(m/dt)	U(m/dt)	Ua	Feff (m)	Hs (m)	Ts (m)
1	5	2.575	3.058259	4.740301	4.814	3735	0.150	1.632
2	10	5.15	6.116517	7.951472	9.095	3735	0.284	2.018
3	15	7.725	9.174776	10.3675	12.605	3735	0.394	2.250
4	20	10.3	12.23303	12.96702	16.598	3735	0.519	2.466
ANGIN DARI ARAH TIMUR LAUT								
No	U (knot)	U (m/dt)	U10(m/dt)	U(m/dt)	Ua	Feff (Km)	Hs (m)	Ts (m)
1	5	2.575	3.058259	4.740301	4.814	7834	0.218	2.089
2	10	5.15	6.116517	7.951472	9.095	7834	0.412	2.583
3	15	7.725	9.174776	10.3675	12.605	7834	0.570	2.880
4	20	10.3	12.23303	12.96702	16.598	7834	0.751	3.156
ANGIN DARI ARAH UTARA								
No	U (knot)	U (m/dt)	U10(m/dt)	U(m/dt)	Ua	Feff (Km)	Hs (m)	Ts (m)
1	5	2.575	3.058259	4.740301	4.814	53649	0.570	3.967
2	10	5.15	6.116517	7.951472	9.095	53649	1.077	4.905
3	15	7.725	9.174776	10.3675	12.605	53649	1.492	5.468
4	20	10.3	12.23303	12.96702	16.598	53649	1.965	5.994

LAMPIRAN F

ARUS KUNJUNGAN KAPAL, DIMENSI
KAPAL, DAN ARUS BARANG
DI TANJUNG PERAK (1995-1999)



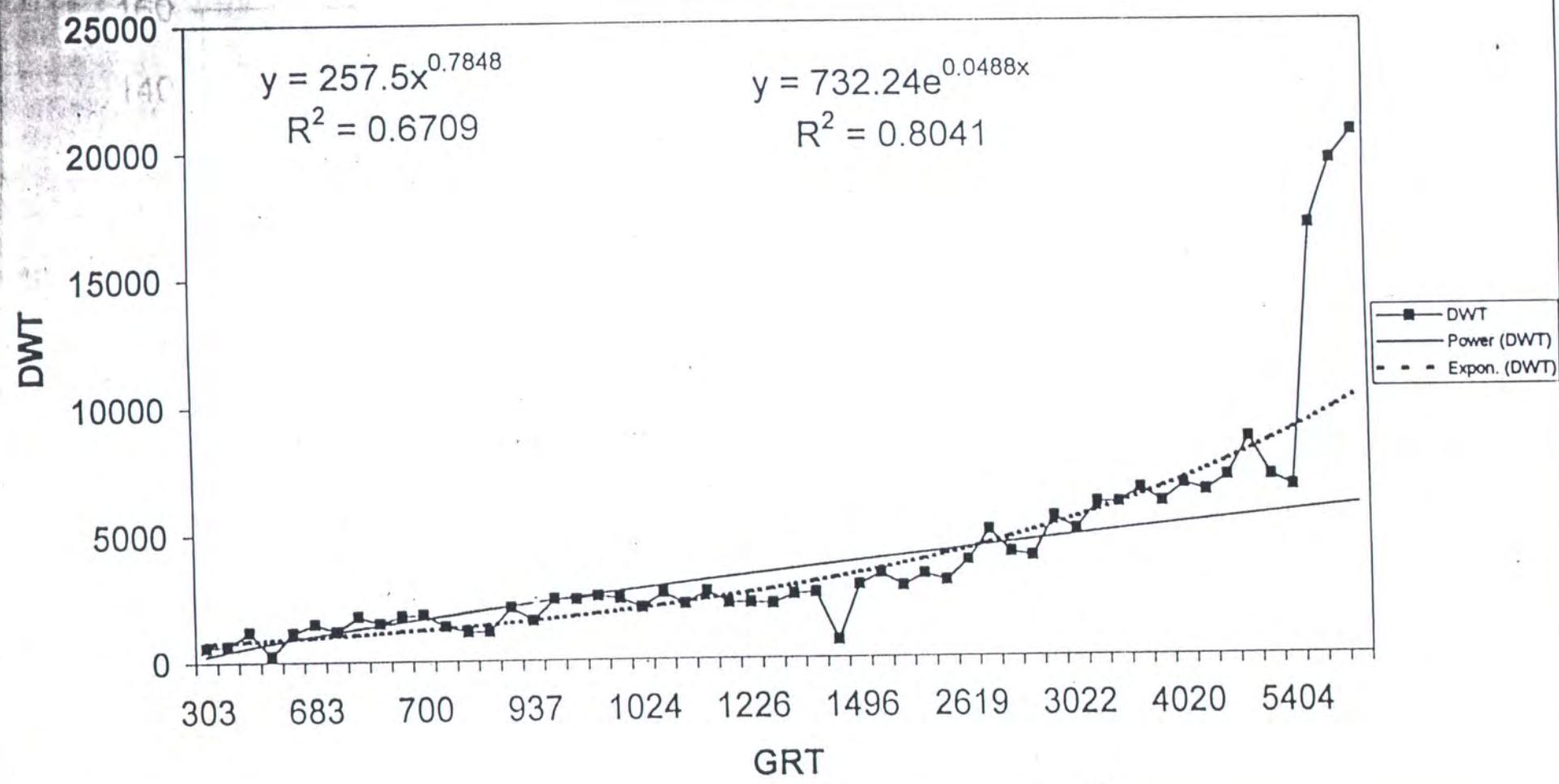
DATA ARUS KUNJUNGAN KAPAL DI TANJUNG PERAK SECARA KESELURUHAN
TAHUN 1995 - 1999

URAJAN	SATUAN	1995		1996		1997		1998		1999		Rata-2/thn
		Jumlah	prosentase									
Pelayaran LN - Reguler/Liner	Unit	4,007	27.9%	3,883	25.9%	4,681	31.0%	5,077	33.9%	4,810	33.7%	
	GRT	17,179,331	38.2%	17,887,994	35.8%	22,755,083	42.0%	22,574,701	44.9%	23,800,838	44.5%	
Pelayaran LN - Non-Reguler/Tramper	Unit	931	6.5%	984	6.4%	955	6.4%	780	5.2%	719	5.0%	
	GRT	7,935,614	17.6%	8,771,805	17.6%	8,850,689	18.3%	8,808,577	13.2%	7,051,415	13.2%	
Sub-total LN	Unit	4,938	34.4%	4,847	32.3%	5,616	37.4%	5,857	39.2%	5,529	38.7%	
	GRT	25,114,945	55.8%	26,659,799	53.4%	31,605,752	58.3%	29,183,278	58.1%	30,852,253	57.7%	
	GRT/Unit	5,086		5,500		5,628		4,983		5,580		5,355
Pelayaran Dalam Negeri	Unit	7,267	50.6%	8,170	54.5%	7,702	51.3%	7,293	48.8%	7,380	51.7%	
	GRT	19,535,712	43.4%	22,951,042	46.0%	22,064,521	40.7%	20,810,691	41.0%	22,384,150	41.8%	
	GRT/Unit	2,688		2,809		2,885		2,828		3,030		2,844
Pelayaran Rakyat	Unit	2,119	14.7%	1,956	13.0%	1,854	11.0%	1,886	11.3%	1,348	9.4%	
	GRT	269,395	0.6%	275,979	0.6%	214,644	0.4%	179,729	0.4%	195,093	0.4%	
	GRT/Unit	127		141		130		107		145		130
Pelayaran Perintis	Unit	23	0.2%	12	0.1%	12	0.1%	-	0.0%	-	0.0%	
	GRT	10,246	0.0%	5,977	0.0%	4,081	0.0%	-	0.0%	-	0.0%	
	GRT/Unit	445		498		340						428
Pelayaran Negara/Tamu	Unit	23	0.2%	8	0.1%	38	0.2%	121	0.8%	28	0.2%	
	GRT	64,810	0.1%	32,126	0.1%	290,480	0.5%	278,955	0.6%	85,008	0.1%	
	GRT/Unit	2,818		4,016		8,069		2,289		2,322		3,903
Total	Unit	14,370	100%	14,993	100%	15,020	100%	14,957	100%	14,285	100%	14,728
	GRT	44,995,108	100%	49,924,923	100%	54,179,478	100%	50,250,653	100%	53,478,504	100%	50,868,333
Rata-2 (total)	Unit/bln	1,197.00		1,249.42		1,251.87		1,246.42		1,190.42		1,226.98
	Unit/hari	39.00		41.00		41.00		41.00		39.00		40.20
	Unit/jam	1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00
	GRT/Unit	963.84		974.60		1,055.75		983.32		1,151.88		1,028
Pertumbuhan	Unit			4.34%		0.18%		-0.42%		-4.49%		-0.10%
	GRT			10.96%		8.52%		-7.25%		6.42%		4.66%
	GRT/Unit			1.12%		8.33%		-6.86%		17.14%		4.93%

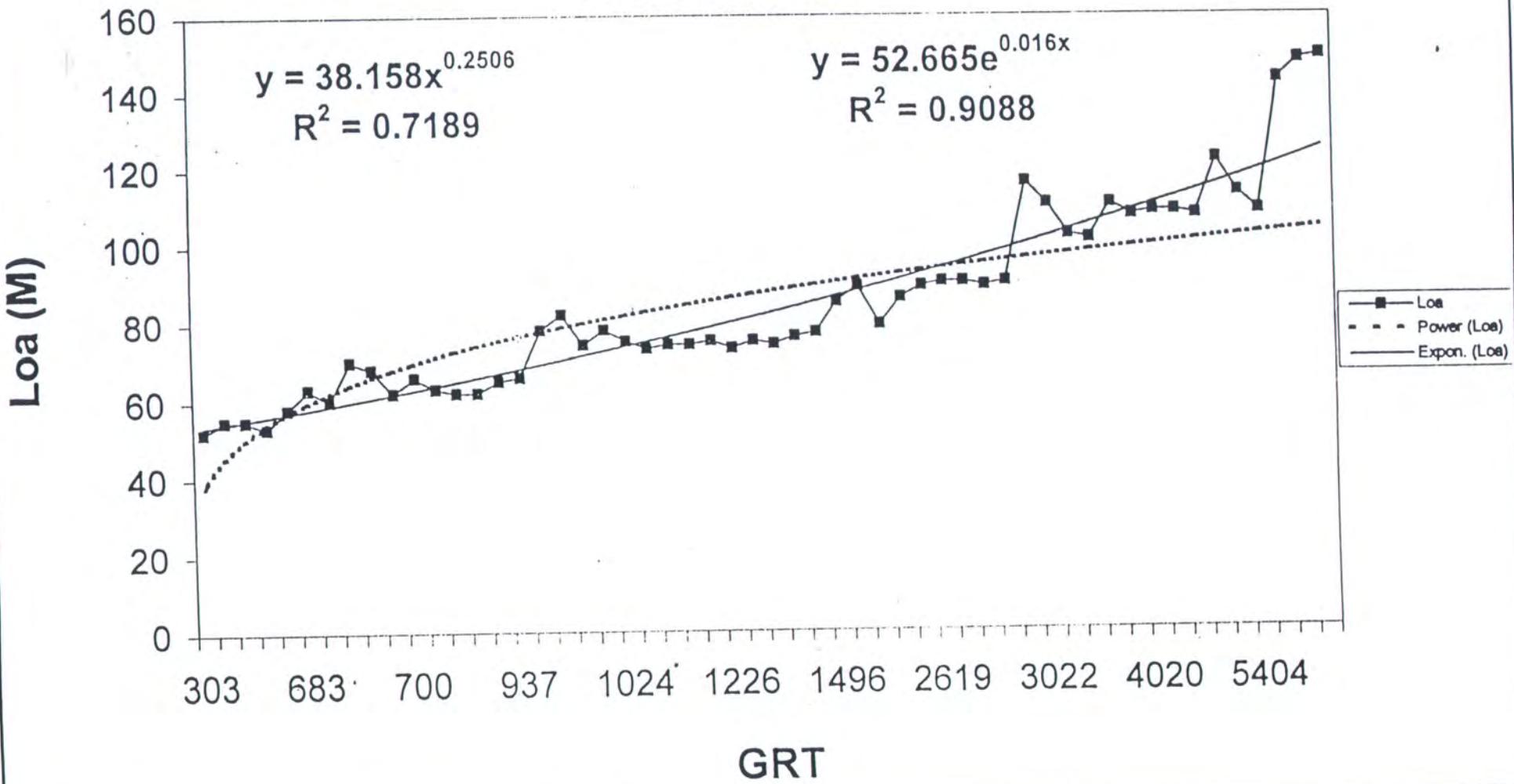
**PREDIKSI UKURAN KAPAL MAKSIMUM
DI TG. PERAK**

Jenis kapal	GT	DWT	Loa	Lpp	B	T
	(ton)	(Ton)	(m)	(m)	(m)	(m)
Barang (General Cargo)	32520	52370	210	200	27.8	12
Petikemas (Container)	30061	41571	198	188	25.9	11
Muatan Minyak (Tanker)	12159	20600	149	142	20.7	10
Muatan Curah Kering (Bulk Carrier)	32520	50655	203	193	27.5	12
Kapal Roro/Ferry	5532	7903	102	97	15.2	6
Kapal Penumpang	14649	14500	149	142	18.5	10
Tongkang	3789	5000	95	90	13.1	7
LCT	989	800	74	70	7.3	5
Tunda	337	1000	38	36	7.8	5

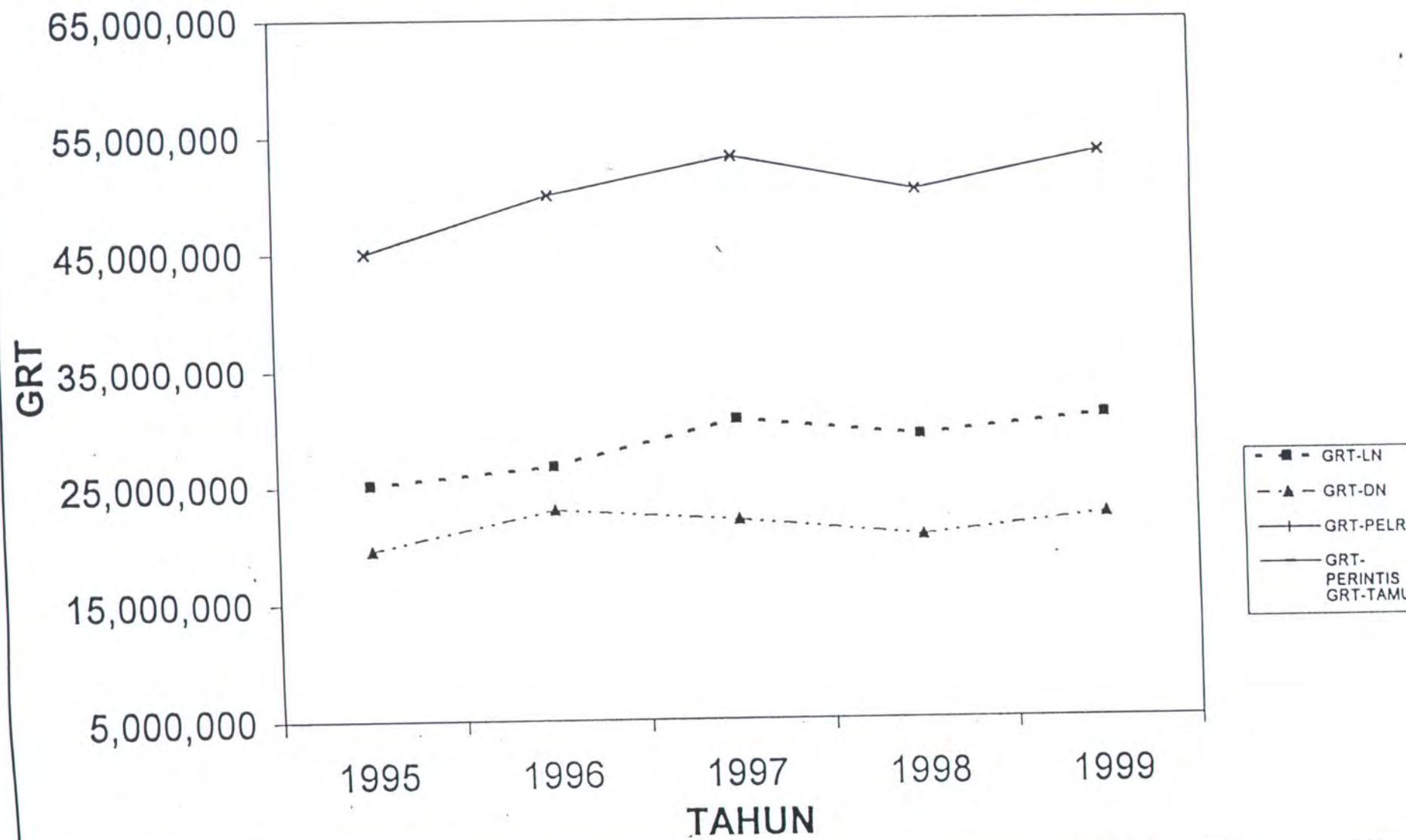
HUBUNGAN GRT vs DWT KAPAL TANKER DI TG. PERAK



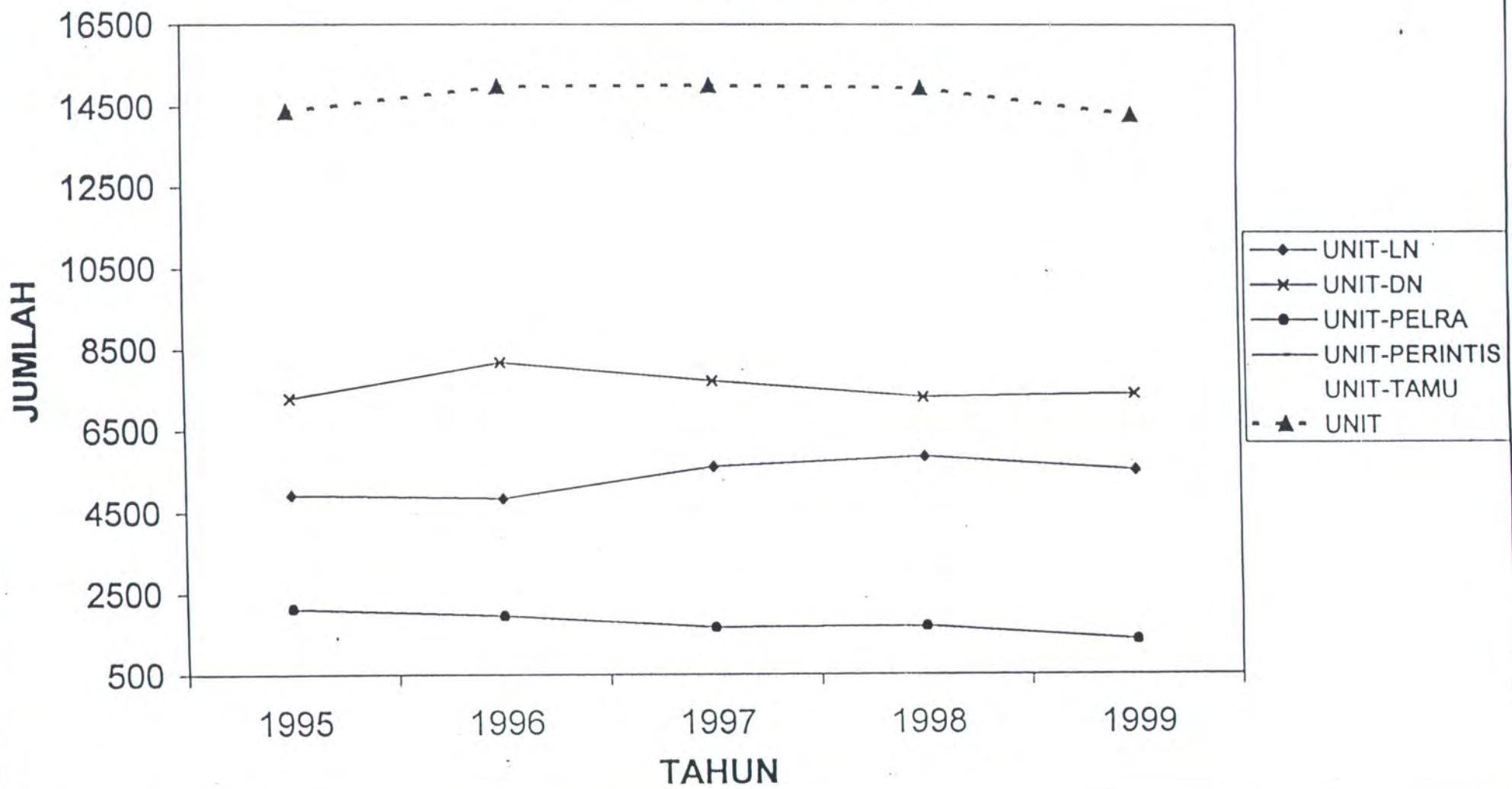
HUBUNGAN GRT vs Loa KAPAL TANKER DI TG. PERAK



ARUS KUNJUNGAN KAPAL DI TG. PERAK MENURUT JENIS PELAYARAN TAHUN 1995 - 1999



ARUS KUNJUNGAN KAPAL DI TG. PERAK MENURUT JENIS PELAYARAN TAHUN 1995 - 1999



REALISASI ARUS BARANG DAN PETIKEMAS
CABANG TANJUNG PERAK
Tahun 1995 - 1999

No	URAIAN	SATUAN	1995	1996	1997	1998	1999	
1	General Cargo	Ton	3479152	3456073	3996230	3531882	3164557	
		m ³	5363219	5365137	4930869	2829464	2592590	
2	Bag Cargo	Ton	2399414	2300770	1657374	3126470	2776606	
3	Curah Kering	Ton	3719092	3141387	3226692	3501829	4571137	
4	Curah Cair	Ton	2399414	2605622	2599874	2504160	1868169	
5	Petikemas	Box	126395	205095	285815	195889	205107	
		TEU's	133231	207923	295011	207551	215477	
TOTAL		Ton	11997072	11503852	11480170	12664341	12380469	
		m ³	5363219	5365137	4930869	2829464	2592590	
		Box	126395	205095	285815	195889	205107	
		TEU's	133231	207923	295011	207551	215477	