

TUGAS AKHIR

(TP 1701)

**PEMBUATAN DIAGRAM PELUNCURAN
END LAUNCHING KAPAL DIBANTU KOMPUTER**



RS Pe
623.83
Bud
P-1
2000

Disusun oleh :

Nama: PURWANTO BUDISUSILO

NRP : 4194 100 015

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

SURABAYA

2000

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	31/07/2001
No. ...	H
No. Agenda P.p.	812 822

**PEMBUATAN DIAGRAM PELUNCURAN END
LAUNCHING KAPAL DIBANTU KOMPUTER**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi
Sebagian Persyaratan Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Perkapalan**

**Pada
Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. H. Muhammad Bakri

NIP. 130 286 964

IG.N. Sumanta Buana, S.T., M.Eng.

NIP. 132 085 8000

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

2000

**PEMBUATAN DIAGRAM PELUNCURAN END
LAUNCHING KAPAL DIBANTU KOMPUTER**

TUGAS AKHIR

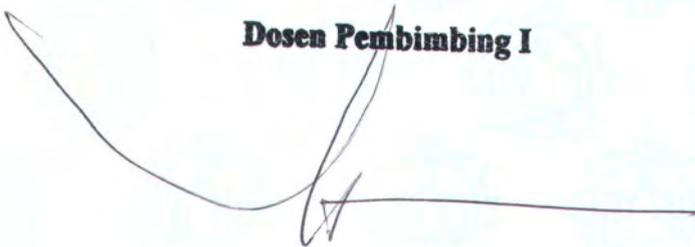
**Telah Direvisi Sesuai Dengan
Hasil Sidang Ujian Tugas Akhir**

**Pada
Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. H. Muhammad Bakri

NIP. 130 286 964

IG.N. Sumanta Buana, S.T., M.Eng.

NIP. 132 085 8000

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

2000

ABSTRAK

Peluncuran (*launching*) adalah proses menurunkan kapal dari landasan peluncur ke permukaan air dengan menggunakan gaya berat atau dengan memberikan gaya dorong tambahan yang bekerja pada bidang miring. Perhitungan peluncuran ini diperlukan untuk menghindari kapal dari kondisi-kondisi kritis seperti *tipping*, *dropping* dan *stern lift*.

Secara tradisional, perhitungan peluncuran biasanya dibuat secara manual dan membutuhkan waktu relatif lama. Oleh karena itu seiring dengan kemajuan teknologi, aplikasi komputer dibuat untuk mempermudah dan mempercepat pelaksanaan perhitungan dan menampilkan diagram peluncuran. Dalam Tugas Akhir ini perhitungan peluncuran yang dilakukan adalah berdasarkan jenis peluncuran memanjang (*end launching*). Pembuatan kurva-kurva dalam diagram peluncuran yang ada menggunakan metode interpolasi *cubic spline*. Prediksi penentuan berat kapal saat kapal diluncurkan dihitung dengan menggunakan pendekatan Lloyd Register '64. Data-data kapal dan perhitungan displasemen kapal yang dipergunakan dalam aplikasi ini adalah dari penelitian yang dilakukan sebelumnya.

Manfaat yang bisa diambil dari program ini adalah efisiensi waktu, otomatisasi pembacaan kurva-kurva Lloyd Register '64, keakurasian perhitungan dan pembuatan gambar lebih teliti, tingkat produksi gambarnya lebih cepat, tidak memerlukan pengulangan gambar, bentuk kurva lebih baik dan lebih rapi, *file input* dapat disimpan, dan tidak memerlukan pengembangan besar dari diagram peluncuran yang ditampilkan.

ABSTRACT

Launching is a descending process from a slip way to water front using weight force or giving additional force that acts on a skewed plane. The calculation of this process is needed to avoid critical conditions on the ship, such as tipping, dropping and stern lift.

Traditionally, the calculation of launching process is made manually and time consuming. As the advanced development of computer and information technology, computer application is made to simplify and accelerate the calculation and to present the launching diagram. In this Final Project, the launching calculation based on end launching type. Cubic spline interpolation method is used to build the curves in the diagram. Weight of the ship is calculated using Lloyd Register 64. Ship data and displacement calculation are provided previous research.

The advantages of this program are time efficiency, automation of Lloyd Register 64 curves reading process, accurate calculation and better detail of images production, faster and no more redrawing of the same images, tidy and better curve shape, saveable file input, and the capability to produce many scales of the launching diagram.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil Alamiin, Segala puji bagi Alloh Tuhan penguasa alam, hanya karena-Nyalah penyusunan program dan penulisan laporan dalam tugas akhir ini mampu penulis selesaikan. Walaupun banyak pihak telah memberikan bantuan dan bimbingan akan tetapi kesemuanya itu tidak lepas dari izin-Nya.

Dengan terselesaikannya penyusunan program dan penulisan laporan tugas akhir ini penulis sampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tuaku dan adikku tercinta atas seluruh jerih payah dan pengorbanannya serta doa yang senantiasa mengiringi kehidupan penulis.
2. Herminku tercinta, yang telah banyak memberikan dorongan spirituil kepada penulis.
3. Bapak Ir. H. Muhammad Bakri dan Bapak IG.N. Sumanta Buana, S.T., M.Eng sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan selama penyusunan tugas akhir ini.
4. Wasito, Prio, Fredhi, Seno, Toni, Hendrik, Lutvi, si Ceper dan rekan-rekan Kapal angkatan'94, atas segala saran, kritikan dan kerjasama yang terjalin selama penyelesaian tugas akhir ini.
5. Semua pihak yang telah membantu yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Dengan keterbatasan yang ada baik pada diri penulis maupun waktu yang tersedia, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan untuk itu segala kritikan dan saran selalu terbuka bagi penulis.

Akhirnya, semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua. *Amin*,

Surabaya, 9 Agustus 2000

PURWANTO BUDISUSILO
NRP. 4194 100 015

DAFTAR ISI

ABSTRAKSI.....	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I	PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Tujuan.....	I-2
1.3 Batasan Masalah	I-2
1.4 Manfaat Program.....	I-2
1.5 Metode Penyelesaian.....	I-4
1.6 Sistematika Penulisan.....	I- 5
BAB II	DASAR TEORI
2.1 Fungsi Parametrik.....	II-1
2.1.1 Turunan Fungsi Parametrik.....	II-3
2.1.2 Integral Fungsi Parametrik.....	II-4
2.2 Persamaan Garis.....	II-5
2.3 Interpolasi Spline.....	II-8
2.3.1 Spline Linear.....	II-10
2.3.2 Spline Kuadrat.....	II-11
2.3.3 Spilne Kubik.....	II-12

2.4	Akar-Akar Persamaan.....	II-24
2.4.1	Metode Bagi Dua (Bisection Method).....	II-25
2.4.2	Metode Posisi Palsu (Method Of False Position).....	II-26
BAB III	PELUNCURAN	
3.1	Pendahuluan.....	III-1
3.2	Perhitungan Peluncuran.....	III-3
3.2.1	Periode I.....	III-4
3.2.2	Periode II.....	III-9
3.2.3	Periode III.....	III-15
BAB IV	PERHITUNGAN KURVA PELUNCURAN	
4.1	Perhitungan Berat Dan Titik Berat.....	IV-1
4.1.1	Perhitungan Berat Dan Titik Berat Kapal Sampai Upper Deck.....	IV-1
4.1.2	Perhitungan Berat Dan Titik Berat Kontruksi Pada Bagian-Bagian Khusus.....	IV-5
4.2	Periode I.....	IV-9
4.3	Periode II.....	IV-10
4.4	Periode III.....	IV-15
BAB V	TEKNIK PEMROGRAMAN	
5.1	Teknik Pemrograman.....	V-1
5.2	Panduan Pemakaian Program.....	V-3

5.3	Program Perhitungan Berat Dan Titik Berat	
	Menggunakan Lr'64.....	V-3
5.3.1	Input Program.....	V-5
5.3.2	Output Program.....	V-12
5.4	Program Peluncuran (End Launching).....	V-12
5.4.1	Input Program.....	V-13
5.4.2	Output Program.....	V-23

BAB VI KESIMPULAN dan PENGEMBANGAN

6.1	Kesimpulan.....	VI-2
6.2	Saran Pengembangan.....	VI-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

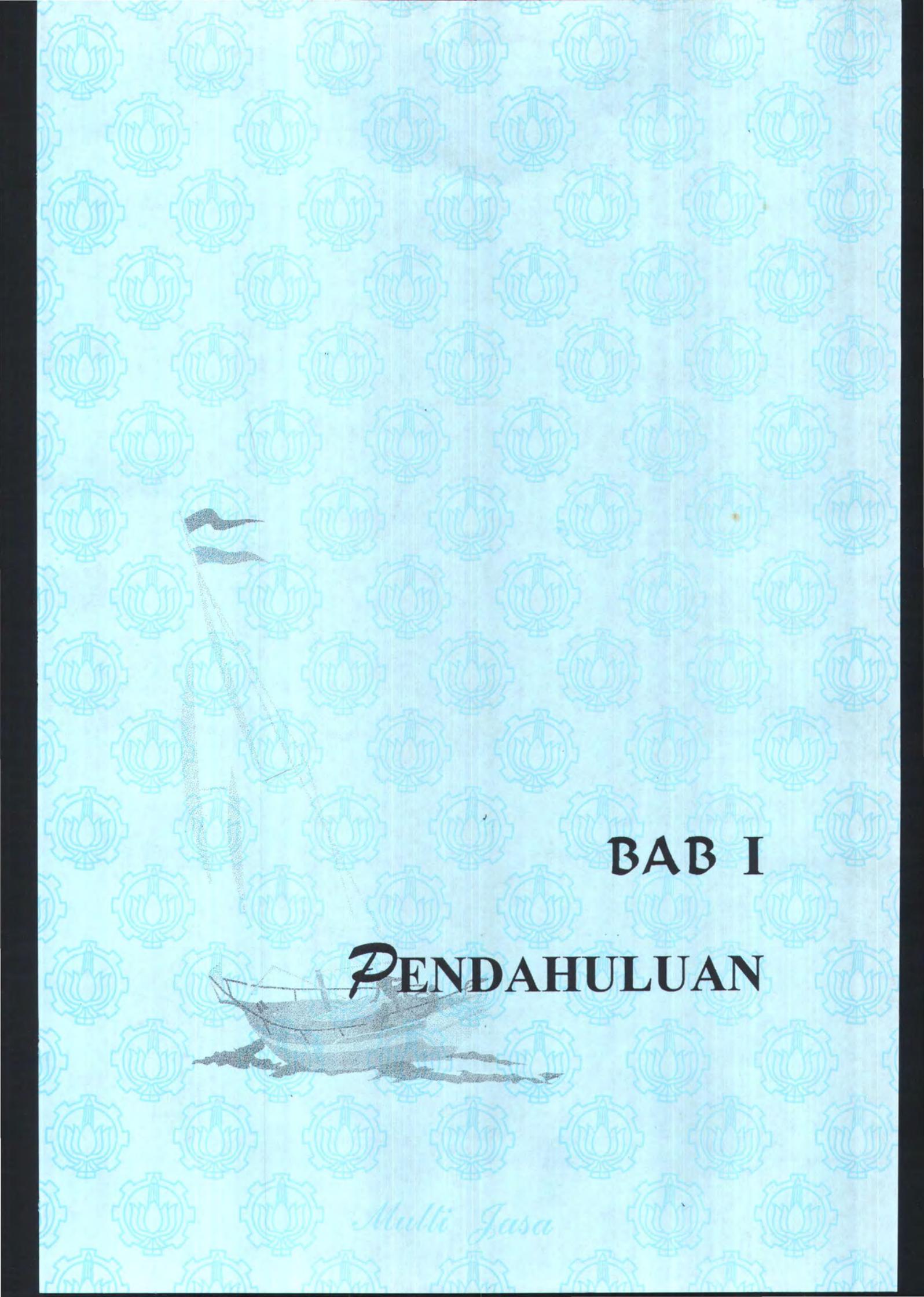
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Diagram alur Perhitungan Peluncuran.....	I-4
Gambar 2.1. Garis lurus fungsi nonparametrik.....	II-2
Gambar 2.2. Lingkaran fungsi nonparametrik.....	II-2
Gambar 2.3. Fungsi parametrik.....	II-3
Gambar 2.4. Struklat (spline).....	II-9
Gambar 2.5. Spline Linear.....	II-11
Gambar 2.6. Spline kuadrat.....	II-12
Gambar 2.7. Spline kubik.....	II-14
Gambar 2.8. Penurunan Spline Kubik.....	II-17
Gambar 2.9. Spline kubik satu fungsi, $y=f(x)$	II-21
Gambar 2.10. Spline kubik satu fungsi, $x=f(y)$	II-23
Gambar 2.11. Penurunan metode posisi palsu.....	II-27
Gambar 3.1.....	III-4
Gambar 3.2.....	III-7
Gambar 3.3.....	III-9
Gambar 3.4.....	III-11
Gambar 3.5.....	III-14
Gambar 3.6.....	III-15
Gambar 3.7.....	III-17
Gambar 3.8.....	III-18
Gambar 4.1.....	IV-2

Gambar 4.2.....	IV-3
Gambar 4.3.....	IV-11
Gambar 4.4.....	IV-13
Gambar 5.1. Diagram Alur Program Peluncuran.....	V-4
Gambar 5.2. Halaman Ukuran Utama.....	V-7
Gambar 5.3. Halaman Berat Lokal 1.....	V-7
Gambar 5.4. Halaman Berat Lokal 2.....	V-9
Gambar 5.5. Halaman Berat Lokal 3.....	V-11
Gambar 5.6. Halaman Hasil.....	V-13
Gambar 5.7. Halaman Ukuran Utama.....	V-15
Gambar 5.8. Halaman Pengaturan Station dan Garis Air.....	V-18
Gambar 5.9. Pesan Kesalahan.....	V-18
Gambar 5.10. Halaman data setengah lebar.....	V-19
Gambar 5.11. Halaman data tambahan titik.....	V-20
Gambar 5.12. Halaman data kapal.....	V-22
Gambar 5.13. Halaman hasil perhitungan periode 2.....	V-24
Gambar 5.14. Halaman hasil perhitungan periode 3.....	V-25
Gambar 5.15. Halaman kurva peluncuran.....	V-26

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tabel alternatif kondisi akhir kubik spline	II-20
<i>(Roger & Adams, 1976)</i>	
Tabel 3.1.....	III-7
Tabel 5.1. Daftar item menu file.....	V-5
Tabel 5.2. Hasil Perhitungan Berat dan Titik Berat.....	V-11



BAB I

PENDAHULUAN

Multi Jasa

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Industri bidang perkapalan dalam rangka memasuki era perdagangan bebas tentu akan semakin kompetitif. Pengadaan berbagai alternatif terhadap pemenuhan kebutuhan konsumen akan barang dan jasa dengan produk yang memiliki kualitas tinggi dengan harga yang relatif lebih murah. Penyelesaian pembangunan kapal yang tepat waktu serta efisiensi didalam proses pembangunan merupakan tuntutan pasar yang harus dilakukan oleh produsen dalam rangka pemuasan kebutuhan dari konsumennya.

Kapal sebagai sarana utama dalam menunjang kelancaran perdagangan baik nasional maupun internasional guna memindahkan barang dari suatu pulau ke pulau yang lain, dari suatu negara ke negara lain dan dari satu benua ke benua lain. Untuk angkutan barang seperti itu, sampai saat ini kapal masih merupakan alat transportasi yang handal karena belum terlihat sarana pengganti yang secara ekonomis lebih unggul (*Imron, 1995*).

Peluncuran (*launching*) kapal merupakan salah satu bagian dari tahapan perencanaan pembangunan kapal. Perhitungan-perhitungan yang dilakukan pada proses peluncuran ini dipergunakan untuk menghindari bahaya-bahaya yang mungkin terjadi pada saat kapal diluncurkan. Seperti misalnya kemungkinan terjadinya *dropping*, *tipping* dan *lifting*. Dengan menggunakan program peluncuran ini kemungkinan terjadinya bahaya-bahaya tersebut dapat dihindari

karena dari data-data output yang dihasilkan dapat dideteksi lebih awal daripada perhitungan secara manual. Selain itu perhitungan dengan bantuan program ini dapat mengurangi pembuatan seperti yang dilakukan oleh metode tradisional/manual.

1.2 TUJUAN

Setelah melihat latar belakang diatas, penulis bermaksud untuk membuat suatu program yang mampu secara otomatis :

1. Melakukan perhitungan peluncuran *end launching* kapal
2. Menampilkan kurva diagram peluncuran *end launching* kapal

Dengan otomatisasi didalam melakukan perhitungan serta menampilkan diagramnya, maka dalam tugas akhir ini dipilih judul **“PEMBUATAN DIAGRAM PELUNCURAN END LAUNCHING KAPAL DIBANTU KOMPUTER “**.

1.3 MANFAAT PROGRAM

Manfaat atau kontribusi yang dapat diberikan oleh program aplikasi komputer yang dibuat ini adalah sebagai berikut :

1. Mempercepat proses perhitungan-perhitungan yang dilakukan dalam peluncuran (*end launching*) kapal.
2. Mempermudah pelaksanaan pembacaan kurva-kurva dalam Lloyd Register '64.
3. Dibandingkan cara manual, keakurasian pembacaan kurva-kurva Lloyd Register '64 dengan menggunakan program ini akan lebih akurat dan teliti.

4. Pelaksanaan perhitungan yang dilakukan oleh program akan lebih teliti dibandingkan dengan cara manual.
5. Tingkat produksi gambar lebih cepat.
6. Tidak memerlukan pengulangan gambar.
7. Cara manual sangat tergantung pada faktor kelelahan manusia, sehingga apabila timbul lelah maka kemungkinan besar terjadi kesalahan.
8. Bentuk kurva lebih baik karena koordinat yang dihasilkan dari perhitungan program aplikasi komputer lebih teliti dibanding perhitungan manual.
9. Kurva yang dihasilkan bisa lebih rapi.
10. Memori komputer memberikan manfaat *file input* dapat disimpan, sehingga apabila perhitungan dilakukan kembali dapat dipanggil nama *file* yang telah disimpan tersebut.
11. Tidak memerlukan pengembangan besar dari diagram peluncuran. Aplikasi program dapat menskala. Secara otomatis bagian-bagian diagram yang ingin diperjelas (*zooming in / out*).

1.4 BATASAN MASALAH

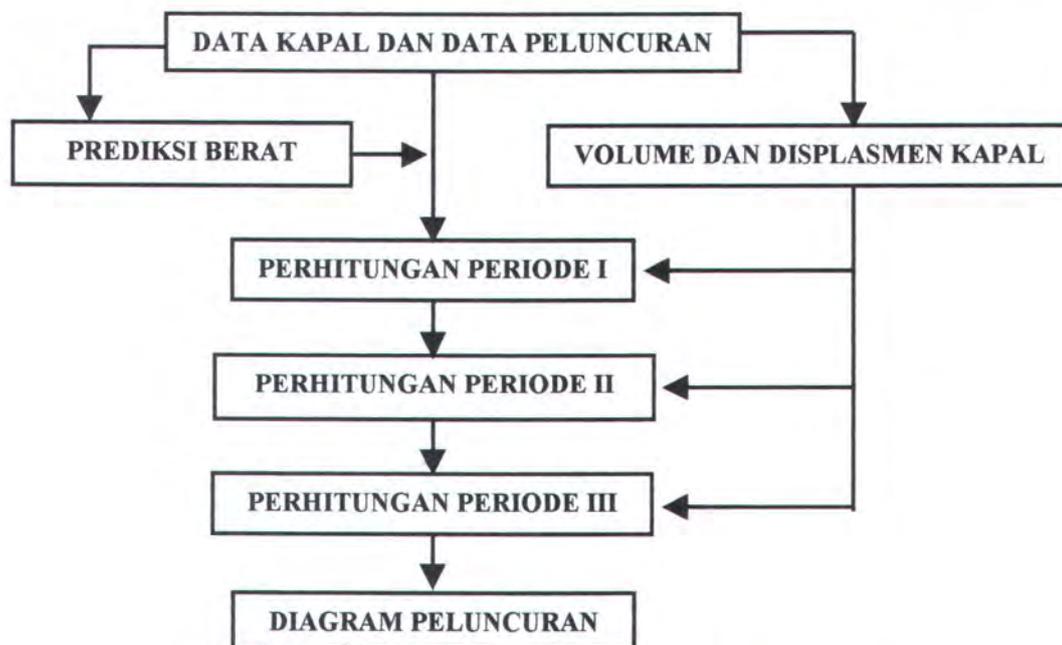
Beberapa batasan yang dipergunakan dalam penyusunan program pada tugas akhir ini adalah:

1. Program perhitungan dan pembuatan diagram peluncuran kapal ini hanya untuk peluncuran secara *end launching*.
2. Pembentukan fungsi / kurva dari titik-titik yang diberikan dilakukan dengan menggunakan interpolasi *cubic spline*.

3. Pencarian akar-akar persamaan dilakukan dengan menggunakan Metode Pengurung.
4. Data-data perhitungan displacemen dan LCB kapal untuk setiap kondisi *trim* didapatkan dari program komputer yang telah dibuat yaitu : **Penentuan Displacemen dan Volume Ruangan Kapal Dibawah Upper Deck** (*Wasito , 1999*).

1.5 METODE PENYELESAIAN

Dalam melakukan pembuatan program peluncuran dan kebocoran ini didasarkan kepada data-data *lines* plan kapal yang telah ada. Perhitungan dalam program dijelaskan dengan menggunakan diagram alur seperti Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Diagram Alur Perhitungan Peluncuran.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN TUGAS AKHIR

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, tujuan, batasan masalah, metode penyelesaian dan sistematika penulisan dari Tugas Akhir ini.

Bab II Dasar Teori

Pada bab ini dijelaskan mengenai dasar teori yang digunakan untuk mentransformasikan perhitungan yang dilakukan dari cara manual menjadi perhitungan yang dilakukan dengan bantuan komputer. Serta dijelaskan pula mengenai teori *cubic spline* yang digunakan untuk menampilkan diagram peluncuran.

Bab III Peluncuran

Pada bab ini dijelaskan mengenai teori dasar dari peluncuran kapal. Definisi dari peluncuran, perhitungan peluncuran mulai dari perhitungan berat dan titik berat peluncuran, perhitungan pada periode I, periode II, dan periode III.

Bab IV Perhitungan Kurva Peluncuran

Bab ini berisi perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan kedua buah program yang dibuat dalam Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Program Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal Menggunakan LR'64
2. Program Peluncuran (*end launching*) Kapal

Bab V Teknik Pemrograman

Bab ini menjelaskan mengenai teknik pemrograman yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir. Dijelaskan pula panduan pemakaian program yang

dibuat dengan menerangkan bagian *input* dan *output* program beserta tampilan halaman programnya masing-masing.

Bab VI Kesimpulan dan Pengembangan

Bab ini berisi kesimpulan yang dapat diambil beserta saran pengembangan yang dapat dilakukan untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini.



BAB II

DASAR TEORI

Multi Jasa

BAB II

DASAR TEORI

2.1. FUNGSI PARAMETRIK

Pandang sebuah fungsi $f(x) = 5x + 2$, untuk harga persamaan dibawah ini :

$$X = 0 \text{ maka } Y = 2$$

$$X = 1 \text{ maka } Y = 7$$

$X = 2$ maka $Y = 12$ dan seterusnya. Jika digambarkan kurva fungsi $f(x) = 5x + 2$ di atas seperti gambar 2.1.

Pandang pula sebuah fungsi $X^2 + Y^2 - 25 = 0$, untuk harga

$$X = 0 \text{ maka } Y = 5 \text{ atau } Y = -5$$

$$Y = 0 \text{ maka } X = 5 \text{ atau } X = -5$$

$$X = 5 \text{ maka } Y = 0$$

$$X = -5 \text{ maka } Y = 0 \text{ dan seterusnya.}$$

Jika digambarkan kurva fungsi $X^2 + Y^2 - 25 = 0$ seperti gambar 2.2.

Dari kedua fungsi tersebut tampak bahwa perubah-perubah X dan Y dihubungkan secara langsung tanpa melalui suatu perubah penolong. Fungsi-fungsi tersebut dinamakan fungsi non-parametrik.

Sekarang pandanglah sebuah fungsi lagi

$$X(t) = t^2 + 1$$

$$Y(t) = 2t^2 + 4$$

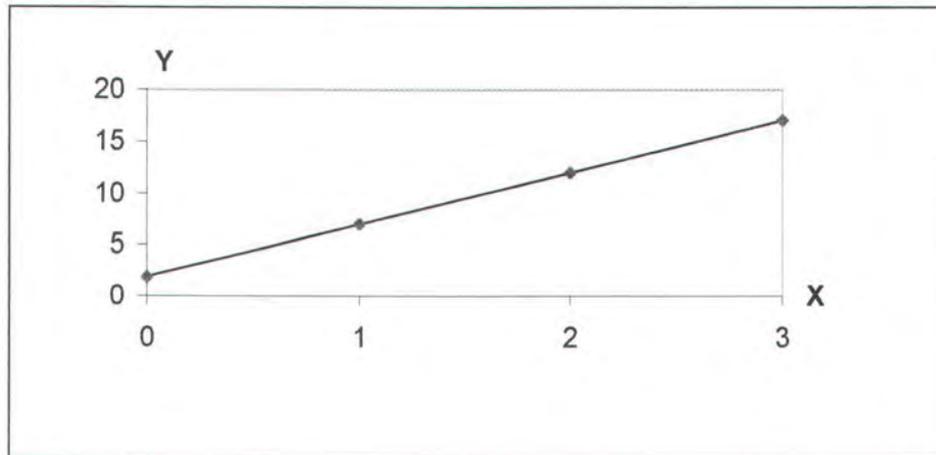
Maka untuk harga

$$t = 0 \quad X = 1 \quad Y = 4$$

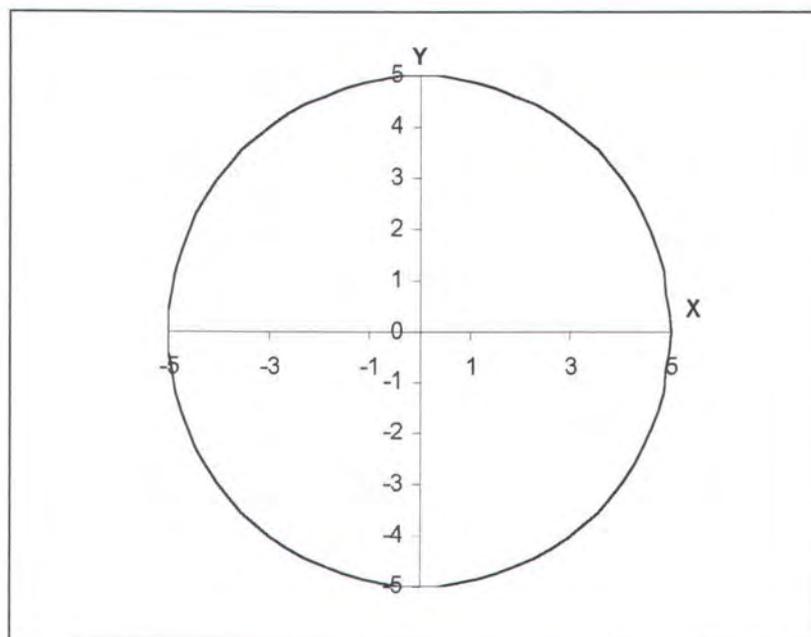
$$t=1 \quad X=2 \quad Y=6$$

$$t=2 \quad X=5 \quad Y=12$$

$$t=3 \quad X=10 \quad Y=22 \text{ dan seterusnya}$$



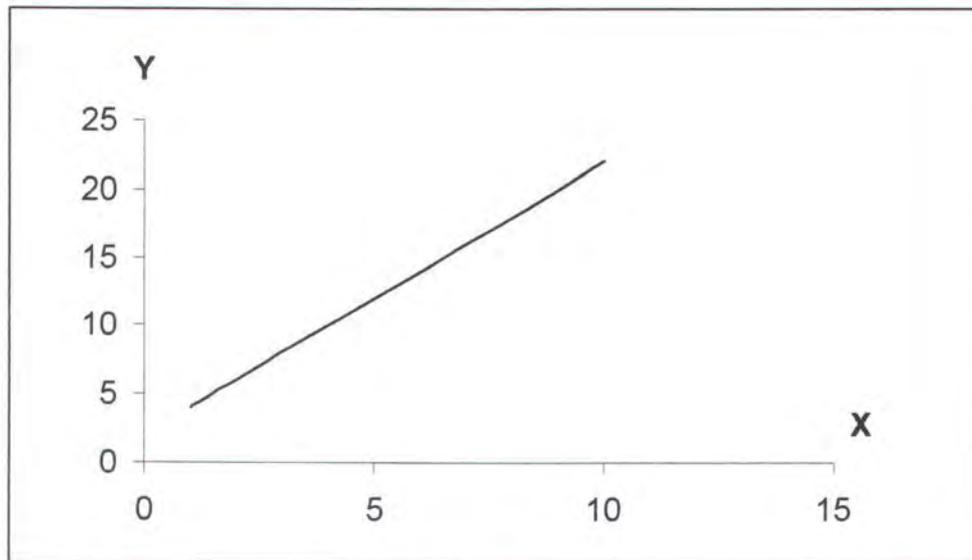
Gambar 2.1. Garis lurus fungsi nonparametrik.



Gambar 2.2. Lingkaran fungsi nonparametrik.

jika digambarkan kurva fungsi tersebut maka akan tampak seperti Gambar 2.3.

Nilai-nilai X dan Y ditentukan oleh harga t. Jadi perubah-perubah X dan Y tidak dihubungkan secara langsung namun dihubungkan sebuah perubah penolong yang disebut parameter, fungsi seperti ini dinamakan fungsi parametrik. Pada fungsi di atas parameternya adalah t



Gambar 2.3. Fungsi parametrik.

2.1.1 TURUNAN FUNGSI PARAMETRIK

Hukum Chain mengatakan bahwa jika y adalah fungsi z dan z adalah fungsi x, maka turunan y terhadap x adalah sama dengan turunan y terhadap z dikali dengan turunan z terhadap x (Boyce dkk. 1988), atau dapat ditulis:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dz} \cdot \frac{dz}{dx} \quad (2.1.a)$$

Untuk mendapatkan turunan fungsi yang berbentuk parametrik, maka digunakan hukum Chain di atas. Jika

$$x = x(t) \text{ dan}$$

$$y = y(t),$$

kita mempunyai $\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dt} \frac{dt}{dx}$,

dan karena $1 = \frac{dx}{dx} = \frac{dx}{dt} \frac{dt}{dx}$,

kita peroleh

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dt} / \frac{dx}{dt} \quad (2.1.b)$$

adapun turunan keduanya adalah

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{d}{dx} \left(\frac{dy}{dx} \right) = \frac{d}{dx} \left(\frac{dy}{dt} / \frac{dx}{dt} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{dy}{dt} / \frac{dx}{dt} \right) \frac{dt}{dx} \quad (2.1.c)$$

(Evans, 1992)

Jika $x(t)$ adalah linear yang berarti $\frac{dx}{dt} = c$ (konstanta), maka

$$\begin{aligned} \frac{d^2y}{dx^2} &= \frac{d}{dx} \left(\frac{dy}{dt} / c \right) = \frac{1}{c} \frac{d}{dt} \left(\frac{dy}{dt} \right) \frac{dt}{dx} = \frac{1}{c} \frac{d}{dt} \left(\frac{dy}{dt} \right) \frac{1}{c} = \frac{1}{c^2} \frac{d}{dt} \left(\frac{dy}{dt} \right) \\ &= \frac{1}{c^2} \frac{d^2y}{dt^2} \end{aligned} \quad (2.1.d)$$

dimana $c = \frac{dx}{dt}$

2.1.2. INTEGRAL FUNGSI PARAMETRIK

Tinjau Kembali fungsi parametrik

$$x = x(t) \text{ dan}$$

$$y = y(t)$$

$$dx = \frac{dx}{dt} dt = x'(t) dt \text{ dan}$$

$$dy = \frac{dy}{dt} dt = y'(t) dt$$

maka

$$\int_a^b y dx = \int_{t_1}^{t_2} y(t) x'(t) dt \quad (2.2)$$

dengan t_1 dan t_2 dalah harga -harga parameter t pada $x=a$ dan $x=b$

Demikian pula

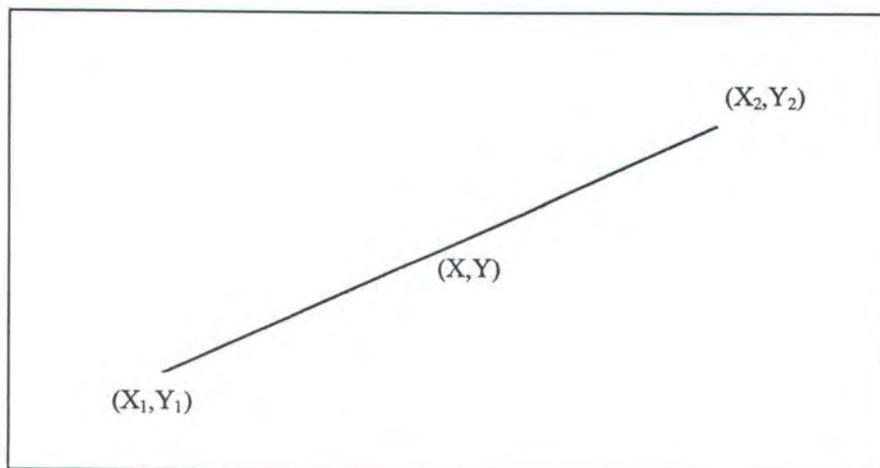
$$\int_c^d x dy = \int_{t_1}^{t_2} x(t) y'(t) dt \quad (2.3)$$

dengan t_1 dan t_2 dalah harga -harga parameter t pada $y=c$ dan $y=d$.

2.2 PERSAMAAN GARIS

Ada beberapa cara untuk mendapatkan persamaan garis lurus antara lain :

- Garis lurus yang melalui dua titik yang diketahui dengan koordinat (X_1, Y_1) dan (X_2, Y_2)



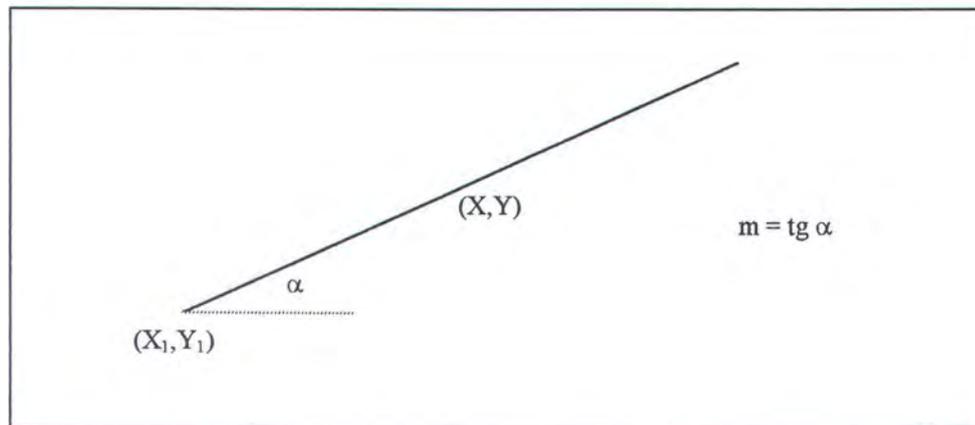
Persamaan garis yang melalui titik (X_1, Y_1) dan (X_2, Y_2)

$$\begin{aligned} \frac{Y - Y_1}{X - X_1} &= \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \\ Y - Y_1 &= \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} (X - X_1) \\ Y &= \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} (X - X_1) + Y_1 \end{aligned} \quad (2.4)$$

Jika Garis tersebut sejajar dengan sumbu X, maka $Y_2 = Y_1$, maka persamaan garis menjadi $Y = Y_1 = Y_2$

Jika Garis tersebut sejajar dengan sumbu Y, maka $X_2 = X_1$, maka persamaan garis menjadi $X = X_1 = X_2$.

b. Garis lurus yang melalui titik (X_1, Y_1) dan dengan kemiringan (α) atau gradien = m



$$\frac{Y - Y_1}{X - X_1} = \text{tg } \alpha = m$$

$$Y - Y_1 = \text{tg } \alpha (X - X_1)$$

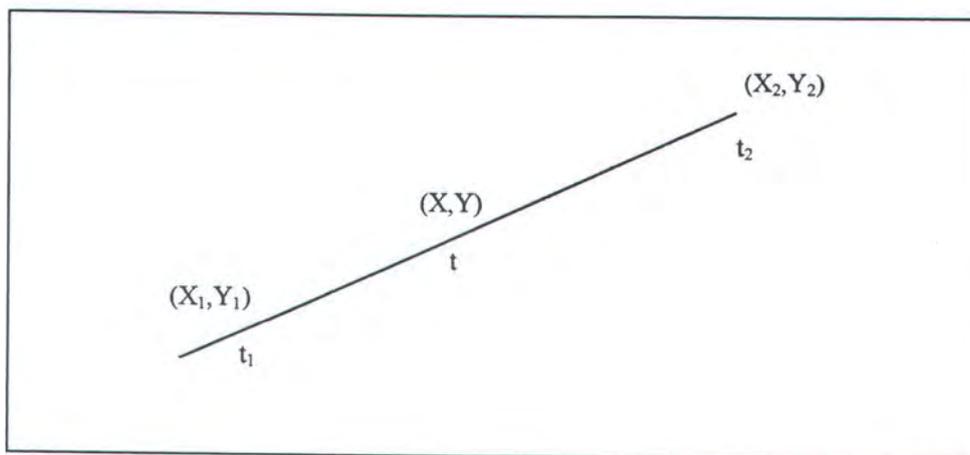
$$Y - Y_1 = m (X - X_1)$$

$$Y = m(X - X_1) + Y_1 \quad (2.5)$$

Jika garis tersebut kemiringannya $= 0^\circ$ atau $m = 0$ maka persamaan garis menjadi $Y = Y_1$.

Jika garis tersebut kemiringannya $= 90^\circ$ maka persamaan garis menjadi $X = X_1$.

- c. Garis lurus yang melalui dua titik koordinat (X_1, Y_1) dan (X_2, Y_2) dengan menggunakan parameter t



Pada $t = t_1$ $X = X_1$

$$Y = Y_1$$

Pada $t = t_2$ $X = X_2$

$$Y = Y_2$$

Maka pada suatu harga t tertentu

$$X = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1}(t - t_1) + X_1, \text{ dan}$$

$$Y = \frac{Y_2 - Y_1}{t_2 - t_1}(t - t_1) + Y_1$$

Apabila digunakan $t_1 = 0$ dan $t_2 = t_b$, maka

$$X = \frac{X_2 - X_1}{t_b}(t) + X_1 \quad (2.6.a)$$

dan

$$Y = \frac{Y_2 - Y_1}{t_b}(t) + Y_1 \quad (2.6.b)$$

Jika $X_2 = X_1$ maka persamaan yang terbentuk adalah

$$X = X_1, \text{ dan}$$

$$Y = \frac{Y_2 - Y_1}{t_b}(t) + Y_1$$

Jika $Y_2 = Y_1$ maka persamaan yang terbentuk adalah

$$X = \frac{X_2 - X_1}{t_b}(t) + X_1, \text{ dan}$$

$$Y = Y_1$$

2.3. INTERPOLASI SPLINE

Interpolasi adalah metode untuk menaksir atau mengestimasi nilai antara (intermediate values) diantara titik-titik data yang diberikan. Metode yang paling umum dipakai untuk keperluan ini adalah interpolasi polinomial, dimana rumus umum dari polinomial orde ke-n adalah (Rogers dkk, 1976) :

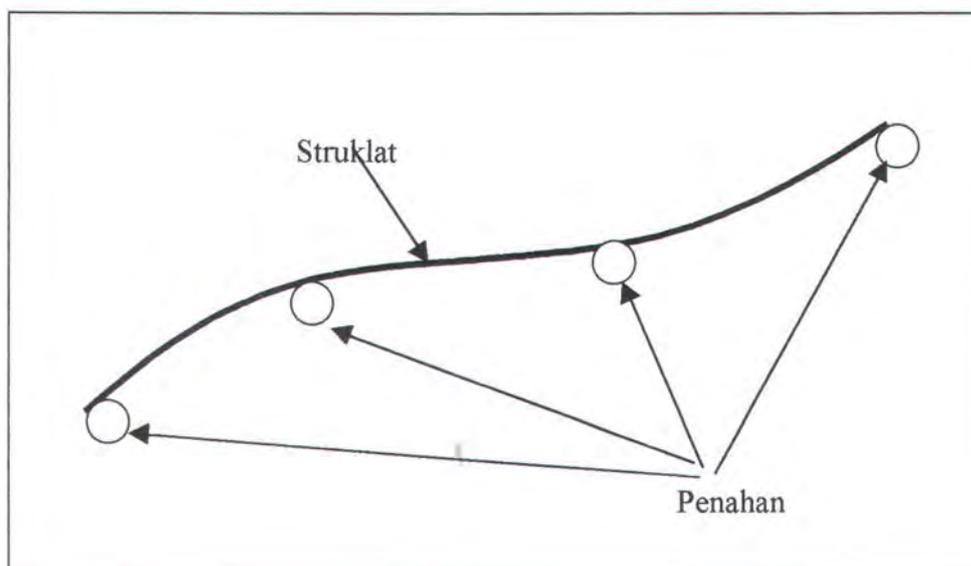
$$f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + \dots + a_n x^n \quad (2.7)$$

Untuk $n+1$ titik data terdapat satu dan hanya satu polinomial orde -n yang melalui semua titik. Misalnya untuk delapan titik, dapat diturunkan polinomial orde-7 yang sempurna yang melewati delapan titik data tersebut. Namun pada

dikarenakan tingginya orde polinomial yang dipakai, yang menyebabkan hasil interpolasi cenderung berosilasi diantara titik data yang diberikan. Osilasi liar ini tentu saja tidak diinginkan, apalagi kalau hal ini diterapkan pada industri perkapalan, misalnya yang menginginkan bentuk-bentuk kurva yang *smooth* atau *fair* dan enak dipandang mata.

Konsep spline bermula dari teknik pembuatan bagan yang memakai batang tipis panjang yang elastis, yang biasa disebut spline atau struklat, untuk menggambar kurva-kurva mulus melalui sekumpulan titik. Proses tersebut dilukiskan dalam Gambar 2.1, dimana spline atau struklat tersebut ditahan pada lokasi titik-titik data.

Sebelum membahas mengenai penurunan *cubic spline*, terlebih dahulu diperkenalkan spline orde dibawahnya, yaitu orde pertama dan orde kedua.



Gambar 2.4. Struklat (*spline*).

2.3.1. SPLINE LINEAR

Hubungan yang paling sederhana antara dua titik data adalah sebuah garis lurus.

Spline orde pertama untuk sekelompok titik data dapat didefinisikan sebagai berikut (*Rogers dkk. 1976*) :

$$Y = Y_0 + m_0 (X - X_0) \quad X_0 \leq X \leq X_1 \quad (2.8.a)$$

$$Y = Y_1 + m_1 (X - X_1) \quad X_1 \leq X \leq X_2 \quad (2.8.b)$$

$$Y = Y_2 + m_2 (X - X_2) \quad X_2 \leq X \leq X_3 \quad (2.8.c)$$

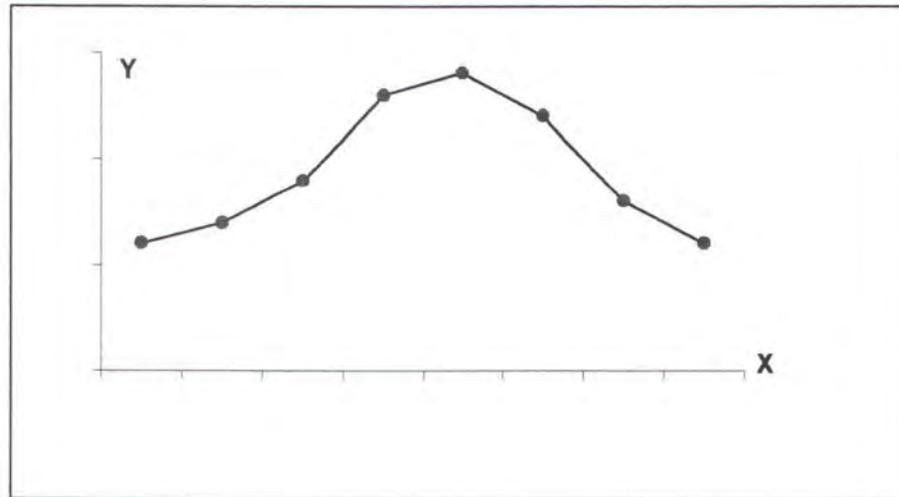
$$Y = Y_{i-1} + m_{i-1} (X - X_{i-1}) \quad X_{i-1} \leq X \leq X_i \quad (2.8.d)$$

dimana m_{i-1} adalah kemiringan garis lurus yang menghubungkan titik (X_{i-1}, Y_{i-1}) dengan titik (X_i, Y_i) atau dalam ekspresi matematis :

$$m_{i-1} = \frac{Y_i - Y_{i-1}}{X_i - X_{i-1}} \quad (2.9)$$

Persamaan ini dapat digunakan untuk menghitung fungsi pada sembarang titik anatara X_0 dan X_n dengan pertama-tama melokalisasikan selang tempat titik tersebut terkandung. Kemudian persamaan yang cocok dipakai untuk menentukan nilai fungsi di dalam selang tersebut.

Metode ini identik dengan interpolasi linear. Kekurangan utama spline orde pertama adalah ketidakmulusan kurva yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan turunan pertama pada simpul dimana titik-titik tempat dua *spline* bertemu (simpul) tidak kontinyu. Secara visual hal ini ditandai dengan perubahan kemiringan yang mendadak, yang membuat kurva berbentuk patah-patah pada tiap selang data (Gambar 2.5.)



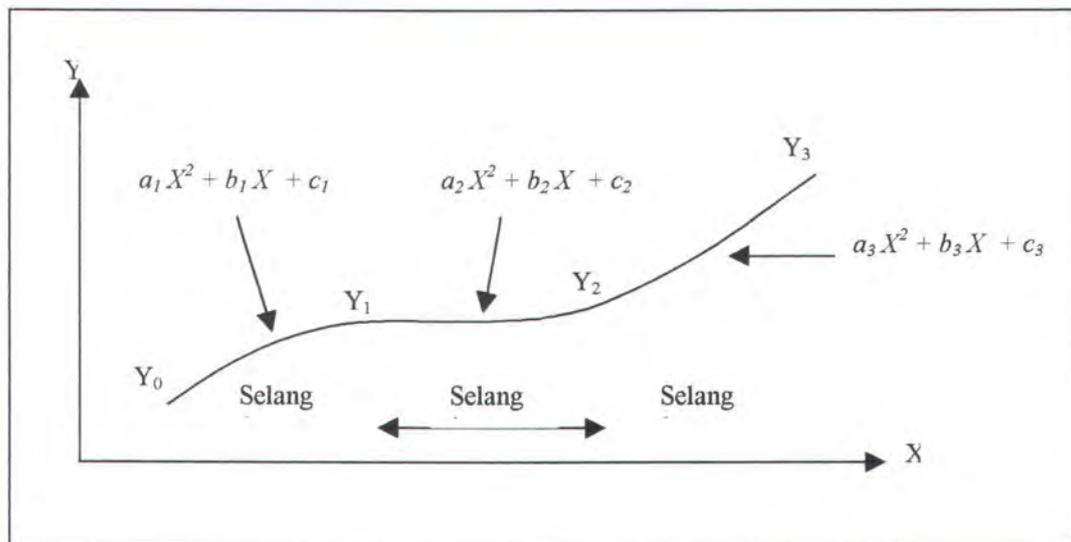
Gambar 2.5. Spline Linear.

2.3.2. SPLINE KUADRAT

Seperti diungkapkan di atas bahwa kelemahan spline orde pertama adalah ketidakkontinyuan fungsi pada tiap simpul data. Spline kuadrat menyediakan turunan pertama yang kontinyu pada simpul-simpulnya. Walaupun spline kuadrat tidak menjamin adanya turunan kedua yang sama pada simpulnya, tetapi secara umum ia memberi ilustrasi untuk orde-orde spline yang lebih tinggi.

Polinomial untuk tiap selang dapat dinyatakan sebagai berikut (*Rogers dkk. 1976*) :

$$Y_i = a_i X^2 + b_i X + c_i \quad (2.10)$$



Gambar 2.6. Spline kuadrat.

Gambar 2.6 mengilustrasikan penurunan spline kuadrat untuk $(n+1)$ titik data, dimana $(i = 1, 2, 3, \dots, n)$

Karena terdapat n selang dan $3n$ konstanta bilangan anu (yaitu tiap selangnya a, b dan c) maka diperlukan paling tidak $3n$ persamaan atau kondisi untuk menghitung bilangan anu tersebut.

2.3.3. SPLINE KUBIK

Ada bermacam - macam metode untuk menurunkan spline kubik ini, tetapi pada dasarnya semua sama, yaitu menurunkan polinomial orde ketiga untuk tiap selang diantara simpul. Di dalam bukunya yang berjudul "Mathematical Element for Computer Graphics " , Rogers dkk menuliskan penurunan spline kubik yang terperinci dan memiliki alternatif kondisi akhir yang bervariasi. Untuk membahas penurunan spline kubik ini, kita lihat kembali Gambar 2.3. Dari persamaan

$$Y'' = \frac{M(x)}{EI} \quad (2.11)$$

Dengan asumsi penahan struklat atau spline adalah penahanan sederhana, maka bending momen $M(x)$ berubah secara linear antara tiap simpul, atau :

$$M(x) = ax + b \quad (2.12)$$

Sehingga persamaan Euler berubah lagi menjadi:

$$Y'' = \frac{ax+b}{EI} \quad (2.13)$$

Dengan integrasi dua kali didapatkan

$$Y = a_1 x^3 + b_1 x^2 + c_1 x + d \quad (2.14)$$

Persamaan ini tidak lain adalah polinomial orde 3. Untuk setiap satu segmen spline kubik maka persamaan diubah menjadi :

$$P(t) = \sum_{i=1}^4 B_i t^{i-1} \quad t_1 \leq t \leq t_2 \quad (2.15)$$

atau

$$P(t) = B_1 + B_2 t + B_3 t^2 + B_4 t^3 \quad t_1 \leq t \leq t_2 \quad (2.16)$$

dimana t_1 dan t_2 adalah harga parameter pada ujung - ujung segmen. $P(t)$ adalah vektor posisi pada tiap titik segmen spline kubik untuk tiap sumbu koordinat atau

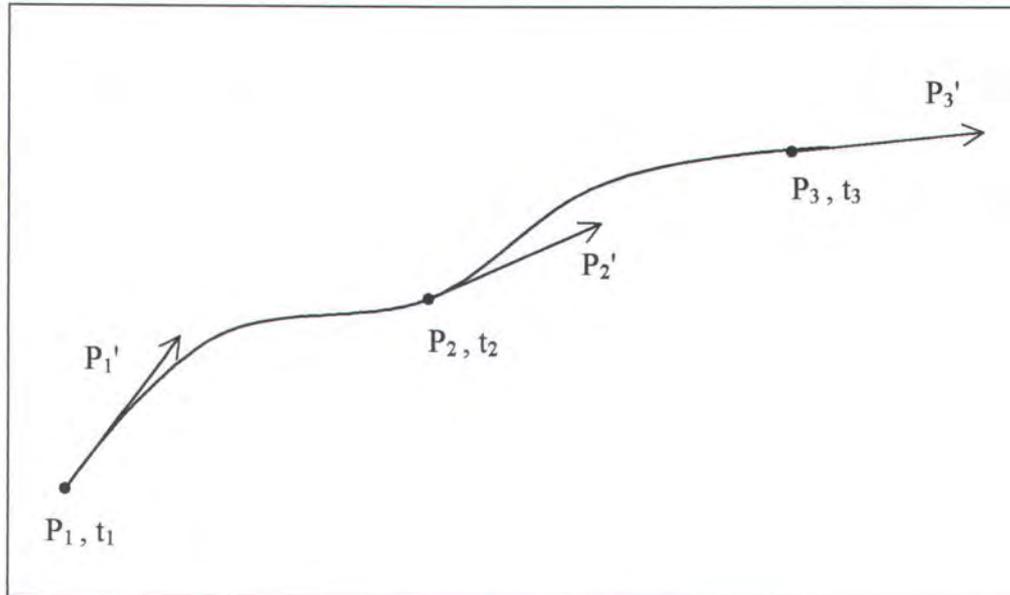
$$P(t) = [x(t) \ y(t) \ z(t)]$$

Setiap komponen vektor posisi mempunyai persamaan yang identik dengan $P(t)$, yaitu:

$$x(t) = \sum_{i=1}^4 B_{i_x} t^{i-1} \quad t_1 \leq t \leq t_2 \quad (2.17.a)$$

$$y(t) = \sum_{i=1}^4 B_{i_y} t^{i-1} \quad t_1 \leq t \leq t_2 \quad (2.17.b)$$

$$z(t) = \sum_{i=1}^4 B_{i_z} t^{i-1} \quad t_1 \leq t \leq t_2 \quad (2.17.c)$$



Gambar 2.7. Spline kubik.

Misalkan P_1 dan P_2 adalah vektor posisi pada ujung - ujung segmen spline, serta P_1' dan P_2' adalah turunan dari P_1 dan P_2 terhadap t (lihat Gambar 2.7.), yang merupakan tangen vektor pada ujung - ujung segmen spline, dimana:

$$\begin{aligned} P'(t) &= [x'(t) \ y'(t) \ z'(t)] \\ &= \sum_{i=1}^4 B_i (i-1) t^{i-2} \quad t_1 \leq t \leq t_2 \end{aligned}$$

atau

$$P'(t) = B_2 - 2B_3t + 3B_4t^2 \quad t_1 \leq t \leq t_2 \quad (2.18)$$

dengan $t_1 = 0$, dan memberikan 4 kondisi batas masing-masing:

$$P(0) = P_1 \quad (2.19.a)$$

$$P(t_2) = P_2 \quad (2.19.b)$$

$$P'(0) = P_1' \quad (2.19.c)$$

$$P'(t_2) = P_2' \quad (2.19.d)$$

maka dapat dicari harga parameter B_i ,

$$P(0) = B_1 = P_1 \quad (2.20.a)$$

$$P'(0) = \sum_{i=1}^4 (i-1)t^{i-2} B_i \Big|_{t=0} = B_2 = P_1' \quad (2.20.b)$$

$$P(t_2) = \sum_{i=1}^4 B_i t^{i-1} \Big|_{t=t_2} = B_1 + B_2 t_2 + B_3 t_2^2 + B_4 t_2^3 \quad (2.20.c)$$

$$P'(t_2) = \sum_{i=1}^4 (i-1)t^{i-2} B_i \Big|_{t=t_2} = B_2 + 2B_3 t_2 + 3B_4 t_2^2 \quad (2.20.d)$$

Harga B_3 dan B_4 dicari dengan

$$B_3 = \frac{3(P_2 - P_1)}{t_2^2} - \frac{2P_1'}{t_2} - \frac{P_2'}{t_2} \quad (2.20.a)$$

$$B_4 = \frac{2(P_1 - P_2)}{t_2^3} + \frac{P_1'}{t_2^2} + \frac{P_2'}{t_2^2} \quad (2.20.b)$$

sehingga persamaan untuk satu segmen spline kubik menjadi:

$$P(t) = P_1 + P_1' t + \left[\frac{3(P_2 - P_1)}{t_2^2} - \frac{2P_1'}{t_2} - \frac{P_2'}{t_2} \right] t^2 + \left[\frac{2(P_1 - P_2)}{t_2^3} + \frac{P_1'}{t_2^2} + \frac{P_2'}{t_2^2} \right] t^3 \quad (2.21)$$

Untuk mempresentasikan sebuah kurva, maka beberapa segmen harus digabungkan menjadi satu. Misalkan ada dua segmen spline kubik yang berdekatan seperti Gambar 2.7. Apabila diberikan vektor P_1, P_2, P_3 dengan tangen

vektor P_1', P_2', P_3' dengan harga parameter t_2 dan t_3 , maka persamaan (2.21) dapat diaplikasikan untuk tiap segmen.

Yang menjadi masalah di sini adalah vektor posisi P_2 dimana terjadi pertemuan antara segmen pertama dan kedua, yang juga menentukan kekontinuitasan kurva secara keseluruhan. Untuk spline kubik yang mempunyai kontinuitas kedua, hal ini berarti turunan kedua, dalam hal ini $P_2''(t)$ adalah kontinu melalui simpul segmen, sehingga kurva yang terbentuk juga kontinu melalui simpul tersebut.

$$P''(t) = \sum_{i=1}^4 (i-1)(i-2) B_i t^{i-2} \quad t_1 \leq t \leq t_2$$

misal untuk segmen pertama dengan parameter $0 \leq t \leq t_2$, maka dengan $t = t_2$ didapat:

$$P'' = 6 B_4 t_2 + 2 B_3$$

Untuk segmen kedua dengan range parameter $0 \leq t \leq t_3$, maka dengan $t=0$ didapat

$$P'' = 2 B_3$$

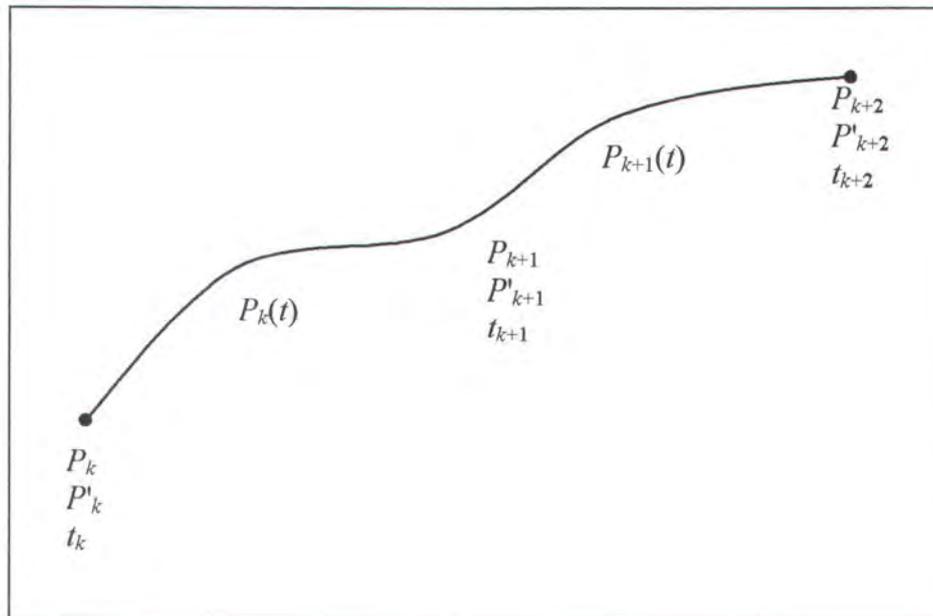
Dengan menghitung kedua hasil ini menggunakan persamaan 2.20.a dan persamaan 2.20.b maka didapat :

$$\begin{aligned} & 6t_2 \left[\frac{2(P_1 - P_2)}{t_2^3} + \frac{P_1'}{t_2^2} + \frac{P_2'}{t_2^2} \right] + 2 \left[\frac{3(P_2 - P_1)}{t_2^2} - \frac{2P_1'}{t_2} - \frac{P_2'}{t_2} \right] \\ & = 2 \left[\frac{3(P_3 - P_2)}{t_3^2} - \frac{2P_2'}{t_3} - \frac{P_3'}{t_3} \right] \end{aligned} \quad (2.22)$$

yang merupakan persamaan kurva ujung sebelah kiri atau akhir segmen pertama dan juga persamaan kurva sebelah kanan atau awal segmen kedua . Dengan

mengalikan persamaan ini dengan $t_2 - t_3$, maka dihasilkan persamaan untuk menghitung harga P_2' yang merupakan tangen vektor yang dicari.

Hasil ini dibuat umum untuk data sejumlah n titik, untuk memberikan $n-1$ segmen spline yang kontinu orde dua tiap segmennya (*piecewise*). Apabila hal ini ditampilkan dalam sebuah grafik maka dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Penurunan Spline Kubik.

Apabila persamaan umum ini ditulis dalam bentuk matrik, dengan asumsi bahwa tangen vektor untuk ujung - ujungnya (P_1' dan P_n') diketahui:

$$\begin{bmatrix}
 1 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 t_3 & 2(t_2+t_3) & t_2 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 0 & t_4 & 2(t_3+t_4) & t_3 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & 0 & t_5 & 2(t_4+t_5) & t_4 & 0 & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & t_n & 2(t_n+t_{n-1}) & t_{n-1} \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 1
 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} P_1' \\ P_2' \\ P_3' \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ P_n' \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} P_1' \\ \frac{3}{t_2 t_3} [t_2^2 (P_3 - P_2) + t_3^2 (P_2 - P_1)] \\ \frac{3}{t_3 t_4} [t_3^2 (P_4 - P_3) + t_4^2 (P_3 - P_2)] \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{3}{t_{n-1} t_n} [t_{n-1}^2 (P_n - P_{n-1}) + t_n^2 (P_{n-1} - P_{n-2})] \\ P_n' \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

$$\text{atau } [M] [P'] = [R]$$

$$\text{sehingga : } [P'] = [M]^{-1} [R] \quad (2.24)$$

Setelah harga-harga P_k' didapatkan maka Koefisien B_1 untuk tiap segmen spline dapat dihitung sebagai berikut :

$$B_{1k} = P_k \quad (2.25.a)$$

$$B_{2k} = P_k' \quad (2.25.b)$$

$$B_{3k} = \frac{3(P_{k+1} - P_k)}{t_{k+1}^2} - \frac{2P_k'}{t_{k+1}} - \frac{P_{k+1}'}{t_{k+1}} \quad (2.25.c)$$

$$B_{4k} = \frac{2(P_k - P_{k+1})}{t_{k+1}^3} - \frac{P_k'}{t_{k+1}^2} - \frac{P_{k+1}'}{t_{k+1}^2} \quad (2.25.d)$$

Dalam bentuk matrik :

$$[B] = \begin{bmatrix} B_{1k} \\ B_{2k} \\ B_{3k} \\ B_{4k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\frac{3}{t_{k+1}^2} & -\frac{2}{t_{k+1}} & \frac{3}{t_{k+1}^2} & -\frac{1}{t_{k+1}} \\ \frac{2}{t_{k+1}^3} & \frac{1}{t_{k+1}^2} & -\frac{2}{t_{k+1}^3} & \frac{1}{t_{k+1}^2} \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

Untuk men-generate kubik spline yang picewise melalui sejumlah vektor posisi P_k , dimana $1 \leq k \leq n$, dengan tangen vektor untuk ujung-ujungnya adalah P_1' dan P_n' untuk mendapatkan tangen vektor internal P_k' , $2 \leq k \leq n-1$. Kemudian posisi akhir dan tangen vektor untuk tiap segmen spline kubik tersebut digunakan untuk menghitung B_{ik} , $1 \leq i \leq 4$. Sehingga secara umum dirumuskan :

$$P_k(t) = \sum_{i=1}^4 B_{ik} t^{i-1} \quad 0 \leq t \leq t_{k+1}, 1 \leq k \leq n-1 \quad (2.27)$$

atau dalam bentuk matrik :

$$P_k(t) = \begin{bmatrix} 1 & t & t^2 & t^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_{1k} \\ B_{2k} \\ B_{3k} \\ B_{4k} \end{bmatrix} \quad 0 \leq t \leq t_{k+1}, 1 \leq k \leq n-1 \quad (2.28)$$

Beberapa alternatif kondisi akhir pada persamaan spline kubik bisa dilihat pada tabel berikut 2.1.

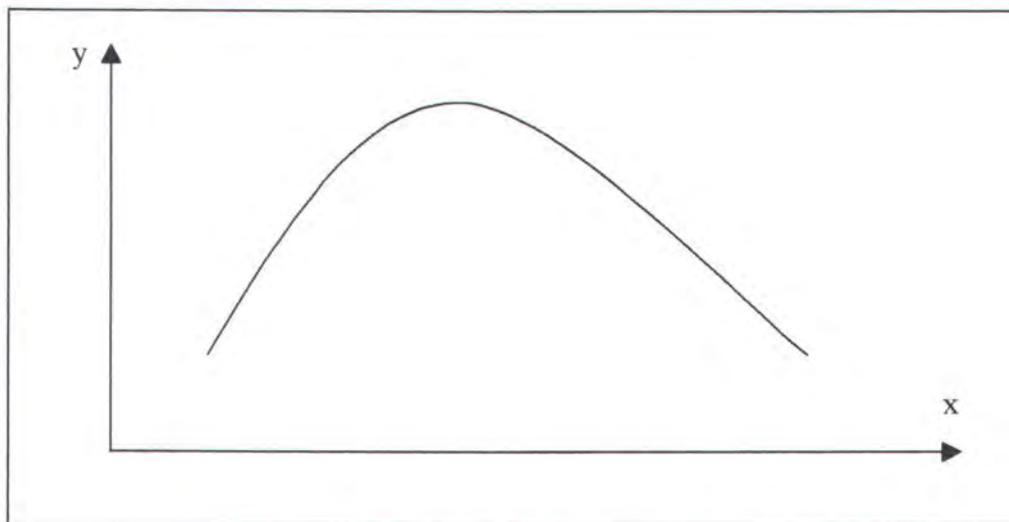
Tabel 2.1.
Tabel alternatif kondisi akhir kubik spline (Roger dan Adams, 1976)

Kondisi Akhir	Elemen pada baris pertama dan terakhir [M]	Baris pertama dan terakhir [R]
Clamped	$M(1,1) = 1$ $M(n,n) = 1$	$R(1,1) = P'_1$ $R(1,n) = P'_n$
Relaxed	$M(1,1) = 1$ $M(n,n) = 0.5$ $M(n,n-1) = 2$ $M(n,n) = 4$	$R(1,1) = \frac{3}{2t_2}(P_2 - P_1)$ $R(n,1) = \frac{6}{t_n}(P_n - P_{n-1})$
Cyclic	$M(1,1) = 2(1 + \frac{t_n}{t_2})$ $M(1,2) = \frac{t_n}{t_2}$ $M(1,n-1) = 1$	$R(1,1) = 3(\frac{t_n}{t_2^2})(P_2 - P_1) - \frac{3}{t_n}(P_{n-1} - P_n)$ $R(n,1) = \text{tidak terdefinisi}$
Anticyclic	$M(1,1) = 2(1 + \frac{t_n}{t_2})$ $M(1,2) = \frac{t_n}{t_2}$ $M(1,n-1) = -1$	$R(1,1) = 3(\frac{t_n}{t_2^2})(P_2 - P_1) - \frac{3}{t_n}(P_{n-1} - P_n)$ $R(n,1) = \text{tidak terdefinisi}$

Adapun kondisi akhir persamaan spline kubik yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah *relaxed*, yaitu kondisi dimana pada ujung-ujung kurva tidak mengalami pengekangan ($P'' = 0$).

Kalau di atas telah dijelaskan pembentukan persamaan yang diturunkan dengan metode spline kubik dimana semua komponen vektor posisi $[x(t) \ y(t) \ z(t)]$ merupakan fungsi dengan orde-3, maka di sini diuraikan juga penurunan spline kubik dimana salah satu komponen vektor posisinya menggunakan persamaan orde-1. Untuk spline kubik dua dimensi maka komponen vektor posisinya adalah $[x(t) \ y(t)]$. Dalam tugas akhir ini spline kubik seperti ini dinamakan spline kubik satu fungsi. Dinamakan spline kubik satu fungsi karena fungsi yang terbentuk bisa dirubah menjadi suatu fungsi x saja atau fungsi y saja. Jika $y(t)$ yang dibuat linear maka fungsi yang terbentuk bisa dirubah menjadi $x=f(y)$, begitu pula jika $x(t)$ yang dibuat linear maka fungsi yang terbentuk bisa dirubah menjadi $y=f(x)$.

Untuk pembentukan kurva seperti Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Spline kubik satu fungsi, $y=f(x)$.

dapat dilihat bahwa y adalah fungsi x , dan jika digunakan orde-3 maka dapat ditulis :

$$y = f(x) = A_1 + A_2 x + A_3 x^2 + A_4 x^3 \quad (2.29)$$

Sehingga untuk bentuk kurva seperti gambar 2.20, $y(t)$ adalah polinomial orde-3.

Jika didefinisikan

$$x = B_1 + B_2 t$$

maka persamaan 2.39 menjadi

$$\begin{aligned} y &= A_1 + A_2(B_1 + B_2 t) + A_3(B_1 + B_2 t)^2 + A_4(B_1 + B_2 t)^3 \\ y &= C_1 + C_2 t + C_3 t^2 + C_4 t^3 \end{aligned} \quad (2.30)$$

Dengan penurunan spline kubik seperti ini maka persamaan untuk vektor posisinya adalah $[x(t) \ y(t)]$

$$x(t) = B_{1x} + B_{2x} t \quad (2.31.a)$$

$$y(t) = B_{1y} + B_{2y} t + B_{3y} t^2 + B_{4y} t^3 \quad (2.31.b)$$

Untuk komponen vektor $y(t)$ yang merupakan polinomial orde-3 maka penurunannya sama seperti penurunan spline kubik yang menggunakan spline kubik yang menggunakan polinomial orde-3 pada semua span, sedangkan komponen vektor $x(t)$ mengalami perubahan.

Seperti telah dijelaskan di atas bahwa komponen vektor $x(t)$ adalah polinomial orde-1, maka turunan pertama $x(t)$ terhadap t adalah konstanta. Persyaratan pada titik – titik simpul dalam penurunan spline kubik satu fungsi adalah kekontinuitasan sampai turunan kedua yang dalam hal ini adalah d^2y/dx^2 . Karena pada penurunan spline kubik untuk komponen vektor $y(t)$ dimana dy/dt akhir span pada span ke- i sama dengan dy/dt awal span pada span ke- $i+1$, serta

d^2y/dt^2 akhir span pada span ke-i juga sama dengan d^2y/dt^2 awal span pada span ke-i+1 dan sesuai dengan persamaan 2.1.b dan persamaan 2.1.d, agar persyaratan di atas terpenuhi maka dx/dt pada tiap-tiap simpul dari kedua span yang bertemu harus sama. Hal ini berarti bahwa dx/dt pada keseluruhan span harus sama. Jika dipilih $dx/dt = 1$ maka pada span ke-i (x_i sampai x_{i+1})

$$x(t) = B_{1x} + t \quad (2.32)$$

pada $t=0$, $x = x_i$ sehingga $B_{1x} = x_i$.

Agar pada akhir span, $x(t) = x_{i+1}$ maka

$$t_{i+1} = x_{i+1} - x_i \quad (2.33)$$

Jadi dengan penurunan spline kubik seperti ini maka diperoleh :

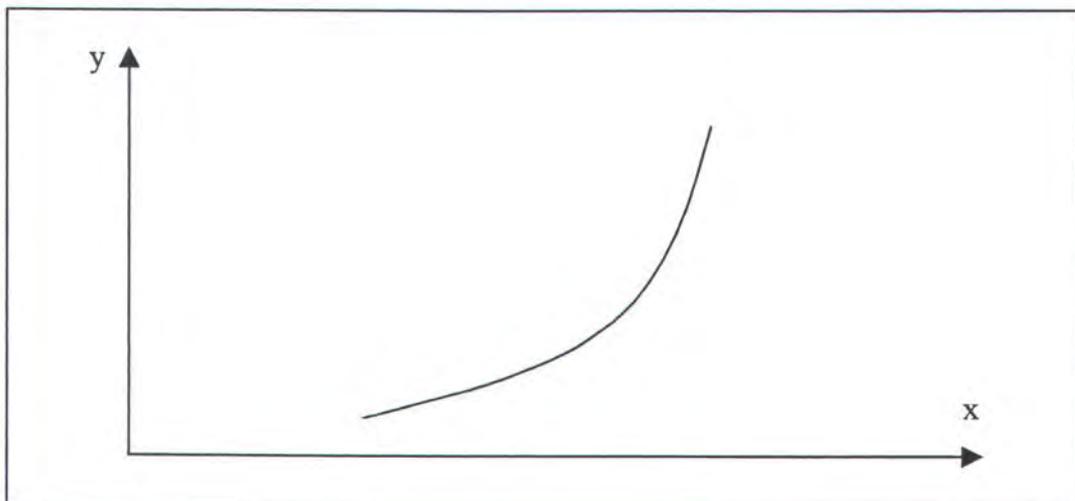
$$B_{2x} = 1 \quad (2.34)$$

$$B_{1x} \text{ pada span ke-} i = x_i \quad (2.35)$$

$$t_{i+1} = x_{i+1} - x_i \text{ untuk } i=2,3,4,5,\dots, \text{jumlah span} \quad (2.36)$$

$$t_1 = 0$$

Apabila kurva yang ingin digambarkan adalah $x=f(y)$



gambar 2.10 Spline kubik satu fungsi, $x=f(y)$

maka vektor posisinya adalah $[x(t) \ y(t)]$, dimana

$$y(t) = B_{1y} + B_{2y} t \quad (2.37.a)$$

$$x(t) = B_{1x} + B_{2x} t + B_{3x} t^2 + B_{4x} t^3 \quad (2.37.b)$$

dimana,

$$B_{2y} = 1$$

B_{1y} pada span ke- $i = y_i$

$t_{i+1} = y_{i+1} - y_i$ untuk $i = 2, 3, 4, 5, \dots$, jumlah span

$$t_{i+1} = 0$$

2.4. AKAR - AKAR PERSAMAAN

Secara umum penentuan akar - akar suatu persamaan dengan metode numerik digolongkan menjadi dua yaitu bracketing methods (metode pengurung) dan open methods (metode terbuka). Dengan metode pengurung, yang sesuai dengan namanya maka dua terkaan awal yang mengurung akar sebenarnya harus diberikan. Perubahan tanda dari fungsi pada dua terkaan awal merupakan indikator terkurungnya akar sejati. Iterasi yang berulang-ulang dari metode ini selalu menghasilkan taksiran nilai sejati dari akarnya yang lebih dekat. Adapun di dalam metode terbuka cukup satu taksiran awal yang harus diberikan. Kelemahan metode terbuka dibandingkan dengan metode pengurung adalah kedivergenan hasil yang kadangkala terjadi, walaupun pada saat metode-metode terbuka tersebut konvergen, dapat melakukan pencarian akar real dengan lebih cepat. Sedangkan dalam metode pengurung hasil yang diperoleh selalu konvergen.

Melihat perilaku dua metode tersebut, akan lebih aman jika digunakan metode pengurung dalam pencarian akar persamaan pada penyusunan program dalam tugas akhir ini.

Ada tiga metode pengurung dalam menentukan akar persamaan yaitu : *graphical method* (metode grafis) , *bisection method* (metode bagi dua) , dan *method of false position* (metode posisi palsu) (Chapra dkk, 1988). Metode grafis adalah metode pencarian akar persamaan secara visual yang tidak dapat membantu apapun dalam pencarian akar persamaan pada program dalam tugas akhir ini. Sehingga di sini hanya akan diuraikan dua metode terakhir.

2.4.1. METODE BAGI DUA (BISECTION METHOD)

Metode Bagi dua yang juga dinamakan pemenggalan biner, pamaruhan selang atau metode Bolzano selalu membagi selang menjadi dua . Jika suatu fungsi berubah tanda pada suatu selang, maka nilai nilai akar dihitung pada titik tengah selang. Proses diulang untuk memperoleh taksiran yang diperhalus. Algoritma Metode bagi dua adalah sebagai berikut:

Langkah 1: Pilih x_l bawah dan x_u puncak taksiran untuk akar, sehingga perubahan fungsi mencakup seluruh interval. Hal ini dapat diperiksa dengan memastikan $f(x_l)(x_u) < 0$.

Langkah 2: Taksiran akar x_r , ditentukan oleh:

$$x_r = \frac{x_l + x_u}{2} \quad (2.38)$$

Langkah 3: Buat evaluasi berikut untuk memastikan pada bagian interval mana akan berada:

- a. Jika $f(x_l)(x_r) < 0$, akar berada pada bagian interval bawah, maka $x_u = x_r$ dan kembali ke langkah 2.
- b. Jika $f(x_l)(x_r) > 0$, akar berada pada bagian interval atas, maka $x_l = x_r$ dan kembali ke langkah 2.
- c. Jika $f(x_l)(x_r) = 0$, akar setara x_r , hentikan komputasi.

Adapun parameter yang digunakan dalam penghentian komputasi adalah hampiran galat relatif ϵ_a yang dapat dihitung :

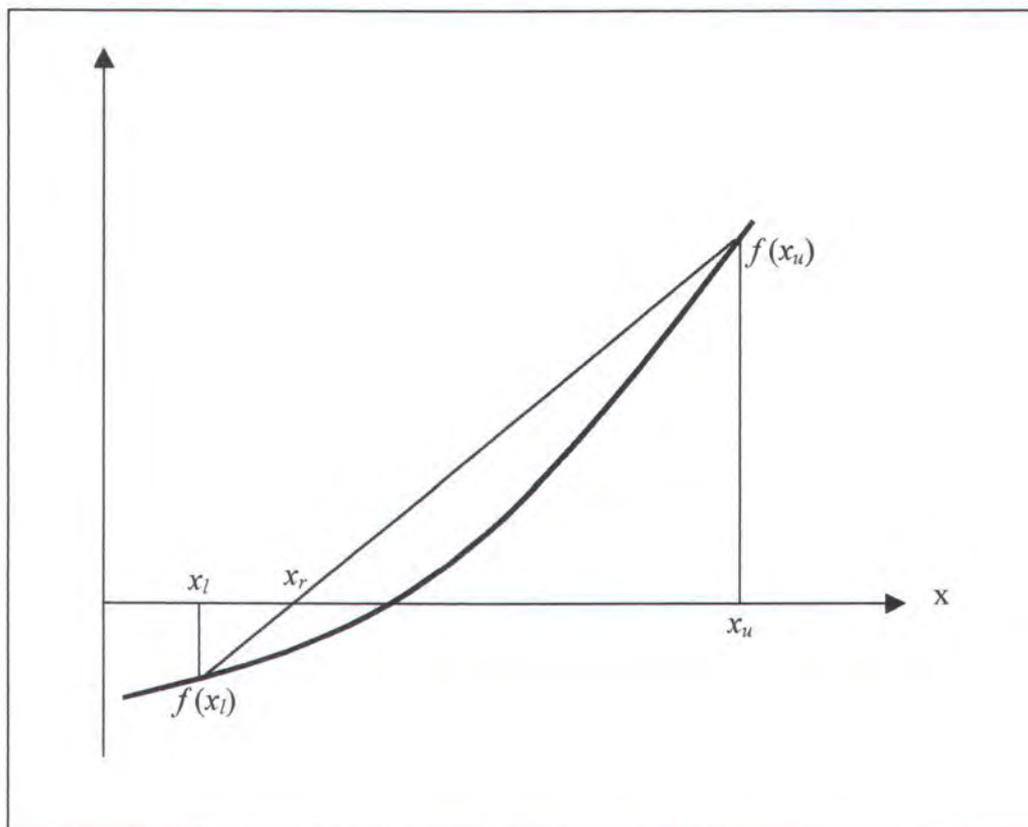
$$\epsilon_a = \left| \frac{x_r,baru - x_r,lama}{x_r,baru} \right| 100\% \quad (2.39)$$

dimana $x_r,baru$ adalah akar untuk iterasi sekarang dan $x_r,lama$ adalah akar dari iterasi sebelumnya. Nilai mutlak dipakai , karena biasanya yang kita perhatikan adalah besaran ϵ_a ketimbang tandanya. Bilamana ϵ_a menjadi lebih kecil daripada kriteria penghentian ϵ_s (misalnya ditentukan $\epsilon_s = 0.001 \%$), maka komputasi dihentikan.

2.4.2. METODE POSISI PALSU (METHOD OF FALSE POSITION)

Walaupun metode bagi dua merupakan suatu teknik yang benar-benar sah untuk menentukan akar suatu persamaan, namun metode tersebut memiliki suatu kelemahan dalam hal klecepatannya. Posisi palsu merupakan alternatif perbaikan berdasarkan pada pengertian grafis.

Kekurangan metode bagi dua adalah dalam membagi selang mulai dari x_l sampai x_u menjadi paruhan sama, besaran $f(x_l)$ dan (x_u) tidak diperhitungkan. Misalnya, jika $f(x_l)$ jauh lebih dekat ke nol daripada $f(x_u)$, kemungkinan besar akar lebih dekat ke x_l daripada ke x_u (Gambar 2.11.). Metode alternatif yang memanfaatkan pengertian grafis ini adalah menghubungkan titik - titik itu dengan sebuah garis lurus. Perpotongan garis ini dengan sumbu x merupakan taksiran akar yang diperbaiki. Kenyataan bahwa penggantian kurva oleh garis lurus memberikan suatu "posisi palsu" dari akar merupakan asal mula dari nama metode posisi palsu. Metode ini juga disebut juga metode interpolasi linear.



Gambar 2.11. Penurunan metode posisi palsu.

Dengan menggunakan segitiga - segitiga sebangun (Gambar 2.11.), perpotongan garis dan sumbu x dapat ditaksir

$$\frac{f(x_l)}{x_r - x_l} = \frac{f(x_u)}{x_r - x_u} \quad (2.40)$$

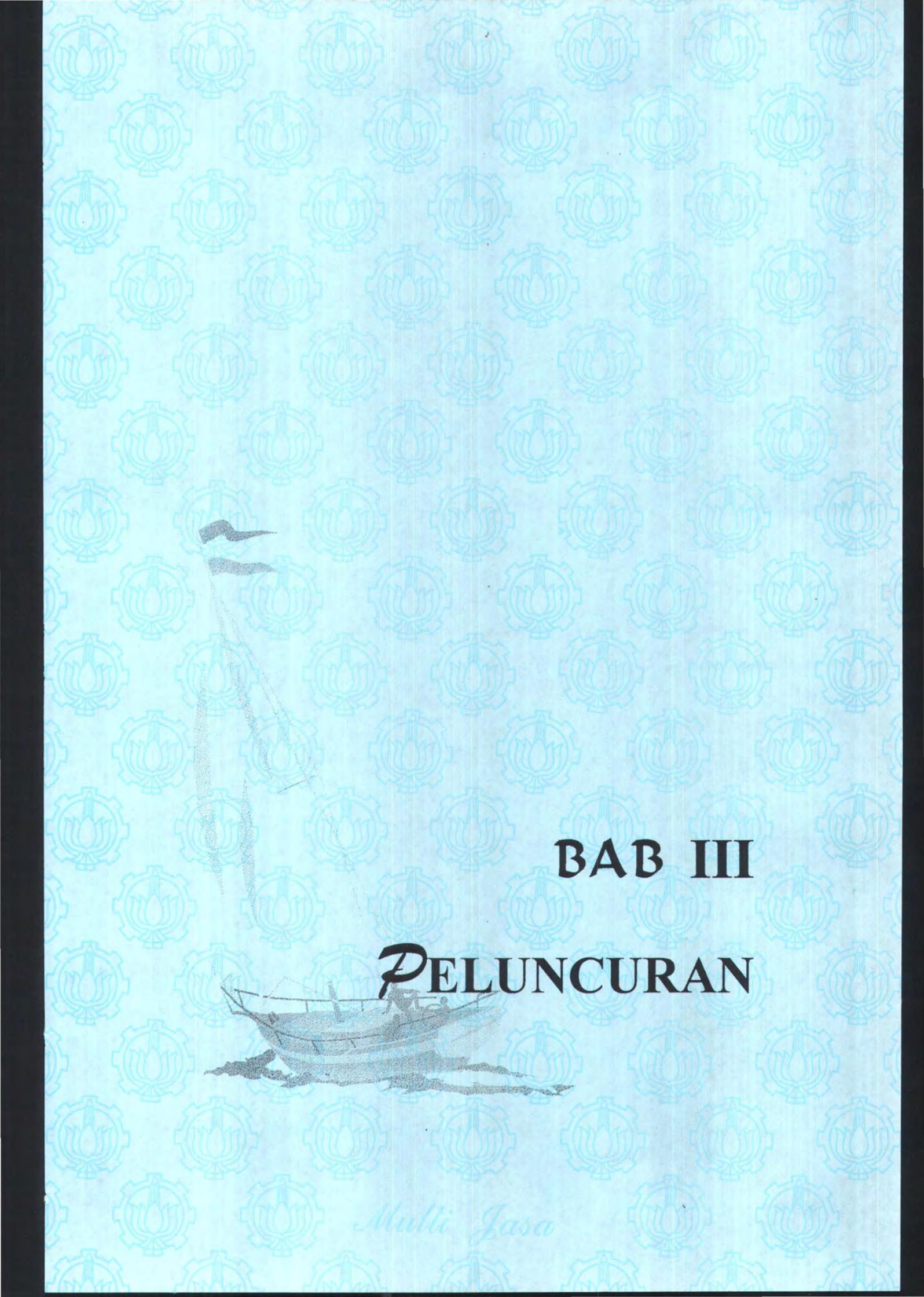
yang dapat dipecahkan menjadi

$$x_r = x_u - \frac{f(x_u)(x_l - x_u)}{f(x_l) - f(x_u)} \quad (2.41)$$

Ini adalah rumus posisi palsu. Nilai x_r yang dihitung kemudian menggantikan salah satu terkaan awal x_l atau x_u , yang menghasilkan nilai fungsi yang bertanda sama dengan $f(x_r)$. Dengan cara ini nilai-nilai x_l dan x_u selalu mengurung akar sejati. Proses diulang sampai memenuhi kriteria penghentian komputasi, dimana kriterianya sama dengan kriteria penghentian komputasi dalam metode bagi dua.

Algoritma pada metode ini identik dengan algoritma pada metode bagi dua dengan suatu kekecualian pada langkah dua persamaan yang digunakan untuk menghitung x_r adalah :

$$x_r = x_u - \frac{f(x_u)(x_l - x_u)}{f(x_l) - f(x_u)} \quad (2.42)$$



BAB III

PELUNCURAN

Multi Jasa

BAB III

PELUNCURAN

3.1 Pendahuluan

Peluncuran (*Launching*) adalah menurunkan kapal dari landasan peluncur dengan menggunakan gaya berat kapal atau dengan memberikan gaya dorong tambahan yang bekerja pada bidang miring kapal. Perhitungan peluncuran ini dipergunakan untuk menghindari kapal dari bahaya-bahaya yang tidak dikehendaki seperti kapal tenggelam ketika diluncurkan, dropping, tipping dan lifting. (*Bakri dkk. 1983*)

Proses perhitungan dan pembuatan diagram peluncuran yang memakan waktu cukup lama, sehingga timbul keinginan untuk mempermudah dan mempercepat perhitungan dan pembuatan diagram peluncuran ini. Dengan membuat sebuah perangkat lunak (program dengan bantuan komputer) yang dapat melakukan perhitungan dan pembuatan diagram peluncuran kapal, maka diperoleh efisiensi waktu serta mempermudah proses perhitungan dan pembuatan diagram peluncuran end launching kapal.

Peluncuran kapal pada dasarnya dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

1. Peluncuran memanjang (*end launching*)
2. Peluncuran melintang (*side launching*)

Didalam peluncuran kapal pada umumnya digunakan peluncuran memanjang (*end launching*), sehingga didalam tugas akhir ini dipilih perhitungan peluncuran *end launching* untuk mempercepat proses perhitungannya. Sedangkan cara peluncuran

melintang (*side launching*) digunakan hanya apabila keadaannya memaksa, misalnya bila permukaan air (*water front*) didepan landasannya sempit. Seperti misalnya pada perairan sungai.

Pada peluncuran memanjang, buritan kapal diarahkan ke air sehingga buritan akan terkena air terlebih dahulu. Hal ini dilakukan dengan tujuan supaya :

1. Tinggi belakang tidak terbentur pada landasan
2. Pada waktu kapal masuk ke air, maka dapat mengurangi laju kecepatan meluncurnya kapal.
3. Menambah gaya angkat keatas pada waktu kapal diluncurkan.

Didalam proses peluncurannya untuk mengurangi terjadinya gesekan antara peluncuran dengan landasan diberikan bahan pelumas yang terdiri dari campuran kapur, lemak, dan parafon. Besarnya tahanan yang disebabkan oleh gesekan ini tergantung dari :

1. Macam bahan pelumas
2. Tekanan rata-rata dari peluncur terhadap landasan
3. Suhu udara pada waktu peluncuran dilaksanakan
4. Kecepatan peluncuran

Sebagai rata-rata dari koefisien gesekan selama peluncuran tersebut adalah :

- $f_d = 0,024$ berlaku untuk tekanan rata-rata pada landasan sebesar 30 Ton/m^2
- $f_d = 0,032$ berlaku untuk tekanan rata-rata pada landasan sebesar 20 Ton/m^2

- $f_d = 0,040$ berlaku untuk tekanan rata-rata pada landasan sebesar 10 Ton/m^2

Koefisien gesekan pada waktu berhenti untuk semua tekanan rata-rata antara $f_s = 0,040$ s/d $0,080$.

Sudut kemiringan peluncuran, dalam hal ini kita anggap sama dengan sudut kemiringan landasan terhadap permukaan air. Sedangkan perincian kami perkirakan lebih kurang sebagai berikut :

- Untuk kapal-kapal yang besar $Tg \alpha = \frac{1}{22} - \frac{1}{26}$
- Untuk kapal-kapal yang sedang $Tg \alpha = \frac{1}{18} - \frac{1}{20}$
- Untuk kapal-kapal yang kecil $Tg \alpha = \frac{1}{12} - \frac{1}{14}$

Harga-harga ini bukan merupakan harga yang pasti sebab masih tergantung dari faktor-faktor lain, misalnya bentuk kapal dan sebagainya.

3.2 Perhitungan Peluncuran

Untuk perhitungan peluncuran memanjang kita bagi atas tiga bagian :

- Periode I : Dimulai pada waktu kapal dilepaskan dan berakhir pada waktu kapal menyinggung permukaan air.
- Periode II : Dimulai pada akhir periode I dan berakhir pada waktu kapal mulai mengapung (*stern lift*).
- Periode III : Dimulai pada akhir periode II dan berakhir pada saat stern kapal mulai terangkat (*free floating*).

Langkah pertama pada perhitungan peluncuran adalah perhitungan berat dan titik berat kapal pada saat diluncurkan. Karena kapal pada waktu diluncurkan biasanya dalam keadaan belum selesai pembangunannya, maka berat kapal kurang dari berat sesungguhnya. Hal ini dapat kita gunakan dengan rumus pendekatan yaitu :

$$P = c (P_b + P_a)$$

Dimana :

P = Berat kapal pada waktu diluncurkan

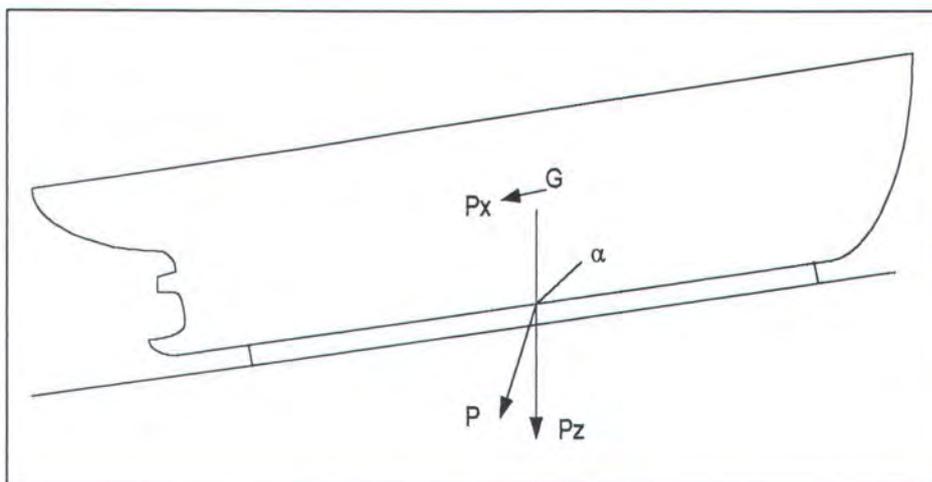
P_b = berat kapal

P_a = berat mesin kapal

C = koefisien yang harganya :

- $C = 0,85$ untuk kapal barang
- $C = 0,65$ untuk kapal penumpang

3.2.1 Periode I



Gambar 3.1 .

$P_x = P \sin \alpha$ yang sejajar dengan landasan

$P_z = P \cos \alpha$ yang tegak lurus landasan

Syarat untuk kapal dapat bergerak,

$$- P_x > W$$

Dimana W = tahanan gesek

$$- P \sin \alpha > P \cos \alpha f_s$$

Jika α kecil, maka $\sin \alpha \approx \alpha$ dan $\cos \alpha \approx 1$

Maka $\sin \alpha > \cos \alpha f_s$

$$\alpha > f_s \quad \text{atau} \quad \tan \alpha > f_s$$

Dengan perkataan lain, supaya kapal dapat bergerak dengan sendirinya maka sudut kemiringan landasan harus lebih besar dari f_s . Jika syarat ini tidak dipenuhi, maka untuk menggerakkan kapal perlu gaya dorong sebesar :

$$P_d = P (f_s - \alpha)$$

Persamaan gerakan kapal pada landasan pada periode I oleh pengaruh gaya beratnya sendiri adalah :

$$F = m \cdot a$$

$$P \sin \alpha - W = \frac{P}{G} \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$P \sin \alpha - f_d \cdot P \cos \alpha = \frac{P}{G} \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$a = g (\sin \alpha - f_d \cos \alpha)$$

$$\frac{dv}{dt} = g (\sin \alpha - f_d \cos \alpha)$$

bila α kecil

$$\frac{dv}{dt} = g (\alpha - fd)$$

Kecepatan :

$$V_x = g (\alpha - fd) t + V_0$$

Buritan :

$$S_x = 0.5 g (\alpha - fd) t^2 + V_0 \cdot t + S_0$$

Bila $V_0 = 0$

$$S_0 = 0$$

Maka $V_x = g (\alpha - fd) t$

$$S_x = 0.5 g (\alpha - fd) t^2$$

$$t^2 = 2 \frac{S_x}{g (\alpha - fd)}$$

$$t = \sqrt{2 \frac{S_x}{g (\alpha - fd)}}$$

$$V_x = \sqrt{2 g (\alpha - fd) S_x}$$

Pembebanan pada periode I

Sebagai contoh, misalnya peluncur tadi panjangnya 5 meter dan lebarnya 6 meter, maka selama periode I pada landasan akan timbul tekanan rata-rata :

$$\sigma_d = \frac{P}{b \cdot s} \text{ Ton/m}^2$$

Harga dari σ_d ini tidak boleh melampaui harga yang diijinkan, dimana harga σ_d tersebut diperkirakan seperti pada Tabel 3.1. sebagai berikut :

Tabel 3.1.

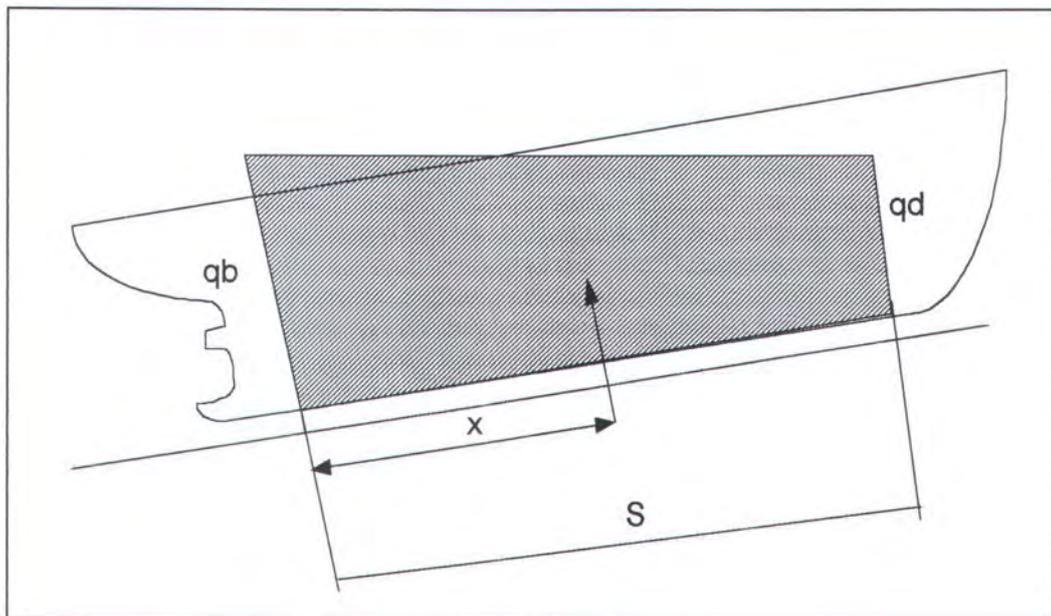
Lpp (m)	σ_d (Ton / m ²)
50	15
100	20
150	25
200	30
250	35

Pembebanan rata-rata yang bekerja pada landasan untuk tiap meter kita ambil :

$$q = \frac{P}{S} \text{ (ton/m) atau } q = b \cdot s \cdot \sigma_d$$

Pembebanan pada landasan ini dapat digambarkan sebagai sebuah trapesium.

Seperti dijelaskan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2.

Keterangan gambar 3.2 :

- q_d = pembebanan depan
- q_b = pembebanan belakang
- x = jarak titik berat bidang beban terhadap ujung belakang bidang beban (q_b)

Berat peluncuran $P =$ luas bidang beban

$$P = 0.5 S (q_d + q_b)$$

Karena $q = P/S$

Maka $P = q \cdot S$

$$q \cdot S = 0.5 S (q_d + q_b)$$

$$2 q = q_d + q_b$$

$$q_d = 2q - q_b$$

$$q_b = 2q - q_d \quad (1)$$

Dengan membagi bidang beban itu menjadi sebuah segitiga siku-siku dan sebuah persegi panjang, maka :

$$P = q_d \cdot S + (q_b - q_d) \cdot 0,5 S$$

Dan momennya terhadap ujung belakang adalah :

$$P \cdot x = q_d \cdot S \cdot 0,5 S + (q_b - q_d) \cdot 0,5 S \cdot 1/6 S$$

$$q \cdot S \cdot x = 2 q_d \cdot S^2 + 1/6 S^2 (q_b - q_d)$$

$$= 1/6 S^2 (q_b + 2q_d)$$

$$q \cdot x = 1/6 S (q_b + 2q_d)$$

$$q_b \cdot S = 6 (q \cdot x) - 2 q_d \cdot S$$

$$2 q_d \cdot S = 6 (q \cdot x) - q_b \cdot S \quad (2)$$

Dari persamaan (1) dan (2) didapat :

$$q_b = \frac{2q(2S - 3x)}{S}$$

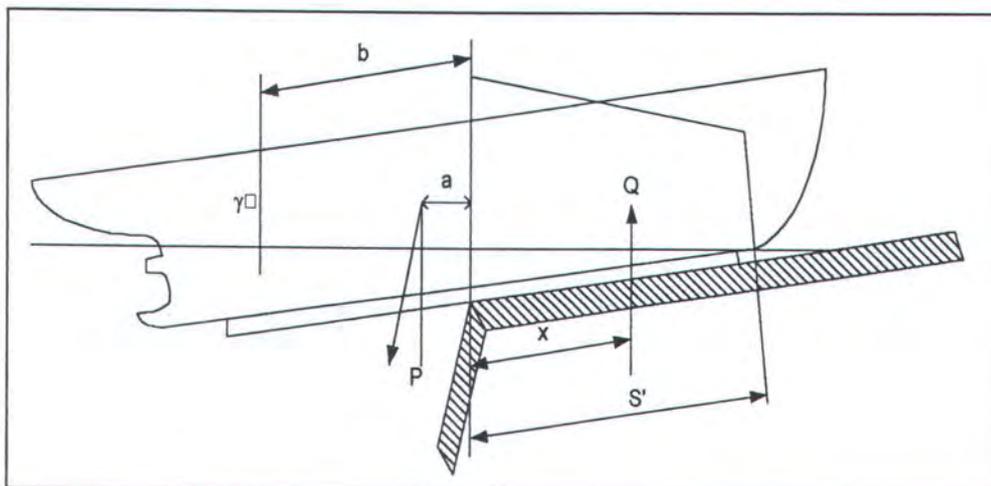
$$q_d = \frac{2q(3x - S)}{S}$$

Catatan :

Kalau $x = 0,5$ maka $q = q_d = q_b$

$x < 0,5$ maka $q_d < q_b$

3.2.2 Periode II



Gambar 3.3.

Keterangan gambar :

- Q = gaya reaksi

Dimana gaya reaksi ini berpusat pada titik berat dari bidang berat.

- γV = displacement yang dicapai oleh kapal pada saat itu.

- Karena sudut α yang kecil, maka $\cos \alpha = 1$.

- Momen terhadap ujung landasan menjadi :

$$V \cdot b - P \cdot a - Q \cdot x = 0$$

$$x = \frac{V \cdot b - P \cdot a}{Q}$$

Bila x bernilai negatif maka reaksi tidak akan timbul atau titik B jatuh diluar landasan. Dalam keadaan seperti ini kapal mungkin akan terjungkir atau patah. Gerakan jungkir pada ujung landasan ini disebut ' Tipping '. Maka untuk menghindari bahaya tipping ini harus selalu dijaga agar harga $x \geq 0$. Atau dengan kata lain $P > \gamma V$, sehingga $\gamma V \cdot b - P \cdot a \geq 0$. Harga $\gamma V \cdot b - P \cdot a$ ini disebut momen anti tipping.

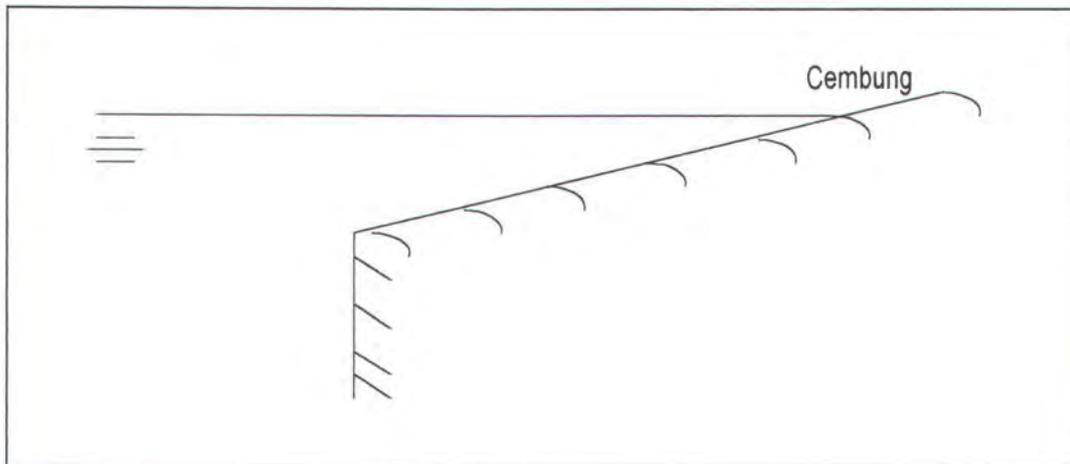
Kalau dari perhitungan-perhitungan peluncuran ini terbukti bahwa harga dari momen anti tippingnya ternyata terlalu kecil, maka langkah-langkah yang harus diambil untuk menyelamatkan kapal adalah berusaha memperbesar momen anti tipping tersebut dengan jalan :

1. Menempatkan pemberat dibagian linggi depan.

Sekalipun akibat dari penempatan ini harga P akan membesar, namun jarak a akan mengecil, sehingga momen $P \cdot a$ relatif akan mengecil pula.

2. Memperpanjang landasan yang berada dibawah permukaan air.
3. Menunggu sampai air pasang, sehingga tinggi permukaan air dapat memenuhi syarat. Sebab peninggian permukaan air mengakibatkan perpanjangan landasan juga. Akibat dari hal ini sama seperti pada point 2.
4. Membesarkan sudut kemiringan $\text{tg } \alpha$.

Hal ini dapat menyebabkan pembesaran momen γVb . Maka untuk memenuhinya, bentuk dari landasan yang ada dibawah permukaan air itu kadang-kadang dibuat cembung. Seperti Gambar 3.4. berikut ini.



Gambar 3.4.

5. Membesarkan harga V dengan jalan memasang pengapung-pengapung pada buritan kapal.

Persamaan gerak kapal pada periode II

Persamaan gerak kapal pada periode II ini akan sesuai pada periode I ditambah tahanan air terhadap gerakan kapal R dan gaya apung γV . Sehingga persamaannya menjadi :

$$(P - \gamma V)(\alpha - f) - R = \frac{P}{g} \cdot A$$

$$\frac{dv}{dt} = a = \frac{g}{P} (P - \gamma V)(\alpha - f) - R$$

Hubungan antara tahanan air pada peluncuran dengan kecepatan gerak ditentukan oleh I. G. Bubnova secara empiris sebagai berikut :

$$R = 6,5 (W + 9,25 W^1) V^2 x$$

Dimana :

- R = tahanan air pada peluncuran
- Vx = kecepatan kapal (m/detik)
- W = luas penampang melintang terbesar bagian kapal yang masuk air (m²)
- W¹ = luas penampang melintang terbesar alat peluncur (m²)

Sehingga didapat persamaan :

$$V x^2 = \frac{2g(\alpha - f) \cdot Is \cdot \left(1 - \frac{c}{3} Is^2 \right) + Vx^2 I}{K \cdot Is^2}$$

Dimana

- Vx I = kecepatan pada akhir periode I
- Is = jalan yang ditempuh sampai akhir periode II
- K dan c merupakan konstanta yang besarnya tergantung dari :

$$c = \frac{1 - \frac{P - \gamma D}{P} k \cdot Is^2}{Is^2}$$

$$k = \frac{g}{P} \frac{6,5 (W + 9,25 W^1)}{Is}$$

hasil inipun merupakan suatu pendekatan.

Pembebanan rata-rata pada periode II

Pada periode II ini setelah peluncur melewati ujung landasan maka S akan berubah atau berkurang menjadi S^1 dan akhirnya sama dengan nol (0). Sedangkan harga x masih terjadi antara $1/3 S^1 < x < 2/3 S^1$. Maka bidang beban masih dianggap mempunyai bentuk trapesium sepanjang S^1 dengan sisi-sisi q_d dan q_b .

Pembebanan rata-rata dalam hal ini menjadi :

$$q = \frac{Q}{S}$$

dimana :

$$- Q = P - \gamma V$$

$$- q_b = \frac{2q (2S^1 - 3x)}{S^1}$$

$$- q_d = \frac{2q (3x - S^1)}{S^1}$$

Apabila harga $x = 0,5 S^1$, maka $q_b = q_d = q$, sehingga bidang beban yang terjadi akan berbentuk sebuah empat persegi panjang. Dan apabila harga $x = 1/3 S^1$, maka bentuk dari bidang bebannya adalah sebuah segitiga siku-siku. Hal ini berlaku juga untuk harga $x = 2/3 S^1$, yaitu :

$$- \text{ untuk } x = 1/3 S^1, \text{ maka } q_d = 0 \text{ dan } q_b = 2q$$

$$- \text{ untuk } x = 2/3 S^1, \text{ maka } q_d = 2q \text{ dan } q_b = 0$$

Dan apabila harga $x < 1/3 S^1$ atau $x > 2/3 S^1$, maka bidang bebannyapun dianggap sebagai segitiga siku-siku dan panjang pembebanannya adalah kurang dari S^1 .

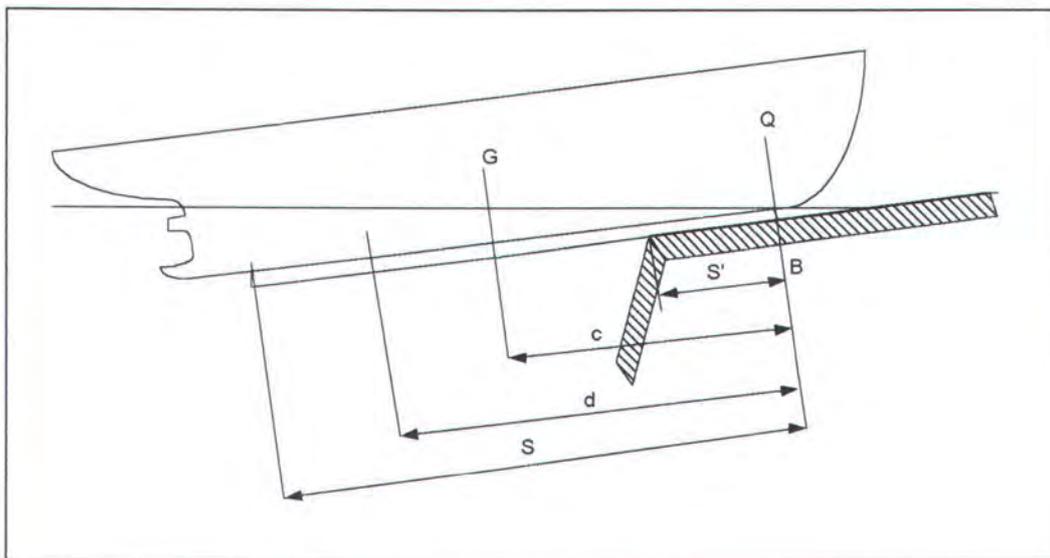
Dalam hal ini panjang pembebannanya = $3x$, sehingga :

$$q = \frac{Q}{3x} \quad \text{maka} \quad qb = 2q \quad \text{atau} \quad qb = \frac{2Q}{3x}$$

Dengan ketentuan bahwa besarnya harga qb ataupun qd ini harus selalu diusahakan agar jangan sampai melebihi 100 ton/m.

Untuk kemungkinan ini dapatlah digunakan kelima cara seperti pada anti tipping yang sudah dijelaskan pada subbab 3.2.1 diatas. Dalam hal penggunaan dari harga qd itu sebaiknya adalah peluncur bagian depan diperpanjang saja.

Pada akhir periode II kapal akan mulai mengapung (stern lift) Kapal tersebut akan mulai mengapung bila titik pusat gaya Q mencapai ujung peluncur bagian depan, jika bila : $x = S^1$. Dalam hal ini maka jumlah matematis momen statis dari berat peluncur dan gaya apung terhadap peluncur bagian depan adalah sama dengan nol. Jadi bila $\gamma V \cdot d - P \cdot 0 = 0$, gaya reaksi sebesar $Q = P - \gamma V$ ini merupakan sebuah gaya yang besar sekali dan berpusat pada titik B seperti dijelaskan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5.

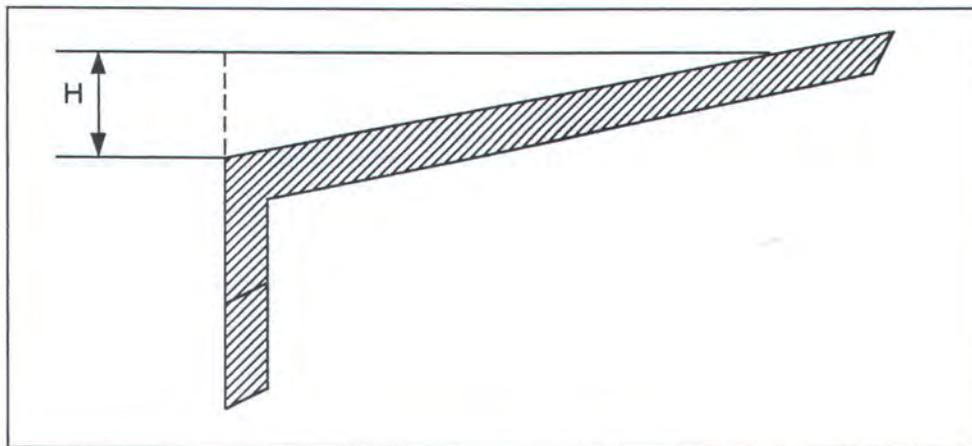
Untuk perhitungannya, maka beban ini diterimakan pada peluncur sepanjang s %

dari ujung depan, sehingga pembebanan rata-ratanya menjadi : $q = \frac{Q}{0,05 \cdot S^1}$.

Apabila rumus tersebut menghasilkan harga $q > 100$ ton/m, maka kita harus memperkecilkan harganya dengan cara seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 3.2.1 diatas agar pengapungan diperlambat.

Untuk menentukan displacement, badan d dalam periode II ini dipakai lengkungan bonjean. Dan biasanya jalan yang diselidiki diambil untuk setiap panjang station atau kelipatannya. Hal ini digunakan untuk mempermudah perhitungan. Menurut metode ini penambahan volume kulit dan sebagainya diambil $V = 1,02 v$.

3.2.3 Periode III



Gambar 3.6 .

Jika dalamnya air pada ujung landasan H lebih kecil dari sarat air ujung sepatu peluncur belakang T_2 , maka pada akhir periode III akan terjadi shock (jumping) dengan tinggi loncatan $d = T_2 - H$. Sedangkan apabila kedalaman perairannya kurang, maka kapal akan memukul dasar (dropping). Oleh karena itu kedalaman airnya harus memenuhi syarat : $T_1 \geq T_2 + d = 2 T_2 - H$

Adapun usaha-usaha untuk menghindari terjadinya jumping ini antara lain adalah :

- a. Memperpanjang landasan sehingga tinggi H akan bertambah.
- b. Menunggu pada waktu air pasang setinggi-tingginya, sehingga tinggi H akan lebih besar dari sarat belakang sepatu peluncur.

Untuk lebih menyederhanakan perhitungan beberapa elemen peluncuran dapat ditentukan sebagai berikut :

1. Sudut kemiringan landasan.

$$\alpha = 2^0 - 4^0$$

2. Kedalaman air di ujung landasan, untuk menghindari terjadinya pukulan ke dasar (jumping).

$$H \geq T_H$$

Dimana :

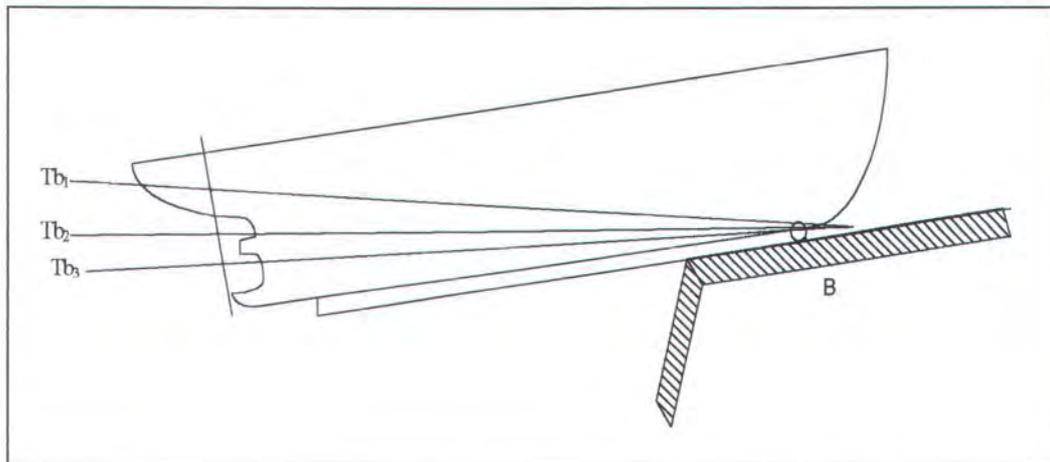
$$T_H = T \text{ rata-rata} - \frac{L}{2} \text{tg } \varphi$$

φ = sudut trim

3. Panjang landasan dibawah air maksimum

$$\lambda_{\max} = \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{T \text{ rata - rata} - 0,5 L \cdot \text{tg } \alpha}{\sin \alpha}$$

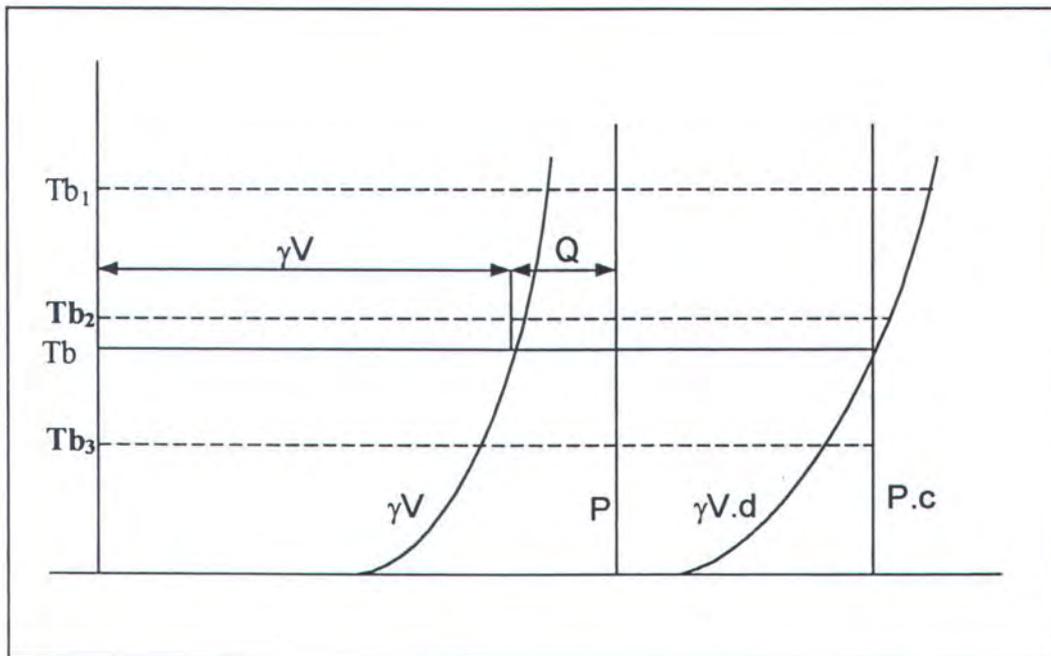
Selama periode III ini kapal melanjutkan peluncurannya dan menggunakan ujung depan dari peluncur sebagai sumbu putarnya. Untuk menentukan garis muatnya setelah mencapai suatu jarak, kita bekerja sebagai berikut (lihat Gambar 3.7.).



Gambar 3.7.

Dengan memakai titik B sebagai titik pusatnya, dibuatlah sebuah lingkaran dengan jari-jari yang sesuai dengan tinggi permukaan air setempat. Kemudian pada garis tegak belakang ditentukanlah sekehendak tiga buah sarat Tb_1 , Tb_2 , dan Tb_3 . Dari ketiga sarat ini ditarik garis-garis yang menyinggung lingkaran pada titik balans tadi, dan hitunglah pemindahan airnya beserta letak titik-titik beratnya masing-masing.

Dengan cara ini didapatkan tiga macam harga dari gaya apung γV , beserta momen statisnya sebesar $\gamma V.d$ terhadap landasan bagian depan. Hasil-hasil ini kemudian dikembangkan sebagai absis dari ordinat-ordinat Tb_1 , Tb_2 , dan Tb_3 . Karena harga-harga dari berat peluncuran P dan momen statisnya $P.c$ adalah tetap, maka dengan skala yang sama dibuat sebuah grafik yang merupakan garis-garis yang tegak seperti pada Gambar 3.8. Karena selama mengapung ini selalu berlaku $\gamma V.d - P.c = 0$ atau $\gamma V.d = P.c$, sehingga titik potong antara $\gamma V.d$ dan garis tengah tegak $P.c$ merupakan sarat buritan Tb pada saat itu.



Gambar 3.8 .

Dari diagram ini selanjutnya dapat ditentukan gaya γV dan gaya reaksi $Q = P - \gamma V$ terhadap ujung depan dari peluncur. Kalau ujung peluncur telah melampaui ujung landasan, periode III berakhir dan haluan kapal saat itu akan jatuh kedalam air. Dalam hal ini perlu dijaga agar haluan kapal tidak menyentuh dasar laut. Sehingga harus selalu diusahakan agar sarat kapal di ujung landasan dibuat sekurang-kurangnya dua kali sebesar sarat depan T_1 dari kapal yang akan diluncurkan.



BAB IV

**PERHITUNGAN
KURVA PELUNCURAN**

Multi Jasa

BAB IV

PERHITUNGAN KURVA PELUNCURAN

4.1 Perhitungan Berat dan Titik Berat

Dalam melakukan perhitungan berat dan titik berat peluncuran kapal ini dilakukan dengan metode berdasarkan Lloyd Register 1964. Pelaksanaan perhitungan dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Perhitungan berat dan titik berat kapal yang akan diluncurkan
2. Perhitungan berat dan titik berat peralatan peluncuran.

Untuk perhitungan berat dan titik berat peralatan peluncuran ini ditentukan sendiri dengan ketentuan berat peralatan peluncuran yaitu sebesar antara 7 hingga 16% dari berat badan kapal pada saat diluncurkan. Sedangkan untuk perhitungan berat dan titik berat kapal yang akan diluncurkan ini dihitung terpisah dari program Peluncuran (*End Launching*) kapal dan dibuatkan program tersendiri yaitu program *Prediksi Berat dan Titik Berat Kapal Menggunakan LR'64*.

Adapun berat kapal yang akan diluncurkan dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Berat kapal kosong, yaitu berat badan kapal sampai upper deck.
2. Berat konstruksi pada bagian-bagian khusus.

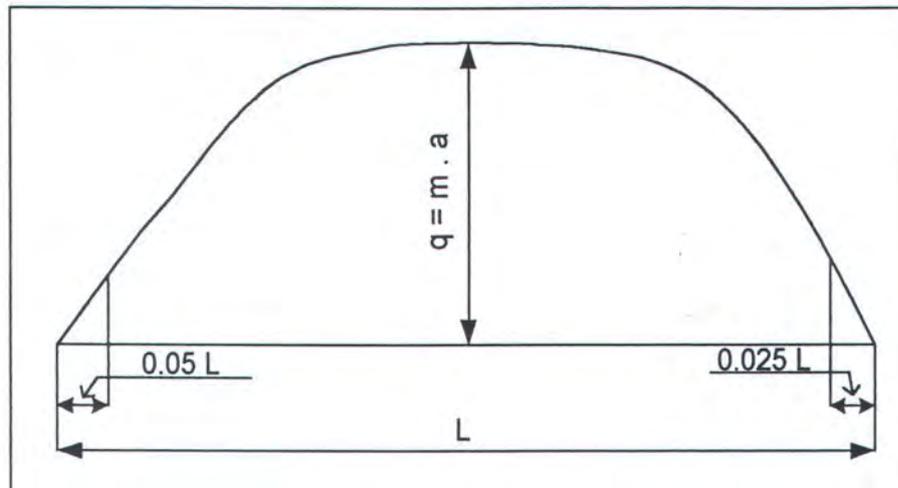
4.1.1 Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal Sampai Upper Deck.

Berat kapal kosong dibagi menjadi dua, yaitu :

- a. Berat konstruksi badan kapal sampai Upper Deck dari AP hingga FP.

- b. Berat konstruksi badan kapal di luar AP dan FP yaitu : berat konstruksi di belakang AP dan di depan FP.

Grafik pembebanan sepanjang badan kapal adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1 .

Keterangan :

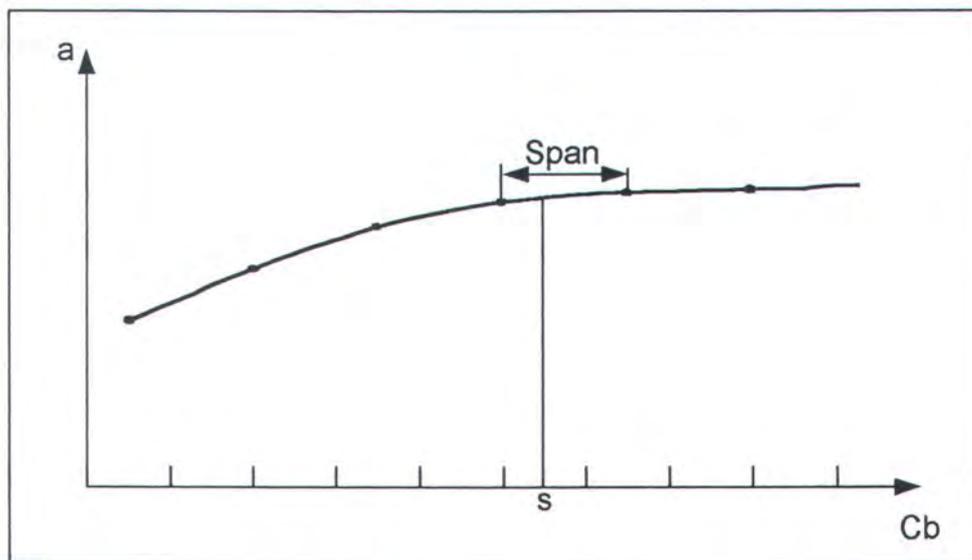
$q = m \cdot a$ merupakan Ordinat dari grafik pembebanan badan kapal sampai Upper Deck dari AP hingga FP.

$L = L_{pp}$, yaitu panjang kapal antara AP sampai FP.

Untuk perhitungan berat dan titik berat kapal ini dilakukan dengan menggunakan program *Prediksi Berat dan Titik Berat Kapal Menggunakan LR'64* yang didalamnya telah dibuat grafik-grafik yang tercantum pada peraturan Lloyd Register 1964. Cara pembuatan grafiknya adalah dengan memasukkan titik-titik koordinat dari masing-masing grafik lalu antar titik-titik tersebut disambung dengan menggunakan metode kubik spline.

Cara pembacaan grafiknya dapat diambil salah satu contoh yaitu mencari harga a yang merupakan fungsi dari C_b sebagai berikut :

- Pertama-tama ditentukan terlebih dahulu span mana yang digunakan berdasarkan besarnya koefisien block (C_b). Disini diambil contoh besarnya C_b adalah sama dengan s , maka span yang digunakan adalah span yang berpotongan dengan s seperti yang dijelaskan pada gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 .

- Persamaan kurva pada span tersebut dibentuk dari persamaan :

$$X(t) = C_1 x + C_2 x t \quad (4.1)$$

$$Y(t) = C_1 y + C_2 y t + C_3 y t^2 + C_4 y t^3 \quad (4.2)$$

- Masukkan harga C_b ke persamaan $X(t)$ di atas, sehingga $C_b = C_1 x + C_2 x t$.

$$\text{Dari persamaan ini diperoleh harga } t = \frac{C_b - C_1 x}{C_2 x} . \quad (4.3)$$

- Substitusikan harga t tersebut pada persamaan $Y(t)$. Dan hasilnya merupakan harga a yang dimaksud.

a. *Perhitungan berat dan titik berat konstruksi badan kapal sampai Upper Deck dari AP hingga FP.*

Perhitungan berat dan titik berat kapal ini dimulai dengan menghitung besarnya $m = 43,4 \times H \times L_{pp}/10000$ ton/m, dengan harga H dicari berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$H = C_1 \times B + C_2 \times D + C_3 \times d + C_4 \times w_0 \times NT + C_5 + 2,5 \times h \quad (4.4)$$

Dimana :

- B = lebar kapal
- D = tinggi kapal
- d = sarat kapal
- h = tinggi dasar ganda
- NT = jumlah sekat melintang

Sedangkan nilai-nilai C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 , dan w_0 dibaca langsung oleh program *Prediksi Berat dan Titik Berat Kapal Menggunakan LR'64* dengan cara yang sama dengan pembacaan harga a pada contoh diatas. Dengan demikian harga H dapat dicari dengan mensubtitusikan nilai-nilai C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 , w_0 , B, D, d, NT, dan h tersebut kedalam rumus H diatas.

Harga H ini kemudian dimasukkan ke dalam rumus mencari harga m di atas. Setelah didapatkan harga m, maka harga $q = m \cdot a$ akan diperoleh.

b. *Perhitungan berat dan titik berat konstruksi badan kapal di luar AP dan FP.*

Konstruksi di belakang AP

Panjang pembebanan konstruksi di belakang AP ini seperti dijelaskan pada gambar 4.1 adalah 0,05 Lpp. Sedangkan beratnya = $0,01133 \cdot m \cdot Lpp$. Dimana harga m yang digunakan disini adalah hasil perhitungan m pada perhitungan berat konstruksi badan kapal sampai Upper Deck dari AP hingga FP di atas. Kemudian dihitung besarnya titik berat konstruksi dari AP yaitu sebesar = $1/3 \cdot 0,05 \cdot Lpp$.

Konstruksi di depan FP

Panjang pembebanannya adalah 0,025 Lpp, sedangkan berat konstruksi di depan FP ini adalah = $0,00175 \cdot m \cdot Lpp$. Lalu dihitung pula besarnya titik berat dari AP yaitu sebesar = $Lpp + (1/3 \cdot 0,025 \cdot Lpp)$.

4.1.2 Perhitungan berat dan titik berat konstruksi pada bagian-bagian khusus.

Perhitungan berat dan titik berat konstruksi pada bagian-bagian khusus ini dihitung secara manual karena pada masing-masing kapal memiliki konstruksi yang berbeda. Berdasarkan Lloyd Register '64, pada program ini telah dibuatkan beberapa bagian khusus tersebut yang meliputi :

- Ruang *poop*

Dihitung berat $W = 0,1292 \cdot V$, dimana V adalah volume *poop* (m^3). Berat ini didistribusikan secara linear sepanjang *poop*. Kemudian dihitung

besarnya jarak ujung belakang *poop* dari AP untuk mengetahui posisi *poop* itu sendiri.

- Ruang *Fore Castle*

Pada ruangan *fore castle* dilakukan urutan perhitungan yang sama dengan ruangan *poop*, yaitu dihitung berat konstruksi $W = 0,0897 \times V$. Dimana V adalah volume ruangan *fore castle* (m^3). Distribusi berat sepanjang *fore castle* ini berbentuk segitiga. Kemudian dicari posisi dari *fore castle* dengan jalan menghitung jarak ujung belakang *fore castle* dari AP.

- Anjungan kapal.

Berat dari anjungan kapal dihitung dengan rumus $W = 0,1292 \times V$. Dimana V adalah volume anjungan (m^3). Distribusi beratnya merata sepanjang anjungan kapal. Apabila jumlah anjungan lebih dari satu maka dihitung satu persatu untuk tiap-tiap anjungan kapal yang ada. Dan dicari posisi dari anjungan tersebut dengan menghitung jarak ujung belakang anjungan kapal dari AP.

- Rumah geladak dan *mast house*.

Perhitungan berat rumah geladak dan *mast house* berdasarkan Lloyd Register'64 ini digunakan rumus $W = 0,1185 \times V$, dimana V merupakan volume dari house (m^3). Distribusi beratnya merata sepanjang rumah geladak dan *mast house*. Apabila jumlah dari rumah geladak dan *mast house* ini lebih dari satu, maka dihitung satu persatu berat (W) dari rumah geladak dan *mast house* yang ada di kapal. Kemudian dicari posisinya dengan menghitung jarak ujung belakangnya dari AP.

- Ruang akomodasi dibawah *upper deck*.

Konstruksi ini termasuk tambahan perlengkapan kayu dan outfit lain yang ada. Adapun perhitungan beratnya adalah $W = 0,0338 \times V$, dimana V adalah volume ruangnya (m^3). Berat untuk tiap-tiap seksinya didistribusikan secara homogen sepanjang ruangnya masing-masing. Kemudian dicari posisinya dengan menghitung jarak titik berat volume ruangnya dari AP.

- *Cargo gear*.

Konstruksi dari *cargo gear* ini sudah termasuk derek, jangkar, tali, dan lain-lain. Perhitungan beratnya adalah : $W = [0,08 \cdot \Sigma (S \cdot W \cdot L)^2 + 5 n_b] + 10$ untuk setiap posisi ruang muat.

Dimana :

$\Sigma (S \cdot W \cdot L)^2$ = jumlah kuadrat beban kerja yang aman dari masing-masing derek pada posisinya.

n_b = jumlah derek pada posisinya.

Apabila derek dilengkapi dengan penyangga, maka berat tersebut dikurangi 10 ton untuk masing-masing posisi. Berat cargo gear ini didistribusikan sepanjang 0,02 L pada posisinya. Perhitungan selanjutnya adalah mencari posisi dari cargo gear ini terhadap AP.

- *Deep tank dan peak tank*.

Perhitungan berat konstruksi *deep tank* dan *peak tank* yang tanpa *cofferdams* menggunakan rumus $W = 0,0538 \times V$, dimana V merupakan kapasitas tangki. Dengan distribusi beban homogen sepanjang tangki.

Sedangkan untuk konstruksi yang memakai *cofferdams*, maka perhitungan beratnya adalah $W = 0,1005 V$. Perhitungan ini dilakukan pada semua *deep tank* dan *peak tank* yang ada di kapal. Kemudian dicari posisi dari *deep tank* dan *peak tank* ini dengan menghitung jarak antara titik berat tangki dari AP.

- Kamar mesin.

Sebelum menghitung berat dari kamar mesin ini, maka terlebih dahulu ditentukan apakah kapal yang akan diluncurkan ini untuk muatan berat (*heavy cargo*) atau tidak. Setelah ditentukan baru perhitungan beratnya dilakukan, yaitu dengan perhitungan sebagai berikut :

- Untuk muatan berat : $W = W_m + (0,011 L + 0,73) l_o$.
- Untuk muatan yang lain : $W = W_m + (0,044 L + 1,47) l_o$.

Dimana :

W_m = berat dari mesin utama + mesin bantu di kapal.

l_o = panjang dari kamar mesin.

Adapun distribusi beratnya merata sepanjang l_o . Kemudian dicari posisi dari kamar mesin ini dengan menghitung jarak ujung belakang kamar mesin dari AP.

- Ruang pendingin.

Berat dari ruang pendingin ini merupakan fungsi dari volume (V). Sehingga disini dihitung dahulu besarnya volume untuk masing-masing ruang pendingin yang ada. Kemudian dicari jarak antara titik berat volume tersebut terhadap AP. Sedangkan distribusi beratnya secara homogen sepanjang ruangan.

- *Propeller* dan poros.

- a. Apabila berat baling-baling tidak diketahui, maka dibaca terlebih dahulu harga S yang merupakan fungsi ls / L pada Lloyd Register '64 dengan cara seperti diterangkan pada subbab IV.1.1. Kemudian harga S ini dimasukkan ke dalam perhitungan berat, yaitu :

$$W_p = ls (0,0164 L_{pp} + S), \text{ untuk } \textit{single screw ship}$$

$$W_p = 1,5 ls (0,0164 L_{pp} + S), \text{ untuk } \textit{twin screw ship}.$$

- b. Sedangkan apabila berat baling baling diketahui, maka perhitungan beratnya adalah :

$$W_p = \text{berat poop} + 0,67 ls, \text{ untuk } \textit{single screw ship}$$

$$W_p = \text{berat poop} + 1,0 ls, \text{ untuk } \textit{twin screw ship}.$$

Dimana ls adalah panjang terowongan dari tengah propeller sampai sekat kamar mesin.

Kemudian dihitung jarak horisontal boss dari AP untuk menentukan posisi dari *propeller* dan poros ini.

4.2 Periode I

Pembebanan rata-rata pada periode I adalah :

$$q = \frac{Q}{S} \tag{4.5}$$

Dimana q adalah gaya reaksi yang besarnya sama dengan $P - \gamma V$, S adalah panjang sepatu peluncur. Dan untuk penurunan rumus q_d dan q_b pada periode I ini sesuai keterangan pada bab III, dimana hasil yang didapat adalah:

$$q_b = \frac{2q(2S - 3x)}{S} \quad (4.6)$$

$$q_d = \frac{2q(3x - S)}{S} \quad (4.7)$$

Sedangkan harga $\gamma V = 0$, karena pada periode I ini kapal yang akan diluncurkan belum dikenai gaya apung. Sehingga harga $\gamma V d = 0$.

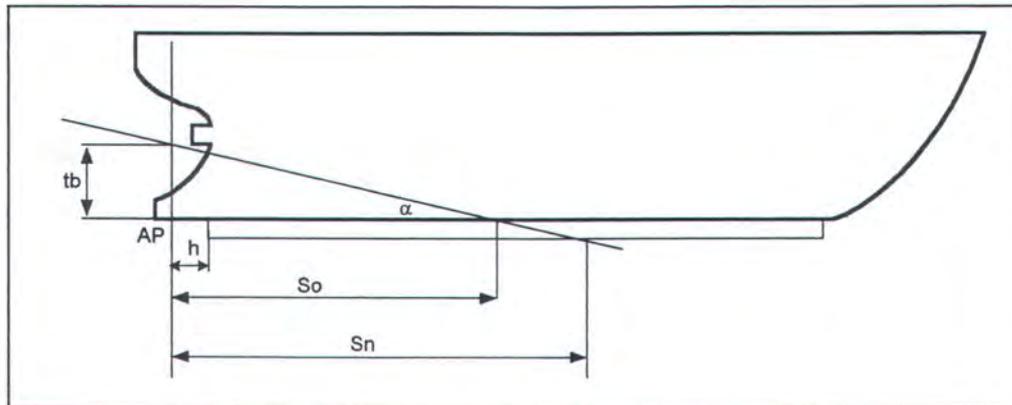
4.2 Periode II

Perhitungan pada periode II ini dibagi menjadi beberapa langkah yang menunjukkan jarak meluncurnya kapal sampai kapal pada kondisi stern lift yang disesuaikan dengan L_{pp} kapal. Dimana tiap-tiap langkahnya adalah $(L_{pp}/20) \times 2$.

Untuk menghitung volume displasmen (V) dan L_{cb} dari station AP digunakan program Penentuan Displacemen dan Volume Ruang Kapal Dibawah Upper Deck (Wasito , 1999). Dimana perhitungan harga V dan L_{cb} dilakukan untuk tiap-tiap langkah dengan jalan memasukkan nilai sarat pada station yang sudah tercelup di air. Sehingga harga dari volume displasmen ini juga berubah sesuai dengan nilai sarat yang dimasukkan. Adapun besarnya nilai sarat tersebut adalah :

$$t_b = S_0 \cdot \text{tg } \alpha \quad (4.8)$$

dimana S_0 adalah panjang bagian kapal yang tercelup air dari AP, sedangkan α adalah sudut kemiringan landasan. Untuk lebih jelasnya seperti pada gambar 4.3 sebagai berikut.



Gambar 4.3.

Setelah pembagian langkah-langkah peluncuran sehingga jarak S_0 diketahui, maka perhitungan pada periode II ini dilanjutkan dengan menentukan besarnya jarak antara ujung air pada landasan ke titik AP (S_n) untuk tiap-tiap langkahnya. Adapun harga S_n itu sendiri adalah :

$$S_n = S_0 + \frac{\text{tebal sepatu peluncur}}{\text{tg}\alpha}$$

Langkah perhitungan berikutnya adalah menentukan besarnya gaya tekan ke atas atau gaya apung (γV). Karena volume displasmen (V) sudah diketahui nilainya, maka γV didapat dengan menggunakan rumus $\gamma V = 1,004 \times 1,025 \times V$. Kemudian dihitung jarak titik gaya apung ke ujung depan sepatu peluncur (d), dimana :

$$d = (S + h) - Lcb \quad (4.9)$$

Karena harga-harga panjang sepatu peluncur (S), jarak ujung sepatu peluncur ke AP dan Lcb diketahui, maka untuk mendapatkan harga d tinggal memasukkan ketiga harga S , h , dan tersebut ke dalam persamaan (4.9).

Perhitungan selanjutnya adalah mencari jarak titik berat (P) ke ujung depan sepatu peluncur yang dinotasikan dengan huruf c, yang didapat dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$c = (S + h) - g \quad (4.10)$$

dimana g = jarak titik berat (P) ke AP.

Notasi selanjutnya adalah berat peluncuran (P). Perhitungan P diperoleh dengan menjumlahkan berat kapal dengan berat peralatan peluncurannya. Untuk perhitungan berat kapal dilakukan dengan menggunakan program Prediksi Berat dan Titik Berat Kapal Menggunakan LR'64. Sedangkan berat peralatan peluncuran (7 ~ 16 % berat kapal) ditentukan sesuai perencanaan. Harga dari P ini adalah konstan untuk tiap-tiap langkahnya.

Perhitungan berikutnya yaitu menghitung besarnya gaya apung (γV) dikalikan jarak titik gaya apung ke ujung depan sepatu peluncur (d) untuk tiap tiap langkah hingga kondisi stern lift. Dilakukan pula perhitungan dengan mengalikan berat peluncuran dengan jarak titik berat (P) ke ujung depan sepatu peluncur (P . c). Perhitungan ini juga dilakukan untuk masing-masing langkah.

Setelah Harga P.c untuk tiap-tiap langkah peluncuran periode II ini diperoleh, maka perhitungan selanjutnyanya adalah menentukan jarak titik berat ke ujung landasan (a), dimana :

$$a = (S_n - \lambda) - g \quad (4.11)$$

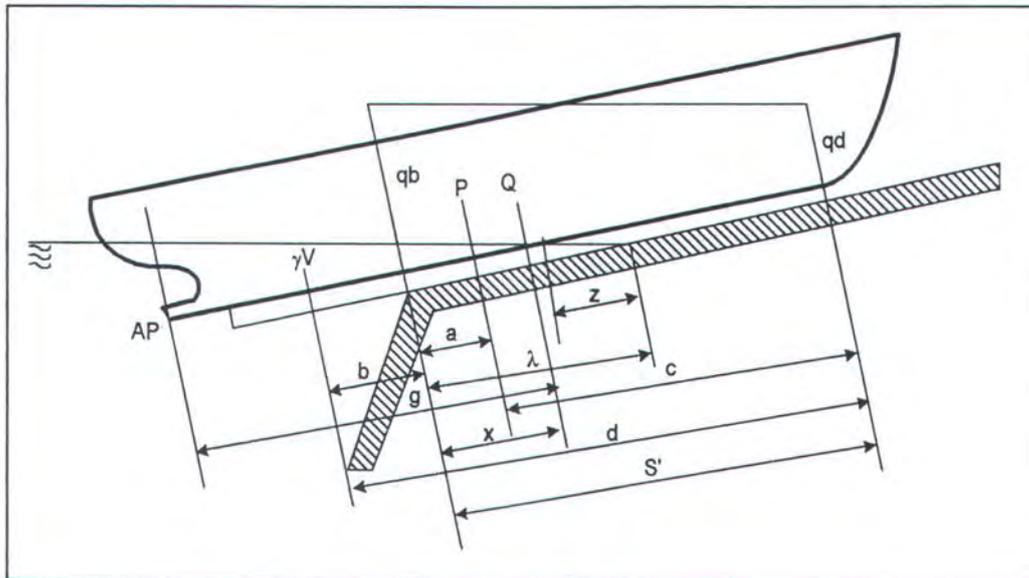
Keterangan :

λ = panjang landasan di bawah air.

Kemudian ditentukan pula jarak titik apung ke ujung landasan (b), dimana :

$$b = (S_n - \lambda) - L_{cb} \quad (4.12)$$

Untuk lebih jelasnya mengenai jarak a , b , c , dan d , dapat dilihat pada gambar (4.4) berikut.



Gambar 4.4.

Setelah harga a dan b diketahui, maka dapat dicari harga $P \times a$ dan $\gamma V \times b$ dengan memasukkan a dan b untuk tiap-tiap langkah. Lalu dihitung pula gaya reaksi pada landasan (Q), dimana $Q = P - \gamma V$. Kemudian untuk mengetahui apakah ujung sepatu peluncur sudah melewati ujung landasan, maka perlu dihitung terlebih dulu besarnya $S_0 - h + 2$. Apabila $S_0 - h + 2 > \lambda$, maka ujung sepatu peluncur sudah melewati ujung landasan.

Setelah diketahui ujung sepatu peluncur sudah melewati ujung landasan atau belum, baru dicari jarak antara titik gaya reaksi ke ujung landasan (x) atau jarak antara titik gaya reaksi ke ujung belakang sepatu peluncur (x^I). Apabila

sudah melewati ujung landasan maka dihitung besarnya $x = \frac{(\gamma V \times b) - (P \times a)}{Q}$,

dan apabila belum melewati ujung landasan maka dihitung besarnya $x^I = x - \lambda - h + S_0 + z$, dimana : z = panjang sepatu peluncur yang tercelup air, seperti dijelaskan pada gambar 4.3. Dan dihitung pula besarnya S^I (panjang sepatu peluncur yang tinggal di landasan). Apabila belum melewati ujung landasan maka $S^I = S$, dan bila sudah melewati maka $S^I = (S + h) - (S_n - \lambda)$.

Selanjutnya seperti yang dijelaskan pada subbab 3.2.2 dimana terdapat ketentuan mengenai pembebanan pada periode II khususnya pada jarak $x = 1/3 \times S^I$, $x = 1/2 \times S^I$ dan $x = 2/3 \times S^I$. Maka langkah perhitungan berikutnya adalah dengan menghitung harga dari $1/3 \times S^I$, $1/2 \times S^I$ dan $2/3 \times S^I$ pada tiap-tiap langkah peluncuran kapal yang telah ditentukan.

Perhitungan q , q_b , dan q_d pada periode II ini sama dengan perhitungan yang dilakukan pada periode I hanya untuk harga S (panjang sepatu peluncur) berubah menjadi S^I . Sehingga pembebanan rata-rata menjadi :

$$q = \frac{Q}{S^I} \quad (4.13)$$

dan harga q_b dan q_d adalah :

$$q_b = \frac{2q(2S^I - 3x)}{S^I} \quad (4.14)$$

$$q_d = \frac{2q(3x - S^I)}{S^I} \quad (4.15)$$

IV.3 Periode III

Perhitungan yang dilakukan pada periode III ini dimulai dari kondisi kapal stern lift sampai dengan ujung depan sepatu peluncur berada di ujung landasan. Sehingga sisa langkah dari kapal yang diluncurkan dapat diketahui, yaitu sebesar :

$$S^I = S + h - S_n + x \quad (4.16)$$

Dimana S^I yang dimaksud disini adalah panjang sepatu peluncur yang masih berada di landasan pada waktu strn lift. Kemudian jarak sisa langkah (S^I) ini dibagi menjadi empat langkah, yaitu :

1. Langkah I adalah langkah pada waktu ujung depan sepatu peluncur bergerak sejauh $1/4 S^I$ dari saat kapal stern lift.
2. Langkah II adalah langkah pada waktu ujung depan sepatu peluncur bergerak sejauh $1/2 S^I$ dari saat kapal stern lift.
3. Langkah III adalah langkah pada waktu ujung depan sepatu peluncur bergerak sejauh $3/4 S^I$ dari saat kapal stern lift.
4. Langkah IV adalah langkah pada waktu ujung depan sepatu peluncur tepat di ujung landasan.

Pada masing-masing langkah tersebut dihitung tinggi air pada ujung depan sepatu peluncur, dengan catatan :

- Apabila diperoleh hasil perhitungan tinggi air pada ujung depan sepatu peluncur berharga negatif, maka berarti pada langkah tersebut ujung depan sepatu peluncur belum menyentuh air.
- Apabila tinggi airnya adalah nol, maka berarti ujung depan sepatu peluncur tepat menyentuh air.

Setelah pembagian ke empat langkah tersebut ditentukan, maka dilakukan perhitungan untuk masing-masing langkah dengan urutan perhitungannya adalah sebagai berikut :

- Ditentukan terlebih dahulu tiga buah sarat Tb_1 , Tb_2 , dan Tb_3 seperti yang telah dijelaskan pada subbab 3.2.3.
- Masing-masing nilai sarat Tb_1 , Tb_2 , dan Tb_3 tersebut dimasukkan sebagai input pada program Penentuan Displacemen dan Volume Ruangan Kapal Dibawah Upper Deck (Wasito, 1999). Output yang diperoleh adalah volume displasmen (V) dan Lcb untuk masing-masing sarat diatas.
- Dari hasil output volume displasmen (V), dapat dicari besarnya gaya apung $\gamma V = 1,004 \times 1,025 \times V$.
- Kemudian dihitung besarnya jarak titik gaya apung ke ujung depan sepatu peluncur [$d = (S + h) - Lcb$] dengan menggunakan output Lcb .
- Setelah γV dan d diketahui maka tinggal mengalikan sehingga ketemu hasil $\gamma V d$.

Dari urutan perhitungan di atas maka akan didapatkan grafik γV dan $\gamma V d$ untuk masing-masing langkah pada periode III. Grafik ini dibuat dengan menyambung titik-titik koordinat yang didapat dari hasil pelaksanaan urutan perhitungan diatas. Cara penyambungan titik-titik koordinat tersebut dengan menggunakan metode *cubik spline*. Dari grafik ini dapat dibaca besarnya Tb dan γV .

Cara pembacaan harga T_b dan γV dari grafiknya adalah dengan urutan langkah sebagai berikut :

1. Ditentukan dulu span mana yang dipakai, yaitu span dimana terletak titik perpotongan antara P.c dan γV_d . Harga P.c ini didapat pada perhitungan di periode II dan berharga konstan.

2. Kurva γV d dibentuk dari persamaan :

$$X(t) = C_1 x + C_2 x t \quad (4.17)$$

$$Y(t) = C_1 y + C_2 y t + C_3 y t^2 + C_4 y t^3 \quad (4.18)$$

3. Kemudian substitusikan harga P.c ke dalam persamaan Y(t). Sehingga menjadi : $P.c = C_1 y + C_2 y t + C_3 y t^2 + C_4 y t^3$. (4.19)

4. Lalu dicari harga t dengan menggunakan pencarian akar persamaan pangkat tiga dengan batas-batas t untuk span yang bersesuaian.

5. Harga t tersebut kemudian disubstitusikan ke persamaan $X(t) = C_1 x + C_2 x t$, dan hasil yang didapat merupakan harga T_b .

6. Kurva γV dibentuk dari dua buah persamaan, yaitu :

$$X(t) = C_1 x + C_2 x t \quad (4.20)$$

$$Y(t) = C_1 y + C_2 y t + C_3 y t^2 + C_4 y t^3 \quad (4.21)$$

7. Substitusikan harga T_b yang diperoleh pada perhitungan langkah 5 diatas ke dalam persamaan X(t) untuk kurva γV diatas, sehingga persamaannya X(t) tersebut menjadi : $T_b = C_1 x + C_2 x t$. Maka dari persamaan ini diperoleh harga

$$t = \frac{T_b - C_1 x}{C_2 x} \quad (4.22)$$

8. Harga t tersebut kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan $Y(t)$ untuk kurva γV . Hasil substitusi ini merupakan harga γV .

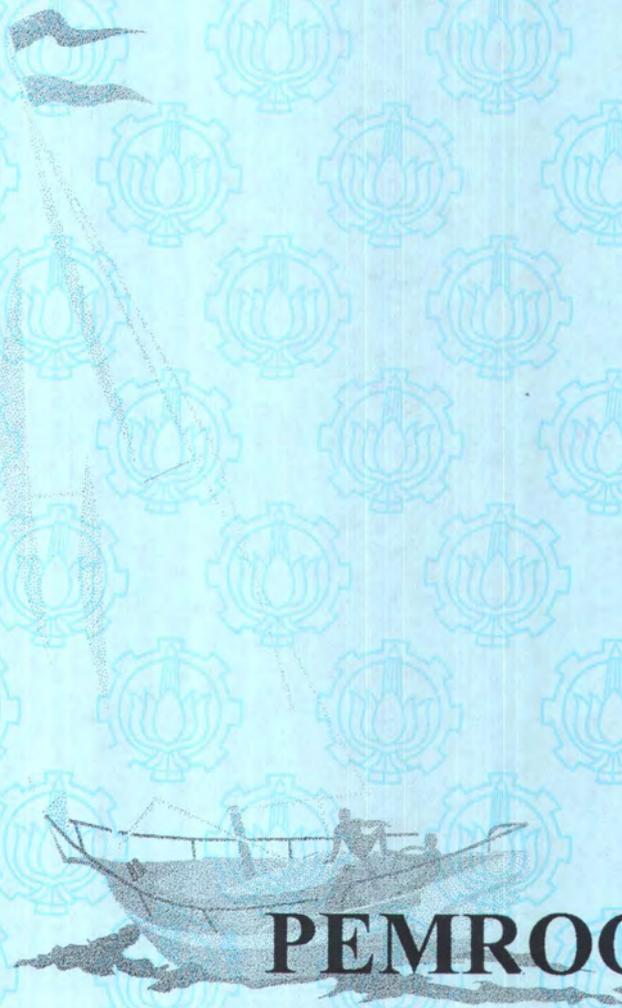
Kemudian dibuat resume untuk masing-masing langkah peluncuran periode III ini yang terdiri dari perhitungan sebagai berikut :

$$- d = \frac{P \cdot c}{\gamma V} \quad (4.23)$$

γV disini merupakan hasil pembacaan kurva.

$$- Q = P - \gamma V \quad (4.24)$$

$$- q = \frac{Q}{0,05S} \quad (4.25)$$



BAB V

**TEKNIK
PEMROGRAMAN**

Multi Jasa

BAB V

TEKNIK PEMROGRAMAN

5.1 TEKNIK PEMROGRAMAN

Penyusunan program dalam tugas akhir ini menggunakan Delphi 3 dimana bahasa pemrogramannya adalah bahasa Pascal. Terlebih dahulu perlu dipahami istilah *form* dan *unit*. *Form* adalah *window* yang merupakan komponen dasar dari aplikasi yang dibuat dan *unit* adalah blok utama pembentuk aplikasi yang berisi *source code* bagi elemen-elemen aplikasi yang dibuat (*Borland Delphi for windows, User's Guide, 1997*). *Source code* tersebut bisa berupa tipe data, konstanta, variabel, procedure atau fungsi.

Struktur pemrograman dalam delphi terdiri dari:

1. Program utama
2. Unit-unit

Program utama berisi program proyek yang dibuat. Ketika program berjalan maka program utama mengambil prosedur atau fungsi yang diperlukan pada saat itu dari unit-unit. Baik program utama maupun unit-unit disimpan dalam file yang bertipe *pas*.

Unit yang merupakan pasangan dari suatu form secara otomatis menjadi ada / bertambah jika pada program proyek tersebut diberikan / ditambahkan form, sedangkan unit-unit lain yang bukan pasangan form dibuat sendiri.

Program utama dalam tugas akhir ini diberi judul program peluncuran (*End Launching*) kapal dimana file *pas*-nya disimpan dengan nama

peluncuran.pas dan program perhitungan berat dan titik berat kapal menggunakan LR'64 dimana *file pas*-nya disimpan dengan nama *PrediksiBerat.pas*. Rutin program tersebut bisa dilihat dalam disket.

Ada empat form yang dibuat dalam penyusunan program ini, yaitu:

- Form 1 (*luncur.pas*); merupakan *window* utama program (*window parent*).
- Form 1 (*beratLR.pas*); merupakan *window child* yang digunakan sebagai sarana untuk membuka *file* atau membuka lembar kerja baru.
- Form *Splash*; digunakan sebagai tampilan awal ketika program dijalankan.
- Form *About*; digunakan untuk menampilkan *window about* yang berisi informasi singkat tentang program.

Adapun unit-unit yang diperlukan dalam program ini adalah:

- Unit matrik ; berisi rutin-rutin yang berhubungan dengan operasi matrik.
- Unit CubikSpline ; berisi rutin-rutin untuk melakukan interpolasi *cubic spline*.
- Unit CekNumerik ; berisi rutin-rutin untuk membatasi keyboard sedemikian rupa sehingga ketika program dijalankan hanya keyboard numerik yang berfungsi.
- Unit AkarPersamaan ; berisi rutin-rutin untuk menghitung akar dari suatu persamaan polinomial.
- Unit tipe ; mendefinisikan seluruh type data, konstanta dan variabel yang bersifat global yang digunakan dalam program ini.
- Unit dasar ; berisi operasi aritmatik dasar.
- Unit splash ; merupakan pasangan dari form splash.
- Unit About ; merupakan pasangan dari form about.

Adapun diagram alur program ini dapat dilihat pada Gambar 5.1.

5.2 PANDUAN PEMAKAIAN PROGRAM

Pembuatan diagram peluncuran ini dibagi menjadi dua buah program yaitu :

1. Program perhitungan berat dan titik berat menggunakan LR'64.
2. Program peluncuran (*End Launching*).

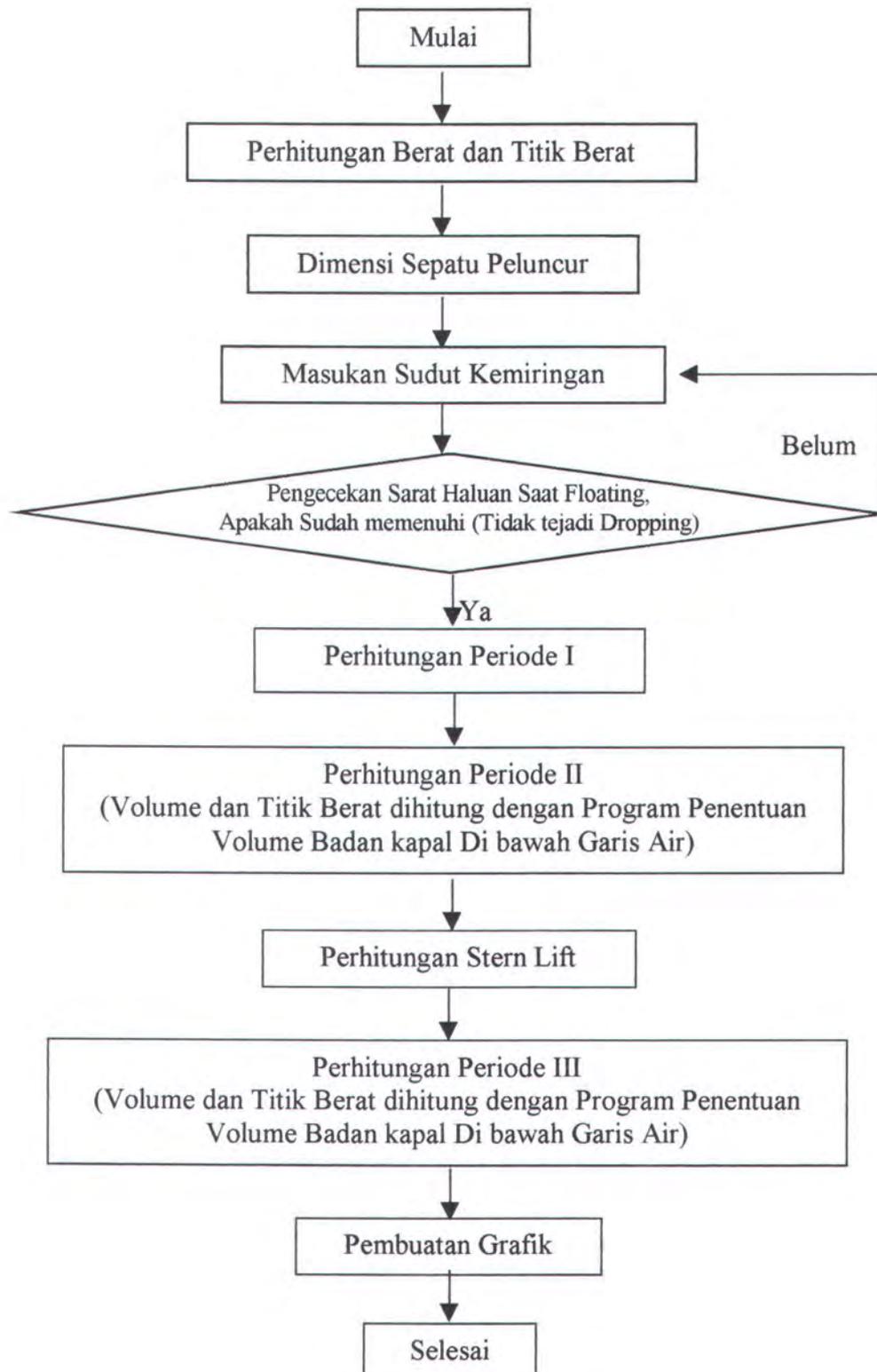
Terdapat dua bagian pada aplikasi program ini, yaitu bagian input dan bagian *output*. Bagian *input* berisi halaman-halaman data yang diisikan oleh *user* untuk perhitungan program. Sedangkan bagian *output* berisi halaman-halaman hasil perhitungan yang dilakukan oleh program.

5.3 Program perhitungan berat dan titik berat menggunakan LR'64.

Program ini terdiri dari lima halaman yang merupakan urutan pelaksanaan perhitungan berat dan titik berat kapal berdasarkan Lloyd Register '64. Kelima halaman tersebut yaitu Ukuran Utama, Berat Lokal 1, Berat Lokal 2, Berat Lokal 3, dan Hasil.

5.3.1 INPUT PROGRAM

File data perhitungan berat dan titik berat kapal dapat disimpan dengan ekstensi **wlr**. File ini akan diperoleh setelah semua data yang diperlukan pada tiap-tiap halaman diisi.



Gambar 5.1. Diagram Alur Program Peluncuran.

1. Halaman Ukuran Utama

Pada saat program ini dijalankan akan muncul halaman pertama yang berisikan menu **File** dan kotak edit data masukan ukuran utama kapal yang akan diluncurkan. Menu **File** ini terdiri dari beberapa item seperti Tabel 5.1 sebagai berikut :

Tabel 5.1 Daftar item menu file.

Item menu	Fungsi
Baru	Memulai file baru
Buka	Membuka file yang telah ada
Simpan	Menyimpan file
Simpan Nama	Menyimpan file dengan suatu nama
Keluar	Menutup program prediksi berat dengan LR'64

File yang telah dibuat atau disimpan dapat dibuka (untuk diedit) dengan membuka item menu **Buka**, sedangkan apabila ingin membuat file baru dilakukan dengan membuka item menu **Baru**.

Halaman ukuran utama ini terdiri dari Lpp yaitu panjang antara AP sampai FP, B adalah lebar kapal tanpa pelat kulit luar, H adalah tinggi *upper deck side line* terendah (*H moulded*) , T adalah sarat maksimum kapal, h adalah tinggi dasar ganda , NT adalah jumlah sekat melintang , ND adalah jumlah geladak , dan C_b adalah koefisien block. Tombol **Lanjut** berfungsi untuk menuju pada halaman Berat Lokal 1. Tampilan halaman Ukuran utama ini seperti pada Gambar 5.2.

2. Halaman Berat Lokal 1

Halaman ini berisi penentuan berat lokal yang diikutkan ke dalam perhitungan berat dan titik berat kapal. Yang dimaksud berat lokal disini adalah berat dari bagian-bagian khusus kapal pada waktu diluncurkan. Adapun bagian-bagian khusus ini terdiri dari :

- Ruang *poop*
- Ruang *Fore Castle*
- Anjungan
- Rumah geladak dan *mast house*
- Ruang akomodasi dibawah *upper deck*
- *Cargo gear*
- *Deep tank* dan *peak tank*
- Perlengkapan di ujung-ujung kapal
- Ruang pendingin
- Kamar mesin
- *Propeller* dan poros

Apabila jumlah bagian khusus tertentu lebih dari satu, maka ditentukan pula jumlahnya dengan mengisi kotak edit masukan jumlah yang ada di sebelah kanan bagian khusus yang dipilih tersebut. Kemudian tekan tombol Lanjut untuk menuju halaman berikutnya yaitu halaman Berat Lokal 2. Pada halaman ini juga terdapat tombol **B**alik yang berfungsi untuk menuju ke halaman sebelumnya.

Ponton.WLB - Prediksi Berat Kapal dengan LR64

File Tentang Peluncuran

Ukuran Utama | Berat Lokal | Hasil |

**PERHITUNGAN BERAT DAN TITIK BERAT KAPAL
MENGGUNAKAN LR '64**

Lpp(m) 100

Lebar B(m) 20

Tinggi H(m) 10

Sarat T(m) 8

Tinggi dasar ganda h (m) 1

Jumlah Sekat Melintang NT 5

Jumlah Geladak ND 1

Koefisien Blok Cb 1

Lanjut

Gambar 5.2. Halaman Ukuran Utama.

Adapun tampilan halaman berat lokal 1 ini seperti pada Gambar 5.3.

Ponton.WLB - Prediksi Berat Kapal dengan LR64

File Tentang Peluncuran

Ukuran Utama | Berat Lokal | Hasil |

Lokal 1 | Lokal 2 | Lokal 3 |

BERAT LOKAL YANG DIKUTKAN DALAM PERHITUNGAN

Ruangan Poop

Ruangan Forecastle

Anjungan..... Jumlah 1

Rumah geladak dan Mast House..... Jumlah 1

Ruang Akomodasi di bawah Upper Deck..... Jumlah 1

Cargo Gear..... Jumlah 1

Deep tank dan Peak tank..... Jumlah 1

Perlengkapan di ujung-ujung kapal

Ruang pendingin..... Jumlah 1

Kamar Mesin

Propeller dan poros

Balik | Lanjut

Gambar 5.3. Halaman Berat Lokal 1.

3. Halaman Berat Lokal 2

Halaman ini berisi 5 panel pengisian data-data mengenai bagian-bagian khusus dari kapal yang akan diluncurkan. Bagian-bagian khusus yang datanya dimasukkan dalam halaman ini antara lain adalah ruangan *poop*, ruangan *fore castle*, ruang pendingin, kamar mesin, *propeller* dan poros. Panel-panel tersebut akan aktif apabila pada halaman Berat Lokal 1 nama bagian khusus yang terdapat pada panel tersebut dipilih untuk diikuti dalam perhitungan. Apabila pada halaman Berat Lokal 1 bagian khusus tersebut tidak dipilih, maka panel pada bagian khusus tersebut tidak diaktifkan. Adapun data-data kapal yang dimasukkan antara lain adalah :

- Ruang *Poop* : volume, jarak ujung belakang *poop* dari AP, dan panjang ruangan *poop*.
- Ruang Fore Castle : volume, jarak ujung belakang *fore castle* dari AP, dan panjang ruangan *fore castle*.
- Ruang Pendingin
Pada panel ini dibuatkan tabel isian yaitu : nomor ruang yang menunjukkan jumlah dari ruang pendingin yang ada, volume, dan jarak titik berat volume dari AP.
- Kamar Mesin : W_m (ton) dimana W_m adalah berat dari mesin utama ditambah mesin bantu di kapal, jarak ujung belakang kamar mesin dari AP, dan panjang ruangan kamar mesin.

– *Propeller* dan Poros.

Pada panel ini terdapat pilihan apakah berat *propeller* tersebut diketahui atau tidak diketahui (pilih salah satu), apabila diketahui maka kotak edit masukan yang ada di kanan pilihan ini diisi datanya. Kemudian diisi jarak horisontal *boss* dari AP dan panjang poros *propeller*.

Panel ini juga menyediakan pilihan apakah kapal menggunakan *single screw propeller* atau *twin screw propeller* (pilih salah satu).

Tombol **Lanjut** berfungsi untuk menuju ke halaman Berat Lokal 3, sedangkan tombol **Balik** untuk menuju ke halaman Berat Lokal 1. Tampilan halaman Berat Lokal 2 ini seperti Gambar 5.4.

Ponton WLB - Prediksi Berat Kapal dengan LR64

File Tentang Peluncuran
 Ukuran Utama Berat Lokal Hasil |
 Lokal 1 Lokal 2 Lokal 3

Ruangan Poop

Volume (m³)
 Ujung belakang Poop dari AP (m)
 Panjang Ruangan Poop (m)

Ruangan ForeCastle

Volume (m³)
 Ujung depan ForeCastle dari FP (m)
 Panjang Ruangan ForeCastle (m)

Ruang Pendingin

No Ruang	Volume	Titik Berat Volume dari AP
1	1000	25

Kamar Mesin

Wm (ton)
 Ujung belakang Kamar Mesin dari AP (m)
 Panjang Kamar Mesin (m)
 Muatan Berat

Propeller dan Poros

Berat Propeller dan Poros Wp (ton)
 TidakDiketahui Diketahui
 Jarak horisontal Boss dari AP (m)
 Panjang Poros Propeller (m)

Single Screw Ship Twin Screw Ship

Gambar 5.4. Halaman Berat Lokal 2.

4. Halaman Berat Lokal 3

Halaman ini merupakan kelanjutan dari halaman sebelumnya. Sehingga apabila pada halaman ini tidak terdapat bagian khusus kapal yang dipilih pada halaman berat lokal satu, maka tidak akan ada panel yang aktif. Halaman ini terdiri dari 6 panel yaitu antara lain : anjungan, rumah geladak dan *mast house*, ruang akomodasi dibawah upper deck, *cargo gear*, *deep tank* dan *peak tank*, dan perlengkapan di ujung-ujung kapal. Adapun data-data yang dimasukkan pada tiap panelnya adalah sebagai berikut :

– Anjungan

Pada panel ini dibuatkan tabel isian yaitu : nomor ruang yang menunjukkan jumlah dari anjungan, volume anjungan, jarak ujung anjungan dari AP, dan panjang anjungan.

– Rumah geladak dan *mast house*

Pada panel ini dibuatkan tabel isian yaitu : nomor ruang yang menunjukkan jumlah dari Rumah geladak dan *mast house*, volume, jarak ujung Rumah geladak dan *mast house* dari AP, dan panjang Rumah geladak dan *mast house*.

– *Cargo gear*

Pada panel ini dibuatkan tabel isian yaitu : nomor ruang yang menunjukkan jumlah dari *cargo gear* yang ada, kuadrat beban kerja yang aman dari masing-masing derek pada posisinya ($\Sigma (S.W.L)^2$), n_b = jumlah derek pada posisinya, posisi *cargo gear* dari AP, dan pilihan apakah derek dilengkapi dengan penyangga.

– *Deep tank dan peak tank*

Pada panel ini dibuatkan tabel isian yaitu : nomor ruang yang menunjukkan jumlah dari tangki yang ada, volume, dan jarak titik berat volume dari AP.

– *Perlengkapan di ujung-ujung kapal*

Pada panel ini dibuatkan tabel isian yaitu : nomor ruang yang menunjukkan jumlah dari Perlengkapan di ujung-ujung kapal, volume, jarak titik berat volume dari AP, dan pilihan apakah memakai *cofferdam* atau tidak.

Tombol **Lokal Selesai** berfungsi untuk menuju ke halaman hasil, sedang tombol **Balik** untuk menuju ke halaman berat lokal 2. Tampilan halaman berat lokal 2 ini seperti Gambar 5.5.

Ponton WLB - Prediksi Berat Kapal dengan LR64

File Tentang Peluncuran

Ukuran Utama Berat Lokal Hasil |

Lokal 1 | Lokal 2 Lokal 3 |

Anjungan

No Ruang	Volume	Ujung dari AP	Panjang
1	100	5	5

Ruang Akomodasi di bawah Upper deck

No Ruang	Volume	Titik Berat Volume dari AP
1	50	5

Rumah Geladak dan Mast House

No Ruang	Volume	Ujung dari AP	Panjang
1	100	30	5

Deep Tank dan Peak Tank

No Ruang	Volume	Titik Berat Vol dari AP	Cofferdam(Y/N)
1	50	75	y

Cargo Gear

No Gear	(S.W.L) ²	nb	Posisi dari AP	Dereck disangga(Y/N)
1	10	2	50	y

Balik | Lokal Selesai

Gambar 5.5. Halaman Berat Lokal 3.

5.3.2 OUTPUT PROGRAM

Halaman Hasil

Merupakan halaman yang menampilkan hasil dari perhitungan berat dan titik berat kapal. Dengan menekan tombol **Hasil**, maka hasil perhitungan akan ditampilkan dalam bentuk tabel dengan format sebagai berikut :

Tabel 5.2. Hasil Perhitungan Berat dan Titik Berat.

No	Nama Bagian	Berat (Ton)	Titik Berat (m dari AP)	Momen (Ton Meter)

Serta ditampilkan hasil Berat Kapal dan Titik Berat Kapal yang akan diluncurkan dibawah tabel 2 tersebut. Untuk lebih jelasnya mengenai halaman hasil pada program perhitungan berat dan titik berat kapal menggunakan LR'64 ini dapat dilihat tampilannya seperti Gambar 5.6.

5.4 Program peluncuran (End Launching).

Ketika program peluncuran ini dijalankan, maka dua program secara otomatis dipanggil (*di-run*) yaitu program peluncuran itu sendiri dan program Penentuan Displacemen dan Volume Ruangan Kapal Dibawah Upper Deck (Wasito, 1999). Program Penentuan Displacemen dan Volume Ruangan Kapal Dibawah Upper Deck merupakan program server yang berfungsi sebagai program yang membuat file input data kapal pada program peluncuran (*End Launching*) serta dijadikan program penunjang dalam proses perhitungan yang dilakukan program peluncuran ini.

Ponton.WLB - Prediksi Berat Kapal dengan LR64

File Tentang Peluncuran

Ukuran Utama | Berat Lokal Hasil |

Hasil

No	Nama Bagian	Berat (Ton)	Titik Berat (m dari AP)	Momen (Ton m)
1	Badan Kapal (AP sampai FP) under Main Deck	1668.588	52.112	86954.151
2	Badan Kapal (di belakang AP) under Main Deck	21.610	-1.667	-36.017
3	Badan Kapal (di depan FP) under Main Deck	3.338	100.833	336.563
4	Poop	51.680	6.000	310.080
5	ForeCastle	17.940	96.667	1734.200
6	Anjungan	12.920	7.500	96.900
7	RumahGeladak & Mast House	11.850	32.500	385.125
8	RuangAkomodasi di bawah Upper deck	2.690	5.000	13.450
9	Gear	10.000	50.000	504.000

Berat Kapal 2045.956 Ton

Titik Berat Kapal 46.536 m dari AP

Gambar 5.6. Halaman Hasil.

Program peluncuran ini terdiri dari empat halaman, yaitu halaman data kapal, hasil perhitungan periode 2, hasil perhitungan periode 3, dan kurva peluncuran. Program server yang berhubungan pada perhitungan program peluncuran ini hanya empat halaman pengisian dan satu halaman perhitungan volume displasmen serta Lcb dari station AP. Keempat halaman pengisian data kapal tersebut antara lain adalah halaman Ukuran Utama, Pengaturan *Station* dan Garis Air, Data Setengah Lebar, dan halaman Data Tambahan Titik.

5.4.1 INPUT PROGRAM

Untuk memulai sebuah perhitungan baru peluncuran kapal, maka terlebih dahulu dibuat file berekstensi VOID dengan mengisi data kapal pada program server. Data-data yang diperlukan diperoleh dari rencana garis (*lines plan*)

Ketika program server ini dijalankan maka akan muncul kotak dialog yang menanyakan bahasa yang digunakan dalam aplikasi tersebut. Ada dua pilihan bahasa diberikan yaitu bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Dengan memilih salah satu bahasa dari dua pilihan bahasa tersebut maka keseluruhan teks dan pesan-pesan dalam program tersebut akan tersaji dalam bahasa yang dipilih tadi. Menu utama pada program server ini adalah **File**, **Change Data (Rubah data)**, **Option (Pilihan)** dan **Language (Bahasa)**. Keterangan mengenai program server ini dapat dilihat dengan menekan F1 yang akan memunculkan bantuan panduan pemakaian program.

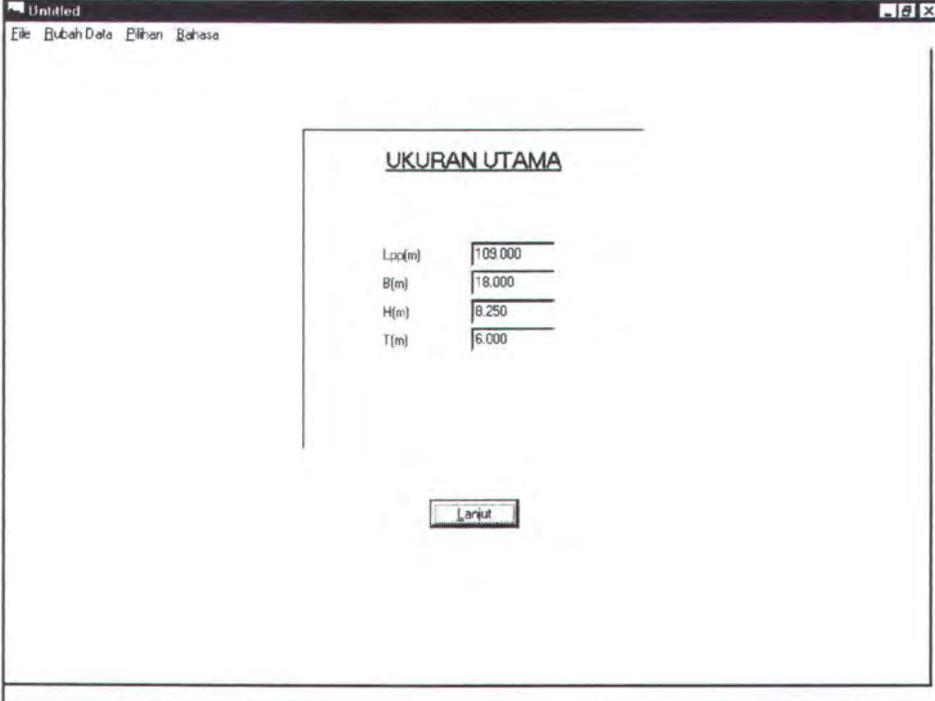
Untuk lebih jelasnya mengenai pembuatan file VoID ini dilakukan urutan penggunaan programnya sebagai berikut :

1. Halaman Ukuran Utama

Halaman ini tampil pertama kali setelah prosedur di atas (pemilihan bahasa) dilakukan. Pada halaman ukuran utama ini terdapat 4 kotak edit data masukan yaitu Lpp, B, H dan T, dimana Lpp adalah panjang antara AP sampai FP, B adalah lebar kapal, H adalah tinggi *upper deck side line* terendah dan T adalah sarat maksimum kapal. Tombol **Next (Lanjut)** digunakan untuk menuju ke halaman Pengaturan Station dan Garis Air. Tampilan halaman Ukuran Utama pada program server ini seperti Gambar 5.7.

2. Halaman Pengaturan Station dan Garis Air

Halaman ini terdiri dari dua panel dan dua tombol **Next (Lanjut)** dan **Back (Balik)**. Panel pertama yang berada di atas digunakan untuk menseting jumlah station (*number of station*), jumlah garis air (*number of water line*).



The screenshot shows a software window titled "Untitled" with a menu bar containing "File", "Bubah Data", "Pilihan Bahasa", and window control buttons. The main content area is titled "UKURAN UTAMA" and contains the following data:

Lpp(m)	109.000
B(m)	18.000
H(m)	8.250
T(m)	6.000

Below the input fields is a button labeled "Lanjut".

Gambar 5.7. Halaman Ukuran Utama.

Pada panel tersebut juga terdapat kotak pilihan - kotak pilihan. Kotak pilihan – kotak pilihan tersebut adalah : Kotak pilihan yang bertitel *Same distance station* (Jarak *Station* Sama) yang menanyakan apakah jarak antar *station* dibuat sama untuk keseluruhan *station* atau tidak, kotak pilihan yang bertitel *With sheer* (Menggunakan *Sheer*) yang menanyakan apakah kapal tersebut menggunakan *sheer* atau tidak dan kotak pilihan yang bertitel *Same Distance Water Line* (Jarak Garis Air Sama) yang menanyakan apakah jarak antar *water line* dibuat sama atau tidak untuk keseluruhan *water line* dari 0 sampai T. Tombol **OK** pada panel ini digunakan melanjutkan pengisian data pada panel kedua. Setiap kali terjadi perubahan pada panel pertama, tabel-tabel dan tombol **OK** pada panel dua serta tombol **Next** menjadi tidak aktif, sehingga

setiap kali dilakukan perubahan pada panel pertama maka harus diikuti dengan penekanan tombol **OK** pada panel tersebut.

Panel kedua yang berada di bawah berisi dua tabel dan tombol **OK**. Tabel yang berada di sebelah kiri digunakan untuk memasukkan data-data pengaturan *station*, *sheer* dan *keel*. Kolom pertama pada tabel tersebut menunjukkan nomor urut *station* yang dimulai dari 0 sampai (jumlah *station* - 1). Kolom kedua digunakan untuk memasukkan data-data pengaturan posisi *station* yang diukur dari AP. Dengan memilih *Yes* (Ya) pada pilihan *Same distance station* (Jarak *Station* Sama), kolom kedua tersebut akan terisi dengan nilai-nilai dari 0 sampai harga Lpp dengan selisih nilai antar *station* sama dengan Lpp dibagi (jumlah *station*-1). Kolom ketiga digunakan untuk memasukkan data-data pengaturan ketinggian *sheer* tiap *station* yang diukur dari garis dasar (*base line*). Dengan memilih *No* (Tidak) pada pilihan *With sheer* (Menggunakan *Sheer*), kolom ketiga tersebut akan terisi dengan nilai sama dengan harga H untuk keseluruhan *station*. Kolom terakhir digunakan untuk memasukkan data-data pengaturan ketinggian *keel* tiap *station* yang diukur dari garis dasar. Secara default, harga - harga pada kolom ini sama dengan 0. Adapun tabel yang berada di sebelah kanan pada panel kedua digunakan untuk memasukkan data-data pengaturan ketinggian *water line* diukur dari garis dasar. Kolom pertama menunjukkan urutan WL, sedangkan kolom kedua menunjukkan tinggi sarat setiap WL.

Tombol **OK** pada panel kedua digunakan untuk menerima data-data pada dua tabel pada panel itu. Apabila dalam pengaturan posisi *station*,

terdapat ketidakurutan (misalnya posisi *station* ke i lebih besar dari posisi *station* ke $i+1$) maka tombol **OK** berfungsi memindahkan posisi-posisi *station* tersebut menjadi urut yang diikuti dengan berpindahannya angka-angka pada kolom pengaturan ketinggian *sheer* dan kolom pengaturan ketinggian *keel* pada *station* yang bersesuaian. Begitu juga apabila dalam pengaturan ketinggian WL terdapat ketidakurutan (misalnya ketinggian WL ke i lebih besar daripada ketinggian WL ke $i+1$) maka tombol **OK** berfungsi mengurutkan ketinggian WL. Selain itu apabila dalam pengisian tabel pengaturan posisi *station*, *sheer*, *keel* dan *water line* terdapat kesalahan, tombol **OK** ini akan menampilkan pesan kesalahan.

Tombol **Next (Lanjut)** bisa aktif setelah tombol **OK** pada panel kedua ditekan. Setiap kali dilakukan perubahan pada tabel-tabel di atas, tombol **Next (Lanjut)** menjadi tidak aktif lagi, sehingga setiap kali dilakukan perubahan data-data pada panel kedua harus diikuti dengan penekanan tombol **OK** pada panel itu. Adapun tombol **Next (Lanjut)** dan **Back (Balik)** digunakan untuk menuju ke halaman berikutnya atau sebelumnya. Tombol **Next (Lanjut)** digunakan untuk menuju ke halaman selanjutnya yaitu **Half Breadth Data** (Data Setengah Lebar) sedangkan tombol **Back (Balik)** digunakan untuk menuju ke halaman sebelumnya yaitu *Main Dimension* (Ukuran Utama). Tampilan halaman Pengaturan Station dan Garis Air pada program server ini sebagai berikut :

PENGATURAN STATION DAN GARIS AIR

Jumlah Station: 21
 Jarak Station Sama: Ya Tidak
 Menggunakan Sheer: Ya Tidak
 Jumlah Garis Air (WL): 9
 Jarak Garis Air Sama: Ya Tidak

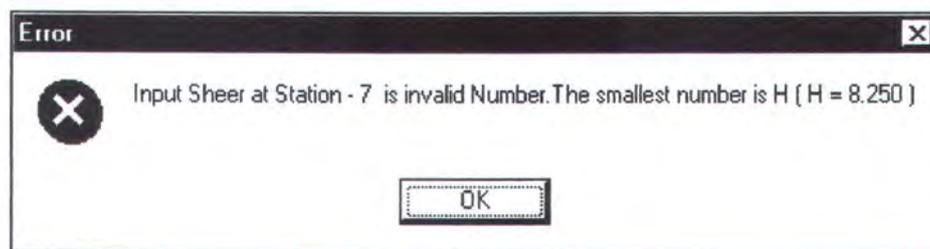
No St	m dari AP	Sheer, m dari dasar	Keel, m dari dasar
0	0.000	9.400	0
1	5.450	9.231	0
2	10.900	9.026	0
3	16.350	8.850	0
4	21.800	8.696	0
5	27.250	8.565	0
6	32.700	8.431	0
7	38.150	8.360	0
8	43.600	8.300	0
9	49.050	8.250	0
10	54.500	8.250	0
11	59.950	8.250	0

No WL	m dari dasar
0	0.000
1	0.500
2	1.000
3	1.500
4	2.000
5	3.000
6	4.000
7	5.000
8	6.000

Baik Lanjut

Gambar 5.8. Halaman Pengaturan Station dan Garis Air.

Pesan kesalahan (*error message*) akan muncul bila terjadi kesalahan pemasukan data input, yaitu bila jarak *sheer* dari *base* lebih kecil daripada H. Tampilan pesan kesalahan seperti Gambar 5.9.



Gambar 5.9. Pesan Kesalahan.

3. Halaman Data Setengah Lebar

Halaman ini berisi tabel *Half Breadth* (tabel setengah lebar) kapal untuk tiap-tiap station tiap-tiap *water line*. Tombol **OK** pada halaman ini digunakan untuk menerima data-data setengah lebar sekaligus untuk memberikan pesan-

pesan apabila terdapat kesalahan atau ketidaknormalan. Tombol **Back (Balik)** digunakan untuk menuju ke halaman sebelumnya yaitu halaman *Arrangement of Station and Water Line* (Pengaturan *Station* dan Garis Air), sedangkan tombol **Next (Lanjut)** digunakan untuk menuju ke halaman berikutnya yaitu halaman **Add Points Data** (Data Tambahan Titik). Tampilan halaman data setengah lebar pada program server ini seperti Gambar 5.10.

	m dari dasar	Station 0	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6	Station 7	Station 8	Station
WL 0	0.000	0.000	0.150	0.350	1.300	2.600	4.050	5.550	6.300	6.750	7.000
WL 1	0.500	0.000	0.250	1.100	2.300	3.990	5.630	6.950	7.700	8.150	8.320
WL 2	1.000	0.000	0.300	1.320	2.700	4.560	6.400	7.470	8.200	8.600	8.720
WL 3	1.500	0.000	0.330	1.450	3.060	5.050	6.750	7.800	8.430	8.820	8.920
WL 4	2.000	0.000	0.400	1.630	3.360	5.450	7.000	8.000	8.600	8.900	9.000
WL 5	3.000	0.000	0.600	2.200	4.160	6.100	7.410	8.230	8.730	8.980	9.000
WL 6	4.000	0.000	1.030	3.080	5.240	6.850	7.850	8.350	8.780	9.000	9.000
WL 7	5.000	0.000	2.000	4.480	6.130	7.090	7.880	8.470	8.810	9.000	9.000
WL 8	6.000	2.400	4.410	5.730	6.740	7.500	8.120	8.550	8.850	9.000	9.000
Upper deck		5.780	6.950	7.150	7.600	8.050	8.400	8.750	8.900	9.000	9.000

Gambar 5.10. Halaman data setengah lebar.

4. Halaman Data Tambahan Titik

Halaman ini digunakan untuk menambahkan titik-titik data pembentuk kurva *body plan* pada tiap-tiap *station*. Titik-titik ini berlokasi di garis sepanjang *body plan* dari *keel* sampai dengan *water line* di atasnya sesuai keperluan. Jumlah titik yang dipilih bersifat subyektif. Pada tabel yang berada

di sebelah kiri digunakan untuk mengedit jumlah titik tambahan pada tiap-tiap *station*. Secara *default* tambahan titik ini bernilai 0 yang berarti tidak menambahkan titik pada keseluruhan *station*. Tabel yang berada di sebelah kanan digunakan untuk memasukkkan data posisi titik tambahannya. Untuk satu *station* terdapat dua kolom. Kolom yang satu adalah kolom *meter from base* (meter dari dasar) yaitu ketinggian di atas garis dasar sedangkan kolom yang satunya lagi adalah kolom *half breadth* ($\frac{\text{lebar}}{2}$) pada ketinggian *meter from base* (meter dari dasar) tersebut.

The screenshot shows a software window titled "DATA TAMBAHAN TITIK" with a menu bar (File, Ubah Data, Pilihan, Bahasa) and a toolbar. The main area contains a table with the following data:

Station	Jumlah Titik	Station 0 m dari dasar	Station 0 Lebar/2	Station 1 m dari dasar	Station 1 Lebar/2	Station 2 m dari dasar	Station 2 Lebar/2	Station 3 m dari dasar	Station 3 Lebar/2	Station 4 m dari dasar	Stat Lr
0	0										
1	0	7.000	4.300	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
2	0	8.000	5.100	0.250	0.240						
3	0										
4	0										
5	0										
6	0										
7	0										
8	0										
9	0										
10	0										
11	0										
12	0										
13	0										
14	0										
15	0										
16	0										
17	0										

At the bottom of the window, there are buttons for "Balik" and "Selesai", and a "OK" button with a checkmark icon.

Gambar 5.11. Halaman data tambahan titik.

Tombol **OK** pada halaman ini mengakhiri input pembentukan *body plan* dan masuk ke bagian *output* program. Setelah **OK** ditekan, maka data yang diisikan tersebut disimpan dalam bentuk file dengan ekstensi **VOID** dengan

memberikan nama filenya. Dimana file VoID ini adalah tipe file yang hanya bisa dibaca oleh program Penentuan Displacemen dan Volume Ruangan Kapal Dibawah Upper Deck (*Wasito. 1999*). Tampilan halaman data tambahan titik pada program server ini seperti Gambar 5.11.

5. Halaman Data Kapal

Halaman Data Kapal ini terdiri dari tiga panel yaitu :

1. Data Kapal Perhitungan Displasmen (File VoID)
2. Berat dan Titik Berat Peluncuran
3. Dimensi Sepatu Peluncur dan Landasan.

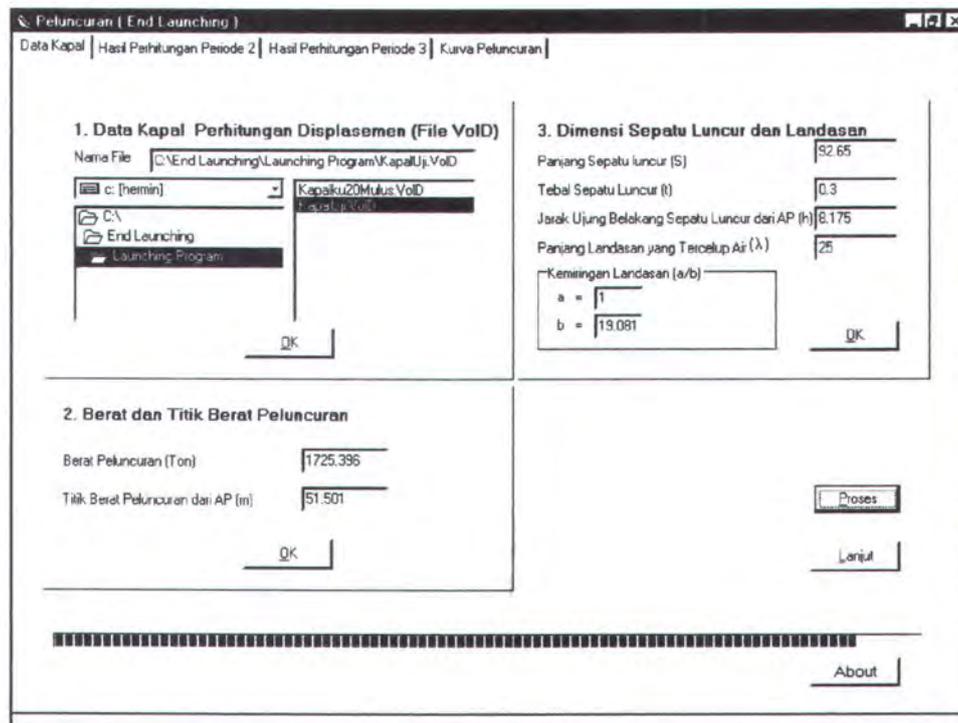
Keterangan :

1. Data Kapal Perhitungan Displasmen (File VoID)

Panel ini berfungsi untuk membuka file VoID yang telah dibuat oleh user pada program server sebelum dilakukan proses perhitungan peluncuran (lihat prosedur 1 sampai dengan 4 diatas). Pada panel ini terdapat tiga kotak edit masukan dan satu tombol **OK**. Tiga kotak edit masukan tersebut menunjukkan letak file VoID yang dimaksud pada *drive* dan *folder* dimana file tersebut berada, serta nama dari file VoID itu sendiri. Sedangkan tombol **OK** digunakan untuk menuju ke panel berat dan titik berat. Apabila tombol **OK** telah ditekan maka tombol **OK** ini akan tidak aktif.

2. Berat dan Titik Berat Peluncuran

Pada panel ini terdapat dua buah kotak edit masukan dan satu tombol **OK**. Tombol **OK** ini berfungsi untuk menuju ke tombol **OK** pada panel Dimensi Sepatu Peluncur dan Landasan. Sedangkan kotak edit masukannya terdiri dari : Berat Peluncuran (Ton), Titik Berat Peluncuran dari AP (m). Dimana berat peluncuran disini adalah berat kapal yang diluncurkan ditambah berat peralatan peluncuran.



Gambar 5.12. Halaman data kapal.

3. Dimensi Sepatu Peluncur dan Landasan.

Panel ini terdiri dari enam kotak edit masukan dan satu tombol **OK**. Enam kotak edit masukan ini diisi dengan data mengenai dimensi sepatu peluncur dan landasan yang terdiri dari : Panjang Sepatu Peluncur (S), Tebal Sepatu Peluncur (t), Jarak Ujung Belakang Sepatu Peluncur dari AP

(h), Panjang Landasan yang Tercelup Air (λ), Kemiringan landasan (a/b). Setelah ketiga panel tersebut selesai diisi datanya masing-masing, maka perhitungan peluncuran dapat dimulai dengan menekan tombol **OK** pada halaman data kapal ini dan ditunggu proses perhitungannya seperti yang digambarkan oleh progress bar yang ada. Adapun tampilan halaman data tambahan titik pada program server ini seperti Gambar 5.12.

5.4.2 OUTPUT PROGRAM

Output program peluncuran ini terdiri dari tiga halaman, yaitu :

1. Hasil perhitungan periode 2
2. Hasil perhitungan periode 3
3. Kurva peluncuran

1. Halaman hasil perhitungan periode 2

Setelah progress bar yang terdapat pada halaman data kapal berhenti berjalan, maka halaman hasil perhitungan periode 2 akan ditampilkan pada layar monitor.

Pada halaman ini terdapat dua panel yang terdiri dari :

- Resume perhitungan periode 1 dan periode 2
- Resume pada saat *stern lift*

Angka-angka yang ditampilkan disini adalah hasil-hasil perhitungan yang terjadi pada periode 1 dan periode 2 seperti yang telah dijelaskan pada Bab IV (Perhitungan peluncuran). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat tampilan halaman ini pada gambar berikut :

RESUME PERIODE SATU DAN DUA								RESUME SAAT STERN LIFT			
No	NOTASI	DIMENSI	PERIODE 1	LANGKAH 1	LANGKAH 2	LANGKAH 3	LANGKAH 4	No	NOTASI	DIMENSI	HASIL
1	So	m	0.0000	10.9000	21.8000	32.7000	43.6000	1	Gamma * V	ton	1302.2624
2	Sn	m	5.7243	16.6243	27.5243	38.4243	49.3243	2	Tb	m	3.7962
3	V	m ³	0.0000	0.6930	14.1560	77.2490	232.8530	3	So	m	72.4729
4	gamma * V	ton	0.0000	0.9413	15.0924	82.3464	248.2213	4	Sn	m	78.1972
5	f	m		5.4500	12.4700	18.8030	24.1920	5	Gamma * V * d	ton m	95103.4323
6	d	m		95.3790	88.3590	82.0220	76.6330	6	d	m	65.3504
7	c	m	49.3240	49.3240	49.3240	49.3240	49.3240	7	f	m	35.4746
8	P	ton	1725.3960	1725.3960	1725.3960	1725.3960	1725.3960	8	b	m	17.7226
9	gamma * V * d	ton m	0.0000	89.7744	1333.4915	6754.2138	19021.9427	9	a	m	1.6962
10	P * c	ton m	85103.4323	85103.4323	85103.4323	85103.4323	85103.4323	10	P * a	ton m	2326.5755
11	a	m	-70.7767	-58.8767	-48.9767	-38.0767	-27.1767	11	gamma * V * b	ton m	23079.5096
12	b	m		-13.8257	-9.9457	-5.3787	0.1323	12	Q	ton	423.1336
13	P * a	ton m	-122117.8351	-103311.0187	-84504.2023	-65697.3859	-46890.569	13	0.05 * S	m	4.6325
14	gamma * V * b	ton m	0.0000	-13.0138	-150.1048	-442.9164	32.8397	14	q	ton/m	91.3402
15	Q	ton	1725.3960	1724.4547	1710.3036	1643.0496	1477.1747	15	x	m	47.5278
16	Lewat ujung L		Belum	Belum	Belum	Lewat	Lewat				
17	X atau X'	m	43.3260	43.3511	43.6704	39.7155	31.7656				
18	S''	m	92.6500	92.6500	92.6500	87.4007	76.5007				
19	1/3 * S''	m	30.8833	30.8833	30.8833	29.1336	25.5002				
20	1/2 * S''	m	46.3250	46.3250	46.3250	43.7003	38.2503				
21	2/3 * S''	m	61.7667	61.7667	61.7667	58.2671	51.0005				
22	q	ton/m	18.6227	18.6126	18.4598	18.7990	19.3093				
23	qd	ton/m	15.0059	15.0280	15.2864	13.6564	9.4986				
24	qb	ton/m	22.2395	22.1971	21.6333	23.9417	29.1300				

Gambar 5.13. Halaman hasil perhitungan periode 2.

2. Halaman hasil perhitungan periode 3

Halaman ini terdiri dari lima buah panel, yaitu :

- Langkah 3.1 (Hasil 1) adalah langkah pada waktu ujung depan sepatu peluncur bergerak sejauh $1/4 S^I$ dari saat kapal stern lift.
- Langkah 3.2 (Hasil 2) adalah langkah pada waktu ujung depan sepatu peluncur bergerak sejauh $1/2 S^I$ dari saat kapal stern lift.
- Langkah 3.3 (Hasil 3) adalah langkah pada waktu ujung depan sepatu peluncur bergerak sejauh $3/4 S^I$ dari saat kapal stern lift.
- Langkah 3.4 (Hasil 4) adalah langkah pada waktu ujung depan sepatu peluncur tepat di ujung landasan.
- Resume Periode 3.

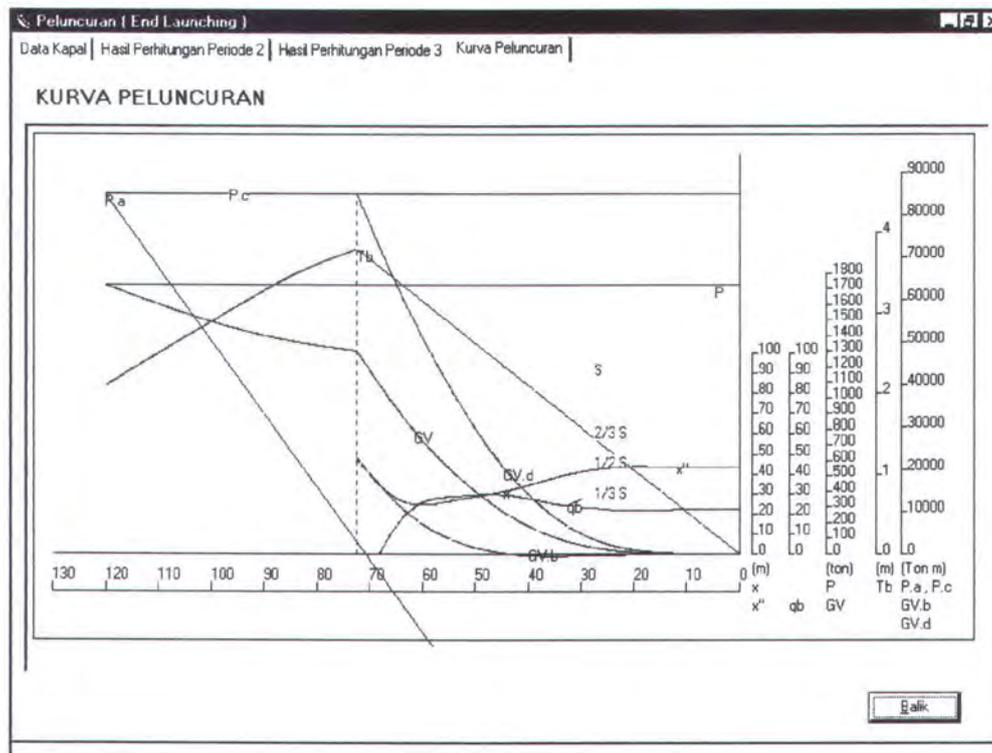
Hasil perhitungan periode 3 ini ditampilkan seperti pada Gambar 5.14. berikut ini :

HASIL PERHITUNGAN PERIODE TIGA						
Langkah 3.1 (Hasil 1)			Langkah 3.3 (Hasil 3)			
No	NOTASI	DIMENSI	Hasil 1.1	Hasil 1.2	Hasil 1.3	
1	Tb	m	2.532	3.798		
2	Gamma V	Ton	253.798	843.382	1544.115	
3	Gamma V d	Ton m	17546.572	53953.825	96017.713	
Langkah 3.2 (Hasil 2)			Langkah 3.4 (Hasil 4)			
No	NOTASI	DIMENSI	Hasil 2.1	Hasil 2.2	Hasil 2.3	
1	Tb	m	1.150	2.320	3.480	
2	Gamma V	Ton	475.163	1042.297	1713.358	
3	Gamma V d	Ton m	25738.117	61312.089	100245.743	
No	NOTASI	DIMENSI	Hasil 4.1	Hasil 4.2	Hasil 4.3	
1	Tb	m	0.856	1.713	2.569	
2	Gamma V	Ton	1027.136	1506.274	2007.331	
3	Gamma V d	Ton m	46098.912	72870.529	101193.548	
RESUME PERIODE TIGA						
No	NOTASI	DIMENSI	HASIL 1	HASIL 2	HASIL 3	HASIL 4
1	Sc	m	84.3798	96.2868	108.1937	120.1007
2	Tb	m	3.4796	3.0367	2.9695	2.0874
3	Gamma * V	ton	1361.2407	1452.6950	1578.2021	1723.2151
4	Gamma * V * d	ton m	85103.4324	85103.4323	85103.4323	85103.4322
5	d	m	62.5190	58.9831	53.9243	49.3864
6	C	ton	364.1953	272.7010	147.1939	2.1809
7	0.05 * 5	m	4.6325	4.6325	4.6325	4.6325
8	q	ton/m	76.6098	58.8689	31.7742	0.4708

Gambar 5.14. Halaman hasil perhitungan periode 3.

3. Halaman Kurva peluncuran

Halaman ini memuat gambar kurva peluncuran yang tidak dapat diedit namun bisa **di~~zoom-out~~** , **di~~zoom-in~~** dan dikembalikan pada posisi normal dengan menggunakan pop-up menu (klik kanan pada daerah gambar). Adapun tampilan halaman kurva peluncuran ini seperti Gambar 5.15.



Gambar 5.15. Halaman kurva peluncuran.

List program dan kompilasi dari aplikasi disimpan dalam disket terlampir.

5.5 Pengujian Program

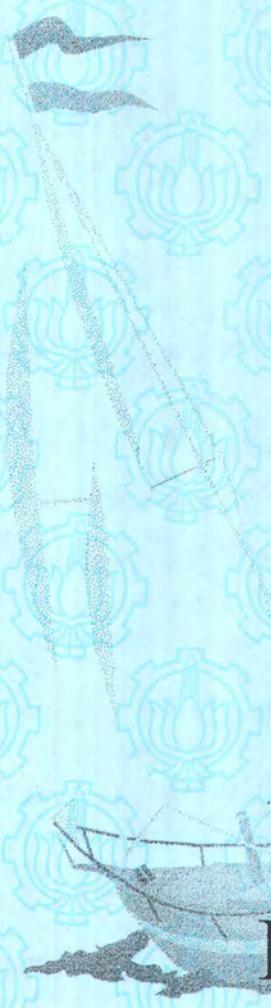
Hasil perhitungan yang diperoleh dari output program ini akan dibandingkan dengan hasil perhitungan yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan yang dilakukan secara manual.

Input yang dimasukkan ke dalam program maupun yang digunakan pada perhitungan secara manual mengenai data ukuran utama kapal dan dimensi sepatu peluncur adalah sama. Perhitungan yang dilakukan pertama kali pada pelaksanaan peluncuran *end launching* kapal ini adalah perhitungan berat dan titik berat kapal. Pada Tugas Akhir ini telah dibuatkan satu program khusus untuk melaksanakan

perhitungan tersebut. Kemungkinan terjadi perbedaan hasil perhitungan pada bagian ini dikarenakan perbedaan pembacaan kurva-kurva Lloyd Register'64 dan ketelitian pelaksanaan perhitungannya. Namun apabila tidak terjadi perbedaan tersebut, maka kemungkinan adanya selisih hasil perhitungan (%) sangat kecil.

Pada perhitungan periode I tidak terjadi perbedaan perhitungan. Sedangkan pada perhitungan periode II dan periode III terjadi perbedaan perhitungan. Pada perhitungan secara manual untuk menghitung displasmen dan Lcb pada kondisi trim dan bergelombang serta perhitungan volume dan titik berat volume ruangan di bawah upper deck dilakukan menggunakan pendekatan simpson yang memerlukan kurva bonjean yang diperoleh dari metode simpson. Pada program peluncuran ini perhitungan itu dilakukan secara otomatis menggunakan program yang telah ada yaitu program Penentuan Displasmen dan Volume Ruangan Kapal Dibawah Upper Deck (*Wasito.1999*), yang membuat dan membaca kurva bonjean dengan menggunakan metode cubic spline. Kemudian dengan menggunakan metode simpson dicari besarnya volume displasmen dan Lcb kapal.

Setelah perhitungan pada periode III selesai, maka diagram peluncuran pada program akan ditampilkan secara otomatis. Sedangkan pada cara manual, harus digambar terlebih dahulu diagram peluncurannya.



BAB VI

KESIMPULAN *dan*
PENGEMBANGAN

Multi Jasa

BAB VI

KESIMPULAN dan PENGEMBANGAN

Proses perhitungan dan pembuatan diagram peluncuran (*end launching*) kapal yang memakan waktu cukup lama dapat dipercepat pelaksanaan perhitungan dan pembuatan diagramnya dengan menggunakan program peluncuran (*end launching*) ini. Sehingga diperoleh efisiensi waktu serta mempermudah proses perhitungan dan pembuatan diagram peluncuran (*end launching*) kapal. Dengan demikian bahaya-bahaya yang tidak dikehendaki seperti kapal tenggelam ketika diluncurkan, *dropping*, *tipping* dan *lifting* dapat diketahui lebih cepat sehingga dapat segera dilakukan usaha-usaha pencegahannya.

Penyusunan program dalam tugas akhir ini menggunakan Delphi 3, sebuah perangkat lunak untuk menyusun program aplikasi yang menggunakan bahasa pemrograman Pascal dan bekerja pada lingkungan sistem operasi *Windows*. Perangkat lunak yang telah dilengkapi dengan komponen-komponen visual tersebut sangat membantu di dalam merancang tampilan program (*user interface*), sehingga waktu penyusunan program lebih banyak dihabiskan untuk menulis program utamanya daripada merancang keindahan tampilan.

Pengalaman-pengalaman baru banyak penulis jumpai dalam penyusunan program dengan menggunakan delphi ini. Demikian pula kendala-kendala yang muncul selama penyusunan program yang kesemuanya sangatlah bermanfaat bagi penulis untuk meningkatkan ilmu pengetahuan tentang teknik pemrograman dan penguasaan teori-teori dasar komputer grafis.

6.1. KESIMPULAN

1. Hasil luasan suatu kurva bukan suatu pendekatan namun merupakan hasil yang eksak karena integrasi yang digunakan dalam mencari luas pada kurva-kurva Lloyd Register '64 (program perhitungan berat dan titik berat kapal menggunakan LR'64) adalah integrasi analitik dari kurva yang diinterpolasikan secara kubik spline.
2. Program peluncuran (*end launching*) kapal ini dapat digunakan untuk melaksanakan semua perhitungan peluncuran sekaligus menampilkan diagram peluncurannya. Perhitungan dapat dilakukan untuk semua jenis dan ukuran kapal.

6.2. SARAN PENGEMBANGAN

1. Pengembangan program peluncuran (*end launching*) kapal ini dapat dilakukan dengan memberikan tampilan animasi peluncuran kapal baik dua ataupun tiga dimensi pada setiap langkah di masing-masing periode.
2. Untuk penyempurnaan program, perhitungan berat dan titik berat peralatan peluncuran yang masih dilaksanakan secara manual dapat diotomatisasi. Sehingga program perhitungan berat dan titik berat kapal menggunakan LR'64 dapat digabung langsung dengan program peluncuran (*end launching*) kapal.
3. Penyempurnaan eksekusi program sebagai aplikasi dapat dijalankan tanpa memerlukan perangkat lunak Borland Delphi 3 yang digunakan untuk *computer* aplikasi.



LAMPIRAN

Multi Jasa

LAMPIRAN I

APLIKASI PROGRAM

Karena terdiri dari dua buah program, maka penjelasan mengenai aplikasi program ini juga dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Program Perhitungan Berat Dan Titik Berat Kapal Menggunakan LR'64
2. Program Peluncuran (End Launching)

Pada penjelasan aplikasi program ini diberikan contoh penggunaan masing-masing program.

1. PROGRAM PERHITUNGAN BERAT DAN TITIK BERAT KAPAL MENGUNAKAN LR'64

INPUT PROGRAM

1. Ukuran Utama

Data kapal yang digunakan untuk input pada contoh aplikasi halaman ini adalah data kapal yang sudah ada pada perhitungan program server.

- Lpp = 109 m
- Lebar (B) = 18 m
- Tinggi (H) = 8.25 m
- Sarat (T) = 6 m
- Tinggi dasar ganda (h) = 1,16 m
- Jumlah sekat melintang (NT) = 6

- Jumlah geladak (ND) = 1
- Koeffisien block (C_b) = 0.676

2. Berat Lokal 1

Terdapat 2 ruangan yang dipilih untuk dilakukan perhitungan.

- a. Ruangan *Poop*
- b. Ruangan *Fore castle*

3. Berat Lokal 2

- a. Ruangan *Poop*

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = 581.9$$

$$\text{Ujung belakang } \textit{poop} \text{ dari AP (m)} = - 6.65$$

$$\text{Panjang ruangan } \textit{poop} \text{ (m)} = 23$$

- b. Ruangan *Fore Castle*

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = 100.05$$

$$\text{Ujung depan fore castle dari FP (m)} = 1.9$$

$$\text{Panjang ruangan } \textit{fore castle} \text{ (m)} = 10.8$$

4. Berat Lokal 3

Tidak ada bagian yang diikutkan dalam perhitungan.

OUTPUT PROGRAM

Halaman Hasil berupa tabel sebagai berikut :

*Tabel L.1
Tabel Halaman Hasil*

No	Nama Bagian	Berat (Ton)	Titik Berat (m dari AP)	Momen (Ton Meter)
1	Berat kapal (AP sampai FP) <i>under main deck</i>	1501.260	53.811	80783.585
2	Berat kapal (di belakang AP) <i>under main deck</i>	21.191	-1.817	-38.497
3	Berat kapal (di depan FP) <i>under main deck</i>	3.273	109.908	359.745
4	<i>Poop</i>	75.181	7.150	537.548
5	<i>Fore Castle</i>	8.974	103.700	930.654

- a. Berat Kapal = 1609.880 Ton
- b. Titik Berat Kapal = 49.621 m dari AP

2. PROGRAM PELUNCURAN (END LAUNCHING)**INPUT PROGRAM**

- a. *Pada Progserv (Program Server)*

Data kapal yang digunakan untuk input pada contoh aplikasi ini adalah 'KapalUji .Vold'

1. UKURAN UTAMA

$$\begin{aligned} Lpp &= 109.00 \text{ m} \\ B &= 18.00 \text{ m} \\ H &= 8.25 \text{ m} \\ T &= 6 \text{ m} \end{aligned}$$

2. PENGATURAN STATION DAN WATER LINE

Dengan menggunakan 9 water line, pengaturannya dibuat seperti pada tabel L.2 sebagai berikut :

*Tabel L.2
Tabel Pengaturan ketinggian water Line 'KapalUji.Vold'*

No Water Line	Ketinggian di atas dasar
0	0
1	0.5
2	1
3	1.5
4	2
5	3
6	4
7	5
8	6

Dengan menggunakan 21 station, pengaturan posisi station, sheer dan keel dibuat seperti pada tabel L.3.

*Tabel L.3
Tabel Pengaturan Station, Sheer dan Keel 'KapalUji.Vold'*

No Station	M dari AP	Sheer, m dari Dasar	Keel, m dari dasar
0	0	9.4	5.5
1	5.45	9.0231	0
2	10.9	9.026	0
3	16.35	8.85	0
4	21.8	8.686	0
5	27.25	8.565	0
6	32.7	8.431	0
7	38.15	8.36	0
8	43.6	8.3	0
9	49.05	8.25	0
10	54.5	8.25	0
11	59.95	8.25	0
12	65.4	8.3	0
13	70.85	8.45	0
14	76.3	8.6	0
15	81.75	8.8	0
16	87.2	9.08	0
17	92.65	9.4	0
18	98.1	9.8	0
19	103.55	10.2	0
20	109	10.4	6

3. TABEL SETENGAH LEBAR

Data setengah lebar kapal adalah seperti pada tabel L.4 berikut :

Tabel L.4
Tabel data setengah lebar kapal 'KapalUji .Vold'

	Station 0	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5
WL 0	0	0.15	0.35	1.3	2.6	4.05
WL 1	0	0.25	1.1	2.3	3.99	5.83
WL 2	0	0.3	1.32	2.7	4.56	6.4
WL 3	0	0.33	1.45	3.06	5.05	6.75
WL 4	0	0.4	1.63	3.36	5.45	7
WL 5	0	0.6	2.2	4.16	6.1	7.41
WL 6	0	1.03	3.08	5.24	6.65	7.65
WL 7	0	2	4.48	6.13	7.09	7.88
WL 8	2.4	4.41	5.73	6.74	7.5	8.12
Upper deck	5.78	6.55	7.15	7.6	8.05	8.4

	Station 6	Station 7	Station 8	Station 9	Station 10	Station 11
WL 0	5.55	6.3	6.75	7	7	7
WL 1	6.95	7.7	8.15	8.32	8.32	8.32
WL 2	7.47	8.2	8.6	8.72	8.72	8.72
WL 3	7.8	8.43	8.82	8.92	8.92	8.92
WL 4	8	8.6	8.9	9	9	9
WL 5	8.23	8.73	8.98	9	9	9
WL 6	8.35	8.78	9	9	9	9
WL 7	8.47	8.81	9	9	9	9
WL 8	8.55	8.85	9	9	9	9
Upper deck	8.75	8.9	9	9	9	9

	Station 12	Station 13	Station 14	Station 15	Station 16	Station 17
WL 0	6.8	6.3	5.3	4.05	2.65	1.1
WL 1	8.15	7.85	7.36	6.25	4.65	2.95
WL 2	8.68	8.48	8.07	7.07	5.54	3.8
WL 3	8.9	8.8	8.47	7.55	6.14	4.35
WL 4	8.98	8.9	8.67	7.82	6.55	4.75
WL 5	9	8.9	8.7	8.05	6.9	5.2
WL 6	9	8.9	8.7	8.13	7.05	5.45
WL 7	9	8.9	8.7	8.17	7.13	5.6
WL 8	9	8.9	8.7	8.17	7.2	5.72
Upper deck	9	8.9	8.7	8.25	7.25	6

	Station 18	Station 19	Station 20
WL 0	0.2	0	0
WL 1	1.05	0.2	0
WL 2	1.7	0.45	0
WL 3	2.15	0.68	0
WL 4	2.55	0.87	0
WL 5	3.1	1.22	0
WL 6	3.45	1.5	0
WL 7	3.7	1.73	0
WL 8	3.9	1.96	0
Upper deck	4.35	2.65	0.95

4. TAMBAHAN TITIK

Pada station 0 dan station 1 diberikan titik tambahan seperti pada tabel L.4 sebagai berikut:

*Tabel L.4
Tambahan titik pada station 0 dan station 1 'KapalUji .VoID'*

	Ketinggian dari dasar	Setengah lebar
Station 0	7	4,3
Station 0	8	5.1
Station 1	0	0
Station 1	0.25	0.24

b. Pada Program Peluncuran

1. Data Kapal Perhitungan Displasmen (File VoID)

File KapaUji. VoID dibuka.

2. Berat dan Titik Berat Peluncuran

- Berat Peluncuran (Ton) = 1725.396
- Titik Berat Peluncuran dari AP (m) = 51.501

- Panjang Sepatu Peluncur (S) = 92.65
- Tebal Sepatu Peluncur (t) = 0.3
- Jarak Ujung Belakang Sepatu Peluncur dari AP (h) = 8.175
- Panjang Landasan yang Tercelup Air (λ) = 25
- Kemiringan landasan (a/b)

a = 1

b = 19.081

OUTPUT PROGRAM

1. Hasil perhitungan periode 2

RESUME PERIODE SATU DAN DUA								RESUME SAAT STERN LIFT			
No	NOTASI	DIMENSI	PERIODE 1	LANGKAH 1	LANGKAH 2	LANGKAH 3	LANGKAH 4	No	NOTASI	DIMENSI	HASIL
1	So	m	0.0000	10.9000	21.8000	32.7000	43.6000	1	Gamma * V	lon	1302.2624
2	Sn	m	5.7243	16.6243	27.5243	38.4243	49.3243	2	Tb	m	3.7982
3	V	m ³	0.0000	0.8830	14.1980	77.2480	232.8530	3	So	m	72.4729
4	gamma * V	lon	0.0000	0.9413	15.0324	82.3464	248.2213	4	Sn	m	78.1972
5	f	m	5.4500	12.4700	18.8030	24.1920	29.9050	5	Gamma * V * d	lon m	85103.4323
6	d	m	-	95.3750	88.3530	82.0220	76.6330	6	d	m	65.3504
7	c	m	49.3240	49.3240	49.3240	49.3240	49.3240	7	f	m	35.4746
8	P	lon	1725.3960	1725.3960	1725.3960	1725.3960	1725.3960	8	b	m	17.7225
9	gamma * V * d	lon m	0.0000	89.7744	1333.4915	6754.2138	19021.9421	9	a	m	1.6962
10	P * c	lon m	85103.4323	85103.4323	85103.4323	85103.4323	85103.4323	10	P * a	lon m	2926.5765
11	a	m	-70.7767	-59.6767	-48.5767	-38.0767	-27.1767	11	gamma * V * b	lon m	23079.5096
12	b	m	-	-13.6257	-9.9457	-5.3787	-0.1323	12	Q	lon	423.1336
13	P * a	lon m	-122117.8351	-103311.0187	-84504.2023	-65697.3859	-46890.5659	13	0.05 * S	m	4.6325
14	gamma * V * b	lon m	0.0000	-13.0138	-150.1048	-442.9164	-32.8397	14	q	lon/m	91.3402
15	Q	lon	1725.3960	1724.4547	1710.3036	1643.0495	1477.1747	15	a	m	47.6278
16	Lewat ujung L		Belum	Belum	Belum	Lewat	Lewat				
17	X atau X"	m	43.3260	43.3511	43.6704	39.7155	31.7656				
18	S"	m	92.6500	92.6500	92.6500	87.4007	76.5007				
19	1/3 * S"	m	30.8833	30.8833	30.8833	29.1336	25.5002				
20	1/2 * S"	m	46.3250	46.3250	46.3250	43.7003	38.2503				
21	2/3 * S"	m	61.7667	61.7667	61.7667	58.2671	51.0005				
22	q	lon/m	18.6227	18.6126	18.4598	18.7990	19.3093				
23	qd	lon/m	15.0053	15.0290	15.2864	13.8564	9.4886				
24	qb	lon/m	22.2395	22.1971	21.6333	21.9417	21.1300				

Output

Catatan :

- *Basic requirement*, perangkat pendukung aplikasi program :
 - a. Borland Delphi 3 (mutlak)
 - b. IBM PC P - II 350 MHz, 64 MB SDRAM
 - c. Windows 98
- Borland Delphi 3 harus terdapat (sudah ter-*install*) pada komputer yang dipakai, jika tidak maka aplikasi program server tidak berjalan.

Lampiran II
Lloyd Register 1964

- (8). Refrigerated spaces. ✓
 (9). Deep tanks and peak tanks. ✓
 (10). Machinery space.
 (11). Propeller and shafting outside machinery space.

The weights and distributions of these local items are as given below:-

(1). Forecastle

$$L = L_{pp}$$

$W = 0.0897 V$ tonnes where $V =$ volume of forecastle in cubic metres.

This weight should be distributed as a ^{rectangle} triangle over the length of the forecastle.

Where the forecastle exceeds $0.15L$ in length, the distribution should be triangular for the forward $0.15L$ and rectangular aft of this.

(2). Bridge

$W = 0.1292 V$ tonnes where $V =$ volume of bridge in cubic metres.

This weight should be distributed as a ^{rectangle} rectangle over the length of the bridge.

(3). Poop

$W = 0.1292 V$ tonnes where $V =$ volume of poop in cubic metres.

This weight should be distributed linearly over the length of the poop, the ordinate at the poop front being four times the ordinate at the aft end.

(4). Deckhouses and Masthouses

$W = 0.1185 V$ tonnes where $V =$ volume of house in cubic metres.

Where there are several tiers these should be taken separately.

The weight should be distributed as a rectangle over the length of the house, or tier.

(5). Accommodation Spaces Below the Uppermost Continuous Deck.

This item includes additional wood and outfit appropriate to such spaces.

$W = 0.0538 V$ tonnes where $V =$ volume of space in cubic metres.

Underdeck accommodation may be divided into as large sections as possible, the weight of each section being homogeneously distributed over its length.

(6). Equipment at Ends

This includes anchors, cables, hawsers, windlass, capstans, bollards, steering gear.

Forward $W = \frac{43.75L^2}{10^4}$ tonnes (where L is in metres).

This weight should be distributed as a rectangle over a length of $0.02L$ its centre $0.035L$ aft of the F.P.

At the ends.



$$\text{Aft } W = \frac{10.94L^2}{10^4} \text{ tonnes}$$

weight should be distributed as a rectangle over a length of $0.02L$ having centre at the A.P.

Cargo Gear

This item includes booms, winches, ropes and blocks, etc..

$$W = \left[0.008 \sum (S.W.L.)^2 + 5 n_b \right] + 10 \text{ tonnes at each cargo handling position,}$$

where $\sum (S.W.L.)^2$ = the sum of the squares of the safe working loads of the individual derricks at that position.

n_b = number of booms at the position and should not exceed 4.

If the derricks are supported by a bridge front etc., rather than a mast or derrick, 10 tonnes per position should be deducted.

Weight should be distributed over a length of $0.02L$ at the position.

Refrigerated Spaces

This includes weight of insulation, piping, ducting, etc..

W is a function of V , the net capacity of the space in cubic metres, and may be read from fig. 5(b).

Weight should be distributed homogeneously over the length of the space.

Deep Tanks and Peak Tanks

This item includes increases in scantlings in way of deep tanks and also bulkheads which exist specifically to form the tank and which would not otherwise be required as hold or machinery space bulkheads.

e.g., with cross bulkheads at the forward end of the machinery space the local weight includes the forward transverse bulkhead while the after bulkhead is included in the basic underdeck hull weight as a normal transverse bulkhead.

Tunnel side tanks are included in this item, but small engine room tanks and oil tanks in bulk carriers are excluded.

$$W = 0.0538 V \text{ tonnes where } V = \text{capacity of tank in cubic metres.}$$

Weight should be distributed homogeneously over the tank.

When cofferdams are fitted

$$W = 0.1005 V \text{ tonnes where } V = \text{capacity of tank in cubic metres.}$$

(10). Machinery Space

This item includes machinery weight, together with additional structural weight in machinery space, funnel, etc. Due to the variety of engines and auxiliaries for similar power requirements, the machinery weight should be supplied by the builder.

$$W = \frac{W_m + [0.044L - 1.17] l_e}{\text{tonnes}}$$

or $W = \frac{W_m + [0.011L + 0.73] l_e}{\text{tonnes}}$

when the ship has heavy cargo or ore notation.

l_e = length of engine and boiler room, if any, in metres, a mean length being taken if bulkheads are recessed.

W_m = weight of main and auxiliary machinery and boilers in service condition, uptakes, silencer, generators, pumps, compressors, piping, gratings, ladders, stores, spares, small tanks, etc., in machinery spaces, but excluding propeller, shafting outside machinery space, and funnel.

The weight should be distributed as a rectangle over the length l_e .

(11). Propeller and shafting Outside Machinery Space

This item includes tunnel structure, shaft stools.

$$W = \frac{W_p + 0.67l_s}{\text{tonnes for single screw ships.}}$$

or $W = \frac{W_p + 1.0l_s}{\text{tonnes for twin screw ships.}}$

where

W_p = weight of propeller and shafting clear of machinery space in tonnes (This weight supplied by the builders).

l_s = length of shafting from centre of propeller to the machinery space bulkhead, metres.

When the weights of propeller and shafting are given separately they should be distributed as rectangles over their respective lengths, the additional weight for tunnel structure also being distributed over the shaft length. Otherwise the total weight, W , should be distributed as a rectangle over the length l_s .

Where the weight, W_p of propeller and shafting is not known, W may be estimated from the formula:

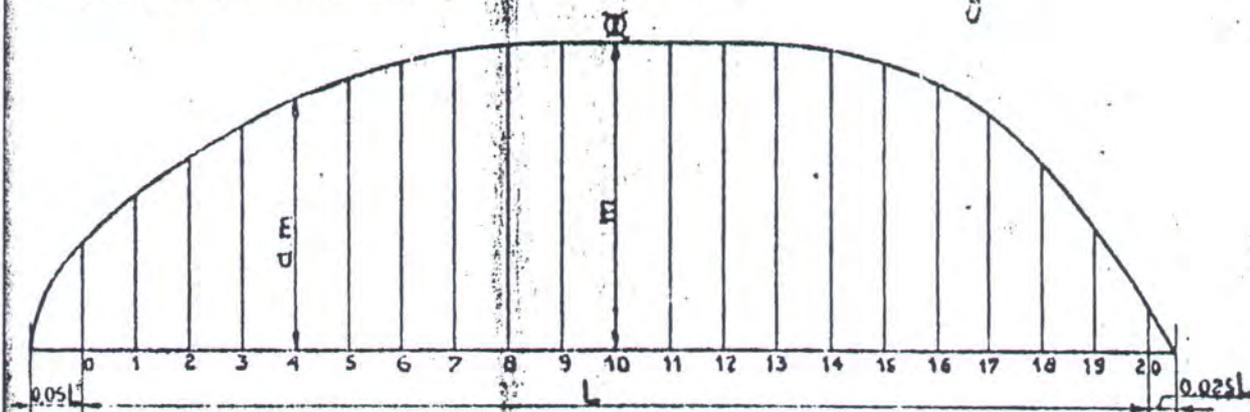
$$W = \frac{l_s [0.0164L + S]}{\text{tonnes single screw.}}$$

$$W = \frac{1.5l_s [0.0164L + S]}{\text{tonnes twin screw.}}$$

where S is obtained from fig. 5(a).

The sum of these local weights may now be deducted from the given light-weight and the remainder distributed as follows:-

The basic weight curve has the form shown below



The ordinates of the curve are equal to $a \times m$ tonnes/metre where m is the midship ordinate and the a values are obtained from figs. 3 and 4 for the appropriate draught block coefficient.

The area under the curve in terms of m may be found by integration, the areas aft of station 0 and forward of station 20 being taken as $0.01133mL$ and $0.00175mL$ respectively. By equating this total area to the basic weight found previously the value of m and hence the ordinates of the basic weight curve, may be determined. The local weights, distributed as indicated, can then be superimposed on the basic curve to give the required standard distribution.

SECTION II REFERENCE LIGHT WEIGHT AND STANDARD DISTRIBUTION

In this case the hull weight is unknown and, since the total light-weight is again considered to consist of the local weights, calculated as in Section I, plus the basic underdeck weight, a value of m , maximum ordinate of the basic light distribution curve, must be determined appropriate to the dimensions and sign of the ship.

From examination of the effect of changes in various parameters on the basic underdeck weight, the following were taken to be the most important:-

- | | | |
|-----------------------------------|---|--|
| Length between p.p. | - | L metres |
| Breadth | - | B metres |
| Depth | - | D metres |
| Draught | - | d metres |
| Height of hold double bottom | - | h metres |
| Number of transverse bulkheads | - | N_T (N_T includes all hold, E.P., and peak bulkheads but <u>excludes</u> bulkheads specifically fitted to form deep tanks). |
| Number of decks | - | N_D |
| Block coefficient at load draught | - | C_B |

The ordinates of the basic underdeck weight curve are given by $a \times m$ tonnes/metre, where the a values, as before, are read from figs. 3 and 4 for the appropriate load draught block coefficient, and m is given by

$$m = \frac{43.4 \times H \times L}{10^4} \text{ tonnes per metre}$$

where $H = \frac{C_1 B + C_2 D + C_3 d + C_4 W N_T + C_5 + 2.5h}{1.0}$

Values of, C_1, C_2, C_3, C_4 and W_0 may be read from figs. 1(a) and 1(b) and values of C_5 from fig. 2.

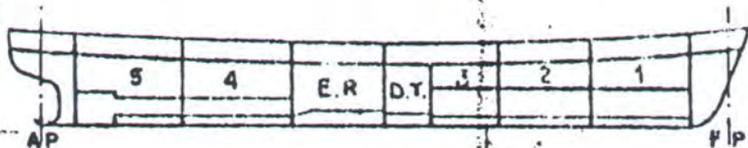
C_5 includes basic weight data for a standard ship of length L and may be corrected as indicated in NOTES for ice strengthening, strengthening for heavy cargoes or ore in alternate holds, and longitudinal bulkheads, if necessary.

The remaining terms in the expression for H take account of the actual values of the important parameters in the proposed ship, and the curves for the various C values provide automatic allowance for number of decks.

Having obtained m , the basic weight and its distribution can be readily obtained, and the local items calculated and distributed as shown in Section I may be superimposed to give the total reference light-weight and its distribution.

NOTES - FIG. 1 AND 2.

N_D is the number of decks. When there is a partial deck, its length as a proportion of L is taken. A platform deck forming the top of the shaft tunnel and wing tanks is not counted as a deck (see "deeptanks"). Parts of decks outside the perpendiculars are disregarded.



Example: $N_D = 2.38, N_T = 7$

N_T is the number of bulkheads excluding those fitted to form deep tanks.
 h is the depth of double bottom in holds

Additions to C_5 :

- When strengthened for heavy cargoes 3,75 W_0
- When ore is carried in alternate holds 4,50 W_0
- When strengthened for navigation in ice $C_6 W_0$

Where

Ice class	1	2	3
C_6	8,0	4,0	1,6

When longitudinal bulkheads are fitted $11(\ell/L)W_0$
 Where ℓ = total length of bulkheads extending over the full depth of ship.

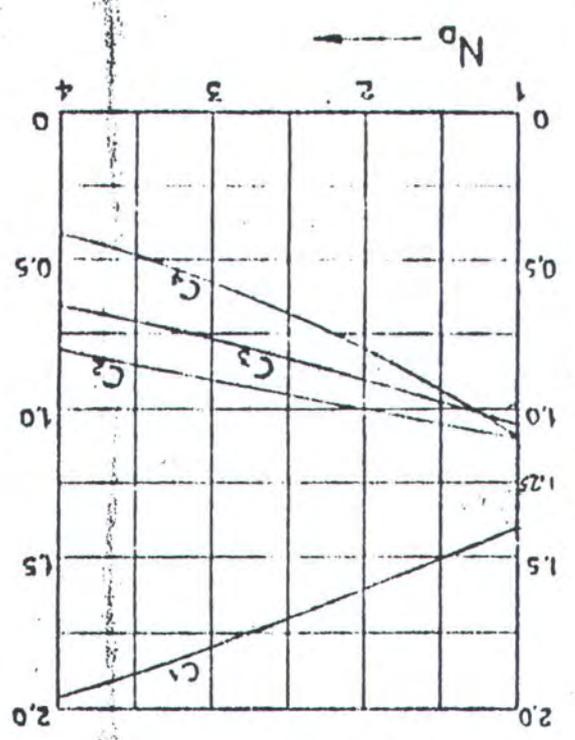
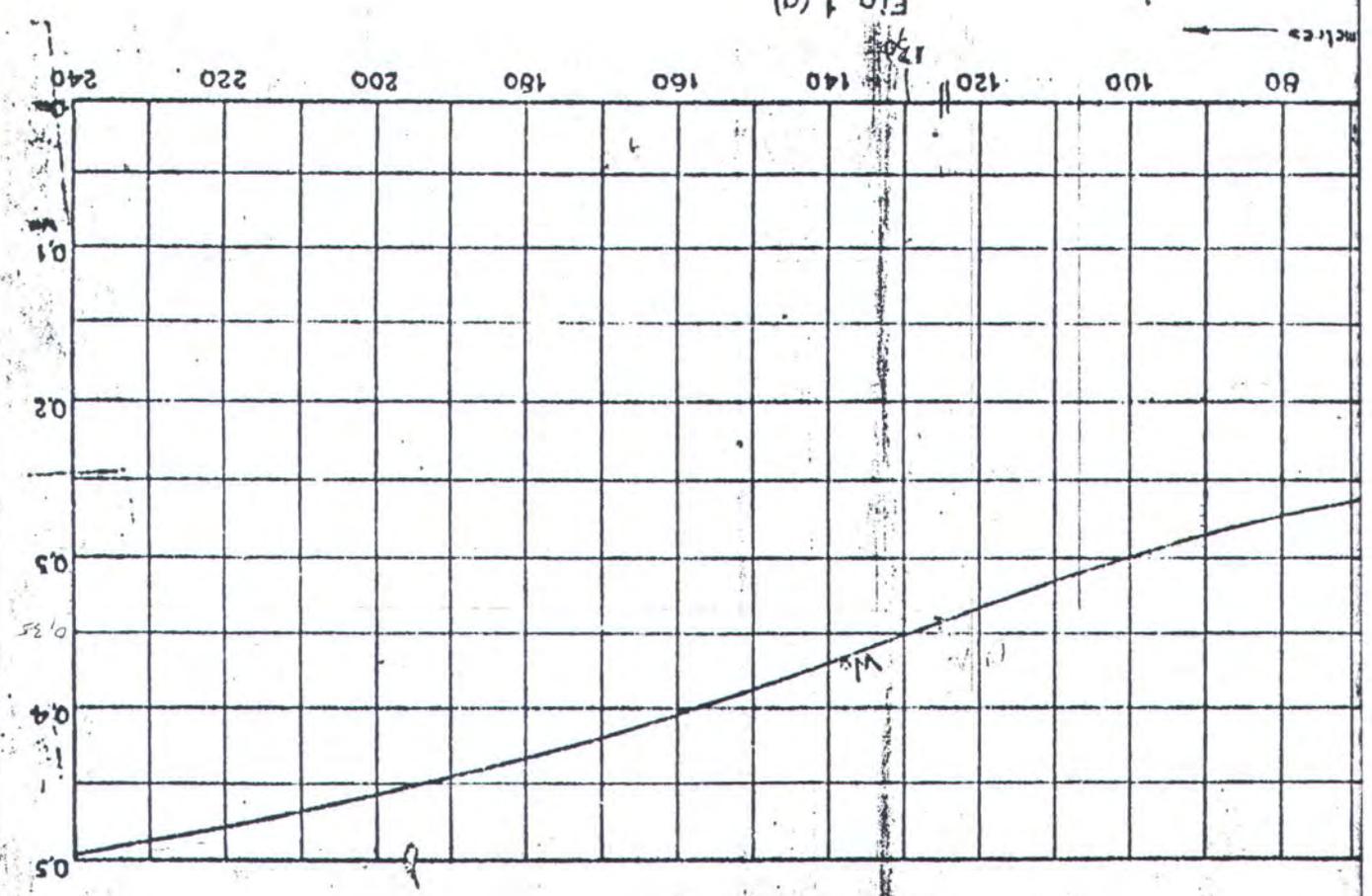


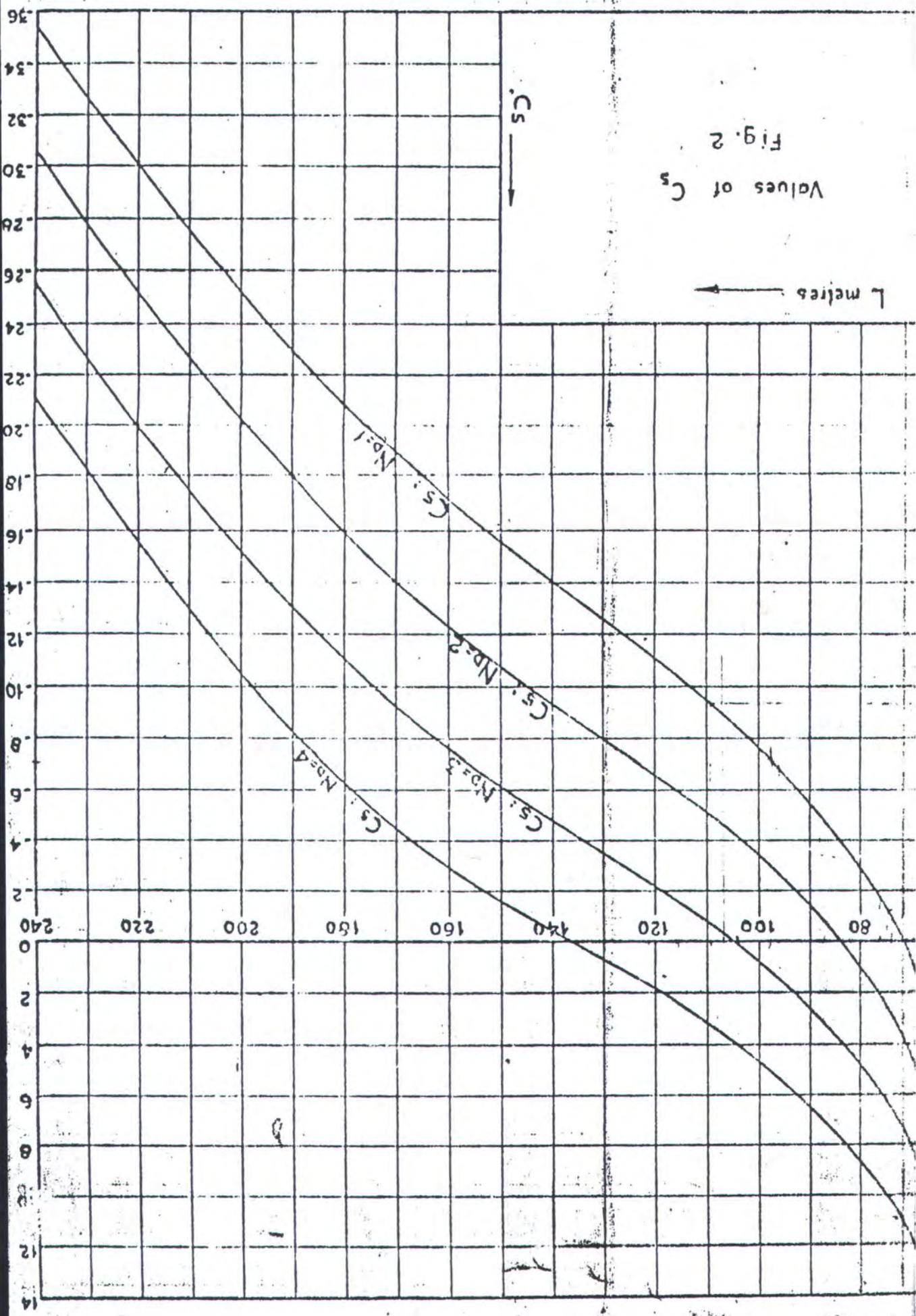
Fig. 1 (b)

Values of $C_{10}Ca$

Fig. 1 (a)



Values of W_0



Values of C_s
Fig. 2

Values of α for After Body

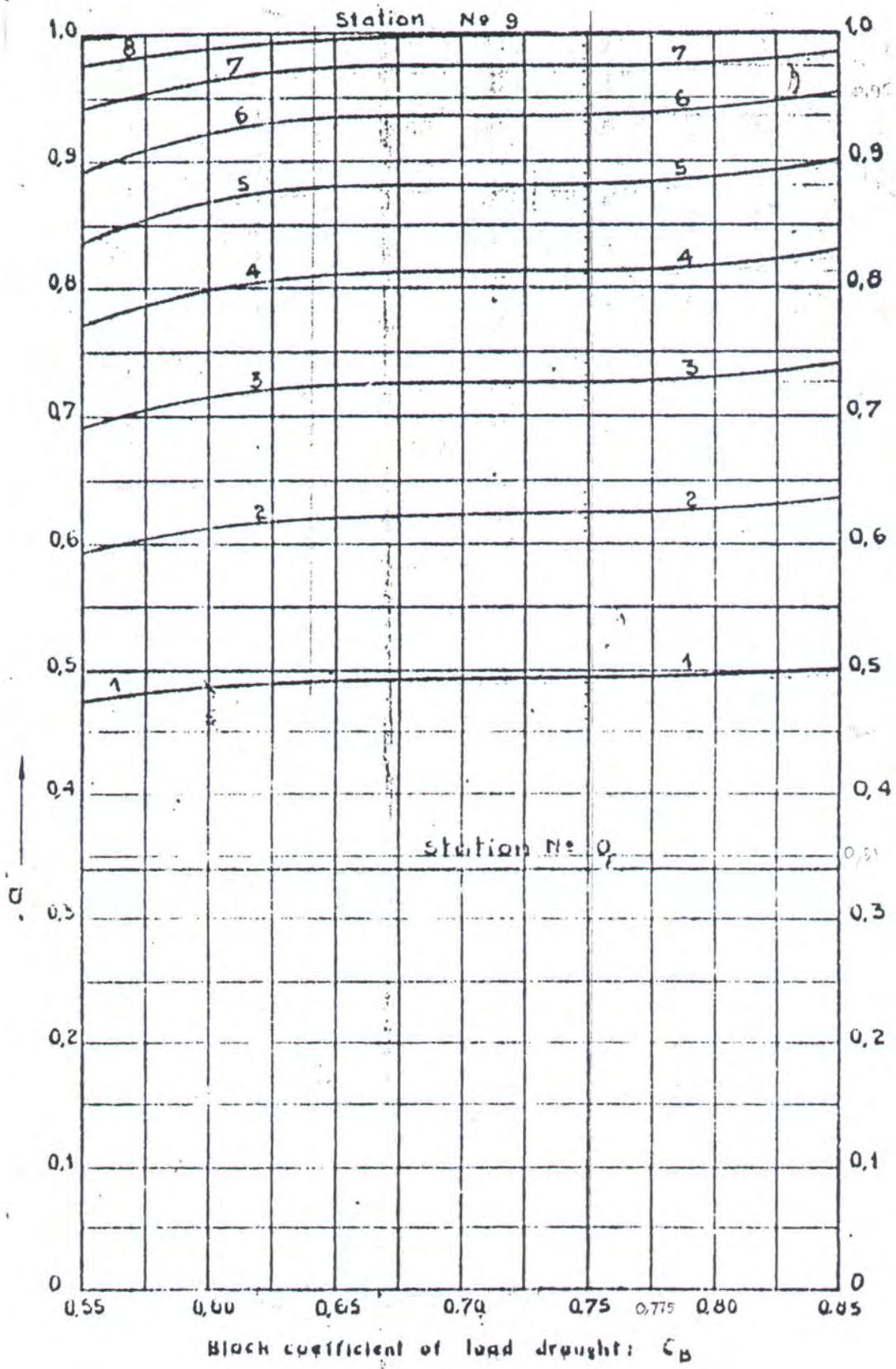


Fig. 3

Values of α for Fore Body

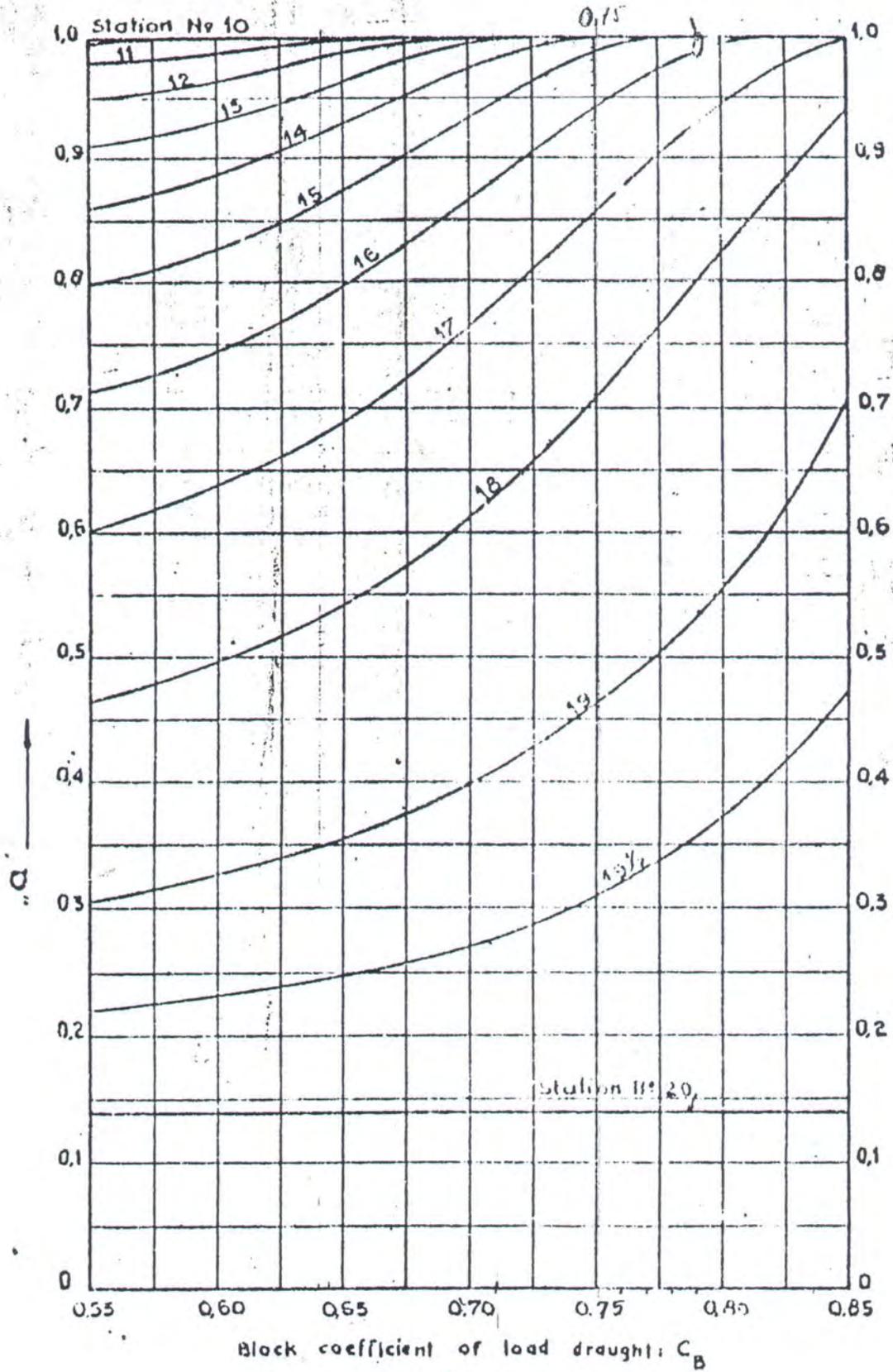
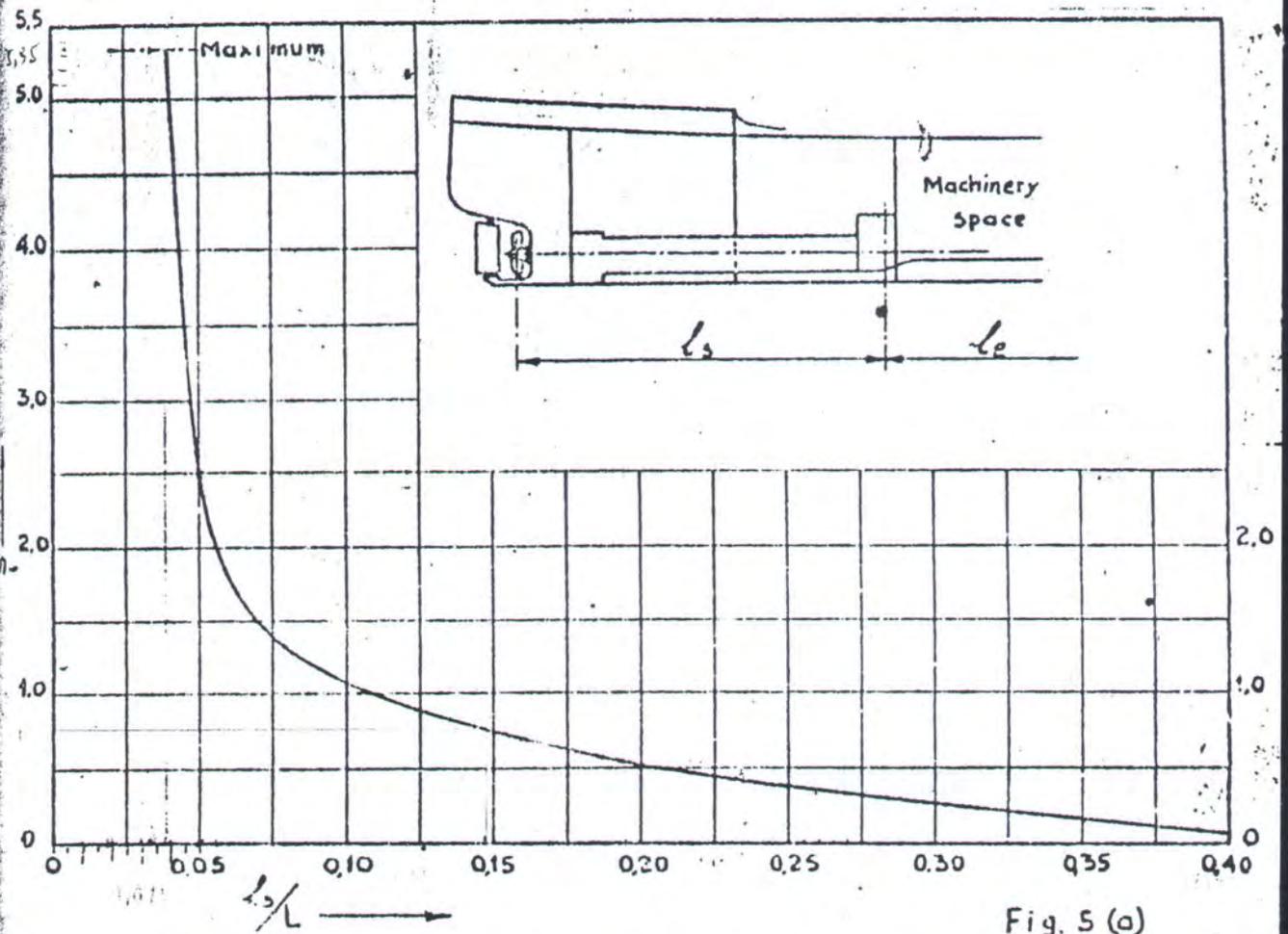


Fig. 4

Values of S



Values of W (refrigerated spaces)

