3100097009823

TUGAS AKHIR (OE 1701)

ANALISA KEANDALAN STRUKTUR TERAPUNG AKIBAT PEMBEBANAN MEMANJANG

RSke
623.824 3
Wag
a-1
1996

Oleh :

FRANCISCUS N. WAGEY
NRP. 4390 100 027

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
S U R A B A Y A
1996

PERPUSTAKAAN
I T S
Tgl. Terima 12 DEC 1996
Terima Dari

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR (OE 1701)

Judul	:	**ANALISA KEANDALAN STRUKTUR TERAPUNG AKIBAT PEMBEBANAN MEMANJANG**
Penyusun	:	Franciscus N. Wagey
Fak. / Jurusan	:	FTK/T. Kelautan

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ir. E.B. Djatmiko, PhD.	**Ir. D.M. Rosyid, PhD.**

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Surabaya
Oktober, 1996

ABSTRAK

Tugas akhir ini merupakan studi perancangan untuk mengetahui tingkat keselamatan struktur apung dengan pertimbangan kekuatan memanjangnya. Penilaian ini menggunakan dua metode yaitu metode semi probabilistik dengan menerapkan prosedur perhitungan Advanced First Order Second Moment Method (AFOSM), dan simulasi komputer dengan metode Monte Carlo.

Studi kasus untuk menerapkan kedua metode ini telah dipilih kapal penumpang Pax-500 buatan PT. PAL Indonesia yang rancang bangunnya dilakukan sepenuhnya oleh para ahli perkapalan Indonesia. Kedua metode ini diterapkan untuk mode kegagalan First Yielding pada konstruksi geladak utama di bawah kondisi pembebanan yang diperoleh dari data PT. PAL untuk Still Water Bending Moment, dan dari ABS'96 untuk Wave Bending Moment,. Perhitungan dilakukan untuk jarak konstruksi geladak utama dengan sumbu netral (y) 4,89 m dan momen inersia (I) - 7,55 m^4.

Untuk target Indeks Keselamatan (β) 3,0 - 4,0, pada kondisi pembebanan sekitar 100018 kN.m (dari perhitungan beban gelombang dengan ABS'96, dan data PT. PAL), hasil komputasi dengan prosedur AFOSM dan simulasi Monte Carlo mengisyaratkan penggunaan Yielding Point yang sama sekitar 200 N mm^2.

Kata Pengantar

Puji syukur kepada Tuhan YME, karena atas kemurahanNya maka penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang merupakan salah satu syarat kelulusan kesarjanaan di Jurusan T. Kelautan ITS Surabaya.

Terselesainya Tugas Akhir ini tentunya tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan rasa terima kasih yang tulus kepada Papa dan Mama serta kakak-kakak yang telah memberikan segalanya, dosen pembimbing Tugas Akhir ini Dr. E. B. Djatmiko dan Dr. D. M. Rosyid, yang tidak jenuh-jenuhnya memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis, Ir. Jusuf Sutomo, MSc., selaku dosen wali penulis yang telah banyak memberikan arahan, sehingga dapat dengan lancar melewati masa studi di kampus ITS, Bpk. Eko Prasetyanto selaku Kepala Bagian Rendal Design yang telah memberikan data pendukung Tugas Akhir. Tidak lupa juga ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada para dosen dan karyawan di lingkungan T. Kelautan yang telah banyak mengajarkan ilmu pengetahuan di bidang kelautan, dan rekan-rekan mahasiswa di Lab. Komputer jurusan T. Kelautan dan *"Bonsai"* yang telah banyak memberikan semangat dan keceriaan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari, Tugas Akhir ini tentu saja tidak luput dari kekurangan-kekurangan, dan pada kesempatan ini penulis mengharapkan adanya saran-saran dan kritik dari berbagai pihak agar dapat dilakukan penyempurnaan di masa yang akan datang.

Surabaya, 12 Oktober 1996

Penulis

DAFTAR ISI

Sampul

Abstrak *i*

Kata Pengantar *ii*

Daftar Isi *iii*

Daftar Gambar *v*

Daftar Tabel *vi*

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH 1-1

1.2 PERUMUSAN MASALAH 1-3

1.3 TUJUAN 1-3

1.4 METODOLOGI 1-4

BAB 2 LANDASAN TEORI 2-1

2.1 TEORI BALOK SEDERHANA 2-1

2.2 KONSEP DASAR PROBABILITAS 2-4

2.3 DISTRIBUSI PELUANG 2-8

2.3.1 DISTRIBUSI NORMAL 2-8

2.3.2 DISTRIBUSI LOG NORMAL 2-11

2.4 KONSEP DASAR KEANDALAN 2-12

2.5 METODE MEAN VALUE FIRST ORDER SECOND MOMENT 2-15

2.6 INDEKS KEANDALAN HASOFER DAN LIND 2-19

2.7 SIMULASI DAN METODE MONTE CARLO 2-21

2.7.1 KONSEP UMUM 2-21

2.7.2 PENGGUNAAN METODE MONTE CARLO PADA ANALISA KEANDALAN STRUKTUR 2-22

BAB 3 ANALISA KEANDALAN STRUKTUR TERAPUNG DENGAN METODE ADVANCED FIRST ORDER SECOND MOMENT (AFOSM) 3-1

3.1 PENETAPAN MODE KEGAGALAN 3-2

3.2 PENENTUAN DAN KARAKTERISASI PERUBAH DASAR 3-4
3.2.1 TEGANGAN LULUH BAHAN 3-4
3.2.2 FAKTOR PENGALI KETIDAKPASTIAN PEMODELAN 3-6
3.2.3 MOMEN VERTIKAL MEMANJANG KAPAL 3-6
3.2.4 JARAK BAGIAN PENAMPANG KAPAL YANG TERJAUH DARI SUMBU NETRAL DAN MOMEN INERSIA 3-9
3.3 PENGHITUNGAN KEANDALAN DENGAN METODE AFOSM 3-11
BAB 4 ANALISA KEANDALAN STRUKTUR TERAPUNG DENGAN METODE SIMULASI MONTE CARLO 4-1
BAB 5 ANALISA HASIL PERHITUNGAN 5-1
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN 6-1
DAFTAR PUSTAKA
Lampiran

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Pemodelan Badan Kapal sebagai Balok Sederhana

Gambar 2.2 : Pemodelan irisan Balok

Gambar 2.3 : Dual Redudant System

Gambar 2.4 : Distribusi Normal

Gambar 2.5 : Distibusi Normal Standar

Gambar 2.6 : Distibusi Log Normal

Gambar 2.7 : Interferensi Dua Distribusi Peluang

Gambar 2.8 : Interpretasi Geometri Mode Kegagalan Linier

Gambar 2.9 : Interpretasi Geometri Mode Kegagalan Nonlinier

Gambar 3.1 : Penampang Melintang PAX-500

Gambar 3.2 : Grafik Indeks Keselamatan AFOSM dengan nilai I = 6,5 m^4

Gambar 3.3 : Grafik Indeks Keselamatan AFOSM dengan nilai I = 7,0 m^4

Gambar 3.4 : Grafik Indeks Keselamatan AFOSM dengan nilai I = 7.55 m^4

Gambar 3.5 : Grafik Indeks Keselamatan AFOSM dengan nilai I = 8,0 m^4

Gambar 3.6 : Grafik Indeks Keselamatan AFOSM dengan nilai I = 8,5 m^4

Gambar 4.1 : Diagram Alir Program Monte Carlo

Gambar 4.2 : Diagram Alir Prosedur "Baca Data"

Gambar 4.3 : Diagram Alir Prosedur "Batas"

Gambar 4.4 : Pemilahan Fungsi Kerapatan Peluang

Gambar 4.5 : Diagram Alir Prosedur Transformasi

Gambar 4.6 : Transformasi Fungsi Kerapatan Distribusi ke Fungsi Komulatif

Gambar 4.7 : Grafik Perbandingan antara AFOSM dan Monte Carlo

Gambar 4.8 : Grafik Perbandingan antara AFOSM dan Monte Carlo

Gambar 4.9 : Grafik Perbandingan antara AFOSM dan Monte Carlo

Gambar 4.10 :Grafik Perbandingan antara AFOSM dan Monte Carlo

Gambar 4.11 :Grafik Perbandingan antara AFOSM dan Monte Carlo

Gambar 4.12 : Grafik Perbandingan antara AFOSM dan Monte Carlo

Gambar 6.1 : Perbandingan Hasil AFOSM dan Monte Carlo

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 : Data Kekuatan Yield Strength

Tabel 3.2 : Perhitungan Momen Inersia dan Jarak Terjauh dari Sumbu Netral

Tabel 3.3 : Karakterisasi Perubah Dasar

Tabel 3.4 : Hasil Runing Program Perhitungan Indeks Keselamatan

Tabel 3.5 : Hasil Runing Program Perhitungan Indeks Keselamatan

Tabel 3.6 : Hasil Runing Program Perhitungan Indeks Keselamatan

Tabel 3.7 : Hasil Runing Program Perhitungan Indeks Keselamatan

Tabel 3.8 : Hasil Runing Program Perhitungan Indeks Keselamatan

Tabel 3.9 : Hasil Runing Program Perhitungan Indeks Keselamatan

Tabel 3.10 : Hasil Runing Program Perhitungan Indeks Keselamatan

Tabel 4.1 : Hasil AFOSM dan Monte Carlo dengan I = 6,5 m^4 dan σ_{yield} = 160000 kN/m^2

Tabel 4.2 : Hasil AFOSM dan Monte Carlo dengan I = 6,5 m^4 dan σ_{yield} = 200000 kN/m^2

Tabel 4.3 : Hasil AFOSM dan Monte Carlo dengan I = 6,5 m^4 dan σ_{yield} = 240000 kN/m^2

Tabel 4.4 : Hasil AFOSM dan Monte Carlo dengan I = 7,55 m^4 dan σ_{yield} = 160000 kN/m^2

Tabel 4.5 : Hasil AFOSM dan Monte Carlo dengan I = 7,55 m^4 dan σ_{yield} = 200000 kN/m^2

Tabel 4.6 : Hasil AFOSM dan Monte Carlo dengan I = 7,55 m^4 dan σ_{yield} = 240000 kN/m^2

BAB 1

PENDAHULUAN

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Secara tradisional, perancangan suatu struktur terapung (misalnya: *Floating Rig, kapal),* oleh para praktisi atau perancang yang menggunakan pendekatan deterministik biasanya tidak terlalu mempertimbangkan tentang variasi harga dari parameter-parameter dasar (misalnya: massa, dimensi, koefisien gesek, kekuatan dan tegangan). Padahal variabel-variabel tersebut tidak pernah absolut, tetapi mempunyai distribusi peluang yang mencerminkan ketidakpastian-ketidakpastian yang terkandung di dalamnya. Bila ketidakpastian parameter-parameter perancangan tidak diantisipasi sebagaimana mestinya, dan hanya prosedur konvensional yang digunakan untuk menjamin keselamatan struktur, misalnya memakai angka keselamatan dari *Rules,* maka biasanya rancangan yang dihasilkan akan menjadi berlebihan (*Over Designed*). Untuk mereduksi hasil rancangan yang berlebihan dibutuhkan penilaian yang lebih rasional mengenai ketidakpastian-ketidakpastian yang berhubungan dengan struktur.

Pada dekade terakhir ini banyak perancang mulai menerapkan pendekatan probabilitas dalam rancangannya. Dengan menerapkan teknik analisa probabilistik, yang dimaksudkan untuk menilai aspek keselamatan

struktur, akan diperoleh pijakan yang lebih rasional atas tingkat keselamatan/resiko struktur rancangannnya.

Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk menilai aspek keselamatan struktur terapung akibat pembebanan memanjang dengan menggunakan sebuah teknik analisa probabilistik (Teknik Keandalan) yang biasa disebut analisa keandalan *(Reliability Analysis)*. Hal demikian dilakukan agar konservatisme yang berlebih, dengan implikasi pada berat struktur dapat dikurangi. Dalam Tugas Akhir, untuk studi kasus struktur terapung dipilih PAX-500, yang merupakan kapal penumpang pertama yang rancang bangunnya sepenuhnya dilakukan oleh PT. PAL Indonesia. Penilaian ini dimaksudkan untuk memberi pijakan rasional atas tingkat keselamatan/resiko yang ada pada bangunan apung/kapal tersebut sebagai sebuah hasil karya rancang bangun yang amat membanggakan dunia kelautan di Indonesia, dan untuk perbaikan rancang bangun generasi PAX-500 berikutnya

Tugas Akhir ini juga dimaksudkan untuk memperkenalkan bagaimana teknik keandalan dapat dengan mudah dan selaiknya dipakai pada sejak awal tahapan rancang bangun suatu struktur terapung, agar diperoleh produk-produk industri kelautan nasional yang mempunyai daya saing lebih tinggi.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Dalam proses perancangan, analisa atas kekuatan memanjang bangunan apung, misalnya kapal, sampai saat ini masih banyak dilakukan dengan pendekatan *deterministic* dan *Rule Based*. Dengan prosedur ini tingkat keselamatan struktur kapal ini akan cenderung konservatif, atau *"Over Designed"*. Untuk mengatasi masalah tersebut, diusulkan untuk diterapkan metode probabilistik, yaitu teori keandalan yang dapat diharapkan memberikan hasil rancangan yang lebih rasional. Sehingga masalah dalam Tugas Akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut: *"Bagaimanakah tingkat keandalan struktur terapung akibat pembebanan memanjang dengan mengambil studi kasus kapal penumpang PAX-500?"*

1.3 TUJUAN

Tugas Akhir ini bertujuan untuk :

1. Menilai tingkat keamanan struktur terapung (Kapal PAX-500), ditinjau dari sudut kekuatan memanjang, dengan menggunakan teknik analisa keandalan.
2. Menunjukkan bagaimana teori keandalan diterapkan pada suatu struktur terapung, dalam hal ini kapal penumpang PAX-500.
3. Memberikan masukan bagi pemakai teknik analisa keandalan pada perancangan bangunan apung pada umumnya serta generasi PAX-500 pada khususnya.

1.4 METODOLOGI DAN MODEL ANALISIS

Metodologi yang diterapkan dalam Tugas Akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut: :

1. Menetapkan ambang batas keselamatan, *SM (Safety Margin)*, yang akan ditinjau. Untuk *first yielding* pada konstruksi plat alas atau juga geladak utama, ekspresi *SM* dapat ditulis demikian:

   $$SM : \sigma_{yield} - \frac{XM_z y}{I_{xx}} \leq 0$$

   di mana σ_{yield} adalah tegangan luluh bahan, X adalah faktor ketidakpastian pemodelan, M_z adalah momen vertikal memanjang kapal, y adalah jarak bagian penampang kapal melintang yang terjauh dari sumbu netral, dan I_{xx} adalah momen inersia penampang kapal melintang terhadap sumbu netral.
2. Menentukan perubah-perubah dasar *(basic variables, i.e random variables)* dan bentuk distribusi fungsi kerapatan peluangnya, dan menaksir harga rata-rata dan *COV (coefficient of variation)* perubah-perubah tersebut.
3. Analisis keandalan dengan metode *Advanced First Order Second Moment*:
   a. Transformasikan perubah-perubah dasar menjadi perubah acak baku Z.
   b. Tentukan unit vektor sehingga $Z_i = \beta\alpha_i$
   c. Tulis kembali SM sebagai fungsi dari $\beta\alpha_i$
   d. Dengan persamaan SM dalam $\beta\alpha_i$ dan dua persamaan berikut:

      $$\alpha_i = -1/k\left(\frac{\delta M}{\delta \varepsilon_i}\right)$$

$$k = \left[\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\delta M}{\delta x_i} \right)^2 \right]^{0.5}$$

e. Inisialisasi nilai β dan α_i dan lakukan iterasi sampai β konvergen.

4. Dengan metode Simulasi Monte Carlo

a. Ambil beberapa angka acak (sebanyak jumlah perubah dasar pada persamaan moda kegagalan yang ditinjau) dari sebuah *random number generator* dengan $0 < x_i < 1$.

b. Transformasikan menjadi sesuai dengan peluangnya menurut fungsi kerapatan peluangnya.

c. Masukkan pada persamaan SM.

d. Hitung SM.

e. Bila $SM \leq 0$ tetapkan $NFAIL = NFAIL + 1$.

f. Ulangi percobaan hingga $NEXP$ cukup besar.

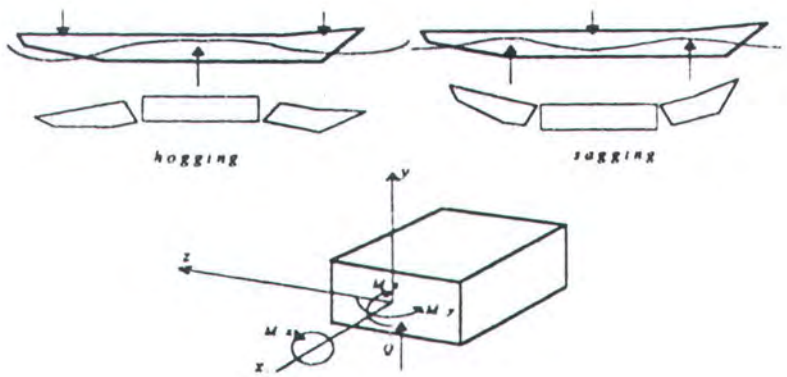
g. Keandalan sistem adalah $Re = 1 - NFAIL / NEXP$.

BAB 2

LANDASAN TEORI

BAB 2

LANDASAN TEORI



gambar 2.1 Pemodelan badan kapal sebagai balok sederhana

2. 1 TEORI BALOK SEDERHANA *(SIMPLE BEAM THEORY)*

Untuk memperkirakan tegangan nominal yang bekerja pada badan kapal, pada tahap praperencanaan (*Preliminary Designed*), dengan pendekatan teori balok sederhana (*Simple Beam Theory*), cukup sesuai [Huges,O (1990)]. *Simple Beam Theory* menganggap bahwa sebuah kapal sebagai balok yang terapung di atas permukaan air. Analisa yang cocok dengan teori balok sederhana pada badan kapal, hanya gaya-gaya dan momen-momen memanjang (*Longitudinal*) saja , seperti pada gambar 2.1

Asumsi-asumsi yang dipakai dalam perhitungan ini (Teori Balok Sederhana):

a. Bidang *cross section* dianggap bidang datar.

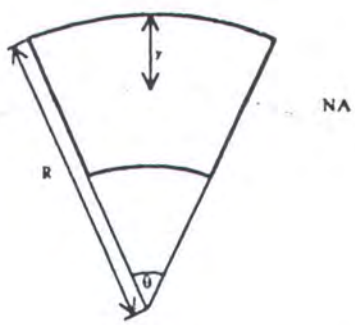
b. *Beam* dianggap kotak penuh (tidak ada bukaan atau diskontinu).

c. Moda respon beban yang lain (misalnya: defleksi transversal dan longitudinal serta distorsi akibat *shear* atau juga torsi) tidak berpengaruh terhadap *bending hull girder* dan dapat diperlakukan secara terpisah.

d. Material yang dipakai adalah homogen dan elastis.

Asumsi yang pertama dapat diilustrasikan pada gambar 1.2. Akibat bending yang bekerja, *beam* mengalami perubahan bentuk melengkung dengan radius R dan jika bidang potongan tetap merupakan bidang datar, *strain longitudinal* ε_x berubah secara linier dalam arah vertikal dan hubungannya dengan R adalah:

$$\varepsilon_x = \frac{(R+y)\theta - R\theta}{R\theta} = \frac{y}{R} \qquad (2.1.1)$$



gambar 2.2 Pemodelan irisan balok

Bidang horisontal dimana y, dan juga strain, sama dengan nol disebut bidang netral atau *netral axis* (sumbu netral). Material diasumsikan homogen dan elastis, maka tegangan longitudinal adalah:

$$\sigma_x = E\varepsilon_x = Ey/R \qquad (2.1.2)$$

Jika tidak ada gaya luar secara aksial, kesetimbangan akan tercapai pada:

$$\int_A \sigma_x dA = 0 \qquad (2.1.3)$$

dapat direduksi:

$$\int_A y dA = 0 \qquad (2.1.4)$$

Kesetimbangan momen tercapai jika momen luar M, yang bekerja seimbang dengan momen akibat gaya gesek dalam:

$$M_Z = \int_A y\sigma_x dA \qquad (2.1.5)$$

dengan mensubstitusi persamaan [2.1.2] maka dapat disederhanakan menjadi:

$$M_z = EI/R \qquad (2.1.6)$$

dimana I adalah momen inersia dari penampang melintang dan didefinisikan:

$$I = \int_A y^2 dA \qquad (2.1.7)$$

Persamaan [2.1.6] menghubungkan pelengkungan yang terjadi dengan bending momen eksternal dan jika kita substitusikan R dari persamaan [2.1.2] ke dalam persamaan [2.1.6] maka diperoleh persamaan yang familiar:

$$\sigma_x = M_z y/I \qquad (2.1.8)$$

σ_x : tegangan aksial.

M_z : momen yang bekerja.

I : momen inersia penampang.

y : jarak bidang permukaan terhadap sumbu netral.

2. 2 KONSEP DASAR PROBABILITAS

Setiap kejadian yang berpeluang dapat terjadi, dapat kita nyatakan peluangnya terjadinya (*Probability of Occurrence*) dalam suatu range bilangan real, misalnya 0 sampai 1. Jika peluang terjadinya mendekati 0 artinya kejadian tersebut hampir tidak pernah akan terjadi, sebaliknya bila peluang terjadinya sama dengan 1 maka kejadian tersebut pasti akan terjadi. Contohnya menyatakan kemungkinan munculnya salah satu sisi dari dua sisi sebuah koin yaitu sebuah koin mempunyai peluang 1/2 untuk salah satu sisinya, dan sebuah dadu mempunyai peluang 1/6 untuk tiap sisinya dari enam sisi yang sama.

Seperti pada koin dan dadu, kejadian-kejadian ini merupakan kejadian bebas, yaitu jika kejadian yang telah terjadi pada waktu lampau tidak mempengaruhi kejadian selanjutnya [O'Connor (1991)]. Seperti pada koin dan dadu, kemungkinan munculnya salah satu sisinya pada setiap pelemparannya tidak dipengaruhi oleh pelemparan sebelumnya. Jika diasumsikan bahwa koin atau dadu adil/sempurna maka kita dapat memperkirakan peluang kejadian

munculnya salah satu sisi pada koin atau dadu, dan tiap sisi selalu mempunyai peluang yang sama.

Pada prakteknya, probabilitas ditentukan atas dasar hasil percobaan statistik sebelumnya, suatu pertimbangan analisis dari kondisi percobaan, atau asumsi/anggapan.

Probabilitas dapat didefinisikan dalam dua cara [O'Connor (1991)]:

1. Jika sebuah kejadian dapat tejadi dalam N cara yang sama, dan jika kejadian A terjadi dalam n cara, maka probabilitas terjadinya A adalah:

   $P(A) \quad n/N$ (2.2.1)

2. Jika dalam suatu percobaan, sebuah kejadian A terjadi n kali dari N percobaan dan N, dan suatu nilai yang besar, probabilitas dari kejadian A mendekati n/N, yaitu:

   $$P(A) = \lim_{n \to \infty} \left(\frac{n}{N} \right) \qquad (2.2.2)$$

Definisi pertama mencakup contoh pada koin dan dadu, dan definisi kedua lebih mengarah pada *quality control* dan *reliability*.

Suatu angka probabilitas mengarahkan kita pada suatu tingkat kepercayaan pada suatu kejadian yang akan berlangsung. Misalnya dalam suatu pertandingan antara Kelompok A dengan Kelompok B, peluang kelompok A untuk menang 0.8 dan kelompok B adalah 0.2 maka kita akan lebih berkeyakinan bahwa Kelompok A yang akan keluar sebagai pemenang, walaupun kejadian yang akan datang belum kita ketahui.

Notasi-notasi dasar dan hukum-hukum probabilitas

1. Peluang terjadinya A dinotasikan sebagai $P(A)$.

2. Peluang gabungan terjadinya A dan B dinotasikan $P(AB)$.

3. Peluang terjadinya A atau B dinotasikan $P(A + B)$.

4. Peluang kondisional/bersyarat terjadinya A, dengan syarat B telah terjadi dinotasikan $P(A|B)$

5. Peluang komplemen, yaitu peluang tidak terjadinya A dinotasikan $P(\overline{A}) = 1 - P(A)$.

6. Jika (dan hanya jika) kejadian A dan B adalah kejadian bebas, maka

   $P(A|B) = P(A|\overline{B}) = P(A)$

   dan $P(B|A) = P(B|\overline{A}) = P(B)$ (2.2.3)

   $P(A)$ tidak mempunyai keterkaitan apakah B terjadi atau tidak dan sebaliknya.

7. Peluang gabungan terjadinya A dan B dimana A dan B saling bebas, maka

   $P(AB) = P(A)P(B)$ (2.2.4)

8. Jika kejadian A dan B saling tak bebas, maka

   $P(AB) = P(A)P(B|A) = P(B)P(A|B)$ (2.2.5)

   yaitu peluang terjadinya A dikali peluang terjadinya B dengan syarat kejadian A telah terjadi atau sebaliknya.

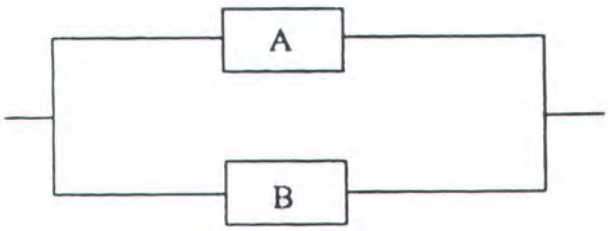
   Jika $P(A) \neq 0$ persamaan [2.11] dapat ditulis kembali

   $P(B|A) = \frac{P(AB)}{P(A)}$ (2.2.6)

9. Peluang terjadinya salah satu kejadian dari dua kejadian A dan B adalah:

$$P(A+B) = P(A) + P(B) - P(AB) \qquad (2.2.7)$$

10. Peluang terjadinya kejadian A atau B, jika A dan B adalah kejadian bebas adalah



gambar 2.3 Dual Redudant System

$$P(A+B) = P(A) + P(B) - P(A)P(B) \qquad (2.2.8)$$

11. Jika kejadian A dan B adalah satu sama lain saling ekslusif *(mutually exclusive)*, yaitu A dan B tidak dapat terjadi secara bersamaan maka:

$$P(AB) = 0$$

$$P(A+B) = P(A) + P(B) \qquad (2.2.9)$$

12. Jika diperbanyak, satu sama lain saling ekslusif, peluang keluarnya B_i, secara bersamaan memberi sebuah peluang keluarnya A, maka

$$P(A) = \sum_i P(AB_i) = \sum_i P(A|B_i)P(B_i) \qquad (2.2.10)$$

13. Menulis kembali persamaan [2.2.5]

$$P(AB) = P(A)P(B|A) = P(B)P(A|B)$$

diperoleh

$$P(A|B) = \frac{P(A)P(B|A)}{P(B)} \qquad (2.2.11)$$

rumusan di atas adalah bentuk sederhana dari bentuk teori Bayes. Bentuk yang lebih umum adalah sebagai berikut

$$P(A|B) = \frac{P(A)P(B|A)}{\sum_i P(B|E_i)P(E_i)} \qquad (2.2.12)$$

dimana E_i adalah kejadian yang ke i

2. 3 DISTRIBUSI PELUANG

Distribusi Peluang yang disajikan hanya Distribusi Peluang yang kontinu yaitu Normal dan Lognormal karena dalam Tugas Akhir ini hanya kedua distribusi ini yang dipakai.

2. 3.1 DISTRIBUSI NORMAL (GAUSSIAN)

Distribusi normal pertama kali dipelajari pada abad ke-18 ketika model kesalahan *(error)* pengukuran yang telah diobservasi mengikuti secara simetris, distribusi berbentuk lonceng. Hal ini pertama kali disajikan secara matematik pada tahun 1733 oleh DeMoivre, yang diperoleh sebagai sebuah bentuk batasan distribusi binomial. Distribusi tersebut juga diperkenalkan oleh Laplace pada tahun 1775. Meskipun menurut sejarah *error*, hal ini telah diberi tanda oleh Gauss, yang dipublikasi pertama muncul pada tahun 1809, dan istilah distribusi Gauss seringkali digunakan. Berbagai usaha telah dilakukan pada abad ke-18 dan 19 untuk menjadikan distribusi ini sebagai dasar hukum probabilita untuk seluruh jenis kontinu, maka istilah normal dapat digunakan.

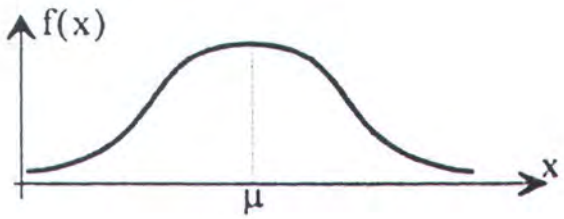
Distribusi normal dalam beberapa hal merupakan dasar dari statistik [Hines,W.W & Montgomery,D.C (1972)].

Persamaan distribusi ditulis sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{\sigma(2\pi)}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \qquad (2.3.1)$$

dimana μ adalah mean dan σ adalah varian.

Distribusi ini diilustrasikan secara grafik pada gambar



gambar 2.4 Distribusi Normal

Distribusi normal digunakan secara luas bahwa notasi yang disingkat $X \sim N(\mu,\sigma^2)$ sering digunakan untuk menunjukkan bahwa variabel random X adalah berdistribusi normal dengan rata-rata μ dan varian σ^2.

Beberapa sifat penting yang dimiliki distribusi normal:

1. $\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$ (2.3.2)

2. $f(x) \geq 0$ untuk seluruh x. (no. 1 & 2 dibutuhkan untuk seluruh fungsi densitas)

3. $\lim_{x \to -\infty} f(x) = 0$ dan $\lim_{x \to \infty} f(x) = 0$ (2.3.3)

4. $f[(x+\mu)]=f[-(x-\mu)]$, densitas tersebut adalah simetris disekitar μ.

   Karena ekor dari distribusi normal adalah simetris maka lebar ekor sebelah kiri sama dengan sebelah kanannya.

5. Nilai maksimum f terjadi pada $x = \mu$.

6. Titik perubahan dari f adalah pada $x = \mu \pm \sigma$.

Disamping sifat-sifat di atas, sebuah alasan yang penting sehingga distribusi ini diaplikasikan secara luas adalah ketika beberapa distribusi saling interferensi tanpa mempertimbangkan bagaimana bentuk distribusinya maka hasil peluang distribusi gabungan dapat didekati dengan distribusi normal [SSC 351, 1(990).]

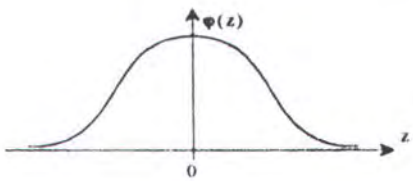
Fungsi distribusi F adalah:

$$F(x) = P(X \le x) = \int_{-x}^{x} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(1/2)[(u-\mu)/\sigma]^2} du \qquad (2.3.4)$$

Hal ini tidak mungkin untuk menghitung integral ini tanpa menggunakan metode-metode secara numerik, dan seringkali penilaian ini dilakukan dengan menyelesaikan masing-masing pasangan (μ,σ^2). Meskipun hanya dengan sebuah transformasi sederhana dari variabel $z=(x-\mu)/\sigma$, menyebabkan penilaian menjadi bebas dari μ dan σ. Yaitu:

$$F(x) = P(X \le x) = P\left(Z \le \frac{x-\mu}{\sigma}\right) = \int_{-x}^{(x-\mu)/\sigma} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} dz$$

$$= \int_{-x}^{(x-\mu)/\sigma} \varphi(z) dz = \Phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) \qquad (2.3.5)$$



gambar 2.5 Distribusi Normal Standar

Densitas tersebut

$$\varphi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}z^2\right) \quad -\infty < z < \infty \qquad (2.3.6)$$

mempunyai rata-rata 0 dan varian 1, yaitu $Z \sim N(0,1)$

Persamaan [2.3.6] merupakan fungsi distribusi standar normal seperti pada gambar 2.5.

Fungsi distribusi komulatifnya

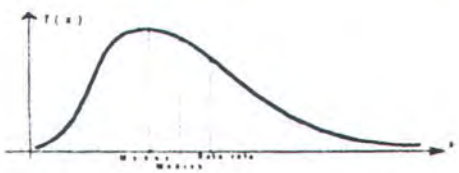
$$\Phi(z) = \int_{-\infty}^{z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-\tfrac{1}{2}u^2)du \qquad (2.3.7)$$

Pada lampiran 2 diberikan nilai-nilai fungsi distribusi komulatif standar normal dengan berbagai nilai z. Distribusi normal dapat dievaluasi dari standarisasi distribusi normal dengan menghitung variabel z dan mencocokan nilainya pada lampiran 2 untuk memperoleh nilai probabilitasnya.

2. 3.2 DISTRIBUSI LOGNORMAL

Distribusi log-normal dalam bentuk sederhana adalah fungsi densitas sebuah variabel yang logaritmanya mengikuti hukun distribusi normal. Distribusi lognormal didasarkan pada distribusi normal. Hal ini terlihat dari kombinasi random dengan sebuah proses perkalian.

Distribusi lognormal telah digunakan secara luas dalam berbagai bidang termasuk ilmu fisika, ilmu jiwa, ilmu sosial, dan rekayasa. Dalam penerapan direkayasa, distribusi lognormal telah digunakan untuk menggambarkan "waktu kegagalan" dalam reliabilitas rekayasa dan "waktu perbaikan" dalam kemampuan memperbaiki rekayasa. (Hines,WW. [1972])



gambar 2.6 Distribusi Lognormal

Distribusi ini mempunyai daerah tajam sehingga sering lebih cocok untuk data keandalan, misalnya populasi dengan karakteristik tertentu (SSC-351 [1990]). Distribusi ini muncul sebagai distribusi terbatas saat sebuah random variabel dihasilkan dari beberapa random variabel yang bebas dan terdistribusi secara identik.

Kita perhatikan sebuah variabel random X dengan ruang range $R_x = (x : x < \infty)$, dimana $Y = ln(x)$ berdistribusi normal dengan rata-rata μ_Y dan varian σ^2_Y, yaitu

Persamaan Lognormal distribusi ditulis sebagai berikut:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{x\sigma_Y\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \mu_Y}{\sigma_Y}\right)^2\right] & (x \geq 0) \\ 0 & (x < 0) \end{cases} \qquad (2.3.8)$$

$$\mu_X = exp(\mu_Y + \sigma^2_Y/2) \qquad (2.3.9)$$

$$\sigma_X = [exp(2\mu_Y + 2\sigma^2_Y) - exp(2\mu_Y + \sigma^2_Y)]^{0.5} \qquad (2.3.10)$$

dimana μ_Y dan σ_Y adalah mean dan varian dalam data ln.

Jika, $\mu_Y >> \sigma_Y$, Distribusi Lognormal akan mendekati Distribusi Normal.

2. 4 KONSEP DASAR KEANDALAN *(RELIABILITY)*

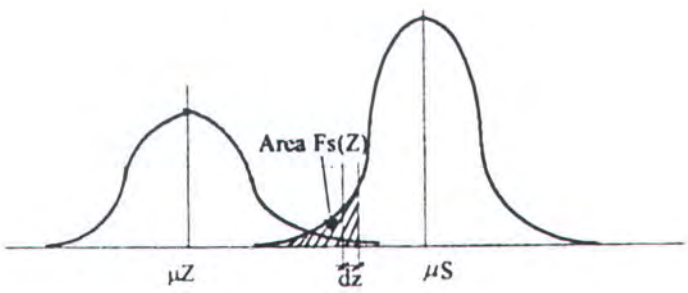
Secara tradisional, dalam disain suatu beam misalnya, para praktisi dan *designer* menggunakan nilai-nilai yang determinstik yang kaku dalam menentukan nilai bebannya maupun kekuatan beamnya. Pada kenyataannya nilai-nilai ini bukanlah suatu harga yang unik melainkan cenderung memiliki

distribusi peluang tertentu yang mencerminkan ketidakpastian-ketidakpastian yang melekat pada harga-harga beban dan kekuatan dari beam. Untuk mengakomodasi ketidaktahuan- ketiadaktahuan tersebut dipakai pendekatan angka keamanan yang biasanya menghasilkan suatu rancangan yang *Over Designed*

Teori keandalan struktur menitikberatkan pada penilaian ketidakpastian-ketidakpastian dan metode-metode pengkuantifikasi serta rasionalisasi dalam proses perancangan. Keandalan suatu struktur itu sendiri didefinisikan sebagai kemampuan struktur tersebut untuk memenuhi tujuan perancangannya dalam kondisi tertentu dan selang waktu tertentu [Thoft-Christensen (1986)]. Untuk memperkirakan keandalan suatu struktur yaitu dengan memperhatikan setiap bentuk kegagalan yang dapat terjadi. Artinya, kita memperhatikan setiap kemungkinan bahwa struktur tersebut tidak akan bertahan pada setiap bentuk kegagalan, selama selang waktu yang ditentukan. Ada banyak moda kegagalan, misalnya kekuatan material, stabilitas struktur, defleksi dan lain-lain, dan kita dapat menentukan keandalan struktur secara terpisah untuk setiap pola kegagalan.

Hasil suatu perhitungan keandalan hanya memberikan suatu angka yang dapat diartikan sebagai peluang kegagalan ataupun sukses dari suatu sistem/struktur yang ditinjau. Maksudnya disini adalah bahwa untuk menentukan suatu sistem/struktur tersebut laik atau tidak berdasarkan angka keandalan sangat bersifat subjektif, tergantung dari perancangnya, konsultan, *owner*, Biro Klasifikasi atau pihak yang berkepentingan.

Sebuah contoh yang sederhana, pada gambar 2.2 memperlihatkan fungsi kerapatan peluang *(Probability Density Function; pdf)* untuk variabel beban *(Z)* dan kekuatan *(S)*.



gambar 2 7 Interferensi dua distribusi peluang (Beban-Kekuatan)

Kita tetapkan suatu fungsi sederhana $g(s,z)$ yang disebut fungsi keadaan batas, yang menerangkan batas aman *safety margin* SM antara kekuatan beam dan beban yang bekerja, yaitu

$SM = g(s,z) = S - Z.$

S dan Z adalah variabel acak dan dapat diasumsikan mempunyai distribusi nilai. Beberapa keadaan berikut menerangkan kemungkinan yang dapat terjadi pada *beam* tersebut:

(i) $SM = g(s,z) < 0$; Keadaan dimana *beam* mengalami kegagalan, artinya beban Z melebihi kekuatan S.

(ii) $SM = g(s,z) > 0$; Keadaan aman, artinya beban Z lebih kecil dari kekuatan S.

(iii) $SM = g(s,z) = 0$; Keadaan dimana batas garis antara keadaan aman dan gagal.

Peluang terjadinya kegagalan pada keadaan pertama (i), dapat diterangkan secara sederhana sebagai berikut:

Perhatikan pada gambar 2.2 bahwa peluang harga beban Z akan berada pada interval dz, $(z-dz/2 \; ; \; z+dz/2)$ adalah $f_Z(z)dz$. Kegagalan akan terjadi jika harga kekuatan S lebih kecil dari harga Z dan peluang kejadian ini adalah $\int_0^z f_S(z)dz$ atau hasil fungsi distribusi komulatif (*Cumulative Distribution Function*; *cdf*) kekuatan beam pada nilai Z, $F_S(Z)$. Dengan memakai persamaan 2.10 maka peluang kejadiannya adalah $F_S(Z)f_Z(z)dz$, untuk total peluang kejadian P_f adalah:

$$P_f = \int_0^\infty F_S(Z)f_Z(z)dz \qquad (2.4.1)$$

2. 5 METODE *MEAN VALUE FIRST ORDER SECOND-MOMENT (MVFOSM)*

Jika Z adalah sebuah random variabel yang menyatakan beban yang bekerja dan S adalah sebuah random variabel yang menyatakan kekuatan material dan *safety margin* SM ditentukan sebagai :

$$M = S - Z \qquad (2.5.1)$$

Kegagalan akan terjadi saat beban Z yang bekerja melebihi kapasitas ultimate S, pada saat itu batas M bernilai negatif. Oleh karena itu probabilitas kegagalan p_f adalah

$$Pf = P[M \leq 0] = F_M(0) \qquad (2.5.2)$$

Jika beban Z dan kekuatan S merupakan variabel bebas maka harga rata-rata (mean) μ_M dan variansi σ_M^2 dari safety margin SM adalah

$$\mu_M = \mu_\Sigma - \mu_Z \qquad (2.5.3)$$

$$\sigma_M^2 = \sigma_\Sigma^2 - \sigma_Z^2 \qquad (2.5.4)$$

Standarisasi G, yang mempunyai nilai mean nol dan sebuah satandar deviasi, dapat ditulis sabagai

$$G = \frac{M-\mu_M}{\sigma_M} \qquad (2.5.5)$$

Kegagalan terjadi saat $M \leq 0$, sehingga persamaan [2.5.5] dapat ditulis

$$G = -\frac{\mu_M}{\sigma_M} = -\frac{\mu_S-\mu_Z}{\sqrt{\sigma_S^2+\sigma_Z^2}} \qquad (2.5.6)$$

dan persamaan 2.5.2 dapat ditulis:

$$Pf = F_M(0) = F_G\left[\frac{-\mu_M}{\sigma_M}\right] = F_G(-\beta) \qquad (2.5.7)$$

dimana $\beta = \mu_\mu/\sigma_\mu$ = indeks keamanan (*Safety Index*), yang merupakan invers dari koefisien variasi dari safety margin.

Dari hasil sebelumnya dapat digeneralisasikan sebagai berikut:

Tentukan fungsi keadaan batas $g(.)$ misalnya:

$$M = g(x_1, x_2, x_3, \ldots x_n) \qquad (2.5.8)$$

dimana x_i adalah variabel random. Keadaan batas yang diijinkan agar tidak terjadi kegagalan adalah

$$M = g(x_1, x_2, x_3, \ldots x_n) \leq 0 \qquad (2.5.9)$$

Fungsi keaadaan batas ini dapat dikembangkan dengan menggunakan Taylor's Series, dan jika hanya orde pertama yang diambil kita peroleh

$$g(x_1, x_2, x_3, \ldots x_n) \cong g(x_1^*, x_2^*, \ldots x_n^*) + \sum_i (x_i - x_i^*)\left(\frac{\delta g}{\delta x_i}\right)_{x^*} \qquad (2.5.10)$$

dimana x_i^* adalah titik linierisasi *(Linearization Point)*,dan turunan parsial dievaluasi di titik ini. Pada metode MVFOSM titik linierisasi ditentukan pada nilai mean $(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \ldots \bar{x}_n)$.

Mean dan *variance* dari M didekati dengan

$$\mu_m \cong g(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \ldots \bar{x}_n) \qquad (2.5.11)$$

$$\sigma_m^2 \cong \Sigma_i \Sigma_j (\delta g/\delta x_i)_{x^*} (\delta g/\delta x_j)_{x^*} \rho_{(xi,xj)} \sigma_{xi} \sigma_{xj} \qquad (2.5.12)$$

dimana $\rho_{(xi,xj)}$adalah koefisien korelasi.

Akurasi dari persamaan [2.5.11] dan persamaan [2.5.12] tergantung pada pengaruh dipenggalnya orde yang lebih tinggi pada persamaan.

Jika variabel x_i merupakan variabel bebas maka persamaan [2.5.12] dapat ditulis

$$\sigma_m^2 \cong \Sigma_i (\delta g/\delta x_i)_{x^*} \sigma_{xi}^2 \qquad (2.5.13)$$

Sebagai contoh, jika batas M dinyatakan dengan dua variabel S dan Z maka

$$M = g(x_1, x_2) = g(S, Z) = S - Z \qquad (2.5.14)$$

kemudian menggunakan persamaan [2.5.11] dan [2.5.13] untuk menentukan mean dan variansinya.

Metode ini disebut Metode *MVFOSM* karena linierisasi fungsi batas menggunakan tempat pada nilai mean (*Mean Value*: *MV*), dan hanya orde pertama (*First Order*: *FO*) dari Taylor's Series pada persamaan [2.5.10] yang

diambil dan hanya sampai pada momen kedua (*Second Moment*: *SM*) dari variabel randomnya (mean dan variansi) yang dipakai untuk menghitung keandalan.Tidak memakai seluruh distribusi probabilitasnya.

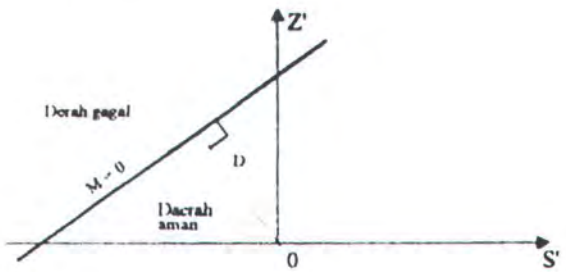
Interpretasi secara geometris adalah sebagai berikut.

Tentukan *Safety Margin* $SM = S - Z$ dimana S adalah kekuatan material dan Z beban yang bekerja. S dan Z variabel random bebas yang terdistribusi normal sehingga standarisasi dapat ditulis

$S' = \frac{S-\mu_s}{\sigma_s}$; $Z' = \frac{Z-\mu_z}{\sigma_z}$

$M = 0$ dapat ditulis:

$M = \sigma_S S' - \sigma_Z Z' + \mu_S - \mu_Z = 0$



gambar 2.8 Interpretasi Geometri Moda Kegagalan Linier

Jarak terpendek antara titik O dengan garis $M = 0$ adalah D :

$$D = \frac{\mu_S - \mu_Z}{\sqrt{\sigma_S^2 + \sigma_Z^2}} \qquad (2.5.15)$$

persamaan ini sama dengan persamaan [2.5.6]

Jadi $\beta = D$ untuk kasus fungsi batas yang linier. Jarak antara titik O dengan garis $M = 0$ dapat digunakan sebagai ukuran keandalan.

Metode *MVFOSM* ini mempunyai tiga kekurangan [SSC-351 (1990)]:

Pertama, jika fungsi batas $g(.)$ tidak linier dan linierisasi mengambil tempat pada nilai mean dari x_i, kesalahan mulai terjadi pada pertambahan jarak dari titik linierisasi karena pengabaian orde yang lebih tinggi.

Kedua, metode ini tidak mampu menghasilkan nilai yang sama untuk pengambilan fungsi batas yang berbeda pada persoalan yang sama. Jadi indeks keamanan β tergantung pada bagaimana formulasi fungsi keadaan batas.

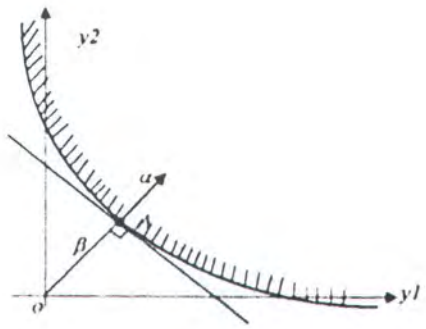
Ketiga, pada metode *MVFOSM*, indeks keamanan β dapat dihubungkan dengan dengan probabilitas kegagalan jika variabel x_i terdistribusi normal (dan fungsi batas $g(.)$ adalah linier dalam x_i). Kita tahu bahwa bending momen gelombang pada kapal mengikuti distribusi Weibull atau distribusi Eksponensial, sehingga butuh normalisasi distribusi.

2. 6 INDEKS KEANDALAN HASOFER DAN LIND

Kekurangan pertama dan kedua metode *MVFOSM* dapat dihindari dengan menggunakan cara yang diberikan Hasofer dan Lind. Prosedur yang dikembangkan oleh Hasofer dan Lind yaitu variabel x_i (variabel pada fungsi batas) ditransformasikan ke distribusi normal standar:

$$y_i = \frac{x_i - \overline{x_i}}{\sigma_{x_i}} \qquad (2.6.1)$$

Indeks keandalan Hasofer dan Lind didefinisikan sebagai jarak terpendek dari titk pusat O ke permukaan bidang gagal pada sistem koordinat variabel-variabel normal standar.Pada gambar 2.4, indeks keandalan sama dengan jarak OA. Titik A disebut *design point*.



gambar 2.9 Interpretasi Geometri Moda Kegagalan Non Linier

Untuk memperoleh titik A dapat dilakukan dengan menyelesaikan persamaan-persamaan berikut:

$$G(y_1^*, y_2^*, \ldots y_n^*) = 0 \qquad (2.6.2)$$

$$y_i^* = -\alpha_i^* \beta \qquad (2.6.3)$$

$$\alpha_i^* = \frac{\left(\frac{\delta G}{\delta y_i}\right)_{y_i^*}}{\sqrt{\sum_i \left(\frac{\delta G}{\delta y_i}\right)^2_{y_i^*}}} \qquad (2.6.4)$$

Prosedur ini yang diajukan oleh Hasofer dan Lind disebut *Advanced First Order Second Moment (AFOSM) method.*

Prosedur AFOSM dapat diringkas sebagai berikut:

1. Tentukan *Failur Function* untuk moda kegagalan yang ditinjau.

2. Karakterisasi perubah-perubah dasarnya, x_i.

3. Transformasikan setiap perubah dasar menjadi perubah dasar baku, y_i^*

4. Definisikan sebuah vektor satuan α_i^* dengan $y_i^* = \beta\alpha_i^*$.

5. Untuk persamaan-persamaan [2.6.2] sampai [2.6.4]:

- Tentukan α_1, α_2, ... α_n percobaan dan β percobaan.

- Hitung α_i dan β yang baru sampai konvergen.

2. 7 SIMULASI DAN METODE MONTE CARLO

2. 7.1 KONSEP UMUM

Secara umum, simulasi adalah sebuah cara untuk mengadakan eksperimen di laboratorium atau pada komputer digital dengan tujuan untuk memodelkan perilaku dari suatu sistem. Biasanya model simulasi menghasilkan data simulasi yang harus dianalisa secara statistik untuk memprediksi perilaku sistem pada waktu mendatang.

Nama *Metode Monte Carlo* deperkenalkan pertama kali pada tahun 1944 oleh von Newmann dan Ulam sebagai nama kode untuk proyek rahasia tentang difusi netron di Laboratorium Los Alamos. Simulasi Monte Carlo biasanya digunakan untuk persoalan-persoalan yang menyangkut perubah-perubah random yang telah diketahui atau telah diasumsikan distrubusi peluangnya. Dengan menggunakan teknik sampling statistik, suatu set variabel random dibangkitkan sesuai dengan distribusi peluangnya. Kemudian nilai-nilai ini diperlakukan sama seperti sampel hasil pengamatan eksperimen dan digunakan untuk memperoleh sebuah solusi sampel. Dengan mengulangi proses dan membangkitkan beberapa set sampel data, banyak

solusi sampel dapat ditentukan, kemudian dilakukan analisa secara statistik terhadap solusi sampel

Metode Monte Carlo mempunyai 3 langkah dasar:

a. Pensimulasian perubah-perubah random dan Pembangkitan beberapa data sampel menggunakan teknik sampling statistik.

b. Solusi dengan menggunakan data sampel.

c. Analisa secara statistik dari hasil-hasil tersebut.

Karena hasil dari teknik ini tergantung pada banyaknya sampel yang dipakai, maka kesalahan sampling sangat bersifat subjektif dan tidak dapat ditentukan secara eksak. Umumnya akurasi akan meningkat seiring dengan peningkatan ukuran sampel.

2. 7.2 PENGGUNAAN METODE MONTE CARLO PADA ANALISA KEANDALAN STRUKTUR.

Keandalan suatu struktur dapat diungkapkan dengan suatu fungsi keadaan batas (*Limit state*) $g(x) = g(x_1, x_2, ...x_n)$, dimana x_i adalah perubah-perubah dasar random. Pertidaksamaan $g(x) < 0$ menyatakan keadaan gagal dan $g(x) > 0$ menyatakan aman. Pendekatan dengan menggunakan simulasi Monte Carlo, sebuah sampel random yang berisikan nilai dari perubah dasar dibangkitkan secara numerik sesuai dengan distribusi peluangnya. Angka-angka random tersebut disubstitusikan kedalam fungsi keadaan batas kemudian dihitung. Dilihat apakah bernilai positif atau negatif

(*i.e.* aman atau gagal). Dengan mengulangi proses ini berulang-ulang maka kita dapat mensimulasi distribusi peluang dari $g(x)$.

BAB 3

ANALISA KEANDALAN STRUKTUR TERAPUNG DENGAN METODE ADVANCED FIRST ORDER SECOND MOMENT (AFOSM)

BAB 3

ANALISA KEANDALAN STRUKTUR TERAPUNG DENGAN METODE *ADVANCED FIRST ORDER SECOND MOMENT (AFOSM)*

Struktur terapung yang dianalisa adalah Kapal Penumpang Pax-500 dengan spesifikasi sebagai berikut:

- *Length Over All* : ± 74.00 m
- *Length Between perpendiculars* : 68.00 m
- *Breadth* : 15.20 m
- *Mean Draught* : ± 2.85 m
- *Dead weight* : ± 400.00 MT
- *Accommodation*:
  - *1st Class Passengers* : 10 persons
  - *2nd Class Passengers* : 24 persons
  - *Economy Class Passengers* :466 persons
  - *Passengers total* : 500 persons
- *Crew* : 43 persons

Prosedur perhitungan keandalan yang dilakukan adalah sebagai berikut: :

3. 1 PENETAPAN MODA KEGAGALAN/KEADAAN BATAS *(LIMIT STATE)*

Menurut Huges, O. (1983), kegagalan untuk member baja dapat dibagi dalam tiga macam:

a. Terbentuknya daerah plastis secara lokal dalam areal yang luas.

(Large local plasticity).

b. Ketidakstabilan *(Instability).*

- *Bifurcation.*

- *Non bifurcation*

c. Keretakan *(Fracture).*

- *Direct (Tensile rupture).*

- *Fatique.*

- *Brittle.*

Dalam tugas akhir ini moda kegagalan yang dipakai yaitu jika tegangan nominal yang terjadi pada *main deck* atau *bottom plate* melewati titik yield material plat yang dipakai, dan diformulasikan:

$$SM \leq \sigma_{yield} - \sigma_{nominal} \qquad (3.1.1)$$

dimana M: Mode kegagalan

σ_{yield} : Tegangan Yield material.

$\sigma_{nominal}$

Teori Balok Sederhana dipakai dalam Tugas Akhir ini untuk mencari tegangan aksial nominal akibat *Bending Moment*. Dengan mengasumsikan badan kapal sebagai balok sederhana (*Simple Beam*), persamaan [3.1.1] dapat ditulis:

$$SM = \sigma_{yield} - \frac{XM_z y}{I_{xx}} \qquad (3.1.2)$$

dimana σ_{yield} adalah tegangan luluh bahan, X adalah faktor pengali ketidakpastian pemodelan *(Modelling Uncertainties)*, M_z adalah momen vertikal memanjang kapal, y adalah jarak bagian penampang kapal yang terjauh dari sumbu netral dalam arah vertikal (sumbu y), dan I_{xx} adalah momen inersia penampang kapal terhadap sumbu netral.

Beberapa alasan mengapa dipilih *First Yielding* sebagai moda kegagalan antara lain yaitu,

- Kebanyakan Regulasi mengisyaratkan batas kegagalan suatu member baja pada *first yielding point*.
- Dalam perhitungan *Simple Beam Theory* mengasumsikan bahwa material yang ditinjau adalah elastis, sehingga jika meterial mengalami deformasi plastis teori di atas tidak berlaku lagi.
- Pada daerah plastis, saat material mengalami deformasi plastis lokal dan berkembang agak besar atau telah terjadi beberapa titik, ketebalannya menjadi berkurang dan defleksi meningkat secara cepat, bahkan berkembang menjadi besar sehingga struktur tersebut dapat dikatakan gagal; tidak dapat memenuhi tujuan perancangan secara penuh. [Huges, O. (1983)].

3. 2 PENENTUAN DAN KARAKTERISASI PERUBAH-PERUBAH DASAR *(BASIC VARIABLE I.E RANDOM VARIABLES)* .

Seluruh komponen yang terdapat pada persamaan [3.1.2] ditentukan sebagai perubah dasar.

3.2.1 TEGANGAN LULUH BAHAN, σ_{yield} *(S)*.

Pada dekade sebelum ini, berdasarkan Report dari Basar tahun 1978, survey yang memberikan hasil data statistik dan distribusi mengenai tegangan luluh material pada industri maritim, masih jarang. Sehingga sulit menemukan referensi pustaka yang memberikan data statistik dan distribusi yang memuaskan. Tetap pada kebanyakan referensi menyarankan dan memakai pendekatan distribusi normal untuk kekuatan material dan lognormal untuk suatu pembebanan.

Nilai mean dan *COV* (*Coefficient of Variation*) tegangan luluh yang dipakai dalam perhitungan akan divariasikan berdasarkan beberapa jenis material.

Tabel 3 1 Yield Strength Data

Test	No of Samples	Mean (psi)	Mean (10^3 kPa)	COV	Distribution	Remarks
Yield stress		66000	455 05	0 091	assumed Lognormal	milltest I containment vessel SA537 Gr B
Yield stress		39600	273 03	0 1	assumed Lognormal	mill test I containment vessel SA36
Yield stress	9	35021	241 46	0.042	extreme Type I	cold straightened shape HE200B
Yield stress	32	36583	252 23	0 0922	extreme Type I	cold straightened shape HE200B
Yield stress	19857	40073	276 29	0.103	extreme Type I	mill test
Yield stress	19217	43475	299 75	0 099	extreme Type I	mill test

Yield stress	11170	57616	397.25	0.057	extreme Type I	mill test
Yield stress	2447	63336	436.69	0.054	extreme Type I ...	mill test mill test
Upper yield point	3974	40000	275.79	0.087	Lognormal	implys lognormal, refers to Freudenthal, ASCE, Vol. 121, 1956
Yield stress	400	44000	303.37	0.11	...	
Yield stress	33	36091	248.83	0.059	...	1948 test, ABS Class A plates 7/18 and 1/2 in
Yield point	79	34782	239.81	0.116	...	1948 test, ABS Class B plates 9/16, 5/8 11/16, 3/4, 13/16, 7/8, 15/16, 1 in
Yield point	13	33831	233.26	0.081	...	1948 test, ABS Class C plates 1 5/8, 1 3/16, 1 1/4, 1 3/4, 1 1/2 in
Yield strength	39	34850	240.28	0.044	Normal	3/4 in. ABS B steel
Yield strength	36	35000	241.32	0.069	...	1 1/4 in. ABS C steel
Yield point	3124	39360	271.38	0.078	...	ASTM mill test
Yield point	35	42900	295.78	0.103	...	mill test $\dot{\varepsilon} = 100\ \mu$ in./in./sec
Yield stress level	35	41200	284.06	0.102	...	same specimens as above, simulated mill test
Yield stress level	35	34000	234.421	0.121	...	same specimens as above, stub colums test, static strain rate
Yield stress 0.2%	50	61780	425.96	0.034	not Normal not Lognormal	cold-rolled rods
Yield stress 0.2%	38	40530	279.44	0.045	not Normal not Lognormal	hot-rolled rods
Lower yield	22	30923	213.21	0.11	...	carbon structural 3/4 and 1 in. plate and 7/8 in., angle
Lower yield	20	42675	294.23	0.079	...	low-alloy 3/4 and 1 in., plate
Lower yield	10	50290	346.74	0.068	...	low-alloy 3/4 in. plate
Yield point	120	35080	241.87	0.038	...	ASTM A7-55T WF beams, flanges
Yield point	58	39079	269.44	0.044	...	ASTM A7-55T WF beams, webs
Yield point	54	38000	262	0.0261	...	ASTM A7-55T WF beams, cover plates
Yield stress	...	41800	288.2	0.1	Lognormal assumed	Mill test, 4 different containment vessels, SA516 GR70
Yield stress				0.066	Lognormal assumed	Mill test, 1 containment vessel, SA516 GR70

Faulkner, D (1992) memberikan nilai *COV* untuk *Yield Stress* antara 6% sampai 9%.

3.2.2 FAKTOR PENGALI KETIDAKPASTIAN PEMODELAN (*X*)

Ketidaktentuan pemodelan biasanya tergabung dalam analisa keandalan dengan memasukkan parameter pemodelan yang dilambangkan, X_m, yang merupakan perbandingan antara respons yang sebenarnya dan respons pemodelan [Faulkner (1992)]:

X_m = *actual response/predicted (modelled) response* (3.2.1)

X_m biasanya diasumsikan terdistribusi normal dengan nilai rata-rata $\overline{X_m}$ antara 0.95 sampai 1.05 dan COV antara 15% - 25% untuk *Ship bending-extreme distribution.*

Faktor pengali ini diikutsertakan dalam persamaan *Safety Margin* sebagai kompensasi atas ketidakpastian nilai Momen Vertikal akibat gelombang, yang diperoleh dari rumus pendekatan yang diterbitkan oleh badan regulasi American Bureau of Shipping ABS (1996)

3.2.3 MOMEN VERTIKAL MEMANJANG KAPAL (M_z).

Data Bending Moment Still Water PAX-500 diperoleh dari PT. PAL Indonesia selaku perancangnya. Perhitungan bending momen akibat gelombang yang diberikan ABS '96 sebagai berikut:

$M_{ws} = -k_1 C_1 L^2 B(C_b + 0.7) \times 10^{-3}$ *(kN.m) in sagging* (3.2.2)

$M_{wh} = +k_2 C_1 L^2 B C_b \times 10^{-3}$ *(kN.m) in hogging* (3.2.3)

$k_1 = 110$

$k_2 = 190$

$C_1 = 0.044L + 3.75$ $\quad 61 \leq L < 90\ m$

dimana: M_w : ***Wave bending moment***

L : ***Length***

B : ***Breadth***

C_b : ***Block coefficient***

$M_{ws} = -110(6.742)(68)^2(15.2)(0.6897 + 0.7) \times 10^{-3}$

$= -72437.57$ *(kN.m) in sagging.*

$M_{wh} = +190(6.742)(68)^2(15.2)(0.6897) \times 10^{-3}$

$= +62096.09$ *(kN.m) in hogging.*

Kondisi pembebanan *still water* yang diambil adalah sebagai berikut:

Passenger, full cargo & 50% store; seaway.

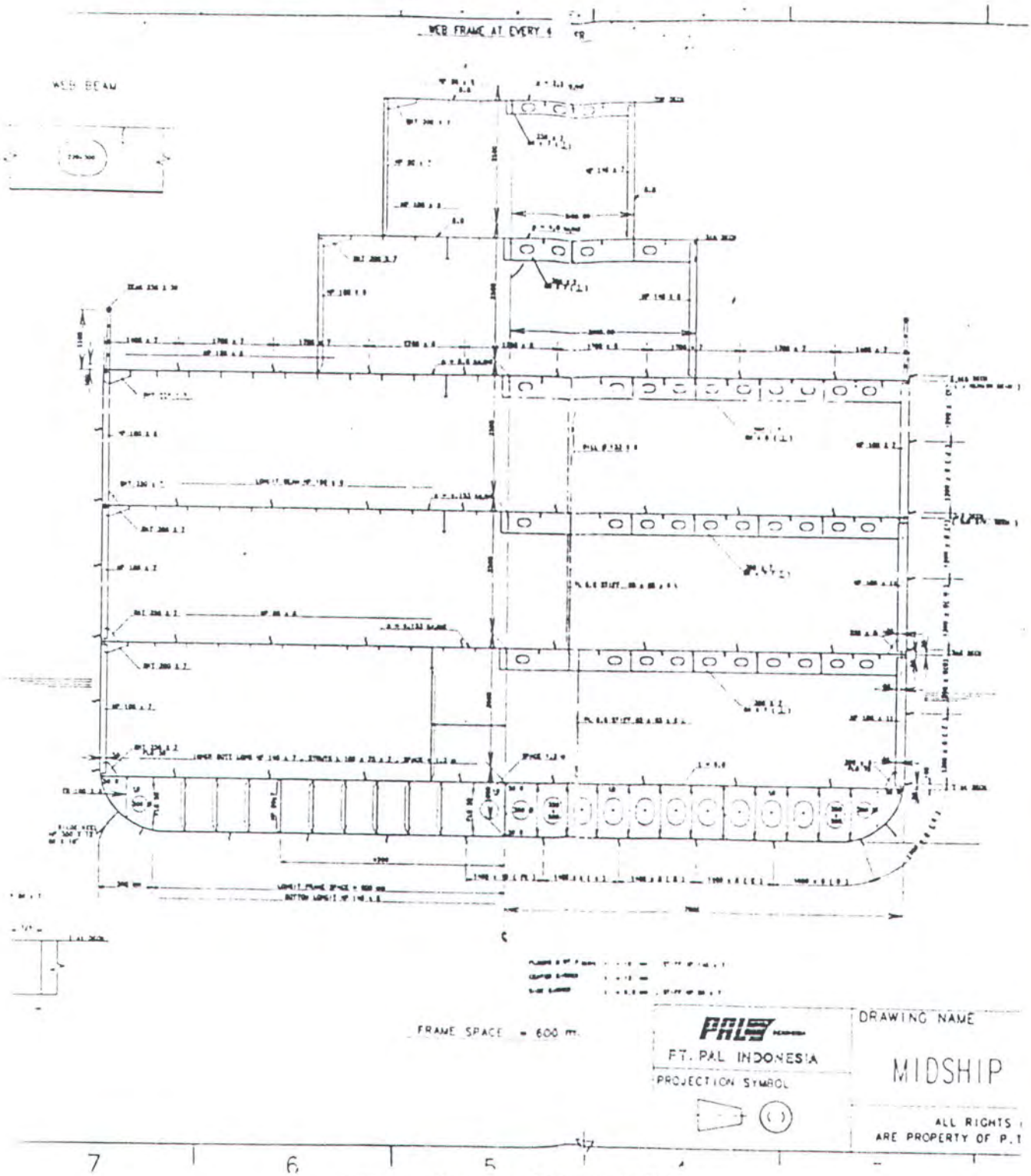
Sheer force (Min)	: -190.0 ton	position: 55.8 m aft AP
Sheer force (Max)	: +165.5 ton	10.8 m
Sagging Moment	: - 0.1 ton.m	-2.5 m
Hogging	: + 3865.7 ton.m	35.4 m

Pada kondisi ini kapal sedang dalam perjalanan dengan kapasitas penumpang dan cargo penuh dan perbekalan *50%*. Pada kondisi ini kapal akan terpengaruh oleh beban gelombang sehingga bending momen yang terjadi adalah jumlah dari *Still Water Bending Moment dan Wave Bending Moment*. Distribusi peluang untuk momen bending ini diasumsikan sebagai Lognormal.

Momen Bending Total (M)= Wave Bending Moment + Still Water Bending Moment

$M_{Sagging}$ = -72437.57 + (-0.1 x 9.81) = -72438.551 kN.m

$M_{Hogging}$ = +62096.09 + (3865.7 x 9.81) = 100018.607 kN.m



gambar 3 1 Penampang Melintang PAX-500

3.2.4 JARAK BAGIAN PENAMPANG KAPAL YANG TERJAUH DARI SUMBU NETRAL (*z*) DAN MOMEN INERSIA (*I*).

Dari gambar 3.1 (Penampang melintang midship PAX-500), Momen Inersia dan jarak terjauh bagian penampang kapal terhadap sumbu netral, dapat dihitung seperti dalam tabel 3.2.

Tabel 3.2 Perhitungan Momen Inersia dan jarak terjauh dari sumbu netral

Item	Scantling [mm x mm]	Area a [m^2]	Height h [m]	Moment ah	2nd Moment ah^2	Local 2nd Moment i [m^4]
Plat 4th Deck	(4900 x 7) + (2640 x 6)	0.05014	8.5	0.42619	3.622615	diabaikan
Plat 3rd Deck	7600 x 7	0.0532	6	0.3192	1.9152	diabaikan
Plat 2nd Deck	7600 x 7	0.0532	3.5	0.1862	0.6517	diabaikan
Plat 1st Deck	7600 x 8	0.0608	1	0.0608	0.0608	diabaikan
Penguat Memanjang 4th Deck	120 x 6 (11 pcs)	0.0072	8.44	0.060768	0.512882	diabaikan
Penguat Memanjang 3rd Deck	180 x 6 (11 pcs)	0.0108	5.91	0.063828	0.377223	diabaikan
Penguat Memanjang 2nd Deck	80 x 6 (12 pcs)	0.0052	3.46	0.018269	0.06321	diabaikan
Penguat Memanjang 1st Deck	140 x 7 (11 pcs)	0.0098	0.93	0.009114	0.008476	diabaikan
Plat Samping Badan Kapal	7500 x 8	0.06	4.75	0.285	1.35375	0.28125
Bilge Keel	300 x 12; 80 x 10	0.004	0.024	0.000096	0.000002	diabaikan
4th Hatch Side Girder	340 x 7; 80 x 8	0.00302	7.207	0.021765	0.156861	0.00004
3rd Hatch Side Girder	340 x 7; 80 x 7	0.00294	5.797	0.017043	0.098799	0.00004
2nd Hatch Side Girder	340 x 7; 80 x 7	0.00294	3.297	0.009693	0.031958	0.00004
Terusan Side Girder 1st deck	80 x 7	0.00056	0.92	0.000515	0.000474	diabaikan
Side girder	840 x 9	0.00756	0.5	0.00378	0.00189	diabaikan
Terusan Side Girder Plat Dasar	80 x 7	0.00056	0.08	0.000045	0.000004	diabaikan
Center girder (1/2)	1000 x 6	0.006	0.5	0.003	0.0015	0.0005
Plat Dasar	6690 x 8	0.0528	0	0	0	diabaikan
Bilge (curved portion)	R = 1 bh; t = 8 mm	0.01108	0.36338	0.004026	0.001463	0.00177
Penguat Memanjang Plat Dasar	140 x 8 (10 pcs)	0.0112	0.07	0.000784	0.000055	diabaikan
Totals (for half section)		**0.41308**		**1.490117**	**8.858863**	**0.299305**

Tinggi sumbu netral (*NA*):

$NA = \Sigma(ah) / \Sigma(a)$

= 1.490 / 0.413

= 3.61 m (di atas keel)

Moment Inertia for half section (1/2 I_{ZZ}):

1/2 I_{ZZ} = Σ(i) + Σ(ah²) : 9.1581 m^4

Parallel axis term = -Σ(a) (NA)² :- 5.3822 m^4

3.7759 m^4

Full value

Area (A): 0.826 m^2

Moment Inertia (I): 7.5518 m^4.

Jarak *NA* dengan *Main Deck* (s_{MD}) : 4.89 m

Jarak *NA* dengan *Bottom Line* (s_{BL}): 3.61 m

Faulkner (1992) memberikan nilai *COV* untuk *Cross-section scantlings* antara *2%* sampai *4%*. Dengan pertimbangan terjadinya akumulasi ketidaktentuan dan pengabaian-pengabaian *scantlings* yang kecil-kecil dalam perhitungan, maka *COV* diambil kira-kira *10%* sampai *15%*.

Karakterisasi dari perubah dasar ditabelkan seperti berikut:

Tabel 3 3 Karakterisasi Perubah Dasar

Variabel	Mean/Modus	COV	Tipe Distribusi
σ_{yield}	Bervariasi	9%	Normal
X	1	15%	Normal
M	Bervariasi	40%	Lognormal
$y_{maindeck}$	4.89	10%	Normal
I	Bervariasi	15%	Normal

Untuk distribusi lognormal input distribusi berupa nilai Modus (Nilai yang paling sering muncul) dan Median (Nilai tengah). Dari input tersebut kemudian dicari nilai parameter-parameternya (ie. μ_y dan σ_y), dan nilai Mean (μ_x) dan *COV*-nya.

$\mu_y = ln(Median)$

$\sigma_y = \sqrt{\mu_y - \ln(modus)}$

$Mean,\ (\mu_x) = exp(\mu_y + 0.5\sigma_y^2)$

$Varian^2,\ (\sigma_x^2) = exp(2\mu_y + 2\sigma_y^2) - exp(2\mu_y + \sigma_y^2)$

3. 3 PENGHITUNGAN KEANDALAN DENGAN METODE ADVANCED FIRST ORDER SECOND MOMENT.

1. Normalisasi *Basic Variable* (σ_{yield}, M, z, I)

- Tegangan luluh bahan: σ_{yield} (S)

$Z_1 = \frac{S-\mu_S}{\sigma_S}$

$S = \mu_S + \sigma_S Z_1$

- Faktor pengali ketidakpastian model (X)

$Z_2 = \frac{X-\mu_x}{\sigma_x}$

$X = \mu_X + \sigma_X Z_2$

- Momen pada penampang midship: (M)

$Z_3 = \frac{M-\mu_M}{\sigma}$

$M = \mu_M + \sigma_M Z_3$

- Jarak terjauh penampang terhadap sumbu netral: (z)

$Z_4 = \frac{z-\mu_z}{\sigma}$

$z = \mu_z + \sigma_z Z_4$

- Momen inersia penampang midship (I)

$Z_5 = \frac{I-\mu_I}{\sigma}$

$I = \mu_I + \sigma_I Z_5$

2. Fungsi Bidang Batas (*Failur Surface*) pada sistem Z-Koordinat:

$$S - XM\,z / I = 0 \qquad (3.2.4)$$

Substitusi semua perubah dasar yang telah dinormalisasi ke persamaan *fungsi batas*:

$$F(Z_i) = (\mu_S+\sigma_S Z_1) - (\mu_X+\sigma_X Z_2)\,(\mu_M + \sigma_M Z_3)(\mu_z + \sigma_z Z_4)/(\mu_I + \sigma_I Z_5) = 0$$

atau

$$F(Z_i) = (\mu_S + \sigma_S Z_1)\,(\mu_I + \sigma_I Z_5) - (\mu_X+\sigma_X Z_2)\,(\mu_M + \sigma_M Z_3)(\mu_z + \sigma_z Z_4) = 0$$

atau

$$F(Z_i) = (\mu_I\mu_S+\mu_S\sigma_I Z_1+\mu_I\sigma_S Z_5+\sigma_I\sigma_S Z_1 Z_5)-(\mu_X\mu_M\mu_4+\mu_X\mu_4\sigma_z Z_z$$

$$+\mu_X\mu_4\sigma_M Z_3+\mu_4\sigma_X\sigma_M Z_2 Z_3+\mu_X\mu_M\sigma_4 Z_4+\mu_M\sigma_X\sigma_z Z_z Z_4$$

$$+\mu_z\sigma_M\sigma_4 Z_1 Z_4+\sigma_X\sigma_M\sigma_4 Z_2 Z_3 Z_4)=0 \qquad (3.2.5)$$

3. Menentukan unit vektor α sehingga $Zi = \beta\alpha_i$

$$S = \mu_S + \sigma_S\beta\alpha_1$$

$$X = \mu_X + \sigma_X\beta\alpha_2$$

$$z = \mu_z + \sigma z\beta\alpha_3$$

$$M = \mu_M + \sigma_M\beta\alpha_4$$

$$I = \mu_I + \sigma_I\beta\alpha_5$$

4. Fungsi batas ditulis kembali sebagai fungsi dari $\beta\alpha_i$

$$F(\alpha\beta_i)=(\mu_I\mu_S+\mu_S\sigma_I\alpha_I\beta+\mu_I\sigma_S\alpha_S\beta+\sigma_I\sigma_S\alpha_I\beta\alpha_S\beta)-(\mu_X\mu_M\mu_4+\mu_X\mu_4\sigma_z\alpha_z\beta$$

$$+\mu_X\mu_4\sigma_M\alpha_M\beta+\mu_4\sigma_X\sigma_M\alpha_M\beta\alpha_M\beta+\mu_X\mu_M\sigma_4\alpha_4\beta+\mu_M\sigma_X\sigma_z\alpha_z\beta\alpha_4\beta$$

$$+\mu_2\sigma_3\sigma_4\alpha_3\beta\alpha_4\beta+\sigma_2\sigma_3\sigma_4\alpha_3\beta\alpha_3\beta\alpha_4\beta) = 0 \qquad (3.2.6)$$

5. Menghitung Indeks keandalan (β) dengan menyelesaikan persamaan-persamaan berikut:

$$\beta=(\mu_1\mu_5-\mu_3\mu_3\mu_4)/(\mu_3\mu_4\sigma_2\alpha_2+\mu_3\mu_4\sigma_3\alpha_3+\mu_4\sigma_2\sigma_3\alpha_2\alpha_3\beta+\mu_3\mu_3\sigma_4\alpha_4$$

$$+\mu_3\sigma_2\sigma_4\alpha_2\alpha_4\beta+\mu_2\sigma_3\sigma_4\alpha_3\alpha_4\beta+\sigma_2\sigma_3\sigma_4\alpha_2\alpha_3\beta\alpha_4\beta$$

$$-\mu_5\sigma_1\alpha_1-\mu_1\sigma_5\alpha_5-\sigma_1\sigma_5\alpha_1\alpha_5\beta) \qquad (3.2.7)$$

dimana $\alpha_i = -\frac{1}{k}\left[\frac{\delta M(\beta\alpha_i)}{\delta(z_i)}\right]$ (3.2.8)

α_1= -1/k ($\mu_5\sigma_1+\sigma_1\sigma_5\alpha_5\beta$) (3.2.8a)

α_2= -1/k ($-\mu_3\sigma_3\mu_4-\sigma_2\sigma_3\mu_4\alpha_3\beta-\mu_3\sigma_2\sigma_4\alpha_4\beta-\sigma_2\sigma_3\sigma_4\alpha_3\alpha_4\beta^2$) (3.2.8b)

α_3= -1/k ($-\mu_2\sigma_3\mu_4-\sigma_2\sigma_3\mu_4\alpha_2\beta-\mu_2\sigma_3\sigma_4\alpha_4\beta-\sigma_2\sigma_3\sigma_4\alpha_2\alpha_4\beta^2$) (3.2.8c)

α_4= -1/k ($-\mu_3\mu_3\sigma_4-\mu_3\mu_2\sigma_4\alpha_2\beta-\mu_2\sigma_3\sigma_4\alpha_3\beta-\sigma_2\sigma_3\sigma_4\alpha_2\alpha_3\beta^2$) (3.2.8d)

α_5= -1/k ($\mu_1\sigma_5+\sigma_1\sigma_5\alpha_1\beta$) (3.2.8e)

dimana $k = \left[\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{\delta M(\beta\alpha_i)}{\delta Z_j}\right)^2\right]^{1/2}$ (3.2.9)

Persamaan [3.2.7], [3.2.8], [3.2.9] di atas diselesaikan secara iterasi dengan memasukkan harga-harga awal untuk β, α_1, α_2, α_3, α_4, dan α_5. Hasilnya dicari dengan bantuan program komputer dan diplotkan pada grafik.

Tabel 3 4 Hasil Perhitungan Keandalan AFOSM dengan nilai I=6,5 m^4

Moment of Inertia = 6.5 m^4

Tabel 3.4 Hasil Perhitungan Keandalan AFOSM dengan nilai I=6,5 m^4

Moment of Inertia = 6.5 m^4

BM	Indeks Keselamatan (β)					
	160000 kN/m^2	200000 kN/m^2	240000 kN/m^2	280000 kN/m^2	320000 kN/m^2	360000 kN/m^2
50000	3.786	4.374	4.814	5.144	5.392	5.581
60000	3.282	3.897	4.374	4.749	5.044	5.277
70000	2.85	3.475	3.972	4.374	4.701	4.967
80000	2.475	3.102	3.61	4.027	4.374	4.663
90000	2.147	2.77	3.282	3.709	4.069	4.374
100000	1.857	2.475	2.987	3.418	3.786	4.102
110000	1.6	2.209	2.719	3.152	3.525	3.847
120000	1.369	1.969	2.475	2.908	3.282	3.61
130000	1.161	1.751	2.251	2.683	3.085	3.388
140000	0.973	1.552	2.046	2.475	2.85	3.181
150000	0.801	1.369	1.857	2.282	2.656	2.987

Tabel untuk gambar 3.2

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Keandalan AFOSM Dengan I=7,0 m^4

Moment of Inertia = 7.0 m^4

BM	Indeks Keselamatan (β)					
	160000 kN/m^2	200000 kN/m^2	240000 kN/m^2	280000 kN/m^2	320000 kN/m^2	360000 kN/m^2
50000	3.986	4.558	4.978	5.286	5.514	5.685
60000	3.489	4.094	4.558	4.916	5.193	5.408
70000	3.058	3.679	4.168	4.558	4.871	5.121
80000	2.683	3.309	3.812	4.222	4.558	4.835
90000	2.353	2.979	3.489	3.911	4.263	4.558
100000	2.06	2.683	3.195	3.624	3.986	4.295
110000	1.8	2.415	2.927	3.359	3.728	4.046
120000	1.565	2.173	2.683	3.116	3.489	3.812
130000	1.353	1.953	2.458	2.891	3.266	3.593
140000	1.161	1.751	2.251	2.683	3.058	3.388
150000	0.986	1.565	2.06	2.489	2.864	3.195

Tabel 3.6 Hasil Perhitungan Keandalan AFOSM Dengan Nilai I=7,55 m^4

Moment of Inertia = 7.55 m^4

BM	Indeks Keselamatan (β)					
	160000 kN/m^2	200000 kN/m^2	240000 kN/m^2	280000 kN/m^2	320000 kN/m^2	360000 kN/m^2
50000	4.186	4.739	5.135	5.42	5.627	5.78
60000	3.697	4.291	4.739	5.078	5.335	5.531
70000	3.27	3.885	4.363	4.739	5.035	5.268
80000	2.895	3.52	4.016	4.415	4.739	5.001
90000	2.564	3.191	3.697	4.112	4.454	4.739
100000	2.27	2.895	3.406	3.83	4.186	4.485
110000	2.006	2.627	3.14	3.569	3.933	4.244
120000	1.769	2.384	2.895	3.328	3.697	4.016
130000	1.553	2.161	2.67	3.104	3.477	3.8
140000	1.357	1.957	2.462	2.895	3.27	3.597
150000	1.178	1.769	2.27	2.701	3.077	3.406

Tabel untuk gambar 3.4

Tabel 3.7 Hasil Perhitungan Keandalan AFOSM Dengan Nilai I= 8,0 m^4

Moment of Inertia = 8.0 m^4

BM	Indeks Keselamatan (β)					
	160000 kN/m^2	200000 kN/m^2	240000 kN/m^2	280000 kN/m^2	320000 kN/m^2	360000 kN/m^2
50000	4.335	4.871	5.247	5.514	5.706	5.847
60000	3.855	4.438	4.871	5.193	5.435	5.617
70000	3.432	4.04	4.508	4.871	5.153	5.373
80000	3.058	3.679	4.168	4.558	4.871	5.121
90000	2.727	3.353	3.855	4.263	4.597	4.871
100000	2.431	3.058	3.567	3.986	4.335	4.626
110000	2.166	2.79	3.302	3.72	4.088	4.392
120000	1.926	2.546	3.058	3.489	3.855	4.168
130000	1.709	2.322	2.833	3.266	3.637	3.956
140000	1.51	2.116	2.625	3.058	3.432	3.756
150000	1.328	1.926	2.431	2.864	3.239	3.567

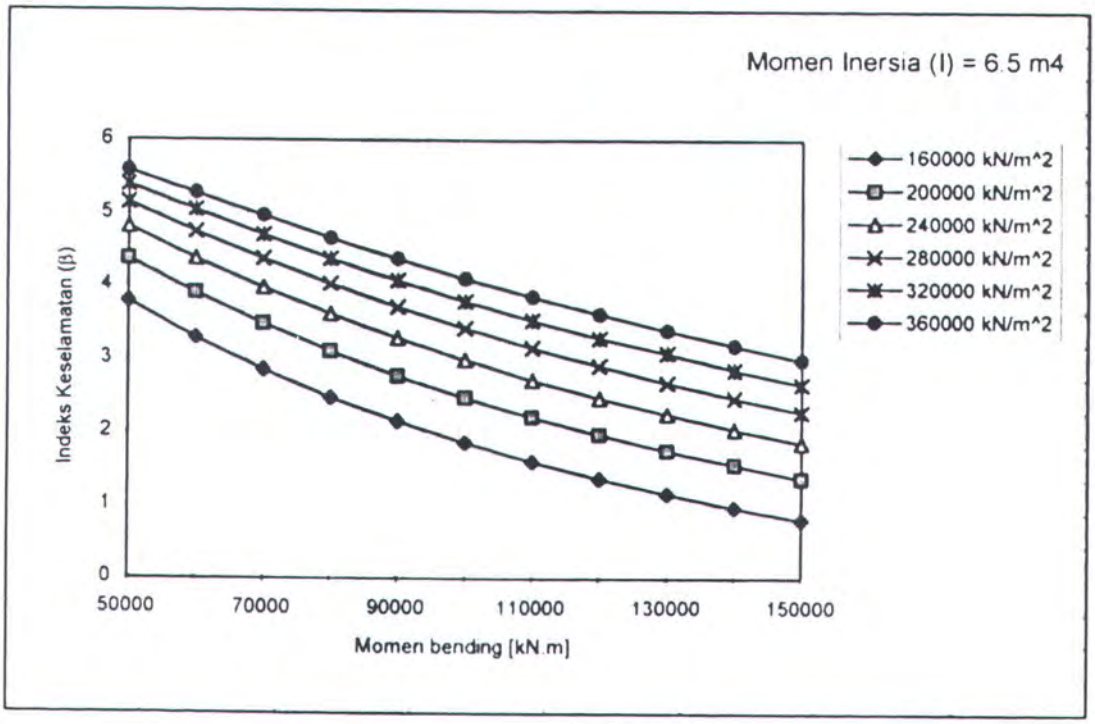
Tabel untuk gambar 3.5

Tabel 3.8 Hasil Perhitungan Keandalan AFOSM Dengan Nilai I= 8,5 m^4

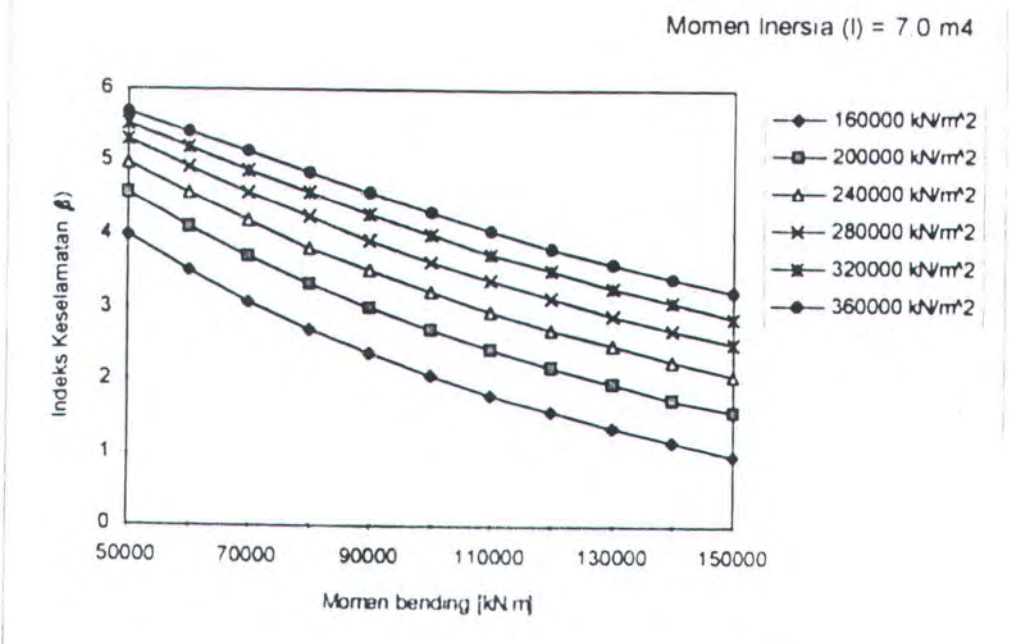
Moment of Inertia = 8.5 m^4

BM	Indeks Keselamatan (β)					
	160000 kN/m^2	200000 kN/m^2	240000 kN/m^2	280000 kN/m^2	320000 kN/m^2	360000 kN/m^2
50000	4.487	5.003	5.358	5.605	5.781	5.911
60000	4.018	4.587	5.003	5.305	5.532	5.7
70000	3.599	4.199	4.655	5.003	5.27	5.475
80000	3.228	3.844	4.325	4.704	5.003	5.24
90000	2.897	3.522	4.018	4.417	4.74	5.003
100000	2.601	3.228	3.733	4.146	4.487	4.769
110000	2.334	2.961	3.471	3.893	4.246	4.542
120000	2.093	2.716	3.228	3.656	4.018	4.325
130000	1.873	2.491	3.003	3.435	3.802	4.117
140000	1.672	2.284	2.795	3.228	3.599	3.92
150000	1.488	2.093	2.601	3.035	3.408	3.733

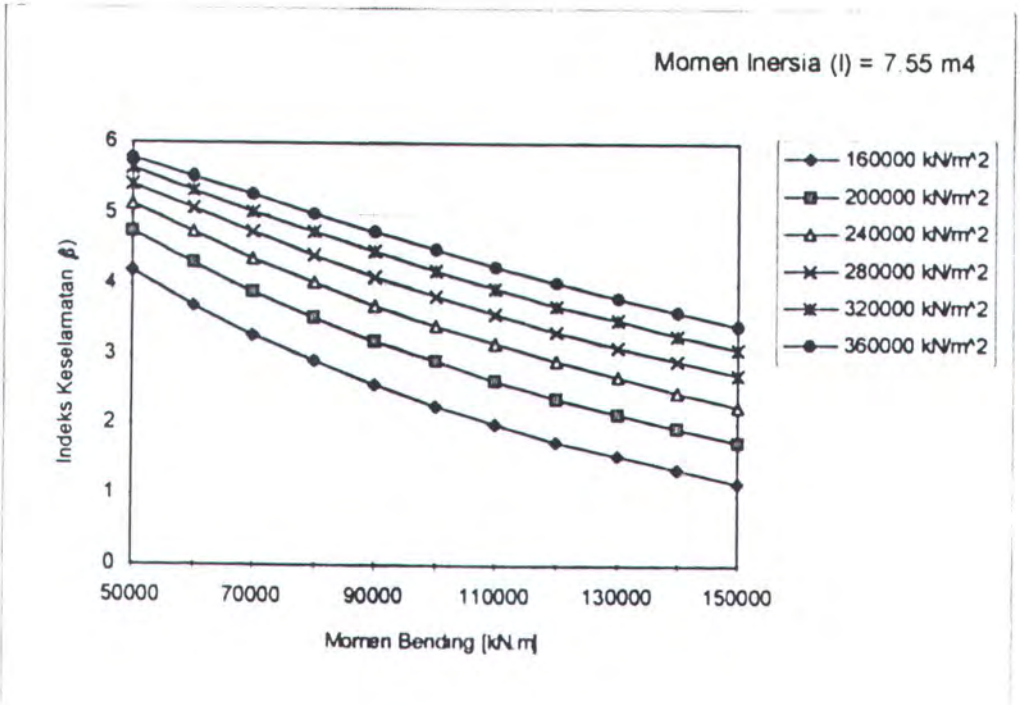
Tabel untuk gambar 3.6



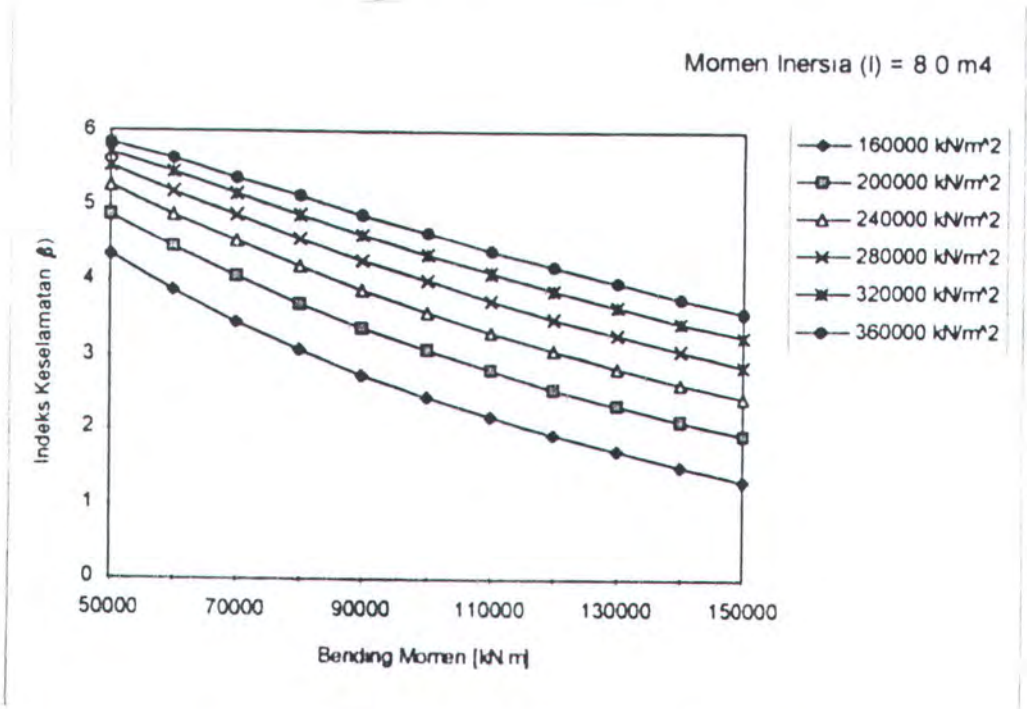
Gambar 3.2 Grafik Indeks Keselamatan hasil AFOSM dengan I = 6.5 m^4



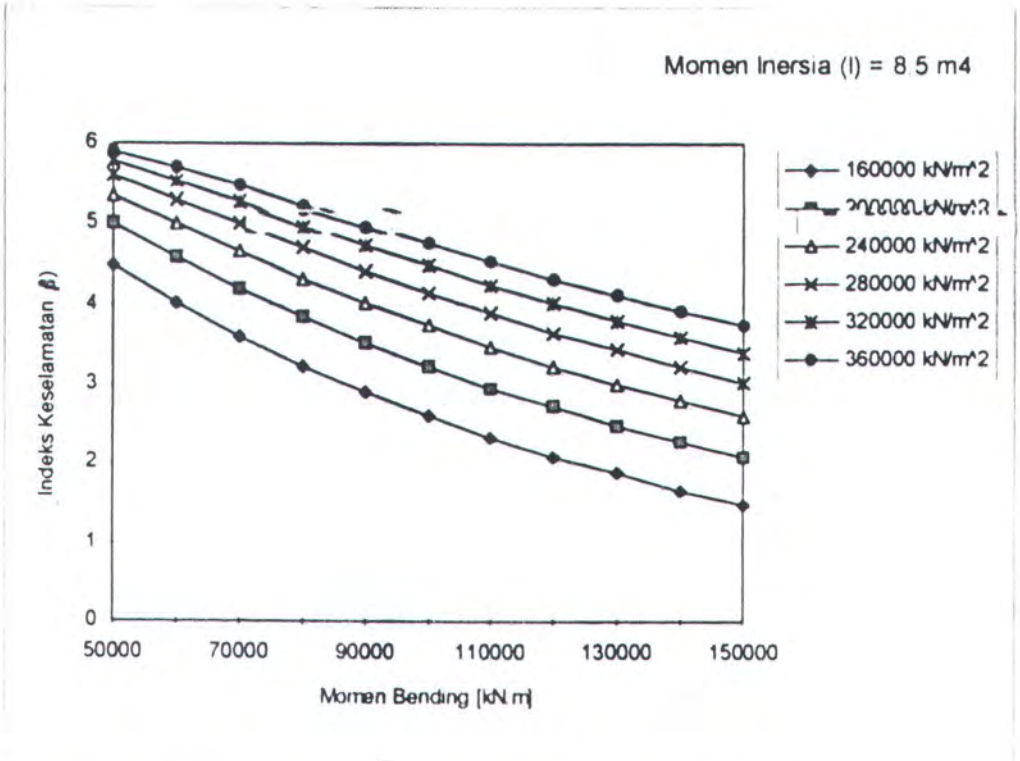
Gambar 3.3 Grafik Indeks Keselamatan hasil AFOSM dengan nilai I = 7.0 m^4



Gambar 3.4 Grafik Indeks Keselamatan hasil AFOSM dengan I = 7.55 m^4



Gambar 3.5 Grafik Indeks Keselamatan hasil AFOSM dengan nilai I = 8.0 m^4



Gambar 3.6 Grafik Indeks Keselamatan hasil AFOSM dengan nilai I = 8.5 m^4

BAB 4

ANALISA KEANDALAN STRUKTUR TERAPUNG DENGAN METODE SIMULASI MONTE CARLO

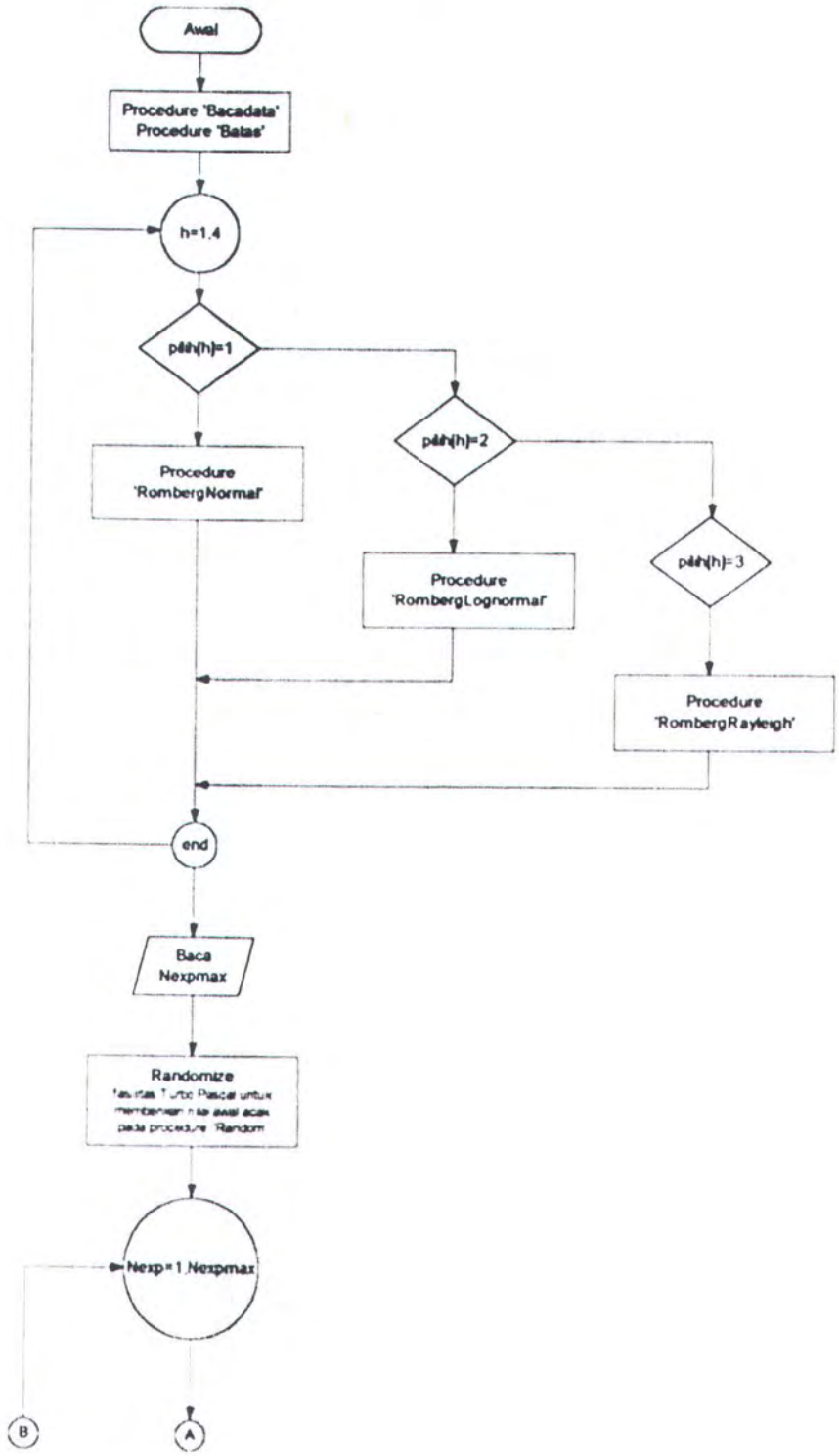
BAB 4

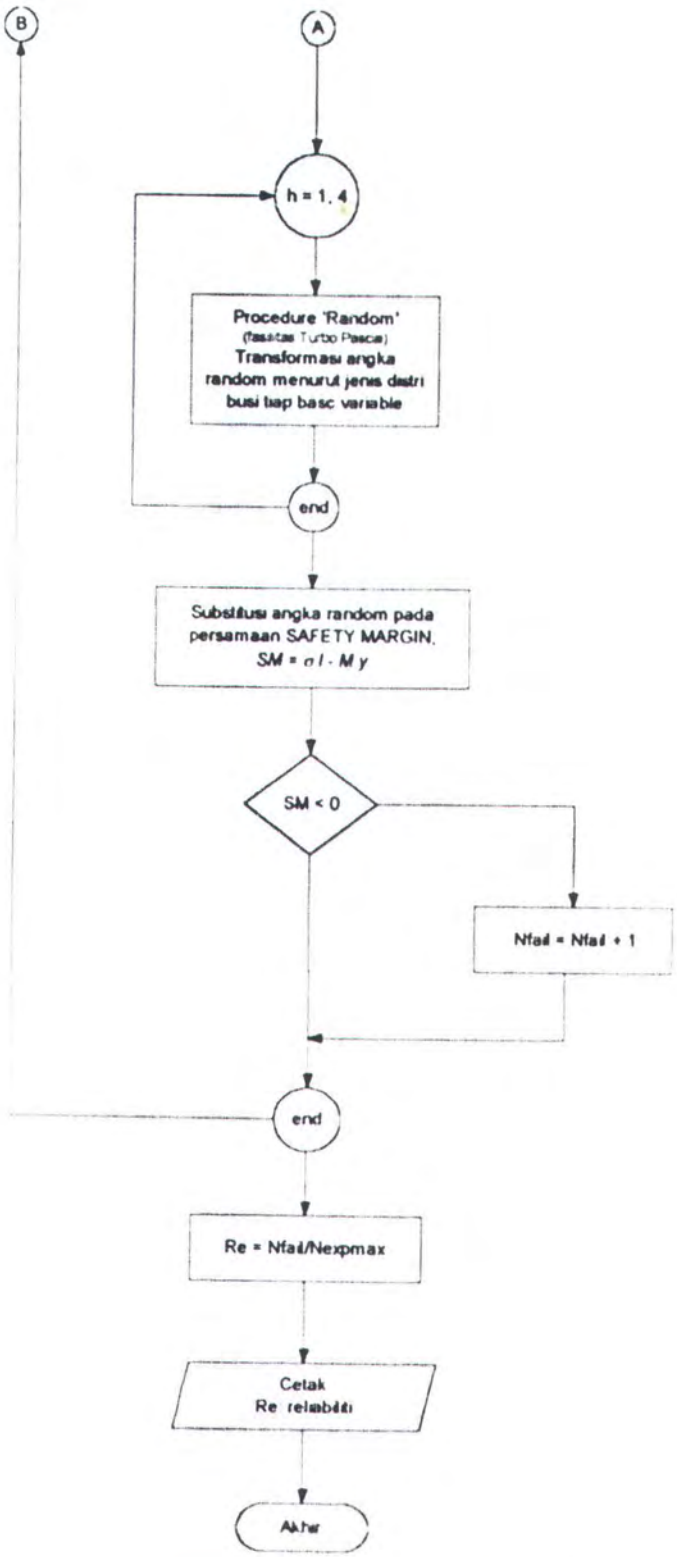
ANALISA KEANDALAN STRUKTUR TERAPUNG DENGAN METODE SIMULASI MONTE CARLO

Program komputer ini dibuat dengan bahasa pemrograman tingkat tinggi *(High Level Language)*Turbo Pascal ver. 7.0 dan dijalankan pada komputer kompetibel IBM. Program ini cukup sederhana dan dasar cara berpikir sebagai berikut:

1. Masukan Data, yaitu Mean dan varian dari tiap basic variable tegangan luluh bahan (S), faktor pengali ketidakpastian model (λ), momen bending (M), jarak terjauh dari sumbu netral (z), dan momen inersia (I)). Kemudian memilih jenis distribusi peluang tiap basic variabel.
2. Transformasi fungsi kerapatan peluang (*pdf: Probability Density Function)* menjadi *(cdf: Cumulative Density Function)* dari tiap *basic variable*.
3. Bangkitkan angka random (antara 0 dan 1) untuk tiap basic variable kemudian transformasikan menjadi sesuai menurut jenis distribusinya.
4. Loop sebanyak jumlah percobaan yang diminta, $Nexpmax$, kemudian mencatat setiap loop yang mengalami kegagalan (nilai safety margin lebih kecil dari nol), $Nfail$, dan setelah itu menghitung angka reliabiliti $Re = 1-Nfail/Nexpmax$.

Diagram alirnya sebagai berikut:





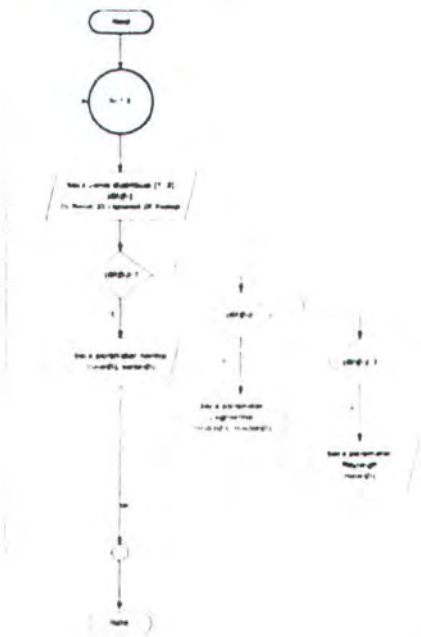
gambar 4.1 Diagram Alir Program Monte Carlo

Keterangan Program:

Keterangan Program:

Prosedur pertama pada program ini yaitu prosedur 'bacadata' yang berfungsi membaca data-data masukan. Data masukan berupa jenis distribusi tiap basic variable dan parameter-parameter basic variable berupa mean (mean[h]) dan varian (sd[h]) untuk distribusi Normal, mean (mean[h]) dan median (median[h]) untuk distribusi Lognormal, dan mean (mean[h]) untuk distribusi Rayleigh. Basic Variabelnya yaitu variabel [1] untuk Tegangan Yield material, variable [2] untuk Faktor pengali ketidakpastian model Momen Bending, variabel[3] untuk Bending yang bekerja pada badan kapal, variable [4] untuk jarak terjauh antara sumbu netral penampang midship section dengan geladak utama, dan variabel [5] yaitu Momen Inersia penampang *Midship Section*.

Diagram alirnya sebagai berikut:



Gambar 4.2 Diagram Alir Prosedur "Baca data"

Cara memasukkan data tiap variabel yaitu ketik angka yang diminta, misalnya pilihan jenis distribusi, ketik angka '1' untuk distribusi Normal. Kemudian masukan nilai-nilai parameternya, misalnya untuk variabel [1] (Tegangan Yield material) 200000 kN/m^2 hanya diketik nilainya tanpa satuan, dengan catatan bahwa satuan yang dipakai harus tetap konsisten untuk variabel yang berikutnya.

Prosedur yang kedua yaitu prosedur 'batas' yang fungsinya memberikan nilai batas atas (ULimit, x_{51} pada listing program) dan batas Bawah (LLimit, x_1 pada listing program) dari tiap variabel. Nilai Batas Atas yaitu nilai penyimpangan ke atas maksimum dari nilai rata-rata (mean[h]) dan batas bawah yaitu nilai penyimpangan maksimum ke bawah dari rata-rata (mean[h]) tiap variable.

Mnentukan nilai batas atas dan batas bawah harus cukup cermat dengan pertimbangan bahwa integral kurva *pdf* dengan batasan batas bawah dan batas atas mendekati *1.0* tetapi pembagian nilai sumbu axis *pdf* yang cukup kecil agar *cdf* yang diperoleh cukup 'mulus' (*streamline*).
Nilai batas atas dan bawah ini ditentukan 4 kali nilai parameter varian

```
LLimit =mean[h]-4*sd[h];
ULimit =mean[h]+4*sd[h];
```

ke arah atas dan ke arah bawah untuk distribusi Normal (Line 77-78).
Untuk distribusi Lognormal dan Rayleigh ditentukan Batas Bawah sama dengan 6 kali nilai parameter median.

```
ULimit =exp(mean[h]*6; (mean:=Ln(median)).
```

dan Batas Bawah sama dengan 0.05 kali nilai parameter median.

LLimit:=exp(mean[h])*0.05; (mean:=Ln(median)).

Disamping berfungsi memberi nilai-nilai batas, prosedur 'batas' berfungsi membagi area yang berada di bawah fungsi kerapatan peluang menjadi 50 pias dengan jarak yang sama

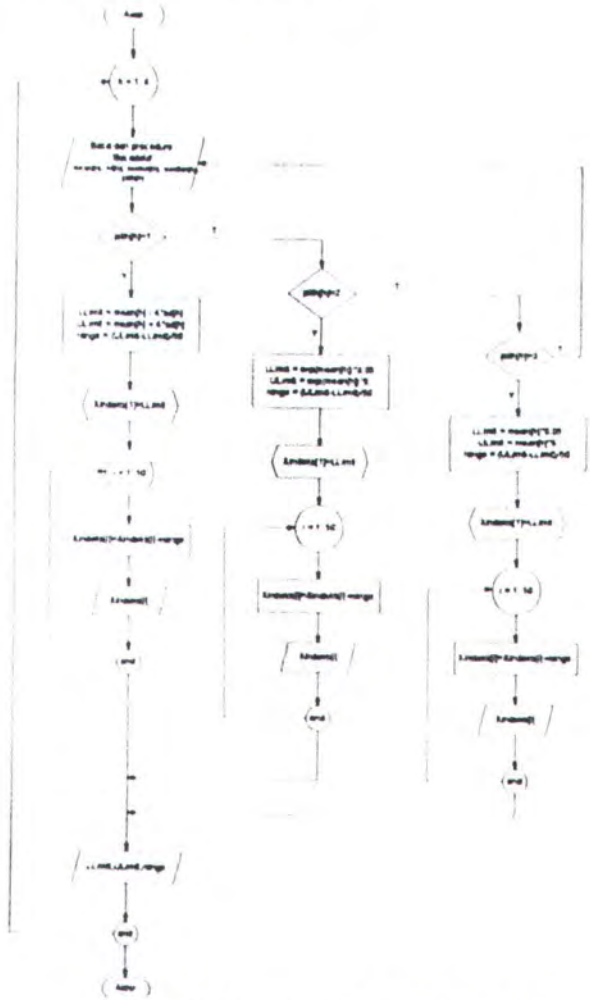
range[h]:=(ULimit-LLimit)/50;

dan tiap jarak x disimpan dalam xindeks

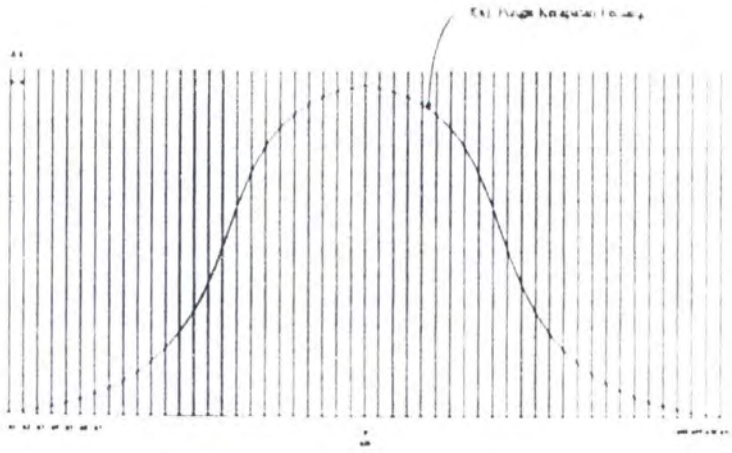
xindeks[h,1]:=LLimit;

for 1 to 50 do xindeks[h,i+1]:=xindeks+range[h];

Diagram alirnya sebagai berikut:



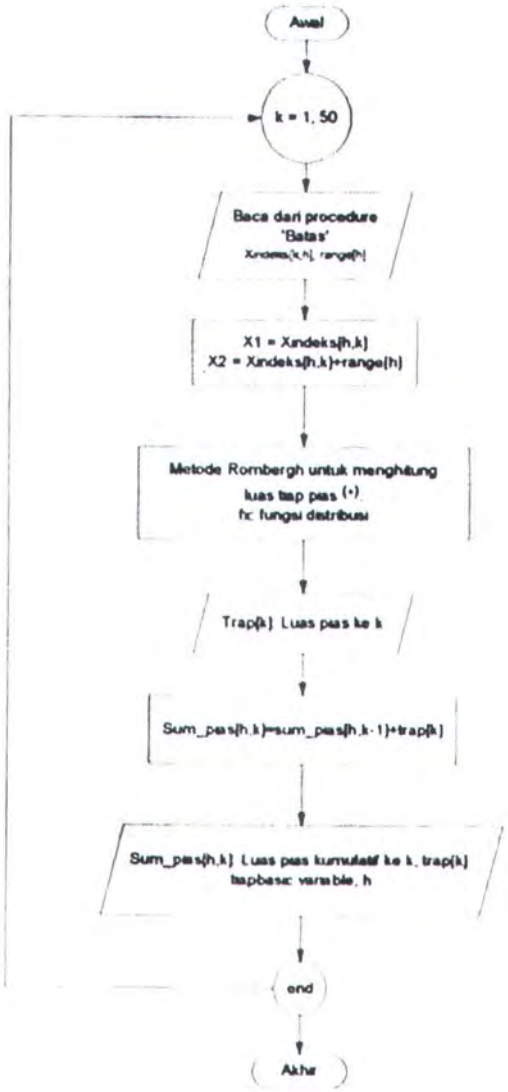
gambar 4.3 Diagram Alir Prosedur "Batas"



gambar 4.4 Pemilahan Fungsi Kerapatan Peluang

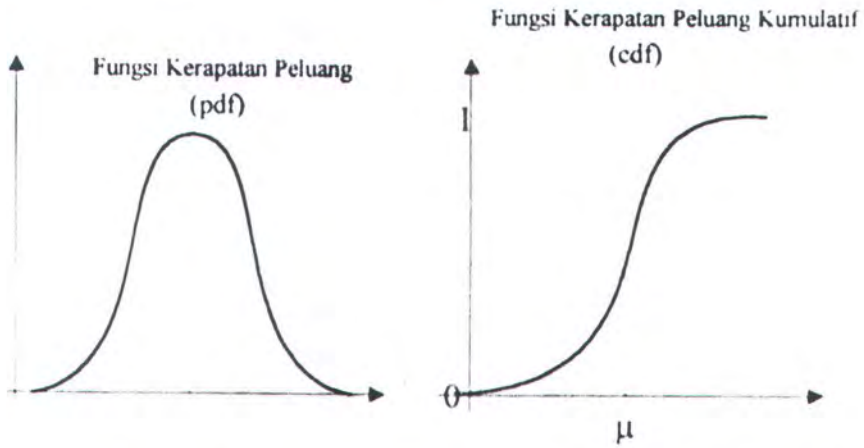
Selanjutnya adalah prosedur-prosedur yang berfungsi untuk mentransformasikan fungsi kerapatan peluang *(pdf: Probability Density Function)* menjadi fungsi kerapatan kumulatif *(cdf: Cumulative Density Function)*. Prosedur-prosedur tersebut adalah prosedur RomberghNormal' untuk distribusi Normal, prosedur 'Rombergh Lognormal' untuk distribusi Lognormal, dan prosedur 'RomberghRayleigh' untuk distribusi Rayleigh.

Cara kerja prosedur-prosedur ini sebagai berikut.



gambar 4 5 Diagram Alir Prosedur "Transformasi"

Dengan menggunakan metode Rombergh dihitung tiap luas tiap pias dibawah pdf dan disimpan pada trap[k]. Setelah semua pias dihitung maka luasan pias tersebut dijumlahkan secara kumulatif sampai pias ke-50 dan disimpan pada Sum_pias[h,k]. Sehingga jika dibuat grafik dengan menggunakan xindeks[h,k] sebagai absis dan ordinat Sum_pias[h,k] akan menjadi fungsi kerapatan peluang kumulatif (*cdf*).



Gambar 4 6 Transformasi Fungsi Kerapatan Distribusi ke Fungsi Komulatif

Contoh hasil *Running* program sebagai berikut:

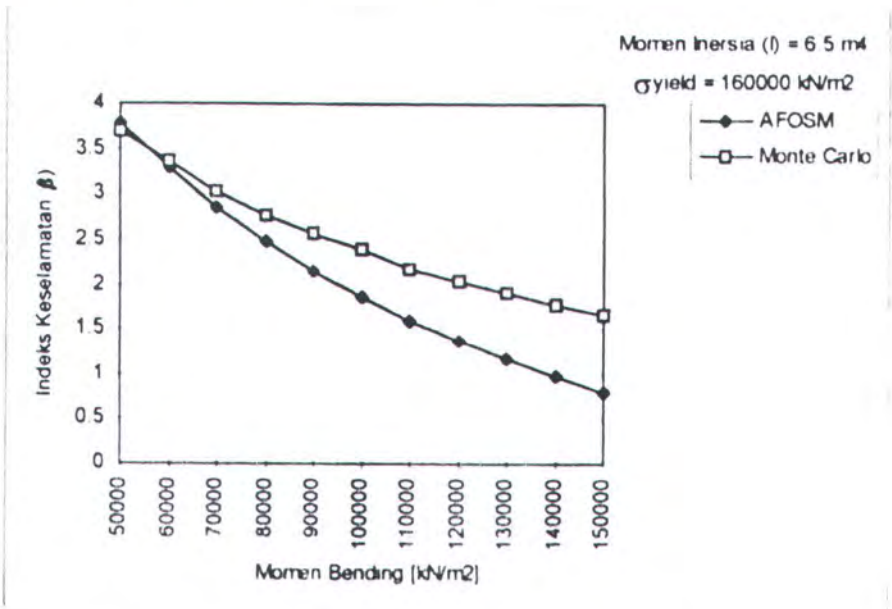
Data masukan:

- Tegangan Yield Material (variabel[1]):
- Faktor pengali ketidakpastian (variabel[2])
- Momen bending pada Midship (variabel[3]):
- Jarak terjauh main deck terhadap netral axis (variabel[4]):
- Momen Inersia penampang Midship (variabel[5]):

Momen Inersia = 6.5 m^4
y = 4.89 m
σ_{yield} = 160000 kN/m^2

Tabel 4.1 Hasil AFOSM dan Monte Carlo dengan I = 6.5 m4 dan σ_{yield} = 160000 kN/m^2

BM (Mean)	Indeks keselamatan (β)	
	AFSOM	Monte Carlo
50000	3.786	3.69
60000	3.282	3.35
70000	2.85	3.03
80000	2.475	2.76
90000	2.147	2.56
100000	1.857	2.39
110000	1.6	2.16
120000	1.369	2.03
130000	1.161	1.9
140000	0.973	1.77
150000	0.801	1.65

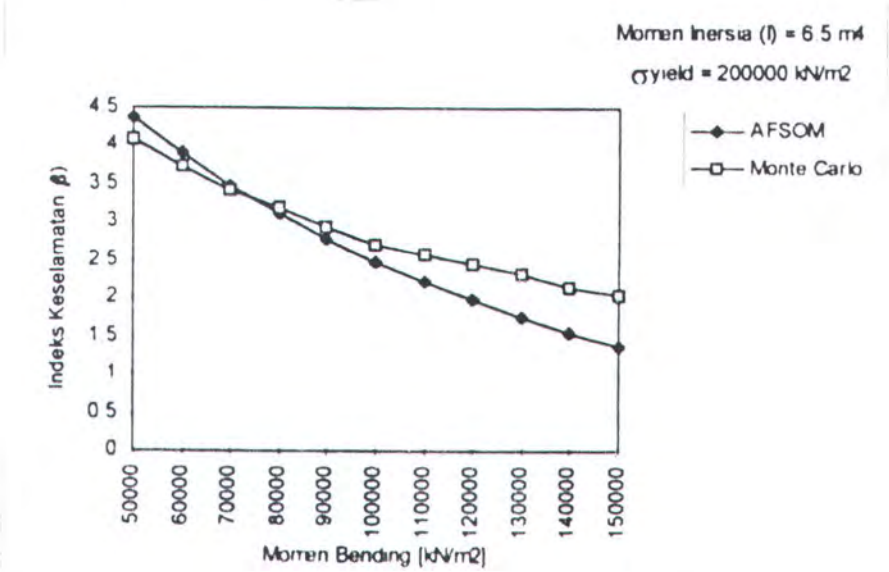


Gambar 4.7 Perbandingan antara AFOSM dan Monte Carlo

Momen Inersia = 6.5 m^4
y = 4.89 m
σ_{yield} = 200000 kN/m^2

Tabel 4.2 Hasil AFOSM dan Monte Carlo dengan I = 6.5 m4 dan σ_{yield} = 200000 kN/m^2

BM (Mean)	Indeks keselamatan (β)	
	AFSOM	Monte Carlo
50000	4.374	4.1
60000	3.897	3.72
70000	3.475	3.43
80000	3.102	3.19
90000	2.77	2.93
100000	2.475	2.7
110000	2.209	2.57
120000	1.969	2.44
130000	1.751	2.31
140000	1.552	2.14
150000	1.369	2.03

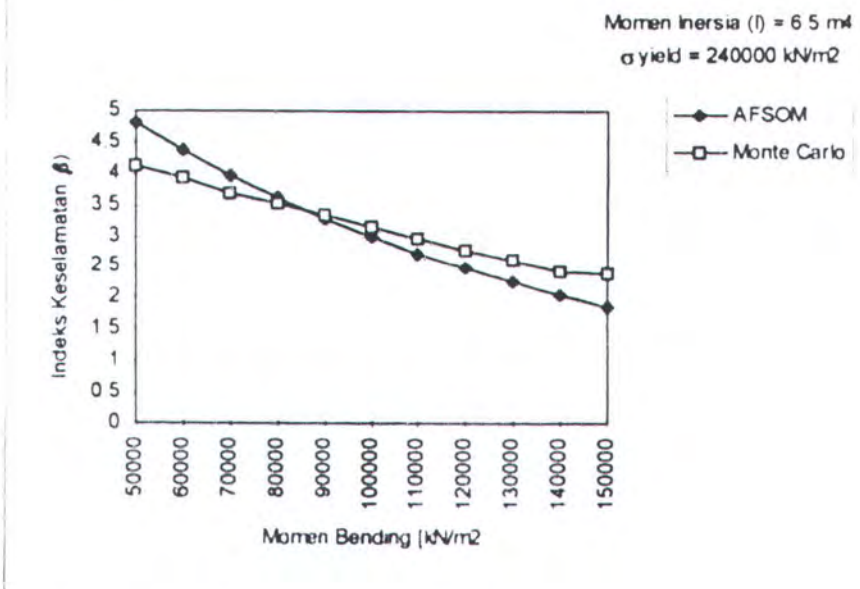


Gambar 4.8 Perbandingan antara AFOSM dengan Monte Carlo

Momen Inersia = 6.5 m4
y = 4.89 m
σyield = 240000 kN/m2

Tabel 4.3 Hasil AFOSM dan Monte Carlo dengan I = 6.5 m4 dan σ_{yield} = 240000 kN/m^2

BM (Mean)	Indeks Keselamatan (β)	
	AFSOM	Monte Carlo
50000	4.814	4.11
60000	4.374	3.94
70000	3.972	3.67
80000	3.61	3.52
90000	3.282	3.33
100000	2.987	3.14
110000	2.719	2.96
120000	2.475	2.77
130000	2.251	2.62
140000	2.046	2.43
150000	1.857	2.39

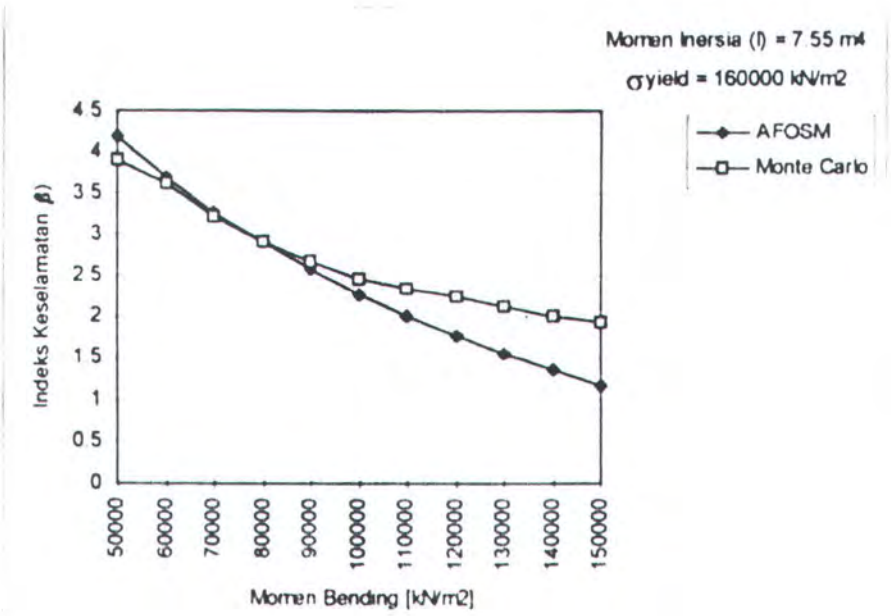


Gambar 4.9 Perbandingan antara AFOSM dan Monte Carlo

Momen Inersia = 7.55 m^4
y = 4.89 m
σ_{yield} = 160000 kN/m^2

Tabel 4.4 Hasil AFOSM dan Monte Carlo dengan I = 7.55 m4 dan σ_{yield} = 160000 kN/m^2

BM (Mean)	Indeks keselamatan (β)	
	AFSOM	Monte Carlo
50000	4.186	3.9
60000	3.697	3.61
70000	3.27	3.21
80000	2.895	2.91
90000	2.564	2.67
100000	2.27	2.45
110000	2.006	2.34
120000	1.769	2.25
130000	1.553	2.13
140000	1.357	2.01
150000	1.178	1.93

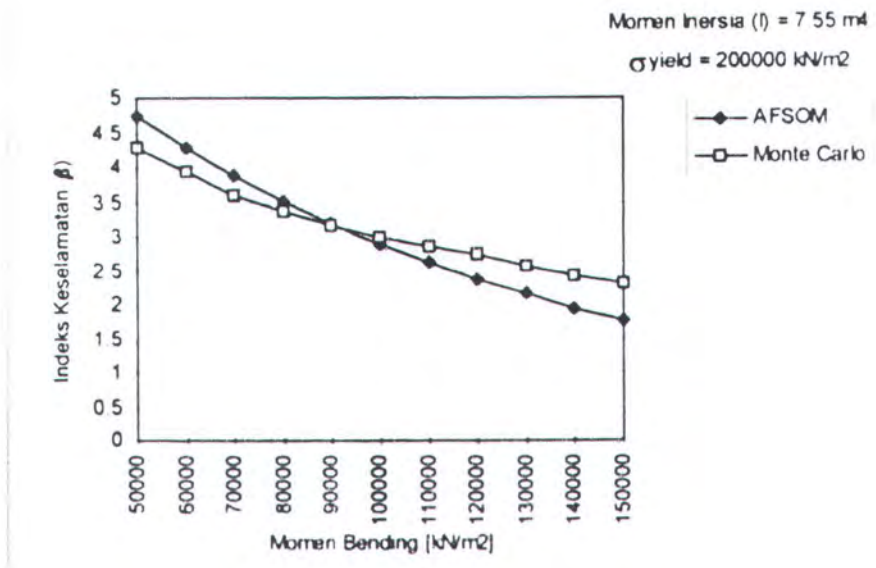


Gambar 4.10 Perbandingan antara AFOSM dan Monte Carlo

Momen Inersia = 7.55 m4
y = 4.89 m
σyield = 200000 kN/m2

Tabel 4.5 Hasil AFOSM dan Monte Carlo dengan I = 7.55 m4 dan σ_{yield} = 200000 kN/m^2

BM (Mean)	Indeks keselamatan (β)	
	AFSOM	Monte Carlo
50000	4.739	4.3
60000	4.291	3.93
70000	3.885	3.6
80000	3.52	3.37
90000	3.191	3.16
100000	2.895	3
110000	2.627	2.85
120000	2.384	2.73
130000	2.161	2.57
140000	1.957	2.42
150000	1.769	2.31

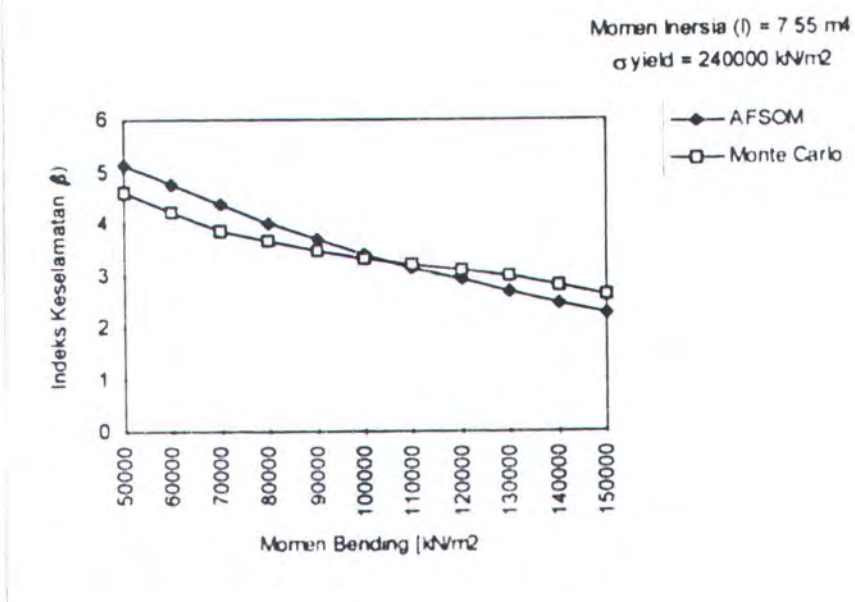


Gambar 4.11 Perbandingan antara AFOSM dan Monte Carlo

Momen Inersia = 7.55 m4
y = 4.89 m
σyield = 240000 kN/m2

Tabel 4.6 Hasil AFOSM dan Monte Carlo dengan I = 7.55 m4 dan σ_{yield} = 240000 kN/m^2

BM (Mean)	Indeks keselamatan (β)	
	AFSOM	Monte Carlo
50000	5.135	4.6
60000	4.739	4.23
70000	4.363	3.85
80000	4.016	3.66
90000	3.697	3.47
100000	3.406	3.32
110000	3.14	3.19
120000	2.895	3.09
130000	2.67	2.98
140000	2.462	2.8
150000	2.27	2.61



Gambar 4.12 Perbandingan antara AFOSM dan Monte Carlo

BAB 5

ANALISA HASIL PERHITUNGAN

BAB 5

ANALISA HASIL PERHITUNGAN

Analisa keandalan untuk struktur terapung PAX-500 telah dilakukan dengan memvariasikan harga rentang tegangan batas (σ_{yield}) antara 160000kN/m^2 sampai dengan 360000kN/m^2, dan variasi nilai beban momen bending (M) antara 50000 kN.m sampai 150000 kN.m, dan beberapa variasi nilai momen inersia (I) antara 6.5 m^4 sampai 8.5 m^4. Dengan melakukan variasi nilai diharapkan akan dapat dilihat sejauh mana pengaruh momen bending terhadap indeks keselamatan (β) PAX-500 dengan beberapa variasi nilai parameter kekuatan kapal, (i.e. tegangan yield (σ_{yield}) dan momen inersia (I)). Hasil komputasi keandalan dengan AFOSM digambarkan dalam grafik indeks keselamatan dan momen bending dengan parameter kekuatan yang bervariasi, gambar (3.2)-(3.6), kemudian dibandingkan dengan simulasi komputer seperti ditunjukkan dalan gambar (4.6) - (4.10).

Untuk membandingkan hasil AFOSM dengan simulasi Monte Carlo, diambil beberapa nilai tegangan *yield* material dan momen inersia yang sama. Nilai-nilai momen inersia yang diambil yaitu 6.5 m^4 dan 7.55 m^4. Diambilnya nilai 7.55 karena nilai ini merupakan hasil perhitungan momen inersia penampang PAX-500 berdasarkan gambar penampangnya dan 6.5 diambil karena nilai ini merupakan variasi nilai yang terkecil. Nilai tegangan *yield* yaitu 160000 kN/m^2 yang merupakan variasi nilai yang terkecil, dan 240000 kN/m^2 sebagai nilai tengah dari variasi tegangan yield yang diambil.

Sampai saat ini memang belum ada persyaratan khusus, atau kecenderungan mengenai batasan keandalan (indeks keselamatan (β)). Probabilitas kegagalan (P_f), yang dikeluarkan oleh regulasi tertentu. Tetapi dalam hal kekuatan puncak (Ultimate Strenght), kapal umumnya dirancang untuk mencapai harga β antara 3,0~4,0 [Mansour, (1990)]. Dengan pertimbangan ini maka dapat dilihat bahwa kondisi pembebanan yang terjadi berdasarkan hasil perhitungan dengan rumus ABS '96, dan parameter-parameter yang lain dari Pax-500 berdasarkan data yang ada, maka tingkat keselamatan Pax-500 dapat dikatakan aman ($3,0<\beta<4,0$).

BAB 6

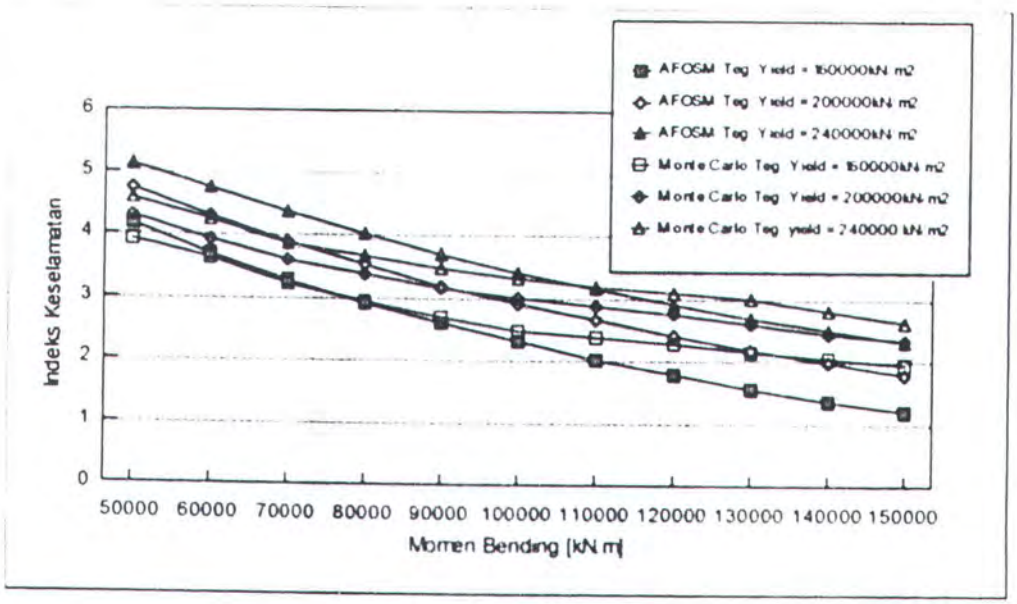
KESIMPULAN DAN SARAN

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan perhitungan sebelumnya maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, dan beberapa saran a.l. :

1. Untuk target Indeks Keselamatan (β) kurang lebih 3,0 (yang disarankan Mansour, [1990]) dengan Momen Bending = 100018,607 kN.m (hasil perhitungan regulasi ABS), Momen Inersia (I) = 7,55m^4 (hasil perhitungan dari data penampang kapal), dan Jarak dari Sumbu Netral ke plat geladak (v) = 4,89m (hasil perhitungan dari data penampang kapal), tegangan *Yield* yang dapat dipakai dengan AFOSM dan simulasi Monte Carlo memperoleh nilai yang hampir sama yaitu kurang lebih 220000kN/m^2, seperti terlihat pada gambar 6.1.



Gambar 6.1 Perbandingan hasil AFOSM dan Monte Carlo

2. Dengan pertimbangan bahwa pada kondisi pembebanan yang sama nilai Indeks Keselamatan β yang dihasilkan oleh AFOSM lebih kecil dari Monte Carlo maka disarankan untuk menggunakan AFOSM pada kasus ini. Walaupun demikian dapat dipertimbangkan penggunaan Monte Carlo untuk kondisi pembebanan yang kecil.
3. Karena mudahnya pengaplikasian metode AFOSM dan simulasi Monte Carlo pada proses perancangan, maka dapat disarankan juga untuk memasukkan prosedur ini sejak awal tahap perancangan struktur. Tetapi yang perlu diperhatikan yaitu dalam menaksir mean, COV, dan jenis distribusi dari tiap perubah dasar fungsi mode kegagalan.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

1. Thoft-Christensen, P., dan Murotsu, Y. "Structural Reliability Theory and Its Applications" , Springer-Verlag.;1986
2. Ship Structure Commetee (SSC-301), "Probabilistic Structural Analysis of Ship Hull Longitudinal Strength", 1981
3. Ship Structure Commetee (SSC-351), "An Introduction to Structural Reliability Theory", 1990
4. Anderson, T.W., Scolve, S.L., "Introductory Stastitical Analysis", Houghton Mifflin Co., 1974
5. O'Connor, PDT. "Practical Reliability Engineering, "John Wiley and Sons Inc.;1991
6. Press, W.H, Flannery, B.P; Teukolsky, S.A, dan Vettreling, W.T. "Numerical Recipes". Cambridge University Press, 1992
7. Wickham, A.H.S. "Structural Reliability Analysis of Ship Structure", Technical Monograph, 1990
8. Kusumadiantho, H.J. "Simulasi dengan metode Monte Carlo", Majalah Univ. Atmajaya, 1994
9. Paik, J.K, Kim, D.H, Bong, H.S., Kim, M.S., dan Han, S.K. "Deterministic and Probabilistic Evaluation for a new Double-hull Tanker with Transverseless System". SNAME Transaction vol. 100, 1992
10. Papoulis, A. Edisi Bahasa Indinesia "Probabilita, Variabel Random, dan Proses Stokastik". Gajah Mada University Press, 1992
11. Hines, W., Montgomery, DC. Edisi Bahasa Indonesia "Probabilita dan Statistik dalam Ilmu Rekayasa dan Manajemen". UI Press, 1990
12. Mansour, A.E.; "Approximate Probabilistic Method of Calculating Ship Longitudinal Strength", Jnl Ship Res. Vol. 18, no. 3, Sept. 1974, p 203-213
13. Kadir, A., "Pemrograman Turbo Pascal untuk IBM PC menggunakan versi 5.5", Elex Media Komputindo, 1989

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Listing Program Monte Carlo

```
Line 1. program Monte_Carlo;
Line 2. {By F. N. Wagey; 4904300215}
Line 3. {$N+,E+}
Line 4. Uses
Line 5.    Crt;
Line 6. Type
Line 7.    data=array[1..5] of real;
Line 8.    intpilih=array[1..5] of byte;
Line 9.    intxindeks=array[1..5,1..51] of real;
Line 10.
Line 11.var
Line 12.   tipefile:text;
Line 13.   bv,r,mean,sd,range1,range2,range3,COV:data;
Line 14.   pilih:intpilih;
Line 15.   sum_pias,xindeks:intxindeks;
Line 16.   h,m:shortint;
Line 17.   safety_margin,Re:real;
Line 18.   Nfail,Nexp,Nexpmax:Longint;
Line 19.
Line 20.
Line 21.
Line 22. Procedure bacadata1(var pilih:intpilih; var mean,sd:data);
Line 23. var
Line 24.    h,i: shortInt;
Line 25.    modus,median:data;
Line 26.
Line 27. Begin
Line 28. for h:=1 to 5 do
Line 29. begin       {awal block masukan data}
Line 30. clrscr;
Line 31. writeln('Jenis Distribusi Peluang BASIC VARIABLE [',h,'] ?');
Line 32. writeln;
Line 33. writeln('[1] Distribusi Normal (Gaussian)');
Line 34. writeln('[2] Distribusi Log-Normal');
Line 35. writeln('[3] Distribusi Rayleigh');
Line 36. write('pilihan anda?');readln(pilih[h]);
Line 37.
Line 38. if (pilih[h] = 1) then
Line 39. Begin
Line 40.  writeln('Parameter Distribusi Normal (Mean,Varian)');
Line 41.  writeln;
Line 42.  write('Mean  :');readln(mean[h]);
Line 43.  write('COV:');readln(COV[h]);sd[h]:=mean[h]*COV[h];
Line 44. end
Line 45. else if (pilih[h] = 2) then
```

```
Line 46. begin
Line 47.  writeln('Parameter Distribusi Log-Normal (Mean,Median)');
Line 48.  write('Mean:');readln(meanx[h]);
Line 49.  write('Median:');readln(median[h]);
Line 50. { write('COV:');readln(COV[h]);}
Line 51.  mean[h]:=ln(median[h]);
Line 52. { sd[h]:=COV[h]*mean[h];}
Line 53.  sd[h]:=sqrt((mean[h]-ln(modus[h])));
Line 54. end
Line 55. else if (pilih[h] = 3) then
Line 56. begin
Line 57.  writeln('Parameter Distribusi Rayleigh (Mean)');
Line 58.  write('Mean:');readln(mean[h]);
Line 59. end;
Line 60. end;
Line 61. end;{akhir prosedurbacadata1}
Line 62.
Line 63. Procedure batas(var range1,range2,range3:data; var xindeks:intxindeks);
Line 64. var
Line 65.   h,i:shortint;
Line 66.   Batasatas, batasbawah, LLimit,ULimit:real;
Line 67.
Line 68. begin
Line 69.  for h:=1 to 5 do
Line 70.  begin
Line 71.     if (pilih[h]=1) then
Line 72.     begin
Line 73.        writeln;
Line 74.        writeln('Variabel [',h,']');
Line 75.{         write('Batas Bawah: ');readln(LLimit);}
Line 76.{         write('Batas Atas : ');readln(ULimit);}
Line 77.        LLimit:=mean[h]-4*sd[h];
Line 78.        ULimit:=mean[h]+4*sd[h];
Line 79.        range1[h]:=(ULimit-LLimit)/50;
Line 80.        xindeks[h,1]:=LLimit;
Line 81.        for i:=1 to 50 do xindeks[h,i+1]:=xindeks[h,i]+range1[h];
Line 82.     end
Line 83.     else if (pilih[h]=2) then
Line 84.     begin
Line 85.        writeln;
Line 86.        writeln('Variabel [',h,']');
Line 87.{         write('Batas Bawah: ');readln(LLimit);
Line 88.        write('Batas Atas : ');readln(ULimit);}
Line 89.        batasbawah:=mean[h]-4*sd[h];
Line 90.        batasatas:=mean[h]+4*sd[h];
Line 91.        Llimit:=exp(batasbawah);
Line 92.        Ulimit:=exp(batasatas);
```

```
Line 93.
Line 94.          range1[h]:=(mean[h]-LLimit)/25;
Line 95.          range2[h]:=(ULimit-LLimit)/50;
Line 96.          xindeks[h,1]:=LLimit;
Line 97.          for i:= 1 to 25 do xindeks[h,i+1]:=xindeks[h,i]+range2[h];
Line 98.          for i:= 25 to 50 do xindeks[h,i+1]:=xindeks[h,i]+range2[h];
Line 99.
Line 100.       end
Line 101.       else if (pilih[h]=3) then
Line 102.       begin
Line 103.          writeln;
Line 104.          writeln('Variabel [',h,']');
Line 105.{          write('(Mean logaritma =',mean[h],'Batas Bawah :
    ');readln(LLimit);
Line 106.          write('Batas Atas : ');readln(ULimit);}
Line 107.          LLimit:= exp(mean[h])*0.05;
Line 108.          ULimit:= exp(mean[h])*6;
Line 109.          range1[h]:=(mean[h]-LLimit)/25;
Line 110.          range2[h]:=(Ulimit-LLimit)/50;
Line 111.          xindeks[h,1]:=LLimit;
Line 112.          for i:=1 to 25 do xindeks[h,i+1]:=xindeks[h,i]+range2[h];
Line 113.          for i:=25 to 50 do xindeks[h,i+1]:=xindeks[h,i]+range2[h];
Line 114.
Line 115.       end;
Line 116.  end;
Line 117. end; {akhir procedure batas}
Line 118.
Line 119.
Line 120. procedure RombergNormal(h:integer;xindeks:intxindeks;mean,sd:data;
    var sum_pias:intxindeks);
Line 121.
Line 122. var
Line 123. x,x1,x2,z: real;
Line 124. delt:real;
Line 125. delx:real;
Line 126. pita:real;
Line 127. fx:real;
Line 128. trap:array[1..20,1..20]of real;
Line 129. i,j,k:shortint;
Line 130. trapi:array[1..50] of real;
Line 131.
Line 132. begin
Line 133.    for k:=1 to 50 do
Line 134.    begin
Line 135.       x1:=xindeks[h,k];
Line 136.       x2:=xindeks[h,k]+range1[h];
Line 137.       i:=0;
```

```
Line 138.        delt:=100;
Line 139.        Repeat
Line 140.        Begin
Line 141.           i:=i+1;
Line 142.           trap[i,1]:=0;
Line 143.           x:=x1;
Line 144.           pita:=exp((i-1)*ln(2));
Line 145.           delx:=(x2-x1)/pita;
Line 146.           While x<x2 Do
Line 147.              Begin
Line 148.  {.....Fungsi Kerapatan Peluang yang berdistribusi Normal.....}
Line 149.  {                                                  }
Line 150.  fx:=1/(sd[h]*Sqrt(2*pi))*exp(-0.5*Sqr((x-mean[h])/sd[h]));
Line 151.  {                                                  }
Line 152.  {.....}
Line 153.                 If (x=x1) Or (x=x2) then trap[i,1]:= trap[i,1]+fx
Line 154.                 Else trap[i,1]:=trap[i,1]+2*fx;
Line 155.                 x:=x+delx;
Line 156.              End;
Line 157.              trap[i,1]:=trap[i,1]*delx/2;
Line 158.              For j:=2 to i Do
Line 159.              Begin
Line 160.                 z:=exp(j-1)*Ln(4));
Line 161.                 trap[i,j]:=z*trap[i,j-1]-trap[i-1,j-1];
Line 162.                 trap[i,j]:=trap[i,j]/(z-1);
Line 163.              End;
Line 164.              delt:=trap[i,i]-trap[i-1,i-1];
Line 165.        End;
Line 166.        Until Abs(delt) < 1e-4;
Line 167.        trapi[k]:=trap[i,i];
Line 168.        {writeln(':5,'Luas pias ke ',k,':' ,trapi[k]:6:4);}
Line 169.        sum_pias[h,k]:= sum_pias[h,k-1] + trapi[k];
Line 170.        assign(tipefile,'Hasil1.dat');
Line 171.        append(tipefile);
Line 172.        writeln(tipefile,':5,xindeks[h,k+1],':6,sum_pias[h,k]);
Line 173.        close(tipefile);
Line 174.     end;
Line 175.
Line 176. end; {akhir procedure RomberNormal}
Line 177.
Line 178.
Line 179. procedure
    RombergLognormal(h:integer;xindeks:intxindeks;mean,sd:data; var
    sum_pias:intxindeks);
Line 180.
Line 181. var
Line 182. x,x1,x2,z: real;
```

```
Line 183. delt:real;
Line 184. delx:real;
Line 185. pita:real;
Line 186. trap:array[1..17,1..17]of real;
Line 187. i,j,k:shortint;
Line 188. trapi:array[1..50] of real;
Line 189. fx:double;
Line 190. begin
Line 191.     for k:=1 to 50 do
Line 192.     begin
Line 193.         x1:=xindeks[h,k];
Line 194.         x2:=xindeks[h,k]+range2[h];
Line 195.         i:=0;
Line 196.         delt:=100;
Line 197.         Repeat
Line 198.         Begin
Line 199.             i:=i+1;
Line 200.             trap[i,1]:=0;
Line 201.             x:=x1;
Line 202.             pita:=exp((i-1)*ln(2));
Line 203.             delx:=(x2-x1)/pita;
Line 204.             While x<x2 Do
Line 205.                 Begin
Line 206.  {.....Fungsi Kerapatan Peluang yang berdistribusi Log-Normal.....}
Line 207.  {                                                  }
Line 208.  fx:=1/(x*sd[h]*Sqrt(2*pi))*exp(-0.5*Sqr((ln(x)-mean[h])/sd[h]));
Line 209.  {                                                  }
Line 210.  {..................................................}
Line 211.                     If (x=x1) Or (x=x2) then trap[i,1]:=trap[i,1]+fx
Line 212.                     Else trap[i,1]:=trap[i,1]+2*fx;
Line 213.                     x:=x+delx;
Line 214.                 End;
Line 215.                 trap[i,1]:=trap[i,1]*delx/2;
Line 216.                 For j:=2 to i Do
Line 217.                 Begin
Line 218.                     z:=exp((j-1)*Ln(4));
Line 219.                     trap[i,j]:=z*trap[i,j-1]-trap[i-1,j-1];
Line 220.                     trap[i,j]:=trap[i,j]/(z-1);
Line 221.                 End;
Line 222.                 delt:=trap[i,i]-trap[i-1,i-1];
Line 223.         End;
Line 224.         Until Abs(delt) < 1e-4;
Line 225.         trapi[k]:=trap[i,i];
Line 226.         {writeln(':5,'Luas pias ke ',k,':' ,trapi[k]:6:4);}
Line 227.         sum_pias[h,k]:= sum_pias[h,k-1] + trapi[k];
Line 228.         assign(tipefile,'Hasil2.dat');
Line 229.         append(tipefile);
```

```
Line 230.          writeln(tipefile,':5,xindeks[h,k+1],':6,sum_pias[h,k]);
Line 231.          close(tipefile);
Line 232.      end;
Line 233. end; {akhir procedure RomberLogNormal}
Line 234.
Line 235.
Line 236.
Line 237. procedure RombergRayleigh(h:integer;xindeks:intxindeks;mean:data;
    var sum_pias:intxindeks);
Line 238.
Line 239. var
Line 240. x,x1,x2,z: real;
Line 241. delt:real;
Line 242. delx:real;
Line 243. pita:real;
Line 244. fx:real;
Line 245. trap:array[1..17,1..17]of real;
Line 246. i,j,k:shortint;
Line 247. trapi:array[1..50] of real;
Line 248.
Line 249. begin
Line 250.     for k:=1 to 50 do
Line 251.     begin
Line 252.         x1:=xindeks[h,k];
Line 253.         x2:=xindeks[h,k]+range2[h];
Line 254.         i:=0;
Line 255.         delt:=100;
Line 256.         Repeat
Line 257.         Begin
Line 258.             i:=i+1;
Line 259.             trap[i,1]:=0;
Line 260.             x:=x1;
Line 261.             pita:=exp((i-1)*ln(2));
Line 262.             delx:=(x2-x1)/pita;
Line 263.             While x<x2 Do
Line 264.                 Begin
Line 265.  {.....Fungsi Kerapatan Peluang yang berdistribusi Rayleigh....}
Line 266.  {                                                  }
Line 267.  fx:=x/(Sqr(mean[h])/(pi/2))*exp(-0.5*Sqr(x)/(sqr(mean[h])/(pi/2)));
Line 268.  {                                                  }
Line 269.  {..................................................}
Line 270.                     If (x=x1) Or (x=x2) then trap[i,1]:=trap[i,1]+fx
Line 271.                     Else trap[i,1]:=trap[i,1]+2*fx;
Line 272.                     x:=x+delx;
Line 273.                 End;
Line 274.                 trap[i,1]:=trap[i,1]*delx/2;
Line 275.                 For j:=2 to i Do
```

```
Line 276.                Begin
Line 277.                   z:=exp((j-1)*Ln(4));
Line 278.                   trap[i,j]:=z*trap[i,j-1]-trap[i-1,j-1];
Line 279.                   trap[i,j]:=trap[i,j]/(z-1);
Line 280.                End;
Line 281.                delt:=trap[i,i]-trap[i-1,i-1];
Line 282.          End;
Line 283.          Until Abs(delt) < 1e-4;
Line 284.          trapi[k]:=trap[i,i];
Line 285.          {writeln(':5,'Luas pias ke ',k,':' ,trapi[k]:6:4);}
Line 286.          sum_pias[h,k]:= sum_pias[h,k-1] + trapi[k];
Line 287.          assign(tipefile,'Hasil3.dat');
Line 288.          append(tipefile);
Line 289.          writeln(tipefile,':5,xindeks[h,k+1],':6,sum_pias[h,k]);
Line 290.          close(tipefile);
Line 291.       end;
Line 292. end; {akhir procedure RomberRayleigh}
Line 293.
Line 294.
Line 295.{program Utama}
Line 296.Begin
Line 297. clrscr;
Line 298. writeln('ANALISA KEANDALAN DENGAN SIMULASI MONTE
    CARLO');
Line 299. writeln('Persamaan Safety Margin:');
Line 300. writeln('S -XMy.I = 0');
Line 301. writeln('dimana S: Tegangan luluh material');
Line 302. writeln('      X: Faktor pengali ketidakpastan model');
Line 303. writeln('      M: Momen Bending pada MidShip');
Line 304. writeln('      y: Jarak bagian terjauh dari Sumbu Netral');
Line 305. writeln('      I: Momen Inersia penampang MidShip');
Line 306. writeln;
Line 307. writeln;
Line 308. readln;
Line 309. clrscr;
Line 310.
Line 311.  bacadata1(pilih,mean,sd);
Line 312.  batas(range1,range2,range3,xindeks);
Line 313.  for h:=1 to 5 do
Line 314.  begin
Line 315.
Line 316.       writeln('Basic Variable [',h,']');
Line 317.       if pilih[h]=1 then rombergnormal(h,xindeks,mean,sd,sum_pias)
Line 318.       else if pilih[h]=2 then
    rombergLogNormal(h,xindeks,mean,sd,sum_pias)
Line 319.       else if pilih[h]=3 then
    rombergRayleigh(h,xindeks,mean,sum_pias);
```

```
Line 320.
Line 321.  end;
Line 322.
Line 323. clrscr;
Line 324. gotoxy(10,22);write('Berapa kali percobaan: '); readln(Nexpmax);
Line 325. gotoxy(10,23);write('The program is running!!');
Line 326. randomize;
Line 327. Nfail:=0;
Line 328. for Nexp:=1 to Nexpmax do
Line 329. begin        {awal proses transformasi dan percobaan}
Line 330.  for h:=1 to 5 do
Line 331.  begin
Line 332.   for m:=1 to 50 do
Line 333.   begin
Line 334.    r[h]:=random;
Line 335.    if (r[h]<sum_pias[h,m+1]) and (r[h]>=sum_pias[h,m]) then
    bv[h]:=xindeks[h,m];
Line 336.
Line 337.   end;
Line 338.  end;
Line 339.
Line 340.  Safety_Margin:=bv[1]*bv[5]-bv[2]*bv[3]*bv[4];
Line 341.
Line 342.  if (Safety_Margin <= 0.0) then Nfail:=Nfail+1;
Line 343.  assign(tipefile,'mcver31.has');
Line 344.  append(tipefile);
Line 345.  writeln{tipefile,}'random ',nexp,': ',bv[1]:5,' ',bv[2]:5,' ',bv[3]:5,'
    ',bv[4]:5,' ',bv[5]:5,' ','NFail:',Nfail);
Line 346.
Line 347.  {process:=Nexp/Nexpmax;}
Line 348.{  gotoxy(10,24);write(Round(Nexp/Nexpmax*100),'% was
    performed');}
Line 349. end;{akhir percobaan (Nexp=Nexpmax)}
Line 350. Re:=1.0 - Nfail/Nexpmax;
Line 351. writeln;
Line 352. clrscr;
Line 353. writeln(tipefile, 'Jumlah percobaan = ',Nexpmax);
Line 354. writeln(tipefile,'Reliabilitas = ',Re:6);
Line 355. gotoxy(1,12);writeln('Reliabilitas = ',Re:6);
Line 356. gotoxy(1,13);writeln('Press Enter');
Line 357. readln;
Line 358.  close(tipefile);
Line 359.End.  {akhir seluruh program}
```

```
Program Hofer_Lind;
Uses Crt;
var
  K,Betaaksen,B,a1,a1aksen,a2,a2aksen,a3,a3aksen,a4,a4aksen,a5,a5aksen,x: Real;
  z1,z2,z3,z4,z5: Real;
  derivz1,derivz2,derivz3,derivz4,derivz5: real;
  COV1,COV2,COV3,COV4,COV5,moda: real;
  FF,GG: REAL;
  S1, M1: Real;
  S2, M2: Real;
  S3, M3: Real;
  S4, M4: Real;
  S5, M5: Real;
  Tekan: Char;


  Begin
  {Masukan Data}
     Write(' Mean Tegangan Luluh? '); Readln(M1);
     Write(' COV Tegangan Luluh? ');Readln(COV1);
     Write(' Mean Koefisien Ketidakpastian Bending Momen? '); Readln(M2);
     Write(' COV Koefisien Ketidakpastian Bending Momen? ');Readln(COV2);
     Write(' Mean Momen Bending Midship? '); Readln(M3);
     Write(' COV Momen Bending Midship? ');Readln(COV3);
     Write(' Mean Jarak Sumbu Netral? '); Readln(M4);
     Write(' COV Jarak Sumbu Netral? ');Readln(COV4);
     Write(' Mean Momen Inersia? '); Readln(M5);
     Write(' COV Momen Inersia? ');Readln(COV5);

     S1:=COV1*M1; S2:=COV2*M2; S3:=COV3*M3; S4:=COV4*M4;
S5:=COV5*M5;
    repeat

     Write('Masukan nilai awal Beta:  ');Readln(B);
     Write('Masukkan nilai awal Alpha_1:  ');Readln(a1);
     Write('Masukkan nilai awal Alpha_2:  ');Readln(a2);
     Write('Masukkan nilai awal Alpha_3:  ');Readln(a3);
     Write('masukkan nilai awal Alpha_4:  ');Readln(a4);
     Write('masukkan nilai awal Alpha_5:  ');Readln(a5);
     betaaksen:=0.0;
    Repeat
     x:=0.0;
     x:=x+1;
     z1:=B*a1; z2:=b*a2; z3:=b*a3; z4:=b*a4; z5:=b*a5;
     betaaksen:=B;
```

```
{
    a1aksen:=a1; a2aksen:=a2; a3aksen:=a3; a4aksen:=a4; a5aksen:=a5;}

    derivz1:=M5*S1+S1*S5*z5;
    derivz2:=-(M3*S2*M4+S2*S3*Z3*M4+M3*S2*Z4*S4+S2*S3*Z3*Z4*S4);
    derivz3:=-(M2*S3*M4+S2*S3*Z2*M4+M2*S3*Z4*S4+S2*S3*Z2*Z4*S4);
    derivz4:=-(M2*M3*S4+M3*S2*Z2*S4+M2*S3*Z3*S4+S2*S3*Z2*Z3*S4);
    derivz5:=M1*S5+S1*S5*z1;

    k:=sqrt(sqr(derivz1)+sqr(derivz2)+sqr(derivz3)+sqr(derivz4)+sqr(derivz5));

    a1:=-derivz1/k;
    a2:=-derivz2/k;
    a3:=-derivz3/k;
    a4:=-derivz4/k;
    a5:=-derivz5/k;

    FF:=M2*M3*S4*a4+M3*S2*S4*a2*a4*B+M2*S3*S4*a3*a4*B;
    GG:=S2*S3*S4*a2*a3*a4*B*B-M5*S1*a1-M1*S5*a5-s1*s5*a1*a5*b;

B:=(M1*M5-M2*M3*M4)/(M3*S2*M4*a2+M2*S3*M4*a3+S2*S3*M4*a2*a3*b+
FF+GG);

    writeln(' a1:',a1:8:6,' a2:',a2:8:6,' a3:',a3:8:6,' a4:',a4:8:6,' a5:',a5:8:6,' beta:',b:8:6);
    Moda:=((m1+s1*z1)*(m5+s5*z5))-((m2+s2*z2)*(m3+s3*z3)*(m4+s4*z4));
    if abs(B-betaaksen)<=0.00001 then writeln('beta konvergen ', B:5:3);
    until abs(Moda)<=0.00001;

{     abs(B-betaaksen)<=0.0001;     }

    Writeln('-------------------------------------------------------');
    writeln(a1:5:3,":4,a2:5:3,":4,a3:5:3,":4,a4:5:3,":4,a5:5:3,":4,b:5:3);
    Writeln('-------------------------------------------------------');
    Writeln;
    z1:=a1*b; z2:=a2*b; z3:=a3*b; z4:=a4*b; z5:=a5*b;

    writeln('moda= ',moda);
    writeln;
    Write('Lanjutkan Iterasi ? (Y/N): ');Readln(Tekan);
  Until (Tekan = 'N') or (Tekan = 'n');
End.
```

LAMPIRAN 2

Momen Inersia = 6,5 m4

Tegangan yield (σ_{Yield})= 160000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.270	0.342	0.580	0.249	-0.643	3.786	Moda= 9.5367431641E-07
-0.274	0.357	0.618	0.258	-0.592	3.282	Moda= -1.9073486328E-06
-0.272	0.365	0.647	0.262	-0.552	2.850	Moda= -1.9073486328E-06
-0.268	0.369	0.672	0.263	-0.520	2.475	Moda= 9.5367431641E-06
-0.262	0.371	0.694	0.262	-0.494	2.147	Moda= 0.0000000000E+00
-0.256	0.371	0.713	0.260	-0.470	1.857	Moda= -2.8610229492E-06
-0.250	0.369	0.730	0.257	-0.450	1.600	Moda= 7.6293945313E-06
-0.244	0.366	0.745	0.254	-0.432	1.369	Moda= 4.7683715820E-06
-0.237	0.363	0.760	0.250	-0.416	1.161	Moda= 1.9073486328E-06
-0.231	0.358	0.773	0.246	-0.400	0.973	Moda= 0.0000000000E+00
-0.225	0.354	0.785	0.241	-0.387	0.801	Moda= -3.8146972656E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 200000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.253	0.314	0.527	0.230	-0.712	4.374	Moda= 3.8146972656E-06
-0.268	0.338	0.570	0.246	-0.655	3.897	Moda= 6.6757202148E-06
-0.273	0.352	0.604	0.255	-0.610	3.475	Moda= -9.5367431641E-07
-0.274	0.361	0.630	0.260	-0.575	3.102	Moda= -2.8610229492E-06
-0.271	0.366	0.653	0.262	-0.545	2.770	Moda= 9.5367431641E-06
-0.268	0.369	0.672	0.263	-0.520	2.475	Moda= 8.5830688477E-06
-0.264	0.371	0.690	0.262	-0.499	2.209	Moda= 1.9073486328E-06
-0.259	0.371	0.705	0.261	-0.479	1.969	Moda= 0.0000000000E+00
-0.254	0.370	0.720	0.259	-0.462	1.751	Moda= 0.0000000000E+00
-0.249	0.368	0.733	0.256	-0.446	1.552	Moda= 9.5367431641E-06
-0.244	0.366	0.745	0.254	-0.432	1.369	Moda= 3.8146972656E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 240000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.227	0.283	0.475	0.207	-0.774	4.814	Moda= -3.8146972656E-06
-0.253	0.314	0.527	0.230	-0.712	4.374	Moda= 6.6757202148E-06
-0.266	0.334	0.564	0.244	-0.663	3.972	Moda= 5.7220458984E-06
-0.272	0.348	0.593	0.252	-0.624	3.610	Moda= -9.5367431641E-07
-0.274	0.357	0.618	0.258	-0.592	3.282	Moda= -2.8610229492E-06
-0.273	0.363	0.638	0.261	-0.564	2.987	Moda= -3.8146972656E-06
-0.271	0.367	0.656	0.262	-0.541	2.719	Moda= -5.7220458984E-06
-0.268	0.369	0.672	0.263	-0.520	2.475	Moda= 1.9073486328E-06
-0.264	0.371	0.687	0.262	-0.502	2.251	Moda= 0.0000000000E+00
-0.260	0.371	0.700	0.261	-0.486	2.046	Moda= 0.0000000000E+00
-0.256	0.371	0.713	0.260	-0.470	1.857	Moda= 0.0000000000E+00

Tegangan yield (σ_{Yield})= 280000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.198	0.251	0.426	0.182	-0.827	5.144	Moda= -7.6293945313E-06
-0.232	0.289	0.484	0.211	-0.764	4.749	Moda= 4.7683715820E-06

-0.265	0.332	0.559	0.242	-0.669	4.027	Moda= 4.7683715820E-06
-0.271	0.344	0.586	0.250	-0.634	3.709	Moda= 1.9073486328E-06
-0.273	0.353	0.608	0.256	-0.605	3.418	Moda= -1.9073486328E-06
-0.274	0.360	0.627	0.259	-0.579	3.152	Moda= -5.7220458984E-06
-0.273	0.364	0.643	0.261	-0.557	2.908	Moda= -5.7220458984E-06
-0.271	0.367	0.659	0.263	-0.538	2.683	Moda= 5.7220458984E-06
-0.268	0.369	0.672	0.263	-0.520	2.475	Moda= -1.9073486328E-06
-0.265	0.370	0.685	0.263	-0.505	2.282	Moda= -1.9073486328E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 320000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.169	0.219	0.379	0.159	-0.869	5.392	Moda= -7.6293945313E-06
-0.208	0.262	0.442	0.191	-0.810	5.044	Moda= -1.9073486328E-06
-0.235	0.293	0.490	0.214	-0.757	4.701	Moda= 9.5367431641E-06
-0.253	0.314	0.527	0.230	-0.712	4.374	Moda= 6.6757202148E-06
-0.264	0.330	0.556	0.241	-0.674	4.069	Moda= 3.8146972656E-06
-0.270	0.342	0.580	0.249	-0.643	3.786	Moda= 1.9073486328E-06
-0.273	0.350	0.600	0.254	-0.615	3.525	Moda= -1.9073486328E-06
-0.274	0.357	0.618	0.258	-0.592	3.282	Moda= -3.8146972656E-06
-0.273	0.361	0.633	0.260	-0.571	3.058	Moda= -5.7220458984E-06
-0.272	0.365	0.647	0.262	-0.552	2.850	Moda= -3.8146972656E-06
-0.270	0.368	0.660	0.263	-0.536	2.656	Moda= 5.7220458984E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 360000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.144	0.191	0.338	0.137	-0.900	5.581	Moda= -2.8610229492E-06
-0.183	0.235	0.402	0.170	-0.849	5.277	Moda= -3.8146972656E-06
-0.215	0.269	0.454	0.197	-0.798	4.967	Moda= 0.0000000000E+00
-0.238	0.295	0.494	0.216	-0.752	4.663	Moda= 0.0000000000E+00
-0.253	0.314	0.527	0.230	-0.712	4.374	Moda= 7.6293945313E-06
-0.263	0.329	0.553	0.240	-0.678	4.102	Moda= -9.5367431641E-06
-0.269	0.339	0.575	0.247	-0.649	3.847	Moda= 0.0000000000E+00
-0.272	0.348	0.593	0.252	-0.624	3.610	Moda= -3.8146972656E-06
-0.273	0.354	0.610	0.256	-0.602	3.388	Moda= -3.8146972656E-06
-0.274	0.359	0.625	0.259	-0.582	3.181	Moda= -3.8146972656E-06
-0.273	0.363	0.638	0.261	-0.564	2.987	Moda= -9.5367431641E-06

Momen Inersia = 7,0 m4

Tegangan yield (σ_{Yield})= 160000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.266	0.334	0.563	0.243	-0.665	3.986	Moda= 4.7683715820E-06
-0.273	0.351	0.602	0.255	-0.612	3.489	Moda= -9.5367431641E-07
-0.273	0.361	0.633	0.260	-0.571	3.058	Moda= -3.8146972656E-06
-0.271	0.367	0.659	0.263	-0.538	2.683	Moda= 0.0000000000E+00
-0.266	0.370	0.680	0.263	-0.510	2.353	Moda= 0.0000000000E+00
-0.261	0.371	0.699	0.262	-0.487	2.060	Moda= -9.5367431641E-07
-0.255	0.370	0.717	0.259	-0.466	1.800	Moda= -1.9073486328E-06
-0.249	0.369	0.732	0.257	-0.447	1.565	Moda= 7.6293945313E-06
-0.243	0.366	0.747	0.253	-0.431	1.353	Moda= 3.8146972656E-06
-0.237	0.363	0.760	0.250	-0.416	1.161	Moda= 1.9073486328E-06
-0.231	0.359	0.772	0.246	-0.402	0.986	Moda= 9.5367431641E-07

Tegangan yield (σ_{Yield})= 200000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.244	0.303	0.507	0.221	-0.737	4.558	Moda= 4.7683715820E-06
-0.263	0.329	0.553	0.240	-0.677	4.094	Moda= -3.8146972656E-06
-0.271	0.345	0.588	0.251	-0.631	3.679	Moda= -9.5367431641E-07
-0.274	0.356	0.616	0.257	-0.594	3.309	Moda= -3.8146972656E-06
-0.273	0.363	0.639	0.261	-0.564	2.979	Moda= -5.7220458984E-06
-0.271	0.367	0.659	0.263	-0.538	2.683	Moda= 1.9073486328E-06
-0.267	0.370	0.676	0.263	-0.515	2.415	Moda= 0.0000000000E+00
-0.263	0.371	0.692	0.262	-0.496	2.173	Moda= -3.8146972656E-06
-0.258	0.371	0.706	0.261	-0.478	1.953	Moda= 0.0000000000E+00
-0.254	0.370	0.720	0.259	-0.462	1.751	Moda= 0.0000000000E+00
-0.249	0.369	0.732	0.257	-0.447	1.565	Moda= 9.5367431641E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 240000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.214	0.268	0.452	0.196	-0.800	4.978	Moda= -7.6293945313E-06
-0.244	0.303	0.507	0.221	-0.737	4.558	Moda= 1.9073486328E-06
-0.261	0.326	0.547	0.238	-0.686	4.168	Moda= 2.8610229492E-06
-0.269	0.341	0.577	0.248	-0.645	3.812	Moda= -9.5367431641E-07
-0.273	0.351	0.602	0.255	-0.612	3.489	Moda= -9.5367431641E-07
-0.274	0.359	0.624	0.259	-0.583	3.195	Moda= -3.8146972656E-06
-0.273	0.364	0.642	0.261	-0.559	2.927	Moda= -1.9073486328E-06
-0.271	0.367	0.659	0.263	-0.538	2.683	Moda= 5.7220458984E-06
-0.268	0.369	0.673	0.263	-0.519	2.458	Moda= 9.5367431641E-06
-0.264	0.371	0.687	0.262	-0.502	2.251	Moda= -1.9073486328E-06
-0.261	0.371	0.699	0.262	-0.487	2.060	Moda= -5.7220458984E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 280000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.182	0.234	0.400	0.169	-0.851	5.286	Moda= -2.8610229492E-06
-0.219	0.274	0.461	0.200	-0.790	4.916	Moda= 0.0000000000E+00

-0.244	0.303	0.507	0.221	-0.737	4.558	Moda= 6.6757202148E-06
-0.259	0.323	0.542	0.236	-0.693	4.222	Moda= 5.7220458984E-06
-0.267	0.337	0.569	0.246	-0.656	3.911	Moda= 1.9073486328E-06
-0.272	0.347	0.592	0.252	-0.625	3.624	Moda= 0.0000000000E+00
-0.274	0.355	0.612	0.257	-0.599	3.359	Moda= -1.9073486328E-06
-0.274	0.360	0.629	0.260	-0.576	3.116	Moda= -7.6293945313E-06
-0.272	0.364	0.645	0.262	-0.556	2.891	Moda= -3.8146972656E-06
-0.271	0.367	0.659	0.263	-0.538	2.683	Moda= 3.8146972656E-06
-0.268	0.369	0.671	0.263	-0.522	2.489	Moda= 7.6293945313E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 320000.0 kN/m^2

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.153	0.202	0.353	0.145	-0.889	5.514	Moda= -7.6293945313E-06
-0.192	0.245	0.417	0.178	-0.835	5.193	Moda= -1.9073486328E-06
-0.223	0.278	0.468	0.203	-0.783	4.871	Moda= -9.5367431641E-06
-0.244	0.303	0.507	0.221	-0.737	4.558	Moda= 7.6293945313E-06
-0.257	0.321	0.538	0.234	-0.698	4.263	Moda= 3.8146972656E-06
-0.266	0.334	0.563	0.243	-0.665	3.986	Moda= 9.5367431641E-06
-0.270	0.344	0.584	0.250	-0.636	3.728	Moda= 1.9073486328E-06
-0.273	0.351	0.602	0.255	-0.612	3.489	Moda= -1.9073486328E-06
-0.274	0.357	0.619	0.258	-0.590	3.266	Moda= -1.9073486328E-06
-0.273	0.361	0.633	0.260	-0.571	3.058	Moda= -7.6293945313E-06
-0.272	0.365	0.646	0.262	-0.554	2.864	Moda= -1.9073486328E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 360000.0 kN/m^2

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.129	0.174	0.312	0.125	-0.917	5.685	Moda= -2.8610229492E-06
-0.167	0.217	0.376	0.157	-0.871	5.408	Moda= -6.6757202148E-06
-0.200	0.253	0.429	0.184	-0.823	5.121	Moda= -6.6757202148E-06
-0.226	0.282	0.472	0.206	-0.777	4.835	Moda= -2.8610229492E-06
-0.244	0.303	0.507	0.221	-0.737	4.558	Moda= 9.5367431641E-06
-0.256	0.319	0.535	0.233	-0.702	4.295	Moda= 0.0000000000E+00
-0.264	0.331	0.558	0.242	-0.672	4.046	Moda= 3.8146972656E-06
-0.269	0.341	0.577	0.248	-0.645	3.812	Moda= 0.0000000000E+00
-0.272	0.348	0.595	0.253	-0.622	3.593	Moda= -1.9073486328E-06
-0.273	0.354	0.610	0.256	-0.602	3.388	Moda= -3.8146972656E-06
-0.274	0.359	0.624	0.259	-0.583	3.195	Moda= 1.9073486328E-06

Momen Inersia = 7,55 m4

Tegangan yield (σ_{Yield})= 160000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.260	0.325	0.545	0.237	-0.688	4.186	Moda= 2.8610229492E-06
-0.271	0.345	0.587	0.251	-0.633	3.697	Moda= 9.5367431641E-07
-0.274	0.357	0.618	0.258	-0.591	3.270	Moda= -1.9073486328E-06
-0.273	0.364	0.644	0.261	-0.556	2.895	Moda= -9.5367431641E-07
-0.269	0.368	0.666	0.263	-0.528	2.564	Moda= 3.8146972656E-06
-0.265	0.370	0.686	0.263	-0.504	2.270	Moda= 9.5367431641E-07
-0.260	0.371	0.703	0.261	-0.482	2.006	Moda= -9.5367431641E-07
-0.254	0.370	0.719	0.259	-0.463	1.769	Moda= 0.0000000000E+00
-0.249	0.368	0.733	0.256	-0.447	1.553	Moda= 9.5367431641E-06
-0.243	0.366	0.746	0.253	-0.431	1.357	Moda= 5.7220458984E-06
-0.238	0.363	0.759	0.250	-0.417	1.178	Moda= 1.9073486328E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 200000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.233	0.290	0.485	0.212	-0.763	4.739	Moda= 7.6293945313E-06
-0.256	0.319	0.535	0.233	-0.701	4.291	Moda= 4.7683715820E-06
-0.268	0.338	0.571	0.246	-0.653	3.885	Moda= 9.5367431641E-06
-0.273	0.350	0.600	0.254	-0.615	3.520	Moda= 9.5367431641E-07
-0.274	0.359	0.624	0.259	-0.583	3.191	Moda= -4.7683715820E-06
-0.273	0.364	0.644	0.261	-0.556	2.895	Moda= -1.9073486328E-06
-0.270	0.368	0.662	0.263	-0.533	2.627	Moda= 3.8146972656E-06
-0.267	0.370	0.678	0.263	-0.513	2.384	Moda= -1.9073486328E-06
-0.263	0.371	0.693	0.262	-0.495	2.161	Moda= 0.0000000000E+00
-0.259	0.371	0.706	0.261	-0.478	1.957	Moda= 0.0000000000E+00
-0.254	0.370	0.719	0.259	-0.463	1.769	Moda= 1.9073486328E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 240000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.199	0.252	0.427	0.183	-0.825	5.135	Moda= -6.6757202148E-06
-0.233	0.290	0.485	0.212	-0.763	4.739	Moda= 8.5830688477E-06
-0.253	0.315	0.528	0.230	-0.711	4.363	Moda= 2.8610229492E-06
-0.265	0.333	0.560	0.243	-0.668	4.016	Moda= 7.6293945313E-06
-0.271	0.345	0.587	0.251	-0.633	3.697	Moda= 1.9073486328E-06
-0.273	0.354	0.609	0.256	-0.604	3.406	Moda= -5.7220458984E-06
-0.274	0.360	0.628	0.259	-0.578	3.140	Moda= -5.7220458984E-06
-0.273	0.364	0.644	0.261	-0.556	2.895	Moda= -1.9073486328E-06
-0.270	0.367	0.659	0.263	-0.537	2.670	Moda= 3.8146972656E-06
-0.268	0.369	0.673	0.263	-0.519	2.462	Moda= -1.9073486328E-06
-0.265	0.370	0.686	0.263	-0.504	2.270	Moda= 0.0000000000E+00

Tegangan yield (σ_{Yield})= 280000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.165	0.216	0.373	0.156	-0.873	5.420	Moda= -9.5367431641E-06
-0.204	0.258	0.437	0.188	-0.816	5.078	Moda= -5.7220458984E-06

-0.233	0.290	0.485	0.212	-0.763	4.739	Moda= 9.5367431641E-06
-0.251	0.312	0.522	0.228	-0.717	4.415	Moda= 6.6757202148E-06
-0.262	0.328	0.552	0.240	-0.679	4.112	Moda= -5.7220458984E-06
-0.269	0.340	0.576	0.248	-0.647	3.830	Moda= 1.9073486328E-06
-0.272	0.349	0.596	0.253	-0.620	3.569	Moda= 0.0000000000E+00
-0.274	0.356	0.614	0.257	-0.596	3.328	Moda= 0.0000000000E+00
-0.274	0.361	0.630	0.260	-0.575	3.104	Moda= -7.6293945313E-06
-0.273	0.364	0.644	0.261	-0.556	2.895	Moda= 0.0000000000E+00
-0.271	0.367	0.657	0.262	-0.539	2.701	Moda= 1.9073486328E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 320000.0 kN/m^2

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.137	0.184	0.327	0.132	-0.907	5.627	Moda= -1.9073486328E-06
-0.176	0.227	0.391	0.165	-0.859	5.335	Moda= -7.6293945313E-06
-0.209	0.263	0.443	0.191	-0.809	5.035	Moda= -2.8610229492E-06
-0.233	0.290	0.485	0.212	-0.763	4.739	Moda= 7.6293945313E-06
-0.249	0.310	0.518	0.226	-0.723	4.454	Moda= 1.9073486328E-06
-0.260	0.325	0.545	0.237	-0.688	4.186	Moda= 5.7220458984E-06
-0.267	0.336	0.567	0.245	-0.659	3.933	Moda= 0.0000000000E+00
-0.271	0.345	0.587	0.251	-0.633	3.697	Moda= 1.9073486328E-06
-0.273	0.352	0.603	0.255	-0.611	3.477	Moda= -1.9073486328E-06
-0.274	0.357	0.618	0.258	-0.591	3.270	Moda= -3.8146972656E-06
-0.273	0.361	0.632	0.260	-0.573	3.077	Moda= 1.9073486328E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 360000.0 kN/m^2

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.115	0.158	0.288	0.112	-0.931	5.780	Moda= -7.6293945313E-06
-0.150	0.199	0.349	0.143	-0.892	5.531	Moda= -9.5367431641E-07
-0.184	0.236	0.403	0.171	-0.848	5.268	Moda= -1.9073486328E-06
-0.212	0.266	0.449	0.194	-0.803	5.001	Moda= 0.0000000000E+00
-0.233	0.290	0.485	0.212	-0.763	4.739	Moda= 9.5367431641E-06
-0.248	0.308	0.515	0.225	-0.727	4.485	Moda= 5.7220458984E-06
-0.258	0.322	0.539	0.235	-0.696	4.244	Moda= 7.6293945313E-06
-0.265	0.333	0.560	0.243	-0.668	4.016	Moda= 9.5367431641E-06
-0.269	0.341	0.578	0.248	-0.644	3.800	Moda= 3.8146972656E-06
-0.272	0.348	0.594	0.253	-0.623	3.597	Moda= -3.8146972656E-06
-0.273	0.354	0.609	0.256	-0.604	3.406	Moda= -3.8146972656E-06

Momen Inersia = 8,0 m4

Tegangan yield (σ_{Yield})= 160000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.254	0.317	0.531	0.231	-0.707	4.335	Moda= 0.0000000000E+00
-0.268	0.339	0.574	0.247	-0.650	3.855	Moda= 6.6757202148E-06
-0.273	0.353	0.607	0.256	-0.606	3.432	Moda= 9.5367431641E-07
-0.273	0.361	0.633	0.260	-0.571	3.058	Moda= -2.8610229492E-06
-0.271	0.367	0.656	0.262	-0.542	2.727	Moda= -2.8610229492E-06
-0.267	0.370	0.675	0.263	-0.517	2.431	Moda= 9.5367431641E-06
-0.263	0.371	0.693	0.262	-0.495	2.166	Moda= -9.5367431641E-07
-0.258	0.371	0.708	0.261	-0.476	1.926	Moda= 0.0000000000E+00
-0.253	0.370	0.723	0.258	-0.459	1.709	Moda= -1.9073486328E-06
-0.248	0.368	0.736	0.256	-0.443	1.510	Moda= 9.5367431641E-06
-0.242	0.366	0.748	0.253	-0.429	1.328	Moda= 3.8146972656E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 200000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.223	0.278	0.468	0.203	-0.783	4.871	Moda= -1.9073486328E-06
-0.250	0.311	0.520	0.227	-0.721	4.438	Moda= 5.7220458984E-06
-0.264	0.332	0.558	0.242	-0.671	4.040	Moda= 5.7220458984E-06
-0.271	0.345	0.588	0.251	-0.631	3.679	Moda= 9.5367431641E-07
-0.274	0.355	0.612	0.257	-0.598	3.353	Moda= -2.8610229492E-06
-0.273	0.361	0.633	0.260	-0.571	3.058	Moda= -5.7220458984E-06
-0.272	0.366	0.651	0.262	-0.547	2.790	Moda= -1.9073486328E-06
-0.269	0.369	0.668	0.263	-0.526	2.546	Moda= 9.5367431641E-06
-0.266	0.370	0.682	0.263	-0.508	2.322	Moda= -1.9073486328E-06
-0.262	0.371	0.696	0.262	-0.491	2.116	Moda= -1.9073486328E-06
-0.258	0.371	0.708	0.261	-0.476	1.926	Moda= 1.9073486328E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 240000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.186	0.238	0.407	0.173	-0.844	5.247	Moda= -9.5367431641E-07
-0.223	0.278	0.468	0.203	-0.783	4.871	Moda= -1.9073486328E-06
-0.246	0.306	0.512	0.224	-0.730	4.508	Moda= 4.7683715820E-06
-0.261	0.326	0.547	0.238	-0.686	4.168	Moda= 4.7683715820E-06
-0.268	0.339	0.574	0.247	-0.650	3.855	Moda= 0.0000000000E+00
-0.272	0.349	0.597	0.253	-0.620	3.567	Moda= 0.0000000000E+00
-0.274	0.356	0.616	0.257	-0.594	3.302	Moda= -7.6293945313E-06
-0.273	0.361	0.633	0.260	-0.571	3.058	Moda= -5.7220458984E-06
-0.272	0.365	0.649	0.262	-0.551	2.833	Moda= -1.9073486328E-06
-0.270	0.368	0.662	0.263	-0.533	2.625	Moda= 5.7220458984E-06
-0.267	0.370	0.675	0.263	-0.517	2.431	Moda= 0.0000000000E+00

Tegangan yield (σ_{Yield})= 280000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.153	0.202	0.353	0.145	-0.889	5.514	Moda= 1.9073486328E-06
-0.192	0.245	0.417	0.178	-0.835	5.193	Moda= 9.5367431641E-07

-0.223	0.278	0.468	0.203	-0.783	4.871	Moda= -5.7220458984E-06
-0.244	0.303	0.507	0.221	-0.737	4.558	Moda= 5.7220458984E-06
-0.257	0.321	0.538	0.234	-0.698	4.263	Moda= 5.7220458984E-06
-0.266	0.334	0.563	0.243	-0.665	3.986	Moda= 9.5367431641E-06
-0.270	0.344	0.584	0.250	-0.636	3.728	Moda= 0.0000000000E+00
-0.273	0.351	0.602	0.255	-0.612	3.489	Moda= -3.8146972656E-06
-0.274	0.357	0.619	0.258	-0.590	3.266	Moda= -5.7220458984E-06
-0.273	0.361	0.633	0.260	-0.571	3.058	Moda= -5.7220458984E-06
-0.272	0.365	0.646	0.262	-0.554	2.864	Moda= -1.9073486328E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 320000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.126	0.171	0.307	0.122	-0.920	5.706	Moda= -9.5367431641E-06
-0.163	0.213	0.370	0.154	-0.876	5.435	Moda= -3.8146972656E-06
-0.197	0.250	0.424	0.182	-0.828	5.153	Moda= -9.5367431641E-06
-0.223	0.278	0.468	0.203	-0.783	4.871	Moda= -3.8146972656E-06
-0.242	0.300	0.502	0.219	-0.742	4.597	Moda= 1.9073486328E-06
-0.254	0.317	0.531	0.231	-0.707	4.335	Moda= 0.0000000000E+00
-0.263	0.329	0.554	0.240	-0.677	4.088	Moda= 3.8146972656E-06
-0.268	0.339	0.574	0.247	-0.650	3.855	Moda= -3.8146972656E-06
-0.272	0.347	0.591	0.252	-0.627	3.637	Moda= -3.8146972656E-06
-0.273	0.353	0.607	0.256	-0.606	3.432	Moda= 1.9073486328E-06
-0.274	0.358	0.621	0.258	-0.588	3.239	Moda= -5.7220458984E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 360000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.105	0.146	0.270	0.104	-0.940	5.847	Moda= -1.4305114746E-06
-0.138	0.185	0.329	0.133	-0.906	5.617	Moda= -2.8610229492E-06
-0.171	0.222	0.383	0.161	-0.865	5.373	Moda= -9.5367431641E-06
-0.200	0.253	0.429	0.184	-0.823	5.121	Moda= -7.6293945313E-06
-0.223	0.278	0.468	0.203	-0.783	4.871	Moda= -5.7220458984E-06
-0.240	0.298	0.499	0.218	-0.747	4.626	Moda= 1.9073486328E-06
-0.252	0.313	0.525	0.229	-0.714	4.392	Moda= 3.8146972656E-06
-0.261	0.326	0.547	0.238	-0.686	4.168	Moda= 7.6293945313E-06
-0.266	0.335	0.565	0.244	-0.661	3.956	Moda= 9.5367431641E-06
-0.270	0.343	0.582	0.249	-0.639	3.756	Moda= 1.9073486328E-06
-0.272	0.349	0.597	0.253	-0.620	3.567	Moda= 0.0000000000E+00

Momen Inersia (I)= 8,5 m^4

Tegangan Yield (σ_{yield})= 160000.0 kN/m^2

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.247	0.308	0.515	0.225	-0.727	4.487	Moda= 8.5830688477E-06
-0.265	0.333	0.560	0.242	-0.668	4.018	Moda= 3.8146972656E-06
-0.272	0.348	0.594	0.253	-0.623	3.599	Moda= -9.5367431641E-07
-0.274	0.358	0.621	0.258	-0.587	3.228	Moda= -1.9073486328E-06
-0.273	0.364	0.644	0.261	-0.557	2.897	Moda= -3.8146972656E-06
-0.270	0.368	0.664	0.263	-0.531	2.601	Moda= 5.7220458984E-06
-0.266	0.370	0.681	0.263	-0.509	2.334	Moda= 0.0000000000E+00
-0.261	0.371	0.697	0.262	-0.489	2.093	Moda= -1.9073486328E-06
-0.257	0.371	0.712	0.260	-0.472	1.873	Moda= 0.0000000000E+00
-0.252	0.369	0.725	0.258	-0.456	1.672	Moda= -1.9073486328E-06
-0.247	0.368	0.737	0.256	-0.441	1.488	Moda= 9.5367431641E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 200000.0 kN/m^2

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.212	0.266	0.448	0.194	-0.804	5.003	Moda= -7.6293945313E-06
-0.242	0.301	0.503	0.220	-0.741	4.587	Moda= 2.8610229492E-06
-0.260	0.324	0.544	0.237	-0.690	4.199	Moda= 6.6757202148E-06
-0.269	0.340	0.575	0.247	-0.649	3.844	Moda= 9.5367431641E-07
-0.273	0.350	0.600	0.254	-0.615	3.522	Moda= 0.0000000000E+00
-0.274	0.358	0.621	0.258	-0.587	3.228	Moda= -1.9073486328E-06
-0.273	0.363	0.640	0.261	-0.562	2.961	Moda= -5.7220458984E-06
-0.271	0.367	0.656	0.262	-0.541	2.716	Moda= -7.6293945313E-06
-0.268	0.369	0.671	0.263	-0.522	2.491	Moda= 0.0000000000E+00
-0.265	0.370	0.685	0.263	-0.505	2.284	Moda= -3.8146972656E-06
-0.261	0.371	0.697	0.262	-0.489	2.093	Moda= -1.9073486328E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 240000.0 kN/m^2

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.173	0.224	0.386	0.162	-0.863	5.358	Moda= -7.6293945313E-06
-0.212	0.266	0.448	0.194	-0.804	5.003	Moda= 9.5367431641E-07
-0.238	0.296	0.495	0.216	-0.751	4.655	Moda= 9.5367431641E-06
-0.255	0.317	0.532	0.232	-0.706	4.325	Moda= 3.8146972656E-06
-0.265	0.333	0.560	0.242	-0.668	4.018	Moda= 7.6293945313E-06
-0.270	0.344	0.584	0.250	-0.637	3.733	Moda= 0.0000000000E+00
-0.273	0.352	0.604	0.255	-0.610	3.471	Moda= -1.9073486328E-06
-0.274	0.358	0.621	0.258	-0.587	3.228	Moda= -3.8146972656E-06
-0.273	0.362	0.637	0.261	-0.566	3.003	Moda= -5.7220458984E-06
-0.272	0.366	0.651	0.262	-0.548	2.795	Moda= 0.0000000000E+00
-0.270	0.368	0.664	0.263	-0.531	2.601	Moda= 7.6293945313E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 280000.0 kN/m^2

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.140	0.187	0.332	0.134	-0.904	5.605	Moda= -2.8610229492E-06
-0.179	0.231	0.396	0.167	-0.854	5.308	Moda= -4.7683715820E-06

-0.212	0.266	0.448	0.194	-0.804	5.003	Moda= -9.5367431641E-07
-0.235	0.292	0.490	0.214	-0.758	4.704	Moda= 8.5830688477E-06
-0.251	0.312	0.522	0.228	-0.718	4.417	Moda= 1.9073486328E-06
-0.261	0.327	0.549	0.238	-0.684	4.146	Moda= 3.8146972656E-06
-0.268	0.338	0.571	0.246	-0.654	3.893	Moda= 0.0000000000E+00
-0.271	0.346	0.590	0.252	-0.629	3.656	Moda= -3.8146972656E-06
-0.273	0.353	0.606	0.256	-0.606	3.435	Moda= -1.9073486328E-06
-0.274	0.358	0.621	0.258	-0.587	3.228	Moda= -3.8146972656E-06
-0.273	0.362	0.635	0.260	-0.569	3.035	Moda= -3.8146972656E-06

Tegangan yield (σ_{Yield})= 320000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.114	0.158	0.287	0.112	-0.931	5.781	Moda= -5.2452087402E-06
-0.150	0.199	0.349	0.143	-0.892	5.532	Moda= -2.8610229492E-06
-0.184	0.236	0.403	0.171	-0.848	5.270	Moda= -1.9073486328E-06
-0.212	0.266	0.448	0.194	-0.804	5.003	Moda= 9.5367431641E-07
-0.232	0.289	0.485	0.211	-0.763	4.740	Moda= 9.5367431641E-06
-0.247	0.308	0.515	0.225	-0.727	4.487	Moda= 5.7220458984E-06
-0.258	0.322	0.539	0.235	-0.696	4.246	Moda= 5.7220458984E-06
-0.265	0.333	0.560	0.242	-0.668	4.018	Moda= 7.6293945313E-06
-0.269	0.341	0.578	0.248	-0.644	3.802	Moda= 1.9073486328E-06
-0.272	0.348	0.594	0.253	-0.623	3.599	Moda= -1.9073486328E-06
-0.273	0.354	0.608	0.256	-0.604	3.408	Moda= -9.5367431641E-06

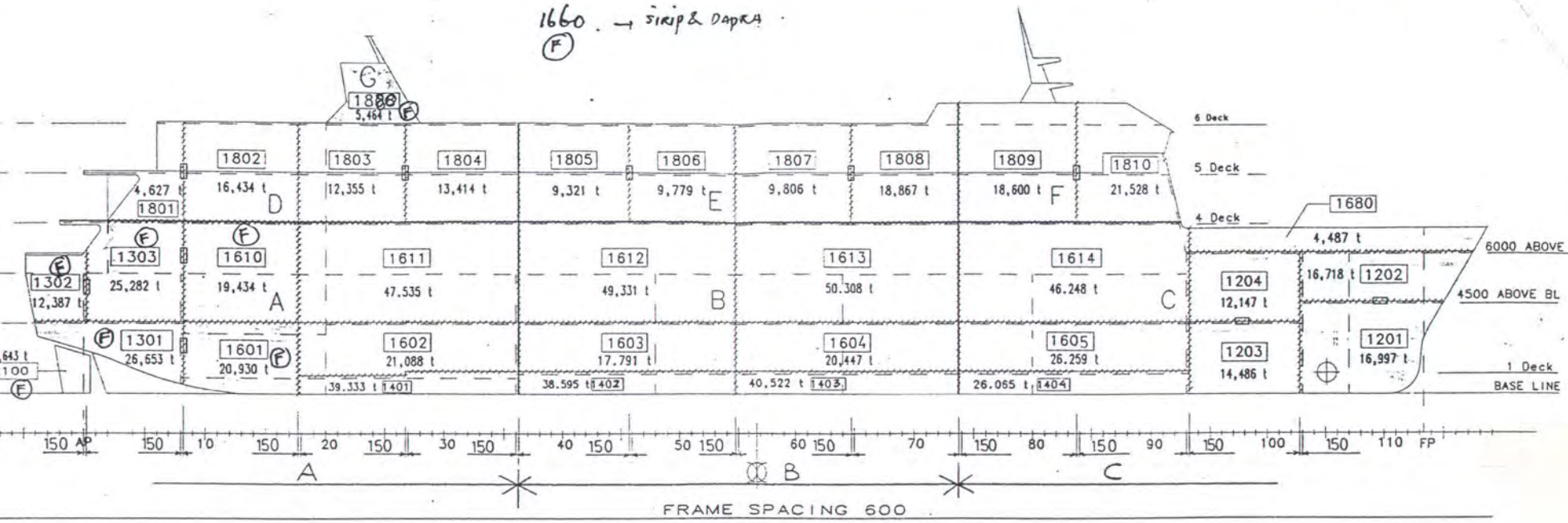
Tegangan yield (σ_{Yield})= 360000.0 kN/m²

α1	α2	α3	α4	α5	β	
-0.095	0.135	0.252	0.095	-0.949	5.911	Moda= -1.9073486328E-06
-0.126	0.172	0.308	0.123	-0.919	5.700	Moda= 9.5367431641E-07
-0.158	0.208	0.362	0.150	-0.883	5.475	Moda= -4.7683715820E-06
-0.187	0.239	0.409	0.174	-0.843	5.240	Moda= -3.8146972656E-06
-0.212	0.266	0.448	0.194	-0.804	5.003	Moda= 0.0000000000E+00
-0.230	0.287	0.481	0.210	-0.767	4.769	Moda= -1.9073486328E-06
-0.245	0.304	0.509	0.222	-0.735	4.542	Moda= 3.8146972656E-06
-0.255	0.317	0.532	0.232	-0.706	4.325	Moda= 1.9073486328E-06
-0.262	0.328	0.551	0.239	-0.680	4.117	Moda= -7.6293945313E-06
-0.267	0.337	0.568	0.245	-0.657	3.920	Moda= 3.8146972656E-06
-0.270	0.344	0.584	0.250	-0.637	3.733	Moda= 0.0000000000E+00

LAMPIRAN 3

(M000122)

1660 → SIRIP & DAPRA



ITIONAL DRAWING		DWG. NO.	WEIGHT
FOUNDATION FOR MAIN ENGINES		1501	3.990 T
FOUNDATION FOR AUX. ENGINES		1502	2.114 T
BILGE KEEL AND FENDER		1660	2,386 T
RUDDER BLADE		2100	1.286 T
SHAFT STRUTS		–	4.080 T
BOSC		–	2.700 T
BLOCK	A	–	212.642 T
BLOCK	B	–	216.994 T
BLOCK	C	–	163.407 T
BLOCK	D	–	46.83 T
BLOCK	E	–	47.773 T
BLOCK	F	–	40.128 T
BLOCK	G	–	5.464 T
AL WEIGHT OF HULL CONSTRUCTION			749.894 T

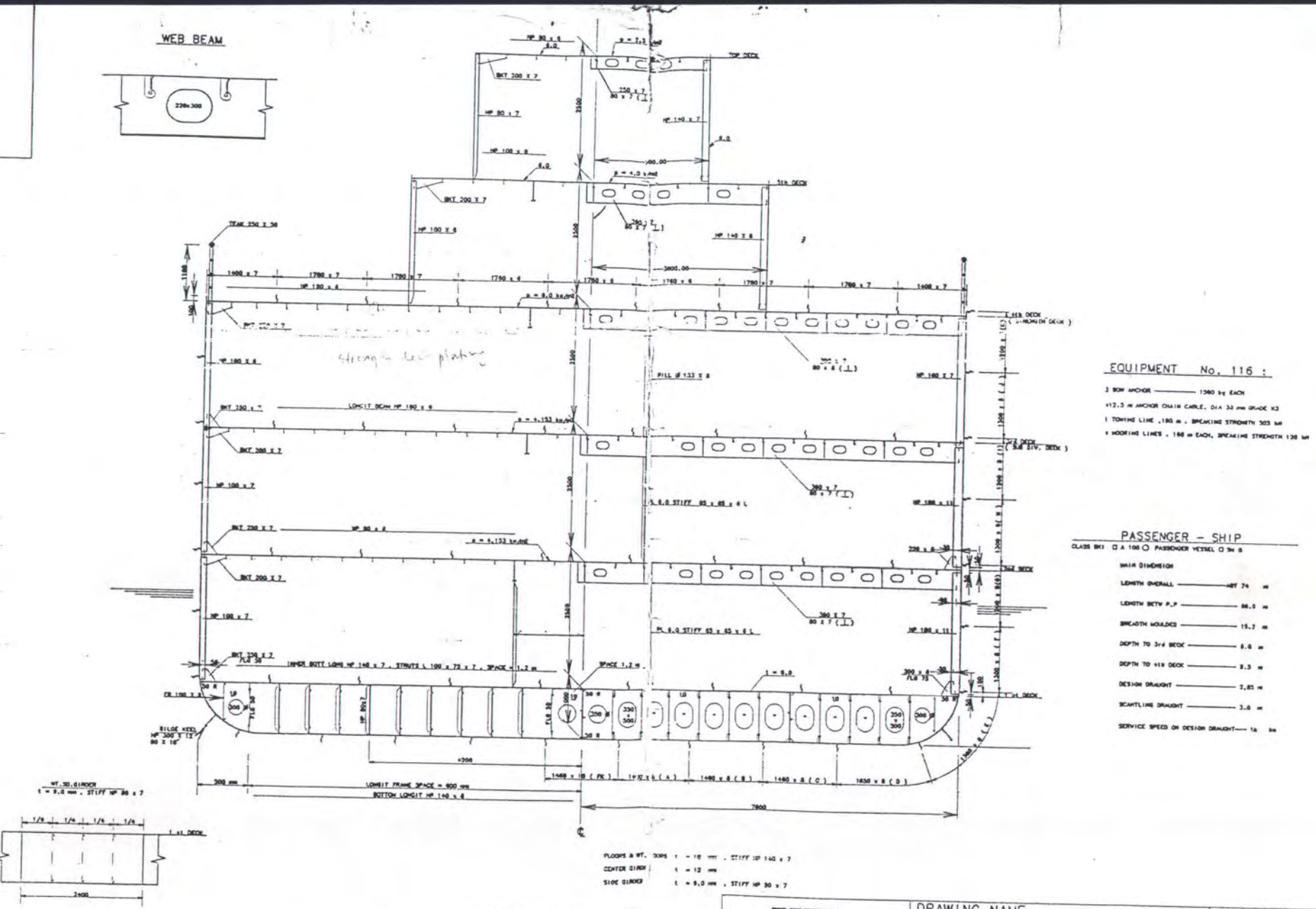
MAIN DIMENSION

LENGTH OVER ALL .....ABT 74 M
LENGTH BETWEEN P.P.....68.0 M
BREADTH MOULDED.....15.2 M
DEPTH TO 3rd DECK..... 6.0 M
DEPTH TP 4th DECK .....8,5 M
DESIGN DRAUGHT .....2.85 M
SCANTLING DRAUGHT.....3.0 M
SERVICE SPEED ON DESIGN DRAUGHT...14 KN

REMARK

= SECTION JOINT
= BLOCK JOINT
= GRAND SECTION

SECTION PLAN & BLOCK DIVISIO



EQUIPMENT No. 116 :

- 3 BOW ANCHOR ——— 1560 kg EACH
- 412.5 m ANCHOR CHAIN CABLE, DIA 32 mm GRADE K3
- 1 TOWING LINE , 190 m , BREAKING STRENGTH 505 kN
- 4 MOORING LINES , 160 m EACH, BREAKING STRENGTH 126 kN

PASSENGER – SHIP

CLASS BKI ☐ A 100 ○ PASSENGER VESSEL ☐ SH B

MAIN DIMENSION

- LENGTH OVERALL ——— 107.74 m
- LENGTH BETW P.P ——— 96.0 m
- BREADTH MOULDED ——— 19.2 m
- DEPTH TO 3rd DECK ——— 8.0 m
- DEPTH TO 4th DECK ——— 9.5 m
- DESIGN DRAUGHT ——— 2.85 m
- SCANTLING DRAUGHT ——— 3.0 m
- SERVICE SPEED ON DESIGN DRAUGHT ——— 16 kn

PT. PAL INDONESIA	DRAWING NAME: MIDSHIP SECTION
PROJECTION SYMBOL	PROJECT NO: M000121
SIZE: A3	REV:
SCALE: 1 : 75	SHEET 1 OF 1
ALL RIGHTS RESERVED ARE PROPERTY OF P.T. PAL. INDONESIA	DRAWING NO: 1010

LAMPIRAN 4

ÖMÖ

MEYER WERFT
PAPENBURG SEIT 1795

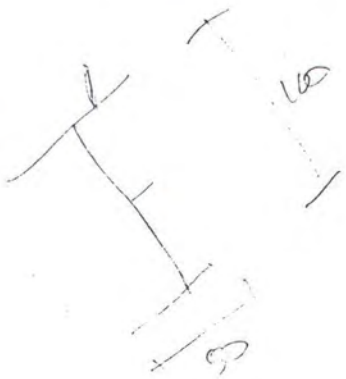
490430 0215.

PT PAL INDONESIA

LONGITUDINAL STRENGTH

30.58.9.6

CALCULATIONS



K 2427

1st copy

Genehmigt
Approved
Hamburg, den Tgb. Nr.
11. 02. 93 * 97061 / 92

on behalf of
BIRO KLASIFIKASI INDONESIA

Germanischer Lloyd

18.12.92
TP/GU

L O N G I T U D I N A L S T R E N G T H C A L C U L A T I O N S

CONTENTS:

		Page
General Particulars		2
Lightweight Distribution		4
Loading Conditions		
Cond.10 Light ship		6
Cond.11 Ship ready for Docking		11
Cond.21 Pass.,full Stores & Cargo	Departure	16
Cond.22 Pass.,50% Stores & Cargo		21
Cond.23 Pass.,Cargo & 10% Stores	Arrival	26
Cond.31 Passengers, Stores	Departure	31
Cond.32 Passengers, 50% Stores		36
Cond.33 Passengers, 10% Stores	Arrival	41
Cond.41 Full Cons.,without Pass. & Cargo	Departure	46
Cond.42 10% Cons.,without Pass. & Cargo	Arrival	51

H U L L K 2427

GENERAL PARTICULARS

Ship's name	
Classification	BKI + 100 A1
Port of registry	
Owners	
Builders	
Builder's No.	
Date keel laid	
Length over all	abt. 74.00 m
Lenght betw. perpendiculars	68.00 m
Breadth moulded	15.20 m
Depth to Deck 3	6.00 m
Summer load draught	2.85 m
Summer load deadweight	400.0 t
GT	abt. 2650
NT	

GENERAL REMARKS

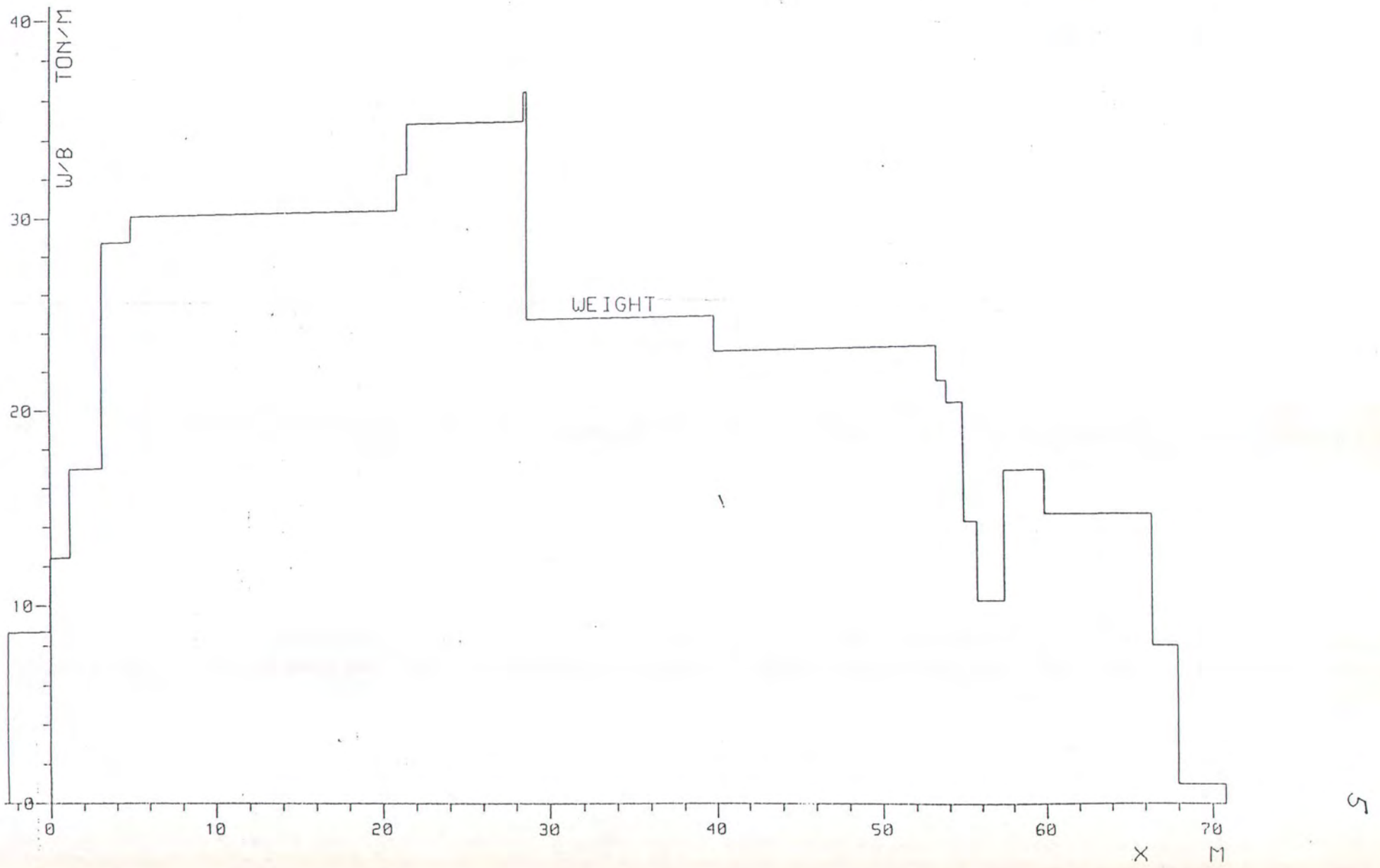
- This longitudinal strength booklet is created with a computer-program called NAPA. This program has been checked and approved by following authorities:
-- Germanischer Lloyd
-- Norwegian Maritime Administration
-- USSR Register of Shipping

- The lightweight is defined by several lightweight-elements. The location of the elements is shown on the next page. The lightweight distribution is shown in the diagram.

DEFINITION OF LIGHTWEIGHT DISTRIBUTION

NAME	TEXT	W TON	XCG M	XMIN M	XMAX M
E1	Accom. & Outfittings DK1	40.0	42.20	28.60	55.80
E2	Accom. & Outfittings DK2	88.0	38.70	21.60	55.80
E3	Accom. & Outfittings DK3	135.0	30.00	0.00	60.00
E4	Cranes,Moorings etc.	60.0	62.00	57.50	66.50
E5	Accom. & Outfittings DK4	88.0	28.00	1.20	53.40
E6	Accom. & Outfittings DK5	66.0	30.00	5.00	55.00
E7	Lifesaving appliances	35.0	30.50	21.00	40.00
E8	Rest Accomodation	30.0	34.00	0.00	68.00
M1	Machinery etc.	300.0	16.00	3.20	28.80
S1	Steel weight up to DK3	460.0	33.00	-2.50	68.00
S2	Steel weight DK3 - DK4	150.0	27.50	-2.50	55.00
S3	Steel weight DK4 - DK5	100.0	28.10	1.20	55.00
S4	Steel weight DK5 - DK6	60.0	27.60	1.20	54.00
S5	Rest weight on board	73.0	35.40	0.00	70.80
TOTAL		1685.0	30.00		

CONDITION LC10
DISP 1685 TON
DRAUGHT 2.35 M
TRIM 0.5



LC10 : Light Ship

LOADING CONDITION LC10: Light Ship

LOADS

Item	Weight (t)	L.C.G. (m)	T.C.G. (m)	V.C.G. (m)	Frs.mom. (tm)
Deadweight	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0
Lightweight	1685.0	30.00	0.00	5.80	
Displacement (1.025 t/m3)	1685.0	30.00	0.00	5.80	0.0

FLOATING POSITION

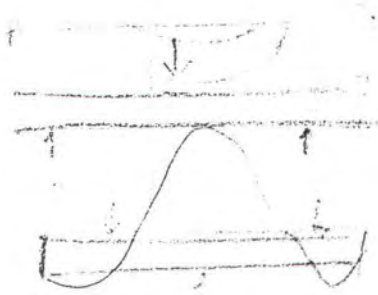
Mean draught (moulded)	2.35 m
Draught at AP (moulded)	2.60 m
Draught at FP (moulded)	2.10 m
Trim (by stern)	0.50 m
KM above the moulded base	9.42 m
KG above the moulded base	5.80 m
GMO (solid)	3.62 m
Free surface correction	0.00 m
GM (fluid)	3.62 m

LC10 : Light Ship

LOADING CONDITION LC10, Light Ship

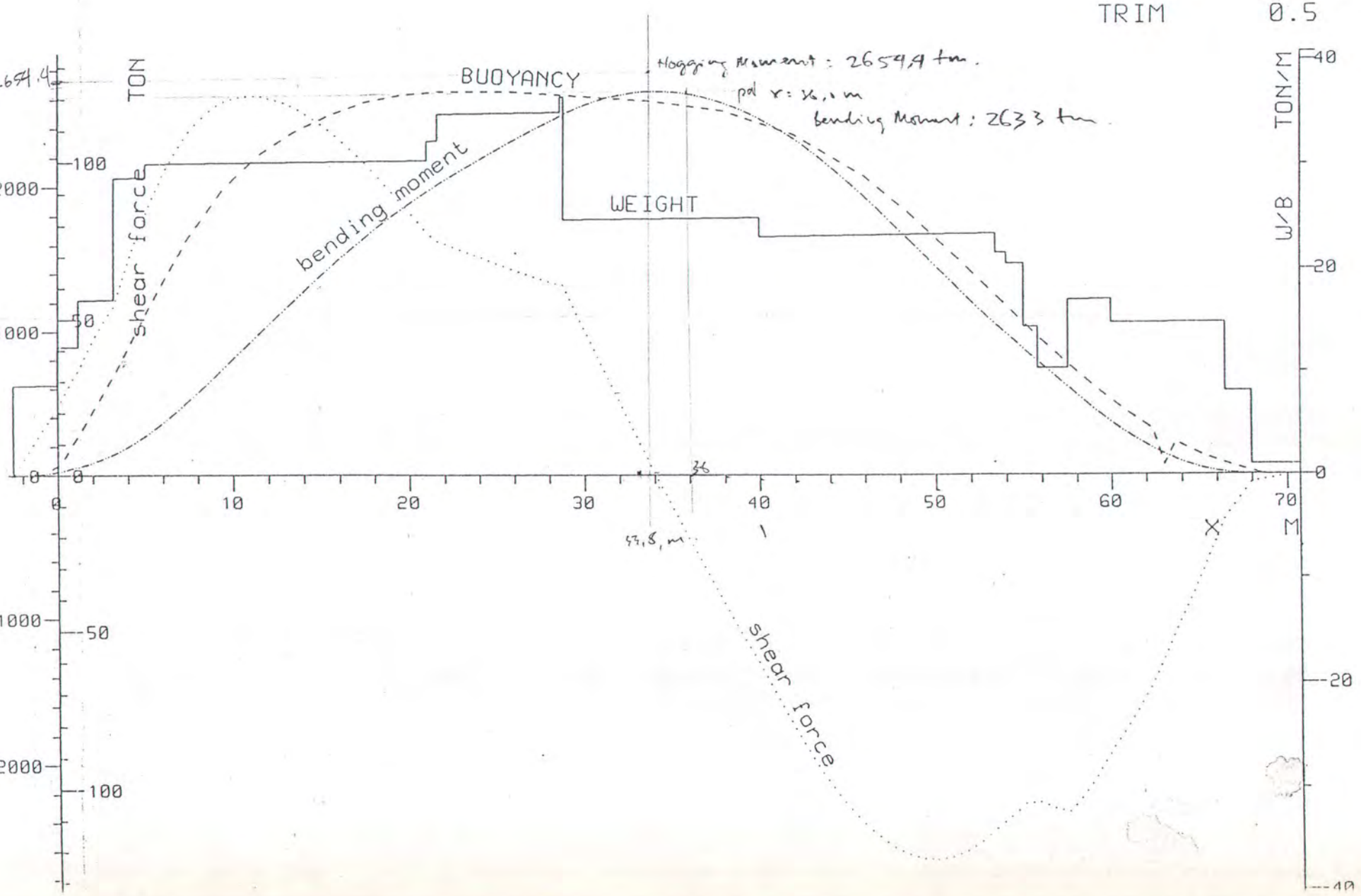
			X	FRAME
SHEAR FORCE (MIN)	-122.4 TON	POSITION:	49.9 M	83
SHEAR FORCE (MAX)	121.1 TON		10.8 M	18
SAGGING MOMENT	-0.1 TONM		-2.5 M	-4
HOGGING MOMENT	2654.4 TONM		33.8 M	56

X-COORD M	FRAME NO. FR	WEIGHT TON/M	BENDING MOMENT TONM	SHEAR FORCE TON
0.00	0.00	12.42	26	22
6.00	10.00	30.12	363	97
12.00	20.00	30.25	1049	120
18.00	30.00	30.37	1710	96
24.00	40.00	34.91	2189	70
30.00	50.00	24.79	2562	46
36.00	60.00	24.92	2633	-21
42.00	70.00	23.20	2320	-82
48.00	80.00	23.33	1693	-120
54.00	90.00	20.49	978	-109
60.00	100.00	14.77	364	-86
66.00	110.00	14.79	25	-20



KEITO III CURVES

DATE	92-12-18
CONDITION	LC10
DISP	1685 TON
DRAUGHT	2.35 M
TRIM	0.5



LC10 Light Ship

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
FUEL OIL RHO= 0.85 t/m3						
FO DB P TK	*	0.0	0.0	25.24	21.60	28.80
FO DB S TK	*	0.0	0.0	25.24	21.60	28.80
FO OVERFLOW CL TK	*	0.0	0.0	25.20	21.60	28.80
FO DB S TK	*	0.0	0.0	51.18	48.00	55.20
FO DB P TK	*	0.0	0.0	52.54	50.40	55.20
FO DEEP CL TK	*	0.0	0.0	3.60	2.40	4.80
FO DEEP P TK	*	0.0	0.0	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	0.0	0.0	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	0.0	0.0	3.60	2.40	4.80
SUBTOTAL	*		0.0	0.00		
LUBRICATING OIL RHO= 0.9 t/m3						
LO CIRCULATION P TK	*	0.0	0.0	16.20	13.80	18.60
LO STORAGE CL TK	*	0.0	0.0	19.80	18.60	21.00
LO STORAGE CL TK	*	0.0	0.0	17.40	16.20	18.60
LO CIRCULATION S TK	*	0.0	0.0	16.20	13.80	18.60
SUBTOTAL	*		0.0	0.00		
SPECIAL TANKS RHO= 1 t/m3						
LAUNDRY WATER P TK	*	0.0	0.0	49.19	48.00	50.40
COLLECTING WAT.CL TK	*	0.0	0.0	35.10	34.80	35.40
BILGE WATER P TK	*	0.0	0.0	25.20	21.60	28.80
COOLING WAT.S TK	*	0.0	0.0	25.20	21.60	28.80
DIRTY WATER CL TK	*	0.0	0.0	15.30	14.40	16.20
DIRTY OIL P TK	*	0.0	0.0	13.20	12.00	14.40
LEAK OIL S TK	*	0.0	0.0	13.20	12.00	14.40
SLUDGE WATER CL TK	*	0.0	0.0	10.80	9.60	12.00
SUBTOTAL	*		0.0	0.00		

LC10 : Light Ship

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
BALLAST WATER RHO= 1.025 t/m3						
BW FOREPEAK TK	*	0.0	0.0	65.76	64.20	68.96
BW DB TK	*	0.0	0.0	41.72	38.40	48.00
BW DB TK	*	0.0	0.0	33.19	28.80	38.40
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	43.48	39.00	48.00
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	33.85	29.40	38.40
BW DB TK	*	0.0	0.0	52.33	48.00	55.80
SUBTOTAL	*		0.0	0.00		
FRESH WATER RHO= 1 t/m3						
FW DEEP P TK	*	0.0	0.0	58.41	55.80	61.80
FW DEEP S TK	*	0.0	0.0	58.41	55.80	61.80
FW DEEP P TK	*	0.0	0.0	62.91	61.80	64.20
FW DEEP S TK	*	0.0	0.0	62.91	61.80	64.20
FW AFT PEAK P TK	*	0.0	0.0	1.76	-2.87	4.80
FW AFT PEAK S TK	*	0.0	0.0	1.76	-2.87	4.80
SUBTOTAL	*		0.0	0.00		

LC11 : SHIP READY FOR DOCKING

LOADING CONDITION LC11: SHIP READY FOR DOCKING

LOADS

Item	Weight (t)	L.C.G. (m)	T.C.G. (m)	V.C.G. (m)	Frs.mom. (tm)
BALLAST WATER	64.7	51.17	-0.01	1.59	0.0
LUBRICATING OIL	3.0	16.60	-2.75	0.33	16.6
SPECIAL TANKS	50.7	25.13	0.97	0.42	48.7
FRESH WATER	10.0	62.80	0.00	3.41	16.2
FUEL OIL	4.0	3.60	0.34	3.20	1.4
PASSENGERS	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0
CREW & EFFECTS	5.0	36.50	0.00	8.10	0.0
STORES	8.0	37.00	0.00	7.00	0.0
CARGO	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0
Deadweight	145.4	39.59	0.29	1.85	83.0
Lightweight	1685.0	30.00	0.00	5.80	
Displacement (1.025 t/m3)	1830.4	30.76	0.02	5.49	83.0

FLOATING POSITION

Mean draught (moulded)	2.54 m
Draught at AP (moulded)	2.59 m
Draught at FP (moulded)	2.50 m
Trim (by stern)	0.09 m
KM above the moulded base	9.01 m
KG above the moulded base	5.49 m
GMO (solid)	3.52 m
Free surface correction	-0.05 m
GM (fluid)	3.48 m

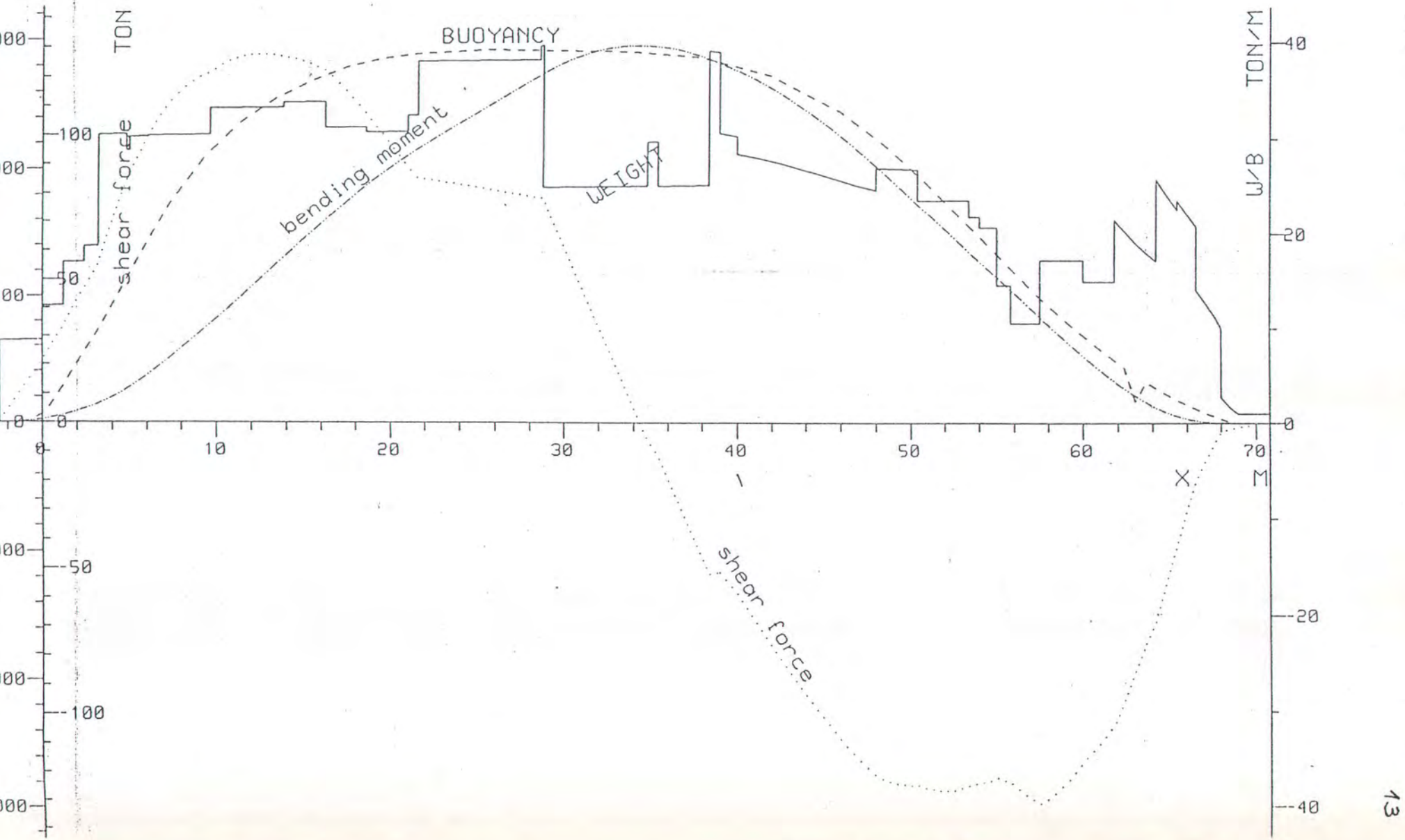
LC11 : SHIP READY FOR DOCKING

LOADING CONDITION LC11, SHIP READY FOR DOCKING

			X	FRAME
SHEAR FORCE (MIN)	-130.7	TON	POSITION: 57.5 M	96
SHEAR FORCE (MAX)	127.6	TON	12.7 M	21
SAGGING MOMENT	-0.2	TONM	-2.5 M	-4
HOGGING MOMENT	2959.9	TONM	34.5 M	57

X-COORD M	FRAME NO. FR	WEIGHT TON/M	BENDING MOMENT TONM	SHEAR FORCE TON
0.00	0.00	12.42	25	21
6.00	10.00	30.33	367	99
12.00	20.00	33.22	1072	127
18.00	30.00	31.20	1807	111
24.00	40.00	38.12	2361	83
30.00	50.00	25.00	2828	61
36.00	60.00	25.12	2943	-20
42.00	70.00	27.68	2632	-77
48.00	80.00	26.96	2026	-121
54.00	90.00	20.70	1275	-123
60.00	100.00	14.98	525	-116
66.00	110.00	22.05	35	-30

DATE 92-12-18
CONDITION LC11
DISP 1830 TON
DRAUGHT 2.54 M
TRIM 0.09



LC11 SHIP READY FOR DOCKING

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
FUEL OIL RHO= 0.85 t/m3						
FO DB P TK	*	0.0	0.0	25.24	21.60	28.80
FO DB S TK	*	0.0	0.0	25.24	21.60	28.80
FO OVERFLOW CL TK	*	0.0	0.0	25.20	21.60	28.80
FO DB S TK	*	0.0	0.0	51.18	48.00	55.20
FO DB P TK	*	0.0	0.0	52.54	50.40	55.20
FO DEEP CL TK	*	13.9	1.0	3.60	2.40	4.80
FO DEEP P TK	*	13.9	1.0	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	11.1	1.0	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	13.9	1.0	3.60	2.40	4.80
SUBTOTAL	*		4.0	3.60		
LUBRICATING OIL RHO= 0.9 t/m3						
LO CIRCULATION P TK	*	0.0	0.0	16.20	13.80	18.60
LO STORAGE CL TK	*	4.1	0.3	19.80	18.60	21.00
LO STORAGE CL TK	*	4.1	0.3	17.40	16.20	18.60
LO CIRCULATION S TK	*	98.5	2.5	16.20	13.80	18.60
SUBTOTAL	*		3.0	16.60		
SPECIAL TANKS RHO= 1 t/m3						
LAUNDRY WATER P TK	*	98.0	8.1	49.19	48.00	50.40
COLLECTING WAT.CL TK	*	98.0	2.8	35.10	34.80	35.40
BILGE WATER P TK	*	98.0	16.6	25.20	21.60	28.80
COOLING WAT.S TK	*	29.5	5.0	25.20	21.60	28.80
DIRTY WATER CL TK	*	98.0	5.0	15.30	14.40	16.20
DIRTY OIL P TK	*	98.0	3.3	13.20	12.00	14.40
LEAK OIL S TK	*	98.0	3.3	13.20	12.00	14.40
SLUDGE WATER CL TK	*	98.0	6.6	10.80	9.60	12.00
SUBTOTAL	*		50.7	25.13		

LC11 : SHIP READY FOR DOCKING

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
BALLAST WATER RHO= 1.025 t/m3						
BW FOREPEAK TK	*	100.0	25.4	65.76	64.20	68.96
BW DB TK	*	100.0	39.3	41.72	38.40	48.00
BW DB TK	*	0.0	0.0	33.19	28.80	38.40
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	43.48	39.00	48.00
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	33.85	29.40	38.40
BW DB TK	*	0.0	0.0	52.33	48.00	55.80
SUBTOTAL	*		64.7	51.17		
FRESH WATER RHO= 1 t/m3						
FW DEEP P TK	*	0.0	0.0	58.41	55.80	61.80
FW DEEP S TK	*	0.0	0.0	58.41	55.80	61.80
FW DEEP P TK	*	17.5	5.0	62.80	61.80	64.20
FW DEEP S TK	*	17.5	5.0	62.80	61.80	64.20
FW AFT PEAK P TK	*	0.0	0.0	1.76	-2.87	4.80
FW AFT PEAK S TK	*	0.0	0.0	1.76	-2.87	4.80
SUBTOTAL	*		10.0	62.80		
PASSENGERS RHO= 1 t/m3						
Passengers & Luggage	*	0.0	0.0	28.50	2.00	55.00
Crew & Effects	*	0.0	5.0	36.50	5.00	68.00
Stores & Provisions	*	0.0	8.0	37.00	6.00	68.00
Cargo	*	0.0	0.0	58.63	55.80	61.50
SUBTOTAL	*		13.0	36.81		

LC21 : Passengers,full Stores & Cargo Departure

LOADING CONDITION LC21: Passengers,full Stores & Cargo Departure

LOADS

Item	Weight (t)	L.C.G. (m)	T.C.G. (m)	V.C.G. (m)	Frs.mom. (tm)
FUEL OIL	102.0	23.18	-0.06	1.61	82.7
LUBRICATING OIL	5.0	18.12	0.00	0.12	16.8
FRESH WATER	200.0	38.67	0.00	3.27	86.2
SPECIAL TANKS	5.0	25.20	-3.00	0.15	8.1
PASSENGERS	50.0	28.50	0.00	5.80	0.0
CREW & EFFECTS	5.0	36.50	0.00	8.10	0.0
STORES	8.0	37.00	0.00	7.00	0.0
CARGO	25.0	58.63	0.00	5.40	0.0
Deadweight	400.0	34.21	-0.05	3.36	193.8
Lightweight	1685.0	30.00	0.00	5.80	
Displacement (1.025 t/m3)	2085.0	30.81	-0.01	5.33	193.8

FLOATING POSITION

Mean draught (moulded)	2.84 m
Draught at AP (moulded)	2.86 m
Draught at FP (moulded)	2.82 m
Trim (by stern)	0.04 m
KM above the moulded base	8.48 m
KG above the moulded base	5.33 m
GMO (solid)	3.15 m
Free surface correction	-0.09 m
GM (fluid)	3.06 m

LC21 : Passengers,full Stores & Cargo Departure

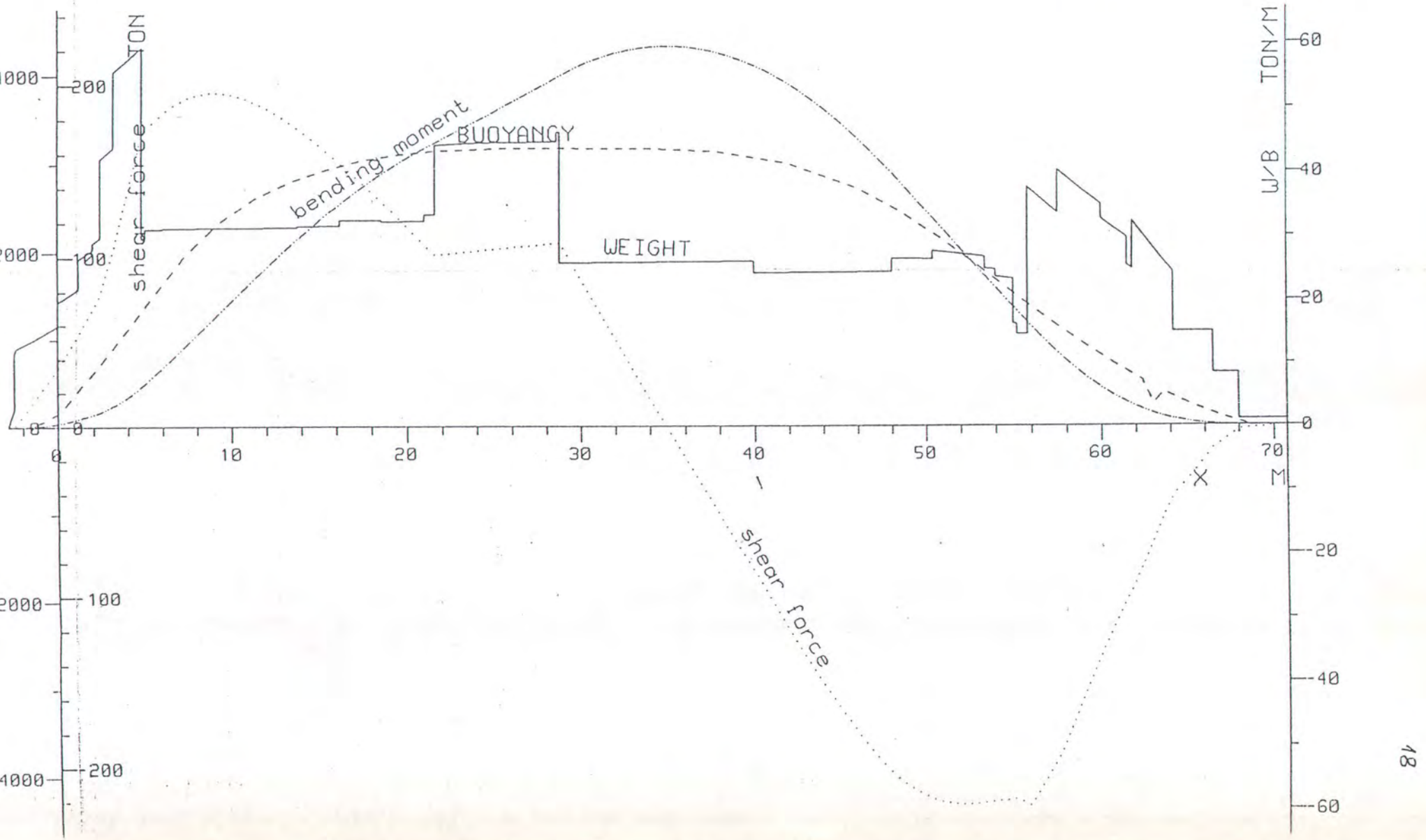
LOADING CONDITION LC21, Passengers,full Stores & Cargo Departure

			X	FRAME
SHEAR FORCE (MIN)	-222.1 TON	POSITION:	55.8 M	93
SHEAR FORCE (MAX)	195.5 TON		8.8 M	15
SAGGING MOMENT	0.0 TONM		-2.5 M	-4
HOGGING MOMENT	4324.4 TONM		35.2 M	59

X-COORD M	FRAME NO. FR	WEIGHT TON/M	BENDING MOMENT TONM	SHEAR FORCE TON
0.00	0.00	17.43	41	34
6.00	10.00	31.27	679	184
12.00	20.00	31.40	1829	186
18.00	30.00	32.56	2812	138
24.00	40.00	44.58	3488	104
30.00	50.00	25.94	4111	87
36.00	60.00	26.07	4315	-19
42.00	70.00	24.35	3893	-121
48.00	80.00	26.52	2896	-204
54.00	90.00	23.65	1591	-219
60.00	100.00	32.71	440	-131
66.00	110.00	15.00	24	-19

STRENGTH CURVES

DATE 92-12-18
CONDITION LC21
DISP 2085 TON
DRAUGHT 2.84 M
TRIM 0.04



LC21 Passengers,full Stores & Cargo Departure

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
FUEL OIL RHO= 0.85 t/m3						
FO DB P TK	*	98.0	17.6	25.24	21.60	28.80
FO DB S TK	*	98.0	17.6	25.24	21.60	28.80
FO OVERFLOW CL TK	*	98.0	21.2	25.20	21.60	28.80
FO DB S TK	*	67.5	11.6	51.17	48.00	55.20
FO DB P TK	*	44.7	4.6	52.55	50.40	55.20
FO DEEP CL TK	*	90.0	6.5	3.60	2.40	4.80
FO DEEP P TK	*	98.0	7.1	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	98.0	8.8	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	98.0	7.1	3.60	2.40	4.80
SUBTOTAL	*		102.0	23.18		
LUBRICATING OIL RHO= 0.9 t/m3						
LO CIRCULATION P TK	*	19.7	0.5	16.20	13.80	18.60
LO STORAGE CL TK	*	32.8	2.0	19.80	18.60	21.00
LO STORAGE CL TK	*	32.8	2.0	17.40	16.20	18.60
LO CIRCULATION S TK	*	19.7	0.5	16.20	13.80	18.60
SUBTOTAL	*		5.0	18.12		
SPECIAL TANKS RHO= 1 t/m3						
LAUNDRY WATER P TK	*	0.0	0.0	49.19	48.00	50.40
COLLECTING WAT.CL TK	*	0.0	0.0	35.10	34.80	35.40
BILGE WATER P TK	*	0.0	0.0	25.20	21.60	28.80
COOLING WAT.S TK	*	29.5	5.0	25.20	21.60	28.80
DIRTY WATER CL TK	*	0.0	0.0	15.30	14.40	16.20
DIRTY OIL P TK	*	0.0	0.0	13.20	12.00	14.40
LEAK OIL S TK	*	0.0	0.0	13.20	12.00	14.40
SLUDGE WATER CL TK	*	0.0	0.0	10.80	9.60	12.00
SUBTOTAL	*		5.0	25.20		

LC21 : Passengers,full Stores & Cargo Departure

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
BALLAST WATER RHO= 1.025 t/m3						
BW FOREPEAK TK	*	0.0	0.0	65.76	64.20	68.96
BW DB TK	*	0.0	0.0	41.72	38.40	48.00
BW DB TK	*	0.0	0.0	33.19	28.80	38.40
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	43.48	39.00	48.00
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	33.85	29.40	38.40
BW DB TK	*	0.0	0.0	52.33	48.00	55.80
SUBTOTAL	*		0.0	0.00		
FRESH WATER RHO= 1 t/m3						
FW DEEP P TK	*	88.3	48.0	58.40	55.80	61.80
FW DEEP S TK	*	88.3	48.0	58.40	55.80	61.80
FW DEEP P TK	*	55.4	15.9	62.88	61.80	64.20
FW DEEP S TK	*	55.4	15.9	62.88	61.80	64.20
FW AFT PEAK P TK	*	76.6	36.2	1.91	-2.87	4.80
FW AFT PEAK S TK	*	76.6	36.2	1.91	-2.87	4.80
SUBTOTAL	*		200.0	38.67		
PASSENGERS RHO= 1 t/m3						
Passengers & Luggage	*	0.0	50.0	28.50	2.00	55.00
Crew & Effects	*	0.0	5.0	36.50	5.00	68.00
Stores & Provisions	*	0.0	8.0	37.00	6.00	68.00
Cargo	*	0.0	25.0	58.63	55.80	61.50
SUBTOTAL	*		88.0	38.29		

LC22 : Passengers,full Cargo & 50% Stores

LOADING CONDITION LC22: Passengers,full Cargo & 50% Stores

LOADS

Item	Weight (t)	L.C.G. (m)	T.C.G. (m)	V.C.G. (m)	Frs.mom. (tm)
BALLAST WATER	25.4	65.76	-0.01	3.15	0.0
FUEL OIL	51.0	18.06	-0.13	1.81	82.7
LUBRICATING OIL	2.5	17.64	0.00	0.06	16.8
FRESH WATER	100.0	38.79	0.00	2.59	86.2
SPECIAL TANKS	28.3	25.13	0.62	0.22	48.7
PASSENGERS	50.0	28.50	0.00	5.80	0.0
CREW & EFFECTS	5.0	36.50	0.00	8.10	0.0
STORES	4.0	37.00	0.00	7.00	0.0
CARGO	25.0	58.63	0.00	5.40	0.0
Deadweight	291.3	35.88	0.04	3.20	234.4
Lightweight	1685.0	30.00	0.00	5.80	
Displacement (1.025 t/m3)	1976.3	30.87	0.01	5.42	234.4

FLOATING POSITION

Mean draught (moulded)	2.72 m
Draught at AP (moulded)	2.73 m
Draught at FP (moulded)	2.71 m
Trim (by stern)	0.02 m
KM above the moulded base	8.69 m
KG above the moulded base	5.42 m
GMO (solid)	3.27 m
Free surface correction	-0.12 m
GM (fluid)	3.15 m

LC22 : Passengers,full Cargo & 50% Stores

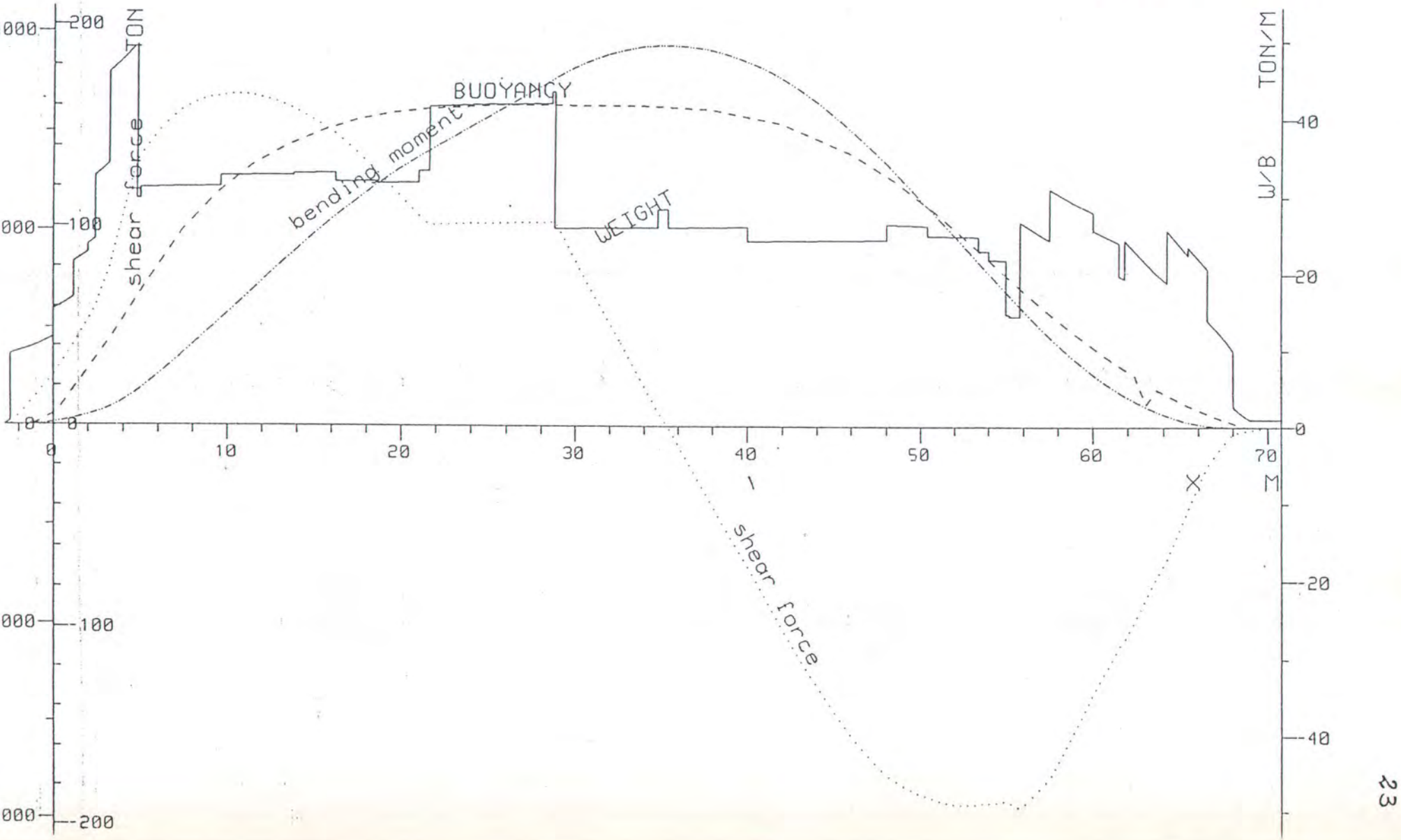
LOADING CONDITION LC22, Passengers,full Cargo & 50% Stores

			X	FRAME
SHEAR FORCE (MIN)	-190.0 TON	POSITION:	55.8 M	93
SHEAR FORCE (MAX)	165.5 TON		10.8 M	18
SAGGING MOMENT	-0.1 TONM		-2.5 M	-4
HOGGING MOMENT	3865.7 TONM		35.4 M	59

X-COORD M	FRAME NO. FR	WEIGHT TON/M	BENDING MOMENT TONM	SHEAR FORCE TON
0.00	0.00	12.23	30	25
6.00	10.00	31.21	519	147
12.00	20.00	32.74	1483	164
18.00	30.00	31.98	2388	132
24.00	40.00	41.86	3049	101
30.00	50.00	25.88	3647	83
36.00	60.00	26.00	3862	-10
42.00	70.00	24.29	3527	-101
48.00	80.00	26.45	2681	-174
54.00	90.00	21.90	1573	-187
60.00	100.00	25.75	538	-132
66.00	110.00	22.00	34	-29

STRENGTH CURVES

DATE	92-12-18
CONDITION	LC22
DISP	1976 TON
DRAUGHT	2.72 M
TRIM	0.02



LC22 Passengers,full Cargo & 50% Stores

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
FUEL OIL RHO= 0.85 t/m3						
FO DB P TK	*	50.0	9.0	25.25	21.60	28.80
FO DB S TK	*	50.0	9.0	25.25	21.60	28.80
FO OVERFLOW CL TK	*	50.0	10.8	25.20	21.60	28.80
FO DB S TK	*	7.0	1.2	51.02	48.00	55.20
FO DB P TK	*	11.7	1.2	52.53	50.40	55.20
FO DEEP CL TK	*	27.8	2.0	3.60	2.40	4.80
FO DEEP P TK	*	98.0	7.1	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	98.0	8.8	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	27.8	2.0	3.60	2.40	4.80
SUBTOTAL	*		51.0	18.06		
LUBRICATING OIL RHO= 0.9 t/m3						
LO CIRCULATION P TK	*	19.7	0.5	16.20	13.80	18.60
LO STORAGE CL TK	*	12.3	0.8	19.80	18.60	21.00
LO STORAGE CL TK	*	12.3	0.8	17.40	16.20	18.60
LO CIRCULATION S TK	*	19.7	0.5	16.20	13.80	18.60
SUBTOTAL	*		2.5	17.64		
SPECIAL TANKS RHO= 1 t/m3						
LAUNDRY WATER P TK	*	50.0	4.1	49.18	48.00	50.40
COLLECTING WAT.CL TK	*	50.0	1.4	35.10	34.80	35.40
BILGE WATER P TK	*	50.0	8.5	25.20	21.60	28.80
COOLING WAT.S TK	*	29.5	5.0	25.20	21.60	28.80
DIRTY WATER CL TK	*	50.0	2.5	15.30	14.40	16.20
DIRTY OIL P TK	*	50.0	1.7	13.20	12.00	14.40
LEAK OIL S TK	*	50.0	1.7	13.20	12.00	14.40
SLUDGE WATER CL TK	*	50.0	3.4	10.80	9.60	12.00
SUBTOTAL	*		28.3	25.13		

LC22 : Passengers,full Cargo & 50% Stores

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
BALLAST WATER RHO= 1.025 t/m3						
BW FOREPEAK TK	*	100.0	25.4	65.76	64.20	68.96
BW DB TK	*	0.0	0.0	41.72	38.40	48.00
BW DB TK	*	0.0	0.0	33.19	28.80	38.40
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	43.48	39.00	48.00
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	33.85	29.40	38.40
BW DB TK	*	0.0	0.0	52.33	48.00	55.80
SUBTOTAL	*		25.4	65.76		
FRESH WATER RHO= 1 t/m3						
FW DEEP P TK	*	44.1	24.0	58.34	55.80	61.80
FW DEEP S TK	*	44.1	24.0	58.34	55.80	61.80
FW DEEP P TK	*	27.7	7.9	62.84	61.80	64.20
FW DEEP S TK	*	27.7	7.9	62.84	61.80	64.20
FW AFT PEAK P TK	*	38.3	18.1	2.37	-2.87	4.80
FW AFT PEAK S TK	*	38.3	18.1	2.37	-2.87	4.80
SUBTOTAL	*		100.0	38.79		
PASSENGERS RHO= 1 t/m3						
Passengers & Luggage	*	0.0	50.0	28.50	2.00	55.00
Crew & Effects	*	0.0	5.0	36.50	5.00	68.00
Stores & Provisions	*	0.0	4.0	37.00	6.00	68.00
Cargo	*	0.0	25.0	58.63	55.80	61.50
SUBTOTAL	*		84.0	38.35		

LC23 : Passengers,Cargo & 10% Stores Arrival

LOADING CONDITION LC23: Passengers,Cargo & 10% Stores Arrival

LOADS

Item	Weight (t)	L.C.G. (m)	T.C.G. (m)	V.C.G. (m)	Frs.mom. (tm)
BALLAST WATER	25.4	65.76	-0.01	3.15	0.0
LUBRICATING OIL	2.0	17.40	0.00	0.06	16.8
SPECIAL TANKS	62.3	25.14	0.23	0.46	48.7
FRESH WATER	20.0	62.85	0.00	4.01	16.2
FUEL OIL	10.0	3.60	-0.53	3.94	0.9
PASSENGERS	50.0	28.50	0.00	5.80	0.0
CREW & EFFECTS	5.0	36.50	0.00	8.10	0.0
STORES	3.0	37.00	0.00	7.00	0.0
CARGO	25.0	58.63	0.00	5.40	0.0
Deadweight	202.7	38.23	0.04	3.53	82.5
Lightweight	1685.0	30.00	0.00	5.80	
Displacement (1.025 t/m3)	1887.7	30.88	0.00	5.56	82.5

FLOATING POSITION

Mean draught (moulded)	2.61 m
Draught at AP (moulded)	2.62 m
Draught at FP (moulded)	2.60 m
Trim (by stern)	0.02 m
KM above the moulded base	8.87 m
KG above the moulded base	5.56 m
GMO (solid)	3.32 m
Free surface correction	-0.04 m
GM (fluid)	3.27 m

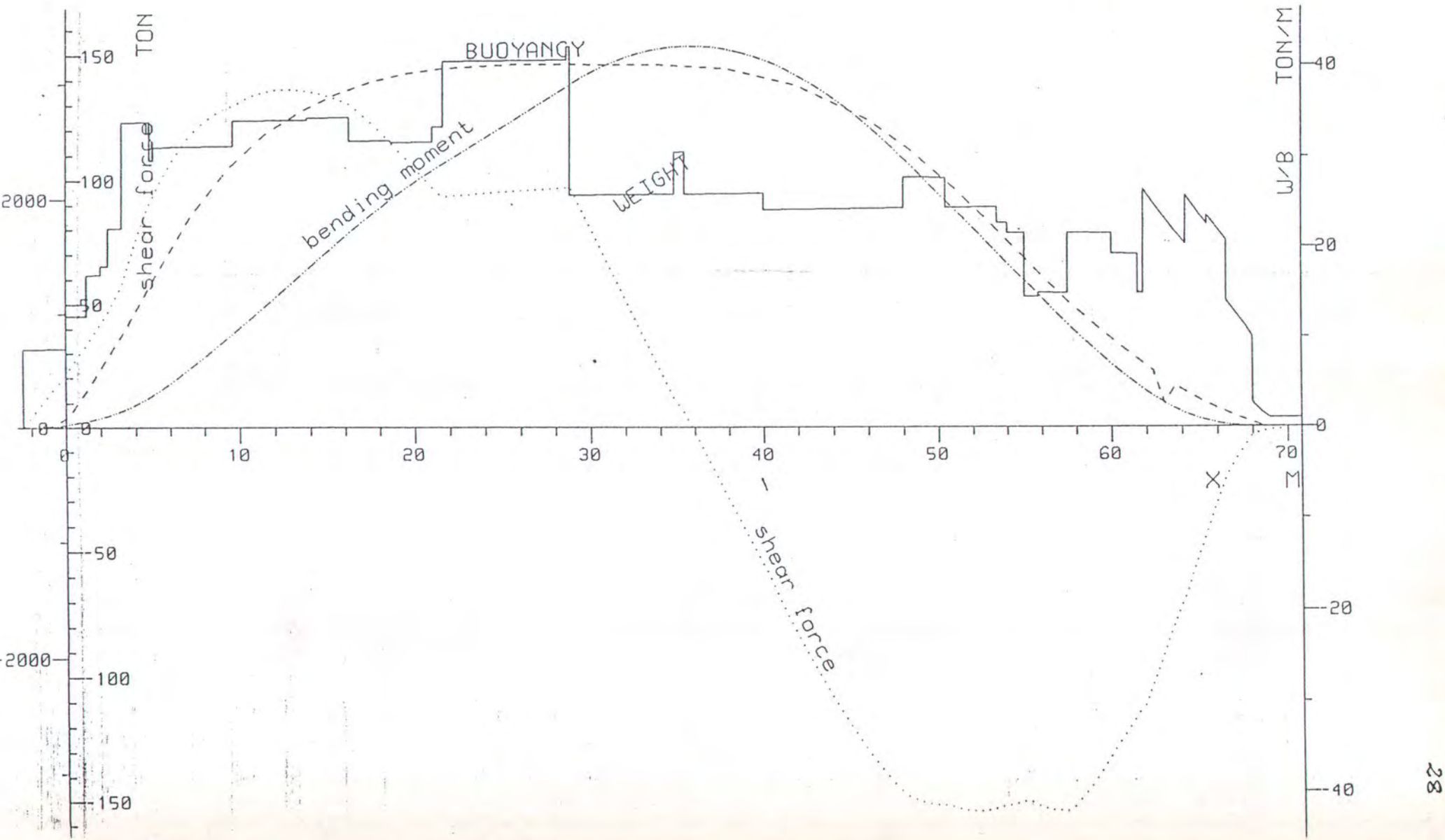
LC23 : Passengers,Cargo & 10% Stores Arrival

LOADING CONDITION LC23, Passengers,Cargo & 10% Stores Arrival

			X	FRAME
SHEAR FORCE (MIN)	-153.5 TON	POSITION:	52.3 M	87
SHEAR FORCE (MAX)	136.4 TON		12.7 M	21
SAGGING MOMENT	-0.1 TONM		-2.5 M	-4
HOGGING MOMENT	3323.8 TONM		36.1 M	60

X-COORD M	FRAME NO. FR	WEIGHT TON/M	BENDING MOMENT TONM	SHEAR FORCE TON
0.00	0.00	12.42	26	21
6.00	10.00	31.19	385	107
12.00	20.00	34.08	1139	136
18.00	30.00	31.86	1927	119
24.00	40.00	40.59	2534	95
30.00	50.00	25.86	3099	80
36.00	60.00	25.99	3324	-2
42.00	70.00	24.27	3063	-84
48.00	80.00	27.82	2348	-147
54.00	90.00	21.56	1437	-151
60.00	100.00	19.24	549	-129
66.00	110.00	21.98	34	-29

DATE 92-12-18
CONDITION LC23
DISP 1888 TON
DRAUGHT 2.61 M
TRIM 0.02



LC23 Passengers,Cargo & 10% Stores Arrival

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
FUEL OIL RHO= 0.85 t/m3						
FO DB P TK	*	0.0	0.0	25.24	21.60	28.80
FO DB S TK	*	0.0	0.0	25.24	21.60	28.80
FO OVERFLOW CL TK	*	0.0	0.0	25.20	21.60	28.80
FO DB S TK	*	0.0	0.0	51.18	48.00	55.20
FO DB P TK	*	0.0	0.0	52.54	50.40	55.20
FO DEEP CL TK	*	0.0	0.0	3.60	2.40	4.80
FO DEEP P TK	*	69.5	5.0	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	55.6	5.0	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	0.0	0.0	3.60	2.40	4.80
SUBTOTAL	*		10.0	3.60		
LUBRICATING OIL RHO= 0.9 t/m3						
LO CIRCULATION P TK	*	19.7	0.5	16.20	13.80	18.60
LO STORAGE CL TK	*	8.2	0.5	19.80	18.60	21.00
LO STORAGE CL TK	*	8.2	0.5	17.40	16.20	18.60
LO CIRCULATION S TK	*	19.7	0.5	16.20	13.80	18.60
SUBTOTAL	*		2.0	17.40		
SPECIAL TANKS RHO= 1 t/m3						
LAUNDRY WATER P TK	*	98.0	8.1	49.19	48.00	50.40
COLLECTING WAT.CL TK	*	98.0	2.8	35.10	34.80	35.40
BILGE WATER P TK	*	98.0	16.6	25.20	21.60	28.80
COOLING WAT.S TK	*	98.0	16.6	25.20	21.60	28.80
DIRTY WATER CL TK	*	98.0	5.0	15.30	14.40	16.20
DIRTY OIL P TK	*	98.0	3.3	13.20	12.00	14.40
LEAK OIL S TK	*	98.0	3.3	13.20	12.00	14.40
SLUDGE WATER CL TK	*	98.0	6.6	10.80	9.60	12.00
SUBTOTAL	*		62.3	25.14		

LC23 : Passengers,Cargo & 10% Stores Arrival

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
BALLAST WATER RHO= 1.025 t/m3						
BW FOREPEAK TK	*	100.0	25.4	65.76	64.20	68.96
BW DB TK	*	0.0	0.0	41.72	38.40	48.00
BW DB TK	*	0.0	0.0	33.19	28.80	38.40
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	43.48	39.00	48.00
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	33.85	29.40	38.40
BW DB TK	*	0.0	0.0	52.33	48.00	55.80
SUBTOTAL	*		25.4	65.76		
FRESH WATER RHO= 1 t/m3						
FW DEEP P TK	*	0.0	0.0	58.41	55.80	61.80
FW DEEP S TK	*	0.0	0.0	58.41	55.80	61.80
FW DEEP P TK	*	34.9	10.0	62.85	61.80	64.20
FW DEEP S TK	*	34.9	10.0	62.85	61.80	64.20
FW AFT PEAK P TK	*	0.0	0.0	1.76	-2.87	4.80
FW AFT PEAK S TK	*	0.0	0.0	1.76	-2.87	4.80
SUBTOTAL	*		20.0	62.85		
PASSENGERS RHO= 1 t/m3						
Passengers & Luggage	*	0.0	50.0	28.50	2.00	55.00
Crew & Effects	*	0.0	5.0	36.50	5.00	68.00
Stores & Provisions	*	0.0	3.0	37.00	6.00	68.00
Cargo	*	0.0	25.0	58.63	55.80	61.50
SUBTOTAL	*		83.0	38.36		

LC31 : Passengers & Stores Departure

LOADING CONDITION LC31: Passengers & Stores Departure

LOADS

Item	Weight (t)	L.C.G. (m)	T.C.G. (m)	V.C.G. (m)	Frs.mom. (tm)
BALLAST WATER	25.4	65.76	-0.01	3.15	0.0
FUEL OIL	102.0	23.17	-0.06	1.62	82.7
LUBRICATING OIL	5.0	18.12	0.00	0.12	16.8
FRESH WATER	200.0	37.12	0.00	3.27	86.2
SPECIAL TANKS	5.0	25.20	-3.00	0.15	8.1
PASSENGERS	50.0	28.50	0.00	5.80	0.0
CREW & EFFECTS	5.0	36.50	0.00	8.10	0.0
STORES	8.0	37.00	0.00	7.00	0.0
CARGO	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0
Deadweight	400.4	33.91	-0.05	3.21	193.8
Lightweight	1685.0	30.00	0.00	5.80	
Displacement (1.025 t/m3)	2085.4	30.75	-0.01	5.30	193.8

FLOATING POSITION

Mean draught (moulded)	2.84 m
Draught at AP (moulded)	2.87 m
Draught at FP (moulded)	2.80 m
Trim (by stern)	0.07 m
KM above the moulded base	8.49 m
KG above the moulded base	5.30 m
GMO (solid)	3.18 m
Free surface correction	-0.09 m
GM (fluid)	3.09 m

LC31 : Passengers & Stores Departure

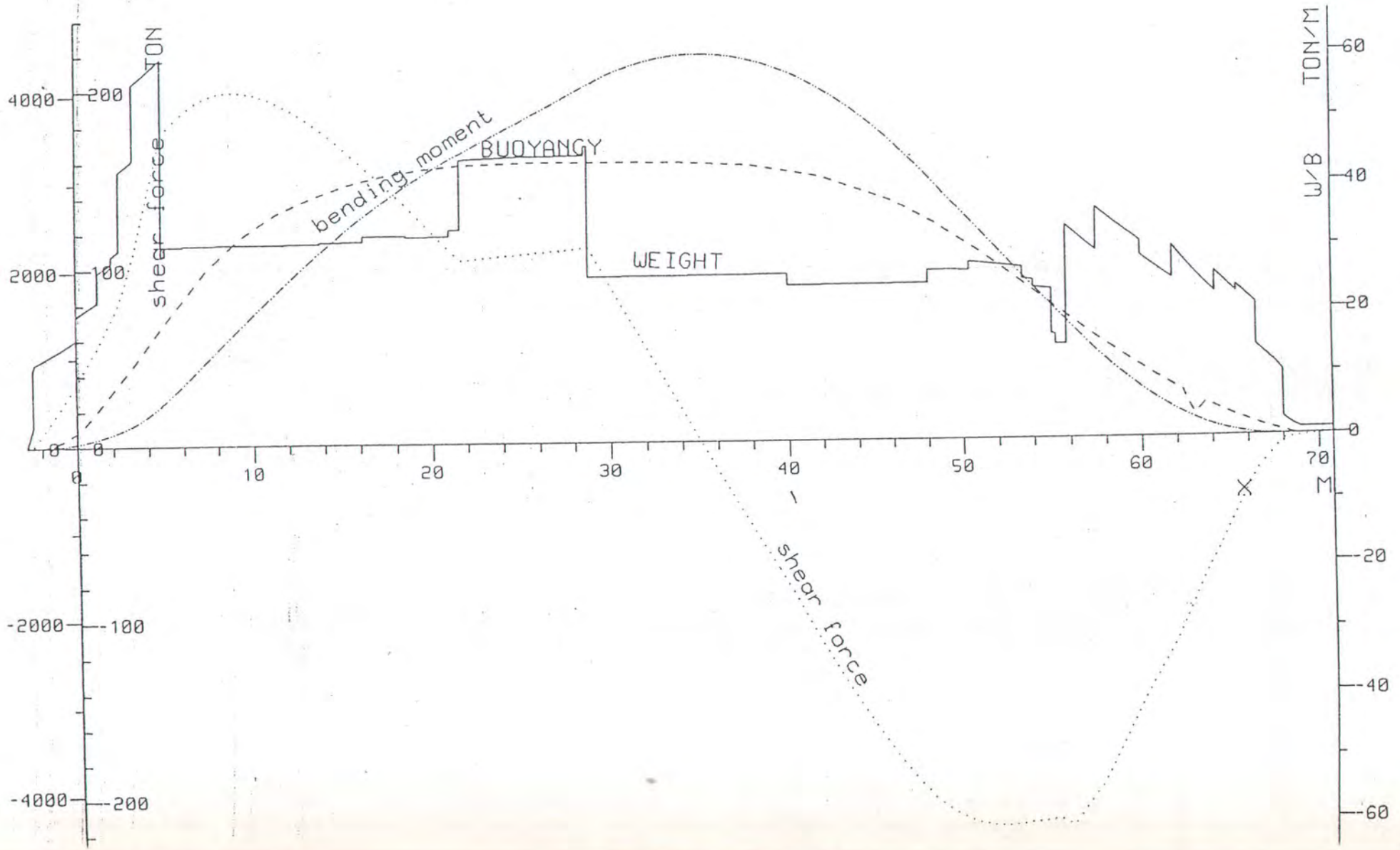
LOADING CONDITION LC31, Passengers & Stores Departure

			X	FRAME
SHEAR FORCE (MIN)	-218.3	TON	POSITION: 55.8	M 93
SHEAR FORCE (MAX)	199.2	TON	8.8	M 15
SAGGING MOMENT	0.0	TONM	-2.5	M -4
HOGGING MOMENT	4418.8	TONM	35.2	M 59

X-COORD M	FRAME NO. FR	WEIGHT TON/M	BENDING MOMENT TONM	SHEAR FORCE TON
0.00	0.00	19.13	43	35
6.00	10.00	31.27	700	188
12.00	20.00	31.40	1872	190
18.00	30.00	32.56	2872	141
24.00	40.00	44.58	3562	106
30.00	50.00	25.94	4196	89
36.00	60.00	26.07	4410	-17
42.00	70.00	24.35	4001	-119
48.00	80.00	26.52	3020	-201
54.00	90.00	23.65	1734	-216
60.00	100.00	28.38	568	-145
66.00	110.00	22.06	34	-29

TRENGTH CURVES

DATE 92-12-18
CONDITION LC31
DISP 2085 TON
DRAUGHT 2.84 M
TRIM 0.07



LC31 Passengers & Stores Departure

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
FUEL OIL RHO= 0.85 t/m3						
FO DB P TK	*	98.0	17.6	25.24	21.60	28.80
FO DB S TK	*	98.0	17.6	25.24	21.60	28.80
FO OVERFLOW CL TK	*	98.0	21.2	25.20	21.60	28.80
FO DB S TK	*	67.3	11.6	51.17	48.00	55.20
FO DB P TK	*	44.9	4.6	52.55	50.40	55.20
FO DEEP CL TK	*	90.3	6.5	3.60	2.40	4.80
FO DEEP P TK	*	98.0	7.1	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	98.0	8.8	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	98.0	7.1	3.60	2.40	4.80
SUBTOTAL	*		102.0	23.17		
LUBRICATING OIL RHO= 0.9 t/m3						
LO CIRCULATION P TK	*	19.7	0.5	16.20	13.80	18.60
LO STORAGE CL TK	*	32.8	2.0	19.80	18.60	21.00
LO STORAGE CL TK	*	32.8	2.0	17.40	16.20	18.60
LO CIRCULATION S TK	*	19.7	0.5	16.20	13.80	18.60
SUBTOTAL	*		5.0	18.12		
SPECIAL TANKS RHO= 1 t/m3						
LAUNDRY WATER P TK	*	0.0	0.0	49.19	48.00	50.40
COLLECTING WAT.CL TK	*	0.0	0.0	35.10	34.80	35.40
BILGE WATER P TK	*	0.0	0.0	25.20	21.60	28.80
COOLING WAT.S TK	*	29.5	5.0	25.20	21.60	28.80
DIRTY WATER CL TK	*	0.0	0.0	15.30	14.40	16.20
DIRTY OIL P TK	*	0.0	0.0	13.20	12.00	14.40
LEAK OIL S TK	*	0.0	0.0	13.20	12.00	14.40
SLUDGE WATER CL TK	*	0.0	0.0	10.80	9.60	12.00
SUBTOTAL	*		5.0	25.20		

LC31 : Passengers & Stores Departure

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
BALLAST WATER RHO= 1.025 t/m3						
BW FOREPEAK TK	*	100.0	25.4	65.76	64.20	68.96
BW DB TK	*	0.0	0.0	41.72	38.40	48.00
BW DB TK	*	0.0	0.0	33.19	28.80	38.40
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	43.48	39.00	48.00
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	33.85	29.40	38.40
BW DB TK	*	0.0	0.0	52.33	48.00	55.80
SUBTOTAL	*		25.4	65.76		
FRESH WATER RHO= 1 t/m3						
FW DEEP P TK	*	88.4	48.0	58.40	55.80	61.80
FW DEEP S TK	*	88.4	48.0	58.40	55.80	61.80
FW DEEP P TK	*	46.4	13.3	62.87	61.80	64.20
FW DEEP S TK	*	46.4	13.3	62.87	61.80	64.20
FW AFT PEAK P TK	*	81.9	38.7	1.87	-2.87	4.80
FW AFT PEAK S TK	*	81.9	38.7	1.87	-2.87	4.80
SUBTOTAL	*		200.0	37.12		
PASSENGERS RHO= 1 t/m3						
Passengers & Luggage	*	0.0	50.0	28.50	2.00	55.00
Crew & Effects	*	0.0	5.0	36.50	5.00	68.00
Stores & Provisions	*	0.0	8.0	37.00	6.00	68.00
Cargo	*	0.0	0.0	58.63	55.80	61.50
SUBTOTAL	*		63.0	30.21		

LC32 : Passengers & 50% Stores

LOADING CONDITION LC32: Passengers & 50% Stores

LOADS

Item	Weight (t)	L.C.G. (m)	T.C.G. (m)	V.C.G. (m)	Frs.mom. (tm)
BALLAST WATER	127.6	42.31	0.00	1.06	0.0
FUEL OIL	51.0	18.06	-0.13	1.81	82.7
LUBRICATING OIL	2.5	17.64	0.00	0.06	16.8
FRESH WATER	100.0	38.79	0.00	2.59	86.2
SPECIAL TANKS	28.3	25.13	0.62	0.22	48.7
PASSENGERS	50.0	28.50	0.00	5.80	0.0
CREW & EFFECTS	5.0	36.50	0.00	8.10	0.0
STORES	4.0	37.00	0.00	7.00	0.0
CARGO	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0
Deadweight	368.4	34.50	0.03	2.31	234.4
Lightweight	1685.0	30.00	0.00	5.80	
Displacement (1.025 t/m3)	2053.4	30.81	0.01	5.17	234.4

FLOATING POSITION

Mean draught (moulded)	2.80 m
Draught at AP (moulded)	2.82 m
Draught at FP (moulded)	2.78 m
Trim (by stern)	0.04 m
KM above the moulded base	8.54 m
KG above the moulded base	5.17 m
GMO (solid)	3.37 m
Free surface correction	-0.11 m
GM (fluid)	3.25 m

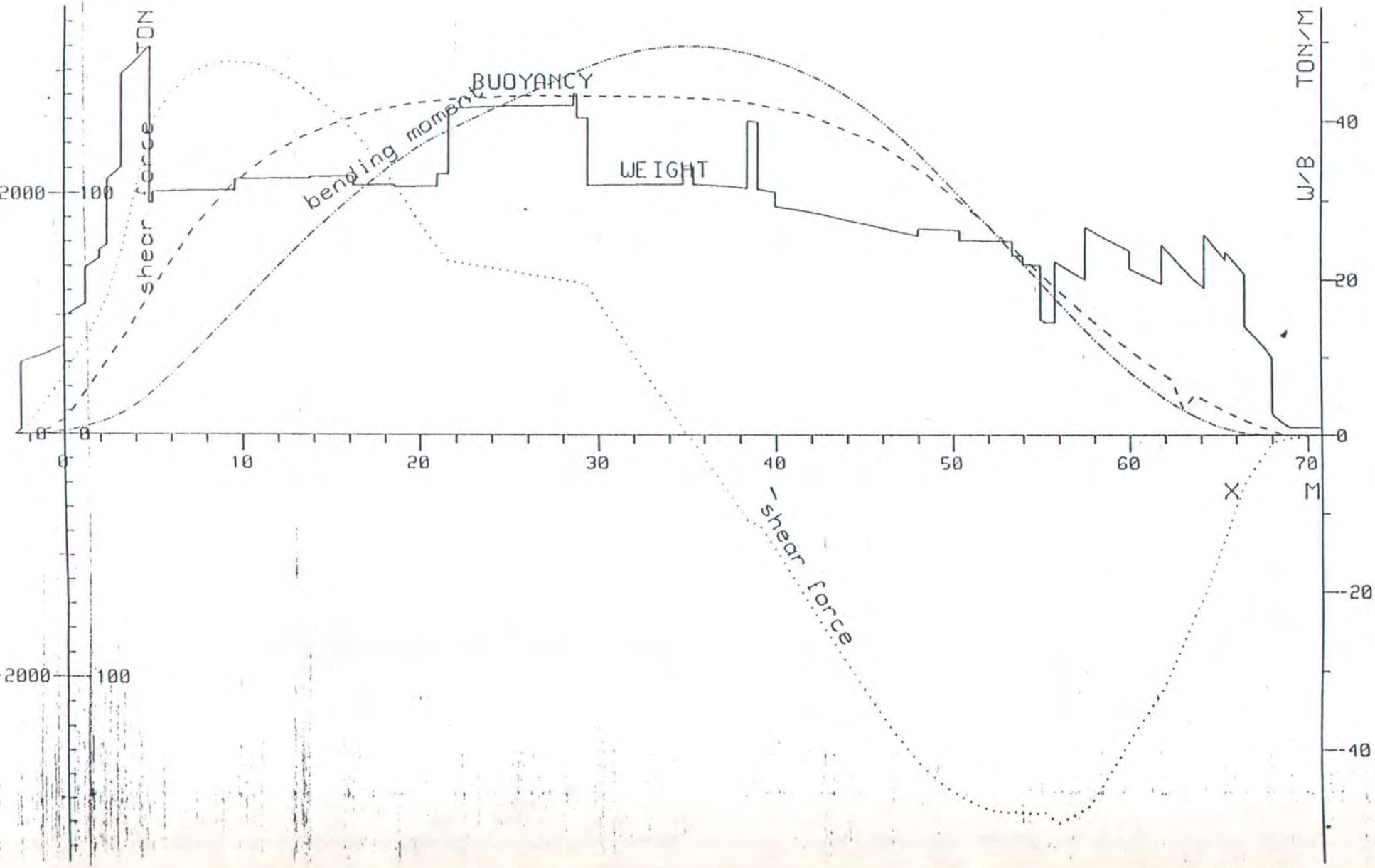
LC32 : Passengers & 50% Stores

LOADING CONDITION LC32, Passengers & 50% Stores

			X	FRAME
SHEAR FORCE (MIN)	-160.2	TON	POSITION: 55.8 M	93
SHEAR FORCE (MAX)	153.6	TON	9.3 M	16
SAGGING MOMENT	-0.2	TONM	-2.5 M	-4
HOGGING MOMENT	3211.4	TONM	35.1 M	58

X-COORD M	FRAME NO. FR	WEIGHT TON/M	BENDING MOMENT TONM	SHEAR FORCE TON
0.00	0.00	12.97	29	24
6.00	10.00	31.21	500	141
12.00	20.00	32.74	1402	149
18.00	30.00	31.98	2192	109
24.00	40.00	41.86	2686	69
30.00	50.00	31.98	3075	55
36.00	60.00	32.00	3206	-10
42.00	70.00	28.56	2966	-72
48.00	80.00	26.45	2330	-136
54.00	90.00	21.90	1428	-156
60.00	100.00	21.41	528	-124
66.00	110.00	22.00	34	-29

CONDITION LC32
DISP 2053 TON
DRAUGHT 2.8 M
TRIM 0.04



LC32 Passengers & 50% Stores

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
FUEL OIL RHO= 0.85 t/m3						
FO DB P TK	*	50.0	9.0	25.25	21.60	28.80
FO DB S TK	*	50.0	9.0	25.25	21.60	28.80
FO OVERFLOW CL TK	*	50.0	10.8	25.20	21.60	28.80
FO DB S TK	*	7.0	1.2	51.02	48.00	55.20
FO DB P TK	*	11.7	1.2	52.53	50.40	55.20
FO DEEP CL TK	*	27.8	2.0	3.60	2.40	4.80
FO DEEP P TK	*	98.0	7.1	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	98.0	8.8	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	27.8	2.0	3.60	2.40	4.80
SUBTOTAL	*		51.0	18.06		
LUBRICATING OIL RHO= 0.9 t/m3						
LO CIRCULATION P TK	*	19.7	0.5	16.20	13.80	18.60
LO STORAGE CL TK	*	12.3	0.8	19.80	18.60	21.00
LO STORAGE CL TK	*	12.3	0.8	17.40	16.20	18.60
LO CIRCULATION S TK	*	19.7	0.5	16.20	13.80	18.60
SUBTOTAL	*		2.5	17.64		
SPECIAL TANKS RHO= 1 t/m3						
LAUNDRY WATER P TK	*	50.0	4.1	49.18	48.00	50.40
COLLECTING WAT.CL TK	*	50.0	1.4	35.10	34.80	35.40
BILGE WATER P TK	*	50.0	8.5	25.20	21.60	28.80
COOLING WAT.S TK	*	29.5	5.0	25.20	21.60	28.80
DIRTY WATER CL TK	*	50.0	2.5	15.30	14.40	16.20
DIRTY OIL P TK	*	50.0	1.7	13.20	12.00	14.40
LEAK OIL S TK	*	50.0	1.7	13.20	12.00	14.40
SLUDGE WATER CL TK	*	50.0	3.4	10.80	9.60	12.00
SUBTOTAL	*		28.3	25.13		

LC32 : Passengers & 50% Stores

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
BALLAST WATER RHO= 1.025 t/m3						
BW FOREPEAK TK	*	100.0	25.4	65.76	64.20	68.96
BW DB TK	*	100.0	39.3	41.72	38.40	48.00
BW DB TK	*	100.0	62.9	33.19	28.80	38.40
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	43.48	39.00	48.00
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	33.85	29.40	38.40
BW DB TK	*	0.0	0.0	52.33	48.00	55.80
SUBTOTAL	*		127.6	42.31		
FRESH WATER RHO= 1 t/m3						
FW DEEP P TK	*	44.1	24.0	58.34	55.80	61.80
FW DEEP S TK	*	44.1	24.0	58.34	55.80	61.80
FW DEEP P TK	*	27.7	7.9	62.84	61.80	64.20
FW DEEP S TK	*	27.7	7.9	62.84	61.80	64.20
FW AFT PEAK P TK	*	38.3	18.1	2.37	-2.87	4.80
FW AFT PEAK S TK	*	38.3	18.1	2.37	-2.87	4.80
SUBTOTAL	*		100.0	38.79		
PASSENGERS RHO= 1 t/m3						
Passengers & Luggage	*	0.0	50.0	28.50	2.00	55.00
Crew & Effects	*	0.0	5.0	36.50	5.00	68.00
Stores & Provisions	*	0.0	4.0	37.00	6.00	68.00
Cargo	*	0.0	0.0	58.63	55.80	61.50
SUBTOTAL	*		59.0	29.75		

LC33 : Passengers & 10% Stores Arrival

LOADING CONDITION LC33: Passengers & 10% Stores Arrival

LOADS

Item	Weight (t)	L.C.G. (m)	T.C.G. (m)	V.C.G. (m)	Frs.mom. (tm)
BALLAST WATER	127.6	42.31	0.00	1.06	0.0
LUBRICATING OIL	2.0	17.40	0.00	0.06	16.8
SPECIAL TANKS	50.7	25.13	0.97	0.42	48.7
FRESH WATER	20.0	62.85	0.00	4.01	16.2
FUEL OIL	10.0	3.60	-0.52	3.94	0.9
PASSENGERS	50.0	28.50	0.00	5.80	0.0
CREW & EFFECTS	5.0	36.50	0.00	8.10	0.0
STORES	3.0	37.00	0.00	7.00	0.0
CARGO	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0
Deadweight	268.3	36.23	0.16	2.34	82.5
Lightweight	1685.0	30.00	0.00	5.80	
Displacement (1.025 t/m3)	1953.3	30.86	0.02	5.33	82.5

FLOATING POSITION

Mean draught (moulded)	2.69 m
Draught at AP (moulded)	2.70 m
Draught at FP (moulded)	2.67 m
Trim (by stern)	0.03 m
KM above the moulded base	8.73 m
KG above the moulded base	5.33 m
GMO (solid)	3.41 m
Free surface correction	-0.04 m
GM (fluid)	3.37 m

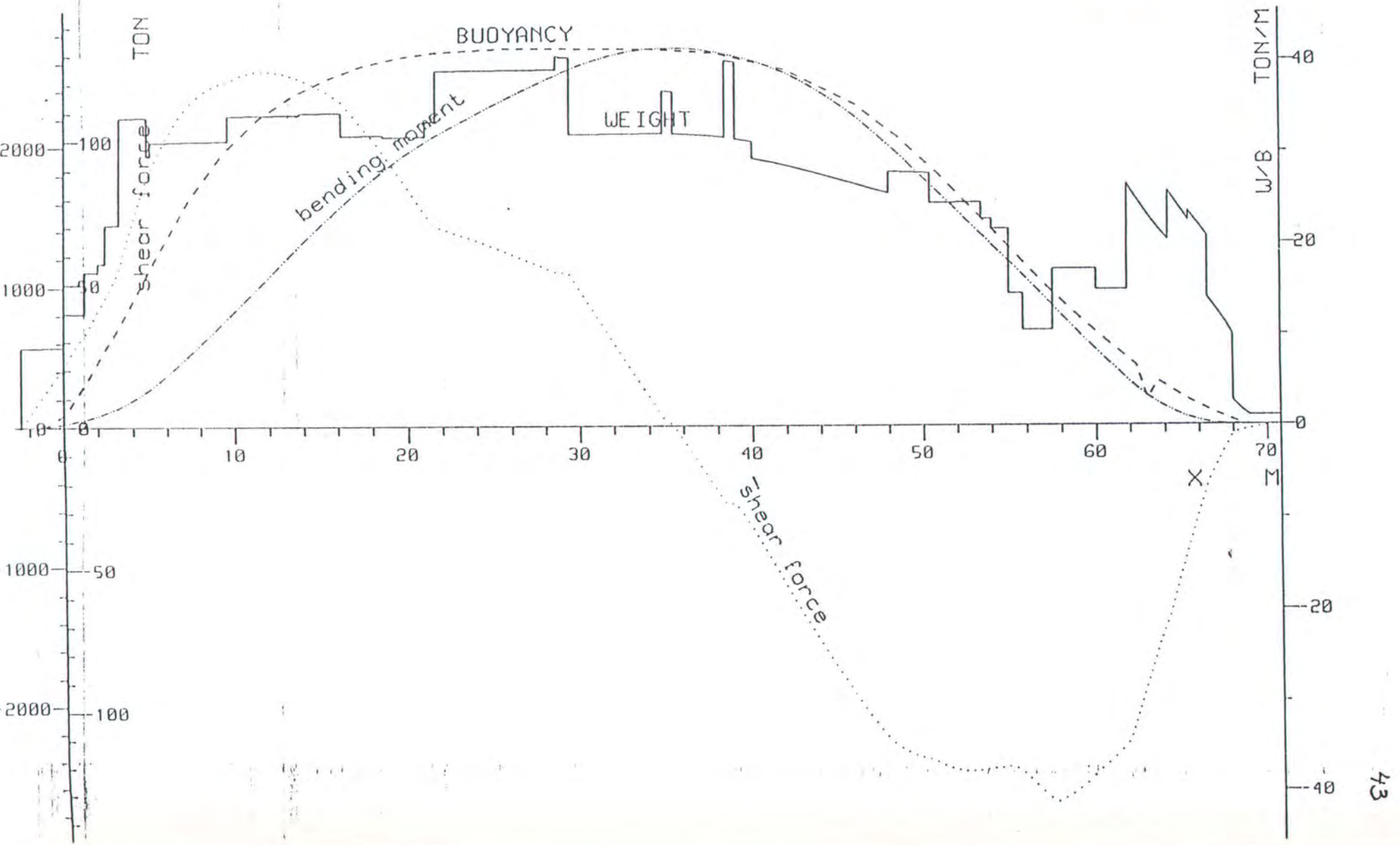
LC33 : Passengers & 10% Stores Arrival

LOADING CONDITION LC33, Passengers & 10% Stores Arrival

			X	FRAME
SHEAR FORCE (MIN)	-132.6 TON	POSITION:	57.5 M	96
SHEAR FORCE (MAX)	124.6 TON		12.0 M	20
SAGGING MOMENT	-0.2 TONM		-2.5 M	-4
HOGGING MOMENT	2706.7 TONM		35.4 M	59

X-COORD M	FRAME NO. FR	WEIGHT TON/M	BENDING MOMENT TONM	SHEAR FORCE TON
0.00	0.00	12.42	25	21
6.00	10.00	31.19	371	102
12.00	20.00	34.08	1077	125
18.00	30.00	31.86	1773	101
24.00	40.00	38.98	2241	65
30.00	50.00	31.97	2586	48
36.00	60.00	31.98	2705	-5
42.00	70.00	28.54	2522	-57
48.00	80.00	27.82	2006	-111
54.00	90.00	21.56	1295	-120
60.00	100.00	14.90	539	-121
66.00	110.00	21.98	34	-29

CONDITION LC33
DISP 1953 TON
DRAUGHT 2.69 M
TRIM 0.03



LC33 Passengers & 10% Stores Arrival

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
FUEL OIL RHO= 0.85 t/m3						
FO DB P TK	*	0.0	0.0	25.24	21.60	28.80
FO DB S TK	*	0.0	0.0	25.24	21.60	28.80
FO OVERFLOW CL TK	*	0.0	0.0	25.20	21.60	28.80
FO DB S TK	*	0.0	0.0	51.18	48.00	55.20
FO DB P TK	*	0.0	0.0	52.54	50.40	55.20
FO DEEP CL TK	*	0.0	0.0	3.60	2.40	4.80
FO DEEP P TK	*	69.5	5.0	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	55.6	5.0	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	0.0	0.0	3.60	2.40	4.80
SUBTOTAL	*		10.0	3.60		
LUBRICATING OIL RHO= 0.9 t/m3						
LO CIRCULATION P TK	*	19.7	0.5	16.20	13.80	18.60
LO STORAGE CL TK	*	8.2	0.5	19.80	18.60	21.00
LO STORAGE CL TK	*	8.2	0.5	17.40	16.20	18.60
LO CIRCULATION S TK	*	19.7	0.5	16.20	13.80	18.60
SUBTOTAL	*		2.0	17.40		
SPECIAL TANKS RHO= 1 t/m3						
LAUNDRY WATER P TK	*	98.0	8.1	49.19	48.00	50.40
COLLECTING WAT.CL TK	*	98.0	2.8	35.10	34.80	35.40
BILGE WATER P TK	*	98.0	16.6	25.20	21.60	28.80
COOLING WAT.S TK	*	29.5	5.0	25.20	21.60	28.80
DIRTY WATER CL TK	*	98.0	5.0	15.30	14.40	16.20
DIRTY OIL P TK	*	98.0	3.3	13.20	12.00	14.40
LEAK OIL S TK	*	98.0	3.3	13.20	12.00	14.40
SLUDGE WATER CL TK	*	98.0	6.6	10.80	9.60	12.00
SUBTOTAL	*		50.7	25.13		

LC33 : Passengers & 10% Stores Arrival

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
BALLAST WATER RHO= 1.025 t/m3						
BW FOREPEAK TK	*	100.0	25.4	65.76	64.20	68.96
BW DB TK	*	100.0	39.3	41.72	38.40	48.00
BW DB TK	*	100.0	62.9	33.19	28.80	38.40
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	43.48	39.00	48.00
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	33.85	29.40	38.40
BW DB TK	*	0.0	0.0	52.33	48.00	55.80
SUBTOTAL	*		127.6	42.31		
FRESH WATER RHO= 1 t/m3						
FW DEEP P TK	*	0.0	0.0	58.41	55.80	61.80
FW DEEP S TK	*	0.0	0.0	58.41	55.80	61.80
FW DEEP P TK	*	34.9	10.0	62.85	61.80	64.20
FW DEEP S TK	*	34.9	10.0	62.85	61.80	64.20
FW AFT PEAK P TK	*	0.0	0.0	1.76	-2.87	4.80
FW AFT PEAK S TK	*	0.0	0.0	1.76	-2.87	4.80
SUBTOTAL	*		20.0	62.85		
PASSENGERS RHO= 1 t/m3						
Passengers & Luggage	*	0.0	50.0	28.50	2.00	55.00
Crew & Effects	*	0.0	5.0	36.50	5.00	68.00
Stores & Provisions	*	0.0	3.0	37.00	6.00	68.00
Cargo	*	0.0	0.0	58.63	55.80	61.50
SUBTOTAL	*		58.0	29.63		

LC41 : Full Consumables,without Pass.&Cargo Departure

LOADING CONDITION LC41: Full Consumables,without Pass.&Cargo Departure

LOADS

Item	Weight (t)	L.C.G. (m)	T.C.G. (m)	V.C.G. (m)	Frs.mom. (tm)
FUEL OIL	102.0	23.18	-0.06	1.61	82.7
LUBRICATING OIL	5.0	18.12	0.00	0.12	16.8
FRESH WATER	250.0	39.63	0.00	3.72	86.2
SPECIAL TANKS	5.0	25.20	-3.00	0.15	8.1
PASSENGERS	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0
CREW & EFFECTS	5.0	36.50	0.00	8.10	0.0
STORES	8.0	37.00	0.00	7.00	0.0
CARGO	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0
Deadweight	375.0	34.58	-0.06	3.18	193.8
Lightweight	1685.0	30.00	0.00	5.80	
Displacement (1.025 t/m3)	2060.0	30.83	-0.01	5.32	193.8

FLOATING POSITION

Mean draught (moulded)	2.81 m
Draught at AP (moulded)	2.83 m
Draught at FP (moulded)	2.80 m
Trim (by stern)	0.03 m
KM above the moulded base	8.53 m
KG above the moulded base	5.32 m
GMO (solid)	3.21 m
Free surface correction	-0.09 m
GM (fluid)	3.11 m

LC41 : Full Consumables,without Pass.&Cargo Departure

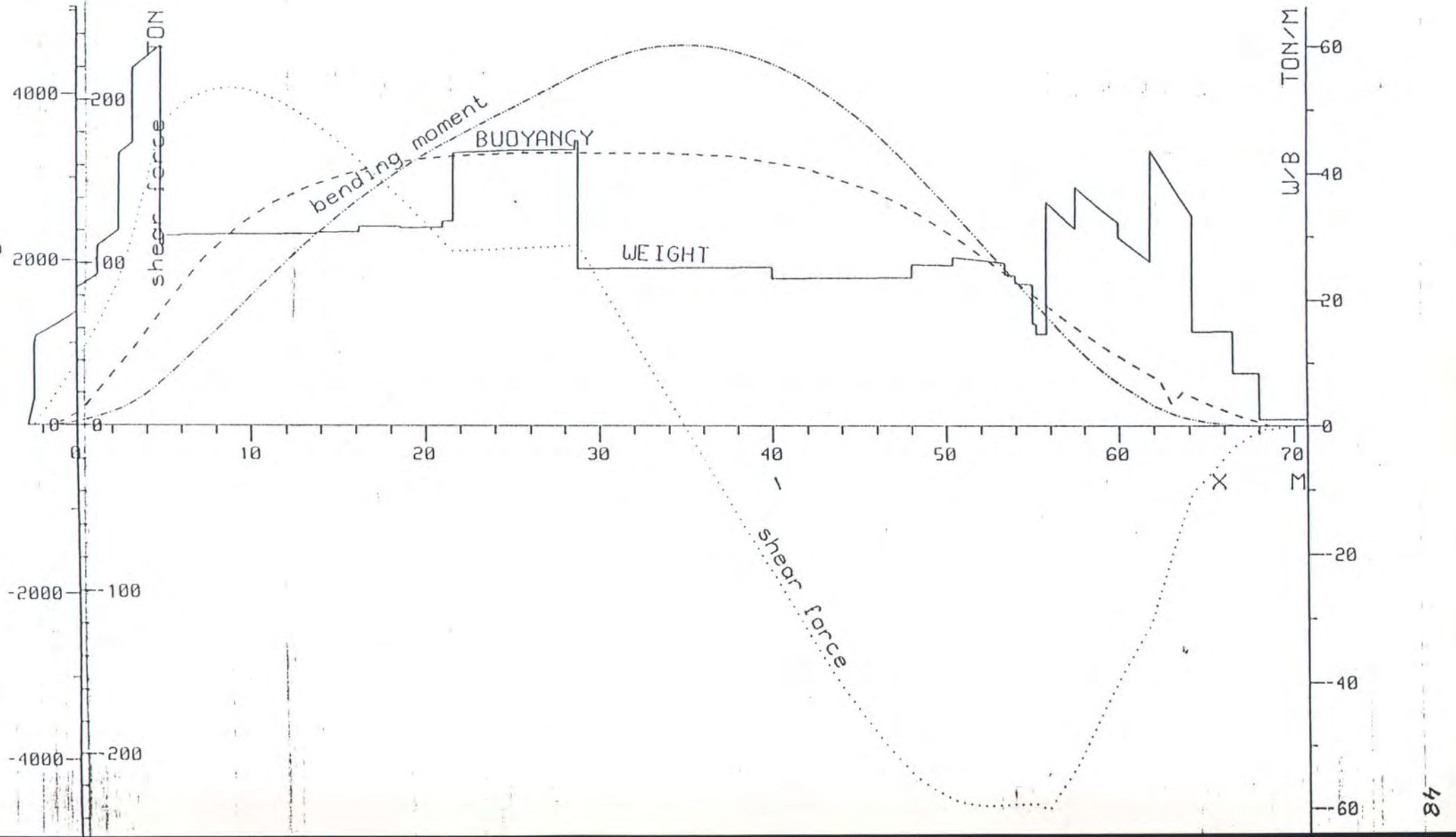
LOADING CONDITION LC41, Full Consumables,without Pass.&Cargo Departure

			X	FRAME
SHEAR FORCE (MIN)	-233.6	TON	POSITION: 55.8	M 93
SHEAR FORCE (MAX)	207.5	TON	8.8	M 15
SAGGING MOMENT	0.0	TONM	-2.9	M -5
HOGGING MOMENT	4587.6	TONM	35.2	M 59

X-COORD M	FRAME NO. FR	WEIGHT TON/M	BENDING MOMENT TONM	SHEAR FORCE TON
0.00	0.00	19.15	48	39
6.00	10.00	30.33	753	197
12.00	20.00	30.45	1974	197
18.00	30.00	31.62	3012	146
24.00	40.00	43.64	3727	109
30.00	50.00	25.00	4371	89
36.00	60.00	25.12	4577	-20
42.00	70.00	23.41	4140	-125
48.00	80.00	25.58	3109	-212
54.00	90.00	22.70	1750	-230
60.00	100.00	29.91	511	-152
66.00	110.00	15.00	24	-19

STRENGTH CURVES

DATE 92-12-18
CONDITION LC41
DISP 2060 TON
DRAUGHT 2.81 M
TRIM 0.03



LC41 Full Consumables,without Pass.&Cargo Departure

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
FUEL OIL RHO= 0.85 t/m3						
FO DB P TK	*	98.0	17.6	25.24	21.60	28.80
FO DB S TK	*	98.0	17.6	25.24	21.60	28.80
FO OVERFLOW CL TK	*	98.0	21.2	25.20	21.60	28.80
FO DB S TK	*	67.5	11.6	51.17	48.00	55.20
FO DB P TK	*	44.7	4.6	52.55	50.40	55.20
FO DEEP CL TK	*	90.0	6.5	3.60	2.40	4.80
FO DEEP P TK	*	98.0	7.1	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	98.0	8.8	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	98.0	7.1	3.60	2.40	4.80
SUBTOTAL	*		102.0	23.18		
LUBRICATING OIL RHO= 0.9 t/m3						
LO CIRCULATION P TK	*	19.7	0.5	16.20	13.80	18.60
LO STORAGE CL TK	*	32.8	2.0	19.80	18.60	21.00
LO STORAGE CL TK	*	32.8	2.0	17.40	16.20	18.60
LO CIRCULATION S TK	*	19.7	0.5	16.20	13.80	18.60
SUBTOTAL	*		5.0	18.12		
SPECIAL TANKS RHO= 1 t/m3						
LAUNDRY WATER P TK	*	0.0	0.0	49.19	48.00	50.40
COLLECTING WAT.CL TK	*	0.0	0.0	35.10	34.80	35.40
BILGE WATER P TK	*	0.0	0.0	25.20	21.60	28.80
COOLING WAT.S TK	*	29.5	5.0	25.20	21.60	28.80
DIRTY WATER CL TK	*	0.0	0.0	15.30	14.40	16.20
DIRTY OIL P TK	*	0.0	0.0	13.20	12.00	14.40
LEAK OIL S TK	*	0.0	0.0	13.20	12.00	14.40
SLUDGE WATER CL TK	*	0.0	0.0	10.80	9.60	12.00
SUBTOTAL	*		5.0	25.20		

LC41 : Full Consumables,without Pass.&Cargo Departure

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
BALLAST WATER RHO= 1.025 t/m3						
BW FOREPEAK TK	*	0.0	0.0	65.76	64.20	68.96
BW DB TK	*	0.0	0.0	41.72	38.40	48.00
BW DB TK	*	0.0	0.0	33.19	28.80	38.40
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	43.48	39.00	48.00
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	33.85	29.40	38.40
BW DB TK	*	0.0	0.0	52.33	48.00	55.80
SUBTOTAL	*		0.0	0.00		
FRESH WATER RHO= 1 t/m3						
FW DEEP P TK	*	98.0	53.2	58.41	55.80	61.80
FW DEEP S TK	*	98.0	53.2	58.41	55.80	61.80
FW DEEP P TK	*	98.0	28.1	62.91	61.80	64.20
FW DEEP S TK	*	98.0	28.1	62.91	61.80	64.20
FW AFT PEAK P TK	*	92.5	43.7	1.80	-2.87	4.80
FW AFT PEAK S TK	*	92.5	43.7	1.80	-2.87	4.80
SUBTOTAL	*		250.0	39.63		
PASSENGERS RHO= 1 t/m3						
Passengers & Luggage	*	0.0	0.0	28.50	2.00	55.00
Crew & Effects	*	0.0	5.0	36.50	5.00	68.00
Stores & Provisions	*	0.0	8.0	37.00	6.00	68.00
Cargo	*	0.0	0.0	58.63	55.80	61.50
SUBTOTAL	*		13.0	36.81		

LC42 : 10% Consumables,without Pass.&Cargo Arrival

LOADING CONDITION LC42: 10% Consumables,without Pass.&Cargo Arrival

LOADS

Item	Weight (t)	L.C.G. (m)	T.C.G. (m)	V.C.G. (m)	Frs.mom. (tm)
BALLAST WATER	25.4	65.76	-0.01	3.15	0.0
LUBRICATING OIL	2.0	17.40	0.00	0.06	16.8
SPECIAL TANKS	50.7	25.13	0.97	0.42	48.7
FRESH WATER	25.0	62.87	0.00	4.24	16.2
FUEL OIL	10.0	3.60	0.34	3.49	1.4
PASSENGERS	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0
CREW & EFFECTS	5.0	36.50	0.00	8.10	0.0
STORES	8.0	37.00	0.00	7.00	0.0
CARGO	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0
Deadweight	126.1	40.18	0.41	2.69	83.1
Lightweight	1685.0	30.00	0.00	5.80	
Displacement (1.025 t/m3)	1811.1	30.71	0.03	5.58	83.1

FLOATING POSITION

Mean draught (moulded)	2.52 m
Draught at AP (moulded)	2.58 m
Draught at FP (moulded)	2.46 m
Trim (by stern)	0.12 m
KM above the moulded base	9.06 m
KG above the moulded base	5.58 m
GMO (solid)	3.48 m
Free surface correction	-0.05 m
GM (fluid)	3.43 m

LC42 : 10% Consumables,without Pass.&Cargo Arrival

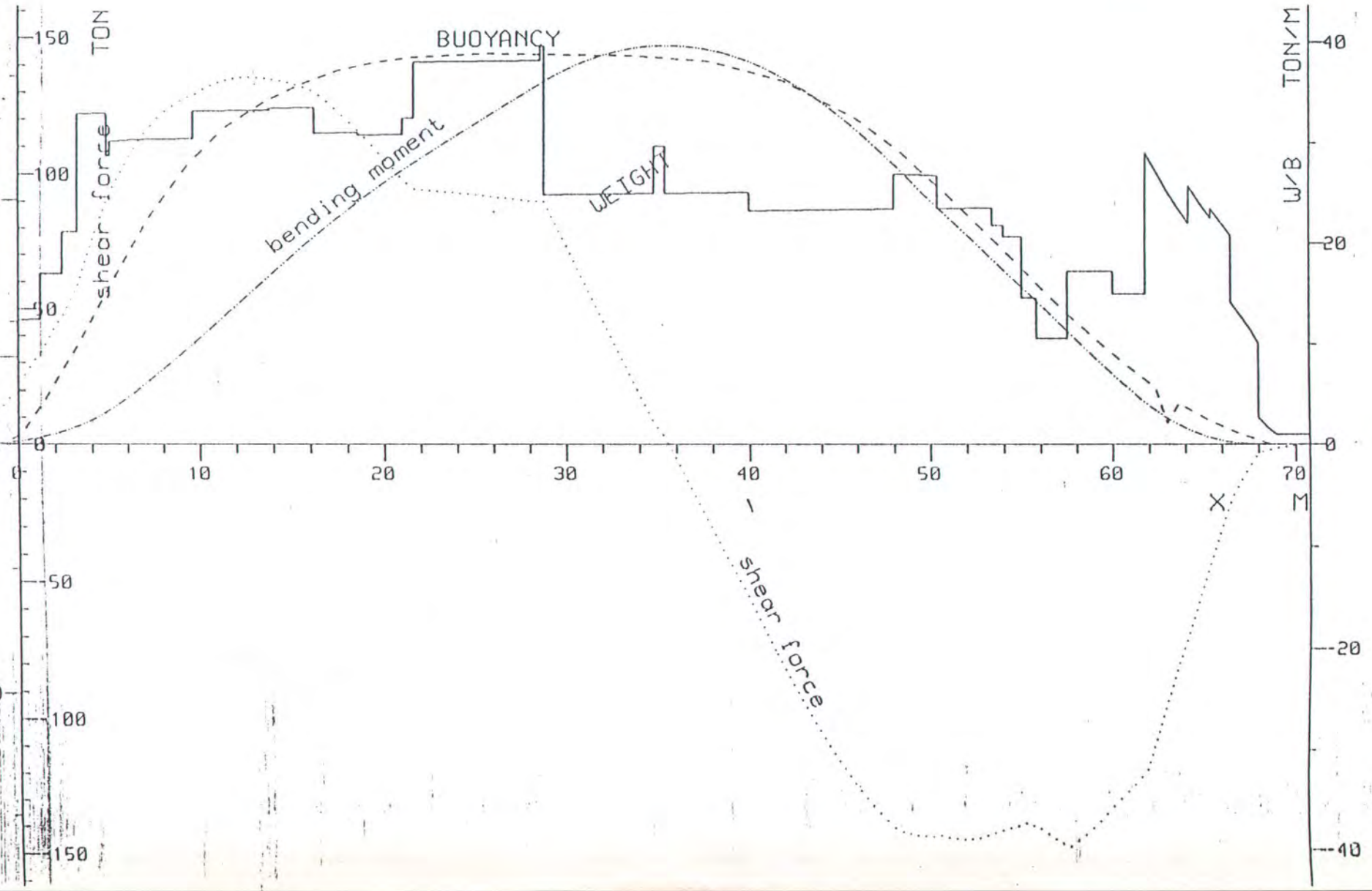
LOADING CONDITION LC42, 10% Consumables,without Pass.&Cargo Arrival

			X	FRAME
SHEAR FORCE (MIN)	-147.1 TON	POSITION:	57.5 M	96
SHEAR FORCE (MAX)	135.5 TON		12.7 M	21
SAGGING MOMENT	-0.2 TONM		-2.5 M	-4
HOGGING MOMENT	3249.9 TONM		35.4 M	59

X-COORD M	FRAME NO. FR	WEIGHT TON/M	BENDING MOMENT TONM	SHEAR FORCE TON
0.00	0.00	12.42	25	21
6.00	10.00	30.33	384	106
12.00	20.00	33.22	1131	135
18.00	30.00	31.00	1915	120
24.00	40.00	38.12	2522	93
30.00	50.00	25.00	3055	73
36.00	60.00	25.12	3248	-6
42.00	70.00	23.41	2979	-83
48.00	80.00	26.96	2284	-141
54.00	90.00	20.70	1421	-141
60.00	100.00	14.98	571	-132
66.00	110.00	22.05	35	-30

ENGTH CURVES

DATE 92-12-18
CONDITION LC42
DISP 1811 TON
DRAUGHT 2.52 M
TRIM 0.12



LC42 10% Consumables,without Pass.&Cargo Arrival

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
FUEL OIL RHO= 0.85 t/m3						
FO DB P TK	*	0.0	0.0	25.24	21.60	28.80
FO DB S TK	*	0.0	0.0	25.24	21.60	28.80
FO OVERFLOW CL TK	*	0.0	0.0	25.20	21.60	28.80
FO DB S TK	*	0.0	0.0	51.18	48.00	55.20
FO DB P TK	*	0.0	0.0	52.54	50.40	55.20
FO DEEP CL TK	*	34.7	2.5	3.60	2.40	4.80
FO DEEP P TK	*	34.7	2.5	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	27.8	2.5	3.60	2.40	4.80
FO DEEP S TK	*	34.7	2.5	3.60	2.40	4.80
SUBTOTAL	*		10.0	3.60		
LUBRICATING OIL RHO= 0.9 t/m3						
LO CIRCULATION P TK	*	19.7	0.5	16.20	13.80	18.60
LO STORAGE CL TK	*	8.2	0.5	19.80	18.60	21.00
LO STORAGE CL TK	*	8.2	0.5	17.40	16.20	18.60
LO CIRCULATION S TK	*	19.7	0.5	16.20	13.80	18.60
SUBTOTAL	*		2.0	17.40		
SPECIAL TANKS RHO= 1 t/m3						
LAUNDRY WATER P TK	*	98.0	8.1	49.19	48.00	50.40
COLLECTING WAT.CL TK	*	98.0	2.8	35.10	34.80	35.40
BILGE WATER P TK	*	98.0	16.6	25.20	21.60	28.80
COOLING WAT.S TK	*	29.5	5.0	25.20	21.60	28.80
DIRTY WATER CL TK	*	98.0	5.0	15.30	14.40	16.20
DIRTY OIL P TK	*	98.0	3.3	13.20	12.00	14.40
LEAK OIL S TK	*	98.0	3.3	13.20	12.00	14.40
SLUDGE WATER CL TK	*	98.0	6.6	10.80	9.60	12.00
SUBTOTAL	*		50.7	25.13		

LC42 : 10% Consumables,without Pass.&Cargo Arrival

DES	*	FILL %	MASS TON	LCG M	XMIN M	XMAX M
BALLAST WATER RHO= 1.025 t/m3						
BW FOREPEAK TK	*	100.0	25.4	65.76	64.20	68.96
BW DB TK	*	0.0	0.0	41.72	38.40	48.00
BW DB TK	*	0.0	0.0	33.19	28.80	38.40
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	43.48	39.00	48.00
BW DB CL TK	*	0.0	0.0	33.85	29.40	38.40
BW DB TK	*	0.0	0.0	52.33	48.00	55.80
SUBTOTAL	*		25.4	65.76		
FRESH WATER RHO= 1 t/m3						
FW DEEP P TK	*	0.0	0.0	58.41	55.80	61.80
FW DEEP S TK	*	0.0	0.0	58.41	55.80	61.80
FW DEEP P TK	*	43.6	12.5	62.87	61.80	64.20
FW DEEP S TK	*	43.6	12.5	62.87	61.80	64.20
FW AFT PEAK P TK	*	0.0	0.0	1.76	-2.87	4.80
FW AFT PEAK S TK	*	0.0	0.0	1.76	-2.87	4.80
SUBTOTAL	*		25.0	62.87		
PASSENGERS RHO= 1 t/m3						
Passengers & Luggage	*	0.0	0.0	28.50	2.00	55.00
Crew & Effects	*	0.0	5.0	36.50	5.00	68.00
Stores & Provisions	*	0.0	8.0	37.00	6.00	68.00
Cargo	*	0.0	0.0	58.63	55.80	61.50
SUBTOTAL	*		13.0	36.81		

LAMPIRAN 5

x	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
− .0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641
− .1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
− .2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
− .3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
− .4	.3446	.3509	.3372	.3360	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
− .5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
− .6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
− .7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2297	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
− .8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
− .9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
−1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
−1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
−1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.09853
−1.3	.09680	.09510	.09342	.09176	.09012	.08851	.08691	.08534	.08379	.08226
−1.4	.08076	.07927	.07780	.07636	.07493	.07353	.07215	.07078	.06944	.06811
−1.5	.06681	.06552	.06426	.06301	.06178	.06057	.05938	.05821	.05705	.05592
−1.6	.05480	.05370	.05262	.05155	.05050	.04947	.04846	.04746	.04648	.04551
−1.7	.04457	.04363	.04272	.04182	.04093	.04006	.03920	.03836	.03754	.03673
−1.8	.03593	.03515	.03438	.03362	.03288	.03216	.03144	.03074	.03005	.02938
−1.9	.02872	.02807	.02743	.02680	.02619	.02559	.02500	.02442	.02385	.02330
−2.0	.02275	.02222	.02169	.02118	.02068	.02018	.01970	.01923	.01876	.01831
−2.1	.01786	.01743	.01700	.01659	.01618	.01578	.01539	.01500	.01463	.01426
−2.2	.01390	.01355	.01321	.01287	.01255	.01222	.01191	.01160	.01130	.01101
−2.3	.01072	.01044	.01017	$.0^2 9903$	$.0^2 9642$	$.0^2 9387$	$.0^2 9137$	$.0^2 8894$	$.0^2 8656$	$.0^2 8424$
−2.4	$.0^2 8198$	$.0^2 7976$	$.0^2 7760$	$.0^2 7549$	$.0^2 7344$	$.0^2 7143$	$.0^2 6947$	$.0^2 6756$	$.0^2 6569$	$.0^2 6387$
−2.5	$.0^2 6210$	$.0^2 6037$	$.0^2 5868$	$.0^2 5703$	$.0^2 5543$	$.0^2 5386$	$.0^2 5234$	$.0^2 5085$	$.0^2 4940$	$.0^2 4799$
−2.6	$.0^2 4661$	$.0^2 4527$	$.0^2 4396$	$.0^2 4269$	$.0^2 4145$	$.0^2 4025$	$.0^2 3907$	$.0^2 3793$	$.0^2 3681$	$.0^2 3573$
−2.7	$.0^2 3467$	$.0^2 3364$	$.0^2 3264$	$.0^2 3167$	$.0^2 3072$	$.0^2 2980$	$.0^2 2890$	$.0^2 2803$	$.0^2 2718$	$.0^2 2635$
−2.8	$.0^2 2555$	$.0^2 2477$	$.0^2 2401$	$.0^2 2327$	$.0^2 2256$	$.0^2 2186$	$.0^2 2118$	$.0^2 2052$	$.0^2 1988$	$.0^2 1926$
−2.9	$.0^2 1866$	$.0^2 1807$	$.0^2 1750$	$.0^2 1695$	$.0^2 1641$	$.0^2 1589$	$.0^2 1538$	$.0^2 1489$	$.0^2 1441$	$.0^2 1395$
−3.0	$.0^2 1350$	$.0^2 1306$	$.0^2 1264$	$.0^2 1223$	$.0^2 1183$	$.0^2 1144$	$.0^2 1107$	$.0^2 1070$	$.0^2 1035$	$.0^2 1001$
−3.1	$.0^3 9676$	$.0^3 9354$	$.0^3 9043$	$.0^3 8740$	$.0^3 8447$	$.0^3 8164$	$.0^3 7888$	$.0^3 7622$	$.0^3 7364$	$.0^3 7114$
−3.2	$.0^3 6871$	$.0^3 6637$	$.0^3 6410$	$.0^3 6190$	$.0^3 5976$	$.0^3 5770$	$.0^3 5571$	$.0^3 5377$	$.0^3 5190$	$.0^3 5009$
−3.3	$.0^3 4834$	$.0^3 4665$	$.0^3 4501$	$.0^3 4342$	$.0^3 4189$	$.0^3 4041$	$.0^3 3897$	$.0^3 3758$	$.0^3 3624$	$.0^3 3495$
−3.4	$.0^3 3369$	$.0^3 3248$	$.0^3 3131$	$.0^3 3018$	$.0^3 2909$	$.0^3 2803$	$.0^3 2701$	$.0^3 2602$	$.0^3 2507$	$.0^3 2415$
−3.5	$.0^3 2326$	$.0^3 2241$	$.0^3 2158$	$.0^3 2078$	$.0^3 2001$	$.0^3 1926$	$.0^3 1854$	$.0^3 1785$	$.0^3 1718$	$.0^3 1653$
−3.6	$.0^3 1591$	$.0^3 1531$	$.0^3 1473$	$.0^3 1417$	$.0^3 1363$	$.0^3 1311$	$.0^3 1261$	$.0^3 1213$	$.0^3 1166$	$.0^3 1121$
−3.7	$.0^3 1078$	$.0^3 1036$	$.0^4 9961$	$.0^4 9574$	$.0^4 9201$	$.0^4 8842$	$.0^4 8496$	$.0^4 8162$	$.0^4 7841$	$.0^4 7532$
−3.8	$.0^4 7235$	$.0^4 6948$	$.0^4 6673$	$.0^4 6407$	$.0^4 6152$	$.0^4 5906$	$.0^4 5669$	$.0^4 5442$	$.0^4 5223$	$.0^4 5012$
−3.9	$.0^4 4810$	$.0^4 4615$	$.0^4 4427$	$.0^4 4247$	$.0^4 4074$	$.0^4 3908$	$.0^4 3747$	$.0^4 3594$	$.0^4 3446$	$.0^4 3304$
−4.0	$.0^4 3167$	$.0^4 3036$	$.0^4 2910$	$.0^4 2789$	$.0^4 2673$	$.0^4 2561$	$.0^4 2454$	$.0^4 2351$	$.0^4 2252$	$.0^4 2157$
−4.1	$.0^4 2066$	$.0^4 1978$	$.0^4 1894$	$.0^4 1814$	$.0^4 1737$	$.0^4 1662$	$.0^4 1591$	$.0^4 1523$	$.0^4 1458$	$.0^4 1395$
−4.2	$.0^4 1335$	$.0^4 1277$	$.0^4 1222$	$.0^4 1168$	$.0^4 1118$	$.0^4 1069$	$.0^4 1022$	$.0^5 9774$	$.0^5 9345$	$.0^5 8934$
−4.3	$.0^5 8540$	$.0^5 8163$	$.0^5 7801$	$.0^5 7455$	$.0^5 7124$	$.0^5 6807$	$.0^5 6503$	$.0^5 6212$	$.0^5 5934$	$.0^5 5668$
−4.4	$.0^5 5413$	$.0^5 5169$	$.0^5 4935$	$.0^5 4712$	$.0^5 4498$	$.0^5 4294$	$.0^5 4098$	$.0^5 3911$	$.0^5 3732$	$.0^5 3561$
−4.5	$.0^5 3398$	$.0^5 3241$	$.0^5 3092$	$.0^5 2949$	$.0^5 2813$	$.0^5 2682$	$.0^5 2658$	$.0^5 2439$	$.0^5 2325$	$.0^5 2216$
−4.6	$.0^5 2112$	$.0^5 2013$	$.0^5 1919$	$.0^5 1828$	$.0^5 1742$	$.0^5 1660$	$.0^5 1581$	$.0^5 1506$	$.0^5 1434$	$.0^5 1366$
−4.7	$.0^5 1301$	$.0^5 1239$	$.0^5 1179$	$.0^5 1123$	$.0^5 1069$	$.0^5 1017$	$.0^6 9680$	$.0^6 9211$	$.0^6 8765$	$.0^6 8339$
−4.8	$.0^6 7933$	$.0^6 7547$	$.0^6 7178$	$.0^6 6827$	$.0^6 6492$	$.0^6 6173$	$.0^6 5869$	$.0^6 5580$	$.0^6 5304$	$.0^6 5042$
−4.9	$.0^6 4792$	$.0^6 4554$	$.0^6 4327$	$.0^6 4111$	$.0^6 3906$	$.0^6 3711$	$.0^6 3525$	$.0^6 3348$	$.0^6 3179$	$.0^6 3019$

$\Phi(-5.00) = 2.868 \cdot 10^{-7}$ $\Phi(-6.00) = 9.867 \cdot 10^{-10}$ $\Phi(-7.00) = 1.280 \cdot 10^{-12}$

$\Phi(-8.00) = 6.222 \cdot 10^{-16}$ $\Phi(-9.00) = 1.129 \cdot 10^{-19}$ $\Phi(-10.00) = 7.621 \cdot 10^{-24}$