

30066/H/07



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

RSPe
621.873
Pri
p-1
2007
f

TUGAS AKHIR - LK 1347

PERENCANAAN FLOATING CRANE SESUAI KEBUTUHAN PT. DOK DAN PERKAPALAN SURABAYA (PT. DPS)

KUS CAHYADI PRIBADI
NRP. 4102 100 030

Dosen Pembimbing
Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2007

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	26-8-2007
Terima Dasi	H
No. Agenda Perp.	228330

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN FLOATING CRANE SESUAI KEBUTUHAN PT. DOK DAN PERKAPALAN SURABAYA (PT. DPS)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Perencanaan
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

KUS CAHYADI PRIBADI
NRP. 4102 100 030

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.



Surabaya, Juli 2007

PENGESAHAN REVISI

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai hasil sidang Tugas Akhir

Tanggal 19 Juli 2007

Bidang Studi Perencanaan

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Dengan judul :

PERENCANAAN FLOATING CRANE SESUAI KEBUTUHAN PT.DOK DAN PERKAPALAN SURABAYA (PT.DPS)

Oleh :

KUS CAHYADI PRIBADI

NRP. 4102 100 030

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.



Surabaya, Juli 2007

**PERENCANAAN FLOATING CRANE
SESUAI KEBUTUHAN PT.DOK DAN PERKAPALAN SURABAYA (PT.DPS)**

Nama Mahasiswa : Kus Cahyadi Pribadi
NRP : 4102 100 030
Jurusan : Teknik Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc.,Ph.D

ABSTRAK

Diantara fasilitas galangan yang ada di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya penggunaan floating crane menunjukkan efektifitas produksi yang nyata. Ini disebabkan karena terbatasnya jangkauan dan kapasitas crane darat untuk menunjang kegiatan galangan. Floating crane di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya berfungsi terutama untuk pengangkatan material atau blok-blok untuk kegiatan ship repairing maupun ship building. Saat ini kapasitas floating crane yang dimiliki PT.Dok dan Perkapalan Surabaya maksimum 30 ton dengan tipe fix crane, non-self propelled barge. Kondisi tersebut mengurangi efisiensi kerja galangan terutama untuk kebutuhan pengangkatan material atau blok-blok lebih dari 30 ton. Oleh karena itu kapasitas floating crane yang lebih besar diperlukan sehingga volume pemindahan material atau blok-blok menjadi lebih cepat.

Dalam tugas akhir ini dilakukan perancangan floating crane sesuai dengan kebutuhan PT.Dok dan Perkapalan Surabaya diuraikan. Crane yang dipakai direncanakan memiliki kapasitas angkat 100 ton, tipe revolved crane 360° dan tipe barge-nya yaitu self propelled barge.

Proses perancangan dimulai dengan mencari ukuran utama barge. Ukuran utama barge didapatkan dari barge pembanding. Adapun ukuran utama yang perlu diperhatikan adalah Loa/Lpp, B, H, T, dan kapasitas daya angkat. Selanjutnya dari data tersebut dilakukan proses optimisasi yang meliputi perhitungan tahanan, propulsi, BHP mesin induk, intact stability, trim dan estimasi harga pembangunan serta biaya operasional tahun pertama. Fungsi obyektif dari proses ini adalah meminimalkan biaya pembangunan dan biaya operasional tahun pertama. Dari hasil proses ini ukuran utama optimal yang didapatkan adalah $Lpp = 42.672 \text{ m}$, $B = 23.000 \text{ m}$, $H = 3.369 \text{ m}$, $T = 2.081$, $Vs = 5 \text{ knot}$. Berdasarkan ukuran utama optimal ini, gambar rencana garis dan rencana umum floating crane disajikan dan dianalisis.

Kata kunci : floating crane, barge, stabilitas

DESIGN OF FLOATING CRANE ACCORDING TO REQUIREMENT OF PT.DOK AND PERKAPALAN SURABAYA (PT.DPS)

Name : Kus Cahyadi Pribadi
ID.No : 4102 100 030
Department : Teknik Perkapalan
Lecturer : Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc.,Ph.D

ABSTRACT

The use of a floating crane in PT.Dok and perkapalan Surabaya between shipyard facilities gives the production efectifity. The reason for this is that the capacity and reach of existing mobile and lifting cranes are limited and not sufficient to support planned shipyard activities. The floating crane in PT.Dok and Perkapalan Surabaya has a function especially to lift building blocks or material for ship repairing and ship building. Currently, the maximum capacity of the floating crane in PT.Dok and Perkapalan Surabaya is 30 ton with the type of fix crane, non-self propelled barge, which is ever than the intended capacity, that is 100 ton. Therefore, the larger capacity of floating crane is needed, thus moving blocks or material faster.

In this final project, the design of a floating crane suited to the requirement of PT.Dok and Perkapalan Surabaya is presented . The crane to be planned has a lifting capacity of 100 ton, with the type of 360⁰ revolved crane and self propelled barge .

The design process starts with searching principal dimensions of the barge, which include Loa or Lpp, B, H, T and the lifting capacity. Then from these data, the optimization process is carried out which considered the resistance, horse power of main engine, intact stability, transverse stability and estimation of ship building cost and first year operating cost. The objective function of this process is to minimize these costs. The optimum principal dimensions resulting from this optimization process are Lpp=42.672 m, B=23.000 m, H=3.369 m, T=2.081 m and Vs=5 knots. Using these dimensions, Lines Plan and General Arrangement are then drawn and analyzed.

Keywords : floating crane, barge, stability

Kata Pengantar

Assalamualaikum Wr.Wb,

Puji syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang memberikan hidayah, petunjuk dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat serta salam tak lupa penulis haturkan pada junjungan kita Nabi Besar Muhammad Rasulullah SAW yang telah memberikan petunjuk jalan kebenaran bagi kita semua.

Tugas akhir ini dapat penulis selesaikan dengan baik berkat dukungan serta bantuan baik langsung maupun tidak langsung dari semua pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan hidup dan kehidupan pada kita semua.
2. Junjungan kita Nabi Muhammad SAW atas petunjuk jalan kebenaran bagi umat manusia.
3. Bapak dan ibu tercinta atas curahan kasih sayang, doa dan nasehat pada penulis hingga mampu menyelesaikan perkuliahan dan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc.,Ph.D, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, ilmu dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir.Triwilaswandio, MSc. selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan–FTK–ITS
6. Ir. Mahardjo Wartono, selaku dosen wali dari penulis selama di Teknik Perkapalan.
7. Ir.Paulus Adrianto, selaku koordinator bidang perencanaan, terima kasih atas bimbingan dan arahnya.
8. Drs.Endy Muswarianto, selaku Manager SDM PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, terima kasih atas bimbingan dan arahnya.
9. Adikku tercinta, Rahma, Nining , Mas Wiwit yang telah memberikan motivasi sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Teman-teman seperjuangan Ambar, Wendo, Fajar yang telah memberikan motivasi pada penulis.
11. Teman–teman seperjuangan angkatan 2002, “Hantu Laut”
12. Teman–teman penghuni djisamsoe dan sekitarnya : Kacung, Aam, Yogi, Tutus, Sungging, Hantoko, Romi, Bolit, J-bon, Dalbo, Saros, AKA yang telah memberikan motivasi pada penulis.
13. Teman teman penghuni Lab-Kom “Komunitas laler ijo”, Yoyok, Jamboel, Deni, Bowo Ahmat “kepek”, Heru terima kasih atas dukungannya.
14. Semua pihak yang telah membantu didalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan selanjutnya.

Akhir kata, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, Juli 2007

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	i
Pengesahan Revisi	ii
Abstrak	iii
Abstract	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Hipotesis	3
1.7 Model Konseptual Penelitian	4
1.8 Model Konseptual Penelitian	5
1.8.1 Jenis dan Sumber Data.....	5
1.8.2 Prosedur Pengumpulan Data.....	5
1.8.3 Pengolahan Data.....	5
1.9 Sistematika Laporan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Umum.....	9
2.2 Pendekatan Desain.....	9
2.2.1 Design Statement.....	9
2.2.2 Concept Design.....	10
2.2.3 Preliminary Design.....	11
2.2.4 Contract Design.....	11
2.2.5 Detail Design.....	11
2.3 Level I (Total Ship) Design Element.....	12
2.3.1 Bentuk Lambung.....	12
2.4 Floating Crane.....	12
2.4.1 Crane.....	13
2.4.2 Crane Barge.....	15
2.5 Metode Optimasi.....	16
2.5.1 Pengertian Optimasi.....	16
2.5.2 Klasifikasi Permasalahan Optimasi.....	17
2.6 Perhitungan Stabilitas.....	19
2.6.1 Konsep Keseimbangan.....	19
2.6.2 Dasar-Dasar Keseimbangan Kapal.....	20
2.6.3 Posisi Metacenter dan Keseimbangan.....	20
2.6.4 Tinggi, Metacenter sebagai Ukuran dari initial Stability.....	21
2.6.5 Lengan Pengembali (Righting Arm).....	22
2.6.6 Jangkauan Stabilitas.....	22

2.7	Stabilitas Awal (Initial Stability)	23
2.7.1	Pergeseran Titik Pusat Gravitasi dalam Suatu Sistem (Pergeseran Berat).....	23
2.7.2	Kondisi Keseimbangan dalam posisi miring (Inclined).....	23
2.7.3	Perhitungan Radius Metacenter dan Lokasi M.....	24
2.8	Overall Stability.....	25
2.8.1	Kurva Stabilitas Statis.....	25
2.8.2	Tinggi Metacenter dan Kurva Stabilitas.....	26
2.8.3	Akibat berat pada Stabilitas.....	27
2.8.4	Pemindahan Berat.....	28
BAB III TINJAUAN DAERAH.....		31
3.1	Umum.....	31
3.2	Lokasi Perusahaan.....	31
3.3	Kegiatan Usaha.....	32
3.4	Fasilitas Galangan.....	32
3.5	Layout Galangan.....	39
3.6	Proses Produksi Bangunan Kapal Baru.....	39
3.7	Operasi Kerja Floating Crane.....	42
BAB IV ANALISA TEKNIS.....		45
4.1	Penentuan Crane.....	45
4.1.1	Pemilihan Tipe Crane.....	45
4.1.2	Penentuan, jangkauan, Tinggi dan Kapasitas Angkat Crane.....	46
4.2	Penentuan Ukuran Utama Barge.....	47
4.2.1	Design Variable.....	47
4.2.2	Batasan-batasan.....	47
4.2.3	Fungsi Objektif.....	51
4.3	Model Optimasi.....	52
4.4	Penggambaran Rencana Garis.....	56
4.5	Perencanaan Hidrostatik dan Bonjean.....	58
4.5.1	Lengkungan Hidrostatik.....	58
4.5.2	Lengkungan Bonjean.....	61
4.6	Perhitungan Stabilitas Utuh.....	61
4.7	Hasil Perhitungan Trim.....	64
4.8	Penggambaran Rencana Umum.....	65
4.8.1	Perhitungan Hambatan (W).....	65
4.8.2	Penentuan Daya Mesin.....	66
4.8.2.a	Perhitungan Effective Power.....	66
4.8.2.b	Perhitungan Thrust (T).....	66
4.8.2.c	Perhitungan Delivery Horse Power (DHP).....	66
4.8.2.d	Perhitungan Shaft Horse Power (SHP).....	67
4.8.2.e	Perhitungan Break Horse Power (BHP).....	67
4.8.3	Penentuan LWT dan DWT.....	67
4.8.3.a	Perhitungan Berat Baja.....	67

4.8.3.b Berat Outfitting dan Equipment.....	67
4.8.3.c Berat instalasi permesinan.....	68
4.8.3.d Berat cadangan.....	68
4.8.3.e Perhitungan DWT.....	68
4.8.3.f Perhitungan Koreksi Displacement.....	69
4.8.4 Perencanaan Konstruksi.....	69
4.9 Perhitungan Stabilitas Kondisi Pengangkatan.....	71
4.9.1 Perhitungan lengan beban.....	71
4.9.2 Kondisi Pengangkatan Beban dan Grafik Stabilitas.....	73
4.9.2.a Kondisi 1.....	73
4.9.2.b Kondisi 2.....	75
4.9.2.c Kondisi 3.....	77
4.9.3 Kondisi Pengangkatan Beban dengan Pengaruh Angin dan Grafik Stabilitas.....	79
4.9.3.a Kondisi 1 dengan Pengaruh Angin.....	79
4.9.3.b Kondisi 2 dengan Pengaruh Angin.....	81
4.9.3.c Kondisi 3 dengan Pengaruh Angin.....	83
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	85
5.1 Kesimpulan	85
5.2 Saran	85

Daftar Pustaka
Lampiran

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Model Konseptual Tugas Akhir.....	4
Gambar 1.2	<i>Flow chart</i> metodologi penelitian.....	6
Gambar 2.1	Desain spiral.....	10
Gambar 2.2	<i>Floating crane</i> tipe <i>fixed crane</i> dengan lengan tak bergerak.....	13
Gambar 2.3	<i>Floating crane</i> tipe <i>fixed crane</i> dengan lengan bergerak.....	14
Gambar 2.4	<i>Floating crane</i> tipe <i>revolved crane</i>	14
Gambar 2.5	Gambaran umum <i>crane barge (floating crane)</i>	15
Gambar 2.6	Gambaran umum <i>self propelled crane barge (self propelled floating crane)</i> ...	15
Gambar 2.7	Letak titik <i>metacenter</i>	21
Gambar 2.8	Kemiringan kapal sampai pada sudut tertentu.....	22
Gambar 2.9	Bentuk bidang garis air.....	24
Gambar 2.10	Model 3 dimensi kurva stabilitas statis.....	26
Gambar 2.11	Harga GM.....	26
Gambar 2.12	Perubahan sarat dan trim akibat pemindahan berat.....	28
Gambar 3.1	<i>Floating Dock</i> Surabaya I.....	33
Gambar 3.2	<i>Floating Dock</i> Surabaya II.....	34
Gambar 3.3	<i>Floating Dock</i> Surabaya IV.....	35
Gambar 3.4	<i>Floating Dock</i> Surabaya V.....	36
Gambar 3.5	<i>Floating crane</i> PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.....	38
Gambar 3.6	Daerah operasi kerja <i>floating crane</i> untuk kegiatan <i>ship repairing</i>	42
Gambar 3.7	Daerah operasi kerja <i>floating crane</i> untuk kegiatan <i>ship building</i>	43
Gambar 4.1	Grafik kurva hasil regresi.....	50
Gambar 4.2	Model optimasi <i>barge</i> untuk <i>floating crane</i>	52
Gambar 4.3	Tampilan Solver parameter pada program Microsoft Excel.....	53
Gambar 4.4	Tampilan Solver parameter dengan <i>target cell</i>	53
Gambar 4.5	Tampilan Solver parameter dengan <i>by changing cell</i>	54
Gambar 4.6	Tampilan Solver parameter dengan cara memasukkan <i>constraint</i>	54
Gambar 4.7	Tampilan Solver parameter dengan <i>constraint</i>	55
Gambar 4.8	Tampilan Solver parameter dengan melihat Solver <i>option</i>	55
Gambar 4.9	Tampilan hasil optimasi apabila solusi optimal ditemukan.....	56
Gambar 4.10	<i>Body plan barge</i>	57
Gambar 4.11	<i>Half breadth plan barge</i>	57
Gambar 4.12	Model 3 dimensi <i>barge</i>	58
Gambar 4.13	Pengangkatan beban pada sudut 0°	71
Gambar 4.14	Pengangkatan beban pada sudut 45°	72
Gambar 4.15	Pengangkatan beban pada sudut 90°	72
Gambar 4.16	Kurva stabilitas kondisi 1.....	74
Gambar 4.17	Kurva stabilitas kondisi 2.....	76
Gambar 4.18	Kurva stabilitas kondisi 3.....	78
Gambar 4.19	Kurva stabilitas kondisi 1 dengan pengaruh angin.....	80
Gambar 4.20	Kurva stabilitas kondisi 2 dengan pengaruh angin.....	82
Gambar 4.21	Kurva stabilitas kondisi 3 dengan pengaruh angin.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Daftar <i>crane</i> PT.Dok dan Perkapalan surabaya.	1
Tabel 1.2	Operasional <i>floating crane</i> di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.....	2
Tabel 3.1	Macam beban pengangkatan <i>floating crane</i> PT.Dok dan Perkapalan Surabaya....	44
Tabel 4.1	Macam beban pengangkatan <i>floating crane</i> PT.Dok dan Perkapalan Surabaya....	46
Tabel 4.2	Data berat beban rata-rata terbesar yang diangkat.....	46
Tabel 4.3	Data spesifikasi teknis <i>crane</i>	46
Tabel 4.4	Data-data <i>barge</i> pembanding.....	47
Tabel 4.5	Berat <i>crane</i> dengan jangkauan 20m.....	49
Tabel 4.6	Perhitungan berat <i>crane</i> untuk beban 100 ton.....	50
Tabel 4.7	Data hidrostatik.....	61
Tabel 4.8	Nilai GZ dalam ft untuk setiap sudut oleng.....	63
Tabel 4.9	Titik berat beban.....	72
Tabel 4.10	Kondisi 1 (pengangkatan beban dengan sudut 0°).....	73
Tabel 4.11	Hasil perhitungan stabilitas.....	74
Tabel 4.12	Kondisi 2 (pengangkatan beban dengan sudut 45°).....	75
Tabel 4.13	Hasil perhitungan stabilitas.....	76
Tabel 4.14	Kondisi 3 (pengangkatan beban dengan sudut 90°).....	77
Tabel 4.15	Hasil perhitungan stabilitas.....	78
Tabel 4.16	Kondisi 1 (pengangkatan beban dengan sudut 0°).....	79
Tabel 4.17	Hasil perhitungan stabilitas.....	80
Tabel 4.18	Kondisi 2 (pengangkatan beban dengan sudut 45°).....	81
Tabel 4.19	Hasil perhitungan stabilitas.....	82
Tabel 4.20	Kondisi 3 (pengangkatan beban dengan sudut 90°).....	83
Tabel 4.21	Hasil perhitungan stabilitas.....	84



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Negara Indonesia adalah negara kepulauan, dimana peran sarana transportasi laut menjadi sangat penting bagi pembangunan perekonomian Indonesia. Kondisi seperti ini menjadi tuntutan terhadap sarana transportasi laut yang memadai untuk menunjang kebutuhan masyarakat dalam aktivitasnya sehari-hari. Sarana transportasi laut tersebut dapat berupa kapal niaga maupun kapal penumpang. Kapal-kapal ini tentu memerlukan perawatan maupun pembuatan bangunan baru. Sehingga dibutuhkan adanya perusahaan pembuatan dan perbaikan kapal (galangan kapal).

Perusahaan galangan kapal memegang peranan penting dalam pengembangan transportasi laut nasional. Dan hal ini menimbulkan suatu investasi. Investasi pada perusahaan galangan kapal tidak hanya bergantung pada sarananya saja tetapi juga harus memperhatikan bidang prasarana lainnya, seperti: fasilitas galangan.

PT.Dok & Perkapalan Surabaya (PT.DPS) sebagai galangan pembuat dan perbaikan kapal menjadi salah satu galangan yang mempunyai andil besar untuk memajukan transportasi laut di Indonesia. Dengan fasilitas galangan yang memadai akan mendukung kinerja produksi dari PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

Salah satu fasilitas galangan yang dimiliki PT.Dok & Perkapalan Surabaya adalah alat angkat (*crane*). Berdasarkan *working area*-nya, *crane* yang dimiliki PT Dok dan Perkapalan Surabaya dibagi menjadi dua yaitu kran darat dan kran apung (*floating crane*). Kedua jenis *crane* ini mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Di bawah ini adalah daftar *crane* beserta kapasitas dan jangkauannya yang dimiliki PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

Tabel 1.1. Daftar *crane* PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

N o.	Daftar <i>Crane</i>	Kapasitas (ton)	Jangkauan	Kondisi
1	Tower Travelling <i>Crane</i>	7 – 60	75 m / 20m	max. 50 ton
2	Portal Travelling <i>Crane</i>	15	20 m	max. 13 ton
3	Overhead Travelling <i>Crane</i>	5 – 15	terletak di bengkel kerja	-
4	Jib <i>Crane</i>	5 -15	beroperasi di darat	-
5	Mobile <i>Crane</i>	3	beroperasi di darat	-
6	<i>Crane</i> Floating Dock Surabaya I	5	di kedua sisi floating dock	max 3 ton
7	<i>Crane</i> Floating Dock Surabaya II	5	di kedua sisi floating dock	max 3 ton
8	<i>Crane</i> Floating Dock Surabaya IV	5	di kedua sisi floating dock	max 3 ton
9	<i>Crane</i> Floating Dock Surabaya V	6	di kedua sisi floating dock	max 5 ton
10	<i>Floating crane</i>	75	beroperasi di perairan/15 m	max 25 ton

Sumber : PT.Dok dan Perkapalan Surabaya

Dari tabel di atas dapat kita lihat bahwa jangkauan dan kapasitas *crane* darat yang dimiliki PT.Dok & Perkapalan Surabaya sangat terbatas sekali. Untuk *crane* darat dengan *lifting capacity* >30 ton, yang dimiliki PT.Dok dan Perkapalan Surabaya adalah *Tower Travelling crane* dengan jangkauan 20m. Hal ini tidak sebanding dengan kebutuhan pengangkatan galangan.

Tabel 1. 2. Operasional *floating crane* di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

No.	Item Pekerjaan	rata-rata pengangkatan
1.	Transportasi komponen-komponen kapal ke bengkel	70 ton/hari
2.	Pengangkatan blok-blok kapal baru	200 ton/hari
3.	Pengangkatan material ke lokasi kerja	30 ton/hari
4.	Pengangkatan <i>crane</i> darat untuk dipindahkan	90 ton

Sumber : PT.Dok dan Perkapalan Surabaya

Untuk memenuhi kebutuhan alat angkat yang dapat menjangkau seluruh wilayah galangan dan berkapasitas sesuai kebutuhan PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, jenis *crane* yang paling efektif adalah *floating crane* (kran apung). *Floating crane* memiliki keunggulan yang tidak ada pada *crane* darat yaitu *working area* yang bisa berpindah-pindah. Hal tersebut sesuai dengan wilayah galangan PT.Dok dan Perkapalan Surabaya (lihat lampiran).

Tetapi kondisi saat ini *floating crane* tersebut telah mengalami penurunan kapasitas dari 75 ton menjadi max.25 ton. Dan tipe *floating crane* yang dimiliki adalah *non-self propelled barge* dengan *fixed crane*. Tipe seperti ini sangat terbatas sekali pergerakannya, untuk bermanuver *floating crane* membutuhkan bantuan *tug boat*. Dan ketika melakukan pengangkutan tidak bisa dengan cepat memposisikan pada tempat tujuan, karena terbatasnya gerakan *crane*.

1.2. Perumusan Masalah

Dengan melihat latar belakang di atas, maka penulis perlu menentukan perumusan masalah dalam penulisan tugas akhir ini sebagai berikut:

- Bagaimana menentukan *lifting capacity* dari *floating crane* yang sesuai dengan kebutuhan PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.
- Bagaimana merencanakan *floating crane* yang mampu beroperasi di wilayah PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.
- Bagaimana menentukan ukuran utama dari *floating crane* yang sesuai dengan kondisi perairan PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

1.3. Batasan Masalah

Mengingat waktu penyusunan tugas akhir ini yang cukup singkat. Maka diperlukan batasan-batasan masalah agar penulisan lebih terarah. Adapun masalah tersebut sebagai berikut:

- Perencanaan *floating crane* berdasarkan *floating crane* yang sudah ada (data *floating crane* pembeding).
- Tidak merencanakan konstruksi *crane*, untuk *crane* diambilkan dari daftar atau brosur perusahaan *supplier crane*.
- Daerah operasi *floating crane* tersebut adalah di wilayah galangan PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

- Dalam perancangan ini *barge* menggunakan material baja.
- Analisa teknis meliputi perhitungan ukuran utama, gambar *Lines Plan* serta gambar *General Arrangement* yang sesuai dengan persyaratan stabilitas dan trim.
- Perhitungan stabilitas kondisi pengangkatan dihitung pada tiga kondisi yaitu : pengangkatan dengan sudut 0° , pengangkatan dengan sudut 45° dan pengangkatan dengan sudut 90° .

1.4. Tujuan

Tujuan utama dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan desain *floating crane* dengan daerah operasi di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya. Tujuan utama ini dicapai melalui beberapa tujuan khusus berikut ini :

- Untuk memperoleh ukuran utama *floating crane* yang optimal.
- Untuk mendapatkan hasil pemeriksaan berupa koreksi *displacement*, trim dan stabilitas.
- Untuk memperoleh gambar Rencana Garis (*Lines Plan*) dan gambar Rencana Umum (*General Arrangement*).

1.5. Manfaat

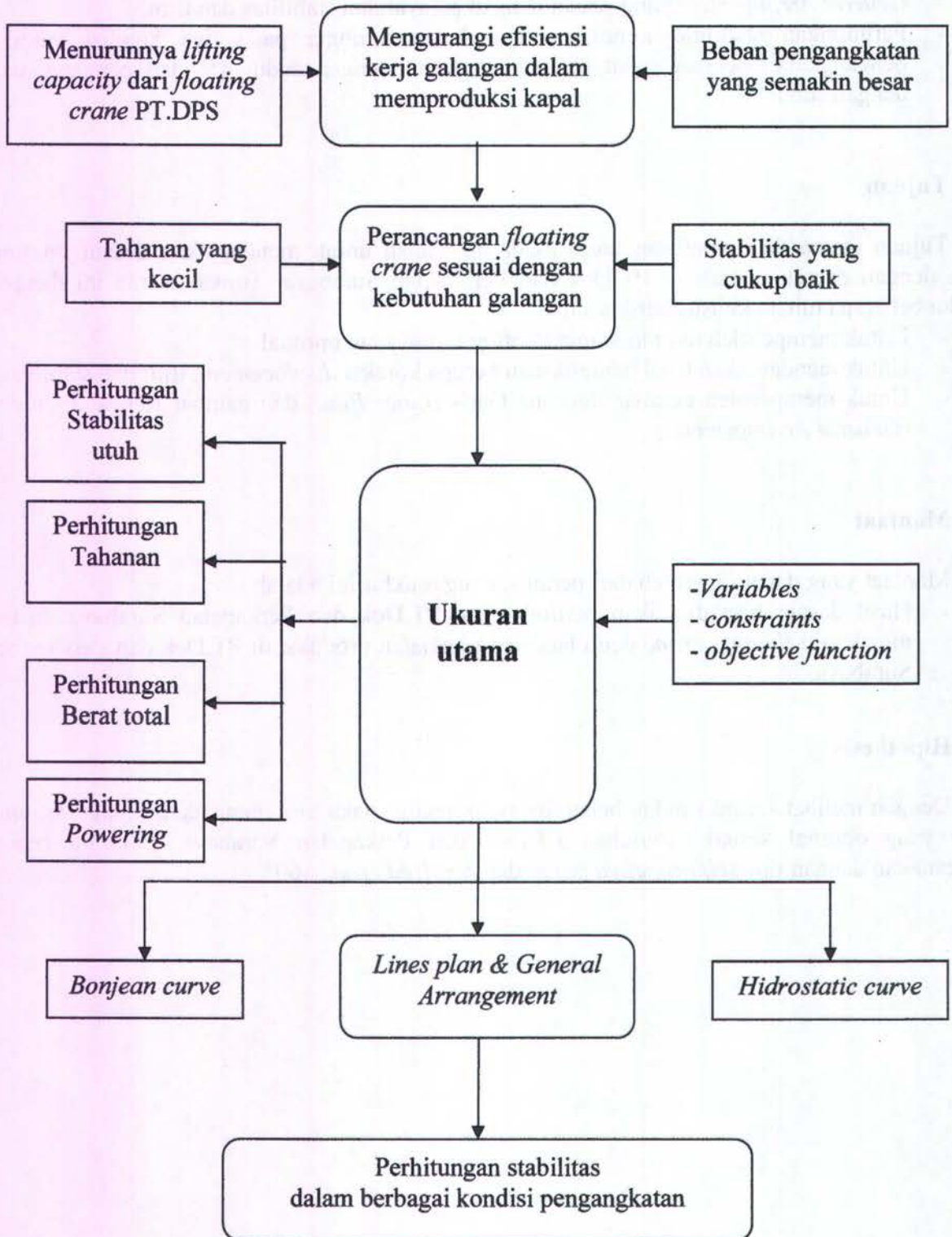
Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- Hasil desain bisa dijadikan pertimbangan PT.Dok dan Perkapalan Surabaya dalam mendesain *floating crane* demi lancarnya kegiatan produksi di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

1.6. Hipotesis

Dengan melihat secara singkat beberapa aspek teknis maka bisa didapatkan desain *floating crane* yang optimal sesuai kebutuhan PT.Dok dan Perkapalan Surabaya. *Floating crane* direncanakan dengan tipe *self propelled barge* dan *revolved crane 360°*.

1.7. Model Konseptual Penelitian



Gambar 1.1. Model Konseptual Tugas Akhir.
 “Perencanaan *floating crane* sesuai kebutuhan PT.Dok dan Perkapalan Surabaya”.

1.8. Metodologi Penelitian

1.8.1. Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penulisan ini bersumber dari:

- a. Data primer yaitu data yang diperoleh dari pengamatan dan wawancara langsung dari pihak terkait.
- b. Data sekunder merupakan perolehan data dari literature, paper, jurnal guna menunjang data yang ada.

1.8.2. Prosedur Pengumpulan Data

Prosedur pengumpulan data yang digunakan dalam penulisan ini melalui tiga tahap yaitu:

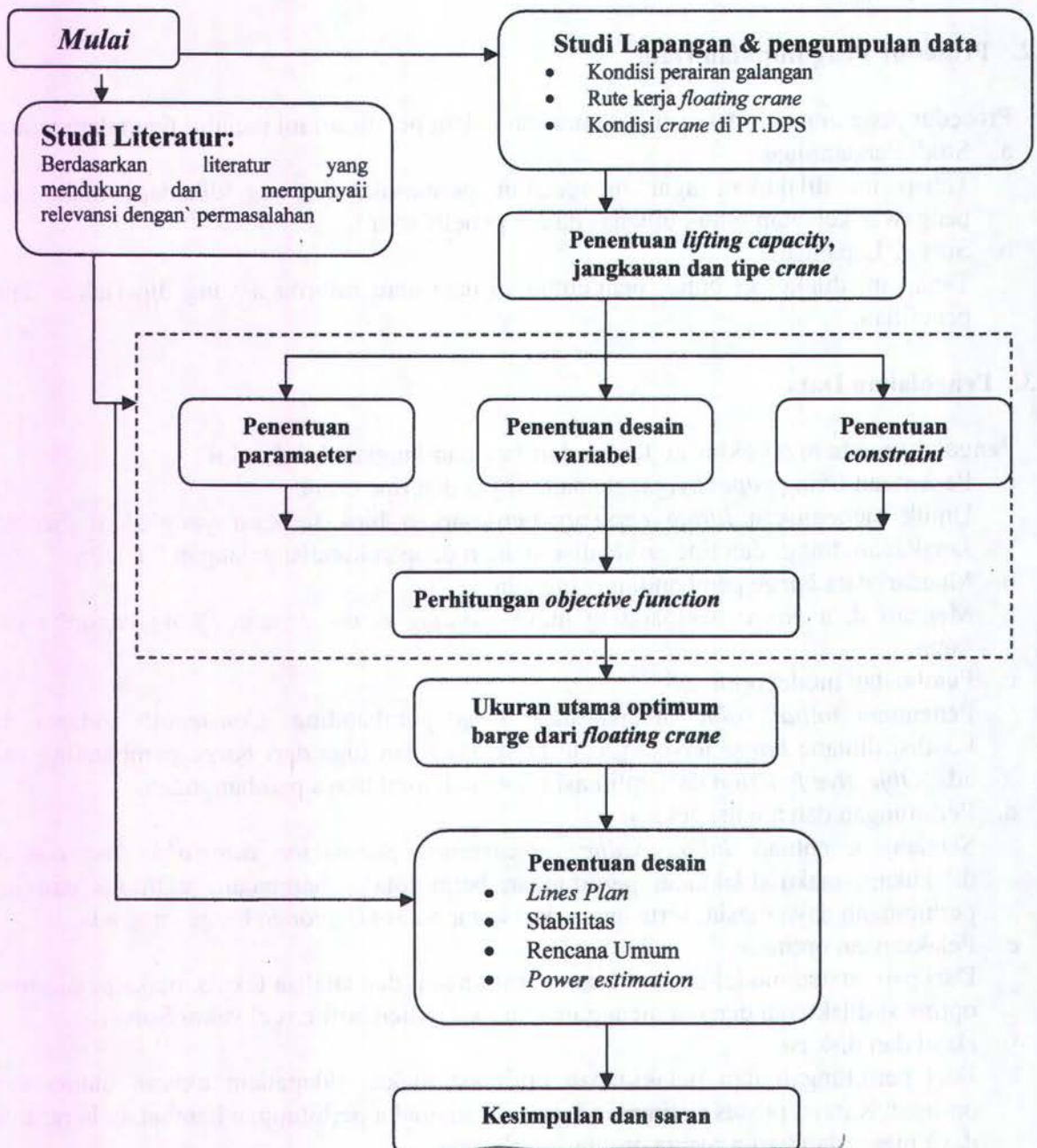
- a. Studi Pendahuluan
Tahap ini dilakukan agar mengetahui permasalahan yang dihadapi oleh aparat pengawas kelautan untuk dibahas dalam penelitian ini.
- b. Survey Lapangan
Tahap ini dilakukan untuk pengumpulan data atau informasi yang diperlukan dalam penelitian.

1.8.3. Pengolahan Data

Pengolahan data tugas akhir ini terdiri dari langkah-langkah berikut ini :

- a. Penentuan *lifting capacity*, jangkauan, tinggi dan tipe *crane*
Untuk menentukan *lifting capacity* berdasarkan blok terbesar yang akan diangkat. Jangkauan, tinggi dan tipe *crane* disesuaikan dengan kondisi galangan PT.DPS
- b. Mencari data *barge* pembanding yang ada.
Mencari data *barge* pembanding untuk *floating crane* dengan *lifting capacity* yang sama.
- c. Pembuatan model optimasi
Penentuan *initial value* didapat dari *barge* pembanding. *Constraints* didapat dari kondisi dimana *barge* tersebut akan beroperasi dan juga dari *barge* pembanding yang ada. *Objective function* dari optimasi ini adalah total biaya pembangunan.
- d. Perhitungan dan analisa teknis.
Setelah penentuan *initial value*, *constraints*, *parameter* dan *objective function* dilakukan, maka dilakukan perhitungan berat total, hambatan, stabilitas dan juga perhitungan daya mesin, serta harga dari komponen-komponen *barge* yang ada.
- e. Pelaksanaan optimasi.
Dari pembuatan model optimasi dan perhitungan dan analisa teknis, maka pelaksanaan optimasi dilakukan dengan menggunakan *tools* Microsoft Excel yakni Solver.
- f. Hasil dan diskusi.
Dari perhitungan dan pelaksanaan optimasi maka, didapatkan ukuran utama yang optimal. Karena proses optimasi adalah iterasi, maka perhitungan hambatan, berat total, daya mesin dan harga secara otomatis terhitung.
- g. Penggambaran *Lines Plan* dan *General Arrangement*.
Penggambaran *Lines Plan* dan *General Arrangement* dapat dilakukan setelah ukuran utama yang optimal sudah dihasilkan.dengan bantuan *software* Maxsurf dan AutoCad.
- h. Perhitungan stabilitas dalam berbagai kondisi pengangkatan.

Perhitungan stabilitas dilakukan dengan bantuan *software* Hydromax pro dan Microsoft Excel, yaitu diasumsikan pada saat mengangkat beban terbesar dengan berbagai macam posisi pengangkatan.



Gambar 1.2. Flowchart metodologi penelitian.

1.9. Sistematika Laporan

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan secara umum dan singkat meliputi **latar** belakang masalah Tugas akhir yang sedang disusun, perumusan masalah, tujuan **dan** manfaat, metodologi penelitian serta sistematika penulisan yang akan dibahas.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori-teori yang berhubungan *crane*, *barge*, ukuran utama *barge*, *software* yang akan digunakan pada tugas akhir ini serta teori-teori lain yang mendukung tugas akhir ini.

BAB III. TINJAUAN DAERAH

Berisi penjelasan secara umum tentang keadaan geografis, karakteristik perairan galangan PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, semisal kedalaman perairan, kecepatan angin dan sebagainya.

BAB IV. ANALISA HASIL DAN PERHITUNGAN

Pada bab ini dibahas mengenai analisa teknis mengenai hasil dari perhitungan ukuran utama yang sudah dioptimalkan oleh *software* Microsoft Excel yakni Solver. Juga menganalisa stabilitas, berat *lightweight tonnage* (LWT), dan hambatan

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari analisa yang telah dilakukan dan saran-saran sebagai tindak lanjut dari permasalahan yang dibahas.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Dalam proses menterjemahkan permintaan pemilik kapal kedalam bentuk gambar, spesifikasi dan data lainnya untuk membangun sebuah kapal. Seorang *naval architect* harus dapat memimpin proses, namun *engineer* dan *designer* harus ikut berpartisipasi didalamnya. Termasuk *marine engineering*, desain konstruksi dan *engineer* produksi. Proses dalam desain sebuah kapal adalah saling berhubungan, yang dibagi lagi dalam beberapa tahap selama desain belum pada tahap detail desain. Secara khusus, permintaan pemilik kapal menetapkan misi dimana kapal baru tersebut harus sesuai dengan permintaan seperti kecepatan yang diminta, kebutuhan bahan bakar, kapasitas daya angkut. Secara umum, biaya pembangunan dan biaya operasional harus dibatasi oleh kemampuan *owner*. Proses desain kapal melibatkan studi banding secara numerik untuk mencapai kemampuan yang diinginkan dan masih dalam batasan biaya yang ditetapkan.

Kapal didesain dan dibangun untuk memenuhi kebutuhan misi dan batasan-batasan yang diberikan oleh *owner*. Permintaan atau kebutuhan dan batasan ini berbeda untuk setiap kapal yang dipertimbangkan dan menjadi bentuk dasar untuk pengembangan desain.

Secara umum, batasan seperti halnya kebutuhan yang dikenakan terhadap *designer* oleh pihak *owner*. Biaya baik dalam desain dan pembangunan kapal maupun dalam operasi kapal, biasanya dibatasi. Dua elemen yang paling dasar dari biaya operasi yaitu awak kapal dan bahan bakar, sehingga biasanya pihak *owner* selalu menekankan untuk mengurangi jumlah *crew* maupun konsumsi bahan bakar. Batasan fisik yang mungkin dikenakan dalam desain berhubungan dengan konstruksi, operasional maupun pemeliharaan. Batasan berat atau ukuran mungkin dikenakan jika kapal beroperasi pada daerah tertentu. Kondisi daerah tersebut dapat dimasukkan dalam batasan ukuran.

Untuk kapal dengan tipe dan tujuan khusus misalnya *floating crane* yang bertugas untuk mengangkat beban di perairan, ukuran utama dibatasi pada sarat kapal dan lebar kapal sebagai konsekuensi dari kondisi dimana *floating crane* tersebut beroperasi.

Sebagai tambahan untuk tujuan dan batasan tertentu, setiap kapal harus memenuhi kondisi fisik tertentu, yaitu:

1. Lambung dan *superstructure* kapal harus memiliki kapasitas yang mencukupi sesuai dengan permintaan *owner*.
2. Kapal mempunyai sarat yang tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil pada saat kondisi muatan penuh.

2.2. Pendekatan Desain

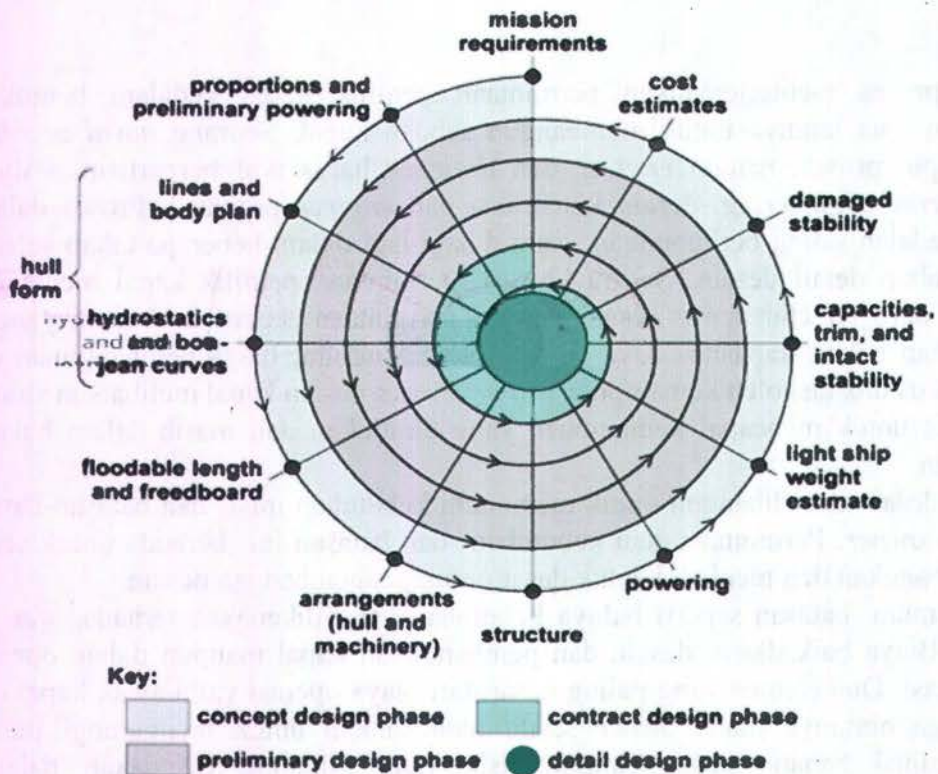
Proses pada desain kapal adalah proses yang berulang. Berbagai analisis dilakukan secara berulang untuk mendapatkan detail yang maksimal ketika proses desain dikembangkan, hal ini disebut sebagai desain spiral (Evans, 1959) yang secara umum digambarkan pada Gambar 2.1

Desain spiral dibagi dalam 4 bagian yaitu :

2.2.1. Design Statement

Design statement merupakan tahap awal dari proses desain yang digunakan untuk mendefinisikan atau memberi gambaran tentang tujuan atau kegunaan dari kapal tersebut, hal ini

juga sangat berguna untuk menentukan permintaan dari pemesan kapal (*owner requirement*) dan juga untuk mengarahkan *designer* kapal dalam menentukan pilihan yang rasional antara perbandingan desain selama proses desain.



Gambar 2.1. Desain Spiral (Evans,1959).

Design Statement terdiri dari beberapa bagian yaitu:

- a. Tujuan atau misi dari kapal tersebut
Menentukan tujuan atau misi dari kapal untuk mendapatkan gambaran awal tentang desain kapal tersebut
- b. Ukuran yang sesuai untuk kapal tersebut
Setelah tujuan dari kapal diketahui maka *designer* kemudian menterjemahkannya ke dalam bentuk perhitungan maupun dalam bentuk gambar sehingga didapatkan beberapa alternative desain yang kemudian dipilih salah satu yang paling optimum.
- c. Permintaan *owner* (*owner requirement*)
- d. Batasan desain
Menentukan batasan batasan yang harus dipenuhi dalam proses desain termasuk didalamnya pertimbangan kondisi lingkungan tempat beroperasi dari kapal tersebut.

2.2.2. Concept design

Concept design adalah tahap pertama dalam proses desain yang menterjemahkan *mission requirement* atau permintaan pemilik kapal ke dalam ketentuan-ketentuan dasar dari kapal yang akan direncanakan (Evans,1959). Dibutuhkan TFS (*Technical Feasibility Study*) sehingga menghasilkan ukuran utama seperti panjang, lebar, tinggi, sarat, finnes dan *fullness power*, karakter lainnya dengan tujuan untuk memenuhi kecepatan, *range (endurance)*, kapasitas,

deadweight. Termasuk juga memperkirakan *preliminary lightship weight*, yang pada umumnya diambil dari rumus pendekatan, kurva maupun pengalaman-pengalaman. Hasil-hasil pada *concept design* digunakan untuk mendapatkan perkiraan biaya konstruksi.

Langkah langkah pada *concept design* adalah sebagai berikut:

- a. Klasifikasi biaya untuk kapal baru dengan membandingkan terhadap beberapa kapal sejenis yang sudah ada.
- b. Mengidentifikasi semua perbandingan desain utama
- c. Memilih proses iterative yang akan menghasilkan desain yang mungkin
- d. Membuat ukuran yang sesuai (analisis ataupun subyektif) untuk desain
- e. Mengoptimasi ukuran utama kapal
- f. Mengoptimasi detail kapal

2.2.3. Preliminary Design

Langkah kelanjutan dari *concept design* mencek kembali ukuran dasar kapal yang dikaitkan dengan *performance* (Evans,1959). Pemeriksaan ulang terhadap panjang, lebar, daya mesin, *deadweight* yang diharapkan tidak banyak merubah pada tahap ini. Hasil diatas merupakan dasar dalam pengembangan rencana kontrak dan spesifikasi.

Tahap *preliminary design* ditandai dengan beberapa langkah-langkah sebagai berikut:

- Melengkapi bentuk lambung kapal
- Pengecekan terhadap analisa detail struktur kapal
- Penyelesaian bagian interior kapal
- Perhitungan Stabilitas dan hidrostatis kapal
- Mengevaluasi kembali perhitungan tahanan, *powering* maupun *performance* kapal
- Perhitungan berat kapal secara detail dalam hubungannya dengan penentuan sarat dan trim kapal
- Perhitungan biaya secara menyeluruh dan detail

2.2.4. Contract design

Hasilnya sesuai dengan namanya dokumen kontrak pembuatan kapal. Langkah-langkahnya meliputi satu, dua atau lebih putaran dari desain spiral. Oleh karena itu pada langkah ini mungkin terjadi perbaikan hasil-hasil *preliminary design* (Evans,1959). Tahap merencanakan/menghitung lebih teliti *hull form* (bentuk badan kapal) dengan memperbaiki *lines plan*, tenaga penggerak dengan menggunakan *model test*, *seakeeping* dan *maneuvering* karakteristik, pengaruh jumlah *propeller* terhadap badan kapal, detail konstruksi, pemakaian jenis baja, jarak dan tipe gading. Pada tahap ini dibuat juga estimasi berat dan titik berat yang dihitung berdasarkan posisi dan berat masing-masing item dari konstruksi. *General Arrangement detail* dibuat juga pada tahap ini. Kepastian kapasitas permesinan, bahan bakar, air tawar dan ruang-ruang akomodasi. Kemudian dibuat spesifikasi rencana standart kualitas dari bagian badan kapal serta peralatan. Juga uraian mengenai metode pengetesan dan percobaan sehingga akan didapatkan kepastian kondisi kapal yang sebaiknya.

2.2.5. Detail Design

Tahap akhir dari perencanaan kapal adalah pengembangan detail gambar kerja (Evans,1959). Hasilnya dari langkah ini adalah berisi petunjuk/instruksi mengenai instalasi dan detail konstruksi kepada tukang pasang (*fitter*), tukang las (*welder*), tukang perlengkapan (*outfitter*), tukang pelat, penjual mesin, tukang pipa dan lain-lainnya. Langkah ini perubahan dari *engineer* (ahli teknik) untuk tukang, oleh karena itu tidak bias diinterpelasikan (dirubah).

Pada proses perencanaan, pengaturan dan pendeskripsian proses desain kapal, suatu perbedaan antara *Level I (Total Ship)* desain dan *Level II (Ship System)* desain. *Level I* desain berhubungan dengan sintesa dan analisis dari atribut total kapal seperti bentuk lambung dan rencana umum (*General Arrangement*) dan perkiraan dari atribut total kapal seperti berat dan titik berat kapal. *Level II* desain berhubungan dengan sintesa dan analisis elemen utama kapal secara khusus seperti struktur, system propulsi, pembangkit dan distribusi listrik, ship control, navigasi dan system komunikasi dan juga system mekanik termasuk pipa dan HVAC (*heating, ventilation, air condition*) serta outfitting. Beberapa hasil pada level II desain merupakan input dari level I desain seperti hasil dari data berat, ketahanan, kebutuhan awak kapal, biaya dan resiko.

2.3. *Level I (Total Ship) Design Element*

Level I desain meliputi bentuk lambung dan *General Arrangement* (Rencana Umum) berat dan titik berat, stabilitas, hidrodinamis, kapasitas awak kapal (*crew*), biaya, operasi dan resiko.

2.3.1. Bentuk Lambung

Designer kapal menentukan bentuk kapal dari ukuran utama (panjang L, Lebar B, Sarat T, dan tinggi H), perbandingan ukuran utama seperti L/B, L/H, B/T dan juga bentuk koefisien seperti C_b (Koefisien *Block*), C_p (Koefisien *Prismatic*), C_m (Koefisien *Midship*), C_{wp} (Koefisien *Water Plan*) yang akan membentuk sebuah bentuk lambung. Bentuk lambung pada kapal baru harus dapat memenuhi kebutuhan misi (*mission requirement*) dari kapal tersebut. Bentuk lambung harus dapat mengakomodasi segala permintaan pemilik kapal seperti kapasitas ruang muat dan kecepatan yang diinginkan.

2.4. *Floating crane*

Floating crane atau *crane* terapung adalah jenis dari *crane* yang ditempatkan diatas *barge* atau suatu tipe kapal yang mempunyai peralatan angkat. Dari beberapa tipe peralatan angkat, *floating crane* adalah salah satunya. Secara umum peralatan angkat dibedakan atas :

- *Hoisting equipment*
Yaitu peralatan mesin yang dilengkapi dengan mesin pengangkat untuk memindahkan suatu barang.
- *Conveying equipment*
Yaitu peralatan mesin yang tidak dilengkapi mesin pengangkat, tetapi bisa memindahkan suatu barang dengan menggerakkan batang tersebut secara kontinyu.
- *Surface overhead equipment*
Yaitu peralatan mesin yang tidak diperlengkapi dengan mesin pengangkat tetapi hanya mempunyai suatu tempat pengikatan barang agar apabila barang tersebut dipindahkan barang tersebut tidak bergerak.

Dari uraian di atas, *floating crane* termasuk *hoisting equipment*. *Hoisting equipment* dapat dikategorikan lagi ke dalam bermacam-macam tipe tergantung tujuan perencanaannya. Secara garis besar *hoisting equipment* dikategorikan atas tiga tipe yaitu :

- *Hoisting machine*
Yaitu peralatan yang direncanakan untuk menaikkan dan menurunkan barang tanpa tergantung dari mekanisme lain seperti gerakan *crane* ataupun elevator, misalnya: winch pada kapal untuk mengangkat dan menurunkan jangkar (*windlass*).

- *Crane* yaitu peralatan yang direncanakan untuk menaikkan dan menurunkan barang. Dimana dalam hal ini kerja dari peralatan tersebut merupakan perpaduan dari mesin pengangkut dan mekanisme dari suatu bentuk konstruksi. Sehingga gerakan peralatan tersebut menjadi lebih bebas.
- *Elevatore*
Yaitu peralatan mesin angkat yang tujuannya hanya menaikkan barang pada jalur-jalur tertentu.

Dari ketiga *tipe hoisting equipment* diatas, maka *floating crane* merupakan bagian daripada *crane* secara keseluruhan. Meskipun dalam hal ini peralatan yang direncanakan mempunyai sistem kerja perpaduan antara mesin pengangkut dengan konstruksi *crane*, juga ditambah dengan faktor *barge* dimana *crane* tersebut diletakkan.

2.4.1. *Crane*

Beberapa macam bentuk *crane* yang terdapat pada *floating crane* adalah sebagai berikut:

1. Suatu bentuk *crane* yang melekat tanpa bisa bergerak sedikitpun pada pondasinya. Seperti dalam gambar di bawah ini, tipe ini kurang fleksibel karena sulit dalam pengaturan posisi pada waktu melakukan pengangkatan. Tipe ini cocok untuk kegiatan pengangkatan yang berat.



Gambar 2.2. *Floating crane* tipe *fixed crane* dengan lengan tak bergerak (www.jraymcdermott.com, diakses pada tanggal 8 Januari 2007).

2. Suatu bentuk *crane* yang hanya bisa bergerak satu arah saja pada engsel yang melekat pada pondasi. Pengaturan posisi daripada *crane* dilakukan sebelum operasi pengangkutan dimulai. Yaitu berdasarkan berat benda yang diangkat dan juga jarak jangkauan yang diinginkan Seperti dalam gambar di bawah ini.



Gambar 2.3. *Floating crane tipe fixed crane* dengan lengan bergerak (www.jraymcdermott.com, diakses pada tanggal 8 Januari 2007).

3. Suatu bentuk *crane* yang bisa berputar pada sumbu porosnya. Dimana dalam hal ini *crane* bertumpu pada beberapa roda yang bisa bergerak di atas rel melingkar pada pondasi. Peralatan tersebut dalam istilah teknik disebut *turntable*, seperti dalam gambar di bawah ini. Tipe ini cocok untuk kegiatan pengangkatan yang tidak terlalu berat. Karena tenaga yang dipakai, disamping untuk mengangkat beban juga untuk menggerakkan posisi dari *crane* secara keseluruhan pada perlatat yang disebut *turntable*.



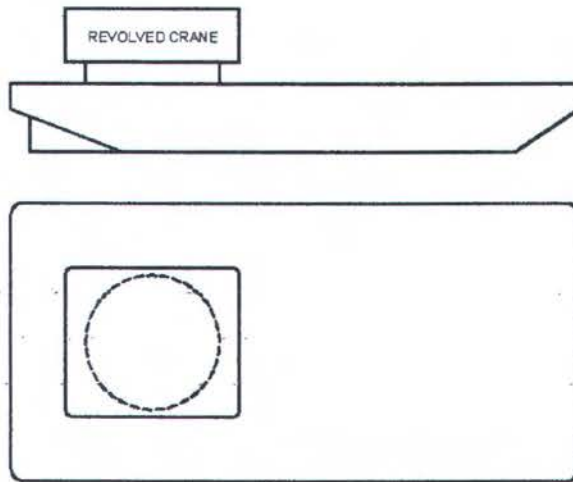
Gambar 2.4. *Floating crane tipe revolved crane* (www.jraymcdermott.com, diakses pada tanggal 8 Januari 2007).

Dari kedua tipe *crane* diatas, dilakukan pemilihan berdasarkan efisiensi dimana *crane* tersebut dapat membantu kegiatan produksi. Yang terpenting selanjutnya adalah mengenai

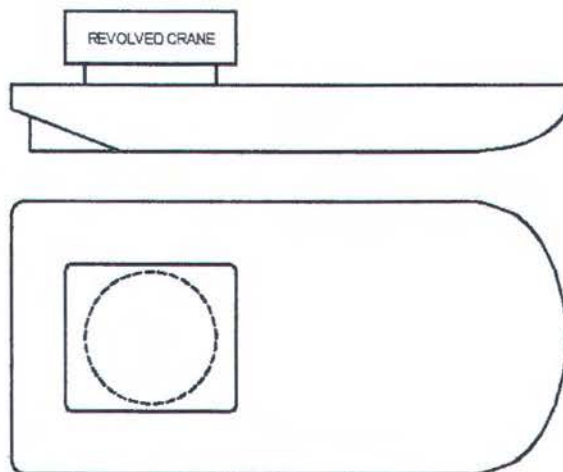
kapasitas *crane*. Kapasitas *crane* dapat ditentukan berdasarkan beban terbesar yang akan diangkat.

2.4.2. Crane Barge

Dari hasil survei yang diperoleh dari PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, maka gambaran umum tentang bentuk *crane barge* yang beroperasi untuk pengangkatan blok-blok atau material serta *self propelled crane Barge* yang juga mampu untuk melaksanakan pengangkatan blok-blok ditunjukkan pada gambar sebagai berikut:



Gambar 2.5. Gambaran umum *crane barge (floating crane)*
(www.naval-technology.com, diakses pada tanggal 4 Februari 2007).



Gambar 2.6. Gambaran umum *self propelled crane barge (self propelled floating crane)*
(www.naval-technology.com, diakses pada tanggal 4 Februari 2007).

Berdasarkan dua gambar tersebut di atas nampak bahwa perbedaan pokok antara *crane barge* dan *self propelled crane barge* terletak pada bentuk haluan. Perbedaan bentuk tersebut tentunya akan membedakan karakteristiknya.

Maka secara garis besar kelebihan dan kekurangan dari *crane barge* dan *self propelled crane barge* adalah *self propelled crane barge* memiliki bentuk haluan 'round', sehingga memiliki tahanan yang lebih kecil dibanding *crane barge*. Akibat memiliki tahanan yang lebih kecil maka dengan pemakaian mesin yang sama, *self propelled crane barge* akan memiliki *Sea Time* yang lebih singkat dibanding dengan *crane barge*.

Mengingat *self propelled crane barge* memiliki sistem penggerak sendiri dibanding dengan *crane barge* yang ditarik oleh *tug boat*, maka jelas bahwa *self propelled crane barge* memiliki manouvering yang lebih baik.

Berdasarkan beberapa aspek teknis tersebut di atas maka secara umum dapat ditarik kesimpulan bahwa *self propelled crane barge* lebih layak diimplementasikan dibanding *crane barge*.

2.5. Metode Optimasi

2.5.1. Pengertian Optimasi

Optimasi merupakan suatu proses untuk mendapatkan satu hasil yang relatif lebih baik dari beberapa kemungkinan hasil yang memenuhi syarat berdasarkan batasan-batasan tertentu (Setijoprajudo, 1999). Optimasi mencerminkan perilaku para pelaku ekonomi yang rasional, artinya sebagai konsumen ia akan selalu memaksimalkan kepuasannya dan sebagai produsen ia akan memaksimalkan keuntungannya atau meminimumkan kerugiannya. Pada dasarnya optimasi adalah mencari titik maksimum atau minimum dari suatu fungsi. Caranya dengan mencari titik stasioner baik untuk fungsi 1 variabel maupun untuk fungsi dengan n variabel.

Misalnya : fungsi tujuan dengan satu variabel : $f(X_1)$

fungsi tujuan dengan n variabel : $f(X_1, X_2, \dots, X_n)$

Dalam proses optimasi selalu melibatkan hal-hal dibawah ini (Setijoprajudo, 1999), yaitu :

1. Variabel

Variabel merupakan harga-harga yang akan dicari dalam suatu proses optimasi. Umumnya dinotasikan dengan X.

Jenis-jenis variabel :

a. Variabel tak bebas (*dependent variables*)

Variabel yang tidak dapat berdiri sendiri, melainkan berhubungan satu dengan yang lainnya.

b. Variabel bebas

Variabel yang dapat berdiri sendiri .

c. Variabel tunggal

d. Variabel ganda

e. Variabel kontinyu

Variabel yang dapat mempunyai harga pada daerah yang sudah ditentukan.

f. Variabel tertentu

Variabel yang dihitung untuk kondisi tertentu.

2. Parameter

Parameter adalah harga yang besarnya tidak berubah selama satu kali proses optimasi karena adanya syarat-syarat tertentu. Harga tersebut dapat dirubah setelah satu kali proses untuk menyelidiki kemungkinan terdapatnya hasil yang baik.

3. Konstanta

Konstanta adalah harga-harga yang tidak berubah besarnya selama proses optimasi berlangsung tuntas.

4. Batasan

Batasan merupakan harga-harga batas yang telah ditentukan baik oleh perencana, pemesan, biro klasifikasi, peraturan keselamatan pelayaran, kondisi perairan dan persyaratan lain-lainnya.

5. Fungsi Obyektif

Fungsi obyektif adalah hubungan antara semua atau beberapa variabel serta parameter yang harganya akan dioptimalkan. Fungsi tersebut dapat berbentuk linier, non linier atau kompleks, serta bisa juga gabungan dari beberapa fungsi obyektif.

Urutan dalam pelaksanaan proses optimasi dapat diringkas sebagai berikut :

1. Mencari bentuk matematis.
 - a. Menentukan variabel dan parameter.
 - b. Mencari hubungan antar variabel dan parameter.
2. Mencari batasan untuk variabel.
3. Memilih fungsi obyektif yang diinginkan.

2.5.2. Klasifikasi Permasalahan Optimasi

Terdapat lebih dari 4000 solusi algoritma dalam berbagai masalah optimasi (Arsham, 2001). Solusi algoritma yang telah dikenal dalam bentuk program matematis dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- *Linear Program*
Linear Programming berhubungan dengan masalah optimasi dimana baik fungsi tujuan yang ingin dioptimalkan dan semua fungsi pembatasnya adalah linier terhadap variabel keputusan.
- *Quadratic Program*
Quadratic Program merupakan kelas permasalahan optimasi dengan fungsi obyektif berbentuk kuadrat.
- *Convex Program*
Merupakan kelas permasalahan optimasi dengan fungsi obyektif berbentuk konveks.
- *Separable Program*
Merupakan kasus khusus dari *convex program* dimana fungsi obyektif dan fungsi pembatasnya merupakan fungsi yang terpisah.
- *Fractional Program*
Dalam klasifikasi ini fungsi obyektif dalam bentuk rasio dari dua fungsi.
- *Global Optimization*
Tujuan dari optimasi global adalah untuk menemukan solusi terbaik dari model keputusan bila terdapat multi solusi lokal.
- *Non Convex Program*
Meliputi semua *non linear program* yang tidak memenuhi asumsi konveksitas.

Optimasi dapat dijelaskan sebagai proses mencari kondisi yang memberikan nilai maksimum dari sebuah fungsi (Rao, 1996). Optimasi adalah tindakan untuk mendapatkan hasil terbaik atas suatu keadaan tertentu yang diberikan.. sebuah optimasi atau juga disebut pemograman masalah matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Find} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \text{ sehingga meminimalkan nilai } f(x)$$

Dengan *constrain*:

$$G_j(x) \leq 0, j = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$ij(x) \leq 0, j = 1, 2, 3, \dots, m$$

Dimana x adalah *design vector* dengan x_1, x_2, \dots, x_n adalah *design variable*, $f(x)$ adalah *objective function* dan $g_j(x)$ dan $ij(x)$ adalah *konstrains pertidaksamaan dan persamaan*. Masalah diatas disebut *constrained optimization problem*.

Program optimasi dalam penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan karakteristik ukuran utama kapal. Fungsi objektif yang dipakai disini adalah meminimalkan biaya pembangunan kapal, biaya investasi dan maksimal profit. Program optimasi ini dijalankan dengan bantuan software Microsoft excel dimana pemecahan masalahnya (*solver*) memakai metode *generalized reduced gradient* (GRG). Berdasar beberapa klasifikasi masalah optimasi, metode *generalized reduced gradient* (GRG) merupakan pemrograman non linier dengan *konstrains*. Secara umum langkah-langkah metode ini adalah sebagai berikut:

- Menentukan *design variable* dan *state variable* awal tersebut.
- Menghitung GRG pada *variable* awal tersebut.
- $GR = \nabla yf - \{[D]^{-1}[C]T \nabla zf$

Dimana:

$$\nabla yf = \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial y_1} \\ \frac{\partial f}{\partial y_2} \\ \vdots \\ \frac{\partial f}{\partial y_{n-1}} \end{pmatrix} \quad \nabla zf = \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial z_1} \\ \frac{\partial f}{\partial z_2} \\ \vdots \\ \frac{\partial f}{\partial z_{n-1}} \end{pmatrix}$$

$$[C] = \begin{bmatrix} \frac{\partial g_1}{\partial y_1} & \dots & \frac{\partial g_1}{\partial y_{n-1}} \\ \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial g_{m+1}}{\partial y_1} & \dots & \frac{\partial g_{m+1}}{\partial y_{n-1}} \end{bmatrix} \quad [D] = \begin{bmatrix} \frac{\partial g_1}{\partial z_1} & \dots & \frac{\partial g_1}{\partial z_{n-1}} \\ \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial g_{m+1}}{\partial z_1} & \dots & \frac{\partial g_{m+1}}{\partial z_{n-1}} \end{bmatrix}$$

- Memeriksa konvergensi dengan melihat nilai GR
- Menentukan arah pencarian, salah satunya adalah dengan *steepest descent method*, dimana $S = -GR$
- Mencari panjang langkah optimum λ serta menentukan nilai X baru, dimana:

$$X_{\text{baru}} = \begin{bmatrix} Y_{\text{lama}} + dY \\ Z_{\text{lama}} + dZ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{\text{lama}} + \lambda * Y \\ Z_{\text{lama}} + \lambda * Z \end{bmatrix}$$

- Memeriksa feasibilitas dengan menghitung *variable* baru pada konstain, kemudian merubah state variable bila diperlukan. Kemudian mengulang lagi dari awal (iterasi).

Dalam optimasi selalu melibatkan hal-hal sebagai berikut:

- Variabel adalah harga harga yang akan dicari dalam proses optimasi.
Contoh : L, B, H, T, Diameter propeller, Ae/Ao dll
- Parameter adalah harga harga yang tidak berubah besarnya selama satu kali proses optimasi karena syarat syarat tertentu (missal dari peraturan auatu ketetapan ketetapan rule internasional lainnya) atau dapat juga suatu variable yang diberi harga tertentu. Harga tersebut dapat diubah setelah satu kali prose optimasi untuk menyelediki kemungkinan terdapatnya hasil yang lebih baik.
- Konstanta adalah harga harga yang tidak berubah besarnya selama proses optimasi berlangsung tuntas.
Contoh : Berat jenis air, gravitasi bumi
- Batasan adalah harga-harga batas yang telah ditentukan baik perencana, pemesan, biro klasifikasi, peraturan keselamatan pelayaran, kondisi perairan, maupun oleh persyaratan-persyaratan lainnya.
Contoh : $2,2 < H < 3,5$ m merupakan batasan yang diberikan oleh pemesan yang merupakan batas minimum dan batas maksimum tinggi kapal yang dapat bersandar pada dermaga pemesan.
- Fungsi Obyektif adalah hubungan antara semua atau beberapa variable serta parameter yang harganya akan dioptimalkan. Fungsi tersebut dapat berupa linear atau kompleks serta bias juga gabungan dari beberapa fungsi obyektif yang lain.

2.6. Perhitungan Stabilitas

2.6.1. Konsep Keseimbangan

Keseimbangan statis berhubungan dengan gaya statis yang terjadi pada kapal. Sementara dalam arti yang luas keseimbangan memiliki arti keseimbangan gaya secara keseluruhan. Dimana tidak melibatkan percepatan ataupun perlambatan, sehingga dikatakan bahwa benda dalam keadaan diam memiliki keseimbangan statis.

Jika benda tersebut diganggu oleh suatu gaya luar dan kembali lagi ke posisinya semula ketika gaya tersebut dihilangkan, maka dikatakan bahwa benda tersebut memiliki keseimbangan yang stabil. Sehingga suatu kapal yang mengalami kemiringan dari posisi tegaknya dan memiliki kecenderungan untuk kembali keposisi tegaknya maka kapal tersebut dikatakan stabil.

Dilain pihak, suatu benda yang terus bergerak kesatu arah setelah dikenai gaya luar maka dikatakan benda tersebut memiliki keseimbangan yang tidak stabil. Kapal dikatakan tidak stabil ketika, setelah mengalami kemiringan dikarenakan adanya sedikit gaya, maka kapal akan terus miring dan apabila mungkin maka kapal akan terbalik. Kapal yang memiliki keseimbangan awal yang tidak stabil kadang-kadang akan mengalami kemiringan sampai ia mencapai suatu titik keseimbangan yang stabil karena perubahan bentuk badan kapal yang berada dibawah air.

Suatu benda dikatakan memiliki kesimbangan yang netral jika pada posisi bagaimanapun ia dipindahkan atau digerakkan maka ia akan diam pada posisi dimana ia di gerakan tersebut.

Suatu benda dalam kondisi keseimbangan yang stabil menunjukkan kecenderungan untuk kembali lagi ke posisinya semula ketika kedudukannya pada bidang horisontal diganggu. Kecenderungan ini yang disebut sebagai stabilitas statis.

2.6.2. Dasar-Dasar Keseimbangan Kapal.

Dianggap kapal mengapung tegak dipermukaan air tenang tidak bergelombang. Supaya kapal dalam kondisi diam atau seimbang maka harus tidak boleh ada gaya yang tidak seimbang atau momen yang bekerja padanya. Ada dua gaya yang tetap ada pada kondisi seimbang ini yaitu:

1. Gaya grafitasi
2. Gaya *bouyancy*

Ketika kapal dalam kondisi diam, kedua gaya ini bekerja pada satu garis lurus dan supaya kapal mengapung dalam kondisi seimbang, maka mereka haruslah memiliki harga yang sama besar dan arahnya berlawanan.

Gaya grafitasi bekerja pada titik pusat dari seluruh berat kapal. Gaya grafitasi ini arahnya menuju ke bawah. Gaya *bouyancy* bekerja melalui titik pusat *bouyancy*, dimana merupakan titik pusat dari resultan semua gaya angkat keatas yang terjadi pada kapal. Ketika kapal mengalami kemiringan, maka bentuk kapal yang berada di bawah garis air akan mengalami perubahan, sehingga hal ini akan menggeser kedudukan dari titik pusat *bouyancy*.

Ketika kapal miring dikarenakan gaya luar dan titik pusat *bouyancy* mengalami pergeseran dari bidang *center line* kapal, biasanya ada jarak yang memisahkan antara garis lurus yang melalui *center grafitasi* dan *center bouyancy* dimana keduanya memiliki gaya-gaya yang sama besar dan arahnya berlawanan. Ini membentuk kopel yang besarnya sama dengan perkalian antara salah satu dari kedua gaya tersebut dan jarak pemisahannya. Jika momen ini cenderung mengembalikan ke posisi semula, maka momennya disebut dengan *righting momen* atau momen pengembali, dan jarak yang tegak lurus antara dua garis dimana gaya-gaya tersebut bekerja disebut sebagai lengan pengembali (*righting arm, GZ*) (lihat Gambar 2.7.a).

Jika pusat grafitasi bergerak ke atas, sehingga ketika kapal mengalami kemiringan yang kecil, gaya *bouyancy* bekerja segaris dengan gaya yang melalui titik pusat grafitasi. Pada posisi yang baru tidak ada gaya-gaya yang seimbang, atau dengan kata lain lengan momennya berharga nol dan momennya juga nol (lihat Gambar 2.7.b).

Jika kita memindahkan pusat grafitasi sedikit ke atas (Gambar 2.7.c), jarak yang memisahkan antara dua gaya tersebut, ketika kapal mengalami kemiringan yang kecil maka ia akan bergerak ke arah yang berlawanan dengan (Gambar 2.7.a), dalam hal ini momen tidak bekerja pada arah dimana ia akan mengembalikan kapal ke posisi tegaknya, tetapi akan menyebabkan kapal mengalami kemiringan lebih jauh lagi. Kondisi seperti ini, kapal memiliki harga momen pengembali yang negatif atau *GZ* negatif.

2.6.3. Posisi *Metacenter* dan Keseimbangan

Metacenter (*M*) juga disebut sebagai perpotongan antara dua garis yaitu yang melalui pusat grafitasi ketika kapal mengalami kemiringan dan garis yang melalui titik pusat *bouyancy* mula-mula (sebelum kapal miring). Perpotongan ini kemudian terletak pada kedua garis dimana gaya grafitasi bekerja ketika kapal tegak dan garis dari gaya *bouyancy*.

Sebagai akibatnya, dapat dilihat dari bab sebelumnya bahwa ketika *metacenter* berada diatas titik pusat grafitasi (Gambar 2.7.a), maka kapal mengalami kemiringan sehingga akan terbentuk positif *righting* kopel dan kapal akan dalam keseimbangan yang stabil.

Ketika *metacenter* dan titik pusat grafitasi berada pada satu titik (Gambar 2.7.b), maka tidak akan terbentuk kopel dan kapal dalam kondisi keseimbangan yang netral.

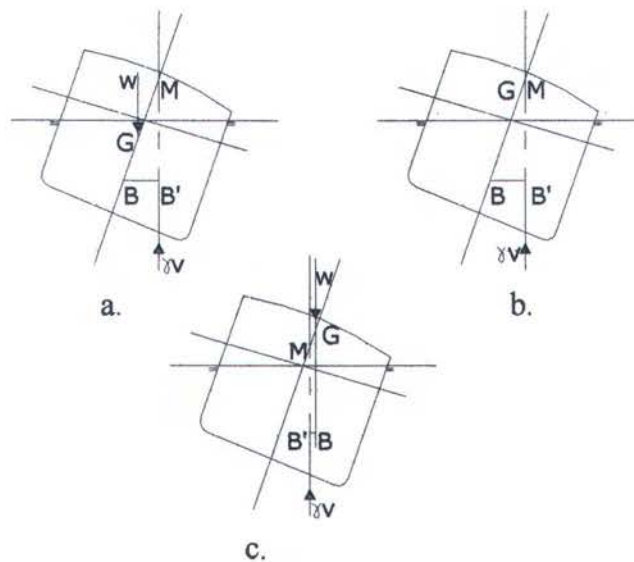
Ketika titik *metacenter* berada dibawah titik pusat grafitasi (Gambar 2.7.c), maka kapal dalam kondisi keseimbangan yang labil dan yang terbentuk adalah negatif kopel atau *upsetting* kopel.

Dengan berdasarkan anggapan di atas hubungan antara *metacenter* dan keseimbangan kapal, perlu diingat bahwa definisi dari *metacenter* diatas hanya valid untuk sudut miring antara nol sampai tujuh atau sepuluh derajat. Diatas itu, titik potong antara garis yang bekerja melalui pusat *bouyancy* dan *vertical centerplane* dari kapal tidak memiliki kepastian. Oleh karenanya dalam menggunakan posisi *metacenter* dan titik pusat grafitasi sebagai kriteria stabilitas, harus kita batasi ke sudut kemiringan yang kecil saja. Sehingga harus dibedakan antara *overall stability* dan *initial stability* (stabilitas kapal yang berhubungan dengan *metacenter* dan titik pusat grafitasi)

2.6.4. Tinggi *Metacenter*, sebagai Ukuran dari *Initial Stability*

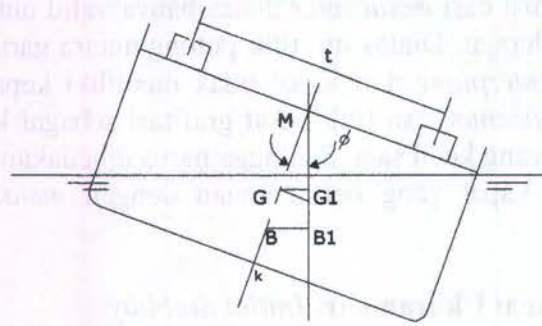
Jarak antara pusat grafitasi, ketika ia berada dalam bidang *vertical centerline* dan *metacenter* disebut sebagai tinggi *metacenter*. Bagaimanapun juga ketika pusat grafitasi tidak berada dibidang *vertical centerline*, tinggi *metacenter* diukur sebagai jarak antara titik proyeksi tegak lurus dari titik pusat grafitasi dari bidang vertikal *centerline* dan *metacenter* (lihat Gambar 2.7), tinggi *metacenter* GM dengan titik pusat grafitasi baik itu di G ataupun di G'.

Jika M berada diatas G, tinggi *metacenter* dikatakan positif. Jika M berada dibawah G, dikatakan harga GM negatif.



Gambar 2.7. Letak titik *metacenter* (Semyonov, 1960).

GM digunakan sebagai ukuran dari stabilitas awal (*initial stability*) atau kemampuan kapal untuk menahan gaya kemiringan awal yang terjadi pada kapal. Kapal dengan GM yang positif akan memiliki kecenderungan untuk mengapung secara tegak dan akan menahan gaya kemiringan awal. Kapal dengan harga negatif GM akan memberhentikan kondisi mengapung tegak kapal jika kapal diganggu oleh sedikit saja gaya luar. Kapal dalam kondisi seperti itu bisa dikatakan sebagai *initially unstable*, tapi untuk dikatakan bahwa kondisi keseimbangannya adalah unstable adalah tidak benar. Dia bisa mengalami kemiringan sampai pada sudut tertentu dan kemudian menolak terjadinya kemiringan untuk lebih lanjut oleh karenanya kondisi keseimbangan stabil terjadi pada *listing* ini.



Gambar 2.8. Kemiringan kapal sampai pada sudut tertentu (Semyonov, 1960).

2.6.5. Lengan Pengembali (*Righting arm*)

Kopel yang terbentuk oleh gaya *bouyancy* dan gaya grafitasi dalam pembahasan sebelumnya, merupakan hasil perkalian dari berat kapal dan jarak antara dua gaya tersebut. Jarak tegak lurus antara garis kerja dua gaya disebut sebagai *righting arm* (GZ) atau lengan pengembali.

Ketika berat kapal atau *displacement* kapal adalah konstan, kita dapat menggunakan harga GZ sebagai ukuran dari stabilitas *static* untuk semua sudut kemiringan.

Untuk sudut kemiringan yang kecil (garis kerja hanya *bouyancy* ketika miring berpotongan dengan *vertical centerline* pada titik M), $GZ = GM \sin \theta$, dimana θ adalah sudut kemiringan secara melintang kapal dalam derajat.

Oleh karena itu harga GM bisa digunakan sebagai pembanding stabilitas awal kapal untuk type dan ukuran yang sama.

2.6.6. Jangkauan Stabilitas

Jangkauan stabilitas didefinisikan sebagai jangkauan kemiringan dalam derajat, baik itu ke kiri ataupun ke kanan kapal dari posisi keseimbangan, dimana kapal dalam kondisi *statically stabil*.

Harga jangkauan ini tergantung pada hubungan antara *freeboard* dan *beam* (lebar kapal), serta letak titik pusat grafitasi. Definisi dari jangkauan ini menekankan pada kemanan kapal pada saat *heeling* tanpa harus terbalik. Hal ini menunjukkan bahwa suatu sudut dimana kapal mengalami kemiringan tanpa terbalik jika kapal berada di laut yang tenang mengalami kemiringan secara perlahan dengan momen miring tidak melebihi momen pengembali untuk semua sudut yang terjadi. Yang lebih penting lagi untuk diperhatikan, bagaimanapun juga, adalah sudut dimana harga lengan pengembali adalah maksimum. Pentingnya sudut ini akan dibahas lebih lanjut pada bab selanjutnya serta aplikasinya pada kurva stabilitas.

Perlu ditekankan disini bahwa bila gaya miring yang bekerja pada kapal mengakibatkan sudut miring yang besarnya melebihi sudut dari lengan pengembali maksimum, maka kapal akan dalam kondisi yang berbahaya dan biasanya kapal akan terbalik setelah mencapai sudut tersebut.

2.7. Stabilitas Awal (*Initial Stability*)

2.7.1. Pergeseran Titik Pusat Gravitasi dalam Suatu Sistem (Pergeseran Berat)

Dengan anggapan suatu sistem terdiri atas benda dengan berat (W) dengan titik pusat gravitasinya di G dan terdiri atas suatu berat yang kecil (w) yang mana dapat dipindahkan didalam sistem tersebut terletak pada g . jika kita pindahkan atau geser w dari g ke g_1 , dengan mengambil momen terhadap G , maka: $W GG_1 = w gg_1$ atau

$$GG_1 = \frac{wgg_1}{W} \quad (2.1)$$

perlu diperhatikan bahwa GG_1 dan gg_1 adalah sejajar dan dengan arah yang sama dengan mengabaikan arah perpindahan atau pergeseran.

Untuk melengkapi penentuan antara pengaruh pergeseran berat terhadap sarat di depan dan di belakang secara *listing*, akan sangat membantu apabila telah ditentukan terlebih dahulu komponen-komponen pergeseran titik pusat gravitasi kapal sejajar dengan 3 sumbu utama kapal yaitu secara melintang, vertikal dan memanjang. Dalam hal ini hanya dibatasi pergeseran berat dalam arah vertikal dan melintang kapal, karena bersangkutan dengan sudut *listing* yang akan dialami kapal yang mana akan ditinjau lebih lanjut.

Pergeseran titik berat secara vertikal kapal:

$$GG_1(\text{vert}) = \frac{wv}{\Delta} \quad (2.2)$$

dimana:

v = jarak vertikal dimana berat (w) dipindahkan

Δ = *displacemen* kapal

Perpindahan titik berat secara melintang kapal

$$GG_1(\text{trans}) = \frac{wt}{\Delta} \quad (2.3)$$

t = jarak melintang dimana berat (w) dipindahkan secara melintang kapal.



2.7.2. Kondisi Keseimbangan dalam Posisi Miring (*Inclined*)

Keseimbangan kapal pada saat miring (Gambar 2.8), harus memiliki titik pusat gravitasi yang letaknya segaris dengan titik pusat *bouyancy*. Seperti pada gambar, jika kapal mengapung pada kondisi seimbang dengan sudut *listing* (ϕ), titik pusat gravitasi akan menjauhi bidang sumbu vertikal *centerplane* pada posisi G_1 .

Ketika kapal pada kondisi tegak, titik pusat gravitasi terletak pada bidang vertikal *centerplane* di G .

Untuk memindahkan titik pusat gravitasi dari titik G ke titik G_1 , suatu berat w , yang terletak pada sistem tersebut dipindahkan atau digeser secara melintang dari titik g ke g_1 . sehingga didapatkan rumus:

$$GG_1(\text{trans}) = \frac{wt}{\Delta} \quad (2.4)$$

Jika perpindahan dilakukan tegak lurus terhadap bidang *centerplane* (lihat Gambar 2.8) bahwa:

$$GG_1(\text{trans}) = GM \tan \phi \quad (2.5)$$

Sehingga:

$$wt = \Delta GM \tan \phi \quad (2.6)$$

dimana ϕ : sudut kemiringan (sudut *inclinasi*, kurang dari 7 sampai 10 derajat)

Untuk kemiringan kapal secara memanjang, prinsip yang sama juga digunakan. Tapi disini hanya dibatasi untuk kemiringan terhadap melintang kapal, karena memiliki pengaruh terbesar terhadap stabilitas kapal *Passanger-cargo X*.

2.7.3. Perhitungan Radius *Metacenter* dan Lokasi M

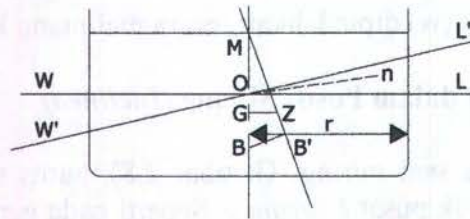
Stabilitas awal didiskusikan sebelum stabilitas *overall*, karena secara otomatis akan membahas tentang keseimbangan. Tinggi *metacenter*, ukuran dari stabilitas awal, merupakan alat yang penting dalam perhitungan *bouyancy* dan stabilitas awal, tapi *overall stability* merupakan ukuran yang lebih lengkap lagi tentang kemampuan kapal untuk menahan momen miring.

Untuk mendapatkan harga dari tinggi *metacenter* baik secara melintang maupun memanjang kapal, kita harus meletakkan *metacenter* dan pusat grafitasi terhadap suatu bidang Yaitu bidang horisontal yang melalui alas dari *flat keel* pada *midship*. Harga-harga ini biasanya disebut sebagai KM, KM' dan KG.

Gambar 2.9 menggambarkan penampang melintang kapal dan bentuk bidang garis airnya (*water plane*). Kapal dimiringkan dengan sudut *inclinasi* yang kecil oleh momen luar yang bekerja pada kapal sehingga kapal mengapung pada garis airnya, W1L1, dari pada WL. Dan lokasi pusat *bouyancy* berpindah dari B ke B1.

Diketahui:

- r = setengah lebar kapal
- $\delta\phi$ = sudut kemiringan yang kecil dalam radian
- N = titik pusat grafitasi dari segitiga LOL1
- dx = penambahan panjang, L
- ∇ = volume *displacement*
- ρ = *density* dari air



Gambar 2.9. Bentuk bidang garis air (Semyonov, 1960).

Misalkan, luasan segitiga LOL1 adalah $\frac{1}{2} r \cdot r \delta\phi$ jarak dari pusat O ke pusat grafitasi (n) sama dengan $\frac{2}{3}r$ untuk sudut yang kecil ($\delta\phi$). Momen dari luasan segitiga LOL1 terhadap longitudinal *centerplane* adalah:

$$\frac{1}{2} r \cdot r \delta\phi \cdot On$$

$$\frac{1}{2} r \cdot r \delta\phi \cdot \frac{2}{3} r$$

Momen dari baji (dengan segitiga LOL1 sebagai penampangnya, dan dx sebagai ketebalannya) adalah:

$$\frac{1}{2} r \cdot r \delta\phi \cdot \frac{2}{3} r \cdot dx \tag{2.7}$$

Atau untuk seluruh kapal, kita mempunyai integrasi:

$$\int \frac{1}{2} r \cdot r \delta\phi \cdot \frac{2}{3} r \cdot dx \tag{2.8}$$

Karena volume baji yang tenggelam WOW1 adalah sama dengan baji yang tenggelam LOL1, maka *bouyancy* tambahan yang dikarenakan oleh LOL1 akan tepat sama dengan

hilangnya *bouyancy* yang disebabkan oleh baji WOW1. maka akan ada dua momen yang besarnya sama bekerja pada arah yang sama pula terhadap bidang *centerline*.

Maka total momennya adalah:

$$\int 2 \cdot \frac{1}{2} r \cdot r \delta\phi \cdot \frac{2}{3} r dx$$

atau

$$\int \frac{2}{3} r^3 \delta\phi dx \quad (2.9)$$

Momen total ini atau momen dari kedua baji sama dengan perubahan momen *bouyancy* yang terjadi pada kapal. Dengan perhitungan mekanika diketahui total perubahan momen *bouyancy* volume kapal adalah : $\rho \nabla BB1$

Oleh karenanya didapatkan persamaan:

$$\rho \nabla BB1 = \int \rho \frac{2}{3} r^3 \delta\phi dx \quad (2.10)$$

Untuk sudut kecil, $BB1 = BM \sin \theta = BM \delta\phi$

$$\nabla BB1 = \nabla BM \delta\phi = \delta\phi \int \frac{2}{3} r^3 dx$$

$$BM = \frac{\int \frac{2}{3} r^3 dx}{\nabla} \quad (2.11)$$

Karena $\int \frac{2}{3} r^3 dx$ merupakan persamaan untuk momen inersia dari bidang garis air, yang disimbolkan oleh I , sehingga didapatkan:

$$BM = \frac{I}{V}, \text{ dengan cara sama}$$

$$BM' = \frac{I'}{V}$$

Dimana BM' adalah radius *metacenter* memanjang, dan I' adalah momen inersia dari bidang garis air terhadap sumbu melintang yang melalui *flotation* (titik pusat apung)

Harga KB juga dihitung untuk berbagai macam sarat kapal dan setelah ditambahkan dengan harga BM, maka akan kita dapatkan harga KM yang nantinya akan diplotkan di kurva hidrostatik.

2.8. Overall Stability

Alat yang paling memuaskan dalam menggambarkan stabilitas adalah dengan memplotkan momen pengembali (*righting moment*) atau lengan pengembali (*righting arm*) dengan sudut inclinasinya untuk beberapa kondisi *displacement*, dan hasilnya ini disebut dengan kurva stabilitas statis.

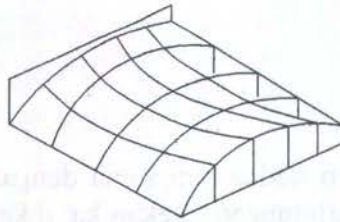
Kurva tersebut bisa digunakan untuk menentukan beberapa karakteristik penting untuk setiap kondisi *displacement*, seperti:

1. Momen pengembali (*righting momen*) untuk setiap sudut miring
2. GM
3. Sudut maksimum untuk *righting momen*
4. *Range* stabilitas
5. Stabilitas dinamis.

2.8.1. Kurva Stabilitas Statis

Jika digambarkan secara tiga dimensi, dengan sudut inclinasi sebagai sumbu yang ketiga akan kita dapatkan kurva (Gambar 2.10) yang menunjukkan harga *righting arm* disetiap sudut

inclinasinya untuk posisi tertentu dari titik pusat grafitasi dan dengan *displacement* yang tertentu pula, maka inilah yang disebut sebagai kurva stabilitas statis.



Gambar 2.10. Model 3 dimensi kurva stabilitas statis (Semyonov, 1960).

2.8.2. Tinggi Metacenter dan Kurva Stabilitas

Mengingat bahwa GM adalah jarak dalam bidang *centerline* kapal dari titik pusat grafitasi (G) ke *metacenter* (M).

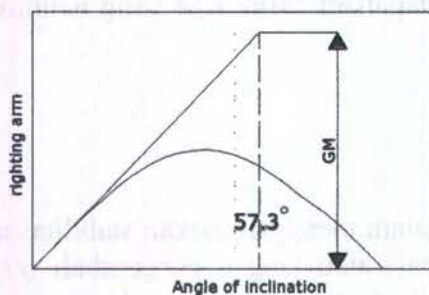
Untuk sudut yang kecil,

$$GZ = Gm \sin \phi \text{ atau } GM = GZ / \sin \phi$$

Dari persamaan sebelah kiri didapatkan bahwa kemiringan memiliki persamaan GZ/ϕ . Sehingga $GZ/\phi = GM/1$ atau dengan kata lain:

$$\frac{GZ}{\phi \text{ radians}} = \frac{GM}{\text{sudut yang diukur pada kondisi 1rad}} \quad (2.12)$$

Ini berarti bahwa jika kita menarik garis tegak lurus pada kurva stabilitas (Gambar 2.11) pada sudut inclinasi 57,3 derajat (1 radian) dan menggambar tangennya yang melalui titik pusatnya, maka tinggi perpotongan dari garis tangen ini dengan garis tegak lurus akan sama dengan harga GM pada skala lengan pengembali (*righting arm*)



Gambar 2.11. Harga GM (Semyonov, 1960).

Secara garis besar, kapal dapat diasumsikan mengalami *listing* karena dua penyebab utama, yaitu berat yang terletak diluar *center* kapal yang menyebabkan titik pusat grafitasi bergerak menjauhi bidang *centerline*, sehingga menyebabkan momen miring serta penyebab yang kedua adalah titik pusat grafitasi yang tinggi sehingga pada kurva menunjukkan harga *righting arm* yang negatif pada tahap awal inclinasi.

Pada kasus yang pertama, kemiringan pada salah satu sisi kapal yang dikarenakan pergeseran titik grafitasi, dimana kemiringan tersebut menuju kearah pergeseran titik G dengan kondisi stabilitas yang *overall-unsymetric*. Kasus yang kedua akan mengakibatkan *listing* pada salah satu sisi dengan kondisi stabilitas yang *overall-symetric*.

2.8.3. Akibat Berat pada Stabilitas

Karena kita harus memperhitungkan semua perubahan karakteristik yang mempengaruhi stabilitas kapal, maka akan sangat menguntungkan apabila kita menggunakan prosedur standar yang sudah ada untuk menghitung perubahan berat yang terjadi.

Untuk lebih memahami efek perubahan berat terhadap stabilitas, maka perlu dipahami teori mengenai pergeseran pusat grafitasi didalam sistem tersebut.

1. Pergeseran posisi titik pusat grafitasi yang disebabkan oleh penambahan suatu berat akan sama dengan momen dari berat tambahan terhadap pusat grafitasi awal sistem yang dibagi dengan berat total pada akhir sistem. Dan diekspresikan dengan persamaan:

$$GG1 = \frac{w \cdot Gg}{W + w} \quad (2.13)$$

Dimana:

W1 = berat total atau berat akhir

W = berat awal kapal

G1 = Lokasi *center* grafitasi dai W1

CG = Lokasi *center* grafitasi dai W.

w = berat tambahan

g = lokasi *center* grafitasi dari w

Dari persamaan diatas dapat disederhanakan untuk mengetahui tinggi titik *center* grafitasi akhir:

$$KG1 = \frac{KG \times W + w \times Kg}{W1} \quad (2.14)$$

2. Pergeseran posisi titik pusat grafitasi yang disebabkan oleh pemindahan suatu berat, sama dengan momen berat yang dipindahkan terhadap *center* grafitasi awal kapal, yang kemudian dibagi dengan berat total atau berat akhir kapal setelah suatu berat dipindahkan.

Dapat dinyatakan dengan persamaan-persamaan sebagai berikut:

$$GG1 = \frac{w \cdot Gg}{W - w} \quad (2.15)$$

$$KG1 = \frac{KG \times W - w \times Kg}{W1} \quad (2.16)$$

Yang harus diperhatikan adalah ketika suatu berat ditambahkan atau dipindahkan dari suatu sistem berat (disini adalah kapal), titik pusat grafitasi sistem akan bergerak menuju kearah penambahan berat dan akan menjauhi berat yang dipindahkan pada satu garis lurus antara titik pusat grafitasi awal kapal dengan berat yang ditambahkan atau dipindahkan tersebut.

Dalam menghitung efek perubahan berat pada stabilitas kapal, efek pergeseran titik G adalah yang terpenting, baik bagi harga GM yang baru ataupun kurva stabilitas statis yang baru. Tapi bagaimanapun juga, pergeseran titik G hanya merupakan salah satu problem dari efek perubahan berat pada kapal.

Apabila bentuk badan bawah air kapal mengalami perubahan, maka posisi *metacenter* dan pusat *bouyancy* akan mengalami perubahan pula, karena keduanya memiliki fungsi bentuk geometri dari badan kapal yang ada dibawah air. Dan juga harus dipahami bahwa setiap penambahan atau pemindahan berat akan mengakibatkan perubahan bentuk badan kapal yang berada dibawah garis air, sehingga harga-harga M dan B yang baru harus selalu kita hitung seperti halnya pergeseran titik G akibat perubahan berat di atas.

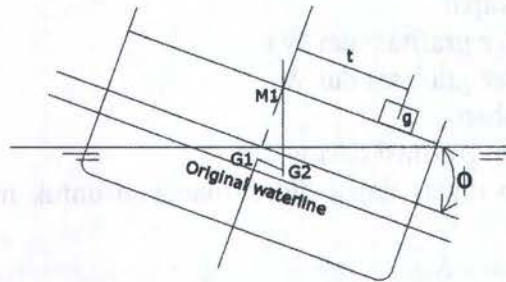
2.8.4. Pemindahan Berat

a) Perubahan Sarat dan Trim

Sejauh ini pemindahan berat berakibat pada perubahan sarat dan trim, maka prosedur perhitungan akan sama dengan yang dipakai pada penambahan berat. Dengan beberapa langkah sebagai berikut:

1. Menentukan perubahan sarat dikarenakan berkurangnya *displacement* sebagai akibat dari pemindahan berat, dan konsekuensinya harga KG dan KM akan berubah pula
2. Menentukan perubahan trim, dimana tidak ditinjau stabilitas memanjangnya
3. Menghitung sudut *listing*:

$$\tan \phi = \frac{w \cdot t}{\Delta I G I M I} \quad (2.20)$$



Gambar 2.12. Perubahan sarat dan trim akibat pemindahan berat (Semyonov, 1960).

b) Perubahan kemiringan –analisa momen

Dalam menentukan kemiringan yang disebabkan oleh perpindahan berat, harus diperhatikan penyebab terjadinya *listing*. Jika kemiringan (*listing*) yang ada disebabkan karena berat yang dipindahkan, bekerja pada kapal yang tegak dengan titik G-nya di *centerline*. Maka perubahan *list* dapat dihitung sebagaimana prosedur pada penambahan berat.

Tapi dalam situasi normal, pemindahan berat biasanya tidak melibatkan situasi yang sesederhana di atas. Kita harus beranggapan bahwa kapal dalam kondisi awalnya adalah tegak atau memiliki miring dan pemindahan berat akan mengakibatkan terjadinya kemiringan akhir (*final listing*) atau *residual listing*. Situasi seperti ini sering terjadi dalam keseharian dikapal seperti misalnya *consumable fuel* dan *store, unloading deck cargo, boats* dan sebagainya.

Masalah dari pemindahan berat dalam *residual list* dapat kita pecahkan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Menentukan lokasi awal titik G terhadap *centerline*
2. Menentukan pergeseran melintang titik G yang disebabkan karena pemindahan berat.
3. Dengan mengkombinasikan kedua harga di atas, dapat kita hitung lokasi akhir titik G terhadap *center* serta *list* atau kemiringan akhir kapal.

Dengan menggunakan persamaan-persamaan momen berikut akan didapatkan harga:

$$\Delta G M \tan \phi - \Delta I G I M I \tan \phi_1 = w \cdot t$$

$$\tan \phi_1 = \frac{\Delta GM \tan \phi - wt}{\Delta G_1 M_1} \quad (2.21)$$

Dimana:

- Δ = *displacement* awal kapal dengan berat atau beban di kapal
- w = berat yang dipindahkan dari kapal
- GM = tinggi *metacenter* awal dengan w di kapal
- $G_1 M_1$ = tinggi *metacenter* akhir dengan w sudah diluar kapal
- t = jarak dari w ke *centerline* kapal
- ϕ = sudut *listing* awal kapal
- ϕ_1 = sudut *listing* akhir dengan w sudah diluar kapal

Penerapan dari persamaan diatas tidak terbatas penggunaannya sejauh lokasi dari berat atau *list* awal dan *list* akhir tetap diperhatikan (diantara jangkauan aplikasi harga GM). Misal, jika berat yang terletak diluar *center* kapal dipindahkan ketika kapal pada kondisi awalnya sudah tegak, maka *residual listnya* secara sederhana adalah:

$$\tan \phi_1 = \frac{-wt}{\Delta G_1 M_1} \quad (2.22)$$

Tanda minus menunjukkan bahwa *listing* terjadi pada sisi yang berlawanan dari berat yang dipindahkan.

BAB III TINJAUAN DAERAH

3.1. Umum

PT Dok dan Perkapalan Surabaya didirikan pada tanggal 22 September 1910 oleh penguasa Belanda di Amsterdam dengan nama pertama kali *N.V. DROOGDOK MATSCHAPPIJ SOERABAIA*. Pendirian ini dilaksanakan di depan notaris J.P Smith. Adapun pemegang saham saat itu adalah tiga orang yaitu :

- *N.V. Konjnlijke paket vaart maatschappij.*
- *N.V. Stomivart Maatschappij Nederland.*
- *N.V. Roter Sdancsh LCYD.*

Dalam masa pendudukan Jepang yaitu tahun 1942–1945, perusahaan ini berganti nama menjadi *HARIMA ZOZEN*. Namun setelah Jepang mengalami kekalahan dalam Perang Dunia II, tepatnya tanggal 17 Agustus 1945, perusahaan ini menjadi milik Pemerintah Republik Indonesia. Namun pada tahun 1945 sampai dengan tahun 1957, perusahaan ini kembali ke tangan Belanda yang namanya diubah kembali menjadi nama awal pada waktu didirikan, yaitu *N.V. DROOGDOK MATSCHAPPIJ SOERABAIA*.

Pada waktu terjadi konfrontasi antara pemerintah Indonesia dengan Belanda yang terjadi pada tahun 1958 telah menyebabkan perusahaan ini berpindah tangan ke Pemerintah Republik Indonesia dengan landasan hukum Peraturan Pemerintah No 23, tahun 1958 di bawah pengelolaan B.P.U MARITIM. Kemudian pemerintah mengeluarkan Peraturan Pemerintah lagi yang menyusul Peraturan Pemerintah sebelumnya yaitu Peraturan Pemerintah No. 109 Th. 1961, tanggal 17 April 1961 dan perusahaan ini menjadi Perusahaan Negara (PN) dengan nama PN. DOK DAN PERKAPALAN SURABAJA.

Kemudian pada tahun 1963 galangan yang ada di sebelah PN. Dok & Perkapalan Surabaya yang bernama GALANGAN KAPAL SUMBER BHAITA digabung dengan PN Dok dan Perkapalan Surabaya berdasarkan atas keputusan Menteri Perhubungan Laut. Berdasarkan keputusan ini juga nama-nya diubah menjadi PN. DOK SURABAJA.

Perubahan nama PT Dok & Perkapalan Surabaya tidak terhenti hanya sampai di situ, dengan munculnya kembali Peraturan Pemerintah No. 24 Tahun 1975 PN. Dok Surabaya berganti nama lagi menjadi PT. DOK DAN PERKAPALAN SURABAYA. Peresmian perusahaan ini dilakukan oleh Menteri Perhubungan R.I yaitu Prof. DR H Emil Salim, pada tanggal 8 Januari 1976 berkedudukan di Jl. Tanjung Perak Barat No. 433–435 Surabaya. Berdasarkan Surat Keputusan Presiden RI No. 10 tahun 1984, tanggal 28 Nopember 1984, PT Dok dan Perkapalan Surabaya yang semula berada dalam pengawasan/pembinaan Departemen Perhubungan, dialihkan dalam pengawasan/pembinaan Departemen Perindustrian, sekarang Departemen Perindustrian dan Perdagangan (Deperindag).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.50 tanggal 13 April tahun 1998. Kedudukan yugas dan kewenangan Menteri Keuangan selaku Pemegang Saham dan RUPS atas Perseroan Terbatas dialihkan menjadi tanggung jawab Menteri Negara Pendayagunaan BUMN.

3.2. Lokasi Perusahaan

PT.Dok dan Perkapalan Surabaya terletak di Tanjung Perak Barat No.433-435 Surabaya. Luas pelataran yang dipakai $\pm 73.100 \text{ m}^2$ wilayah ini disewa dari Port Administration Surabaya. Batas-batas wilayah PT.Dok dan Perkapalan Surabaya sebagai berikut :

- Sebelah selatan berbatasan dengan tanah persil Departemen Perhubungan Laut.
- Sebelah utara berbatasan dengan bangunan milik Surabaya Veem.
- Sebelah timur dengan jalan Perak Barat Surabaya.
Dari arah laut bebas, perusahaan dapat dicapai melalui pelayaran, yaitu alur barat dan alur timur. Kedalaman yang diperkirakan *Port Administration* bagian pengerukan adalah :
 - Alur barat, dengan kedalaman 8,0 meter LWS dan panjangnya 23 mil.
 - Alur timur, dengan kedalaman 4,5 meter LWS dan panjangnya 23 mil.

3.3. Kegiatan Usaha

Sesuai dengan bidangnya PT. Dok dan Perkapalan aktif dalam bidang pekerjaan dan pelayanan sebagai berikut :

- Penedokan, reparasi besar atau kecil kapal-kapal samudra atau pantai untuk segala type s/d 10.000 BRT.
- Floating Repair atau Running Repair kapal-kapal samudra atau perintis untuk segala tipe.
- Pembuatan kapal-kapal baru s/d 6000–8000 DWT.
- Konsultan dalam bidang rekayasa kelautan (*Marine Engineering*).
- Pembuatan konstruksi lepas pantai.
- Pembuatan, perbaikan dan perawatan inventaris perusahaan.

3.4. Fasilitas Galangan

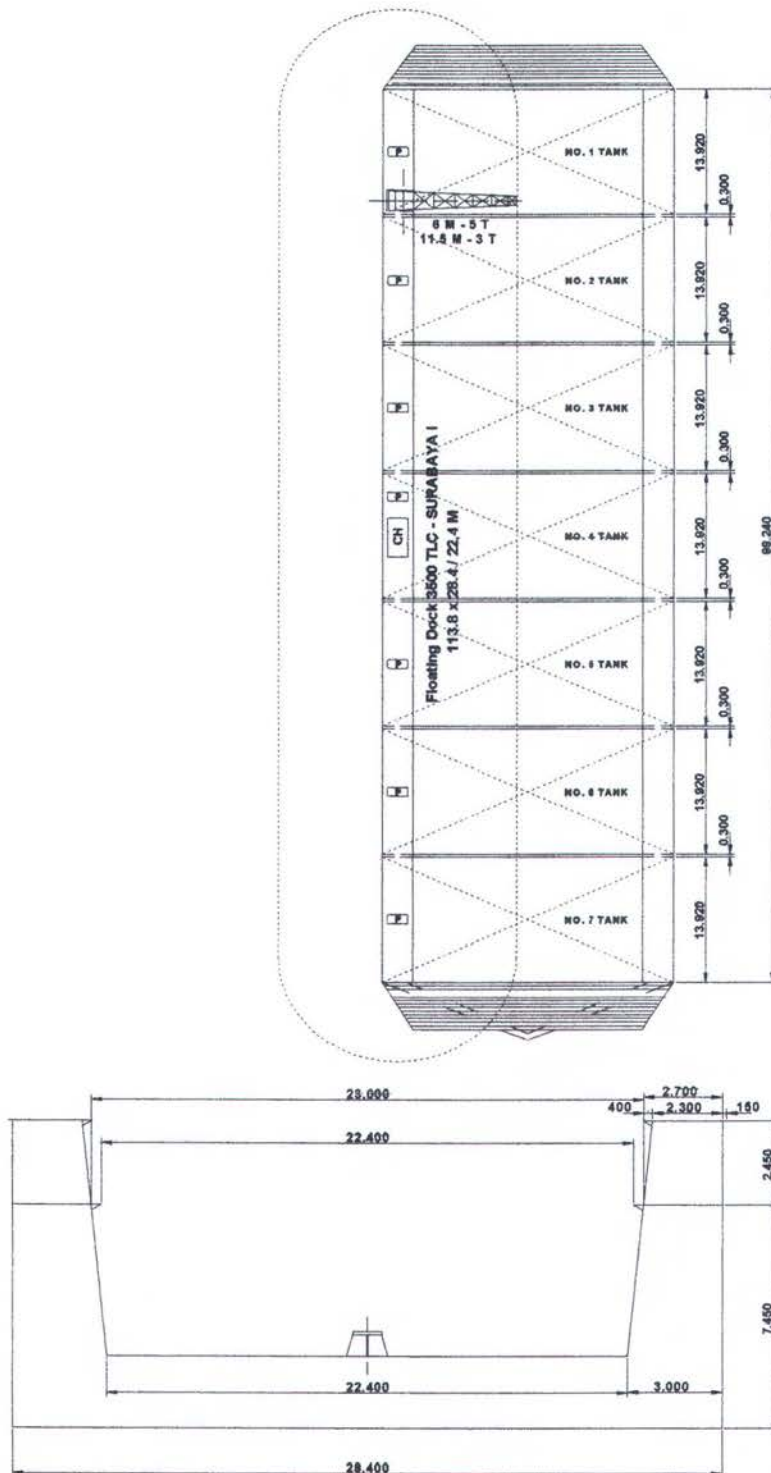
PT. Dok dan Perkapalan Surabaya telah mendapatkan sertifikasi ISO 9001, oleh karena itu standarisasi tersebut ditunjang oleh beberapa fasilitas yang telah dimiliki oleh PT. Dok dan Perkapalan Surabaya. Fasilitas-fasilitas tersebut antara lain :

1. Fasilitas Penedokan Kapal

Sebagai tempat penedokan suatu kapal PT. Dok dan Perkapalan Surabaya menggunakan *floating dock* atau dok apung.

a. *Floating dock* Surabaya I

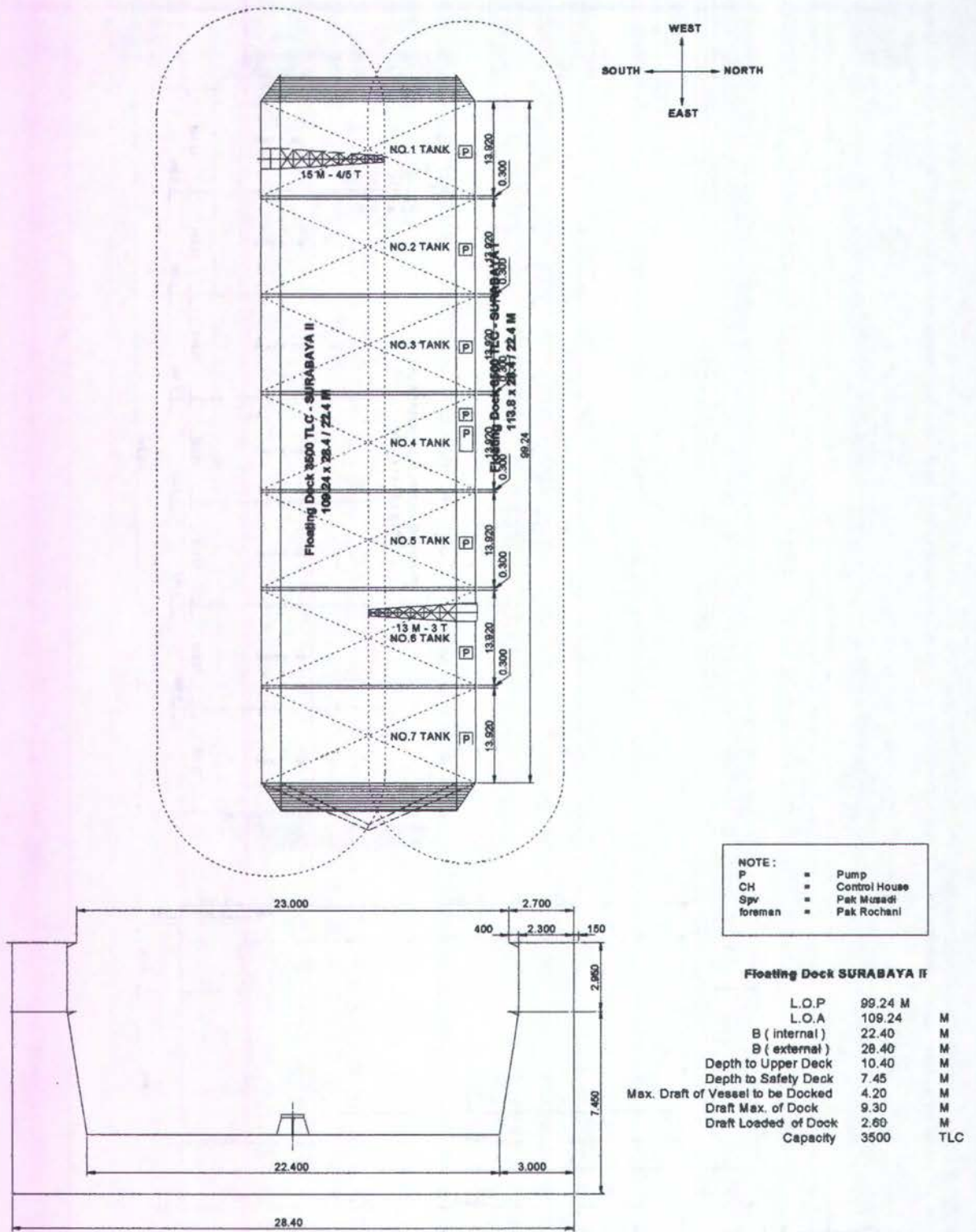
- Sistem pengendalian yang digunakan adalah sistem elektrik yang dioperasikan dari Control House, akan tetapi dapat juga dioperasikan dengan manual apabila dalam keadaan darurat.
- *Floating dock* ini juga dilengkapi dengan crane yang terletak disisi *floating dock* tersebut dengan kapasitas 5 ton.
- Mempunyai kapasitas angkat 3500 TLC.
- Mempunyai ukuran panjang 99,24 m; tinggi 9,9 m; dan lebar 22,4 meter.



Gambar 3.1. *Floating dock* Surabaya I (PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, 2007).

b. *Floating dock* Surabaya II

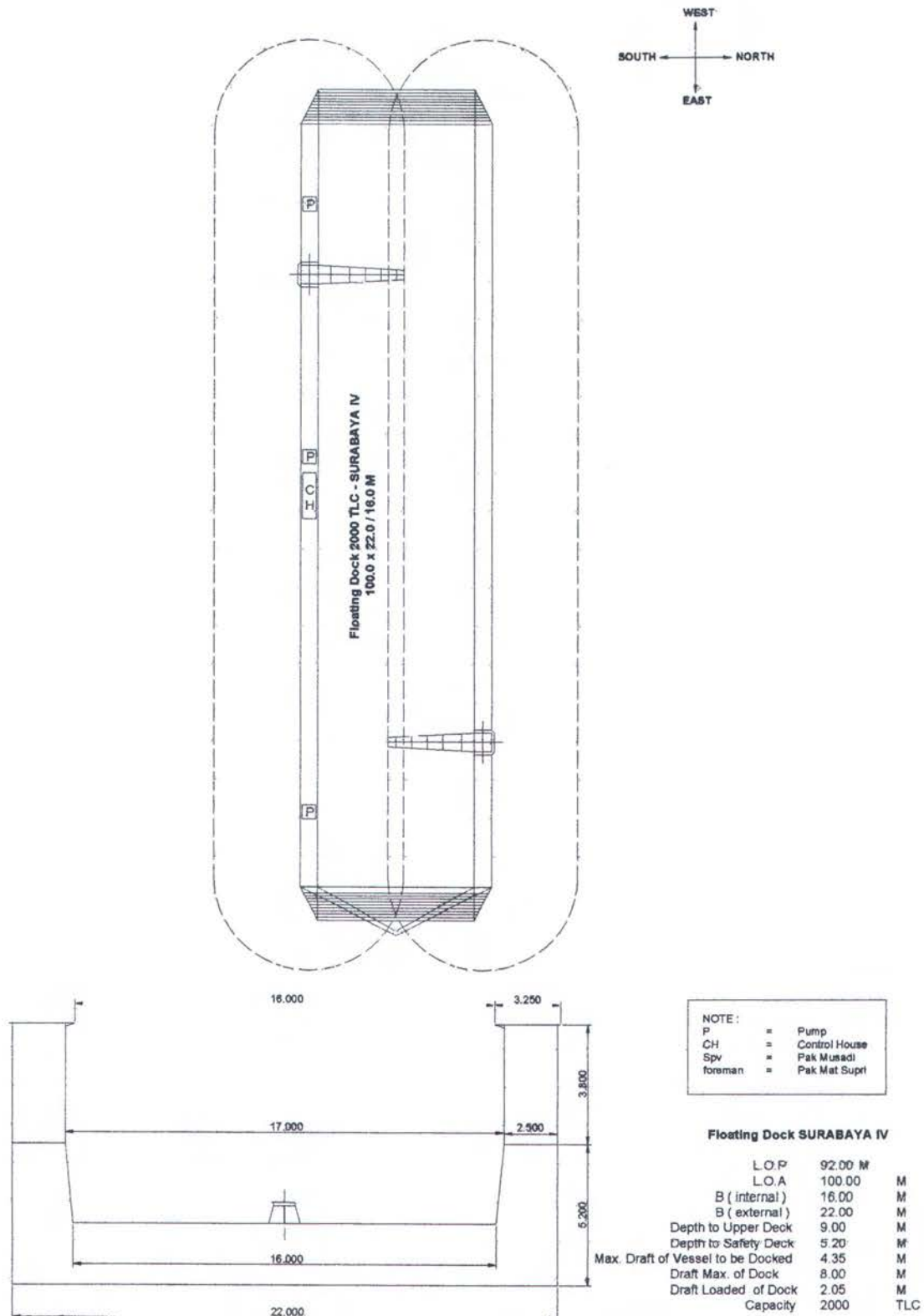
- Masih menggunakan sistem manual untuk masuknya kapal ke dalam dok sehingga memerlukan banyak tenaga manusia.
- Menggunakan sistem pengapungan dok sama dengan yang lain.
- Mempunyai ukuran panjang 84,97 m; tinggi 9,9 m; dan lebar 16,4 meter.
- Mempunyai kapasitas 3500 TLC.
- Dilengkapi dengan 2 buah *crane* yang berada di sisi dok.



Gambar 3.2. Floating dock Surabaya II (PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, 2007).

c. Floating dock Surabaya IV

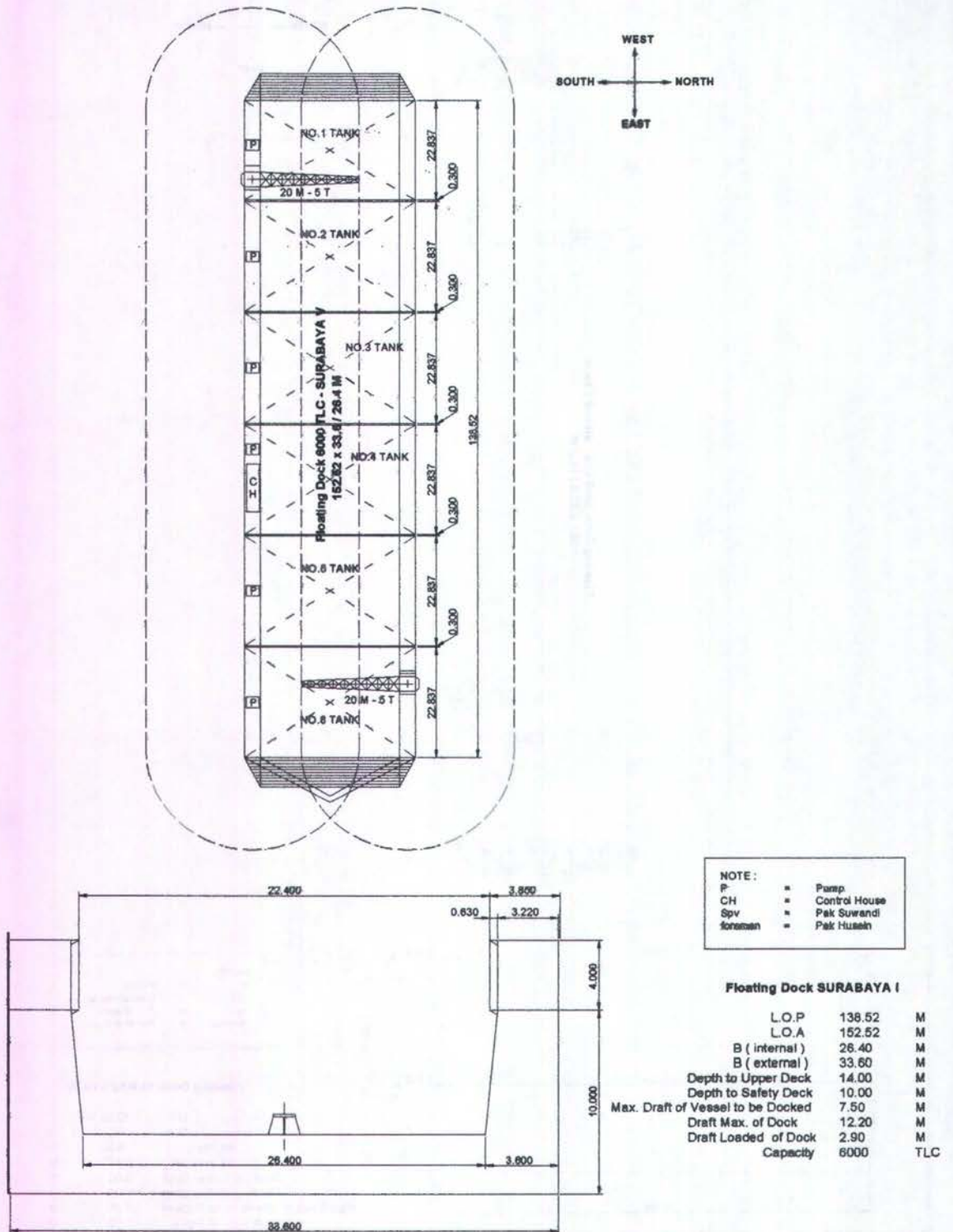
- Mempunyai kapasitas apung 2000TLC
- Mempunyai fasilitas 2 buah Crane yang berada disisi dok.
- Menggunakan sistem perpompaan elektrik yang dioperasikan dari Control House.
- Mempunyai ukuran panjang 92 m; tinggi 9,9 m; dan lebar 16 m.



Gambar 3.3. *Floating dock* Surabaya IV (PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, 2007).

d. *Floating dock* Surabaya V

- Mempunyai kapasitas apung 6000 TLC.
- Menggunakan sistem perpompaan elektrik yang dioperasikan dari Control House.
- Mempunyai fasilitas *crane* dengan kapasitas 6 ton.
- Mempunyai ukuran panjang 152,5 m; tinggi 14 m; dan lebar 24 m



Gambar 3.4. Floating Dock Surabaya V (PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, 2007).

2. Fasilitas Peluncuran Kapal

PT. Dok dan Perkapalan Surabaya juga mempunyai tempat peluncuran untuk membangun kapal-kapal baru (Bangunan Baru) yaitu jenis *Building Berth* :

- a. *Building Berth* I, kapasitas 500 DWT
- b. *Building Berth* II, kapasitas 1500 DWT
- c. *Building Berth* III, kapasitas 8000 DWT

3. Fasilitas Bengkel

PT. Dok dan Perkapalan Surabaya memiliki fasilitas bengkel untuk bangunan baru dan reparasi, antara lain :

a. Bengkel Plat

- Mesin potong otomatis 5/8 inch.
- Mesin press 5 ton.
- Mesin bending s/d 30 ton.
- *Overhead Travelling Crane* 5 ton
- *Overhead Travelling Crane* 15 ton .

b. Bengkel Mesin

- Mesin bubut dengan berbagai ukuran.
- *Propeler Balancer*.
- Mesin *Fraise* dan *Drill* dengan kecepatan tinggi.
- Perkakas *Overhaul* mesin.
- Peralatan las-lasan.
- Dan peralatan penunjang lainnya.

c. Bengkel *Outfitting*

1. *Outfitting* pipa.
2. *Outfitting* kayu.
3. *Outfitting* layar dan cat.

Fasilitas yang dimiliki :

- Mesin bending.
- Mesin gergaji.
- Peralatan las-lasan.
- Mesin perkakas.

4. Fasilitas Transportasi

Transportasi merupakan sarana penunjang yang sangat dibutuhkan dalam jalannya produksi.

a. *Fork Lift*

Sarana kendaraan pengangkut material dan peralatan lainnya.

b. *Crane*

PT. Dok & Perkapalan Surabaya memiliki beberapa jenis *crane*:

1. Rail Way *Crane*

Berbentuk *crane* yang dapat berjalan di mana untuk kapasitas 7 ton dengan tinggi 20 m dan 60 ton dengan tinggi 75 meter.

2. *Floating Crane*

Terdapat di sisi *floating dock* dengan kapasitas 75 ton dan ketinggian 15 m. *crane* ini dapat dipindahkan dengan menggunakan Tug boat.

3. Over Head *Crane*

Crane ini terdapat di setiap bengkel dan memiliki rel melintang dan memanjang dengan kapasitas 3–15 ton.

4. Portal *Crane*.

- Portal *Crane* I dengan kapasitas 3 T
- Portal *Crane* II dengan kapasitas 3 T
- Portal *Crane* III dengan kapasitas 10 T
- Portal *Crane* IV dengan kapasitas 5 T
- Portal *Crane* V dengan kapasitas 10 T
- Portal *Crane* Thole dengan kapasitas 10 T
- Portal *Crane* Figees dengan kapasitas 15 T

- Tower Traveling Crane Kroll dengan kapasitas 12 T



Gambar 3.5. *Floating crane* PT.Dok dan Perkapalan Surabaya (PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, 2007).

c. *Tug Boat*

Merupakan sarana penunjang operasional harian. Fungsi *Tug Boat* ini antara lain untuk menarik dan mendorong kapal yang akan masuk atau keluar dari *floating dock* maupun juga untuk menarik kapal baru setelah diluncurkan.

PT. Dok & Perkapalan Surabaya memiliki 4 buah *tug Boat* :

- DS VI : mempunyai daya 270 PK
- DS VIII : mempunyai daya 120 PK
- DS IX : mempunyai daya 360 PK
- DS X : mempunyai daya 400 PK

d. *Barges* atau Ponton

Ponton yang tersedia digunakan untuk berbagai kebutuhan :

- Ponton air tawar.
- Ponton bahan bakar.
- Ponton Lubricating oil.
- Ponton pemadam kebakaran dengan pompa.
- Ponton biasa untuk mengangkut komponen-komponen kapal ke bengkel.

e. Kade

Total panjang kade seluruh penataran adalah 424 m dengan kedalaman ± 7 m.

- f. Fasilitas Produksi yang lain
 - Emergency tenaga listrik.
 - 3 buah generator set masing-masing 600 kVA
 - Udara tekan.

3.5. Layout Galangan

PT.Dok dan Perkapalan Surabaya mempunyai luas wilayah darat sebesar 57.000 m² dan luas wilayah laut 70.000 m². Galangan pada PT. Dok dan Perkapalan Surabaya dibagi menjadi dua, yaitu Galangan Utara dan Galangan Selatan. Galangan Selatan lebih dikhususkan untuk bangunan baru, sedangkan Galangan Utara yang letaknya lebih dekat dengan fasilitas pendedokan kapal, maka selain untuk pembangunan bangunan baru, juga untuk reparasi kapal. Jika tidak ada proyek bangunan baru, maka kedua galangan digunakan untuk keperluan reparasi, atau keperluan pembangunan lainnya. Layout dari galangan pada PT. Dok dan Perkapalan Surabaya dapat dilihat pada lampiran.

3.6. Proses Produksi Bangunan Kapal Baru

Proses produksi adalah seluruh aktivitas pembuatan bangunan kapal, yang merupakan pelaksanaan dari perencanaan sebelumnya. Proses produksi ini dilaksanakan oleh galangan kapal yang memiliki fasilitas untuk bangunan baru.

Adapun tahap-tahap produksi meliputi :

I. Mould Loft

Mould Loft merupakan salah satu sarana penting dalam pembangunan kapal. Fungsi *mould loft* adalah untuk menggambarkan bentuk kapal yang sebenarnya dalam skala 1 : 1. Bangunan *mould loft* biasanya dibuat dari kayu dan dilapisi kayu yang rata di mana pada atas kayu tersebut digambarkan *lines plan* dengan skala 1 : 1. Ukuran *mould loft* ditentukan minimum panjangnya 0,6 lebar kapal atau setinggi badan kapal.

Pekerjaan – pekerjaan utama yang dikerjakan dalam *mould loft* dalam pembuatan suatu kapal antara lain adalah :

Menggambarkan *lines plan* dalam ukuran yang sebenarnya di atas lantai kemudian menggambarkan *body plan* dan bagian – bagian dari bangunan kapal lainnya menggambarkan garis garis bentangan kemudian menyiapkan papan – papan untuk pembuatan mal – mal.

2. Proses Fabrikasi

Dalam proses fabrikasi dimana merupakan suatu proses bagi pembuatan part akan terbagi dalam tiga macam proses kerja, yaitu:

a. Proses *Marking*

- ialah proses penandaan pada permukaan material yang akan mengalami pengerjaan sepanjang ketentuan tanda kerjanya dan ditempat mana harus dilakukan pekerjaan tersebut serta dimana members yang dihasilkan dari proses kerja tadi akan dipasang dengan yang lain. Sehingga secara umum proses *marking* ini dapat dimaksudkan sebagai pelaksanaan pemindahan dimensi-dimensi dan ukuran dari gambar-gambar kerja. Sketsa-sketsa pekerjaan yang dihasilkan *mould loft* dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

- Digunakan sebagai proses *marking* dan pemrosesan komponen-komponen dalam bengkel fabrikasi

- o Untuk menentukan secara garis besar seksi badan kapal dan penandaan lokasi-lokasi fitting dan uquipment yang akan dipasang pada proses fabrikasi.
- b. Proses *Cutting*
 Dalam proses *cutting* akan terdapat hilangnya sebagian material pada garis potongnya menurut tanda markingnya. Selain itu akan terdapat distorsi bentuk sisi potong dan bentuk kerataan permukaan potong. Faktor proses pekerjaan cutting yang sangat berpengaruh adalah besar kerf pemotongan, dimana pengaruhnya terhadap akurasi dimensi *part* terasa langsung. Sehingga untuk maksud-maksud tersebut bagian yang bertanggungjawab terhadap pembuatan tanda *cutting* akan mempertimbangkan faktor penyusutan dimensi akibat adanya kerf.
- c. Proses *Bending* atau *Forming*
 Proses *bending* merupakan proses bentukan atau lengkung. .
3. Proses *Assembly*
Assembly yaitu pekerjaan pembuatan seluruh seksi atau blok. Dalam tahap *assembly* ada tiga metode *assembly*, yaitu :
- a. Metode panel and *part assembly*, dengan tahap-tahap sebagai berikut :
 - Pemasangan dan penyambungan plat-plat
 - *Marking* dan *cutting*
 - Pemasangan pembujur dan pelintang
 - *Tacking* dan pengelasan pembujur dan pelintang.
 - b. Metode *pre fitting longitudinal assembly*, dengan urutan sebagai berikut :
 - Pemasangan dan penyambungan plat-plat
 - *Marking* dan *cutting*
 - Pemasangan *tacking* dan pengelasan pembujur longitudinal
 - Pemasangan *tacking* dan pengelasan pelintang.
 - c. Metode *eggbox forming assembly*, secara berurutan dapat diuraikan sebagai berikut :
 - Pemasangan dan penyambungan plat-plat
 - *Marking* dan *cutting*
 - Pemasangan *tacking* dan pengelasan farming pembujur dan pelintang
 - Pemasangan *tacking* dan pengelasan *framed assembly* di atas.
4. Proses *Erection*
 Proses *erection* adalah pekerjaan penggabungan seksi atau blok di *building berth*. Proses *erection* ini merupakan pekerjaan berat dan sulit karena bagian yang digabung dalam ukuran besar dan berat serta bentuk yang komplek. Pekerjaan ini meliputi : *adjusting, fitting, cutting dan welding*. Proses penggabungan seksi terjadi pada waktu itu berupa penggabungan pelat dasar pada dasar ganda. Pada akhirnya akan menimbulkan deformasi memanjang, karena akan timbul pemuaian pada masing-masing seksi yang tidak sama besarnya.
- a. Merakit blok-blok
 Untuk merakit blok-blok berpedoman pada gambar-gambar sebagai berikut :
1. Blok *division*, gambar yang berisi pembagian blok-blok serta arah penambahan toleransi, urutan perakitan sesuai penamaan yang diberikan pada tepi pelat blok tertentu.
 2. *Building blok arrangement*, merupakan gambar posisi peletakan balok-balok penyangga yang akan dipakai untuk membangun kapal, gambar ini hamper sama dengan gambar *Docking plan* kapal. Sebelum pelaksanaan penegakan blok konstruksi lambung, blok ganjal telah dipasang semua.

3. *Working drawing*, yaitu gambar *detail* dari tiap-tiap blok konstruksi yang akan dibuat atau dirakit, ditegakkan pada tahap-tahap fabrikasi atau *erection* yang meliputi :
 - peninjikan berat lambung atau blok lainnya
 - metode pengelasan
 - tanda penambahan tepi pelat blok
 - ukuran *scantling* blok
 - *assembly metode*

4. *Shell expansion*, yaitu rencana umum bukaan kulit Yang harus diperhatikan sebelum *erection* dilakukan adalah pembuatan *Dock marking*, yaitu membuat *reference line* pada dasar *building berth* atau *building Dock*, yang dipergunakan untuk mengontrol terhadap dimensi bentuk kapal yang dibangun.

b. Cara-cara penyambungan blok di atas *building berth*

1. Pembuatan atau peletakan garis dasar kapal (*base line*)

Sebelum dipasang *keel* blok maka harus ditentukan dahulu garis dasar (*base line*) kapal yang akan dibangun, Garis dasar ini dapat dibuat rata dengan permukaan *Building Berth* atau tidak tergantung dari rencana peluncuran kapal tersebut.

Tinggi dasar kurang lebih 1 – 1.2 m di atas permukaan *building berth*. Pengukuran pengecekan garis dasar dapat menggunakan *teodolith*.

2. Pemasangan penyangga badan kapal waktu dibangun.

Yang dimaksud dengan penyangga badan kapal adalah konstruksi yang dipergunakan untuk penyangga sementara badan kapal yang sedang dibangun. Penyangga ini dapat berupa kayu atau metal atau perpaduan dari kedua material tersebut. Tinggi dari penyangga tengah atau *keel* blok tergantung dari jumlah beban (berat kapal) dan jumlah *keel* blok. Tekanan dari *keel* blok ke landasan tidak boleh lebih dari 5 kg/cm^2

3. Persiapan

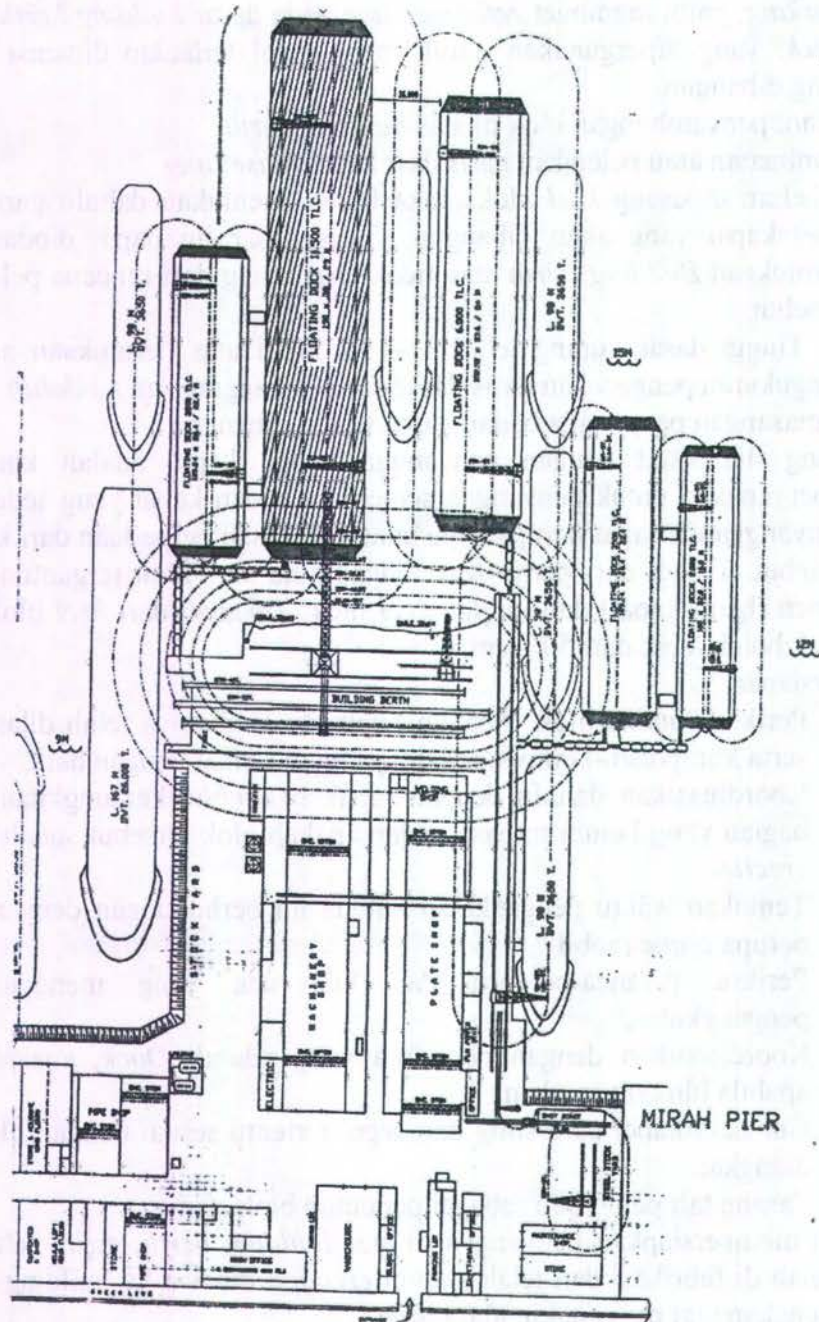
- Periksa kondisi blok. Apakah kupingan angkatnya telah dilas dengan baik serta komponen-komponen lainnya telah terikat dengan baik.
- Koordinasikan dahulu dengan pihak *assembly*, kemungkinan ada bagian-bagian yang belum terpasang dan apakah blok tersebut sudah siap untuk di *erection*.
- Tentukan waktu pengangkatan karena ini berhubungan dengan alat angkat, berupa *crane* mobil.
- Periksa peranca-peranca dan bila ada yang mengganggu proses pengangkutan.
- Koordinasikan dengan penerima yang ada di *Dock*, apakah sudah siap apabila blok diturunkan.
- Gunakan kabel atau sling dan segel tertentu sesuai dengan blok yang akan diangkat.
- Pasang tali pembantu sebagai penuntun blok.

Setelah mempersiapkan penyangga di atas *building berth*, maka selanjutnya blok yang telah di fabrikasi dan telah siap di *erection* dibawa ke *building berth* dengan menggunakan alat pengangkut alat *crane*.

3.7 Operasi Kerja *Floating Crane*

Kegiatan kerja *floating crane* di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya dapat digolongkan dalam:

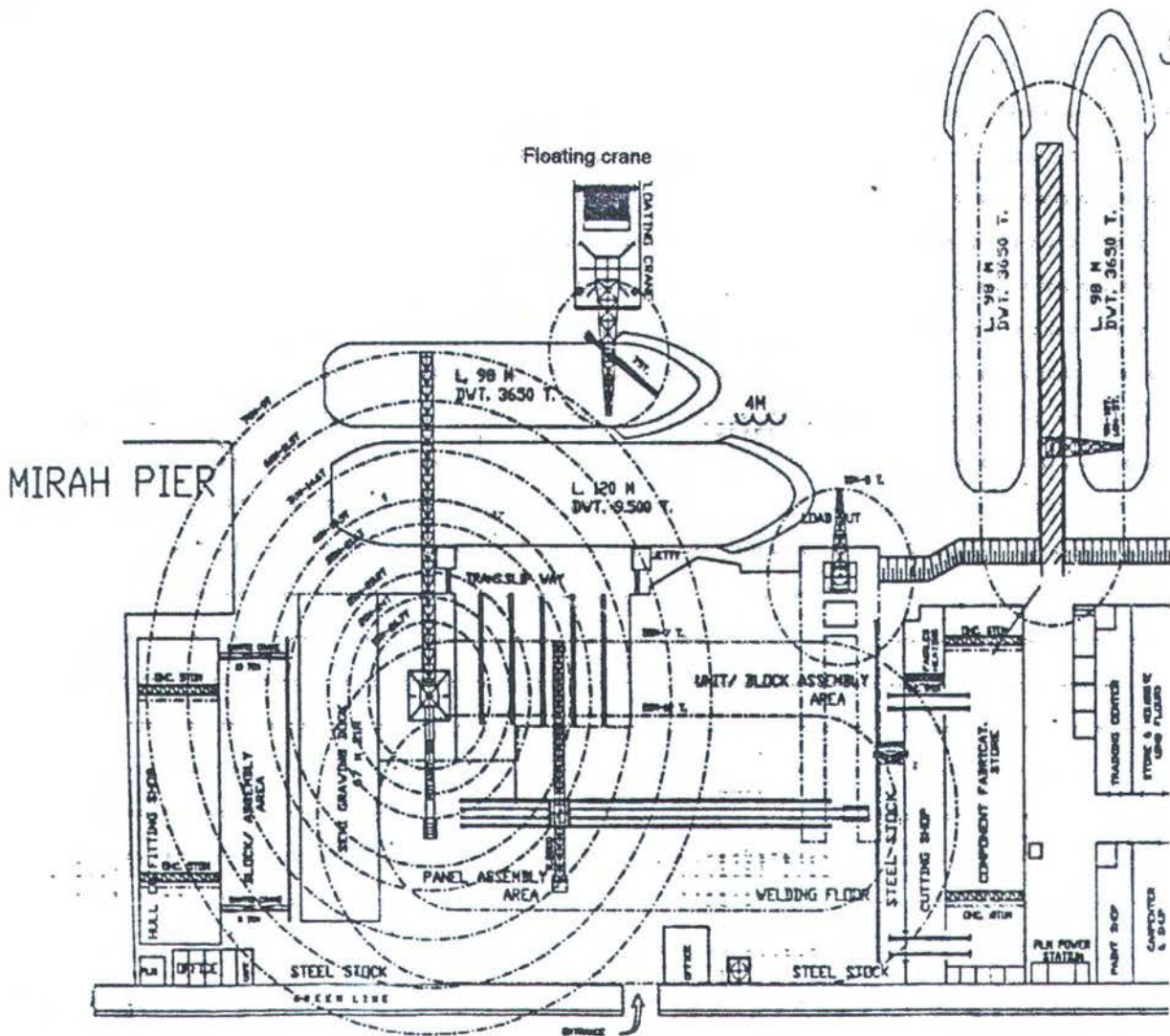
- Kegiatan *ship repairing*
Yaitu untuk membantu kelancaran kegiatan reparasi kapal di *floating dock* yang ada. Meskipun *floating dock* yang ada memiliki crane, tetapi kapasitasnya kecil yaitu kurang dari 5 ton. Sehingga dibutuhkan *floating crane* untuk transportasi material dari bengkel ke *floating dock* ataupun sebaliknya apabila pengangkatn yang dibutuhkan lebih dari 5 ton



Gambar 3.6. Daerah operasi kerja *floating crane* untuk kegiatan *ship repairing* (PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, 2007)

- Kegiatan *ship building*

Yaitu kegiatan pembangunan kapal baru, disini *floating crane* sangat berperan sekali terutama untuk proses *erection* blok-blok bangunan atas kapal. Jadi ketika konstruksi lambung kapal sudah selesai pengerjaannya, dan kapal siap untuk diluncurkan maka untuk melengkapi konstruksi kapal yang belum selesai pengerjaannya dilakukan di atas air. Untuk kegiatan pengangkatannya yaitu dengan bantuan *floating crane*.



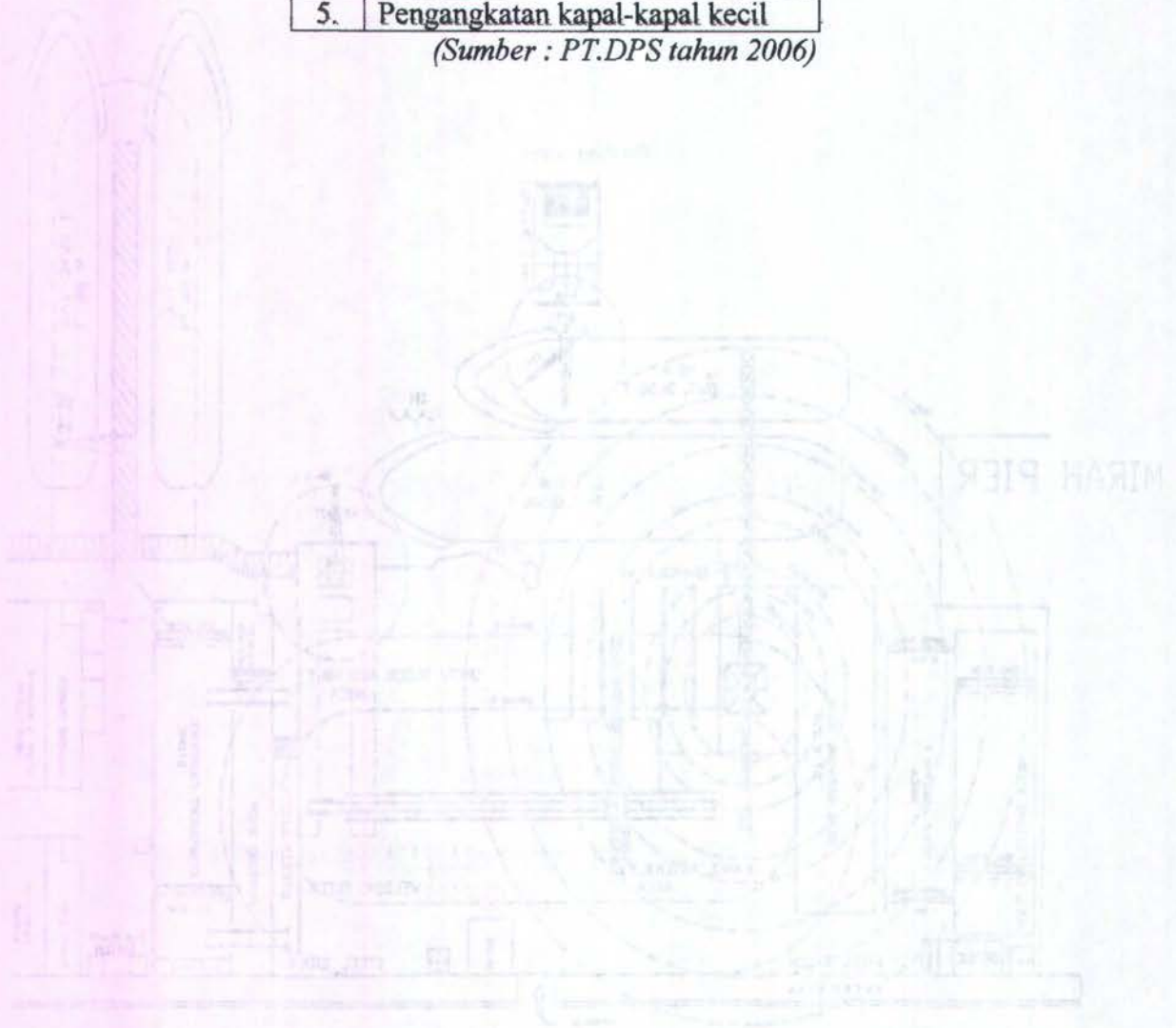
Gambar 3.7. Daerah operasi kerja *floating crane* untuk kegiatan *ship building* (PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, 2007).

Jadi macam beban yang diangkat *floating crane* untuk menunjang kinerja galangan PT.Dok dan Perkapalan Surabaya adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1. Macam beban pengangkatan *floating crane* PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

No.	Jenis Beban
1.	Blok-blok
2.	Material-material untuk <i>ship repairing</i> maupun <i>ship building</i>
3.	Mesin-mesin kapal
4.	Pemindahan <i>crane</i> darat
5.	Pengangkatan kapal-kapal kecil

(Sumber : PT.DPS tahun 2006)



BAB IV ANALISA TEKNIS

4.1. Penentuan Crane

Dalam merencanakan *floating crane* terlebih dahulu harus diketahui karakteristik mengenai *crane* yang akan digunakan. Informasi karakteristik *crane* akan mempengaruhi ukuran utama *barge* dimana *crane* tersebut akan ditempatkan.

4.1.1 Pemilihan Tipe Crane

Dari uraian bab sebelumnya tipe *crane* yang dipakai untuk *floating crane* ada tiga tipe yaitu :

1. *Fixed crane* dengan lengan tak bergerak
Kelebihan :
 - Dengan boom yang bertumpu secara menetap pada pondasi maka efektif untuk pengangkatan beban yang beratKelemahan :
 - Tidak fleksibel untuk berbagai macam posisi pengangkatan.
 - Membutuhkan daerah operasi kerja yang luas untuk *lifting activities*.
2. *Fixed crane* dengan lengan bergerak
Kelebihan :
 - Efektif untuk pengangkatan beban berat dengan *boom* yang bisa bergerak secara vertikal.Kelemahan :
 - Tidak fleksibel untuk berbagai macam posisi pengangkatan, tipe ini hanya memungkinkan mengatur jangkauan boom sesuai dengan posisi beban.
3. *Revolved Crane*
Kelebihan :
 - Sangat fleksibel terhadap berbagai macam posisi pengangkatan beban.
 - Tidak memerlukan daerah operasi yang luas untuk *lifting activities*.Kelemahan :
 - Beban yang diangkat tidak terlalu berat karena tenaga penggerak *crane* selain digunakan untuk *lift loads*, juga digunakan untuk memutar *crane*.

Dari uraian di atas dapat diambil kesimpulan bahwa tipe *crane* yang sesuai dengan kebutuhan PT.Dok dan Perkapalan Surabaya adalah tipe *revolved crane*. Dengan alasan, daerah operasi kerja di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya tidak begitu luas (lihat lampiran) dan beban terbesar yang diangkat tidak lebih dari 500 ton. Sehingga tipe *revolved crane* secara ekonomis dan kapasitas daya angkat lebih cocok untuk daerah operasi kerja di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya dibandingkan kedua tipe *crane* yang lain.

4.1.2 Penentuan Jangkauan ,Tinggi dan Kapasitas Angkat Crane

Untuk menentukan jangkauan dan tinggi crane dari *floating crane* yang akan direncanakan yaitu berdasar pada *floating crane* yang sudah ada di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya. Hal ini dikarenakan jangkauan dan tinggi crane tersebut, sudah cukup efektif untuk melayani kegiatan produksi di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

Sedangkan untuk penentuan kapasitas crane berdasarkan pada beban terbesar yang akan diangkat. Di bawah ini adalah data jenis beban yang akan diangkat *floating crane*

Tabel 4.1. Macam beban pengangkatan *floating crane* PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

No.	Jenis Beban
1.	Blok-blok
2.	Material-material untuk <i>ship repairing</i> maupun <i>ship building</i>
3.	Mesin-mesin kapal
4.	Pemindahan crane darat
5.	Pengangkatan kapal-kapal kecil

(Sumber: PT.Dok dan Perkapalan Surabaya tahun 2006)

Tabel 4.2. Data berat beban rata-rata terbesar yang diangkat.

No.	Jenis Beban	Tahun 2005 (ton)						Tahun 2006 (ton)					
		Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
1.	Blok-blok yang diproduksi	80	85	90	95	92	93	94	93	95	95	95	92
2.	Material	30	35	35	30	35	32	31	33	34	35	34	35
3.	Mesin-mesin	10	10	11	12	10	8	10	9	11	12	11	10
4.	Pemindahan crane darat	-	-	90	-	60	-	90	-	-	90	-	-
5.	Kapal-kapal kecil	-	80	-	-	-	93	-	-	-	-	-	95

(Sumber : PT.Dok dan Perkapalan Surabaya bulan Juli 2005-Juni 2006)

Dari tabel di atas dapat diambil kesimpulan bahwa berat beban terbesar yang diangkat adalah sebesar 95 ton. Berdasarkan data tersebut crane yang akan direncanakan adalah 100 ton. Sebagai penambahan beban pengangkatan cadangan dlebihkan 5 ton dari beban terbesar.

Dari pertimbangan analisa teknis diatas, didapatkan spesifikasi teknis crane sesuai dengan kebutuhan PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, yaitu :

Tabel 4.3. Data spesifikasi teknis crane.

No.	SPESIFIKASI TEKNIS CRANE	
1.	Tipe	<i>Revolved Crane 360°</i>
2.	<i>Lifting capacity</i>	100 ton
3.	Jangkauan	20 m
4.	Tinggi	15.7 m

4.2. Penentuan Ukuran Utama *Barge*

Perencanaan ukuran utama *barge* ini dilakukan berdasarkan referensi ukuran utama *barge* pembanding untuk *floating crane* yang ada dengan *lifting capacity* 100 ton. *Barge* pembanding ini digunakan sebagai batasan-batasan untuk menentukan nilai-nilai minimum dan maksimum dari ukuran utama *barge* disamping batasan-batasan yang sudah ada yaitu batasan akibat dari kondisi daerah yang harus dipenuhi. Kemudian dilakukan perhitungan dengan metode optimasi. Fungsi obyektif yang ingin dicapai dalam perhitungan ini adalah biaya investasi dan operasional yang minimum, dimana perhitungan optimasi ini dijalankan dengan menggunakan bantuan software Microsoft Excel. Sedangkan *variable* yang dicari adalah ukuran utama *barge* yaitu panjang (Lpp), Lebar (B), Tinggi (H) dan sarat (T). Adapun data-data *barge* pembanding tersebut adalah:

Tabel 4.4. Data-data *barge* pembanding
(<http://www.rodson.com> <http://www.marinetransportation.de/cis/floatingcrane>).

No	Nama kapal	L	B	H	T
1	Design 2648	42.67	21.34	3.81	1.91
2	Angela	39.00	20.60	2.78	2.01
3	Ignatios I	41.00	22.20	2.94	1.95
4	Ignatios V	40.10	20.00	2.70	2.00

4.2.1 Design Variable

Dalam proses optimasi, harga – harga variabel yang akan dicari meliputi ukuran utama *barge* yaitu:

- Panjang *barge* (Lpp)
- Lebar *barge* (B)
- Tinggi *barge* (H)
- Sarat (T)

Sebagai nilai awal (*initial value*) dari *design variable* diatas diambil data dari ukuran utama *barge* pembanding sebagai berikut:

- Panjang (Lpp) : 42.67 m
- Lebar (B) : 21.34 m
- Tinggi (H) : 3.81 m
- Sarat (T) : 1.91 m



4.2.2 Batasan-Batasan

Dalam proses optimasi ini, batasan yang digunakan adalah:

- Sarat maksimal (T_{max}) : 4 m, merupakan kedalaman maksimal dari perairan daerah operasi *barge* ini. Angka ini didapatkan dengan memperhatikan faktor terjadinya pendangkalan di perairan tersebut.
- Sarat minimal (T_{min}) : 1.91 m, merupakan sarat minimal yang didapat dari *barge* pembanding.

- Panjang *barge* ($L_{pp\ max}$) : 39.00 - 42.67 m, merupakan panjang *barge* yang didapat dari *barge* pembanding.
- Lebar *barge* maksimal ($B\ max$) : 23 m, harga ini merupakan lebar *barge* maksimal yang didapat dari kondisi daerah operasi kerja di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.
- Lebar *barge* minimal ($B\ min$) : 18 m, harga ini merupakan lebar *barge* minimal yang didapat dari *barge* pembanding.
- Tinggi kapal (H) : 2.68 - 3,81 m harga ini merupakan tinggi kapal yang didapat dari *barge* pembanding.
- Koreksi trim : 0 – 0.4, harga ini didapat dari koreksi trim 0.1% L_{pp} mengacu pada buku (Michael G.Parsons, 2001).
- Persyaratan stabilitas mengacu pada IMO Regulation untuk menghitung *intact stability* (IMO Regulation A.749.18, 2002) yaitu:
 - Tinggi Metacentre (MG) pada sudut oleng 0° tidak boleh kurang dari (\geq) 0.15 m
 - Lengan statis (GZ) pada sudut oleng $> 30^\circ$ tidak boleh kurang dari (\geq) 0.20 m
 - Lengan stabilitas statis (GZ) maksimum harus terjadi pada sudut oleng lebih dari (\geq) 15°
 - Luasan kurva dibawah lengkung lengan statis (GZ) tidak boleh kurang dari (\geq) 0.06 m radian sampai dengan 30° sudut oleng
 - Luasan kurva dibawah lengkung lengan statis (GZ) tidak boleh kurang dari (\geq) 0.09 m radian sampai dengan 40° sudut oleng.
- *Displacement*:
Displacement yang direncanakan dari komponen LWT + DWT harus sama dengan displacement dari sarat perencanaan ($LWT + DWT = L \times B \times T \times C_b \times 1.025$) atau maksimal koreksi yang diperbolehkan antara 0 ~ 0.5%.

Pendekatan komponen-komponen DWT diambil dari perhitungan (Watson, 1988), komponen-komponen DWT terdiri dari:

- Kebutuhan bahan bakar

$$W_{\text{bahan bakar}} = W_{\text{bahan bakar Main Engine}} + W_{\text{bahan bakar Auxiliary Engine}}$$

$$W_{\text{bahan bakar}} = 0.15 \text{ kg/HP/jam} + (0.1 - 0.2) \times W_{\text{bahan bakar}}$$
- Kebutuhan minyak pelumas

$$W_{\text{lumas}} = (0.01 - 0.03) \times W_{\text{bahan bakar}}$$
- Kebutuhan air tawar

$$W_{\text{air tawar}} = 20 \text{ kg/Person/Days}$$
- Kebutuhan makanan (provisions)

$$W_{\text{provisions}} = 4 \text{ kg/person/days}$$
- Berat orang dan bawaan

$$W_{\text{orang dan bawaan}} = 135 \text{ kg/person}$$
- Berat beban yang diangkat

$$W_{\text{beban max}} = 100 \text{ ton}$$

Pendekatan komponen-komponen LWT diambil dari buku (Watson, 1988) dan (Schneekluth and Bertram, 1998).

- Berat baja kapal kosong
 Perhitungan ini mengacu pada pendekatan yang ada pada buku (Schneekluth and Bertram, 1998)

$$W_{SiR} = \nabla u \cdot C_1 \cdot \left[1 + 0.033 \left(\frac{L}{D} - 12 \right) \right] \cdot \left[1 + 0.06 \left(n - \frac{D}{4} \right) \right] \cdot \left[1 + 0.05 \left(1.85 - \frac{B}{D} \right) \right] \cdot \left[1 + 0.2 \left(\frac{T}{D} - 0.85 \right) \right] \cdot \left[0.92 + (1 - C_{BD})^2 \right] \cdot \left[1 + 0.75 C_{BD} (C_M - 0.98)^2 \right] \text{ [ton]}$$

➤ Berat Outfitting dan Equipment

Perhitungan berat *outfitting* dan *Equipment* mengacu pada pendekatan yang ada pada buku (Michael G.Parsons, 2001). Dimana berat outfitting dan Equipment didapatkan dari rumus pendekatan sebagai berikut :

$$W_o = C_o L \cdot B$$

dimana :

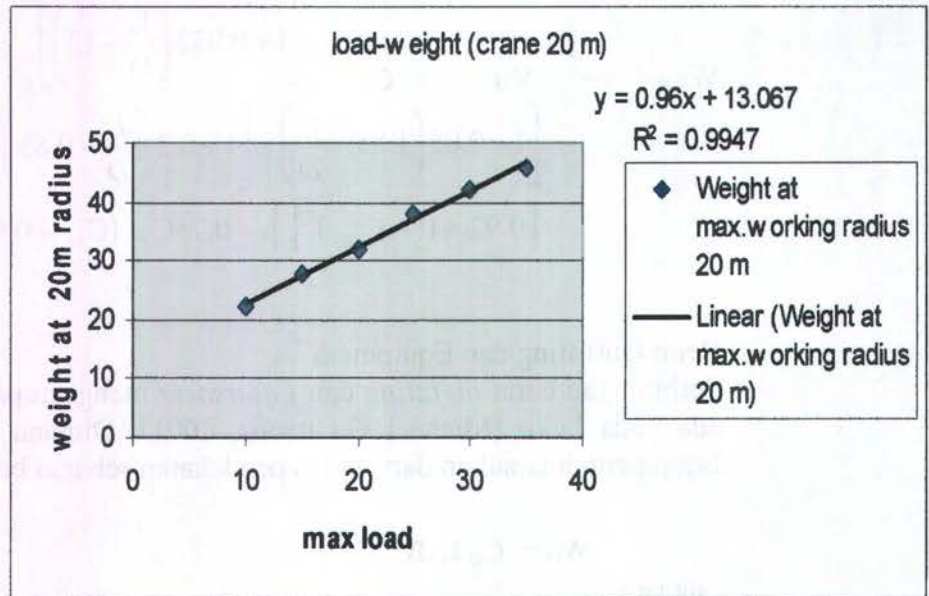
$$\begin{aligned} C_o &= \text{koefisien berat outfit} \\ &= 0.36 \end{aligned}$$

Untuk berat *crane* mengacu pada pendekatan yang ada pada buku (Schneekluth and Bertram, 1998). Dari buku tersebut didapatkan data berat *crane* untuk jangkauan 20 m sebagai berikut:

Tabel 4.5. Berat *crane* dengan jangkauan 20m (Schneekluth and Bertram, 1998).

Max.load	Weight at max.working radius
	20 m
10	22
15	28
20	32
25	38
30	42
35	46

Untuk mendapatkan berat *crane* dengan kapasitas 100 ton maka dari data di atas dilakukan regresi linier



Gambar 4.1. Grafik kurva hasil regresi.

Tabel 4.6 Perhitungan berat crane untuk beban 100 ton

Lift-Weight	
m=	0.9600
b=	13.0670
y=	0,960x + 13.067
x [lift]	100
besar weight [ton]	109.07

➤ Berat Instalasi Permesinan

Perhitungan berat Instalasi Permesinan mengacu pada pendekatan yang ada pada buku (Watson, 1988) dan (Schneekluth and Bertram, 1998). Dimana untuk berat instalasi permesinan dibagi dalam beberapa grup yaitu :

- Berat Mesin Utama, dimana untuk berat mesin dapat dilihat pada katalog mesin atau dengan menggunakan rumus pendekatan yang ada pada buku (Watson, 1988)

$$W_{\text{machinery}} = 12 \left(\frac{MCR}{RPM} \right)^{0.84}$$

- Berat Gearbox dengan menggunakan katalog atau rumus pendekatan pada buku (Schneekluth and Bertram, 1998)

$$W_{\text{Ger}} = 0.34 - 0.4 \frac{P_B}{n} \quad \text{dimana } n = \text{RPM}$$

- Berat Poros

$$W_{\text{Shf}} = 0.081 (P_D/n)^{2/3}$$

- *Berat Propeller*
 $W_{prop} = D^3 \times K$
 dimana K untuk Fixed pitch propeller, $K = 0.18 A_E/A_O - (Z-2)/100$

- *Berat Auxiliary machine*
 $W_{Aux} = 0.001 \times P (15 + 0.014 \times P)$
 Dimana, P = MCR of Aux. engine

➤ Berat Cadangan
 $W_{res} = 3 \% \times LWT_{Total}$

4.2.3. Fungsi Objektif

Objective function dalam proses optimasi ini adalah meminimalkan biaya pembangunan kapal.

Objective func = min (total Cost pembangunan kapal)
Total cost = *Fixed cost + Variable cost*

□ *Fixed cost* terdiri dari:

- Investasi awal (biaya pembangunan kapal), terdiri dari:
 - Biaya lambung kapal, berdasarkan data dari PT.Dok dan Perkapalan Surabaya biaya pengerjaan lambung untuk konstruksi aluminium termasuk material lambung, elektroda: Rp 57.05 juta /Tonnya.
 - Biaya *outfitting dan equipment*
 Biaya outfitting diasumsikan sama dengan biaya pengerjaan lambung per tonnya yaitu sebesar Rp 5 juta/Tonnya.
 - Biaya permesinan
 - Biaya *Main Engine dan Auxiliary Engine*
 Biaya *Main engine dan Auxiliary engine* rata-rata 3 juta per KWnya

□ *Variable cost* terdiri dari:

- Biaya bahan bakar
 Harga untuk tiap 1 liter solar sebesar Rp 4.500,00/liter, pemakaian bahan bakar dari catalog mesin untuk Caterpillar sebesar 0.205 kg/kW/jam, sedangkan 1 liter = 0.85 kg dan direncanakan lama beroperasi 4 hari.
 Biaya bahan bakar dalam satu tahun adalah:
 $0.15 \text{ kg/HP/jam} / 0.85 \times \text{BHP} \times \text{jam dalam 1 beroperasi} \times \text{banyaknya beroperasi dalam 1 tahun} \times \text{harga solar tiap liternya}$
- Biaya pelumas
 Harga untuk tiap 1 liter minyak lumas sebesar Rp 6500,00/liter, pemakaian minyak lumas 0.01 – 0.03 kebutuhan bahan bakar. Jadi Biaya minyak lumas dalam satu tahun adalah:
 $0.03 \times \text{Kebutuhan bahan bakar} \times \text{Harga minyak lumas tiap liternya}$
- Biaya air tawar
 Harga 1 liter air tawar = Rp.10/liter sedangkan Kebutuhan air tawar 26.67 liter/person/hari, jadi :
 Biaya air tawar = 26.67 liter/person/hari x hari dalam 1 beroperasi x banyaknya beroperasi dalam 1 tahun x harga 1 liter air tawar.

4.3 Model Optimasi

Model optimasi adalah pernyataan atau penggambaran dari persamaan-persamaan matematis untuk memecahkan masalah matematis. Hasil dari pemecahan masalah matematis tersebut yang dinyatakan di model matematis merupakan “cara atau langkah yang terbaik” (Nash and Sofer, 1972). Untuk memecahkan kasus optimasi, kali ini peneliti menggunakan *tool* yang ada pada *software* Microsoft Excel yaitu solver. Adapun langkah-langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut:

1. Sebelum menjalankan program optimasi, kita harus membuat dulu model Optimasinya, model optimasi ini dibuat dengan menggunakan Microsoft Excel, dimana isi dari model optimasi tersebut harus ada, *Variables* yang akan dicari nilainya, *Constraints* yang membatasi variabel-variabel yang ada dan *Objective function* yang akan dicari nilainya (max atau min). Untuk lebih jelasnya dapat ditunjukkan dalam tabel dibawah ini:

CONSTANT				
	Value	Unit	ket.	
Density of fresh water	1	ton / m ³		
Density of salt water	1.025	ton / m ³		
Density of fuel oil	0.95	ton / m ³		
Density of lubricating oil	0.9	ton / m ³		
Density of base oil	0.9	ton / m ³		
Acceleration of Gravity	9.81	m / sec ²		
Kinematic Viscosity	8.4931E-07	m ² / sec		
Specific Fuel Rate (SFR)	0.00019	-	for diesel engines	
Temperature	30	deg Celsius		

PARAMETER				
	Value	Unit		
Crew capacity	4	persons		
Ship velocity	5	knot		
Number of propeller	2	Unit		
Endurance	40	nm		
Frame spacing	0.8	m		
Weight of load	100	ton		
Height of double bottom	0.8	m		
Wind speed	15	knot		
Number of blade	4	Unit		

VARIABLE		Minimum	Value	Maximum	Unit	Remark
Practical dimension	Lpp	39	41	42.672	m	OK
	B	30	22.2	23	m	OK
	H	2.884	2.94	4	m	OK
	T	1.91185	1.93	3	m	OK

Gambar 4.2. Model optimasi barge untuk floating crane.

2. Setelah model optimasinya di buat, kita memilih *tools* pada menu bar, lalu pilih *add-Ins*, setelah itu baru pilih *solver*, setelah kita klik *solver* maka akan muncul tampilan solver parameter yang berisi seperti gambar di bawah ini:

Microsoft Excel - Solver Parameters

Set Target Cell:

Equal To: Max Min Value of: 0

By Changing Variable Cells:

Subject to the Constraints:

Buttons: Solve, Close, Guess, Options, Add, Change, Delete, Reset All, Help

Variable	Priority of dimension	Lpp	Minimum	Value	Maximum	Unit	Remark
		Lpp	39	41	42.472	m	OK
		B	18	22.2	28	m	OK
		H	2.884	2.94	4	m	OK
		T	1.91183	1.93	3	m	OK

Gambar 4.3. Tampilan solver parameter pada program Microsoft Excel.

3. Setelah *solver parameter* ditampilkan, pada *set target cell* dimasukkan nilai dari fungsi objektif (nilai yang akan di minimalkan atau dimaksimalkan) dan pada daerah *equal to* kita memilih sel yang minimum (karena pada optimasi kali ini peneliti ingin meminimalkan biaya pembangunan kapal)., Untuk lebih jelasnya akan diperlihatkan pada gambar berikut:

Microsoft Excel - Solver Parameters

Set Target Cell: \$C\$30

Equal To: Max Min Value of: 0

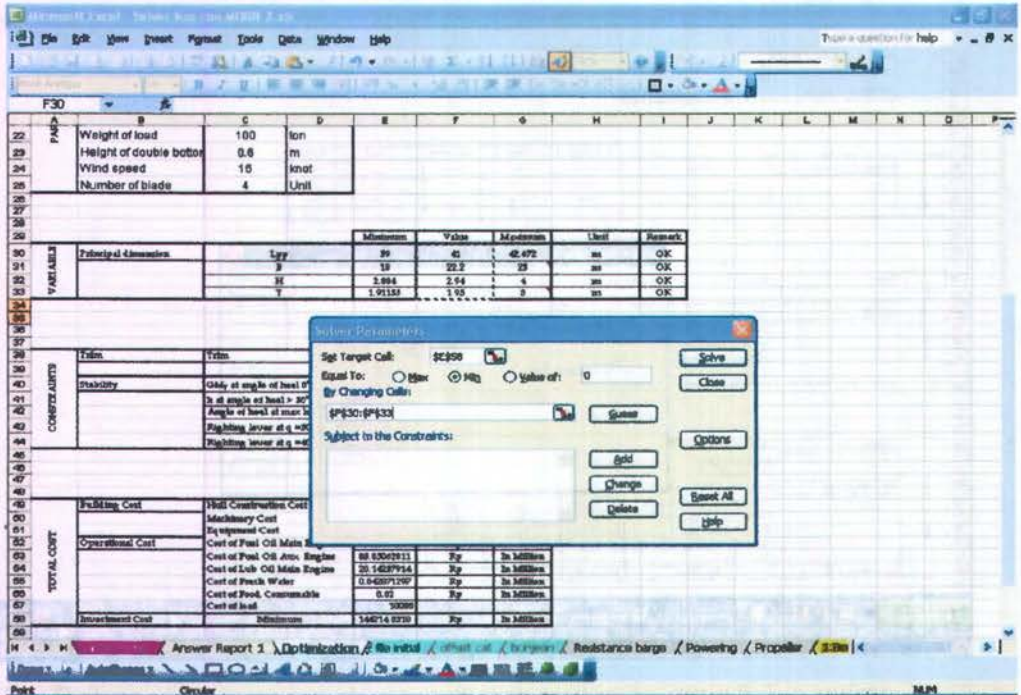
By Changing Variable Cells:

Subject to the Constraints:

Buttons: Solve, Close, Guess, Options, Add, Change, Delete, Reset All, Help

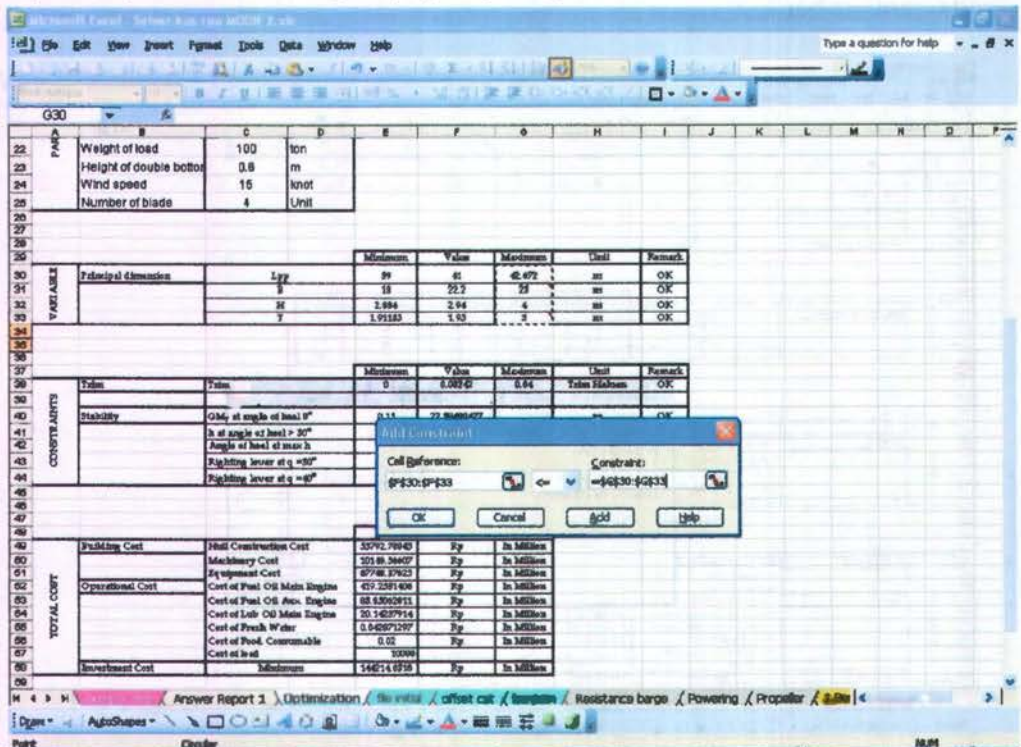
Gambar 4.4. Tampilan solver parameter dengan Target cell.

4. Pada *By Changing Cell*, kemudian dipilih variabel yang akan dicari pada model optimasi dengan memblok sel variabel.

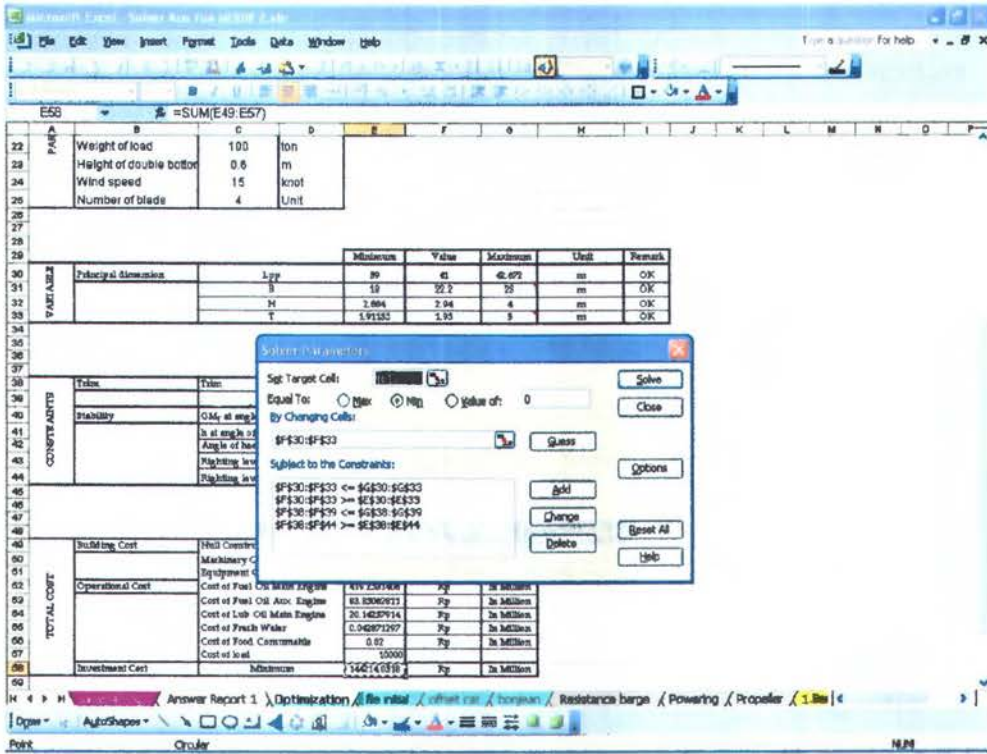


Gambar 4.5. Tampilan solver parameter dengan *By changing cell*.

5. Memasukkan batasan-batasan dengan cara menekan tombol add pada solver parameter yang sesuai dengan batasan yaitu kurang dari sama dengan (\leq), lebih dari sama dengan (\geq) atau sama dengan ($=$), seperti gambar dibawah ini :

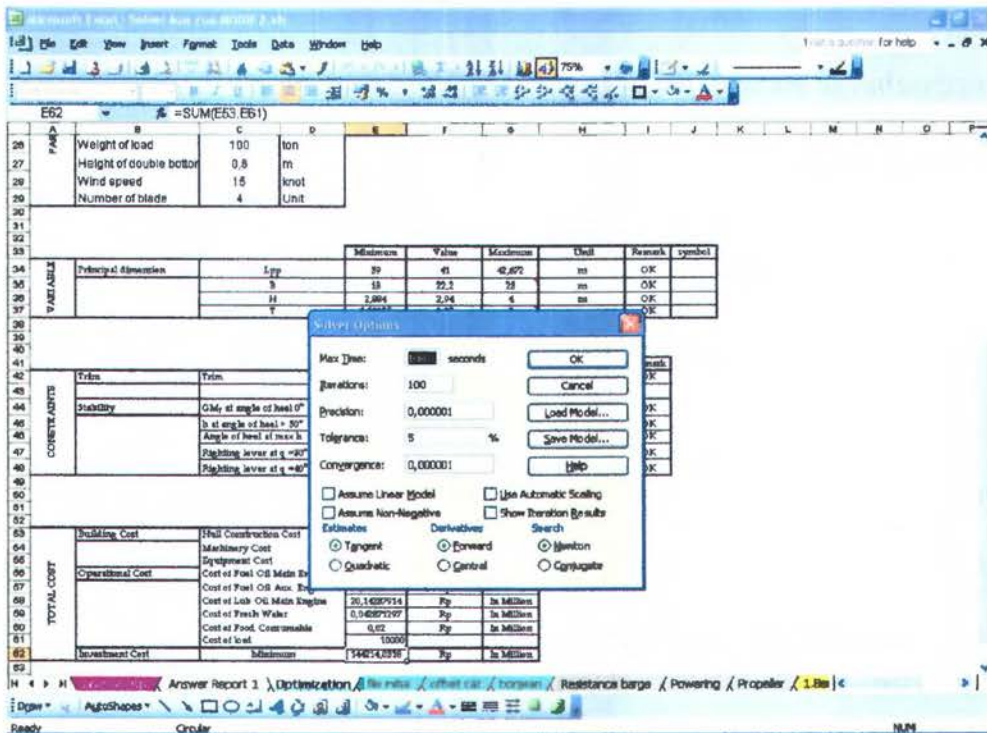


Gambar 4.6. Tampilan solver parameter dengan cara memasukkan konstrain.



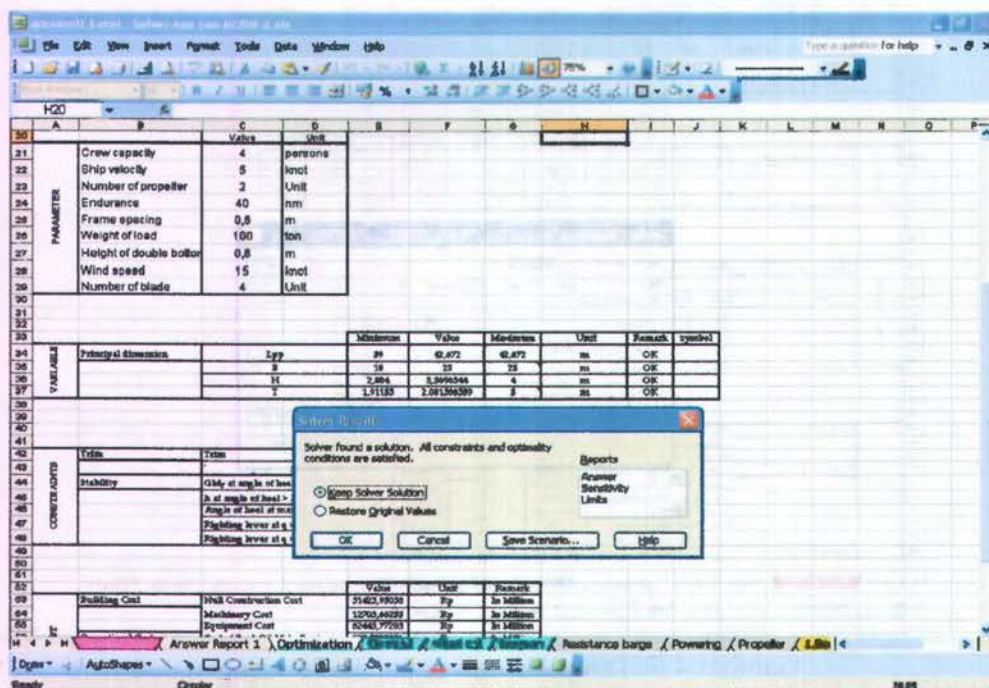
Gambar 4.7. Tampilan solver parameter dengan *constraint*.

- Setelah batasan-batasan dimasukkan kemudian tekan tombol *option* untuk mengecek *max time, iterations, precision, tolerance, convergence*, sebelum program ini di *run*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.8. Tampilan solver parameter dengan melihat solver option

- Setelah *Options* di cek, kita kembali ke menu utama dengan menekan tombol *ok*, setelah itu, tekan tombol *Solve*, apabila model yang di buat sudah benar maka akan muncul pesan "*Solver found a solution*", seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.9. Tampilan hasil optimasi apabila solusi optimal ditemukan

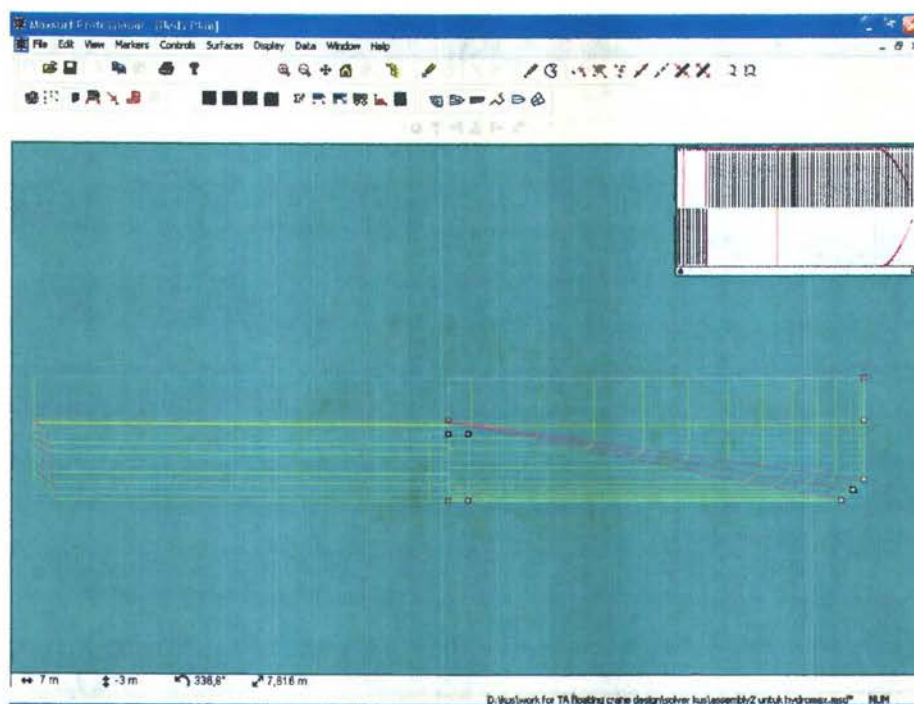
- jika model yang di buat belum benar maka akan muncul pesan "*Solver could not find a feasible solution*".

4.4 Penggambaran Rencana Garis

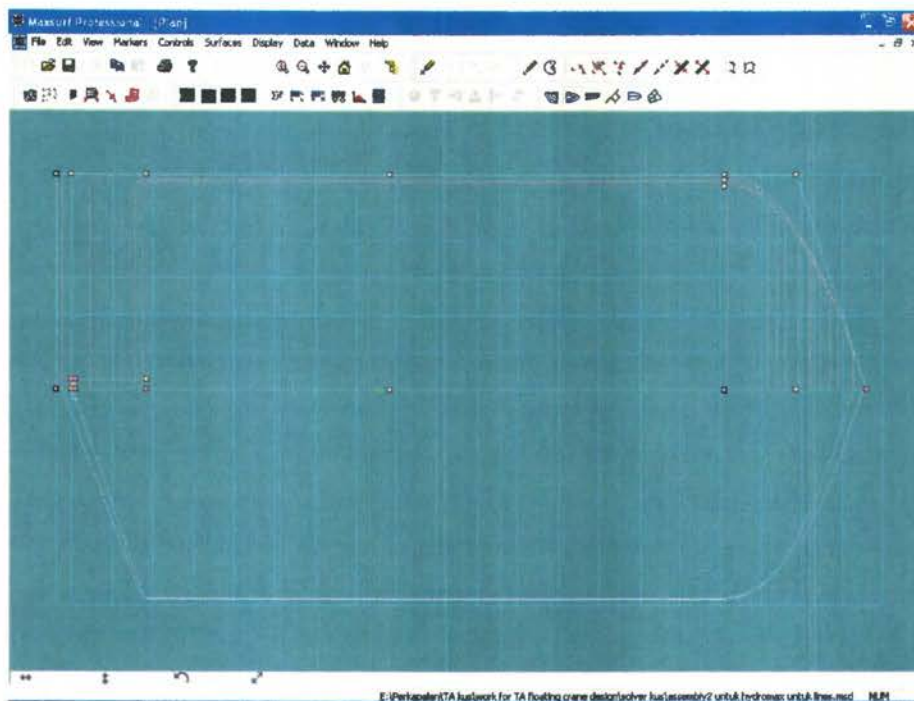
Dari hasil proses optimasi pada Microsoft excel solver, maka data-datanya adalah sebagai berikut :

- Lpp = 42.672 m
- B = 23.000 m
- H = 3.369 m
- T = 2.082 m
- Vs = 5 knot
- Cb = 0.862
- Cm = 0.993
- Cp = 0.868
- Cw = 0.945

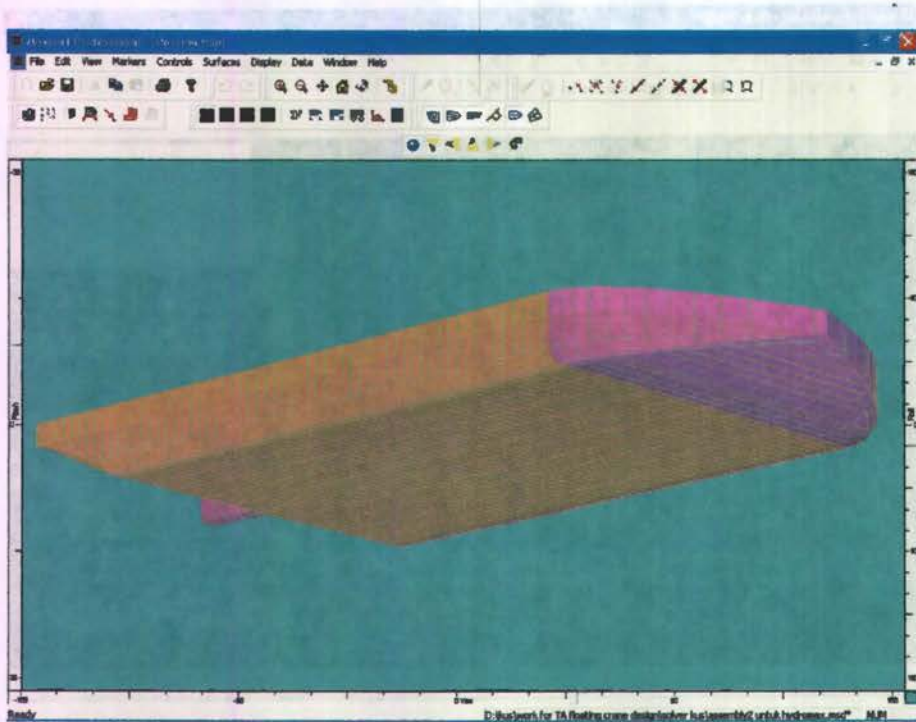
Dari ukuran utama di atas kemudian dilakukan penggambaran Rencana Garis dengan menggunakan Maxsurf Professional 9 (lihat Gambar 4.9, Gambar 4.10, Gambar 4.11).



Gambar 4.10. Body plan *barge*.



Gambar 4.11. *Half breadth plan barge*.



Gambar 4.12. Model 3 dimensi barge.

Kemudian data Rencana Garis dari Maxsurf Professional 9 di-*export* ke Autocad (lihat lampiran).

4.5. Perencanaan Hidrostatik dan *Bonjean*

4.5.1. Lengkungan Hidrostatik

Fungsi lengkung hidrostatik adalah untuk mengetahui sifat-sifat badan kapal yang tercelup didalam air, atau dengan kata lain untuk mengetahui sifat-sifat karena. Cara yang paling umum untuk menggambarkan lengkung-lengkung *hidrostatik* adalah dengan membuat dua sumbu saling tegak lurus. Sumbu mendatar adalah garis dasar kapal (*base line*) sedangkan garis vertikal menunjukkan sarat tiap *water line* yang dipakai sebagai titik awal pengukuran lengkung-lengkung hidrostatik.

Lengkung-lengkung hidrostatik digambar sampai sarat penuh dan tidak berlaku dan tidak berlaku untuk kapal dalam kondisi trim. Ada 19 lengkung dalam lengkung *hidrostatik*, lengkung-lengkung tersebut adalah:

1. *Water Plan Area* (WPA)

WPA adalah luas bidang garis air yang telah kita rencanakan dalam *lines plan* dari tiap-tiap *water line*. Kemungkinan-kemungkinan bentuk WPA ditinjau dari bentuk alas kapal antara lain:

- Untuk kapal dengan *rise of floor*, pada 0 mWL luas garis air adalah nol. Karena luasan *water line* hanya berupa garis lurus (*base line*), sehingga lengkung WPA dimulai dari titik nol (0,0)

- Untuk kapal tanpa *rise of floor*, pada 0mWL ada luasan yang terbentuk pada garis dasar sehingga luas garis air tidak sama dengan nol.

2. *Coefficient of Water Line (Cwl)*

Cwl adalah nilai perbandingan antara luas bidang garis air tiap water line dengan sebuah segi empat dengan panjang L dan B, dimana L adalah panjang maksimum dari tiap *water line* dan B adalah lebar maksimum dari tiap water line. Cwl dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Cwl = \frac{WPA}{LxB}$$

3. *Ton per Centimetre Immersion (TPC)*

TPC adalah jumlah ton yang diperlukan untuk mengadakan perubahan sarat kapal sebesar 1 cm. Bila kita menganggap tidak ada perubahan luas garis air pada perubahan sarat sebesar 1 cm, atau pada perubahan 1 cm tersebut dinding kapal dianggap vertical. Jika kapal ditenggelamkan sebesar 1cm, maka perubahan volume adalah hasil kali luas garis air dengan tebal pelat pada garis air tersebut. Dengan demikian penambahan volume dan berat dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Penambahan volume} &= t \times WPA \text{ (m}^3\text{)} \\ \text{Penambahan berat} &= t \times WPA \times 1.025 \text{ (ton)} \end{aligned}$$

4. *Midship of Section Area (MSA)*

MSA adalah luas *moulded* kapal pada *section midship* untuk tiap-tiap sarat kapal.

5. *Midship Coefficient (Cm)*

Cm adalah perbandingan luas penampang *midship* kapal dengan luas suatu penampang dengan lebar B dan tinggi T untuk tiap *water line*.

$$Cm = \frac{MSA}{BxT}$$

6. *Block Coefficient (Cb)*

Cb adalah perbandingan isi carene balok dengan panjang L, lebar B, dan tinggi T. hal ini juga berlaku untuk tiap-tiap water line. Dengan demikian Cb dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Cb = \frac{\nabla}{LxBxT}$$

7. *Transverse Center of Buoyancy to Metacenter (TBM)*

TBM adalah jarak titik tekan buoyancy (gaya tekan keatas) secara melintang terhadap titik metacentra, satuannya dalam meter (m).

8. *Prismatic Coefficient (Cp)*

Cp adalah perbandingan volume karene dengan volume prisma dengan luas penampang *midship* kapal dan panjang L. dengan perhitungan lebih lanjut Cp dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Cp = \frac{\nabla}{MSAxL} = \frac{Cb}{Cm}$$

9. *Moment to Change Trim One Centimeter (MTC)*

MTC adalah momen yang diperlukan untuk mengadakan trim sebesar 1 cm, satuannya dalam ton meter. Secara matematis MTC dirumuskan sebagai berikut:

$$MTC = \frac{LBM \times \Delta}{100 \times L_{pp}} \text{ (ton. M)}$$

10. *Displacement due to One Centimeter of Trim by Stern (DDT)*

DDT adalah besarnya perubahan displacement kapal yang diakibatkan oleh perubahan trim kapal sebesar 1 cm. Perumusan DDT adalah sebagai berikut:

$$DDT = \frac{\phi F \times TPC}{L_{pp}} \text{ (ton)}$$

11. *Displacement (Δ)*

Displacement adalah berat air laut yang dipindahkan karena adanya volume badan kapal yang tercelup ke dalam air (karene), termasuk juga akibat tambahan adanya pelat karene. Jadi *displacement* disini adalah penjumlahan dari *displacement moulded* dengan *shell displacement*.

12. *Displacement Moulded ($\Delta_{moulded}$)*

Displacement moulded adalah berat air laut yang dipindahkan karena adanya volume karene tanpa kulit. Nilai ini didapat dari perkalian volume karene dengan berat jenis air laut yaitu 1.025.

13. *Wetted Surface Area (WSA)*

WSA adalah luas permukaan badan kapal yang tercelup dalam air pada setiap *water line*-nya. WSA didapat dari jumlah perkalian *half girth* dengan faktor luas pada setiap *station* dan setiap *water line*-nya.

14. *Shell Displacement*

Shell displacement adalah berat air laut yang dipindahkan karena adanya kulit atau pelat pada karene. Semua satuan *displacement* dalam ton.

15. *Longitudinal Center of Buoyancy to Metacenter (LBM)*

LBM adalah jarak titik tekan *buoyancy* secara memanjang terhadap titik *metacentra*. Satuannya dalam meter.

16. *Longitudinal of Keel to Metacenter (LKM)*

LKM adalah letak *metacentra* memanjang terhadap lunas kapal untuk tiap-tiap sarat kapal. Satuannya dalam meter. LKM didapat dari penjumlahan LBM dengan KB.

17. *Longitudinal Center of Buoyancy (Lcb)*

Lcb adalah jarak titik tekan *buoyancy* terhadap penampang *midship* kapal untuk setiap sarat kapal. Satuannya dalam meter. Tanda (-) dan positif (+) menunjukkan letaknya ada didepan *midship* (+) dan di belakang *midship* (-).

18. Longitudinal Center of Flotation (Lcf)

Lcf adalah jarak titik berat garis air terhadap penampang tengah kapal untuk setiap sarat kapal. Satuannya adalah meter. Tanda (-) dan positif (+) menunjukkan letaknya ada didepan *midship* (+) dan di belakang *midship* (-).

19. Keel to Center of Buoyancy (KB)

KB adalah jarak titik tekan *bouyancy* ke lunas kapal. Satuannya dalam meter (m)

20. Transverse of Keel to Metacenter (TKM)

TKM adalah letak titik metacentra melintang terhadap lunas kapal untuk tiap-tiap *water line*-nya. Satuannya dalam meter.

Tabel 4.7. Data Hidrostatik.

T	Displ	WSA	WPA	Cp	Cb	Cm	Cw	LCB	LCF	KB	TPC	MTC
2.08	1837	1088.1	940.3	0.868	0.862	0.993	0.945	-0.855	-1.426	1.083	9.641	31.412
1.85	1609	1054.4	926.3	0.880	0.872	0.992	0.953	-0.796	-1.169	0.962	9.497	30.004
1.62	1391	1024.7	916.4	0.880	0.872	0.991	0.954	-0.757	-1.055	0.841	9.395	29.025
1.39	1176	987.9	899.7	0.881	0.871	0.989	0.948	-0.735	-0.735	0.72	9.225	27.444
1.16	966	951.7	881.5	0.881	0.870	0.987	0.942	-0.738	-0.697	0.599	9.037	25.788
0.93	759	911.4	860.9	0.882	0.867	0.984	0.934	-0.759	-0.575	0.478	8.826	24.017
0.69	556	868.9	837.6	0.882	0.863	0.978	0.924	-0.812	-0.512	0.358	8.587	22.129
0.46	359.6	819.8	802.5	0.882	0.863	0.979	0.914	-0.907	-0.531	0.237	8.228	19.905
0.23	173.3	775.8	766.7	0.884	0.874	0.989	0.917	-1.102	-0.957	0.117	7.861	18.15

4.5.2 Lengkungan *Bonjean*

Lengkungan *bonjean* adalah kurva atau grafik yang menunjukkan luas *station* sebagai fungsi sarat. Bentuk lengkungan ini mula-mula diperkenalkan oleh seorang sarjana dari Perancis yang bernama *bonjean* pada abad ke-19.

Jadi untuk menghitung luas *station* sampai setinggi sarat yang diinginkan dapat dibaca pada lengkung-lengkung *bonjean* dengan menarik garis mendatar hingga memotong lengkung *bonjean* pada *station* dan sarat yang diinginkan.

Pada umumnya lengkung *bonjean* cukup digambarkan sampai dengan geladak tepi kapal (*upper deck side line*) sepanjang kapal.

Lengkungan *bonjean* berfungsi untuk mendapatkan volume dan *displacement* tanpa kulit pada setiap sarat yang dikehendaki, baik kapal dalam keadaan *even-keel* maupun trim dan juga pada saat kapal terkena gelombang.

Proses pengerjaan dan hasil dari perhitungan *bonjean* secara lengkap dapat dilihat pada lampiran

4.6 Perhitungan Stabilitas Utuh

Yaitu perhitungan untuk mencari besarnya lengan stabilitas kapal dari ukuran utama kapal dan koefisien-koefisiennya. Perhitungan stabilitas disini membutuhkan data-data sebagai berikut:

- $L_{wl} = 43.738 \text{ m}$
- Lebar kapal (B) = 23.000 m
- Sarat kapal (T) = 2.082 m
- Tinggi kapal (H) = 3.369 m
- Tinggi sheer depan (S_F) = 0 m
- Tinggi sheer belakang (S_A) = 0 m
- Δ_0 (displacement kapal) = 1837 ton
- L_d (Panjang bangunan atas) = 0 m
- d (Tinggi bangunan atas) = 0 m
- Koefisien block (C_b) = 0.862
- Coefficient Water line (C_w) = 0.966
- Koefisien midship pada saat sarat (C_x) = 0.959
- Koefisien prismatik melintang pada saat sarat (C_{pv}) = 0.930
- Water plane area (A_0) = 10467.465 ft²
- A_M (area of immersed midship section) = 494.432 ft²
- A_2 (area of vertical centerline plane to depth D) = 1554.706 ft²
- Mean sheer (S) = 0 ft
- D (Mean Depth) = 11.055 ft
- F (Mean Freeboard) = 4.230 ft
- A_1 (WPA pada saat di ketinggian H) = 10572.139 ft²

Dengan data-data diatas, rumus-rumus dibawah ini dapat dihitung besarnya, yaitu:

$$\checkmark \Delta_T = \Delta_0 + (((A_0 + A_1)/2) \times F/35) = 3078.462 \text{ Ton}$$

$$\checkmark \delta = \frac{\Delta_T}{2} - \Delta_0 = -269.037 \text{ Ton}$$

$$\checkmark C_w' = \frac{A_2}{L \times D} = 0.980$$

$$\checkmark C_w'' = C_w' - \frac{140\delta}{B \times D \times L} \times (1 - C_{pv}') = 1.006$$

$$\checkmark C_x' = \frac{A_M + B \times F}{B \times D} = 0.975$$

$$\checkmark C_{pv}' = \frac{35\Delta_T}{A_2 \times B} = 0.922$$

$$\checkmark GG' = KG' - KG = -3.497 \text{ ft}$$

$$\checkmark KG = C_{KG} \times D_M, C_{KG} = 9.131 \text{ ft}$$

$$\checkmark KG' = \frac{D(1 - h_1)\Delta_T - \delta}{2\Delta_0} = 5.634, h_1 = 0.489,$$

lihat gambar A.14 untuk C_{pv}' dan f_1 ('The Theory and Technique of Ship Design', George C. Manning, D. Sc"hal 254)

$$\checkmark f_1 = \frac{D(1 - (A_0 / A_1))}{2F(1 - C_{pv}')} = 0.166$$

$$\checkmark G'B_0 = KG' - KB_0 = 2.070 \text{ ft}$$

$$\checkmark KB_0 = (1 - h_0)H = 3.564 \text{ ft}, h_0 = 0.478,$$

lihat gambar A.14 untuk C_{pv} dan f_0 ('The Theory and Technique of Ship Design', George C. Manning, D. Sc"hal 254)

$$\checkmark f_0 = H((A1/A_0)-1) = 0.116$$

$$\checkmark G'B_{90} = \frac{\Delta_T h_2 B}{4\Delta_0} - \frac{17.5\delta^2}{\Delta_0(A_2 - 70(\delta/B)(1 - CPV''))} = 15.232, h_2 = 0.488,$$

lihat gambar A.14 untuk C_{PV}'' dan f_2 ('*The Theory and Technique of Ship Design*', George C. Manning, D. Sc''hal 254)

$$\checkmark f_2 = 9.1(C_x' - 0.89) = 0.773$$

$$\checkmark G'M_0 = KB_0 + BM_0 - KG' = 74.010$$

$$\checkmark B_0M_0 = \frac{C_1 L B_w^3}{35\Delta_0} = 76.081, C_1 = 0.078,$$

lihat gambar A.15, line 1 untuk C_w ('*The Theory and Technique of Ship Design*', George C. Manning, D. Sc''hal 255)

$$\checkmark G'M_{90} = BM_{90} - G'B_{90} = -14.974$$

$$\checkmark BM_{90} = \frac{C_1' L D^3}{35\Delta_0} + \frac{L_d d D^2}{140\Delta_0} = 0.258, C_1' = 0.084,$$

lihat gambar A.15 garis 1 untuk C_w'' ('*The Theory and Technique of Ship Design*', George C. Manning, D. Sc''hal 255)

$$\checkmark GM_0 = KB_0 + B_0M_0 - KG = 70.514 \text{ ft}$$

$$\checkmark GZ = G'Z' + GG' \sin \phi = 6.316, \phi = 5^\circ$$

$$\checkmark G'Z' = b_1 \sin 2\phi + b_2 \sin 4\phi + b_3 \sin 6\phi = 6.316$$

$$\checkmark b_1 = \frac{9(G'B_{90} - G'B_0)}{8} - \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32} = 12.026$$

$$\checkmark b_2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8} = 7.380$$

$$\checkmark b_3 = \frac{3(G'M_0 - G'M_{90})}{32} - \frac{3(G'B - G'B_0)}{8} = 3.407$$

Tabel 4.8. Nilai GZ dalam ft untuk setiap sudut oleng.

ϕ	\square	\square	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
sin	1	ϕ	0.000	0.087	0.174	0.259	0.342	0.423	0.500	0.574	0.643	0.707	0.766	
sin	2	ϕ	0.000	0.174	0.342	0.500	0.643	0.766	0.866	0.940	0.985	1.000	0.985	
sin	4	ϕ	0.000	0.342	0.643	0.866	0.985	0.985	0.866	0.643	0.342	0.000	-0.342	
sin	6	ϕ	0.000	0.500	0.866	1.000	0.866	0.500	0.000	-0.500	-0.866	-1.000	-0.866	
GG'	sin	1	ϕ	0.000	-0.305	-0.607	-0.905	-1.196	-1.478	-1.748	-2.006	-2.248	-2.472	-2.679
b1	sin	2	ϕ	0.000	2.088	4.113	6.013	7.730	9.213	10.415	11.301	11.844	12.026	11.844
b2	sin	4	ϕ	0.000	2.524	4.743	6.391	7.267	7.267	6.391	4.743	2.524	0.000	-2.524
b3	sin	6	ϕ	0.000	1.703	2.950	3.407	2.950	1.703	0.000	-1.703	-2.950	-3.407	-2.950
GZ			0.000	6.011	11.200	14.906	16.752	16.706	15.058	12.336	9.170	6.147	3.691	

(Lanjutan Tabel 4.8)

ϕ	\square	\square	55	60	65	70	75	80	85	90
sin	1	ϕ	0.819	0.866	0.906	0.940	0.966	0.985	0.996	1.000
sin	2	ϕ	0.940	0.866	0.766	0.643	0.500	0.342	0.174	0.000
sin	4	ϕ	-0.643	-0.866	-0.985	-0.985	-0.866	-0.643	-0.342	0.000
sin	6	ϕ	-0.500	0.000	0.500	0.866	1.000	0.866	0.500	0.000
GG' sin	1	ϕ	-2.864	-3.028	-3.169	-3.286	-3.377	-3.444	-3.483	-3.497
b1 sin	2	ϕ	11.301	10.415	9.213	7.730	6.013	4.113	2.088	0.000
b2 sin	4	ϕ	-4.743	-6.391	-7.267	-7.267	-6.391	-4.743	-2.524	0.000
b3 sin	6	ϕ	-1.703	0.000	1.703	2.950	3.407	2.950	1.703	0.000
GZ			1.990	0.996	0.480	0.127	-0.349	-1.124	-2.216	-3.497

Persyaratan Stabilitas :

- Tinggi Metacentre (MG) pada sudut oleng 0° : tidak boleh kurang dari (\geq) 0.15 m, hasil optimasi MG = 21.492 m (memenuhi)
- Lengan statis (GZ) pada sudut oleng $> 30^\circ$ tidak boleh kurang dari (\geq) 0.20 m, hasil optimasi GZ = 4.589 m (memenuhi)
- Lengan stabilitas statis (GZ) maksimum harus terjadi pada sudut oleng sebaiknya lebih dari (\geq) 15° dan tidak boleh kurang dari 25° , hasil optimasi GZ maks terjadi pada sudut 20° (memenuhi)
- Luasan bidang yang terletak dibawah lengkung lengan statis (GZ) diantara sudut oleng 30° dan 40° tidak boleh kurang dari (\geq) 0.03 m radian, hasil optimasinya adalah 0.652 m (memenuhi)
- Luasan kurva dibawah lengkung lengan statis (GZ) tidak boleh kurang dari (\geq) 0.06 m radian sampai dengan 30° sudut oleng, hasil optimasinya adalah 0.874 m
- Luasan kurva dibawah lengkung lengan statis (GZ) tidak boleh kurang dari (\geq) 0.09 m radian sampai dengan 40° sudut oleng, hasil optimasinya adalah 0.652 m (memenuhi)

Proses pengerjaan dan hasil dari perhitungan stabilitas secara menyeluruh dapat dilihat pada lampiran

4.7. Hasil Perhitungan Trim

Dari hasil optimasi solver diperoleh hasil perhitungan trim sebesar :

$$\begin{aligned} KB/T &= 0.90 - 0.30 C_M - 0.1 C_B \\ &= 0.522 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_I &= 0.1216 C_{WP} - 0.0410 \\ &= 0,076 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BM_T &= I_T / \nabla \\ &= 21.63 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{IL} &= 0.350 C_{WP}^2 - 0.405 C_{WP} + 0.146 \\ &= 0.0816 \end{aligned}$$

$$BM_L = I_L / \nabla$$

$$= 79.33$$

$$GM_L = BM_L + KB - KG$$

$$= 76.77$$

$$\text{Trim} = (LCG - LCB) \cdot L / GM_L \quad (\text{m})$$

$$\text{Trim} = 0,01$$

Trim yang terjadi adalah Trim Buritan.

Koreksi terhadap trim : $LCG - LCB \leq 0.1 \% L_{pp}$

$$0.04267 \leq 0.04267 \quad (\text{memenuhi})$$

4.8. Penggambaran Rencana Umum (*General Arrangement*)

Setelah penggambaran rencana garis (lines plan) selesai selanjutnya dilakukan penggambaran rencana umum. Langkah-langkah pengerjaannya sebagai berikut:

4.8.1. Perhitungan Hambatan (W)

Besarnya tahanan yang terjadi pada *barge* terbagi dalam dua bagian yaitu tahanan air dan tahanan angin dari tongkang.

$$\text{Besarnya tahanan air} \quad W = f \cdot S \cdot v^{1.83} + p \cdot F_x \cdot V^2 \quad \dots \dots \dots (\text{kg})$$

$$\text{Besarnya tahanan angin} \quad W = 0.0041 \cdot (0.3A_1 + A_2) \cdot V_A^2 \quad \dots \dots \dots (\text{lbs})$$

dimana,

f = konstanta = 0.17 untuk bahan obyek adalah baja

S = Luas Permukaan Basah (m^2)

v = Kecepatan tongkang (meter / detik)

p = konstanta = 16, untuk tongkang dengan rake haluan atau buritan bersudut 30° sampai 35° .

F_x = Luas Penampang *Midship* (m^2)

A_1 = Luas penampang melintang badan kapal di atas permukaan air (ft^2)

A_1 = Luas proyeksi *transversal* bangunan atas (ft^2)

V_A = Kecepatan relatif angin (ft/sec)

Berdasarkan rumusan tersebut di atas maka besarnya tahanan kapal *self propelled barge* yang direncanakan adalah sebagai berikut:

- Tahanan air

Data :	f	=	0.17	
	S	=	1083.016 (m^2) [dari data hidrostatik]
	v	=	5 knot = 5 x 0.5144 = 2.572 meter/detik	
	p	=	16	
	F_x	=	77.502 (m^2) [dari data hidrostatik]

$$W_{air} = f \cdot S \cdot v^{1.83} + p \cdot F_x \cdot V^2$$

$$W_{air} = 0.17 \times 1083.016 \times 2.572^{1.83} + 16 \times 77.502 \times 2.572^2$$

$$W_{air} = 9240.286 \text{ kg}$$

- **Tahanan Angin**

Data :

A_1 (Lateral Area)	=	29.626 m ²	=	318.891 ft ²
A_2 (Frontal Area)	=	33.12 m ²	=	356.500 ft ²
V_A (Wind Speed)	=	7.716 m/s	=	25.31 ft/sec

$$W_{angin} = 0.0041 \cdot (0.3A_1 + A_2) \cdot V_A^2$$

$$W_{angin} = 0.0041 \cdot (0.3 \times 318.891 + 356.500) \times 25.31^2$$

$$W_{angin} = 1188.052 \text{ lbs} = 538.707 \text{ kg}$$

- **Tahanan Barge**

$$W = W_{air} + W_{angin} = 9240.286 + 538.707 = 9778.993 \text{ kg}$$

$$= 95.931 \text{ KN}$$

4.8.2 Penentuan Daya Mesin

4.8.2.a. Perhitungan *Effective Power*

$$EHP = W \times V$$

$$EHP = 335.3543 \text{ HP}$$

Untuk jumlah propeller 2 maka

$$EHP = 125.036 \text{ kW}$$

4.8.2.b. Perhitungan *Thrust (T)*

$$T = \frac{W}{1-t}$$

$$T = \text{Trust power (kN)}$$

Dimana t , sebagai berikut:

$$t = 0.5 C_p - 0.18$$

$$t = 0.288$$

Dari hasil persamaan diatas maka ditentukan hasil dari:

$$T = 67.429 \text{ kN}$$

4.8.2.c. Perhitungan *Delivery Horse Power (DHP)*

$$DHP = \frac{EHP}{(\eta_H \cdot \eta_R \cdot \eta_o)}$$

$$DHP = 714.463 \text{ kW}$$

$$= 971.383 \text{ HP}$$

4.8.2.d. Perhitungan *Shaft Horse Power* (SHP)

$$\text{SHP} = \frac{DHP}{\eta_s \cdot \eta_{rg}}$$

Dimana,

$$\eta_s = 0.985$$

$$\eta_{rg} = 0.98$$

Dari hasil persamaan di atas maka ditentukan hasil dari:

$$\text{SHP} = 740.146 \text{ kW}$$

$$= 1006.302 \text{ HP}$$

4.8.2.e. Perhitungan *Shaft Horse Power* (SHP)

$$\text{BHP} = \text{SHP} + 3\% \text{ SHP} + 15\% \text{ SHP}$$

Dimana,

3% = koreksi letak kamar mesin dibelakang

15% = koreksi daerah pelayaran nusantara

Dari hasil persamaan diatas maka didapatkan:

$$\text{BHP} = 1187.437 \text{ HP}$$

$$= 885.471 \text{ kW}$$

4.8.3. Penentuan LWT dan DWT

4.8.3.a. Perhitungan Berat Baja

$$\begin{aligned} W_{\text{StR}} = & \nabla u \cdot C_1 \cdot \left[1 + 0.033 \left(\frac{L}{D} - 12 \right) \right] \cdot \left[1 + 0.06 \left(n - \frac{D}{4} \right) \right] \\ & \cdot \left[1 + 0.05 \left(1.85 - \frac{B}{D} \right) \right] \cdot \left[1 + 0.2 \left(\frac{T}{D} - 0.85 \right) \right] \cdot \left[0.92 + (1 - C_{\text{BD}})^2 \right] \\ & \cdot \left[1 + 0.75 C_{\text{BD}} (C_{\text{M}} - 0.98)^2 \right] \quad [\text{ton}] \\ & = 859.48 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$W_{\text{str tot}} = W_{\text{str}} + \text{koreksi}$$

$$= 826.21 \text{ ton}$$

Proses pengerjaan dan hasil dari perhitungan berat baja kapal secara menyeluruh dapat dilihat pada lampiran

4.8.3.b Berat *Outfitting* dan *Equipment*

Perhitungan berat *outfitting* dan *equipment* mengacu pada pendekatan yang ada pada buku (Watson, 1988)

➤ Berat *Outfitting dan Equipment*

Yaitu :

$$W_{O\&E} = Co.L.B \\ = 357.214 \text{ ton}$$

➤ Berat *crane* (lihat Tabel 4.6)

Rumus pendekatan yang digunakan adalah

$$W_{crane} = 109.07 \text{ ton}$$

Maka total berat *outfitting dan Equipment*

$$W_{O\&Etot} = 466.281 \text{ ton}$$

4.8.3.c Berat Instalasi Permesinan

Perhitungan berat instalasi permesinan mengacu pada pendekatan yang ada pada buku (Watson, 1988) dan (Schneecluth and Bertram, 1998). Dimana untuk berat instalasi permesinan dibagi dalam beberapa grup yaitu :

- Berat Mesin Utama, dimana untuk berat mesin dapat dilihat pada katalog mesin

$$W_{machinery} = 7.74 \text{ ton}$$

- Berat Gearbox dengan menggunakan katalog atau rumus pendekatan pada buku

$$W_{Ger} = 0.34 - 0.4 \frac{P_B}{n} \quad \text{dimana } n = \text{RPM}$$

$$W_{Ger} = 0.58 \text{ ton}$$

- Berat Poros

$$W_{Shf} = 0.081 (P_D/n)^{2/3}$$

$$W_{Shf} = 0.226 \text{ ton}$$

- Berat *Propeller*

$$W_{prop} = D^3 \times K$$

dimana K untuk *Fixed pitch propeller*, $K = 0.18 A_E/A_O - (Z-2)/100$

$$W_{prop} = 0.251 \text{ ton}$$

- Berat *Auxiliary machine*, dimana untuk berat mesin dapat dilihat pada katalog mesin

$$W_{Aux} = 3.333 \text{ ton}$$

4.8.3.d Berat Cadangan

$$W_{res} = 3\% \times \text{Displacement}$$

$$W_{res} = 55.116 \text{ ton}$$

$$\text{Berat total komponen LWT} = 1306.130 \text{ ton}$$

4.8.3.e Perhitungan DWT

- Kebutuhan bahan bakar

$$W_{\text{bahan bakar}} = W_{\text{bahan bakar Main Engine}} + W_{\text{bahan bakar Auxiliary Engine}}$$

$$W_{\text{bahan bakar}} = 327.36 \text{ ton}$$

- Kebutuhan minyak pelumas

$$W_{\text{lumas}} = (0.01 - 0.03) \times W_{\text{bahan bakar}}$$

$$W_{\text{lumas}} = 10.765 \text{ ton}$$

➤ Kebutuhan air tawar

$$W_{\text{air tawar}} = 20 \text{ kg/Person/Days}$$

$$W_{\text{air tawar}} = 0.08 \text{ ton}$$

Untuk *engine cooler*

$$W_{\text{air tawar}} = 3 \text{ kg/kW}$$

$$W_{\text{air tawar}} = 6 \text{ ton}$$

Berat air tawar total

$$W_{\text{air tawar total}} = 6.08 \text{ ton}$$

➤ Kebutuhan makanan (provisions)

$$W_{\text{provisions}} = 4 \text{ kg/person}$$

$$W_{\text{provisions}} = 0.012 \text{ ton}$$

➤ Berat orang dan bawaan

➤ $W_{\text{orang dan bawaan}} = 135 \text{ kg/person}$

$$W_{\text{orang dan bawaan}} = 0.54 \text{ ton}$$

➤ Berat *oil boom*

$$W_{\text{oil boom}} = 1.52 \text{ ton}$$

➤ Berat beban yang diangkat

$$W_{\text{beban}} = 100 \text{ ton}$$

Berat total koompanen DWT = 476.24 ton

4.8.3.f Perhitungan Koreksi *Displacement*.

Pada perhitungan koreksi, dilakukan perbandingan antara *displacement* rumus dengan *displacement* hasil dari perhitungan.

$$\begin{aligned} \nabla_{\text{rumus}} &= L \cdot B \cdot T \cdot C_B \cdot \rho_{\text{air}} \\ &= 1837.2008 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\nabla_{\text{total}} = 1843.294 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi} &= \frac{\nabla_{\text{rumus}} - \nabla_{\text{total}}}{\nabla_{\text{rumus}}} \times 100\% \\ &= \frac{1837.200 - 1843.294}{1837.200} \times 100\% \\ &= -0,003316 \% (< \pm 0,5 \%) \text{ [memenuhi]} \end{aligned}$$

4.8.4. Perencanaan Konstruksi

Perencanaan konstruksi ini mengacu pada aturan “Biro Klasifikasi Indonesia Volume II Tahun 2005”.

a. Jarak gading

- Jarak gading (a_0) dari 0.2L dibelakang FP sampai sekat ceruk buritan adalah :

$$a_0 = \frac{L}{0.6} + 470 \text{ mm}$$

$$a_0 = 541.12 \text{ mm, diambil } 600 \text{ mm}$$

$$a_{0\text{max}} = 1.0 \text{ (m)}$$

- Jarak gading untuk yang didepan sekat tubrukan dan di belakang sekat ceruk buritan tidak boleh melebihi 600 mm, diambil 600 mm
- Untuk di kamar mesin jarak antar *web frame* rata-rata 3.5 m
- b. Tinggi dasar ganda
 - $h = 350 + 45.B$
 - $h = 1385 \text{ mm}, h_{\min} = 600 \text{ mm}$
 - maka h yang diambil adalah 600 mm
- c. Perencanaan sekat-sekat
 - Semua kapal pasti mempunyai sekat tubrukan, sekat *stern tube* dan satu sekat kedap kamar mesin
 - Sekat Tubrukan
 - Jarak sekat tubrukan (l) dari FP mengikuti aturan di bawah ini :
 - Untuk $0.05 L_c \leq L_c \leq 0.08 L_c$
 - Hasil optimasi menunjukkan bahwa $L_c = 42.672 \text{ m}$, maka jarak sekat tubrukan (yang diambil) dari FP (l) adalah 3.6 m , $l_{\min} = 0.05L_c = 2.1336 \text{ m}$
 - Sekat ceruk buritan
 - Letak sekat ceruk buritan minimal 3 jarak gading dari ujung depan bos propeller. jarak gading diambil 600 mm, jadi letak sekat ceruk buritan dari ujung depan bos propeller adalah 1.62 m.
 - Sekat kamar mesin
 - Perencanaan kapal ini menempatkan ruang mesin ditengah kapal
- d. Perhitungan Tangki-tangki
 - Tangki air tawar
 - $W_{FW} = 6.08 \text{ ton}$
 - $V_{FR} = 6.32 \text{ m}^3$
 - Tangki bahan bakar
 - $W_{\text{bahan bakar}} = 299.03 \text{ ton}$
 - $V_{fo} = W_{fo}/\gamma_{FO}$
 - $V_{fo} = 299.03/0.85 = 327.36 \text{ m}^3$
 - Tangki minyak lumas
 - $W_{lumas} = 10.765 \text{ ton}$
 - $V_{lumas} = W_{lumas}/\gamma_{DO}$
 - $V_{lumas} = 10.765/0.92 = 12.44 \text{ m}^3$
- e. Perlengkapan Geladak

Nama Perlengkapan	Jumlah
○ Revolved crane	1
○ Dispersant sprayer	2
○ Fire monitor	2
- f. Ruang Akomodasi
 - Tinggi ruangan dalam keadaan bebas yang direncanakan 240 cm
 - Mess room 1
 - Pantry terdapat di Mess Room
 - Kamar mandi dan WC
 - 1 kamar mandi dan WC ada di Wheel House
- g. Peralatan Kapal
 - Peralatan Keselamatan
 1. Life Jacket (jumlah 4)
 2. Life Bouy (jumlah 2)
 - Peralatan pemadam kebakaran

- Pemadam kebakaran utama dengan fire monitor ditempatkan pada geladak berjumlah 1 buah kemampuan 2400 m³/jam dan jangkauan minimum 120 m
- Peralatan pemadam kebakaran yang dipakai adalah portable foam type, yang ditempatkan pada ruangan-ruangan berikut ini:
 1. Crew room (2)
 2. Engine room (2)
 3. Wheel House (1)
 4. Crane Control room (2)
- Jangkar dan Tali Tambat
Jangkar dan tali tambat dan tali tambat diperoleh berdasarkan angka penunjuk pada "BKI Volume II 2005".

$$Z = D^{2/3} + 2 hB + \frac{A}{10}$$

D = Moulded Displacement (ton)

h = f_b + Σh'

f_b = freeboard (m)

Σh' = Penjumlahan tinggi *superstructure* dan *deck houses*

A = Luas *superstructure* dan *deck houses* dengan B > B_{moulded}/4

jadi Z = 320.891, maka

- Tipe Stockless anchor
- Jumlah jangkar 3 buah
- Berat satu jangkar 1020 kg.

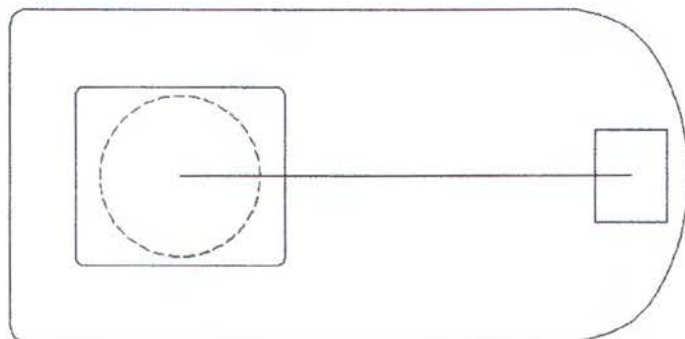
4.9 Perhitungan Stabilitas Kondisi Pengangkatan

Tahap akhir dari analisis teknis terhadap kapal yang direncanakan ini adalah perhitungan stabilitas secara menyeluruh, sehingga dapat diketahui karakteristik *floating crane* ketika melakukan berbagai posisi pengangkatan. Dan proses perhitungan dibagi menjadi beberapa bagian yaitu : perhitungan lengan beban, kondisi pembebanan dan grafik stabilitas. Perhitungan stabilitas dalam penelitian menggunakan *software* Hydromax.

4.9.1 Perhitungan Lengan Beban

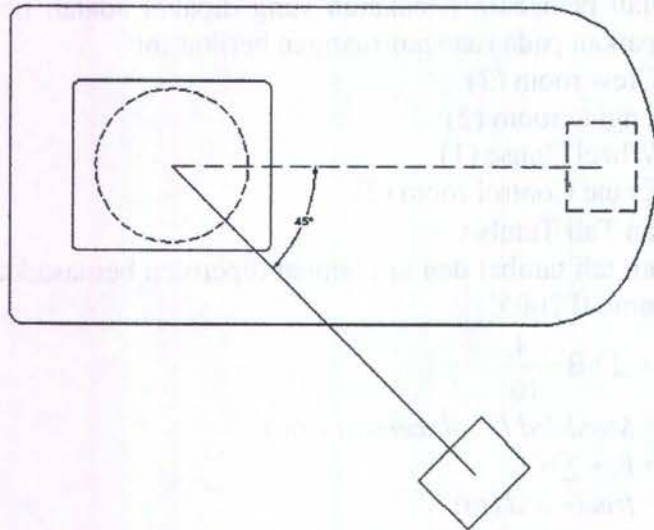
Hasil perhitungan lengan beban yaitu berdasar pada berbagai kondisi pengangkatan. Kondisi pengangkatan diasumsikan ada 3 kondisi dengan tinggi pengangkatan maksimal yaitu:

1. Pengangkatan beban dengan sudut 0° (kondisi 1)



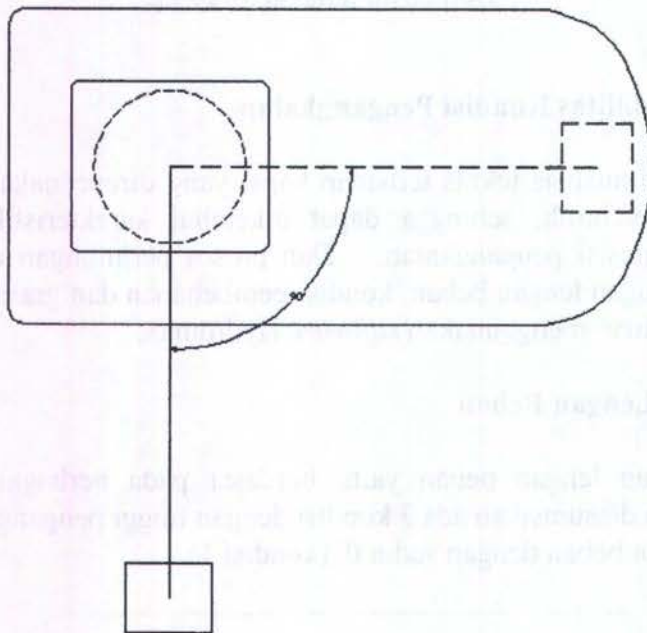
Gambar 4.13. Pengangkatan beban sudut 0°.

2. Pengangkatan beban dengan sudut 45° (kondisi 2)



Gambar 4.14. Pengangkatan beban sudut 45° .

3. Pengangkatan beban dengan sudut 90° (kondisi 2)



Gambar 4.15. Pengangkatan beban sudut 90° .

Hasil Perhitungan lengan beban :

Tabel 4.9 Titik berat beban

	0	45	90
KG	18.541	18.541	18.541
LCG	16.431	15.028	29.170
TVG	10	14.14214	20

4.9.2 Kondisi Pengangkatan Beban dan Grafik Stabilitas

4.9.2.a. Kondisi 1

Tabel 4.10. Kondisi 1 (pengangkatan beban dengan sudut 0°).

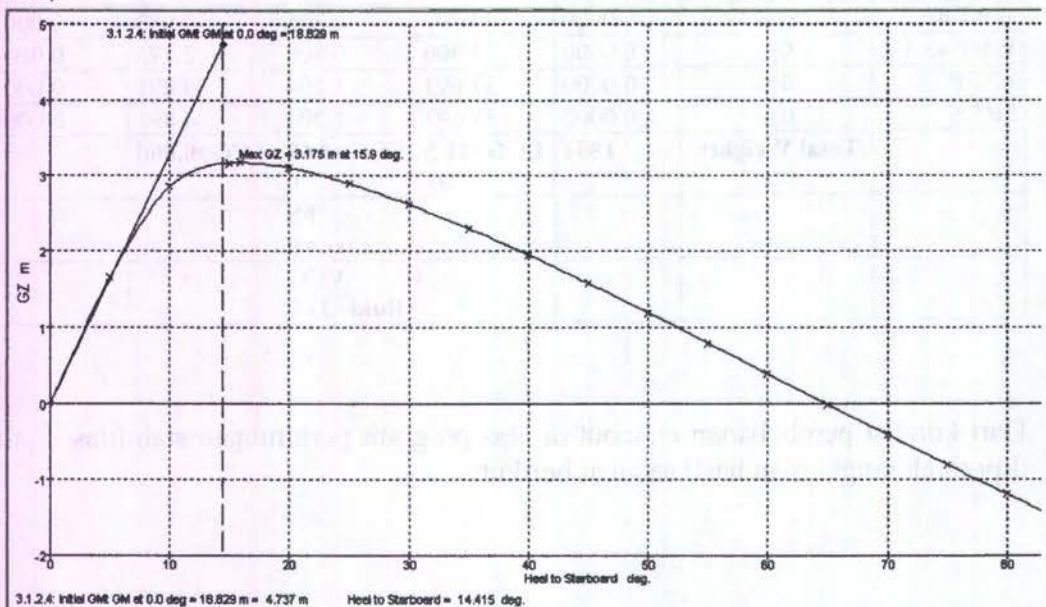
Item Name	Quantity	Weight tonne	Long Arm m	Vert. Arm m	Trans. Arm m	FS Mom. tonne.m
Lightship	1	1614	22.634	3.086	0.000	0.000
lifting load	1	100.0	16.431	18.541	0.000	0.000
wbt P.1	0%	0.0000	18.900	0.300	-2.375	0.000
wbt P.2	0%	0.0000	18.900	0.305	-7.982	0.000
LOT P.1	100%	3.146	26.400	0.300	-2.375	0.000
LOT P.2	100%	4.279	26.400	0.305	-7.983	0.000
LOT S.1	100%	3.146	26.400	0.300	2.375	0.000
LOT S.2	100%	4.279	26.400	0.305	7.983	0.000
wbt S.1	0%	0.0000	18.900	0.300	2.375	0.000
wbt S.2	0%	0.0000	18.900	0.305	7.982	0.000
DOT P.1	100%	4.309	24.300	0.300	-2.375	0.000
DOT P.2	100%	5.86	24.300	0.305	-7.983	0.000
DOT S	100%	4.309	24.300	0.300	2.375	0.000
DOT S	100%	5.86	24.300	0.305	7.983	0.000
FWT 1P.1	100%	3.420	13.800	0.300	-2.375	0.000
FWT 1P.2	100%	4.651	13.800	0.305	-7.982	0.000
FWT 1S.1	100%	3.420	13.800	0.300	2.375	0.000
FWT 1S.2	100%	4.651	13.800	0.305	7.982	0.000
foT 1P.1	100%	20.99	8.700	0.300	-2.375	0.000
foT 1P.2	100%	28.55	8.700	0.305	-7.982	0.000
foT 1S.1	100%	20.99	8.700	0.300	2.375	0.000
foT 1S.2	100%	28.55	8.700	0.305	7.982	0.000
WBT 3P.1	0%	0.0000	29.400	0.300	-2.375	0.000
WBT 3P.2	0%	0.0000	29.400	0.305	-7.983	0.000
WBT 3S.1	0%	0.0000	29.400	0.300	2.375	0.000
WBT 3S.2	0%	0.0000	29.400	0.305	7.983	0.000
APT P	0%	0.0000	2.949	1.287	-5.572	0.000
APT S	0%	0.0000	2.949	1.287	5.572	0.000
WBT 4P.1	0%	0.0000	33.300	0.300	-2.375	0.000
WBT 4S.2	0%	0.0000	33.300	0.305	7.983	0.000
WBT 4P.2	0%	0.0000	33.300	0.305	-7.983	0.000
WBT 4S.1	0%	0.0000	33.300	0.300	2.375	0.000
FPT P	0%	0.0000	37.693	1.204	-4.891	0.000
FPT S	0%	0.0000	37.693	1.204	4.891	0.000
	Total Weight=	1864	LCG=21.5 32	VCG=3.69 0	TCG=0.000	0
				FS corr.=0		
				VCG fluid=3.69		

Dari kondisi pembebanan tersebut di atas program perhitungan stabilitas dijalankan dan diperoleh rangkuman hasil sebagai berikut:

Tabel 4.11. Hasil perhitungan stabilitas.

Item	
Draft Amidsh. m	2.136
Displacement tonne	1864
Heel to Starboard degrees	0.0
Draft at FP m	2.465
Draft at AP m	1.807
Draft at LCF m	2.121
Trim (+ve by stern) m	-0.658
WL Length m	42.881
WL Beam m	22.998
Wetted Area m ²	1072.235
Waterpl. Area m ²	920.225
Prismatic Coeff.	0.789
Block Coeff.	0.784
Midship Area Coeff.	0.994
Waterpl. Area Coeff.	0.933
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0.234
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0.993
KB m	1.110
KG fluid m	3.690
BMt m	21.411
BML m	68.345
GMt m	18.830
GML m	65.764
KMt m	22.521
KML m	69.455
Immersion (TPc) tonne/cm	9.434
MTc tonne.m	28.728
RM at 1 deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	612.590
Max deck inclination deg	0.9
Trim angle (+ve by stern) deg	+0.1

Berdasarkan perhitungan tersebut di atas maka grafik stabilitas untuk kondisi pembebanan 1 dapat digambarkan. Grafik-grafik stabilitas tersebut di atas adalah sebagai berikut,



Gambar 4.16. Kurva stabilitas kondisi 1.

Pada kondisi seperti ini *floating crane* aman karena mengalami trim buritan sebesar 0.1° dan sudut kemiringan *barge* terhadap starboard 0° .

4.9.2.b. Kondisi 2

Tabel 4.12. Kondisi 2 (kondisi pengangkatan beban dengan sudut 45°).

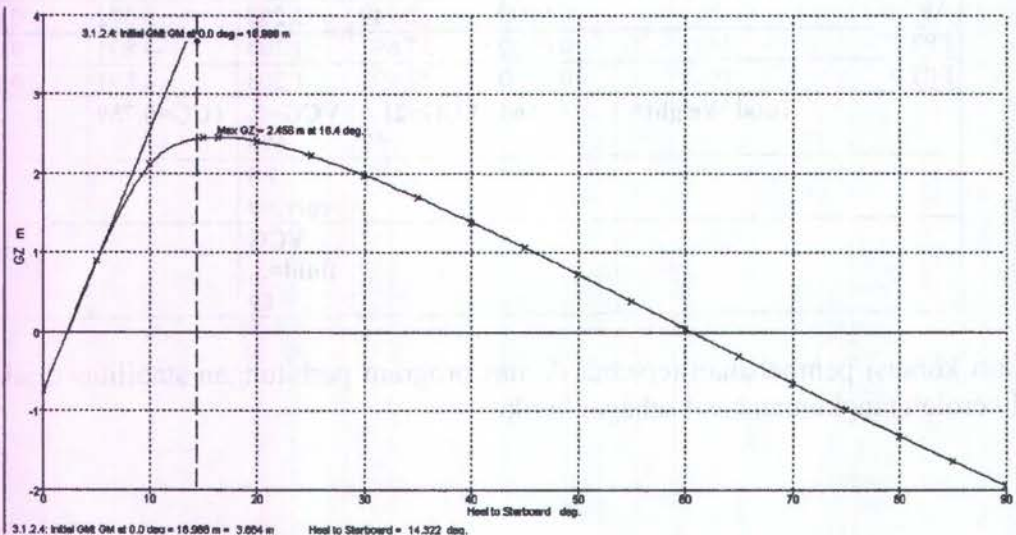
Item Name	Quantity	Weight tonne	Long. Arm m	Vert. Ar m m	Trans. Arm m	FS Mom. tonne.m
Lightship	1	1614	22.634	3.086	0.000	0.000
lift load	1	100.0	15.028	18.541	14.142	0.000
wbt P.1	0%	0.0000	18.900	0.300	-2.375	0.000
wbt P.2	0%	0.0000	18.900	0.305	-7.982	0.000
LOT P.1	100%	3.146	26.400	0.300	-2.375	0.000
LOT P.2	100%	4.279	26.400	0.305	-7.983	0.000
LOT S.1	100%	3.146	26.400	0.300	2.375	0.000
LOT S.2	100%	4.279	26.400	0.305	7.983	0.000
wbt S.1	0%	0.0000	18.900	0.300	2.375	0.000
wbt S.2	0%	0.0000	18.900	0.305	7.982	0.000
DOT P.1	100%	4.309	24.300	0.300	-2.375	0.000
DOT P.2	100%	5.86	24.300	0.305	-7.983	0.000
DOT S	100%	4.309	24.300	0.300	2.375	0.000
DOT S	100%	5.86	24.300	0.305	7.983	0.000
foT 1P.1	100%	20.99	8.700	0.300	-2.375	0.000
foT 1P.2	100%	28.55	8.700	0.305	-7.982	0.000
foT 1S.1	100%	20.99	8.700	0.300	2.375	0.000
foT 1S.2	100%	28.55	8.700	0.305	7.982	0.000
FWT 1P.1	100%	3.420	13.800	0.300	-2.375	0.000
FWT 1P.2	100%	4.651	13.800	0.305	-7.982	0.000
FWT 1S.1	100%	3.420	13.800	0.300	2.375	0.000
FWT 1S.2	100%	4.651	13.800	0.305	7.982	0.000
WBT 3P.1	0%	0.0000	29.400	0.300	-2.375	0.000
WBT 3P.2	0%	0.0000	29.400	0.305	-7.983	0.000
WBT 3S.1	0%	0.0000	29.400	0.300	2.375	0.000
WBT 3S.2	0%	0.0000	29.400	0.305	7.983	0.000
WBT 4P.1	0%	0.0000	33.300	0.300	-2.375	0.000
WBT 4P.2	0%	0.0000	33.300	0.305	-7.983	0.000
WBT 4S.1	0%	0.0000	33.300	0.300	2.375	0.000
WBT 4S.2	0%	0.0000	33.300	0.305	7.983	0.000
APT P	0%	0.0000	2.949	1.287	-5.572	0.000
APT S	0%	0.0000	2.949	1.287	5.572	0.000
FPT P	0%	0.0000	37.693	1.204	-4.891	0.000
FPT S	0%	0.0000	37.693	1.204	4.891	0.000
	Total Weight=	1864	LCG=21.4	VCG=3.	TCG=0.759	0
			57	690		
				FS		
				corr.=0		
				VCG		
				fluid=3.		
				69		

Dari kondisi pembebanan tersebut di atas program perhitungan stabilitas dijalankan dan diperoleh rangkuman hasil sebagai berikut:

Tabel 4.13. Hasil perhitungan stabilitas.

Draft Amidsh. m	2.134
Displacement tonne	1865
Heel to Starboard degrees	1.9
Draft at FP m	2.446
Draft at AP m	1.822
Draft at LCF m	2.117
Trim (+ve by stern) m	-0.624
WL Length m	43.743
WL Beam m	23.017
Wetted Area m ²	1078.935
Waterpl. Area m ²	926.935
Prismatic Coeff.	0.778
Block Coeff.	0.652
Midship Area Coeff.	0.838
Waterpl. Area Coeff.	0.921
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0.157
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-1.127
KB m	1.093
KG fluid m	3.690
BMt m	21.590
BML m	69.802
GMt m	19.024
GML m	67.236
KMt m	22.683
KML m	70.895
Immersion (TPc) tonne/cm	9.503
MTc tonne.m	29.378
RM at 1deg =	619.039
GMt.Disp.sin(1) tonne.m	
Max deck inclination deg	2.4
Trim angle (+ve by stern) deg	+0.2

Berdasarkan perhitungan tersebut di atas maka grafik stabilitas untuk kondisi pembebanan 2 dapat digambarkan. Grafik-grafik stabilitas tersebut di atas adalah sebagai berikut,



Gambar 4.17. Kurva stabilitas kondisi 2.

Pada kondisi seperti ini *floating crane* mengalami trim buritan sebesar 0.1° dan sudut kemiringan *barge* terhadap starboard 1.9° .

4.9.2.c. Kondisi 3

Tabel 4.14. Kondisi 3 (pengangkatan beban dengan sudut 90°).

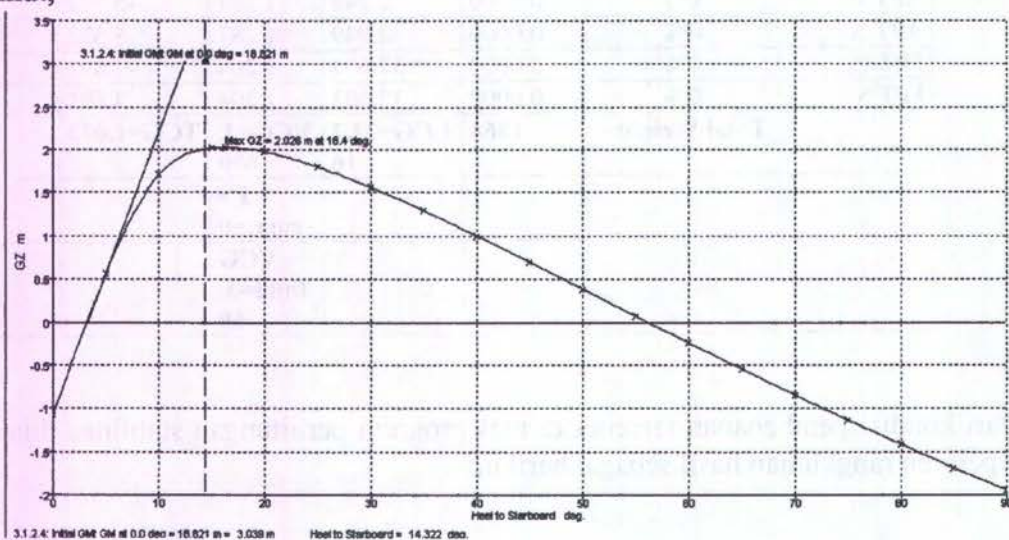
Item Name	Quantity	Weight tonne	Long.Arm m	Vert.Ar m m	Trans.Arm m	FS Mom. tonne.m
Lightship	1	1614	22.634	3.086	0.000	0.000
lifting load	1	100.0	29.170	18.541	20.000	0.000
wbt P.1	0%	0.0000	18.900	0.300	-2.375	0.000
wbt P.2	0%	0.0000	18.900	0.305	-7.982	0.000
LOT P.1	100%	3.146	26.400	0.300	-2.375	0.000
LOT P.2	100%	4.279	26.400	0.305	-7.983	0.000
LOT S.1	100%	3.146	26.400	0.300	2.375	0.000
LOT S.2	100%	4.279	26.400	0.305	7.983	0.000
wbt S.1	0%	0.0000	18.900	0.300	2.375	0.000
wbt S.2	0%	0.0000	18.900	0.305	7.982	0.000
DOT P.1	100%	4.309	24.300	0.300	-2.375	0.000
DOT P.2	100%	5.86	24.300	0.305	-7.983	0.000
DOT S	100%	4.309	24.300	0.300	2.375	0.000
DOT S	100%	5.86	24.300	0.305	7.983	0.000
foT 1P.1	100%	20.99	8.700	0.300	-2.375	0.000
foT 1P.2	100%	28.55	8.700	0.305	-7.982	0.000
foT 1S.1	100%	20.99	8.700	0.300	2.375	0.000
foT 1S.2	100%	28.55	8.700	0.305	7.982	0.000
FWT 1P.1	100%	3.420	13.800	0.300	-2.375	0.000
FWT 1P.2	100%	4.651	13.800	0.305	-7.982	0.000
FWT 1S.1	100%	3.420	13.800	0.300	2.375	0.000
FWT 1S.2	100%	4.651	13.800	0.305	7.982	0.000
WBT 3P.1	0%	0.0000	29.400	0.300	-2.375	0.000
WBT 3P.2	0%	0.0000	29.400	0.305	-7.983	0.000
WBT 3S.1	0%	0.0000	29.400	0.300	2.375	0.000
WBT 3S.2	0%	0.0000	29.400	0.305	7.983	0.000
WBT 4P.1	0%	0.0000	33.300	0.300	-2.375	0.000
WBT 4P.2	0%	0.0000	33.300	0.305	-7.983	0.000
WBT 4S.1	0%	0.0000	33.300	0.300	2.375	0.000
WBT 4S.2	0%	0.0000	33.300	0.305	7.983	0.000
APT P	0%	0.0000	2.949	1.287	-5.572	0.000
APT S	0%	0.0000	2.949	1.287	5.572	0.000
FPT P	0%	0.0000	37.693	1.204	-4.891	0.000
FPT S	0%	0.0000	37.693	1.204	4.891	0.000
	Total Weight=	1864	LCG=22.2 16	VCG=3. 690	TCG=1.073	0
				FS corr.=0		
				VCG fluid=3. 69		

Dari kondisi pembebanan tersebut di atas program perhitungan stabilitas dijalankan dan diperoleh rangkuman hasil sebagai berikut:

Tabel 4.15. Hasil perhitungan stabilitas.

Draft Amidsh. m	2.143
Displacement tonne	1864
Heel to Starboard degrees	2.3
Draft at FP m	2.708
Draft at AP m	1.579
Draft at LCF m	2.120
Trim (+ve by stern) m	-1.128
WL Length m	43.754
WL Beam m	23.036
Wetted Area m ²	1069.100
Waterpl. Area m ²	916.773
Prismatic Coeff.	0.723
Block Coeff.	0.576
Midship Area Coeff.	0.797
Waterpl. Area Coeff.	0.910
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0.946
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0.896
KB m	1.092
KG fluid m	3.690
BMt m	21.377
BML m	67.529
GMt m	18.841
GML m	64.994
KMt m	22.468
KML m	68.621
Immersion (TPc) tonne/cm	9.399
MTc tonne.m	28.394
RM at 1deg =	612.994
GMt.Disp.sin(1) tonne.m	
Max deck inclination deg	3.6
Trim angle (+ve by stern) deg	+1.1

Berdasarkan perhitungan tersebut di atas maka grafik stabilitas untuk kondisi pembebanan 2 dapat digambarkan. Grafik-grafik stabilitas tersebut di atas adalah sebagai berikut,



Gambar 4.18. Kurva stabilitas kondisi 3.

Pada kondisi seperti ini *floating crane* mengalami trim buritan sebesar 1.1° dan sudut kemiringan *barge* terhadap starboard 2.3° .

4.9.3 Kondisi Pengangkatan Beban dengan Pengaruh Angin dan Grafik Stabilitas

Perhitungan stabilitas ini yaitu pada kondisi pengangkatan beban dengan pengaruh tekanan angin. Untuk menghitung besarnya pengaruh tekanan angin terhadap beban (x), diambil tekanan angin 504 Pa (IMO Resolution A.749(18), 2002).

$$x = 504 \text{ kg/m}^2 \times \text{luas beban yang terkena angin}$$

$$x = 504 \text{ kg/m}^2 \times 9 \text{ m}^2$$

$$x = 4536 \text{ kg}$$

$$x = 4.536 \text{ ton}$$

Dengan adanya tekanan angin akan berpengaruh pada beban pengangkatan yaitu beban pengangkatan akan bertambah sebesar 4.536 ton. Sehingga adanya tekanan angin ini akan mempengaruhi stabilitas *floating crane* ketika melakukan pengangkatan.

4.9.3.a. Kondisi 1 dengan Pengaruh Angin

Tabel 4.16. Kondisi 1 (pengangkatan beban dengan sudut 0°).

Item Name	Quantity	Weight tonne	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. tonne.m
Lightship	1	1614	22.634	3.086	0.000	0.000
lifting load	1	104.5	16.431	18.541	0.000	0.000
wbt P.1	0%	0.0000	18.900	0.300	-2.375	0.000
wbt P.2	0%	0.0000	18.900	0.305	-7.982	0.000
LOT P.1	100%	3.146	26.400	0.300	-2.375	0.000
LOT P.2	100%	4.279	26.400	0.305	-7.983	0.000
LOT S.1	100%	3.146	26.400	0.300	2.375	0.000
LOT S.2	100%	4.279	26.400	0.305	7.983	0.000
wbt S.1	0%	0.0000	18.900	0.300	2.375	0.000
wbt S.2	0%	0.0000	18.900	0.305	7.982	0.000
DOT P.1	100%	4.309	24.300	0.300	-2.375	0.000
DOT P.2	100%	5.86	24.300	0.305	-7.983	0.000
DOT S	100%	4.309	24.300	0.300	2.375	0.000
DOT S	100%	5.86	24.300	0.305	7.983	0.000
FWT 1P.1	100%	3.420	13.800	0.300	-2.375	0.000
FWT 1P.2	100%	4.651	13.800	0.305	-7.982	0.000
FWT 1S.1	100%	3.420	13.800	0.300	2.375	0.000
FWT 1S.2	100%	4.651	13.800	0.305	7.982	0.000
foT 1P.1	100%	20.99	8.700	0.300	-2.375	0.000
foT 1P.2	100%	28.55	8.700	0.305	-7.982	0.000
foT 1S.1	100%	20.99	8.700	0.300	2.375	0.000
foT 1S.2	100%	28.55	8.700	0.305	7.982	0.000
WBT 3P.1	0%	0.0000	29.400	0.300	-2.375	0.000
WBT 3P.2	0%	0.0000	29.400	0.305	-7.983	0.000
WBT 3S.1	0%	0.0000	29.400	0.300	2.375	0.000
WBT 3S.2	0%	0.0000	29.400	0.305	7.983	0.000
APT P	0%	0.0000	2.949	1.287	-5.572	0.000
APT S	0%	0.0000	2.949	1.287	5.572	0.000
WBT 4P.1	0%	0.0000	33.300	0.300	-2.375	0.000
WBT 4S.2	0%	0.0000	33.300	0.305	7.983	0.000
WBT 4P.2	0%	0.0000	33.300	0.305	-7.983	0.000
WBT 4S.1	0%	0.0000	33.300	0.300	2.375	0.000
FPT P	0%	0.0000	37.693	1.204	-4.891	0.000
FPT S	0%	0.0000	37.693	1.204	4.891	0.000
Total Weight=		1869	LCG=21.520	VCG=3.727	TCG=0.000	0
				FS corr.=0		

Dari kondisi pembebanan tersebut di atas program perhitungan stabilitas dijalankan dan diperoleh rangkuman hasil sebagai berikut:

Tabel 4.17. Hasil perhitungan stabilitas.

Draft Amidsh. m	2.141
Displacement tonne	1869
Heel to Starboard degrees	0.1
Draft at FP m	2.467
Draft at AP m	1.815
Draft at LCF m	2.126
Trim (+ve by stern) m	-0.652
WL Length m	42.882
WL Beam m	22.998
Wetted Area m ²	1072.636
Waterpl. Area m ²	920.224
Prismatic Coeff.	0.790
Block Coeff.	0.785
Midship Area Coeff.	0.994
Waterpl. Area Coeff.	0.933
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0.221
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0.993
KB m	1.112
KG fluid m	3.727
BMt m	21.359
BML m	68.179
GMt m	18.745
GML m	65.565
KMt m	22.472
KML m	69.291
Immersion (TPc) tonne/cm	9.434
MTc tonne.m	28.710
RM at 1 deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	611.285
Max deck inclination deg	0.9
Trim angle (+ve by stern) deg	+0.1

Berdasarkan perhitungan tersebut di atas maka grafik stabilitas untuk kondisi pembebanan 1 dapat digambarkan. Grafik-grafik stabilitas tersebut di atas adalah sebagai berikut,



Gambar 4.19. Kurva stabilitas kondisi 1 dengan pengaruh angin.

Pada kondisi seperti ini *floating crane* aman karena mengalami trim buritan sebesar 0.1° dan sudut kemiringan *barge* terhadap starboard 0.1° .

4.9.3.b. Kondisi 2 dengan Pengaruh Angin

Tabel 4.18. Kondisi 2 (kondisi pengangkatan beban dengan sudut 45°).

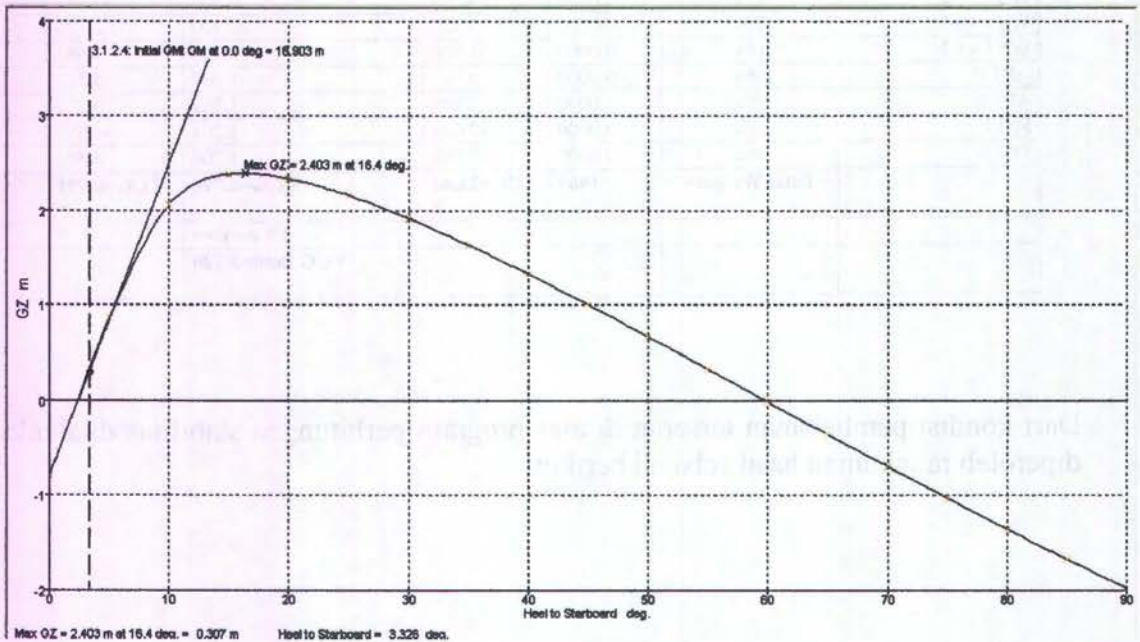
Item Name	Quantity	Weight tonne	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. tonne.m
Lightship	1	1614	22.634	3.086	0.000	0.000
lift load	1	104.5	15.028	18.541	14.142	0.000
wbt P.1	0%	0.0000	18.900	0.300	-2.375	0.000
wbt P.2	0%	0.0000	18.900	0.305	-7.982	0.000
LOT P.1	100%	3.146	26.400	0.300	-2.375	0.000
LOT P.2	100%	4.279	26.400	0.305	-7.983	0.000
LOT S.1	100%	3.146	26.400	0.300	2.375	0.000
LOT S.2	100%	4.279	26.400	0.305	7.983	0.000
wbt S.1	0%	0.0000	18.900	0.300	2.375	0.000
wbt S.2	0%	0.0000	18.900	0.305	7.982	0.000
DOT P.1	100%	4.309	24.300	0.300	-2.375	0.000
DOT P.2	100%	5.86	24.300	0.305	-7.983	0.000
DOT S	100%	4.309	24.300	0.300	2.375	0.000
DOT S	100%	5.86	24.300	0.305	7.983	0.000
foT 1P.1	100%	20.99	8.700	0.300	-2.375	0.000
foT 1P.2	100%	28.55	8.700	0.305	-7.982	0.000
foT 1S.1	100%	20.99	8.700	0.300	2.375	0.000
foT 1S.2	100%	28.55	8.700	0.305	7.982	0.000
WBT 2P.1	0	6.14	11.100	0.150	-2.375	38.455
WBT 2P.2	0	8.34	11.100	0.155	-7.904	110.110
WBT 2S.1	0	6.14	11.100	0.150	2.375	38.455
WBT 2S.2	0	8.34	11.100	0.155	7.904	110.110
FWT 1P.1	100%	3.420	13.800	0.300	-2.375	0.000
FWT 1P.2	100%	4.651	13.800	0.305	-7.982	0.000
FWT 1S.1	100%	3.420	13.800	0.300	2.375	0.000
FWT 1S.2	100%	4.651	13.800	0.305	7.982	0.000
WBT 3P.1	0%	0.0000	29.400	0.300	-2.375	0.000
WBT 3P.2	0%	0.0000	29.400	0.305	-7.983	0.000
WBT 3S.1	0%	0.0000	29.400	0.300	2.375	0.000
WBT 3S.2	0%	0.0000	29.400	0.305	7.983	0.000
WBT 4P.1	0%	0.0000	33.300	0.300	-2.375	0.000
WBT 4P.2	0%	0.0000	33.300	0.305	-7.983	0.000
WBT 4S.1	0%	0.0000	33.300	0.300	2.375	0.000
WBT 4S.2	0%	0.0000	33.300	0.305	7.983	0.000
APT P	0%	0.0000	2.949	1.287	-5.572	0.000
APT S	0%	0.0000	2.949	1.287	5.572	0.000
FPT P	0%	0.0000	37.693	1.204	-4.891	0.000
FPT S	0%	0.0000	37.693	1.204	4.891	0.000
	Total Weight=	1869	LCG=21.44	VCG=3.726	TCG=0.791	0
			2			
				FS corr.=0		
				VCG fluid=3.726		

Dari kondisi pembebanan tersebut di atas program perhitungan stabilitas dijalankan dan diperoleh rangkuman hasil sebagai berikut:

Tabel 4.19. Hasil perhitungan stabilitas.

Draft Amidsh. m	2.138
Displacement tonne	1869
Heel to Starboard degrees	1.95
Draft at FP m	2.447
Draft at AP m	1.830
Draft at LCF m	2.122
Trim (+ve by stern) m	-0.618
WL Length m	43.743
WL Beam m	23.019
Wetted Area m ²	1079.811
Waterpl. Area m ²	927.287
Prismatic Coeff.	0.780
Block Coeff.	0.648
Midship Area Coeff.	0.832
Waterpl. Area Coeff.	0.921
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0.141
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-1.133
KB m	1.094
KG fluid m	3.726
BMt m	21.549
BML m	69.706
GMt m	18.950
GML m	67.107
KMt m	22.642
KML m	70.799
Immersion (TPe) tonne/cm	9.507
MTC tonne.m	29.393
RM at 1 deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	618.143
Max deck inclination deg	2.5
Trim angle (+ve by stern) deg	+0.2

Berdasarkan perhitungan tersebut di atas maka grafik stabilitas untuk kondisi pembebanan 2 dapat digambarkan. Grafik-grafik stabilitas tersebut di atas adalah sebagai berikut,



Gambar 4.20. Kurva stabilitas kondisi 2 dengan pengaruh angin.

Pada kondisi seperti ini *floating crane* mengalami trim buritan sebesar 0.2° dan sudut kemiringan *barge* terhadap starboard 1.95° .

4.9.3.c. Kondisi 3 dengan Pengaruh Angin

Tabel 4.20. Kondisi 3 (pengangkatan beban dengan sudut 90°).

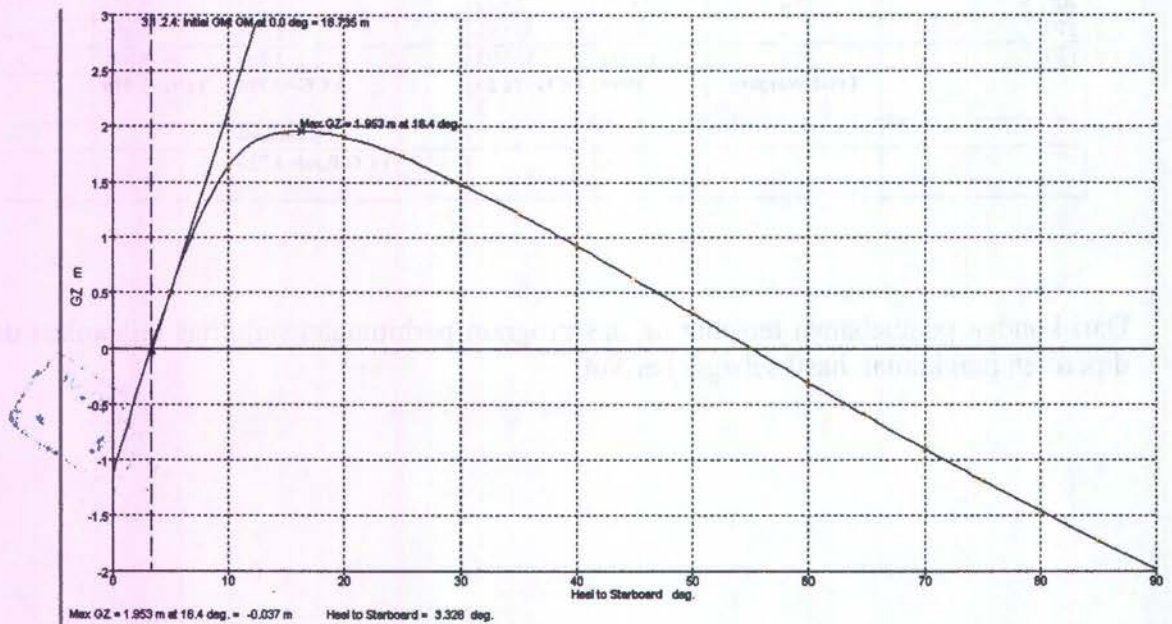
Item Name	Quantity	Weight tonne	Long. Arm m	Vert. Arm m	Trans. Arm m	FS Mom. tonne.m
Lightship	1	1614	22.634	3.086	0.000	0.000
lifting load	1	104.5	29.170	18.541	20.000	0.000
wbt P.1	0%	0.0000	18.900	0.300	-2.375	0.000
wbt P.2	0%	0.0000	18.900	0.305	-7.982	0.000
LOT P.1	100%	3.146	26.400	0.300	-2.375	0.000
LOT P.2	100%	4.279	26.400	0.305	-7.983	0.000
LOT S.1	100%	3.146	26.400	0.300	2.375	0.000
LOT S.2	100%	4.279	26.400	0.305	7.983	0.000
wbt S.1	0%	0.0000	18.900	0.300	2.375	0.000
wbt S.2	0%	0.0000	18.900	0.305	7.982	0.000
DOT P.1	100%	4.309	24.300	0.300	-2.375	0.000
DOT P.2	100%	5.86	24.300	0.305	-7.983	0.000
DOT S	100%	4.309	24.300	0.300	2.375	0.000
DOT S	100%	5.86	24.300	0.305	7.983	0.000
foT 1P.1	100%	20.99	8.700	0.300	-2.375	0.000
foT 1P.2	100%	28.55	8.700	0.305	-7.982	0.000
foT 1S.1	100%	20.99	8.700	0.300	2.375	0.000
foT 1S.2	100%	28.55	8.700	0.305	7.982	0.000
FWT 1P.1	100%	3.420	13.800	0.300	-2.375	0.000
FWT 1P.2	100%	4.651	13.800	0.305	-7.982	0.000
FWT 1S.1	100%	3.420	13.800	0.300	2.375	0.000
FWT 1S.2	100%	4.651	13.800	0.305	7.982	0.000
WBT 3P.1	0%	0.0000	29.400	0.300	-2.375	0.000
WBT 3P.2	0%	0.0000	29.400	0.305	-7.983	0.000
WBT 3S.1	0%	0.0000	29.400	0.300	2.375	0.000
WBT 3S.2	0%	0.0000	29.400	0.305	7.983	0.000
WBT 4P.1	0%	0.0000	33.300	0.300	-2.375	0.000
WBT 4P.2	0%	0.0000	33.300	0.305	-7.983	0.000
WBT 4S.1	0%	0.0000	33.300	0.300	2.375	0.000
WBT 4S.2	0%	0.0000	33.300	0.305	7.983	0.000
APT P	0%	0.0000	2.949	1.287	-5.572	0.000
APT S	0%	0.0000	2.949	1.287	5.572	0.000
FPT P	0%	0.0000	37.693	1.204	-4.891	0.000
FPT S	0%	0.0000	37.693	1.204	4.891	0.000
	Total Weight=	1869	LCG=22.23	VCG=3.726	TCG=1.119	0
			3			
				FS corr.=0		
				VCG fluid=3.726		

Dari kondisi pembebanan tersebut di atas program perhitungan stabilitas dijalankan dan diperoleh rangkuman hasil sebagai berikut:

Tabel 4.21. Hasil perhitungan stabilitas.

Draft Amidsh. m	2.148
Displacement tonne	1869
Heel to Starboard degrees	2.45
Draft at FP m	2.721
Draft at AP m	1.576
Draft at LCF m	2.124
Trim (+ve by stern) m	-1.145
WL Length m	43.754
WL Beam m	23.040
Wetted Area m ²	1069.338
Waterpl. Area m ²	916.702
Prismatic Coeff.	0.722
Block Coeff.	0.570
Midship Area Coeff.	0.790
Waterpl. Area Coeff.	0.909
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0.965
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0.892
KB m	1.092
KG fluid m	3.726
BMt m	21.321
BML m	67.344
GMt m	18.755
GML m	64.778
KMt m	22.412
KML m	68.436
Immersion (TPc) tonne/cm	9.398
MTc tonne.m	28.370
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	611.710
Max deck inclination deg	3.8
Trim angle (+ve by stern) deg	+1.2

Berdasarkan perhitungan tersebut di atas maka grafik stabilitas untuk kondisi pembebanan 2 dapat digambarkan. Grafik-grafik stabilitas tersebut di atas adalah sebagai berikut,



Gambar 4.21. Kurva stabilitas kondisi 3 dengan pengaruh angin.

Pada kondisi seperti ini *floating crane* mengalami trim buritan sebesar 1.2° dan sudut kemiringan *barge* terhadap starboard 2.45° .



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Dari hasil optimasi dan analisa yang telah dilaksanakan, didapat hasil rancangan *floating crane* dengan ukuran-ukuran utama kapal sebagai berikut :

<i>Principal Dimension</i>		
Type =	<i>Floating Crane</i>	
Working Area =	PT.Dok dan Perkapalan Surabaya	
L _{PP} =	42.672	m
L _{WL} =	43.738	m
B =	9.659	m
H =	3.369	m
T =	2.081	m
Displacement =	1864	ton
Radius =	120	nm
Speed =	5	knots
Engine =	2 x 1187.437	HP
Jumlah Crew =	4	orang

- Mengingat bahwa biaya total pembangunan seharga Rp. 126.577.365.765,09 adalah minimal, maka desain *floating crane* ini layak untuk direalisasikan.
- Biaya total pembangunan adalah minimal, yaitu seharga Rp. 126.577.365,09 sehingga ukuran utama yang dihasilkan adalah optimal.

5.2. Saran

Mengingat masih banyaknya perhitungan yang dilakukan dengan pendekatan estimasi sederhana, maka agar lebih sempurna disarankan untuk memperhatikan beberapa proses perencanaan mengenai :

- Perancangan detail konstruksi badan *barge* dan rumah geladak meliputi jenis konstruksi, bahan konstruksi dan gambar konstruksi.
- Perhitungan biaya produksi dengan semua aspek seperti tenaga kerja, material, dan sebagainya secara detail meliputi biaya pembangunan *floating crane* secara akurat dengan adanya detail konstruksi *floating crane* dan rencana produksi.
- Penyempurnaan perhitungan berat konstruksi badan kapal dengan metode *section*. Sehingga didapat berat konstruksi yang mendekati sesungguhnya. Dan juga perhitungan berat perlengkapan dan peralatan, permesinan dan *crane* . Perhitungan berat *floating crane* yang akurat ini maka akan dihasilkan rancangan yang lebih sempurna

- Perhitungan stabilitas dalam berbagai kondisi pengangkatan dengan kondisi dan posisi pembebanan yang lebih lengkap dan detail. Sehingga didapatkan karakteristik stabilitas *floating crane* yang lebih akurat.

Principal Dimensions

Type	Dimensions
Height	12.5 m
Length	12.5 m
Width	12.5 m
Depth	12.5 m
Radius	12.5 m
Volume	12.5 m
Weight	12.5 m
Capacity	12.5 m
Speed	12.5 m
Power	12.5 m
Efficiency	12.5 m
Life span	12.5 m

Fig. 1.1

The floating crane is a special type of crane which is used for lifting and moving heavy loads in the water. It is a self-propelled crane that can move in all directions. The floating crane is used in various applications such as construction, mining, and offshore oil and gas. The floating crane is a complex machine that consists of many parts. The main parts of the floating crane are the hull, the deck, the crane, and the winch. The hull is the main body of the crane and is made of steel. The deck is the flat surface on top of the hull where the crane is mounted. The crane is the part of the machine that lifts and moves the load. The winch is the part of the machine that winds the rope and moves the load. The floating crane is a very important piece of equipment in the offshore industry. It is used to lift and move heavy loads such as oil rigs, platforms, and other structures. The floating crane is also used in construction and mining. It is a very versatile machine that can be used in many different applications. The floating crane is a complex machine that requires a lot of maintenance and repair. It is important to keep the floating crane in good condition to ensure it is safe and reliable. The floating crane is a very important piece of equipment in the offshore industry. It is used to lift and move heavy loads such as oil rigs, platforms, and other structures. The floating crane is also used in construction and mining. It is a very versatile machine that can be used in many different applications. The floating crane is a complex machine that requires a lot of maintenance and repair. It is important to keep the floating crane in good condition to ensure it is safe and reliable.

DAFTAR PUSTAKA

- Schneekluth, H dan V. Bertram . 1998 . *Ship Design Efficiency and Economy, Second edition* . Oxford, UK : Butterworth Heinemann.
- Parsons, Michael G. . 2001 . *Chapter 11, Parametric Design* . Univ. of Michigan: Dept. of naval Architecture and Marine Engineering.
- Watson, David G.M. 1998 . *Practical ship Design, Volume I* . Oxford, UK : Elsevier Science Ltd.
- Biro Klasifikasi Indonesia.2004. Volume II (Rule Construction of Hull for Sea Going Steel Ship) .
- IMO. 2002.*Code On Stability For All Types Of Ships*.
- Lewis, E. V. 1989. *Principles of Naval Architecture Volume II*. 601 Pavonia Avenue, Jersey City, USA: SNAME
- Setijoprojudo. 1991. *Ship Design Economics*. Surabaya.
- Manning. 1968. *The Theory and Technique of Ship Design*. The Massachusetts Institute of Tecnology and John wiley & sons Inc, New york.
- Rao. 1996. *Engineering Optimization Theory and Practice*. USA : Wiley-Interscience.
- Semyonov,Tyan dan Shansky.1960.*Statics and Dynamics of The Ship*.Moscow : Peace Publisher.

OPTIMIZATION ANALYSIS OF BARGE FOR FLOATING CRANE

		Value	Unit	ket.
KONSTANTA	Density of fresh water	1	ton / m ³	for diesel engine
	Density of salt water	1.025	ton / m ³	
	Density of fuel oil	0.95	ton / m ³	
	Density of lubricating oil	0.9	ton / m ³	
	Density of base oil	0.9	ton / m ³	
	Acceleration of Gravity	9.81	m / sec ²	
	Kinematic Viscosity	8.4931E-07	m ² / sec	
	Spesific Fuel Rate (SFR)	0.00019	-	
	Temperature	30	deg Celcius	

		Value	Unit
PARAMETER	Crew capacity	4	persons
	Ship velocity	5	knot
	Number of propeller	2	Unit
	Endurance	140	nm
	Frame spacing	0.6	m
	Weight of load	100	ton
	Height of double bottom	0.6	m
	Wind speed	15	knot
	Number of blade	4	Unit

VARIABLE	Principal dimension	Lpp	Minimum	Value	Maximum	Unit	Remark
			39	42.672	42.672	m	OK
		B	18	23	23	m	OK
		H	2.884	3.3696544	4	m	OK
		T	1.91135	2.081566539	3	m	OK

CONSTRAINTS	Trim	Trim	Minimum	Value	Maximum	Unit	Remark
			0	0.04267	0.04	Trim Haluan	OK
		Koreksi displacement	1828.014753	1843.293776	1846.386761		OK
	Stability	GM _T at angle of heel 0°	0.15	21.49254165		m	OK
		h at angle of heel > 15°	0.2	4.589582072		m	OK
		Angle of heel at max h	15	20		deg	OK
		Righting lever at q =30°	0.06	0.874502674		m.rad	OK
		Righting lever at q =40°	0.09	0.652294578		m.rad	OK

TOTAL COST	Building Cost	Hull Construction Cost	Value	Unit	Remark
			51425.93058153	Rp	In Million
		Machinery Cost	12705.66233457	Rp	In Million
		Equipment Cost	62445.77284899	Rp	In Million
	Operational Cost	Cost of Fuel Oil Main Engine	1846.960127	Rp	In Million
		Cost of Fuel Oil Aux. Engine	369.3920255	Rp	In Million
		Cost of Lub Oil Main Engine	88.73438873	Rp	In Million
		Cost of Fresh Water	0.054061645	Rp	In Million
		Cost of Food Consumable	0.07	Rp	In Million
	Investment Cost	Minimum	128882.576368425	Rp	In Million

Continues

WL 12 =	WL 13 =	WL 14 =	WL 15 =	WL 16 =	WL 17 =	Base Line to Bottom	Base Line to Deck
2.067	2.234	2.401	2.568	2.735	2.9		
10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	1.4041	2.6101
10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	0.0000	2.7331
10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	0.0000	2.8550
10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	0.0000	2.9674
10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	0.0000	3.0796
10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	0.0000	3.1871
10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	0.0000	3.2857
10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	0.0000	3.3462
10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	0.0000	3.3379
10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	0.0000	3.1976
10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	10.668	1.9036	1.5505

Normalized Offset

Continues

WL 12 =	WL 13 =	WL 14 =	WL 15 =	WL 16 =	WL 17 =	Base Line to Bottom	Base Line to Deck
1.0956	1.0956	1.0956	1.0956	1.0956	1.0956		
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7390	1.5026
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	1.5618
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	1.6208
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	1.6774
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	1.7293
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	1.7612
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	1.7568
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	1.6829
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	1.7568
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	1.6829
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0019	0.8161

DESIGN OF WATERLINE TO DRAFT AND DECK

Continues

WL 12 =	WL 13 =	WL 14 =	WL 15 =	WL 16 =	WL 17 =	Base Line to Bottom	Base Line to Deck
2.265	2.447	2.630	2.813	2.996	3.177		
11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	1.5383	3.1278
11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	0.0000	3.2510
11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	0.0000	3.3739
11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	0.0000	3.4917
11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	0.0000	3.5997
11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	0.0000	3.6660
11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	0.0000	3.6569
11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	0.0000	3.5032
11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	0.0000	3.6569
11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	0.0000	3.5032
11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	11.5000	2.0855	1.6987

HALF GIRTH TO DRAFT AND DECK

2/3 jarak station = 2.8448 m

Ordinat	Faktor Simpson	WL 1 =	Product	WL 2 =	Total Half Girth ~	Product	WL 3 =	Total Half Girth ~	Product	WL 4 =	Total Half Girth ~
		0		0.208156654	WI 1		0.416313308	WI 3		0.624469962	WI 4
AP	1	0.0000	0	0	0.0000	0	0	0.0000	0	0	0.0000
1	4	11.5000	46	0.208156654	11.7082	46.83262662	0.208156654	11.9163	47.66525323	0.208156654	12.1245
2	2	11.5000	23	0.208156654	11.7082	23.41631331	0.208156654	11.9163	23.83262662	0.208156654	12.1245
3	4	11.5000	46	0.208156654	11.7082	46.83262662	0.208156654	11.9163	47.66525323	0.208156654	12.1245
4	2	11.5000	23	0.208156654	11.7082	23.41631331	0.208156654	11.9163	23.83262662	0.208156654	12.1245
5	4	11.5000	46	0.208156654	11.7082	46.83262662	0.208156654	11.9163	47.66525323	0.208156654	12.1245
6	2	11.5000	23	0.208156654	11.7082	23.41631331	0.208156654	11.9163	23.83262662	0.208156654	12.1245
7	4	11.5000	46	0.208156654	11.7082	46.83262662	0.208156654	11.9163	47.66525323	0.208156654	12.1245
8	2	11.5000	23	0.208156654	11.7082	23.41631331	0.208156654	11.9163	23.83262662	0.208156654	12.1245
9	4	11.5000	46	0.208156654	11.7082	46.83262662	0.208156654	11.9163	47.66525323	0.208156654	12.1245
FP	1	0.0000	0	0	0.0000	0	0	0.0000	0	0	0.0000
		Σ =	322			Σ =	327.8283863			Σ =	333.6567726
		WSA =	916.0256			WSA =	932.6061934			WSA =	949.1867867

HALF GIRTH TO DRAFT AND DECK

Continues

Ordinat	Faktor Simpson	WL 10 =	Total Half Girth ~	Product	WL 11 =	Total Half Girth ~	Product	WL 12 =	Total Half Girth ~	Product	WL 13 =
		1.873409885			2.081566539			2.264525282			2.447484025
AP	1	0.208156654	0.2082	0.208156654	0.208156654	0.4163	0.416313308	0.182958743	0.5993	0.599272051	0.182958743
1	4	0.208156654	13.3734	53.49363954	0.208156654	13.5816	54.32626616	0.182958743	13.7645	55.05810113	0.182958743
2	2	0.208156654	13.3734	26.74681977	0.208156654	13.5816	27.16313308	0.182958743	13.7645	27.52905056	0.182958743
3	4	0.208156654	13.3734	53.49363954	0.208156654	13.5816	54.32626616	0.182958743	13.7645	55.05810113	0.182958743
4	2	0.208156654	13.3734	26.74681977	0.208156654	13.5816	27.16313308	0.182958743	13.7645	27.52905056	0.182958743
5	4	0.208156654	13.3734	53.49363954	0.208156654	13.5816	54.32626616	0.182958743	13.7645	55.05810113	0.182958743
6	2	0.208156654	13.3734	26.74681977	0.208156654	13.5816	27.16313308	0.182958743	13.7645	27.52905056	0.182958743
7	4	0.208156654	13.3734	53.49363954	0.208156654	13.5816	54.32626616	0.182958743	13.7645	55.05810113	0.182958743
8	2	0.208156654	13.3734	26.74681977	0.208156654	13.5816	27.16313308	0.182958743	13.7645	27.52905056	0.182958743
9	4	0.208156654	13.3734	53.49363954	0.208156654	13.5816	54.32626616	0.182958743	13.7645	55.05810113	0.182958743
FP	1	0	0.0000	0	0	0.0000	0	0	0.0000	0	0.182958743
		Σ =	374.6636334			Σ =	380.7001764			Σ =	386.00598
		WSA =	1065.843104			WSA =	1083.015862			WSA =	1098.109812

HALF GIRTH TO DRAFT AND DECK

Continues

Product	WL 5 =	Total Half Girth ~ WI 5	Product	WL 6 =	Total Half Girth ~ WI 6	Product	WL 7 =	Total Half Girth ~ WI 7
	0.832626616			1.04078327			1.248939923	
0	0	0.0000	0	0	0.0000	0	0	0.0000
48.49787985	0.208156654	12.3326	49.33050646	0.208156654	12.5408	50.16313308	0.208156654	12.7489
24.24893992	0.208156654	12.3326	24.66525323	0.208156654	12.5408	25.08156654	0.208156654	12.7489
48.49787985	0.208156654	12.3326	49.33050646	0.208156654	12.5408	50.16313308	0.208156654	12.7489
24.24893992	0.208156654	12.3326	24.66525323	0.208156654	12.5408	25.08156654	0.208156654	12.7489
48.49787985	0.208156654	12.3326	49.33050646	0.208156654	12.5408	50.16313308	0.208156654	12.7489
24.24893992	0.208156654	12.3326	24.66525323	0.208156654	12.5408	25.08156654	0.208156654	12.7489
48.49787985	0.208156654	12.3326	49.33050646	0.208156654	12.5408	50.16313308	0.208156654	12.7489
24.24893992	0.208156654	12.3326	24.66525323	0.208156654	12.5408	25.08156654	0.208156654	12.7489
48.49787985	0.208156654	12.3326	49.33050646	0.208156654	12.5408	50.16313308	0.208156654	12.7489
0	0	0.0000	0	0	0.0000	0	0	0.0000
339.4851589			Σ = 345.3135452			Σ = 351.1419315		Σ =
965.7673801			WSA = 982.3479735			WSA = 998.9285669		WSA =

HALF GIRTH TO DRAFT AND DECK

Continues

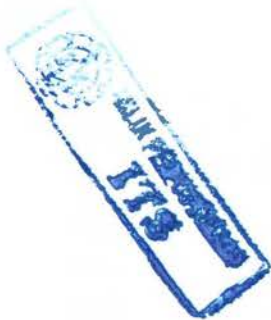
Total Half Girth ~	Product	WL 14 =	Total Half Girth ~	Product	WL 15 =	Total Half Girth ~	Product	WL 16 =
		2.630442769			2.568			2.735
0.7822	0.782230794	0.182958743	0.9652	0.965189537	0.182958743	1.1481	1.148148281	0.182958743
13.9475	55.7899361	0.182958743	14.1304	56.52177107	0.182958743	14.3134	57.25360605	0.182958743
13.9475	27.89496805	0.182958743	14.1304	28.26088554	0.182958743	14.3134	28.62680302	0.182958743
13.9475	55.7899361	0.182958743	14.1304	56.52177107	0.182958743	14.3134	57.25360605	0.182958743
13.9475	27.89496805	0.182958743	14.1304	28.26088554	0.182958743	14.3134	28.62680302	0.182958743
13.9475	55.7899361	0.182958743	14.1304	56.52177107	0.182958743	14.3134	57.25360605	0.182958743
13.9475	27.89496805	0.182958743	14.1304	28.26088554	0.182958743	14.3134	28.62680302	0.182958743
13.9475	55.7899361	0.182958743	14.1304	56.52177107	0.182958743	14.3134	57.25360605	0.182958743
0.1830	0.182958743	0.182958743	0.3659	0.365917486	0.182958743	0.5489	0.54887623	0.182958743
	Σ = 391.4947422			Σ = 396.9835045		Σ = 402.4722668		
	WSA = 1113.724243			WSA = 1129.338674		WSA = 1144.953105		

HALF GIRTH TO DRAFT AND DECK

Continues

Product	WL 8 =	Total Half Girth ~ WI 8	Product	WL 9 =	Total Half Girth ~ WI 9	Product
	1.457096577			1.665253231		
0	0	0.0000	0	0	0.0000	0
50.99575969	0.208156654	12.9571	51.82838631	0.208156654	13.1653	52.66101293
25.49787985	0.208156654	12.9571	25.91419315	0.208156654	13.1653	26.33050646
50.99575969	0.208156654	12.9571	51.82838631	0.208156654	13.1653	52.66101293
25.49787985	0.208156654	12.9571	25.91419315	0.208156654	13.1653	26.33050646
50.99575969	0.208156654	12.9571	51.82838631	0.208156654	13.1653	52.66101293
25.49787985	0.208156654	12.9571	25.91419315	0.208156654	13.1653	26.33050646
50.99575969	0.208156654	12.9571	51.82838631	0.208156654	13.1653	52.66101293
25.49787985	0.208156654	12.9571	25.91419315	0.208156654	13.1653	26.33050646
50.99575969	0.208156654	12.9571	51.82838631	0.208156654	13.1653	52.66101293
0	0	0.0000	0	0	0.0000	0
356.9703179			$\Sigma =$ 362.7987042			$\Sigma =$ 368.6270905
1015.50916			WSA = 1032.089754			WSA = 1048.670347

Total Half Girth ~	Product	WL 17 =	Total Half Girth ~	Product
		2.9		
1.3311	1.331107024	0.18076762	1.5119	1.511874644
14.4964	57.98544102	0.18076762	14.6771	58.7085115
14.4964	28.99272051	0.18076762	14.6771	29.35425575
14.4964	57.98544102	0.18076762	14.6771	58.7085115
14.4964	28.99272051	0.18076762	14.6771	29.35425575
14.4964	57.98544102	0.18076762	14.6771	58.7085115
14.4964	28.99272051	0.18076762	14.6771	29.35425575
14.4964	57.98544102	0.18076762	14.6771	58.7085115
14.4964	28.99272051	0.18076762	14.6771	29.35425575
14.4964	57.98544102	0.18076762	14.6771	58.7085115
0.7318	0.731834973	0.18076762	0.9126	0.912602593
$\Sigma =$	407.9610291		$\Sigma =$	413.3840577
WSA =	1160.567536		WSA =	1175.994967



RESISTANCE CALCULATION FOR BARGE

tahanan tongkang dibagi menjadi :

1. Tahanan air
2. Tahanan angin

tahanan air :

$$W = f.s.v^{1.83} + P.Fx.V^2 \quad (\text{kg})$$

tahanan angin :

$$W = 0.0041 * (0.3A_1 + A_2) * V_A^2 \quad \text{lbs}$$

dimana :

f = konstanta bahan

s = Luas permukaan basah (m²)

V = Kecepatan tongkang (m/s)

P = Konstanta bentuk tongkang

Fx = Luas penampang midship (m²)

A₁ = Luas penampang melintang badan kapal di atas permukaan air (ft²)

A₂ = Luas proyeksi transversal bangunan atas (ft²)

V_A = Kecepatan relatif angin (ft/sec)

calculation :

Lpp	=	42.672	m
Lwl	=	43.7388	m
B	=	23	m
T	=	2.081566539	m
H	=	3.3696544	m
f	=	0.17	
s	=	1083.015862	m ²
V	=	5	knot
	=	2.572	m/s
P	=	16	
Fx	=	77.50205119	m ²
A ₁	=	29.62602079	m ²
	=	318.8918215	ft ²
A ₂	=	33.12	m ²
	=	356.5006992	ft ²
V _A	=	15	knot
	=	7.716	m/s
	=	25.31488428	ft/sec

untuk bahan baja

untuk tongkang dengan rake haluan/buritan bersudut 30-;

Water Resistance

$$\begin{aligned} W &= 0,17 \cdot 1003,08 \cdot 3,0864^2 + 16 \cdot 40,78 \cdot 3,0864^2 \\ &= 9240.286093 \quad (\text{kg}) \\ &= 90.64720657 \quad (\text{KN}) \end{aligned}$$

Wind Resistance

$$\begin{aligned} W &= 0,0041 \cdot (0,3 \cdot 229 + 330) \cdot 25^2 \\ &= 1188.052984 \quad (\text{lbs}) \\ &= 5.284723422 \quad (\text{KN}) \\ &= 5284.723422 \quad (\text{N}) \\ &= 538.7077903 \quad (\text{kg}) \end{aligned}$$

Total Resistance

$$\begin{aligned} W &= W_{\text{water}} + W_{\text{wind}} \\ &= 9778.993883 \quad (\text{kg}) \\ &= 95.93192999 \quad (\text{KN}) \end{aligned}$$

Powering

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= W \cdot V/75 \\ &= 335.3542969 \text{ HP} \\ &= 250.0736992 \text{ Kw} \quad \text{untuk satu mesin} \end{aligned}$$

BACK



POWERING CALCULATION OF BARGE

The Factor is known :

Total Resistance [R_T]	=	95.932	kN
	=	9778.994	kg
Speed (V)	=	2.572	m/s
Length of waterline [L_{wl}]	=	43.7388	m
Block Coefficient [C_B]	=	0.90	
Breadth (B)	=	2.0815665	m
Aft Draught (T_A)	=	2.0815665	m
Forward Draught (T_F)	=	2.0815665	m
Propeller Diameter (D)	=	1.2489399	m
Wetted Surface Area [S]	=	1083.0159	m ²
Midship coefficient [C_M]	=	0.96	
Prismatic coefficient [C_P]	=	0.94	
Length center of buoyancy [l_{cb}]	=	-0.31	m
A_E / A_O	=	0.4	
P / D	=	1	

- Choice the type of stern :
- 1 For single screw ship with conventional stern arrangement
 - 2 For single screw ships with open sterns
 - 3 For twin-screw ships

Select the type of stern : 3

EFFECTIVE POWER CALCULATION OF BARGE

EHP = the useful power obtained is that used in overcoming the resistance to motion at a certain speed

$$EHP = R_T \times V / 75$$

$$EHP = 335.354297 \text{ hp} \quad \text{where : number of propeller} = 2$$

$$EHP = 125.03685 \text{ kw} \quad (1 \text{ mesin})$$

THRUST CALCULATION OF BARGE [T]

$$\eta_H = \text{hull efficiency} = R_T \cdot V / T \cdot V_A = \frac{1 - t}{1 - \omega} \quad T = \frac{R_T}{1 - t}$$

T = Thrust force [kN]

V_A = speed of advance = $V (1 - \omega)$

ω = wake fraction = ratio of the difference between the ship speed and the speed of advance to the ship speed

t = Thrust Deduction Fraction = ratio of the difference between effective power and thrust power to the effective power

ω and t can be estimated with the Holtrop formula's for the type of appropriate a stern

3 For twin-screw ships

$$\omega = 0,7C_p - 0,18$$
$$= 0.47610708$$

$$t = 0,5C_p - 0,18 \quad \sqrt{BT}$$
$$= 0.28864791$$

$$\eta_R = 0.9737 + 0.111(C_p - 0.0225 l_{cb}) - 0.06325 P/D$$
$$= 1.01525954$$

$$\eta_{Ht} = (1 - t) / (1 - \omega)$$
$$= 1.35781962$$

Estimated the wake fraction (ω), thrust deduction fraction (t) and relative-rotative efficiency is :

$$\omega = 0.47610708$$

$$t = 0.28864791$$

$$\eta_R = 1.01525954$$

$$\eta_H = 1.35781962$$

$$T = 67.4292883 \text{ KN}$$

$$V_A = 1.3474526 \text{ m/s}$$

$$\text{THP} = 90.8577696 \text{ kW} \\ 122.367366$$

DELIVERY HORSE POWER CALCULATION OF BARGE (DHP)

$$\text{DHP} = \text{EHP} / (\eta_H \times \eta_R \times \eta_O)$$

$$1 \text{ HP} =$$

$$1 \text{ kW} =$$

dimana :

$$\eta_O = 0.12695187$$

$$\text{maka : DHP} = 714.463036 \text{ kW}$$

$$= 971.383943 \text{ HP}$$

SHAFT HORSE POWER CALCULATION OF BARGE (SHP)

$$\text{SHP} = \text{DHP} / (\eta_S \times \eta_{RG})$$

dimana :

$$\eta_S = 0.985$$

$$\eta_{RG} = 0.98$$

$$\text{maka : SHP} = 740.146105 \text{ kW}$$

$$= 1006.30265 \text{ HP}$$

BRAKE HORSE POWER CALCULATION OF BARGE (BHP)

$$\text{BHP} = \text{SHP} + 3\% \text{SHP} + 15\% \text{SHP}$$

$$= 1,18 \text{SHP}$$

dimana :

3% = koreksi letak kamar mesin dibelakang

15% = koreksi daerah pelayaran nusantara

$$\text{maka : BHP} = 1187.43712 \text{ HP}$$

$$= 885.471861 \text{ kW}$$

Perhitungan berat permesinan (machinery Plant) of crane barge

[Referensi : Ship Design Efficiency and Economy , 1988]

Penjela

WEIGHT ESTIMATION of machinery and (

Ukuran Utama :

Lwl = 43.7388 m
Lpp = 42.672 m
B = 23 m
H = 3.3696544 m
T = 2.081566539 m
Cb = 0.90
LCB = -0.31

LWT

Perhitungan LWT, meliputi :

- A Berat total baja kapal kosong
- B Berat konstruksi permesinan
- C Berat outfitting
- D Berat cadangan

B. BERAT KONSTRUKSI PERMESINAN

*) W_{ME} = berat mesin induk ;

Wd one engine	=	3.87	ton
Wd total engine	=	7.74	ton

*) W_e = berat mesin bantu

We Total	=	3.33	ton
----------	---	------	-----

sehingga didapat :

$$W_M = 11.07 \quad \text{ton}$$

$$VCG_M = hdb + 0.35(H' - hdb) \text{ (m) Chapter 11 hal 11-25}$$

H' = tinggi overhead kamar mesin

$$= 3.37 \quad \text{m}$$

$$hdb = 350 + 45B \text{ mm} \quad (BKI 2001)$$

$$0.60 \quad \text{m}$$

$$VCGM = 1.569379 \quad \text{m}$$

C. BERAT OUTFITTING AND EQUIPMENT

$$W_O = C_O L . B$$

dimana :

C_O = koefisien berat outfit

$$= 0.363963$$

sehingga didapat :

$$W_{\text{crane}} = 109.07$$

$$W_O = 357.2139 \quad \text{ton}$$

$$W_{\text{total}} = 466.281 \quad \text{ton}$$

$$VCG_o = D + 1.25,$$

$$= D + 1.25 + 0.01(L-125),$$

$$= D + 2.50,$$

D = H kapal (tinggi kapal)

$$VCG_o = 4.6 \quad \text{m}$$

$$VCG_{\text{crane}} = 6.509654$$

$$VCG_{\text{tot}} = 5.06$$

$$L \leq 125 \text{ m}$$

$$125 < L \leq 250 \text{ m}$$

$$250 \text{ m} < L [53] \text{ Chapter 11 hal 11-25}$$

WEIGHT ESTIMATION

Ukuran Utama :

$$Lwl = 43.7388 \text{ m}$$

$$Lpp = 42.672 \text{ m}$$

$$B = 23 \text{ m}$$

$$H = 3.3696544 \text{ m}$$

$$T = 2.08156654 \text{ m}$$

$$Cb = 0.90$$

$$LCB = -0.31$$

DWT

Perhitungan DWT, meliputi :

- A Berat ABK dan bawaan
- B Berat bahan bakar
- C Berat minyak pelumas
- D Berat fresh water
- E Berat provision

A. BERAT CREW (ABK) DAN PROVISION

*) Jml crew (Z) 4 orang

*) Berat crew

$P_C = \text{jumlah crew} \times \text{berat rata-rata tiap crew}$; diambil 75kg/org

$$P_C = 0.3 \text{ ton}$$

*) Berat luggage/bawaan

$$P_\ell = (20 - 60 \text{ kg/org}) \times Z$$

 ; diambil = 60 kg/org

$$P_\ell = 0.24 \text{ ton}$$

Total berat crew + bawaan = 0.54 ton

B. BERAT BAHAN BAKAR

Dibagi menjadi 2 :

*) Berat bahan bakar main engine (Pfo)

$$Pfo = Pme \times bme \times t \times Cfo \times 10^{-6}$$

dimana :

$$Pme = \text{BHP} \quad \text{kW}$$

$$= 1770.94372 \text{ kW}$$

$$bme = \text{specific fuel consumption} = 205 \text{ g/kWh}$$

$$S = \text{radius pelayaran} = 140 \text{ nm}$$

$$Vs = \text{kecepatan dinas} = 5 \text{ knot}$$

$$t = \text{waktu pelayaran} = 28 \text{ jam}$$

$$Cfo = 1.1 - 1.3 \quad ; \text{diambil} = 1.3$$

sehingga didapat :

$$Pfo = 317.154769 \text{ ton}$$

Remainder factor	Min	Max	Select
	1.1	1.50	1.1

$$\text{Fuel engine consumable} = 348.87 \text{ ton}$$

$$\text{Total FO Main Engine} = 348.87 \text{ ton}$$

*) Berat bahan bakar auxiliary engine (Pae)

$$Pae = Cae \times Pfo \quad ; Cae = 0.1 - 0.2 \quad ; \text{diambil} = 0.2$$

$$Pae = 69.7740493 \text{ ton}$$

$$\text{Total berat bahan bakar} = 418.64 \text{ ton}$$

C. BERAT MINYAL PELUMAS

$$Plo = (0.01 - 0.03) \times \text{Total berat bahan bakar}$$

$$; \text{diambil} = 0.03$$

$$Pfo = 12.5593289 \text{ ton}$$

D. BERAT FRESH WATER

Dibagi menjadi 3 :

*) Berat fresh water untuk mandi dan cuci

$$\text{Number of crew} = 4.00 \text{ person}$$

$$\text{Bath and wash} = 15 \text{ kg/per./day}$$

$$\text{Drink} = 5 \text{ kg/per./day}$$

$$\text{Time for trip} = 1.17 \text{ day}$$

$$\text{Consumable} = 93.33 \text{ kg/trip}$$

$$= 0.09 \text{ ton}$$

$$Pfw = 0.09 \text{ ton}$$

*) Berat fresh water untuk pendingin mesin

Engine cooler

Consumable = 3 kg/kW
 Total consumable = 6000.00 Kg
 = 6.0 ton

Total berat fresh water = 6.09 ton

E - Weight of Food consumable

Consumable	Min	Max	Select	Sistem of unit
	3	5	3	kg/per/day

Crew = 14.00 kg

Total of Food consumable = 0.014 ton

No.	Berat baja Lambung kapal																						
	V _D		V _s					V _b			V _L						V _u	Faktor Pengali					
	C _{BD}	V _D	L _s	S _v	S _h	C ₂	V _s	b	C ₃	V _b	ΣSekat	ΣHatchway	I sekat	IL	bL	hL		VL	C1	A	B	C	D
1	0.92	3057.35	42.67	0.00	0.00	0.158	0.00	0.46	0.65	417.37	4.00	2.00	10.67	8.87	21.00	0.60	223.4736	3698.19	0.059	1.0120	1.0378	1.3142	3.2332

		W _{StR}	Koreksi										W _{StR} Total	Wheelhouse (Fo/Fu = 2.0)										ΣG _{PH}	Total Steel Weight
			Bulkhead	Bulbous Bow	Double Bottom			Pondasi Mesin			ΔW _{St}														
E	F				C5	h _{db}	Vdb	Wdb	n	P _B		W _{StF}		C _{PH}	Id	bd	h	Fu	K1	fi	K2	K3	G _{PH} WH		
0.9535	0.92571	859.48	21.49	0.00	0.10	0.60	529.17	52.92	550	1770.9437	3.56	-111.23	826.21	0.060	2.13	15.00	2.4	16.00	0.996	2.112	1.119	1.000	2.57	2.57	828.782

PERHITUNGAN STABILITAS MENURUT MANNING (1956)

$$1 \text{ foot} = 0.3048 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} L &= \text{waterline length} \\ &= 143.5 \text{ ft} = 43.7388 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= \text{maximum breadth} \\ &= 75.45931759 \text{ ft} = 23 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_w &= \text{maximum waterline breadth} \\ &= 75.45931759 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= \text{mean draft at designed waterline} \\ &= 6.83 \text{ ft} = 2.081567 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_M &= \text{minimum depth} \\ &= 11.05529659 \text{ ft} = 3.369654 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_F &= \text{sheer forward} \\ &= 0 \text{ ft} = 0 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_A &= \text{sheer after} \\ &= 0 \text{ ft} = 0 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_0 &= \text{displacement at designed waterline} \\ &= 1,808.27 \text{ long ton} = 1837.201 \text{ metric ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_d &= \text{length of superstructure which extend to sides of ship} \\ &= 0.00 \text{ ft} = 0.00 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= \text{height of superstructure which extend to sides of ship} \\ &= 0.00 \text{ ft} = 0.00 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_B &= \text{block coefficient} \\ &= 0.8993 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_W &= \text{waterline coefficient at draft H} \\ &= 0.9667 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_X &= \text{midship section coefficient at draft H} \\ &= 0.9594 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{PV} &= \text{vertical prismatic coefficient at draft H} \\ &= 0.93029083 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_0 &= \text{area of waterline plane at designed draft} \\ &= 10467.465 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_M &= \text{area of immersed midship section} \\ &= 494.4324992 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= \text{area of vertical centerline plane to depth D} \\ &= 1554.706359 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \text{mean sheer} \\ &= \text{area of centerline plane above minimum depth divided by length} \\ &= 0 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= \text{mean depth} \\ &= 11.05529659 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= \text{mean freeboard} \\ &= 4.23 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= \text{area of waterline plane at depth D maybe estimate from} \\ &\quad A_0 \text{ and nature of stations above waterline} \\ &= 10572.13965 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_T &= \Delta_0 + ((A_0 + A_1)/2) F/35 \\ &= 3078.4625 \text{ ton} \\ \delta &= \frac{\Delta_T}{2} - \Delta_0 \\ &= -269.037 \text{ ton} \\ C_W' &= \frac{A_2}{L D} \\ &= 0.980 \\ C_W'' &= C_W' - \frac{140\delta}{BDL} (1 - CPV'') \\ &= 1.006 \\ C_X' &= \frac{A_M + BF}{BD} \\ &= 0.975 \\ C_{PV}' &= \frac{35 \Delta_T}{A_1 D} \\ &= 0.922 \\ C_{PV}'' &= \frac{35 \Delta_T}{A_2 B} \\ &= 0.918 \\ GG' &= KG' - KG \\ &= -3.497 \text{ ft} \\ KG &= C_{KG} D_M \\ &= 9.131 \text{ ft} \\ &= 2.78 \text{ m} \\ KG' &= \frac{D(1 - h_1)\Delta_T - \delta}{2 \Delta_0} \\ &= 5.634 \text{ ft} \\ h_1 &= 0.489 \\ f_1 &= \frac{D(1 - (A_0/A_1))}{2F(1 - C_{PV}')} \\ &= 0.166 \\ G'B_0 &= KG' - KB_0 \\ &= 2.070 \text{ ft} \\ KG' &= 5.634 \text{ ft} \\ KB_0 &= (1 - h_0)H \\ &= 3.564 \text{ ft} \\ h_0 &= 0.4781474 \\ f_0 &= \frac{H((A_1/A_0) - 1)}{2F(1 - C_{PV})} \\ &= 0.116 \end{aligned}$$

1.89

3.36006
0.022357

1.086271

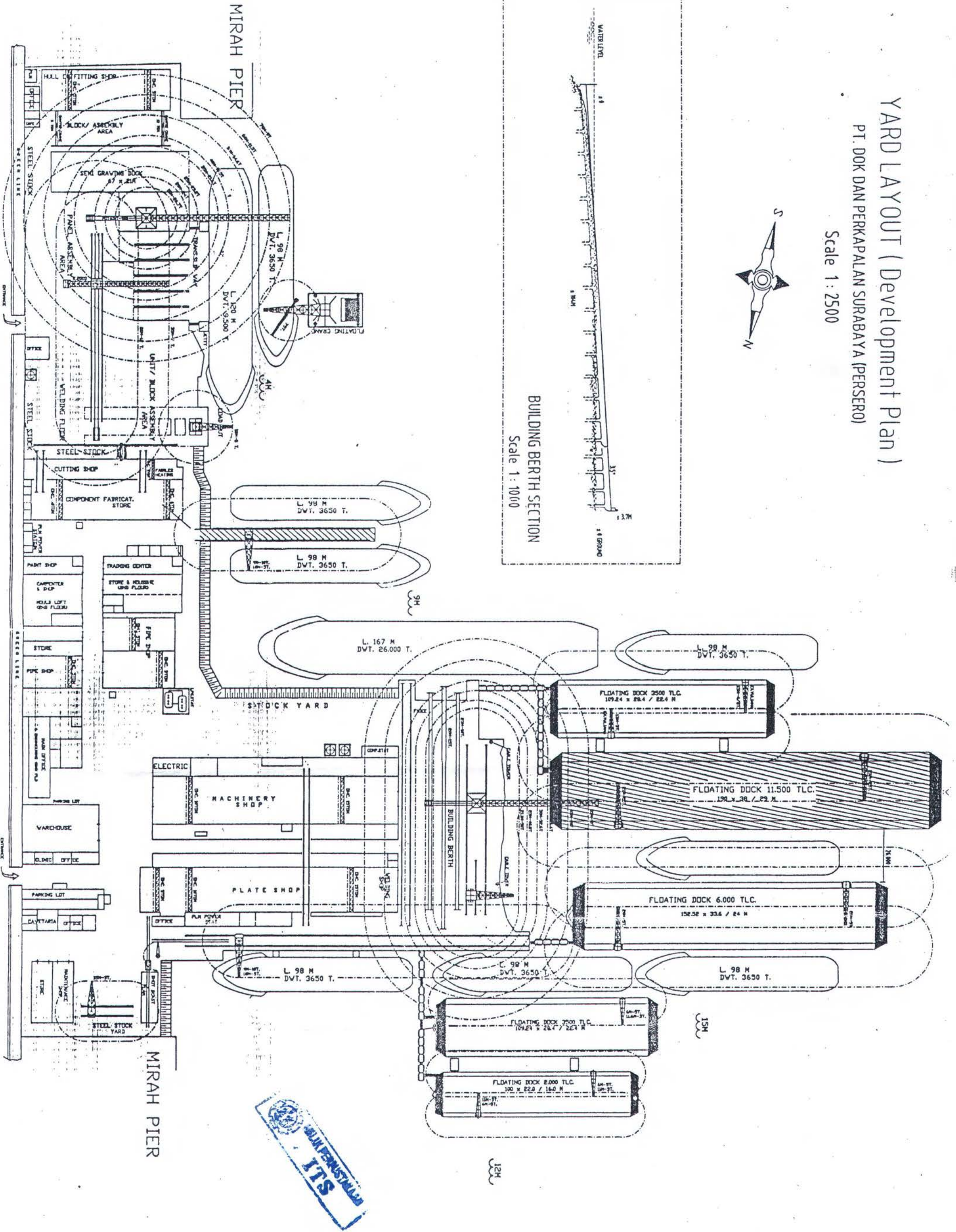
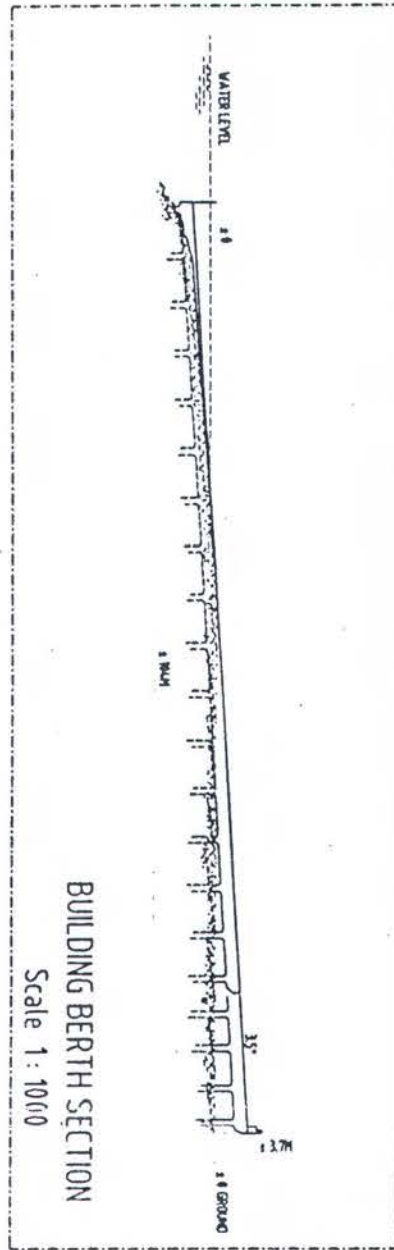
0.393789134

$$\begin{aligned} G'B_{90} &= \frac{\Delta_T h_2 B}{4 \Delta_0} - \frac{17.5 \delta^2}{\Delta_0 (A_2 - 70(\delta/B)(1 - CPV''))} \\ &= 15.2322288 \text{ ft} \\ h_2 &= 0.488 \\ f_2 &= 9.1(C_X' - 0.89) \\ &= 0.773 \\ G'M_0 &= KB_0 + BM_0 - KG' \\ &= 74.010 \\ B_0 M_0 &= \frac{C_1 L B_W^3}{35 \Delta_0} \\ &= 76.081 \text{ ft} \\ C_1 &= 0.078 \\ G'M_{90} &= BM_{90} - G'B_{90} \\ &= -14.974 \text{ ft} \\ BM_{90} &= \frac{C_1' L D^3}{35 \Delta_0} + \frac{L_d d D^2}{140 \Delta_0} \\ &= 0.258 \text{ ft} \\ C_1' &= 0.084 \\ GM_0 &= KB_0 + B_0 M_0 - KG \\ &= 70.514 \text{ ft} \quad 21.49254165 \text{ m} \\ GZ &= G'Z' + GG' \sin \phi \\ &= 6.316 \text{ ft} \\ \phi &= 5 \\ G'Z' &= b_1 \sin 2\phi + b_2 \sin 4\phi + b_3 \sin 6\phi \\ &= 6.316 \text{ ft} \\ b_1 &= \frac{9(G'B_{90} - G'B_0)}{8} - \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32} \\ &= 12.026 \\ b_2 &= \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8} \\ &= 7.380 \\ b_3 &= \frac{3(G'M_0 - G'M_{90})}{32} - \frac{3(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \\ &= 3.407 \end{aligned}$$

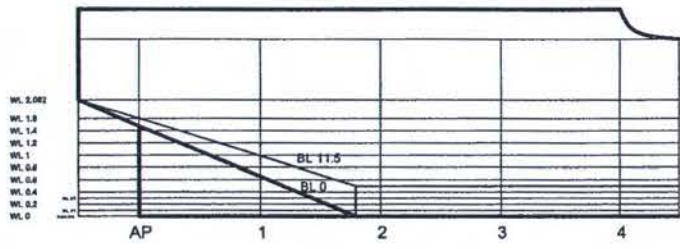
YARD LAYOUT (Development Plan)

PT. DOK DAN PERKAPALAN SURABAYA (PERSERO)

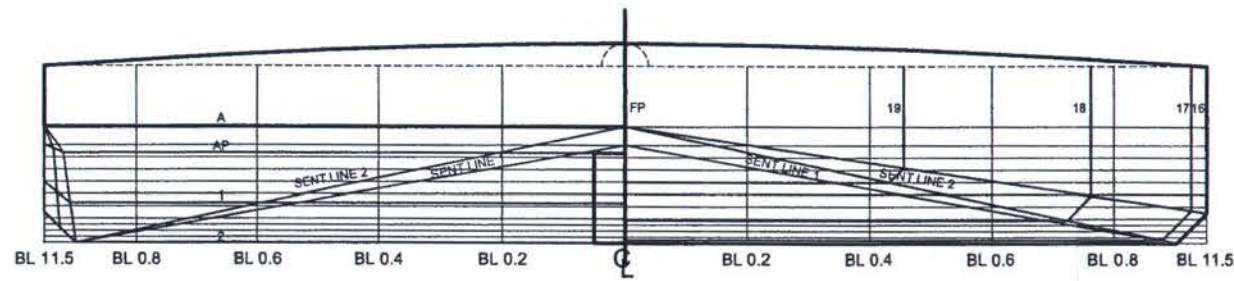
Scale 1 : 2500



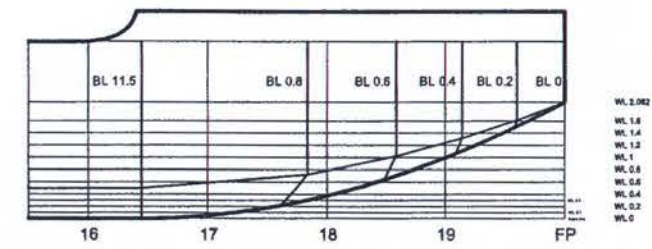
SHEER PLAN



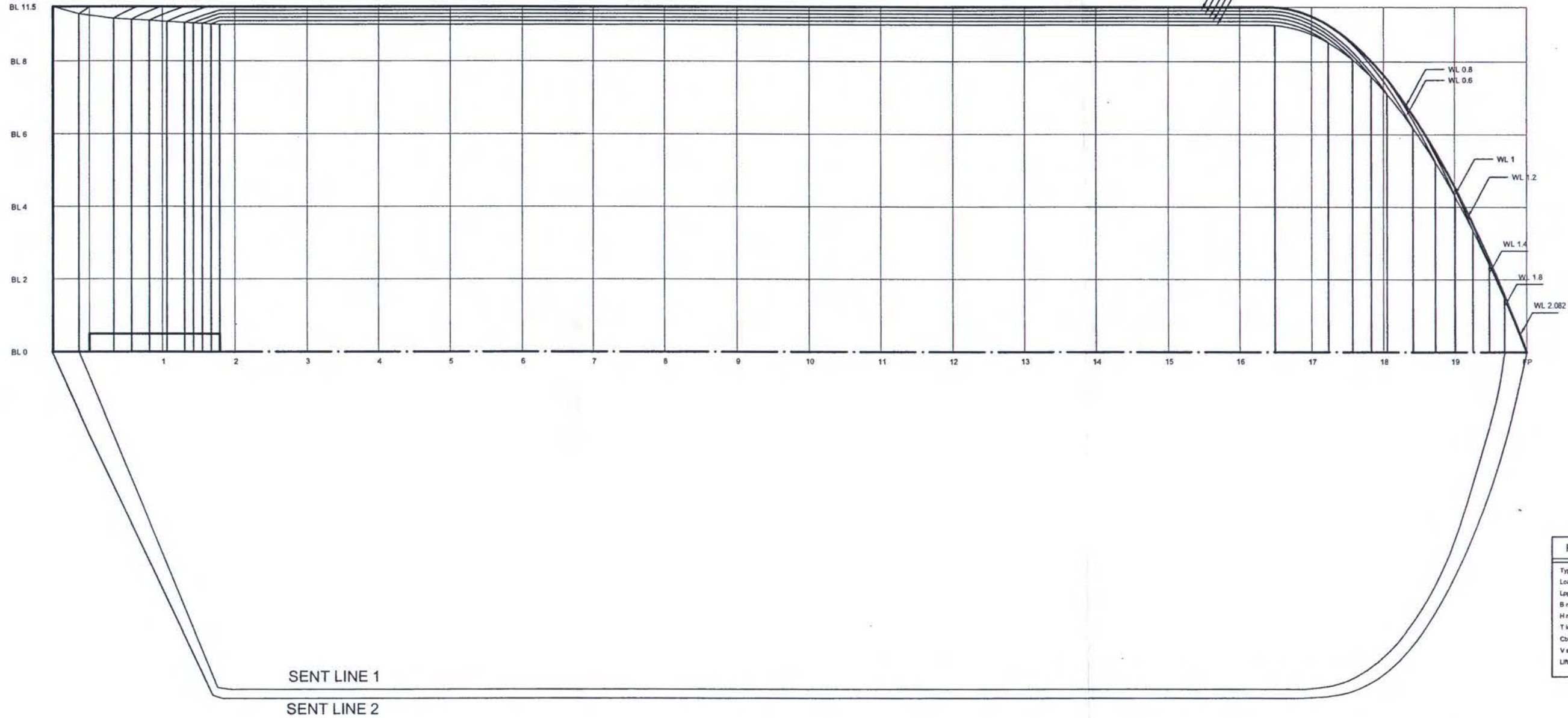
BODY PLAN



SHEER PLAN



HALF BREADTH PLAN



PRINCIPAL DIMENSION	
Type	: FLOATING CRANE
Loa	: 43.73 m
Lpp	: 42.87 m
B moulded	: 23.00 m
H moulded	: 3.36 m
T loaded	: 2.08 m
Cb	: 0.86
V service	: 5 knot
Lifting cap.	: 100 TON

HALF BREADTH FROM CENTER LINE (m)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0.537	10.895	10.895	10.895	10.895	10.895	10.895	10.895	10.895	10.895	10.895	10.895	10.895	10.895	10.895	10.895	10.895	10.895	10.895	10.895
0	0.537	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
0	0.537	11.107	11.107	11.107	11.107	11.107	11.107	11.107	11.107	11.107	11.107	11.107	11.107	11.107	11.107	11.107	11.107	11.107	11.107	10.244
0	0.537	11.213	11.213	11.213	11.213	11.213	11.213	11.213	11.213	11.213	11.213	11.213	11.213	11.213	11.213	11.213	11.213	11.213	11.213	10.35
0	0.537	11.316	11.316	11.316	11.316	11.316	11.316	11.316	11.316	11.316	11.316	11.316	11.316	11.316	11.316	11.316	11.316	11.316	11.316	10.457
0	0.537	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	10.663
0	0.537	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	10.749
0	11.215	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	8.079
0	11.476	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	8.134
0	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	8.134
0	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	8.134
11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	3.643
11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500	3.643

HEIGHT FROM BASE LINE (m)

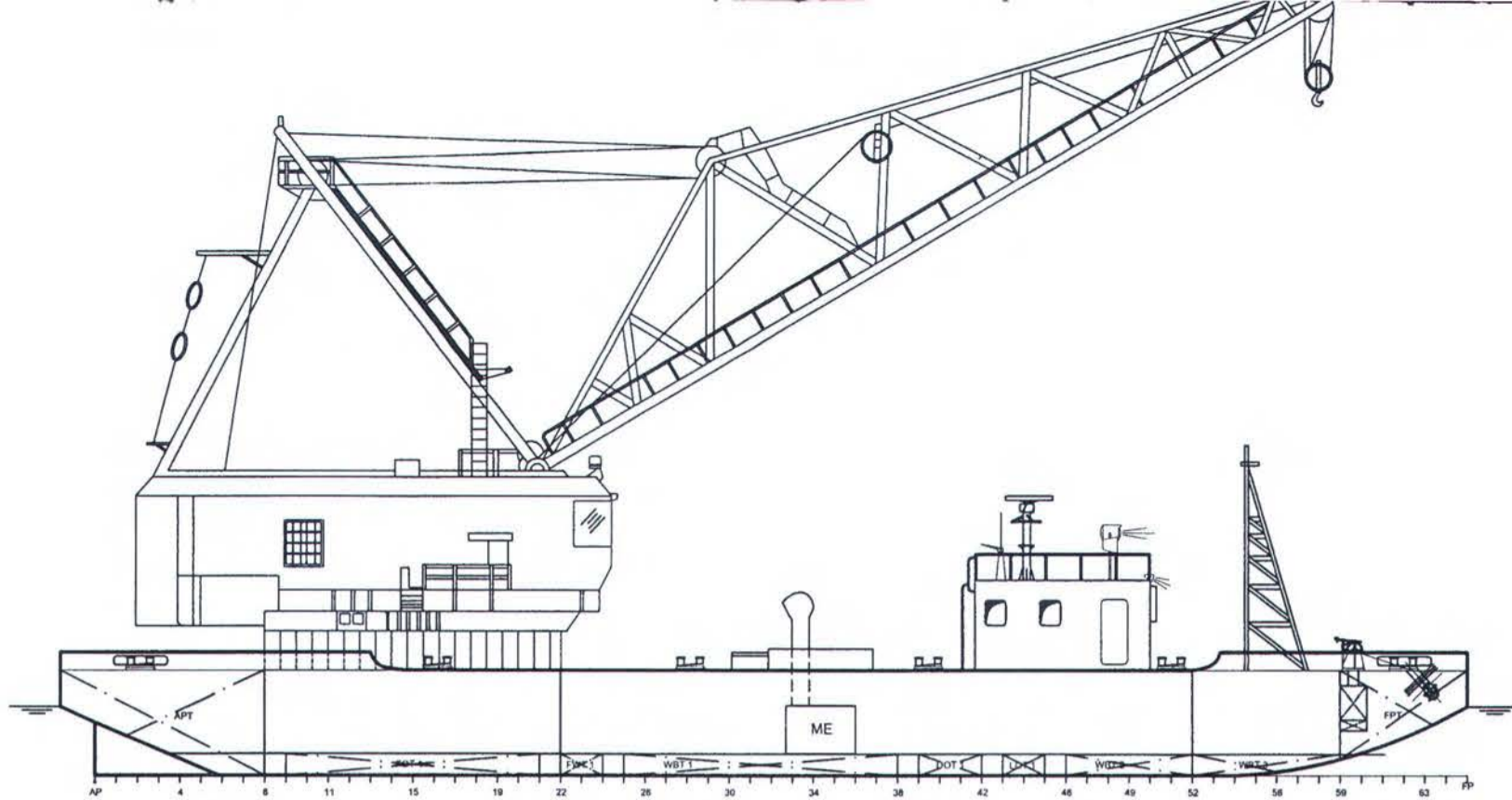
BL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
BL 0	1.612	0.7142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BL 0.2	1.612	0.7142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BL 0.4	1.612	0.7142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BL 0.6	1.612	0.7142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BL 0.8	1.612	0.7142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BL 11.5	1.7556	1.081	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	

DEPT. OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIP BUILDING
FACULTY OF OCEAN ENGINEERING
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

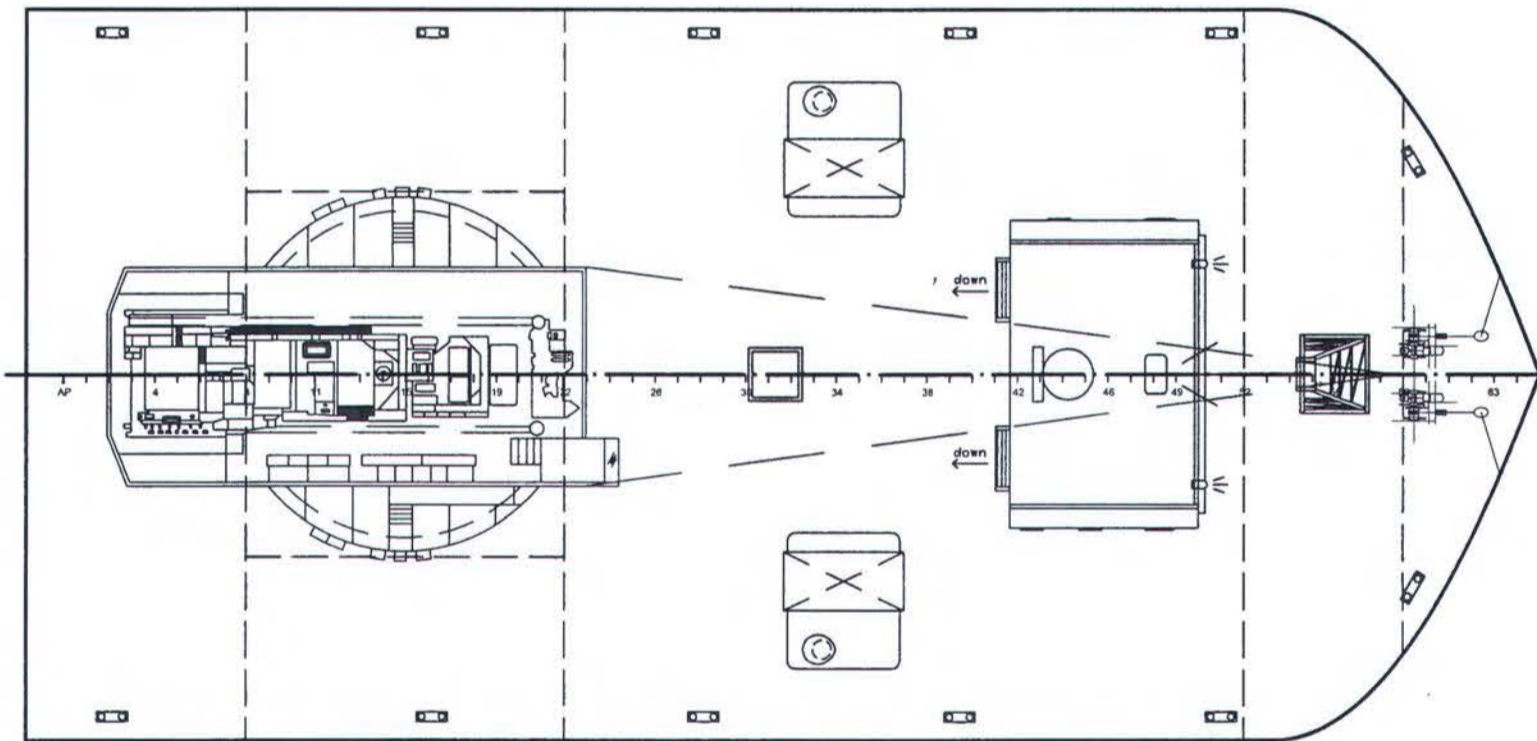
LINES PLAN

BOKTITAN II

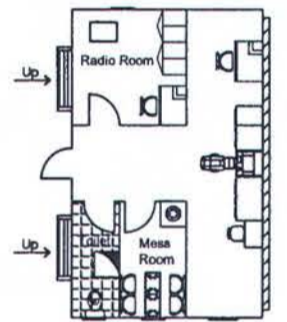
Scale : 1 : 133	Signature	Date	Note :
Designed : Kus Cahyadi Pribadi			
Approved : Ir. Djauhar Manfas, Msc, PhD			4102 100 030



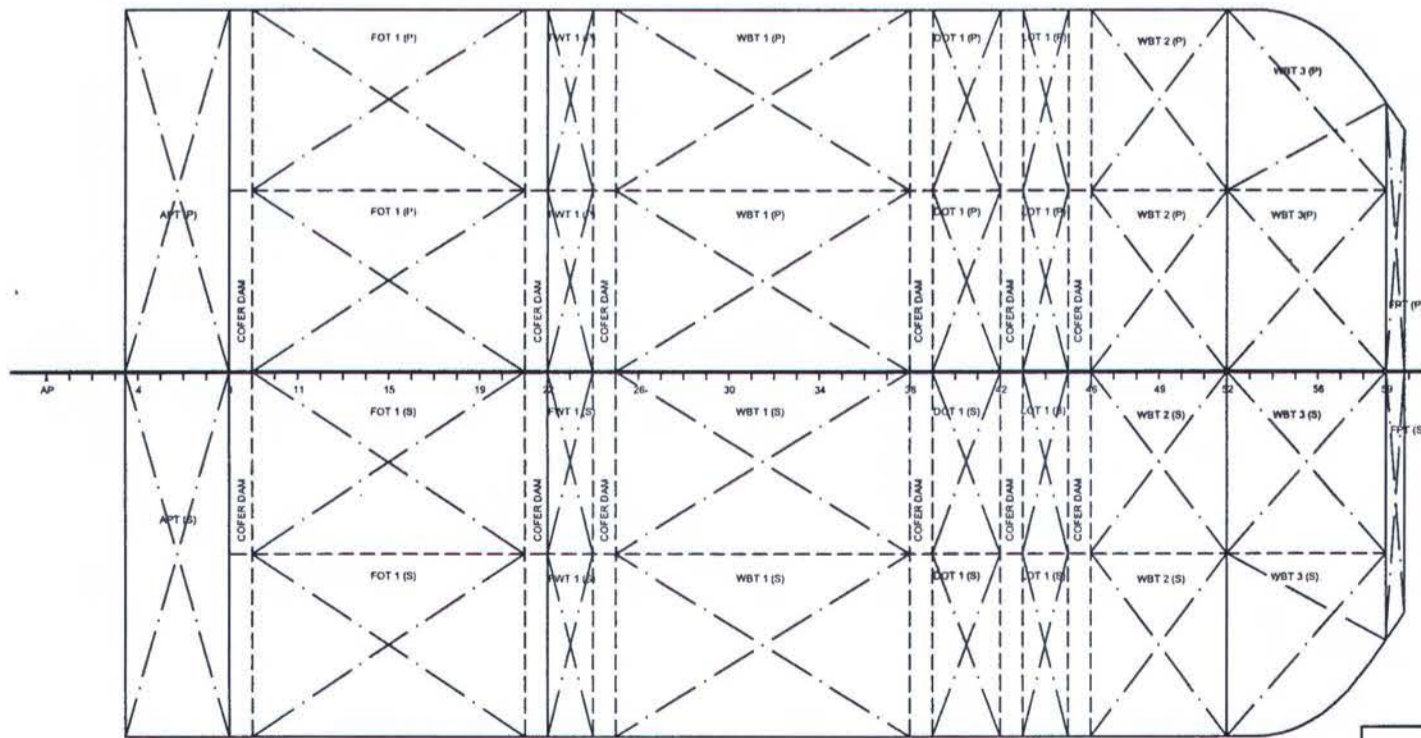
MAIN DECK



NAVIGATION DECK



TANK TOP



PRINCIPAL DIMENSION	
Type	: FLOATING CRANE
Loe	: 43.73 m
Lpp	: 42.87 m
B moulded	: 23.00 m
H moulded	: 3.36 m
T loaded	: 2.06 m
Cb	: 0.86
V service	: 5 knot
Lifting cap.	: 100 TON
Crew	: 4 person

DEPT. OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIP BUILDING
FACULTY OF OCEAN ENGINEERING
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

GENERAL ARRANGEMENT

BOKTITAN II

Scale	Signature	Date	Note
: 1 : 200			
Designed : Kus Cahyadi Prbadi			
Approved : Ir. Djauhar Marfat, Mac, PhD			4102 100 030

BIBLIOGRAFI



Kus Cahyadi Pribadi lahir di Surabaya 29 Februari 1984. Menjalani wajib belajar pendidikan dasar sembilan tahun pada 1993-1999 di SD Kemala Bhayangkari 1 dan SLTPN 13 Surabaya, kemudian melanjutkan pendidikannya di SMUN 5 Surabaya hingga 2002. Lolos seleksi UMPTN dan diterima di Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS 2002. Pengalaman organisasi : anggota Tim Hantu Laut Teknik Perkapalan pada kegiatan Indonesia Challenge “The Indonesian Traditional Boat Festival” 2003, sebagai staf divisi kewirausahaan 2004-2005 Himatekpal, SC (Steering Comitte) Student day 2004 Himatekpal, SC Naval Camp 2004 oleh Himatekpal. Pengalamam Akademis : Peserta pelatihan AUTOCAD 2D & 3D oleh Himatekpal tahun 2002, Instruktur pelatihan AUTOCAD oleh

Himatekpal tahun 2004, peserta Pelatihan MAXSURF oleh Himatekpal tahun 2005, peserta pelatihan dasar Nastran oleh Himatekpal tahun 2006. Komunikasi : 081330521025, Email : di2t_naval@yahoo.co.id.