

30142/H/07



RS Pe
623.812 32
Ari
p-1
2007

TUGAS AKHIR - LK 1347

PERANCANGAN PUSH BOAT UNTUK PUSHER BARGE 6840 DWT UNTUK SUNGAI DI KALIMANTAN

FAJAR ARIBOWO
NRP. 4101 100 017

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	10-8-2007
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	7790009

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN PUSH BOAT UNTUK PUSHER BARGE 6840 DWT UNTUK SUNGAI DI KALIMANTAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna 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 :

FAJAR ARIBOWO

Nrp. 4101 100 017

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 :

PERANCANGAN PUSH BOAT UNTUK PUSHER BARGE 6840 DWT UNTUK SUNGAI DI KALIMANTAN

Oleh :

FAJAR ARIBOWO

NRP. 4101 100 017

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

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



Surabaya, Juli 2007

PERANCANGAN *PUSH BOAT* UNTUK *PUSHER-BARGE 6840 DWT* UNTUK SUNGAI DI KALIMANTAN

Penulis : Fajar Aribowo
Dosen Pembimbing : Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.

Abstrak

Sungai, sebagai contoh salah satu perairan dalam, memiliki peranan yang sangat vital bagi kehidupan dan perekonomian masyarakat sekitarnya. Selain itu secara tidak langsung, sungai juga berperan penting bagi industri-industri yang ada di luar wilayah tersebut. Hal ini disebabkan, sungai tersebut berfungsi sebagai jalur transportasi pengiriman bahan bakar serta bahan baku untuk industri di beberapa wilayah. Untuk melakukan pengangkutan melalui sungai, umumnya digunakan kapal tongkang dan ditarik menggunakan kapal tunda. Penggunaan kapal tunda ini disebabkan karena sungai tidak dapat dilalui oleh kapal-kapal besar. Saat ini, kapal tunda yang banyak beroperasi di perairan sungai masih menggunakan kapal tunda konvensional, yaitu dengan sistem Convensional Towing-rope Tug Boat. Pada kenyataannya, penggunaan kapal tunda jenis ini masih menyisakan beberapa kendala. Diantaranya diakibatkan oleh kondisi perairan yang menyulitkan pengoperasian kapal tunda tersebut, terutama untuk daerah-daerah yang memiliki tikungan tajam dan berarus, serta di daerah yang cenderung terjadi pendangkalan sungai.

Untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan kapal tunda jenis Pusher-barge atau yang sering disebut Push Boat. Berbeda dengan Tug Boat pada umumnya, Push Boat dioperasikan dengan cara mendorong tongkang dengan mengikatkan bagian belakang tongkang dengan bagian depan pada Push Boat (Pusher-barge Combination). Bila dibandingkan, Push Boat memiliki beberapa keuntungan, diantaranya (i) Push Boat dan tongkang terikat menjadi satu kesatuan sehingga lebih mudah dalam pergerakannya (maneuvering). (ii) Pergerakan tongkang dapat lebih terkendali di daerah berarus, karena tongkang bergerak sesuai pergerakan Push Boat. (iii) Lebih mudah dalam proses bongkar muat dan berlabuh. (iv) Memiliki sarat kapal yang lebih kecil.

Dalam makalah ini, analisis perancangan Push Boat untuk Pusher-barge 6840 DWT untuk sungai di Kalimantan diuraikan. Perancangan kapal ini diawali dengan penentuan variables, parameters dan batasan-batasan (constraints) yang sesuai dengan kondisi perairan kapal tersebut beroperasi. Selanjutnya proses optimasi dilakukan untuk menentukan ukuran utama kapal yang optimal, dan fungsi obyektif dalam proses ini adalah meminimalkan biaya total pembangunan kapal. Dari hasil proses ini, ukuran utama optimal yang didapatkan adalah sebagai berikut: $L_{pp} = 29.9754$ m, $B_{moulded} = 9.1858$ m, $H_{moulded} = 3.8409$ m, $T = 2.1636$ m. Kemudian, gambar rencana garis dan rencana umum dari hasil perancangan kapal ini juga disajikan dan dianalisis.

Kata kunci: push boat, pusher barge, sungai, perancangan

DESIGN OF A PUSH BOAT FOR A 6840 DWT PUSHER-BARGE AT RIVERS IN KALIMANTAN

Author : Fajar Aribowo
Supervisor : Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.

Abstract

River, as an example of inland waterway, has a very important role which is vital to the life and economic of its surrounding people. Moreover, in a manner indirectly, river is also important to industries which are located outside the area, since, river acts as a transport for delivering fuel and raw material for industry in several places. To carry goods through the river, we usually use barges which are pulled by tug boats. The use of a tug boat is for a reason that river cannot be passed by big boat. Nowadays, a barge, which operates at the river waterway still uses the conventional tug boat, which is the conventional towing rope tug boat system. On the contrary, the use of this kind of tug boat still left a few disadvantages. Some of them are caused by the waterway condition which makes the operation of tug boat have difficulties, mostly for the area that has tight curves and currently also in the trivialized river.

To anticipate those problems, the usage of "pusher-barge typed" tug boats is suggested. They are often known as push boat. Different from the usual kind of tug boat, a push boat is operated by pushing a barge where the back side of the barge is tied with the front side of the push boat (a pusher barge combination). If compared, a push boat has several advantages, which are (i) the barge and the push boat tied together forms as one unit, so it is easier in the movement (maneuvering), (ii) the movement of the barge becomes more controllable in the wavy, because the barge moves along with the movement of the push boat, (iii) easier in the loading and berthing process, (iv) it has a lower draught.

In this report, an analysis of the push boat design for a 6840 DWT pusher barge at rivers in Kalimantan is presented. The design process of this boat starts with stating variables, parameters and constraints which are appropriate with the condition of the boat operational area. Then, the optimization process is carried out to choose the optimum principal dimensions. The objective function of this process is to minimize the shipbuilding cost. The result of this process is the main optimum principal dimensions, which are $L_{pp} = 29.9754$ m, $B_{moulded} = 9.1858$ m, $H_{moulded} = 3.8409$ m, $T = 2.1636$ m. Finally, the drawing of lines plan and general arrangement of this design are also given and analyzed.

Keywords: *push boat, pusher barge, river , design*

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. Almarhum Ayahanda, Ibuku di rumah, adik2ku D-nok dan Fariz, serta seluruh keluargaku yang selalu mendukungku serta menungguku sampai lulus kuliah.
2. Bpk Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, P.hD selaku dosen pembimbing yang tak kenal lelah dan sabar menanti hingga ku lulus. Danke Schon Pak Djo.
3. My second family di Surabaya: Pakdhe, Budhe dan mas Haryo.
4. Ir. Asjhar Imron, M.Sc, M.SE, P.ED, selaku dosen wali.
5. Ir. Triwilaswandio W.P. selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan FTK - ITS.
6. Hormat saya kepada Bapak Fathorrhachman Said beserta keluarga, atas kesediaannya untuk "direpoti" selama penulis menjalankan KP di Jakarta.
7. Sobat-ku Didit "Achonk", Bagus "rider", Hilmy "jember", Tyo "endut", Ryan "pak pol", Kurnia "manajer", Zaenal "gondez", Andrik, Bogi, yang selalu menemaniku selama kuliah dalam suka dan duka.
8. Temen2 OASIS: Bintoro, Bereng, Kuncoro, Didik, Angga, serta konco2 keputih, such as : Billy, Pak Shiro, Ari Nur, Wawan, Budhi Dharma, Nyoman, Dhika n Gebangs : Tekek ma Noviar.
9. Junet ama Bang Tomat "Ari Achmad", atas suportnya menyelesaikan solverku yang mbulet dan bikin pusing.
10. Temen2 dari Blok U, Keputih dan mulyosari : Dian, Fajar S, Onyeng, Yoyon.
11. Gadis2 kapal 01 yang dah pada lulus smua : Efa, Umi ma Soleka.
12. Para istri n Bojone arek2 serta para wanita yang telah mewarnai kehidupan kampus : Yani, Nis-nis, Shita, Nike, Dewi, Renny, Fitri, Ratih, Madam, Anin, dan Chitra.
13. Adhek-ku Asri di Malang yang telah memberikan support untuk lulus bareng.
14. Tungganganku Shogun 110cc H 4256 KB, yang selalu mengantarku kesana kemari tanpa kenal lelah dari awal kuliah ampe lulus.
15. Labkom Community : Mas Yoyok sebagai ketua Laler IJO, ayo wujudkan !!! Henshin...!, Bowo "KaButo", Deny "Cabul", Heru, cak Gie, pak Ridwan, A K, Rama, Putri, Septi, Bang Otong.
16. Teman seperjuangan, Ambar dan Kus, kita Lulus...!
17. Para bapak-bapak dan Ibu-ibu di DKB semarang serta BKI Jakarta atas bimbingan Kerja Praktek yang telah diberikan.
18. Bapak Digul Siswanto, Bapak Eko P, Bapak Masroeri, Pak Odo' LHI atas masukan yang diberikan untuk penyelesaian Tugas Akhir ini.
19. Pak Yoyok, Bu Aroem dan Mas Dwi dari Ruang Baca atas bantuannya mencarikan buku Henschke.
20. Pihak Pelindo III Surabaya dan Banjarmasin atas bantuannya sehingga penulis dapat memperoleh data pendukung dalam tugas akhir ini.
21. Cak Rie, dkk. Atas bakso, penyet dan gado-gadonya
22. Para bapak2 karyawan Perkapalan such as: nyang ada di sekretariat.

23. Bwt Chiko atas Laptop dan Printernya di saat2 terakhir.
24. Serta 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	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penulisan	2
1.5. Manfaat Penulisan	2
1.6. Hipotesis.....	2
1.7. Konseptual Model Penelitian.....	3
1.8. Metodologi Penelitian	4
1.8.1. Jenis dan Sumber Data.....	4
1.8.2. Prosedur Pengumpulan Data.....	4
1.9. Sistematika Laporan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tinjauan Umum	7
2.2 Kapal Tunda	9
2.2.1 Kapal Tunda untuk Perairan Besar	9
2.2.2 Kapal Tunda untuk Pelabuhan dan Dok	10
2.2.3 Kapal Tunda untuk Sungai dan Perairan Dangkal.....	11
2.2.4 Kapal Tunda untuk Kanal (Canal Tugs).....	13
2.3. Sistem Sambungan pada Push Boat.....	14
2.3.1 Rope Connection	14
2.3.2. Mechanical Connection	15
2.4. Tinjauan Teknis Perencanaan Kapal.....	17
2.4.1. Perencanaan Ukuran Utama Dasar.....	17
2.4.2. Perhitungan Berat Baja Kapal.....	18
2.4.3. Perhitungan Hambatan Kapal.....	18
2.4.3.1. Push Boat.....	19
2.4.3.2. Tongkang.....	19
2.4.4. Perhitungan Propulsi dan Power Mesin.....	20
2.4.4.1. Perhitungan Thrust dan Torque... ..	20
2.4.4.2. Perhitungan Propeller Coefficient.. ..	23

2.4.4.3. Perhitungan Daya Mesin..	23
2.4.5. Perhitungan Trim dan Stabilitas.....	23
2.5. Freeboard.....	24
2.6. Analisa Regresi.....	25
2.7. Perancangan Kapal dengan Metode Optimasi.....	25
2.7.1. Constrained Non-linier Optimization Technique.....	25
2.7.2. Generalized Reduced Gradient Method.....	25
2.7.2.1. Metode GRG dengan iterasi <i>Newton Raphson</i>	27
2.7.2.1. Metode GRG dengan iterasi <i>Conjugate Gradient</i>	27
2.8. Tinjauan Ekonomis Perencanaan Kapal.....	28
2.8.1. Biaya Investasi Kapal.....	28
2.8.2. Biaya Operasi Kapal.....	28
2.8.3. Perhitungan NPV (Nett Present Value).....	29
2.8.4. Perhitungan BEP (Break Event Point).....	29

BAB III STUDI WILAYAH

3.1. Tinjauan Umum	33
3.2. Potensi Daerah.....	34
3.2.1 Potensi Masyarakat	34
3.2.2 Potensi Wilayah	35
3.2.2.1. Hasil Tambang.....	35
3.2.2.2. Hasil Hutan.....	36
3.3. Kondisi Sungai	38
3.3.1 Pendahuluan	38
3.3.2 Kondisi Pelayaran.....	39
3.3.3. Fasilitas Pendukung Transportasi.....	42
3.3.4. Kendala dan Permasalahan.....	43
3.3.4.1. Pendangkalan Sungai.....	43
3.3.4.2. Endapan Gambut..	44
3.4. Pengaruh Alam...	45
3.4.1. Kondisi Pasang Surut.....	45
3.4.2. Klimatolgi.....	45

BAB IV ANALISA TEKNIS

4.1. Perencanaan Ukuran Utama Kapal	47
4.1.1. Design Variable	49
4.1.2. Batasan-batasan (constraint).....	49
4.1.3. Fungsi Objektif.....	50
4.2. Metode Optimasi	51
4.2.1. Program Solver.....	51
4.2.2. Proses Perhitungan..	55
4.2.3. Hasil Optimasi...	56
4.2.3.1. Hasil Perhitungan Displacement...	56
4.2.3.2. Hasil Perhitungan Hambatan.....	57
4.2.3.3. Hasil Perhitungan Daya Mesin.....	60
4.2.3.4. Hasil Perhitungan Trim...	60
4.2.3.5. Hasil Perhitungan Stabilitas.....	61
4.3. Pembuatan Lines Plan	66
4.4. Pembuatan Kurva Hidrostatik	66
4.5. Pembuatan Rencana Umum.....	69

4.5.1. Perencanaan Tangki-tangki	69
4.5.2. Perencanaan Ruang Akomodasi..	70
4.5.3. Peralatan Kapal...	70

BAB V ANALISA EKONOMIS

5.1. Analisa Kelayakan Investasi.....	73
5.2. Penentuan Payback Time Period	75

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan	79
6.2. Saran	80

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Lampiran I	: Perhitungan Excel Solver
Lampiran II	: Daftar Harga Material
Lampiran III	: Denah Muara Sungai Barito
Lampiran IV	: Data Kecepatan Angin
Lampiran V	: <i>Price List</i> sewa satu set kapal tunda dan harga tongkang
Lampiran VI	: Kurva Stabilitas <i>Push Boat</i> dan Stabilitas Gabungan
Lampiran VII	: <i>Lines Plan</i> dan <i>General Arrangement</i>

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Model <i>conceptual</i> tugas akhir.....	3
Gambar 1.2. <i>Flow Chart</i> metodologi penelitian.....	5
Gambar 2.1. <i>Kort Nozzle</i> pada kapal perai an dalam.....	8
Gambar 2.2. Penarikan <i>crane</i> apung dengan kapal tunda	9
Gambar 2.3. Penarikan kapal dengan kapal tunda	9
Gambar 2.4. Kapal tunda untuk pelabuhan dan dok	10
Gambar 2.5. Kapal tunda untuk sungai dan perairan dalam	11
Gambar 2.6. <i>Push boat</i> untuk <i>pusher-berge</i>	13
Gambar 2.7. Kapal tunda untuk kanal... ..	13
Gambar 2.8. Sistem pengikatan <i>rope connection</i>	14
Gambar 2.9. <i>Connecting block</i>	15
Gambar 2.10. Tanker <i>pusher-berge system</i> untuk pelayaran samudra.....	16
Gambar 2.11. Sistem pengikatan <i>mechanical connection</i>	17
Gambar 2.12. Grafik Kt-D yang diplotkan pada KT – KQ – J diagram.. ..	20
Gambar 3.1. Lalu lintas kapal di muara Sungai Barito.. ..	38
Gambar 3.2. Jembatan yang melintasi Sungai Barito.....	39
Gambar 3.3. Kondisi sungai di pedalaman Kalimantan.. ..	39
Gambar 3.4. Alat transportasi masyarakat sekitar.....	40
Gambar 3.5. Sungai-sungai yang mengalir di Kalimantan (foto satelit).. ..	41
Gambar 3.6. Pasar terapung di Kalimantan.....	43
Gambar 4.1. Grafik hubungan DWT tongkang – tonnase push boat....	47
Gambar 4.2. Grafik hubungan tonnase – Lpp... ..	48
Gambar 4.3. Grafik hubungan tonnase – B... ..	48
Gambar 4.4. Grafik hubungan tonnase – H... ..	48
Gambar 4.5. Grafik hubungan tonnase – T... ..	48
Gambar 4.6. Tampilan model optimasi pada Microsoft Excel.....	51
Gambar 4.7. Tampilan <i>solver parameter</i>	52
Gambar 4.8. Tampilan <i>solver parameter</i> dengan <i>target cell</i>	52
Gambar 4.9. Tampilan <i>solver parameter</i> dengan <i>changing cell</i>	53
Gambar 4.10. Tampilan penambahan <i>constraint</i>	53
Gambar 4.11. Tampilan <i>solver parameter</i> dengan <i>constraint</i>	54
Gambar 4.12. Tampilan halaman option pada program Excel... ..	54
Gambar 4.13. Tampilan hasil optimasi.....	55
Gambar 4.14. Lines Plan Push Boat pembanding... ..	55
Gambar 4.15. Kurva hidrostatik... ..	69
Gambar 5.1. Grafik <i>Nett Cash Flow</i> operasional <i>Push Boat</i> selama 15 tahun.....	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Harga $1 + k^2$	9
Tabel 2.2. Polynomial Kt	21
Tabel 2.3. Polynomial Kq	22
Tabel 3.1. Perkembangsn jumlah penduduk.....	34
Tabel 3.2. Proyeksi perkembangan jumlah penduduk	34
Tabel 3.3. Luas kawasan Hutan	36
Tabel 3.4. Pemanfaatan ruang	37
Tabel 3.5. Sungai di kalimantan	41
Tabel 4.1. Kapal Perbandingan.....	47
Tabel 5.1. Spesifikasi teknis tug boat.....	73
Tabel 5.2. Data Biaya investasi	73
Tabel 5.3. Data operasional Tug boat	75
Tabel 5.4. Kenaikan Tarif	76
Tabel 5.5. Biaya pendapatan dan pengeluaran	77
Tabel 5.6. Rekapitulasi biaya investasi	78

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Salah satu sarana transportasi untuk mengangkut barang dari pulau satu ke pulau lain adalah kapal. Namun penggunaan kapal barang sebagai alat pengangkut mempunyai beberapa kelemahan. Jika dioperasikan untuk perairan terbatas, selain biaya operasionalnya yang relatif mahal, juga dipengaruhi oleh kondisi perairan yang tidak memungkinkan untuk dilalui kapal-kapal besar. Sebagai solusinya, digunakan kapal tongkang dengan ditarik menggunakan Tug Boat.

Dalam kondisi perairan terbatas yang dalam hal ini berada di wilayah sungai, sangat sulit untuk mengoperasikan penarikan tongkang menggunakan tug boat. Hal ini disebabkan karena sulitnya mengendalikan pergerakan tug boat. Untuk itu pengangkutan dilakukan dengan cara didorong, sehingga dibutuhkan kapal pusher-barge untuk perairan tersebut.

Dalam merancang kapal Pusher Barge ini secara efektif dan memperoleh hasil optimal, dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor pertama yang paling mempengaruhi adalah kondisi alam (perairan) yang ada. Perancangan Push Boat harus sesuai dengan kondisi perairan yang dilalui, diantaranya harus diketahui lebar sungai, panjang, kedalaman karena pengaruh pasang surut, dan juga adanya pendangkalan akibat sedimentasi lumpur. Seperti yang diketahui, untuk perairan sungai, sedimentasi lumpur sering terjadi karena adanya wake wash effect, akibat gelombang yang ditimbulkan karena pergerakan kapal. Gelombang yang timbul tersebut mengikis pinggiran sungai sedikit demi sedikit dan mengakibatkan terjadinya lumpur dan mengendap di dasar sungai.

Selain faktor alam, dalam perancangan push boat ini juga dipengaruhi oleh tongkang yang akan didorong. Meskipun tongkang memiliki bobot yang sama, ada banyak variasi ukuran utama dari tongkang tersebut. Penentuan ukuran tongkang ini bertujuan untuk mencari besarnya tahanan yang mempengaruhi BHP mesin yang dibutuhkan oleh Push Boat.

Terdapat beberapa keuntungan yang didapat dari penggunaan push boat di banding jika menggunakan tug boat konvensional (*Conventional Rope-towing of Barge*). Diantaranya: kecepatan maksimum dari push boat lebih tinggi dari tug boat konvensional. Selain itu, pusher-barge dapat menghentikan dirinya sendiri. sebab pada kapal ini, tepat terikat pada bagian stern dari tongkang (barge), Sehingga jika push boat menghentikan mesin, secara otomatis tongkang juga akan berhenti. Sedang untuk tug boat konvensional tidak dapat melakukan itu, sebab jika tug boat berhenti secara mandadak, tongkang yang ditarik tidak dapat berhenti secara langsung dan ada kemungkinan untuk menabrak bagian stern dari tug boat. Dan keuntungan yang paling terlihat dari penggunaan pusher-barge adalah dari segi keamanan. Dengan menggunakan tug boat konvensional, tongkang yang ditarik dapat bergerak ke kanan dan ke kiri dengan sendirinya karena adanya arus air. Hal ini sangat berbahaya bagi tongkang ataupun bagi tug boat itu sendiri. Namun jika menggunakan pushing-barge, kapal dapat dikendalikan dan bermanuver dengan baik karena terikat kuat pada kapal tunda.

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan utama diatas, maka studi untuk merencanakan *push boat* untuk *pusher-barge* untuk perairan dalam di Kalimantan perlu untuk dilakukan. Untuk tujuan itu, dalam tugas akhir ini dilakukan analisa teknis dan perhitungan untuk memperoleh ukuran kapal yang optimum, untuk selanjutnya dapat diperoleh gambar berupa *Lines Plan* dan *General Arrangement*-nya.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana ukuran utama *push boat* untuk *pusher-barge* yang optimum dan sesuai dengan daerah perairan?
2. Bagaimana desain *push boat* untuk *pusher-barge* yang sesuai untuk mendorong *barge* 6840 DWT di perairan tersebut?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Tugas Akhir ini hanya merancang *push boat* untuk *pusher-barge* untuk sungai di Kalimantan.
2. Dalam tugas akhir ini tidak dilakukan analisa terhadap kapal tongkang yang didorong, ukuran tongkang hanya digunakan sebagai acuan dalam menentukan besarnya hambatan *push boat* untuk memperoleh ukuran yang optimum.
3. Sistem penyambungan dipaparkan secara umum dalam Tugas Akhir ini dan tidak membahas secara detail *coupler* antara *push boat* dengan tongkang.
4. Daerah operasi *push boat* adalah di perairan dalam Kalimantan.
5. Analisa teknis meliputi perhitungan ukuran utama, gambar *Lines Plan* serta *General Arrangement* yang sesuai dengan persyaratan stabilitas dan lambung timbul.
6. Analisa ekonomis yang dibahas meliputi biaya investasi, biaya operasional, serta kelayakan investasinya.
7. Harga sewa *Tug Boat* sistem *Time Charter* di pasaran berupa asumsi dengan diperoleh dari harga sewa 1 (satu) set *tug boat* dan tongkang.

1.9. Tujuan Penulisan

Tujuan utama dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan desain kapal tunda tipe *push boat* untuk perairan dalam di Kalimantan. Tujuan utama ini dicapai melalui beberapa tujuan khusus yaitu :

1. Untuk memperoleh ukuran kapal tunda serta desain kapal tunda yang sesuai dengan perairan sungai di Kalimantan.
2. Untuk mendapatkana hasil pemeriksaan berupa koreksi displacement, trim serta stabilitas *push boat*.
3. Untuk memperoleh gambar Rencana Garis (*Lines Plan*) dan Rencana Umum (*General Arrangement*).

1.9. Manfaat Penulisan

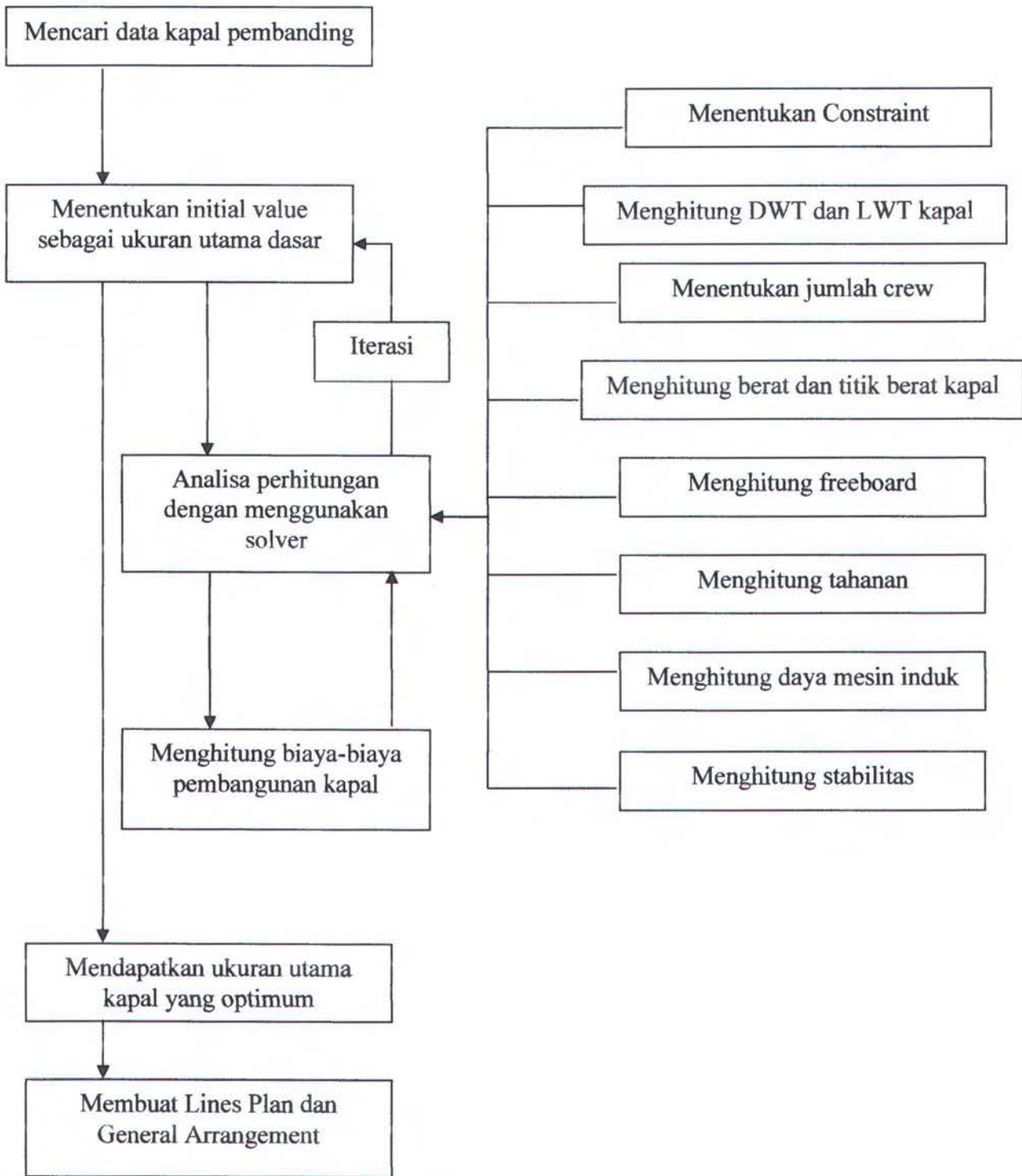
Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui informasi tentang proses perancangan *Push Boat* untuk *pusher-barge* sesuai dengan perairan sungai Kalimantan.
2. Mengetahui keuntungan dalam hal efisiensi dan efektifitas dengan penggunaan *Pusher Boat* daripada menggunakan kapal *Tug Boat* konvensional.
3. Dapat memberikan masukan tentang desain *Push Boat* yang optimum kepada instansi terkait yang meliputi investor serta pemerintah daerah.

1.6. Hipotesis

Jika *Push Boat* yang optimum dapat dirancang untuk melayani operasional *barge* di perairan dalam Kalimantan, maka efektifitas transportasi kapal, misalnya pengangkut batubara di daerah tersebut dapat ditingkatkan.

1.7. Konseptual Model Penelitian



Gambar 1.1. Model Conceptual Tugas Akhir.

1.8. Metodologi Penelitian

1.8.1. Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penulisan ini bersumber dari:

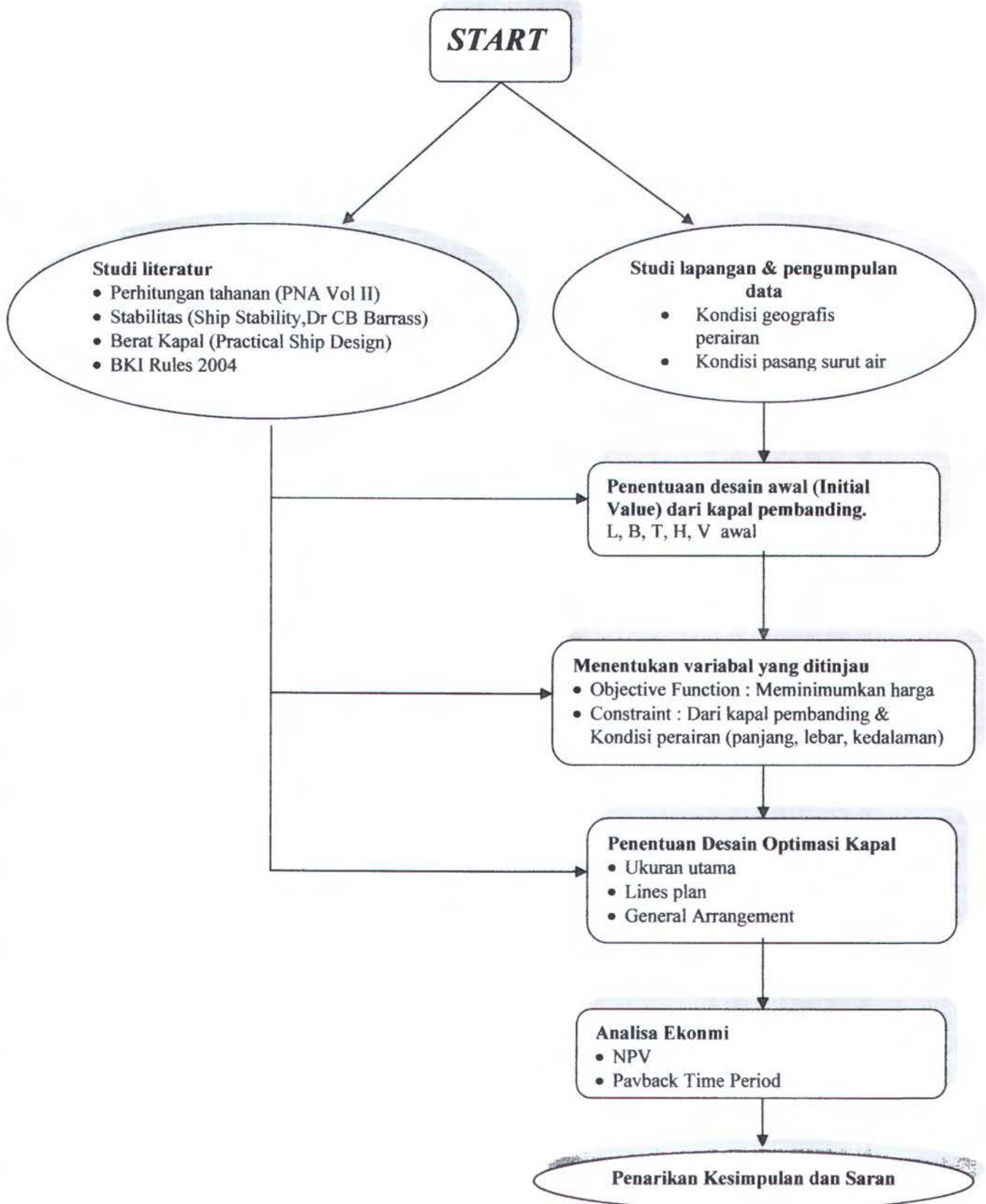
- a) Data primer yaitu data yang diperoleh dari pengamatan dan wawancara langsung dari pihak terkait. Contohnya data yang berupa penjelasan atau keterangan baik secara tertulis maupun lisan.
- b) Data sekunder merupakan perolehan data dari literature, paper, jurnal guna menunjang data yang ada.

1.8.2. Prosedur Pengumpulan Data

Prosedur pengumpulan data yang digunakan dalam tugas akhir ini yaitu:

- a) Studi Pendahuluan
Tahap ini dilakukan agar tujuan mengetahui permasalahan yang dihadapi untuk dibahas dalam penelitian ini. Data yang dicari diantaranya :
 - Data keadaan sungai yang ada di Kalimantan yang meliputi panjang, lebar dan kedalaman serta kondisi pasang surutnya.
 - Data laporan kecelakaan kapal akibat kandas diperairan tersebut dalam kurun beberapa tahun terakhir.
- b) Survey Lapangan
Tahap ini dilakukan untuk pengumpulan data atau informasi yang diperlukan dalam penelitian. Data yang dicari yaitu :
 - Jenis tongkang yang beroperasi di perairan tersebut serta kapasitasnya.
 - Jenis push boat yang beroperasi beserta daya dan ukuran utamanya.
 - Waktu tempuh atau waktu operasioknal pengangkutan dari ujung sungai hingga pelabuhan.
 - Kondisi perairan serta pelabuhan pendaratan.
- c) Penetapan desain awal.
Untuk desain awal, digunakan kapal pembanding yang sudah beroperasi sebagai acuan. Diharapkan dapat diperoleh data kapal pembanding berupa :
 - Lines Plan.
 - General Arrangement
- d) Penyusunan program perencanaan.
Pengerjaan tugas akhir ini menggunakan bantuan program Microsoft Excel Solver dengan metode Generalized Reduced Gradient (GRG) untuk mencari ukuran L, B, T, H, dan V yang optimum. Objective Function yang ditinjau adalah dengan meminimalkan biaya investasi, karena kapal yang akan dirancang adalah kapal komersial, sehingga dicari nilai biaya investasi dan operasional yang minimum. Constraint yang diterapkan adalah persyaratan teknis kapal dan karakteristik perairan yang dilalui sebagai batasan.
- e) Penentuan katakteristik teknis kapal.
Dari beberapa persyaratan dan batasan yang ada (Objective Function dan Constraint) dilakukan perhitungan untuk menentukan karakteristik teknis kapal yang meliputi ukuran utama kapal (L, B, T, H, V). Sehingga didapat Lines Plan dan General Arrangementnya.
- f) 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.
- g) Menghitung analisa ekonomis kapal.
Analisa ekonomi pembangunan kapal dihitung dengan mencari NPV dan menentukan waktu balik modal (BEP).

FLOW CHART METODOLOGI DAN MODEL ANALISIS



Gambar 1.2. Flow Chart metodologi penelitian.

1.9. Sistematika Laporan

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan mengenai hal-hal yang melatar belakangi penulisan tugas akhir ini, tujuan penulisan, batasan dari masalah yang akan dibahas.

BAB II. DASAR TEORI

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori-teori yang berhubungan dengan produksi kapal tunda dan perencanaan ukuran utama kapal, software yang akan digunakan pada tugas akhir ini serta teori-teori lain yang mendukung tugas akhir ini.

BAB III. STUDI WILAYAH

Berisi penjelasan secara umum tentang keadaan geografis, karakteristik perairan sungai di Kalimantan, semisal tinggi gelombang, pasang surut air, kecepatan aliran, kecepatan angin dan sebagainya. Bab ini juga berisi tentang kondisi dan potensi daerah yang berada di sekitar sungai.

BAB IV ANALISA TEKNIS

Pada bab ini dibahas mengenai analisa teknis mengenai hasil dari perhitungan ukuran utama yang sudah dioptimalkan oleh software excell yakni Solver. Juga menganalisa stabilitas, LWT, DWT, hambatan, dan freeboard yang dihasilkan dari ukuran utama yang sudah dioptimalkan tersebut.

BAB V ANALISA EKONOMIS

Pada bab ini berisi analisa teknis dalam menentukan kelayakan investasi yang terdiri dari *Nett Present Value (NPV)* dan menentukan *Payback Time Period (BEP)*.

BAB VI KESIMPULAN

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

BAB II

STUDI LITERATUR

2.1. Tinjauan Umum

Secara umum, kapal tunda mempunyai karakteristik yang tidak jauh berbeda dari jenis kapal lainnya. Adapun perbedaannya terletak pada fungsinya. Menurut fungsinya, kapal tunda dibedakan menjadi:

- Kapal tunda untuk perairan besar.
- Kapal tunda untuk pelabuhan dan dok.
- Kapal tunda untuk sungai dan perairan dalam (*inland navigation*).
- Kapal tunda untuk kanal (*Canal Tugs*).

Meskipun kapal tunda digolongkan dalam beberapa kategori, namun secara umum beberapa jenis kapal tunda tersebut memiliki fungsi yang sama. Yaitu berfungsi untuk menunda kapal lain melalui daerah yang tidak dapat dilalui oleh kapal tersebut dengan sendirinya. Selain menunda dengan menarik kapal konvensional melalui daerah tertentu, kapal tunda juga dapat berfungsi menarik tongkang dengan berbagai jenis muatan, misalnya tongkang pengangkut batubara atau minyak. Dari fungsi-fungsi tersebut, kapal tunda memiliki beberapa karakteristik, diantaranya:

1. Daya mesin.

Untuk merancang kapal tunda, perlu diketahui terlebih dahulu daya mesin yang dibutuhkan, hal ini diperlukan untuk mengetahui seberapa besar kapasitas kapal yang dapat ditarik atau didorong. Umumnya dalam merancang kapal tunda, daya mesin dijadikan sebagai *owner requirement*. Sebab dapat dikatakan bahwa kapal tunda merupakan kapal pengangkut mesin. Kapal tersebut tidak memiliki kapasitas muatan (*payload*) yang dapat dijadikan sebagai *requirement* dalam perencanaannya. Meskipun besarnya *horse power* sangat penting dalam menentukan kemampuan kapal tunda, tidak berarti hal tersebut menjadi satu satunya faktor yang mempengaruhi perhitungan. *Displacement* serta *maneuverability* adalah faktor tambahan yang juga mempengaruhi dalam menentukan kemampuan kapal tunda.

2. *Maneuverability*.

Kemampuan manuver adalah faktor terpenting dalam merancang kapal tunda. Beberapa faktor yang dapat meningkatkan *maneuverability* adalah:

- Bentuk lambung
- *Propulsive power*
- Propeler
- Daun kemudi
- Letak mesin penarik (*tow engine*)

Kemampuan manuver dengan baik adalah syarat yang mutlak untuk semua jenis kapal tunda, terutama kapal tunda yang digunakan untuk docking (*confined area*). Perencanaan propeler dengan *kort-nozzle*, *flat bottom*, dan bentuk badan kapal bawah air yang khusus berpengaruh besar dalam meningkatkan *maneuvering* dari kapal tunda (lihat Gambar 2.1.). Untuk meningkatkan *maneuverability* kapal tunda pada beberapa kasus, desain kapalnya tidak dapat diadaptasi dari desain kapal tunda yang beroperasi di daerah lain, misalnya : meningkatkan tinggi forecastle untuk kapal tunda pelayaran samudra, merancang *push knee* dan *flat bottom* untuk kapal tunda perairan dalam [Brady,1974].

3. Hambatan.

Besarnya daya mesin dari kapal tunda sangat dipengaruhi oleh hambatan kapal yang ada. Selain hambatan dari badan kapal tunda itu sendiri, juga dipengaruhi oleh hambatan dari kapal yang ditarik atau didorong.

4. Kecepatan kapal.

Kapal tunda umumnya dirancang untuk dapat melaju dengan kecepatan rendah, yaitu dengan kecepatan tunda sekitar 5 – 8 knot (Pelindo III, 2007). Hal tersebut didasari oleh beberapa hal, diantaranya mengacu pada keamanan kapal baik untuk kapal tunda itu sendiri maupun keamanan dari kapal yang ditunda. Selain itu, hal tersebut juga sebagai pertimbangan keamanan serta keselamatan dari kapal lain yang ada disekitar kapal tunda tersebut. Sebagaimana diketahui kapal tunda tersebut umumnya beroperasi pada perairan dengan kondisi terbatas (*narrow area*) seperti misalnya: pada pelabuhan, terusan, ataupun sungai yang mana banyak juga terdapat kapal-kapal lain yang beroperasi disekitarnya.

5. *Static Bollard Pull*.

Static bollard pull adalah pengukuran terhadap daya mesin kapal tunda yang berkaitan dengan kemampuan kapal dalam menarik dalam kondisi tertentu, dimana *horse power* dari mesin merupakan bagian terpenting dari syarat kapal tunda. *Static bollard pull* yang merupakan daya dari *propeller jet area* merupakan fungsi kombinasi dari diameter diameter propeler, *pitch*, rps, rpm dari poros, dan sarat kapal. Yang perlu diperhatikan bahwa *static bollard pull* tidak bisa dijadikan penggambaran secara keseluruhan untuk melihat kemampuan daripada kapal tunda untuk menarik, faktor lain yang harus dipertimbangkan antara lain *displacement* dan *maneuvability*. Secara umum, *static bollard pull* menggambarkan keadaan tekanan udara dibawah air sebesar 1 atmosfer, dimana tekanan tersebut meningkat 2 kali lipat pada kedalaman sekitar 33 feet [Brady, 1974].



Gambar 2.1. Kort nozzle pada kapal perairan dalam.
Sumber: www.marinepollution.net , diambil: 11 Juli 2007.

2.2. Kapal Tunda

2.2.1. Kapal Tunda untuk Perairan Besar

Kapal tunda jenis ini terutama digunakan untuk :

- a) Menarik kapal-kapal yang tidak mempunyai mesin penggerak sendiri, seperti misalnya offshore, kran apung, dok apung, tongkang untuk antar pulau, serta alat apung lainnya di laut bebas dengan jarak jauh (lihat Gambar 2.2).



Gambar 2.2. Penarikan crane apung dengan kapal tunda.

Sumber: www.oceanmarine.com , diambil: 4 Juni 2007.

- b) Mengangkat kapal-kapal yang tenggelam dan menolong kapal yang tidak dapat berjalan sendiri karena adanya musibah tertentu (lihat Gambar 2.3).



Gambar 2.3. Penarikan kapal dengan kapal tunda.

Sumber: www.pyr.ec.gr.ca , diambil : 4 Juni 2007.

Karena hal-hal di atas, kapal tunda ini harus benar-benar laik laut dan umumnya memiliki ukuran utama yang besar. Selain ukuran dari panjang kapal yang besar, sarat (d) yang dalam juga diperlukan untuk penempatan diameter propeler yang besar, sedangkan untuk daun kemudi diperlukan bidang lateral yang besar pula. Kapal tunda jenis ini pada umumnya memiliki displacement yang besar, karena alat apung yang ditarik sering mempunyai hambatan yang besar. Jika kapal tundanya kecil, ada kemungkinan akan tertarik oleh alat-alat apung yang ditariknya apabila terjadi gelombang yang besar.

Dari segi tenaga penggerak, kapal tunda jenis ini juga mempunyai tenaga yang sangat besar. Umumnya sekarang, sebagai mesin penggerak dari kapal tunda dipakai mesin diesel. Peralatan dan ruangan akomodasi dirancang sedemikian rupa sehingga kapal tunda ini dapat dioperasikan baik daerah yang bersuhu dingin maupun di perairan tropis. Panjang rantai jangkar harus lebih panjang kurang lebih 50 % dari yang disyaratkan oleh Klasifikasi, dan karena itu derek jangkar juga harus lebih kuat [Sjahrun, 1987].

2.2.2. Kapal Tunda untuk Pelabuhan dan Dok

Kapal tunda kelas ini digunakan untuk menggiring dan merapatkan kapal di pelabuhan dan di galangan untuk proses pengedokan. Karena itu, kapal tunda ini harus kecil dan lincah serta mempunyai sarat yang terbatas. Perencanaan dari kapal tunda jenis ini harus sesuai dengan lokasi dimana kapal ini akan digunakan. Untuk kapal-kapal tipe ini, kemampuan dan kelincahan berputar atau manouver adalah suatu hal yang sangat penting, karena itu titik tangkap tambang untuk menarik harus berdekatan dengan titik tekan pusat dari bidang lateral. Hal ini bertujuan supaya pada keadaan bahaya tidak terdapat tambahan beban dengan cara memanfaatkan kemampuan berputar kapal yang cepat untuk mengatasi moment yang terjadi pada saat itu.

Kapal tunda ini juga mampu untuk bekerja pada perairan sempit, terutama pada saat menarik kapal untuk melakukan pengedokan (lihat Gambar 2.4). Karena bekerja pada perairan sempit, sewaktu menarik atau menggiring sebuah kapal yang masih bergerak pelan dengan penggerak sendiri, tambang tertarik ke atas dengan kecuraman yang besar. Oleh karena itu pada kapal tunda ini diperlukan kait untuk tambang yang dapat berputar ke atas. Untuk memperbesar keamanan kapal, titik tangkap kait tambang diletakkan serendah mungkin, dan ini berarti kait tambang berada sangat dekat dengan permukaan dek.



Gambar 2.4. Kapal Tunda untuk pelabuhan dan dok.
Sumber: www.paradise.caltech.edu, diambil: 4 Juni 2007.

Dari segi tenaga penggerak, kapal tunda untuk pelabuhan dan dok harus memiliki tenaga yang sangat besar. Hal ini diharapkan supaya dapat menghasilkan putaran baling-baling yang sangat cepat. Sebab, kapl tunda jenis ini harus mampu untuk menarik kapal-kapal besar dengan kapasitas muatan penuh. Selain dibebankan dengan besarnya kapal yang di tunda, kapal tunda ini juga bekerja pada daerah perairan yang dangkal (pelabuhan). Umumnya pelabuhan-pelabuhan yang ada di Indonesia memiliki kedalaman yang tidak terlalu besar, dan dasar perairannya masih beupa lumpur. Untuk itu kapal tunda yang bekerja harus memiliki diameter baling-baling yang tidak terlalu besar, namun mampu menghasilkan tenaga dan kecepatan yang diinginkan. Jika memiliki baling-baling yang terlalu besar, dikhawatirkan dapat menghasilkan gelombang yang dapat mengangkat endapan lumpur yang ada di dasar perairan, yang dapat mengakibatkan gangguan pada kinerja baling-baling kapal tunda.

2.2.3. Kapal Tunda untuk Sungai dan Perairan Dangkal

Sistem kapal tunda dengan cara mendorong (*Pusher Barge*) pertamakali di perkenalkan di Jepang pada tahun 1963, dan penerapan pertamanya menggunakan sistem tali pengikat (*rope connection*) untuk perairan sungai. Meskipun nantinya banyak diterapkan untuk perairan sungai, pada awalnya kapal tunda sistem ini diterapkan untuk kebutuhan pantai. Kapal tunda ini awalnya digunakan di Jepang di daerah perairan yang terlindung untuk pembangunan reklamasi pelabuhan Kobe. Tetapi kapal tersebut tidak mampu untuk menahan tinggi gelombang lebih dari setengah meter. Maka dari itu, dimulailah penelitian untuk mengembangkan sistem kapal tunda tersebut. Beberapa percobaan dilakukan secara berulang-ulang dengan metode "trial and error", dan membutuhkan biaya yang cukup besar. Setelah beberapa tahun, dapat dicapai peningkatan kemampuan dari kapal tunda tersebut, yaitu mampu untuk menahan gelombang setinggi 2 – 2,5 meter [Muis, 2003]. Nilai ini sudah mencapai batas yang dapat dicapai, namun masih perlu untuk dilakukan penelitian lebih lanjut supaya kapal tunda tersebut dapat beroperasi dengan bebas di daerah perairan di Jepang.



Gambar 2.5. Kapal Tunda untuk sungai dan perairan dangkal.

Sumber: www.hopeservicesinc.com , diambil: 4 Juni 2007.

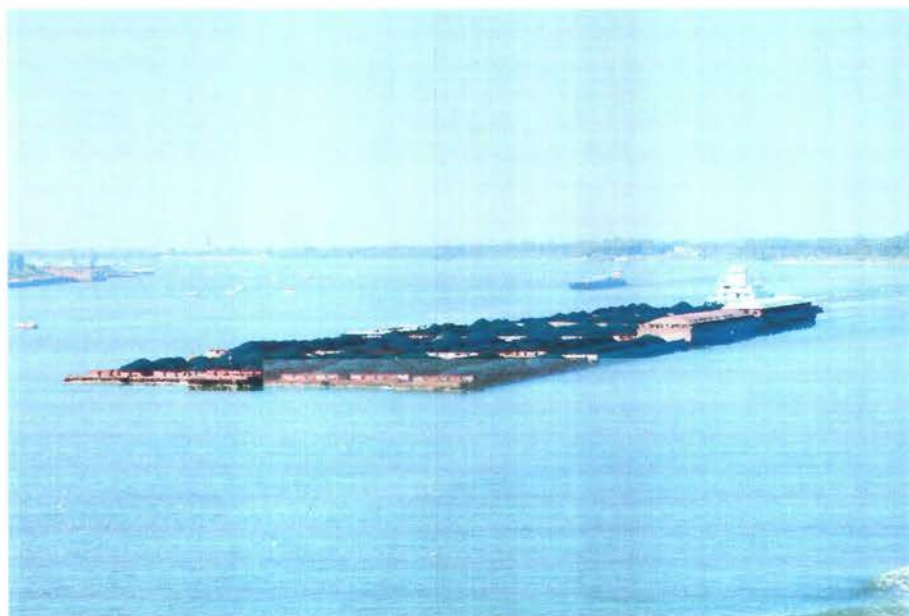
Penelitian untuk mengembangkan daripada sistem pengikatan ini terus dilakukan untuk memenuhi kebutuhan tersebut, dan sistem rangkaian (*coupler*) untuk pertama kalinya dikembangkan pada tahun 1972 yang digunakan untuk mendorong tongkang (*barge*) untuk

pekerjaan reklamasi pantai. Sistem yang baru ini tidak menggunakan sistem pengikatan dengan tali (*rope-connections*) namun dengan menggunakan pengikatan mekanik (*mechanical-connections*) (lihat Gambar 2.11). Beberapa tahun kemudian, sistem pengikatan yang baru ini dikembangkan untuk pelayaran laut dalam, dan sistem pusher-barge ini digunakan di Asia Tenggara yaitu di Medan dan Samarinda pada tahun 1976. Sejak saat itu, dasar dari teknologi untuk pusher-barge dikembangkan dan beragam tipe sambungan telah digunakan tergantung dari kebutuhannya.

Dari sejarah perkembangannya hingga saat ini, dapat diperoleh beberapa keuntungan dari penggunaan pusher-barge. Keuntungan yang utama dari dilakukannya pengikatan secara langsung antara tug boat dengan tongkang untuk meningkatkan keamanan dan keselamatan dari kapal tersebut. Selain itu, hal ini dilakukan untuk meningkatkan efisiensi baling-baling dan untuk mengurangi hambatan kapal. Berikut ini adalah beberapa keuntungan dari penggunaan pusher-barge di bandingkan dengan penggunaan kapal tunda konvensional (*towing rope*):

1. Sistem pusher-barge memiliki ukuran panjang keseluruhan yang relatif lebih pendek daripada dengan menggunakan tug boat konvensional, hal ini berarti kapal menjadi semakin aman.
2. Sistem pusher barge dapat mengatur power kapal dengan sendirinya, jika menggunakan tug boat konvensional meskipun tug boat sudah mengurangi kecepatan namun belum tentu tongkang juga ikut berhenti. Perbedaan ini terlihat jelas jika di gunakan untuk perairan sungai yang berarus.
3. Sistem pusher barge dapat melakukan proses doking dan undoking dengan tenaganya sendiri secara aman dan mudah, sedangkan seperti yang telah diketahui, proses doking dan undoking untuk kapal tunda konvensional membutuhkan waktu yang lama dan cukup sulit dilakukan.
4. Untuk ukuran bobot dan daya mesin yang sama, sistem pusher barge dapat mencapai kecepatan maksimum yang lebih tinggi.
5. Sistem pusher barge dapat mengendalikan badan kapal dengan mudah, karena tongkang terikat kuat pada tug boatnya. Sedangkan untuk tug boat konvensional, ada kemungkinan untuk tongkang bergerak dengan sendirinya karena adanya pengaruh arus sungai yang tidak dapat diprediksi.
6. Pusher barge dapat melakukan manuver lebih mudah terutama untuk wilayah perairan sungai pedalaman yang berkelok.
7. Sistem pusher barge membutuhkan waktu untuk pengikatan dan pelepasan yang lebih cepat daripada menggunakan tug boat konvensional.

Ciri khas kapal tunda jenis ini adalah memiliki sarat (d) yang sangat kecil, bahkan bisa dikatakan memiliki sarat yang terkecil jika dibandingkan dengan kapal tunda jenis lain. Karena saratnya kecil, maka bagian badan kapal yang berada di bawah geladak kapal juga sangat kecil. Ruang akomodasi tidak dibangun di bawah geladak utama, melainkan di letakkan pada bangunan atas. Yang ada di bawah geladak utama hanyalah kamar mesin serta tangki-tangki. Kapal tunda jenis ini kebanyakan memiliki pandangan yang terbatas, yaitu sekitar 120° ke kiri dan ke kanan dari garis tengah kapal [Sjahrin, 1987].



Gambar 2.6. Push Boat untuk Pusher-barge.

Sumber: www.hopeservicesinc.com , diambil: 4 Juni 2007.

2.2.4. Kapal Tunda untuk Kanal (Canal Tugs)

Sesuai dengan namanya, Kapal Tunda Kanal (*Canal Tug*) beroperasi di kanal atau perairan dalam dan terusan dirancang dengan ketinggian tertentu. Salah satu ciri khas kapal tunda untuk kanal adalah dirancang sedemikian rupa untuk dapat melalui jembatan dengan ketinggian tertentu. Design terbaru dari kapal tunda jenis ini adalah dengan fasilitas Telescopic Pilothouses, yaitu sebuah pengendali dengan menggunakan sistem hidrolis dan beroperasi secara otomatis, yang dapat menyesuaikan tinggi rendahnya rumah kemudi dalam beberapa detik. Beberapa tug boat kanal juga dirancang dengan tiang agung (*main masts*) yang dilengkapi radar. Sama halnya dengan rancangan pada rumah kemudi, pada tiang agung juga dirancang dengan sistem hydraulic telescopic sehingga dapat menyesuaikan tinggi rendahnya tiang agung sesuai dengan ketinggian jembatan.



Gambar 2.7. Kapal tunda untuk kanal.

Sumber: www.cajunimages.com diambil: 4 Juni 2007.

Sistem lain yang ada pada kapal tunda kanal yang membedakan dengan kapal tunda jenis lain adalah penggunaan sistem balast pada pengoperasiannya. Tangki balast pada bagian depan dan belakang kapal telah dirancang dan siap digunakan untuk menambah sarat kapal sesuai dengan kondisi perairan, seperti halnya dalam mengatur clearance untuk ketinggian kapal sesuai dengan ketinggian jembatan.

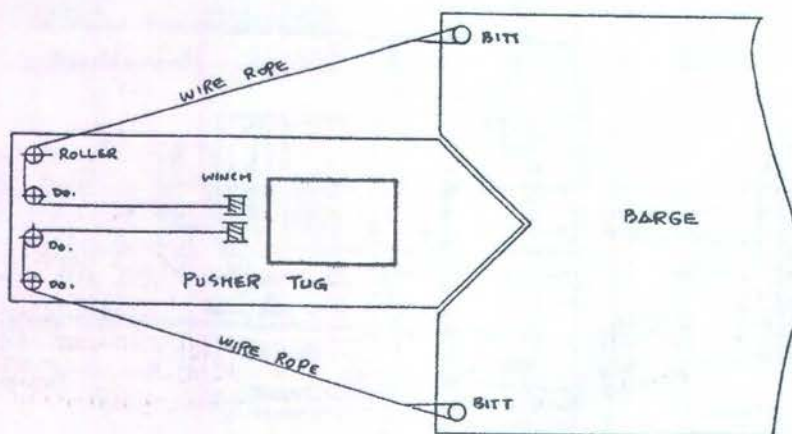
2.3. Sistem Sambungan pada Push Boat

Ada salah satu hal yang membedakan antara kapal tunda untuk jenis *Push Boat* untuk *Pusher-barge* dengan kapal tunda jenis lain. Perbedaan itu terletak pada cara pengikatan antara kapal tunda dengan kapal yang di tunda. Pengikatan untuk jenis *Pusher-barge* sangat berbeda dengan pengikatan pada kapal tunda jenis *Conventional Towing-rope*. Selain letak kapal tunda yang ada di belakang dari kapal yang ditunda, perlu adanya pengikatan secara khusus supaya kapal yang ditunda tidak bermanuver dengan sendirinya dan dapat bergerak sama dengan kapal tunda. Hal ini dibutuhkan untuk menjaga keamanan supaya tidak terjadi kecelakaan (tubrukan) antara kedua kapal tersebut. Secara garis besar sistem pengikatan untuk pusher barge dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu *rope connection* dan *mechanical connection*.

2.3.1. Rope Connection

Untuk *Rope Connection*, sistem penyambungan dilakukan dengan cara mengikatkan bagian ujung kapal tunda dengan bagian belakang tongkang. Pengikatan bagian ujung kapal tunda tersebut tidak terlalu kuat dan tidak terkunci secara keseluruhan. Pengikatan ini difungsikan untuk bermanuver maju dan mundur saja. Untuk pergerakan manuver belok, perlu ditambahkan pengikatan berupa tali tambang antara kapal tunda dengan tongkang yang terletak pada bagian kiri dan kanan kapal (lihat Gambar 2.8) Tali pengikatan pada bagian kiri dan kanan kapal berfungsi untuk memberikan kekuatan guna kebutuhan manuver kapal secara bebas.

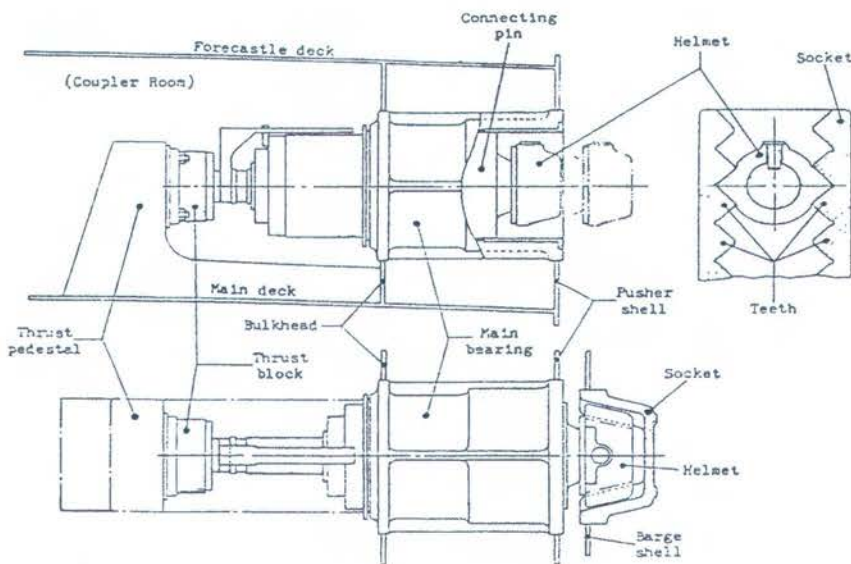
Untuk sistem pengikatan *rope connection*, tidak harus menggunakan kapal tunda jenis *pusher-barge*, namun dapat dilakukan dengan menggunakan kapal tunda pada umumnya. Tali pengikat ini diikatkan pada *bollard* pada bagian belakang tongkang. Dari *bollard* tali ditarik ke bagian belakang dari kapal tunda untuk diteruskan menggunakan *roller* menuju ke *winch* pada bagian belakang kapal tunda. Pada pengikatan ini, tali pengikat harus tertarik dengan sangat kuat, supaya kapal dapat bermanuver dengan lebih baik.



Gambar 2.8. Sistem pengikatan *Rope Connection*.

2.3.2. Mechanical Connection

Berbeda dengan sistem pengikatan dengan rope connection, cara pengikatan yang lain adalah pengikatan menggunakan sistem *mechanical connection*. Perbedaan yang dapat dilihat secara langsung adalah pada pengikatan dengan sistem *mechanical connection* tidak membutuhkan tambahan ikatan berupa tali tambang untuk kemampuan bermanuvernya. Jika menggunakan sistem ini, setelah terikat, secara langsung kedua kapal (kapal tunda dengan tongkang) seolah menjadi satu kesatuan. Karena itu kapal dapat bergerak sesuai dengan yang diinginkan. Alat pengikatan dari *Pusher-berge* jenis ini adalah berupa *connecting block* (gambar 2.9) yang terletak pada bagian depan kapal tunda. *Connecting block* tersebut dapat bekerja secara mekanis yang dapat dikendalikan dari ruang kemudi. Peralatan pengikatan ini dapat mengikat bagian depan kapal tunda dengan bagian belakang tongkang dengan baik dan aman (gambar 2.11).



Gambar 2.9. Connecting Block.

Untuk jenis pengikatan ini, tidak hanya dapat digunakan pada perairan dangkal saja, namun dapat juga dikakukan untuk perairan dalam (samudra). Selain itu, sistem ini tidak terbatas hanya digunakan untuk mendorong tongkang saja, tetapi juga dapat digunakan untuk mendorong kapal jenis *Tanker*, *Deck Cargo* maupun *Bulk Carrier* (gambar 2.10). Namun untuk kapal jenis ini, selain merancang kapal tunda yang digunakan untuk mendorong, perlu dirancang juga kapal pengangkutnya, dan perancangan kapal pendukung itu tidak dibahas dalam Tugas Akhir ini.



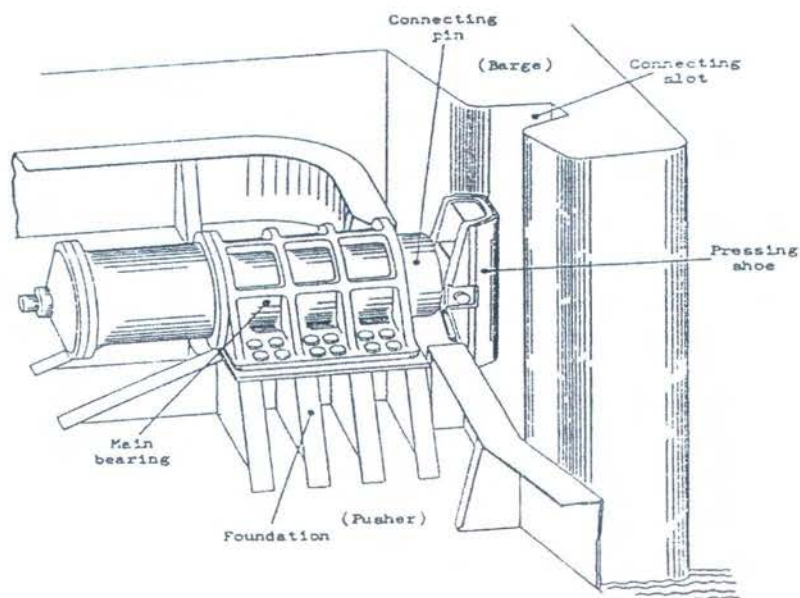
Gambar 2.10. Tanker Pusher-barge System untuk pelayaran samudra.
 Sumber: www.haig-brown.com , diambil: 4 Juni 2007.

Dari kedua jenis pengikatan tersebut ada beberapa keuntungan dan kerugian dalam penggunaannya. Karena masih tergolong lebih baru dan canggih, sistem *mechanical connection* memiliki keuntungan lebih banyak. [Muis, 2003]. Diantaranya :

1. Karena dikendalikan secara mekanik, maka sistem ini cenderung lebih mudah dalam pengoperasiannya.
2. Selain lebih mudah, proses pengikatan pada sistem ini dapat dikerjakan dengan lebih cepat. Untuk sistem *rope connection* membutuhkan waktu sekitar 10 – 20 menit untuk melakukan pengikatan, sedangkan bila dilakukan secara *mechanical connection* dapat diselesaikan dalam waktu sekita 30 – 40 detik.
3. Membutuhkan kru lebih sedikit untuk mengerjakannya, karena dikendalikan secara mekanis dari ruang kemudi. Jika menggunakan *rope connection* membutuhkan banyak orang untuk pengikatan dan pelepasannya.
4. Penggunaan *mechanical connection* cenderung lebih aman dalam pengoperasiannya. Selain aman untuk kapal, juga lebih aman untuk keselamatan kru yang bekerja. Terutama pada saat proses pengikatan dan pelepasan. Jika menggunakan *rope connection* kru kapal tunda harus berpindah dari kapal tunda ke kapal tongkang untuk melakukan pengikatan maupun pelepasannya. Hal ini sangat berbahaya terutama jika sewaktu-waktu terjadi gelombang.

Selain dari keuntungan yang ada, ada beberapa kerugian dalam penggunaan sistem *mechanical connection*. [Muis, 2003] Diantaranya :

1. Pada penggunaan *mechanical connection* membutuhkan sistem rangkaian khusus (*coupler*) (lihat Gambar 2.11) dan ini membutuhkan biaya yang lebih mahal daripada menggunakan *rope connection*.
2. Selain perlu dipasang alat pengikat pada kapal tunda, juga perlu dilakukan pemasangan peralatan serupa pada tiap kapal tongkang yang akan dioperasikan menggunakan sistem ini.



Gambar 2.11. Sistem pengikatan Mechanical Connection (coupler).

2.4. Tinjauan Teknis Perancangan Kapal

2.4.1. Penentuan Ukuran Utama Dasar

Pada sub-bab ini akan membahas langkah-langkah perhitungan untuk menentukan ukuran utama kapal yang dirancang berdasarkan kapal-kapal pembanding. Langkah-langkah ini berlaku pada umumnya untuk berbagai tipe kapal. Ukuran utama yang dicari diatas harus sesuai dengan jenis kapal yang telah di tentukan. Data tersebut dapat diperoleh dari buku-buku register, seperti Lloyd's Register (LR), BKI, Class NK dan sebagainya. Sebagai langkah awal, dicari berbagai variasi tonnase kapal tunda berdasarkan ukuran dan kapasitas tongkang yang akan didorong. Dari hasil ini, didapatkan berbagai variasi tonnase kapal serta berbagai variasi ukuran utama kapal tunda jenis *push boat*.

Adapun ukuran-ukuran yang perlu diperhatikan sebagai kapal pembanding adalah :

- a. *Lpp (Length Between Perpendicular)*
Panjang yang di ukur antara dua garis tegak yaitu, jarak horizontal antara garis tegak buritan (*After Perpendicular / AP*) dan garis tegak haluan (*Fore Perpendicular / FP*).
- b. *Loa (Length Overall)*
Panjang seluruhnya, yaitu jarak horizontal yang di ukur dari titik terluar depan sampai titik terluar belakang kapal.
- c. *Bm (Moulded Breadth)*
Lebar terbesar diukur pada bidang tengah kapal diantara dua sisi dalam kulit kapal untuk kapal-kapal baja atau kapal yang terbuat dari logam lainnya. Untuk kulit kapal yang terbuat dari kayu atau bahan bukan logam lainnya, diukur jarak antara dua sisi terluar kulit kapal.
- d. *H (Height)*
Jarak tegak yang diukur pada bidang tengah kapal, dari atas lunas sampai sisi atas balok geladak disisi kapal.
- e. *T (Draught)*
Jarak tegak yang diukur dari sisi atas lunas sampai ke permukaan air.

Dari data kapal pembandingan yang telah diperoleh, selanjutnya dilakukan :

1. Membuat grafik-grafik dengan absis DWT dan ordinat tiap ukuran utama kapal. Penggambaran grafik ini dimaksudkan agar dapat melihat lebih detail secara grafis model penyebaran data yang telah diperoleh untuk kemudian dapat dibuat regresi secara linier dan memperoleh persamaan dari garis tersebut.
2. Setelah didapat persamaan yang merupakan fungsi dari DWT tongkang, selanjutnya dimasukkan nilai DWT tongkang untuk tiap-tiap ukuran. Sehingga didapatkan ukuran kapal tunda berupa : panjang(L), lebar(B), tinggi(H) dan sarat(T). Untuk selanjutnya digunakan sebagai *initial value* pada proses optimasi.

2.4.2. Perhitungan Berat Baja Kapal

Push Boat ini masuk dalam kategori kapal baja. Oleh karena itu pada tahap ini, perhitungan berat baja kapal dilakukan dengan rumus dari buku *Practical Ship Design* [Watson, 1997]. Selain menghitung berat baja kapal kosong, juga dilakukan perhitungan berat perlengkapan (*equipment and outfitting*), berat permesinan serta berat cadangan. Adapun rumus dasar perhitungan ini adalah:

1. Menghitung LWT kapal.

- a. Perhitungan berat baja kapal.

$$W_{si} = K \cdot E^{1.36} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$E = L(B + T) + 0.85 L(D - T) + 0.85\{(l_1 \cdot h_1) + 0.75\{(l_2 \cdot h_2)\} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana : K = koefisien faktor

Untuk Tug Boat K = 0.044 ± 0.002

- b. Perhitungan berat perlengkapan.

$$W_o = C_o \times L \times B \dots\dots\dots(2.3)$$

C_o = outfit weight coefficient

- c. Berat cadangan (Wres)

$$W_{res} = (7-10)\% \times LWT \dots\dots\dots(2.4)$$

2. Menghitung DWT kapal.

Dalam perancangan Push Boat, tidak ada perhitungan untuk menghitung besarnya payload. Maka dalam perhitungan DWT kapal, hanya akan dilakukan perhitungan berat untuk Consumable. Dalam perhitungan ini hanya dipengaruhi oleh besarnya BHP mesin serta jumlah kru yang ada diatas kapal pada saat operasi. Jumlah kru yang bekerja pada kapal tunda tidak diperoleh berdasarkan rumus, namun ditentukan sendiri oleh owner requirement.

2.4.3. Perhitungan Hambatan Kapal

Dalam tugas akhir ini dilakukan perhitungan hambatan untuk memperoleh daya mesin yang dibutuhkan. Nilai yang mempengaruhi besarnya hambatan yang ada adalah ukuran dari kapal tunda, badan kapal yang tercelup air (WSA), serta kecepatan yang diinginkan. Namun dalam perancangan kapal tunda, khususnya untuk push boat, hambatan yang dihitung tidak hanya hambatan untuk kapal tunda saja, melainkan juga dihitung besarnya hambatan yang terjadi terhadap tongkang yang didorong. Besarnya hambatan total yang terjadi diperoleh dengan menjumlahkan besarnya Hambatan kapal tunda serta hambatan tongkang. Untuk sistem Pusher-*barge*, hambatan kapal tunda (*push boat*) yang digunakan tidak nilai keseluruhannya, hanya digunakan sebesar 70%-nya saja [Siswanto, 1976]. Hal ini disebabkan kedua kapal yang bergerak (*push boat* dan tongkang) saling berhimpit, sehingga ada sebagian badan dari push boat yang tidak tercelup air. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, nilai Tug boat yang ada mengalami pengurangan hingga sebesar 70%. Sehingga perhitungan hambatan kapal untuk sistem Pusher-*barge* dibagi menjadi 2 bagian:

2.4.3.1. Push Boat

Dalam menentukan hambatan *Push Boat*, menggunakan metode Holtrop

Total Resistance :

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{tot} \cdot (C_F (1 + k) + C_A) + \frac{R_w}{W} W \dots\dots\dots(2.5)$$

Variabel-variabelnya yaitu :

a. Hambatan kekentalan (*Viscous resistance*).

Tahanan kekentalan adalah komponen tahanan yang diperoleh dengan mengintegalkan tegangan tangensial keseluruhan permukaan basah kapal menurut arah gerakan kapal.

Persamaannya adalah:

$$R_v = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{FO} (1 + k_1) S \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

$1 + k_1$ = faktor bentuk lambung kapal

$$1 + k_1 = 0,93 + 0,4871 \cdot C \cdot (B/L)^{1,0681} \cdot (T/L)^{0,4611} \cdot (L/L_R)^{0,1216} \cdot (L^3/\nabla)^{0,3649} \cdot (1 - C_P)^{-0,6042} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$1 + k = 1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] \frac{S_{app}}{S_{tot}} \dots\dots\dots(2.8)$$

$1 + k_2$ = koefisien karena bentuk anggota badan / tonjolan pada lambung kapal

Harga $1 + k_2$ (Holtrop, 1984) ditunjukkan pada tabel 3.1

Tabel 2.1. Harga $1 + k_2$.

Type of Appendages	Value of $1 + k_2$
Rudder of single screw ship	1.3 to 1.5
Spade-type rudders of twin-screw ships	2.8
Skeg-rudders off twin-screw ships	1.5 to 2.0
Shaft brackets	3.0
Bossings	2.0
Bilge keel	1.4
Stabilizer fins	2.8
Shafts	2.0
Sonar dome	2.7

b. Hambatan gelombang (*wave resistance*).

Tahanan gelombang adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh gelombang pada saat kapal berjalan dengan kecepatan tertentu.

Persamaannya adalah :

$$\frac{R_w}{W} = C_1 C_2 C_3 e^{\{m_1 F_n^d + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})\}} \dots\dots\dots(2.9)$$

c. *Model ship correlation allowance*

$$C_A = 0.006 (L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 \quad \text{for } T_f/L_{wl} > 0.04 \dots\dots\dots(2.10)$$

2.4.3.2. Tongkang

Dalam menentukan hambatan tongkang, menggunakan formula Kaparetof [Henschke, 1978]. Besarnya hambatan yang terjadi pada tongkang terbagi dalam dua bagian yaitu hambatan air dan hambatan angin dari tongkang.

- Besarnya hambatan air $W = f.S.v^{1.83} + p.F_x.V^2$ (kg)(2.11)

- Besarnya hambatan angin $W = 0.0041.(0.3A_1 + A_2).V_A^2$ (lbs) (2.12)

2.4.4. Perhitungan Propulsi dan Power Mesin

Dalam proses perancangan, juga dilakukan perhitungan propulsi guna mendapatkan efisiensi propulsi, untuk selanjutnya digunakan untuk menghitung daya mesin yang dibutuhkan. Dalam menghitung efisiensi propeler menggunakan bantuan grafik KT-KQ-J (Wagennigen B – Series Polynomial). Perhitungan propulsi kapal meliputi perhitungan daya penggerak kapal, dimana variabel yang harus dicari harga paling optimal antara lain ; diameter baling-baling (D), *advance coefficient* (J), *Blade area ratio* (Ae/Ao), dan *Pitch propeller* (P).

Semua variabel diatas sangat menentukan besarnya gaya dorong (*thrust*) dan *torque* untuk mengerakkan kapal dengan kecepatan dinas (Vs) yang telah ditentukan.

2.4.4.1. Perhitungan Trust dan Torque.

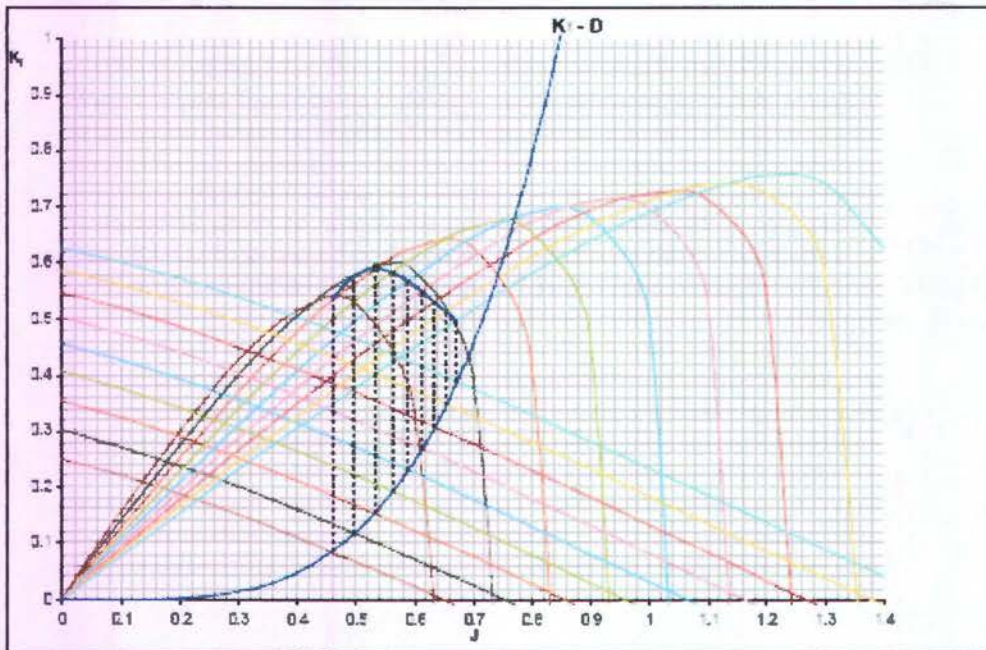
a. *Trust.*

$$KT = \sum_{n=1} C_n.(J)^m.(P/D)^m.(Ae/Ao)^m.(Z)^m \dots\dots\dots(2.13)$$

b. *Torque.*

$$K_Q = \sum_{n=1} C_n.(J)^m.(P/D)^m.(Ae/Ao)^m.(Z)^m \dots\dots\dots(2.14)$$

Dari perhitungan *Trust* dan *Torque* selanjutnya dilakukan pengerjaan perhitungan parameter utama baling-baling adalah dengan lebih dulu menghitung karakteristik beban kapal (KT-D) untuk tiap nilai J. Grafik KT-D (kurva bentuk karakteristik beban kapal) tersebut merupakan sebuah fungsi eksponensial, dan akan berpotongan dengan KT (kurva bentuk karakteristik dari propeller hasil open water test) pada satu titik ditiap-tiap nilai pitch ratio P/D.



Gambar 2.12. Grafik K_{T-D} yang diplotkan pada $K_T - K_Q - J$ diagram

Dari nilai maksimum tersebut jika ditarik garis vertikal kebawah akan memotong kurva K_{T-D} , pada daerah perpotongan tersebut merupakan daerah pitch ratio pada kondisi optimum. Untuk mengetahui nilainya dapat dihitung dengan melakukan proses interpolasi diantara nilai-

nilai pitch ratio diantaranya. Adapun nilai-nilai konstanta untuk bentuk polinomial K_T dan K_Q yaitu C_n , s_n , t_n , u_n dan v_n dapat dilihat pada Tabel 2.2 untuk polinomial K_T dan Tabel 2.3 untuk polinomial K_Q dan dibawah ini.

Tabel 2.2. Polynomial K_T .

No.	$K_T = \text{Total } A_{abcd} \cdot J^a \cdot (P/D)^b \cdot (A_E / A_O)^c \cdot Z^d$				
	A_{abcd}	a	b	c	d
		J	P/D	A_E / A_O	Z
1	0,00880496	0	0	0	0
2	-0,204554	1	0	0	0
3	0,166351	0	1	0	0
4	0,158114	0	2	0	0
5	-0,147581	2	0	1	0
6	-0,481497	1	1	1	0
7	0,415437	0	2	1	0
8	0,0144043	0	0	0	1
9	-0,0530054	2	0	0	1
10	0,0143481	0	1	0	1
11	0,0606826	1	1	0	1
12	-0,0125894	0	0	1	1
13	0,0109689	1	0	1	1
14	-0,133698	0	3	0	0
15	0,00638407	0	6	0	0
16	-0,00132718	2	6	0	0
17	0,168496	3	0	1	0
18	-0,0507214	0	0	2	0
19	0,0854559	2	0	2	0
20	-0,0504475	3	0	2	0
21	0,010465	1	6	2	0
22	-0,00648272	2	6	2	0
23	-0,00841728	0	3	0	1
24	0,0168424	1	3	0	1
25	-0,00102296	3	3	0	1
26	-0,0317791	0	3	1	1
27	0,018604	1	0	2	1
28	-0,00410798	0	2	2	1
29	-0,000606848	0	0	0	2
30	-0,0049819	1	0	0	2
31	0,0025983	2	0	0	2
32	-0,000560528	3	0	0	2
33	-0,00163652	1	2	0	2
34	-0,000328787	1	6	0	2
35	0,000116502	2	6	0	2
36	0,000690904	0	0	1	2
37	0,00421749	0	3	1	2
38	0,0000565229	3	6	1	2
39	-0,00146564	0	3	2	2

Tabel 2.3. Polynomial K_Q .

No.	$K_Q = \text{Total } B_{abcd} \cdot J^a \cdot (P/D)^b \cdot (A_E/A_O)^c \cdot Z^d$				
	B_{abcd}	a	b	c	d
		J	P/D	A_E/A_O	Z
1	0,00379368	0	0	0	0
2	0,00886523	2	0	0	0
3	-0,032241	1	1	0	0
4	0,00344778	0	2	0	0
5	-0,0408811	0	1	1	0
6	-0,108009	1	1	1	0
7	-0,0885381	2	1	1	0
8	0,188561	0	2	1	0
9	-0,00370871	1	0	0	1
10	0,00513696	0	1	0	1
11	0,0209449	1	1	0	1
12	0,00474319	2	1	0	1
13	-0,00723408	2	0	1	1
14	0,00438388	1	1	1	1
15	-0,0269403	0	2	1	1
16	0,0558082	3	0	1	0
17	0,0161886	0	3	1	0
18	0,00318086	1	3	1	0
19	0,015896	0	0	2	0
20	0,0471729	1	0	2	0
21	0,0196283	3	0	2	0
22	-0,0502782	0	1	2	0
23	-0,030055	3	1	2	0
24	0,0417122	2	2	2	0
25	-0,0397722	0	3	2	0
26	-0,00350024	0	6	2	0
27	-0,0106854	3	0	0	1
28	0,00110903	3	3	0	1
29	-0,000313912	0	6	0	1
30	0,0035985	3	0	1	1
31	-0,00142121	0	6	1	1
32	-0,00383637	1	0	2	1
33	0,0126803	0	2	2	1
34	-0,00318278	2	3	2	1
35	0,00334268	0	6	2	1
36	-0,00183491	1	1	0	2
37	0,000112451	3	2	0	2
38	-0,0000297228	3	6	0	2
39	0,000269551	1	0	1	2
40	0,00083265	2	0	1	2
41	0,00155334	0	2	1	2
42	0,000302683	0	6	1	2
43	-0,0001843	0	0	2	2
44	-0,000425399	0	3	2	2
45	0,0000869243	3	3	2	2
46	-0,0004659	0	6	2	2
47	0,0000554194	1	6	2	2

2.4.4.2. Perhitungan *propeller coefficient*.

$\eta_D = \text{propulsive coefficient.}$

$$\eta_D = \eta_H \cdot \eta_p \cdot \eta_R \dots\dots\dots(2.15)$$

2.4.4.3. Perhitungan daya mesin (BHP)

$$P_B = \text{BHP} = \frac{P_D}{\eta_S \cdot \eta_{rg}} \text{ (kW)} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\text{Dimana : } P_D = \frac{R_T \cdot V_S}{\eta_D} \dots\dots\dots(2.17)$$

2.4.5. Perhitungan Trim dan Stabilitas

Perhitungan trim merupakan syarat mutlak dalam perancangan sebuah kapal. Suatu kapal dapat dikatakan layak untuk berlayar jika telah memenuhi beberapa persyaratan, salah satu syarat itu adalah besarnya kondisi trim kapal yang terjadi. Suatu kapal dikatakan dalam kondisi baik untuk berlayar jika berada dalam kondisi even-keel. Namun bila tidak diperoleh kondisi tersebut, ada beberapa persyaratan yang diijinkan dalam kondisi trim, yaitu besarnya trim tidak lebih dari 0,05%. Nilai ini dijadikan sebagai batasan (*Constraint*) dalam proses optimasi untuk memperoleh ukuran utama.

Selain trim, ada persyaratan lain dalam perancangan kapal, yaitu persyaratan stabilitas. Dalam tugas akhir ini dilakukan perhitungan stabilitas utuh (*intact stability*) dengan menggunakan rumus dari "The Theory and Technique of Ship Design" [Manning, 1956]. Pengertian stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali kepada kedudukan kesetimbangan dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dalam kondisi tersebut. Perhitungan stabilitas dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan kapal kembali pada kedudukan semula apabila mengalami olengan pada saat berlayar. Keseimbangan statis suatu benda dibedakan atas tiga macam, yaitu:

1. Keseimbangan Stabil.

Adalah kondisi ketika benda mendapat kemiringan akibat adanya gaya luar, maka benda akan kembali pada ke posisi semula setelah gaya tersebut hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik G (*Centre of Gravity*) berada di bawah titik M (*Metacentre*).

2. Keseimbangan Labil.

Adalah kondisi ketika benda mendapat kemiringan akibat adanya gaya luar yang bekerja pada benda tersebut, maka kedudukan benda akan cenderung berubah lebih banyak dari kedudukan semula sesudah gaya tersebut hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik G berada di atas titik M.

3. Keseimbangan Indifferent.

Adalah kondisi ketika benda mendapat kemiringan sedikit dari kedudukannya akibat adanya gaya luar yang bekerja pada benda tersebut, maka benda tetap pada kedudukannya yang baru walaupun gaya luar tersebut hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik berat (G) berimpit dengan titik metasentra (M).

Kapal harus mempunyai stabilitas yang baik dan harus mampu menahan semua gaya luar yang mempengaruhinya hingga kembali pada keadaan seimbang. Hal-hal yang memegang peranan penting dalam stabilitas kapal antara lain:

- Titik G (*grafity*) yaitu titik berat kapal.
- Titik B (*bouyancy*) yaitu titik tekan ke atas yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup di dalam air.

- c. Titik M (*metacentre*) yaitu titik perpotongan antara vektor gaya tekan ke atas pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan keatas pada sudut oleng.

Kemampuan apung kapal adalah kemampuan kapal untuk mendukung gaya berat yang dibebankan dengan menggunakan tekanan hidrostatis yang bekerja di bawah permukaan air dan memberikan daya dukung dengan gaya angkat statis pada kapal. Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standart keselamatan pelayaran *Safety of Life at Sea* (Solas) atau *International Maritime Organization* (IMO).

Pada perhitungan stabilitas push boat pada sistem *Pusher-barge* dilakukan dua kali perhitungan yaitu stabilitas pada *push boat* itu sendiri, serta menghitung stabilitas gabungan (antara *push boat* dan tongkang) Pada perhitungan stabilitas gabungan, dimensi kapal yang digunakan juga merupakan penggabungan dari dua kapal tersebut, yaitu untuk panjang dengan menjumlahkan panjang kedua kapal tersebut, untuk lebar (B) serta sarat (T) kapal diambil nilai terbesar. Begitu pula letak titik berat kapal juga dicari letak titik berat gabungannya.

Ada beberapa kriteria utama dalam menghitung besarnya stabilitas kapal. Kriteria stabilitas tersebut diantaranya [IMO regulation A. 749 (18)]:

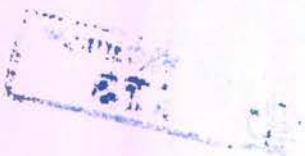
1. $e_{0,30^\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$
Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \geq 0.055 \text{ meter rad}$.
2. $e_{0,40^\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$
Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $40^\circ \geq 0.09 \text{ meter rad}$.
3. $e_{30,40^\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$
Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03 \text{ meter}$.
4. $h_{30^\circ} \geq 0.2 \text{ m}$
Lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 meter pada sudut oleng 30° atau lebih.
5. $h_{\max} \text{ pada } \phi_{\max} \geq 25^\circ$
Lengan penegak maksimum pada sudut oleng lebih dari 25° .
6. $GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$
Tinggi Metasentra awal GM_0 tidak boleh kurang dari 0.15 meter.

2.5. Freeboard

Lambung timbul (*freeboard*) merupakan salah satu jaminan keselamatan kapal selama melakukan perjalanan dalam mengangkut muatan menjadi jaminan utama kelayakan dari sistem transportasi laut yang ditawarkan kepada pengguna jasa, terlebih pada kapal penumpang keselamatan merupakan prioritas utama.

Secara sederhana pengertian lambung timbul adalah jarak tepi sisi geladak terhadap air yang diukur pada tengah kapal. Karena lambung timbul (*freeboard*) menyangkut keselamatan kapal, maka terdapat beberapa peraturan mengenai *freeboard*, antara lain untuk kapal yang berlayar dip perairan dapat menggunakan PGMI (Peraturan Garis Muat Indonesia) tahun 1985 dan peraturan internasional untuk lambung timbul yang dihasilkan dari konferensi internasional tentang peraturan lambung timbul minimum *ILLC (International Load lines Convention, 1966 on London)*, dalam peraturan tersebut dinyatakan bahwa tinggi lambung timbul minimum (*Summer Load Lines*) telah disebutkan dalam tabel lambung timbul minimum untuk kapal dengan panjang tertentu.

Peraturan ini harus dipenuhi pada saat perencanaan agar kapal kapal mendapatkan pengakuan dari lembaga yang berwenang terhadap pengoperasian kapal dan merupakan salah satu dokumen untuk kapal dapat berlayar.



2.6. Analisa Regresi

Analisa regresi adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan pola hubungan antara variabel respon (*Dependent variable* atau variabel tak bebas) dengan satu atau lebih variabel bebas atau *independent variable*. Dengan kata lain analisa regresi merupakan suatu upaya untuk menentukan kecocokan suatu kurva terhadap sekumpulan data. Fungsi analisa regresi adalah untuk meramalkan atau memperkirakan nilai variabel tak bebas dengan variabel bebas tertentu [Ridwan, 2006].

2.7. Perancangan Kapal Dengan Metode Optimasi

Santosa (1999) menyebutkan 4 metode perancangan yang telah dikembangkan berdasarkan teori dan pengalaman yang dikombinasikan satu dengan yang lainnya, yaitu metode perbandingan kapal (*Method of Comparison*), metode statistik (*Method of statistic*), metode trial and error (*iteration*) dan metode penyelesaian kompleks (*Method of Complex Solution*).

Dalam tugas akhir ini, teknik perancangan kapal yang dipakai adalah gabungan pemakaian prinsip dasar engineering dengan optimasi. Jadi dalam setiap iterasi, semua pemeriksaan dan persyaratan diperiksa apakah sudah dicapai atau dipenuhi. Masalah pertama yang harus ditangani adalah penentuan *objective function*. *Objective function* harus dapat mewakili hal-hal terpenting yang diinginkan tercapai dalam proses optimisasi.

Jika dalam masalah optimisasi memiliki *objective function* dan/atau *constraint* yang tidak dapat dinyatakan secara eksplisit sebagai sebuah fungsi eksplisit dari design variable atau terlalu kompleks untuk dimanipulasi, permasalahan tersebut tidak dapat (sulit) diselesaikan dengan menggunakan metode optimisasi klasik (dalam hal ini *Linear Programming*). Untuk mengatasi permasalahan ini, ada beberapa macam metode optimisasi yang dapat dipergunakan yang dikategorikan sebagai *Non-linear Method*. Dari beberapa jenis metode yang termasuk dalam kategori ini, yang akan digunakan dalam studi ini adalah yang termasuk dalam kelompok *constrained non-linear optimization technique*. Hal ini disebabkan karena studi ini bertujuan untuk mencari ukuran utama kapal yang optimal yang dibatasi dalam suatu *range* tertentu.

2.7.1. *Constrained Non-linear Optimization Technique*

Kelompok *constrained non-linear optimization* dapat dibedakan menjadi dua kelompok utama, yaitu : *direct method* dan *indirect method*. Dalam kelompok pertama, *constraint* dinyatakan secara eksplisit, sedangkan secara umum dalam kelompok kedua *constrained problem* diselesaikan seperti penyelesaian beberapa *unconstrained minimization problem*. Karena dalam studi ini, *constraint* sudah dinyatakan secara eksplisit, maka kelompok pertamalah yang akan dipakai.

Kelompok *direct method* juga dapat dibedakan menjadi beberapa bagian, akan tetapi dalam studi ini akan dipakai *generalized reduced gradient method*. Selain karena pertimbangan efisiensi, juga karena metode ini menggunakan proses yang *iterative* untuk mencari nilai minimum/maksimum.

2.7.2. *Generalized Reduced Gradient Method*

Metode *Generalized Reduced Gradient* merupakan metode yang bertujuan untuk memecahkan masalah desain dan mencari nilai – nilai optimal dari desain tersebut. Desain yang optimal adalah sebuah tatanan sistem yang dapat didefinisikan dalam tiga hal antara lain variabel desain, parameter dan konstanta [Papalambros and Wilde, 1988]. Sedangkan kriteria untuk menyatakan bahwa desain tersebut baik atau optimal, didasarkan pada suatu fungsi yang disebut fungsi obyektif. Fungsi obyektif adalah suatu fungsi yang akan menentukan nilai dari suatu karakteristik desain sehingga desain tersebut dapat dinyatakan "baik".



Fungsi obyektif ini dapat berupa meminimumkan atau memaksimumkan nilai yang akan dicari [Papalambros and Wilde, 1988]. Dalam membuat suatu desain dan kemudian dapat dikategorikan optimal maka, suatu karakteristik harus ditentukan oleh desainer dengan mengambil suatu batasan (constrain). Vasiliev, V. V dan Gurdal, Z (1999) menerangkan tentang suatu batasan diperlukan untuk dapat menentukan bahwa fungsi obyektif didefinisikan sebagai nilai optimum apabila masih berada dalam batasan yang diberikan. Constrain atau batasan dapat berupa nilai angka atau sebuah fungsi [Vasiliev and Gurdal, 1999].

Abadie (1970) mengungkapkan bahwa menentukan desain yang optimal dengan metode Generalized Reduce Gradient merupakan sebuah teknik mengeliminasi variabel secara sederhana pada masalah persamaan batasan. Metode Generalized Reduced Gradient ini dikembangkan dari metode reduksi gradien yang mengakomodasi batasan berupa pertidaksamaan non linear. Dalam metode ini constrain akan bergerak aktif untuk menemukan penyelesaian sampai didapatkan hasil yang sesuai. Untuk mendapatkan hasil yang sesuai, maka metode GRG akan memakai metode Newton Raphson dan Conjugate Gradient sebagai iterasi dalam pencarian batasan dari constrain [Arora, 1989]. Oleh karena itu, metode GRG dikatakan mirip dengan metode reduksi gradien. Apabila pertidaksamaan batasan selalu dikonversikan dengan persamaan penambahan slack variabel, maka persamaan constrain akan dibentuk dalam model tertentu sebatas jangkauan dari slack variabel.

Adapun perhitungan dasar persamaan constrain dalam metode Generalized Reduced Gradient tersebut yaitu : [Arora, 1989]

Fungsi obyektif $f(x)$ dengan constrain Δf , Δh_i Minimum, maksimum $f(x)$

$\Delta f \geq 0$, $\Delta h_i \geq 0$ maka persamaan dapat ditulis:

$$\Delta f = \frac{\partial f^T}{\partial y} \Delta y + \frac{\partial f^T}{\partial z} \Delta z \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\Delta h_i = \frac{\partial h_i^T}{\partial y} \Delta y + \frac{\partial h_i^T}{\partial z} \Delta z \dots\dots\dots (2.19)$$

Jika program pencarian desain yang optimal telah dimulai, beberapa pilihan variabel akan disubstitusikan ke persamaan (2.18) dan (2.19) sehingga persamaan selanjutnya dapat ditulis:

$$AT \Delta y + BT \Delta z = 0, \text{ atau } \Delta z = -(B^{-1} AT) \Delta y \dots\dots\dots (2.20)$$

Di mana:

B dan A = Matrik dari gradient persamaan constrain yang sesuai y dan z berturut – turut selama proses memilih berlangsung.

Δz = Pilihan dari variabel tak bebas.

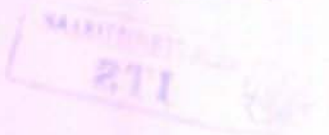
Δy = Pilihan dari variabel bebas.

Kemudian Δz dari persamaan (2.20) disubstitusikan ke dalam persamaan (2.18). sehingga nilai dari df/dy dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$\Delta f = \left(\frac{\partial f^T}{\partial y} - \frac{\partial f^T}{\partial z} B^{-1} A^T \right) \Delta y \text{ atau dapat ditulis}$$

$$\frac{df}{dy} = \frac{\partial f}{\partial y} - AB^{-1} \frac{\partial f}{\partial z} \dots\dots\dots (2.21)$$

Persamaan (2.21) ini kemudian dikenal dengan metode Generalized Reduced Gradient dan dapat menunjukkan penentuan gradient pada fungsi yang tidak terbatas (Arora, J. S, 1989). Selama dalam proses, nilai fungsi diperlukan pada setiap tahap pencarian fungsi. Untuk angka eksperimen α , maka variabel desain akan diperbaharui menjadi $\Delta y = - \alpha df/dy$ dan Δz didapat dari persamaan (2.20). jika angka percobaan yang dipilih tidak memenuhi, maka variabel bebas dipertimbangkan bernilai tetap (fixed) dan variabel tak bebas akan dipilih melalui iterasi



dengan memakai metode Newton Raphson atau Conjugate Gradient sampai didapatkan nilai yang sesuai atau optimal.

Catapult (2003) menyebutkan bahwa pada program Microsoft Excel Solver ada dua penggunaan metode iterasi yang mendukung metode Generalized Reduced Gradient yaitu: metode Newton Raphson dan metode Conjugate Gradient.

2.7.2.1. Metode GRG dengan iterasi *Newton Raphson*.

Arora (1989) menerangkan bahwa konsep dari metode Newton Raphson ini adalah metode iterasi atau perhitungan berulang – ulang untuk mendapatkan harga yang diinginkan. Prinsip dasar persamaan Newton Raphson ini diambil dari persamaan seri eksponensial Taylor II yang digabungkan dengan matrik Hessian. Adapun persamaan itu sesuai dengan rumus berikut:

$$f(x + \Delta x) = f(x) + c^T \Delta + 0.5 \Delta x^T H \Delta x \dots\dots\dots (2.22)$$

(Arora, J. S, Intoduction to Optimum Design, 1989, chapter 2, hal. 319)

Di mana:

Δx	=	Pilihan desain yang diiterasi
H	=	Matrik Hessian
f	=	Fungsi Newton untuk nilai x

Untuk kondisi optimal H didefinisikan berharga positif dan persamaan (2.22) bernilai minimum dengan harga bervariasi maka kondisi optimal akan didapatkan jika $\partial f / \partial(\Delta x) = 0$. Pada saat kondisi optimal ini persamaan (2.22) akan menjadi:

$$c + H \Delta x = 0 \dots\dots\dots (2.23)$$

Apabila diasumsikan bahwa matrik Hessian tidak singular maka nilai dari Δx didapatkan sebagai berikut:

$$\Delta x = - H^{-1} c \dots\dots\dots (2.24)$$

Substitusikan Δx untuk beberapa nilai ke dalam persamaan (2.24) sehingga didapatkan nilai optimum sebagai berikut:

$$x^{(1)} = x^{(0)} + \Delta x \dots\dots\dots (2.25)$$

Persamaan (2.25) ini yang akan menjadi dasar perhitungan iterasi pada metode Generalized Reduced Gradient yang digunakan sebagai pedoman untuk mendapatkan harga fungsi yang optimal.

2.7.2.2. Metode GRG dengan iterasi *Conjugate Gradient*.

Metode Conjugate Gradient diperkenalkan oleh Fletcher dan Reeves (1964) yaitu metode perhitungan desain optimal yang sangat sederhana dan efektif. Metode ini dipakai sebagai metode dengan prinsip iterasi pada metode Generalized Reduced Gradient. Dalam setiap langkah metode Conjugate Gradient ini menerapkan konsep ortogonal fungsi secara berurutan (Arora, 1989). Setiap langkah dalam metode ini biasanya akan bernilai konvergen yaitu berada di batas fungsi.

Pada proses perhitungan persamaan Conjugate Gradient Direction ($d(i)$) akan menghasilkan fungsi ortogonal yang simetris dan matrik akan didefinisikan positif. Oleh karena itu, fungsi akan menjadi Conjugate Gradient Algorithm. Langkah – langkah perhitungan Conjugate Gradient Algorithm sebagai berikut:

Langkah 1 (Arora, J. S, 1989)

Estimasi permulaan persamaan pada $x(0)$ dengan faktor iterasi $k = 0$

$$d(0) = -c(0) \equiv -\nabla f(x(0)) \dots\dots\dots (2.26)$$

Langkah 2. Hitung iterasi untuk harga k selanjutnya

$$c(k) \equiv \nabla f(x(k)) \dots\dots\dots (2.27)$$

Langkah 3. Menghitung Conjugate Direction yang baru

$$d(k) = -c(k) + \beta_k d(k-1) \dots\dots\dots (2.28)$$

$$\text{Di mana: } \beta_k = \left(\frac{\|c(k)\|}{\|c(k-1)\|} \right)^2 \dots\dots\dots (2.29)$$

Langkah 4. lakukan perhitungan $\alpha_k = \alpha$ untuk meminimumkan $f(x(k)+\alpha d(k))$.

Langkah 5. memilih design optimal pada $x(k+1) + x(k) = \alpha d(k)$(2.30)

Persamaan (2.30) ini dipakai sebagai model iterasi metode GRG.

2.8. Tinjauan Ekonomis Perancangan Kapal

Persoalan perencanaan kapal ditinjau dari segi ekonomis diterangkan oleh Santosa (1999) adalah bagaimana membuat bentuk badan kapal sedemikian rupa sehingga hambatan (*resistance*) kapal kecil dan tenaga mesin yang diperlukan untuk menggerakkannya juga sekecil mungkin, dan bagaimana membuat berat pelat seringan mungkin. Dalam hal ini segi ekonomis dipisahkan menjadi dua persoalan yaitu biaya investasi kapal dan biaya operasi kapal.

2.8.1. Biaya Investasi Kapal

Dalam hal ini biaya investasi kapal didasarkan pada biaya pengadaan mesin utama, peralatan dan pelat badan kapal, karena ketiga biaya tersebut di atas merupakan komponen yang paling besar dalam penentuan biaya total kapal secara umum terkait dengan optimisasi yang dilakukan. Biaya pengadaan mesin utama dan peralatan diperoleh dari besar tenaga mesin (HP) yang digunakan dan harga mesin (Rp/ton). Sedangkan biaya pengadaan pelat badan kapal dihitung dari berat material (ton) dan harga pelat badan kapal (Rp/ton). Harga mesin dan peralatan diperoleh dari harga perhitungan dari metode Watson [Watson, 1997]. Sedangkan untuk harga material (baja) diambil berdasarkan harga baja yang berlaku. Untuk daftar harga material diperoleh dari salah satu galangan kapal yang ada di Indonesia (lihat lampiran).

2.8.2. Biaya Operasi Kapal

Biaya operasi kapal terdiri dari biaya bahan bakar (*fuel oil cost*), biaya minyak pelumas (*lubricant oil*) dan biaya air tawar (*fresh water*). Hal ini didasarkan bahwa ketiga biaya tersebut merupakan biaya paling besar dalam operasi kapal yang berpengaruh terhadap proses optimisasi kapal secara keseluruhan.

Biaya bahan bakar adalah penjumlahan biaya bahan bakar untuk mesin utama (*main engine*) dan mesin bantu (*auxiliary engines*). Biaya bahan bakar merupakan perkalian antara volume bahan bakar (lt) dengan harga bahan bakar per liter (Rp/lt). Volume bahan bakar (lt) merupakan pembagian berat bahan bakar (kg) dengan berat jenis bahan bakar (kg/lt).

Biaya pelumas merupakan hasil perkalian volume pelumas yang dibutuhkan (lt) dengan harga pelumas per liter (Rp/lt). Volume pelumas merupakan pembagian berat bahan bakar (kg) dengan berat jenis bahan bakar (kg/lt).

Biaya lainnya adalah biaya air tawar, merupakan perkalian volume total kebutuhan air tawar (lt) dengan harga tiap liternya. Volume total air tawar merupakan pembagian berat total

kebutuhan air tawar (kg) dengan berat jenis-nya (kg/lit). Berat total air tawar (Wfw) merupakan penjumlahan dari berat air tawar untuk minum (Wfwd), berat air tawar untuk cuci dan mandi (Wfww), berat air tawar untuk memasak (Wfwc) dan berat air tawar untuk pendingin mesin utama dan bantu (Wfwj) [Santosa, 1999].

Selain biaya-biaya diatas, perhitungan biaya operasional kapal juga meliputi biaya lain yang merupakan biaya penunjang operasional. Biaya penunjang itu diantaranya :

- Gaji Crew dan insentifnya.
- Biaya reparasi dan perawatan kapal.
- Biaya asuransi.
- Biaya klasifikasi.
- Biaya pelabuhan.
- Biaya operasional kantor.

Biaya-biaya penunjang tersebut digunakan sebagai variabel untuk menganalisa kelayakan investasi.

2.8.3. Perhitungan NPV (*Net Present Value*)

Net Present Value adalah selisih antara *Present Value* dari investasi dengan nilai sekarang dari penerimaan-penerimaan kas bersih (aliran kas operasional maupun aliran kas terminal) di masa yang akan datang. Untuk menghitung nilai sekarang perlu ditentukan tingkat bunga yang relevan. Dalam kasus ini ditentukan tingkat bunga adalah 16 %.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + K)^t} - I_0$$

dimana : CF_t = aliran kas pertahun pada periode t
 I_0 = investasi awal pada tahun 0
 K = suku bunga (*discount rate*)

Kriteria penilaian :

- Jika $NPV > 0$, maka usulan proyek diterima
- Jika $NPV < 0$, maka usulan proyek ditolak
- Jika $NPV = 0$, nilai perusahaan tetap walaupun usulan proyek diterima atau ditolak.

2.8.4. Penentuan BEP (*Break Event Point*)

Analisa *Break Event Point* digunakan untuk mengetahui hubungan antar beberapa variabel didalam kegiatan perusahaan, seperti luas produksi atau tingkat produksi yang dilaksanakan, biaya yang dikeluarkan, serta pendapatan yang diterima perusahaan dari kegiatannya. Pendapatan perusahaan merupakan penerimaan yang dihasilkan dari kegiatan perusahaan sedangkan biaya operasinya merupakan pengeluaran yang juga karena kegiatan perusahaan.

Break even dapat diartikan sebagai suatu keadaan dalam kegiatan manajemen perusahaan, dimana perusahaan tidak memperoleh laba dan tidak menderita rugi (penghasilan = total biaya). Analisa *Break even* tidak hanya dapat digunakan untuk mengetahui keadaan-keadaan perusahaan yang mengalami *break even* saja, akan tetapi dapat pula memberikan informasi kepada perusahaan mengenai berbagai tingkat volume penjualan, serta hubungannya dengan kemungkinan memperoleh laba menurut tingkat penjualan tersebut pada masa-masa mendatang [Munawir, 1992].

Untuk menentukan tingkat break even , maka biaya yang terjadi harus dapat dipisahkan menjadi biaya tetap (*fixed cost*) dan biaya variable (*variable cost*). Penjelasan untuk jenis biaya tersebut adalah sebagai berikut :

a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)

Biaya tetap adalah : biaya yang jumlah totalnya tetapi tidak berubah dalam range output tertentu, tetapi untuk setiap satuan produksi akan berubah sesuai dengan perubahan produksi. Semakin besar hasil produksi, maka biaya tetap per satuan akan semakin kecil. Dalam kaitannya dengan kegiatan operasi suatu perusahaan pelayaran, maka biaya tetap yang terjadi adalah :

1. Loan Repayment

Adalah pinjaman modal untuk pembangunan/pengadaan kapal, yang harus dikembalikan, yang dapat diformulasikan sebagai :

Future Sum (F) :

$$F = P (1 + e)^m$$

Dimana :

P = Harga pembelian kapal / *Building Cost*

e = *Rate of interest*

m = *Loan Perode Building Cost*

2. Ship Insurance & Maintenance

3. Crew Cost

b. Biaya variabel (*Variabel cost*)

Biaya variabel adalah biaya yang jumlah totalnya akan mengalami kenaikan dan penurunan sebanding dengan hasil produksi atau volume kegiatan tetapi untuk setiap satuan produksi akan tetap. Biaya variabel dalam pengoperasian suatu kapal dapat diperinci menjadi beberapa item sebagai berikut :

1. Voyage Cost

Voyage Cost adalah biaya operasional kapal yang terdiri dari :

➤ Fuel Cost

Fuel Cost = f [Fuel Consumption, Fuel Price]

Fuel Consumption = f [Power of Main Engine, Service Speed, Voyage Radius]

➤ Lubricating Oil Cost

Lubricating Oil Cost = f [Lubricating Oil Consumption, Lubricating Oil Price]

Lubricating Oil Consumption = f [Power of Main Engine, Service Speed, Voyage Radius]

➤ Port Cost & Call Cost

Port Cost dan Call Cost adalah biaya sandar kapal di pelabuhan dan biaya jasa yang diberikan pelabuhan antara lain jasa pandu, jasa penambatan di dermaga.

2. Tax (Pajak)

Pajak yang harus dibayarkan oleh pemilik kapal, yang merupakan prosentase dari *Margin Income*.

$$(\text{Margin Income} = \text{Freight Earning (Laba Kotor)} - \text{Voyage Cost}).$$

Setelah dilakukan pengelompokan dan analisa biaya, maka tingkat Break Even dapat ditentukan secara matematis dan secara grafis/bagan seperti berikut ini:

$$\text{Break Even} = \frac{\text{Biaya Tetap (fixed cost)}}{\text{biaya jual per satuan} - \text{biaya variabel per satuan}}$$

Hasil analisa Break Event , disamping dapat memberikan gambaran tentang hubungan antara biaya, volume, dan laba, juga akan membantu memberi informasi maupun pedoman kepada pihak menejemen perusahaan dalam mengambil keputusan untuk menambah atau menanamkan modal (investasi) dalam bentuk aktiva tetap.

BAB III

STUDI WILAYAH

3.1. Tinjauan Umum

Luas wilayah daratan dan perairan darat Provinsi Kalimantan Selatan sesuai dengan Peraturan Daerah Nomor 9 Tahun 2000 adalah seluas 3.753.052 Ha yang terbagi dalam alokasi peruntukan ruang kawasan lindung adalah 20,81% dan luasan kawasan budidaya 79,19% dari luas wilayah daratan Propinsi Kalimantan Selatan. Selain itu Provinsi Kalimantan Selatan mempunyai kawasan laut sejauh 12 mil dimana 1.234.847 Ha merupakan salah satu jalur pelayaran nasional dan internasional pada Alur Laut Kepulauan Indonesia II (ALKI II). Dibandingkan dengan wilayah provinsi lain di pulau ini, Provinsi Kalimantan Selatan menempati wilayah tersempit, yakni hanya 6,98% dari luas Pulau Kalimantan.

Secara topografi, sebagian besar wilayah Provinsi Kalimantan Selatan mempunyai ketinggian kurang dari 100 meter di atas permukaan laut (dpl). Kemiringan lahan di wilayah ini dikelompokkan dalam kelas datar, landai, agak curam, curam dan sangat curam. Areal yang datar (0 - 8 %) meliputi areal seluas 9.154,27 Km² atau 24,39%, yang tersebar di sepanjang Pantai Timur dan Selatan, sepanjang aliran sungai Barito dan sungai-sungai lainnya. Daerah landai (8 - 15 %) meliputi areal seluas ± 6.462,50 Km² atau 17,22%, yang berada di daerah antara Pegunungan Meratus dengan Sungai Barito, di bagian Barat dan Pantai Timur dan dengan Pantai Selatan. Daerah agak curam (15 - 25%) meliputi areal seluas ± 17.424,72 Km² atau ± 46.43%, yang tersebar di sebelah Timur dan Selatan mendekati pegunungan Meratus. Daerah curam (25 - 40%) meliputi areal seluas ± 881,53 Km² atau 2,35 %. Daerah sangat curam (> 40 %) meliputi areal seluas ± 3.607,50 Km² atau 9,61% yang merupakan punggung- punggung pegunungan Meratus dan bagian bahu dari sungai – sungai yang ada [BPS Kalsel, 2007].

Selain terdiri dari daerah pegunungan Pulau Kalimantan memiliki banyak sekali jalur transportasi air. Jalur transportasi air inilah yang menunjang perkembangan penduduk di Pulau Kalimantan. Sungai yang terbesar adalah sungai Mahakam, yang terletak di bagian Timur, serta sungai Barito pada bagian selatan dengan panjang sungai mencapai 900 km, lebar 800 meter dengan rata-rata kedalaman 2 sampai 8 meter. Ciri khas dari sungai-sungai yang tersebar di Kalimantan yang membedakan dengan pulau lain adalah kondisinya yang memiliki banyak tikungan tajam. Sebagai contoh saja sungai Mahakam, dari hulu hingga turun menuju hilir memiliki tikungan sebanyak 150 tikungan.

Fungsi utama dari sungai-sungai di Kalimantan adalah sebagai sarana transportasi air. Selain sebagai sarana transportasi kapal-kapal kecil atau kapal pribadi, juga dimanfaatkan oleh kapal-kapal komersial. Sebagaimana diketahui Pulau Kalimantan mempunyai penghasilan daerah yang sebagian besar berupa bahan tambang. Seperti misalnya : batubara, kayu, minyak dan gas, dan kesemuanya memanfaatkan aliran sungai untuk pengangkutannya. Kegiatan ini didukung dengan adanya sarana berupa pelabuhan-pelabuhan besar yang terletak pada muara sungai-sungai tersebut.

Secara geografis Provinsi Kalimantan Selatan terletak antara 11,40 20' 49,2" – 11,60 32' 43,4" Bujur Timur dan 10,21' 47,88" – 40,56' 31,56" Lintang Selatan. Batas-batas wilayahnya adalah sebagai berikut: [BPS Kalsel, 2007]

- Sebelah Utara berbatasan dengan Provinsi Kalimantan Timur.
- Sebelah Selatan berbatasan dengan Laut Jawa.
- Sebelah Barat berbatasan dengan Provinsi Kalimantan Tengah.
- Sebelah Timur berbatasan dengan Selat Makasar.

Dalam konstelasi hubungan antar-wilayah, posisi geografis Provinsi Kalimantan Selatan amat strategis karena berada di posisi sentral kepulauan Nusantara, yang merupakan jalur arus barang, orang dan jasa ke seluruh Pulau Jawa, Bali, Sulawesi, bahkan ke beberapa negara lain di kawasan Asia Pasifik. Selain itu, provinsi ini diapit dua tetangga yang kaya akan sumberdaya alam, yakni Kalimantan Timur dan Kalimantan Tengah. Keunggulan komparatifnya adalah, Kalimantan Selatan menjadi daerah transit arus barang, orang dan jasa dari dan ke kedua provinsi tersebut. Namun demikian, posisi strategis ini bisa berubah menjadi ancaman, terutama bila keunggulan komparatif itu tidak mampu diubah dan dikelola menjadi keunggulan kompetitif, yang dapat meningkatkan daya saing kewilayahan dan ekonomi.

3.2. Potensi Wilayah

3.2.1. Potensi Masyarakat

Penduduk Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2006 tercatat sebanyak 3.345.784 jiwa sedangkan pada tahun 2002 jumlah penduduk Kalimantan Selatan tercatat berjumlah 3.085.300 jiwa yang berarti terjadi pertambahan jumlah penduduk selama 5 tahun terakhir. Perkembangan penduduk Kalimantan Selatan dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 3.1. Perkembangan Jumlah Penduduk.

No	Tahun	Laki-laki (jiwa)	Perempuan (jiwa)	Total (jiwa)
1	2002	1,546,500	1,538,800	3,085,300
2	2003	1,613,170	1,587,784	3,100,954
3	2004	1,597,548	1,621,850	3,219,398
4	2005	1,625,800	1,614,300	3,240,100
5	2006	1,678,879	1,666,905	3,345,784

Sumber: BPS Kalsel, 2007

Hasil proyeksi terhadap perkembangan penduduk Kalimantan Selatan selama lima tahun kedepan dengan laju pertumbuhan rata-rata mencapai 1,57 % per tahun, terus menunjukkan peningkatan, yaitu dari 3.240.100. jiwa pada tahun 2005 menjadi 3.503,300 jiwa pada tahun 2010, Proyeksi perkembangan Jumlah Penduduk, dapat dilihat pada tabel :

Tabel 3.2. Proyeksi Perkembangan Jumlah Penduduk

No	Tahun	Jumlah (jiwa)	Pertumbuhan (%)
1	2005	3,240,100	1,57
2	2006	3,345,784	1,57
3	2007	3,345,380	1,57
4	2008	3,398,020	1,57
5	2009	3,450,660	1,57
6	2010	3,503,300	1,57

Sumber : BPS Kalsel, 2007

Terjadinya pertambahan penduduk yang sangat signifikan ini sedikit banyak dipengaruhi oleh keberadaan kota Banjarmasin yang juga merupakan ibukota dari propinsi tersebut. Kota Banjarmasin dan Kabupaten Banjar selain mempunyai jumlah penduduk yang besar juga mempunyai laju pertumbuhan penduduk yang pesat, sehingga pada masa mendatang tampaknya sebagian besar penduduk Kalimantan Selatan masih akan terkonsentrasi di wilayah tersebut karena adanya daya tarik yang dimilikinya. Selain itu kecenderungan semakin pesatnya laju pertumbuhan penduduk di Kabupaten Kota Baru dan Tanah Laut juga mempunyai implikasi daerah-daerah tersebut cenderung mengalami perkembangan yang cepat sebagai pusat pelayanan lokal maupun regional. Dengan demikian di masa yang akan datang tampaknya juga akan

terkonsentrasi di kedua daerah ini karena adanya upaya pembukaan jalur transportasi antara Provinsi Kalimantan Selatan dan Kalimantan Timur.

Dalam hal kegiatan perekonomian, secara umum penduduk di Kalimantan Selatan serta di sebagian Kalimantan Tengah yang berada di sepanjang Sungai Barito masih memanfaatkan hasil hutan serta hasil tambang sebagai komoditi utamanya. Hal ini terlihat dari potensi hutan yang masih sangat luas yang ada di Kalimantan. Selain itu ada berbagai bahan tambang yang dihasilkan di Kalimantan Selatan. Namun masih banyak juga masyarakat yang menggantungkan hidupnya dari sektor-sektor lain. Diantaranya ada yang bekerja dalam bidang pembukaan lahan untuk pertanian, peternakan, serta dalam bidang perikanan / tambak.

3.2.2. Potensi Wilayah

3.2.2.1. Hasil Tambang

Pulau Kalimantan memiliki kekayaan hasil tambang yang beragam. Sebagian besar dari bahan tambang tersebut dihasilkan di daerah hulu sungai yang terletak di Propinsi Kalimantan Tengah. Secara Geologis Kalimantan Tengah sebagai penghasil tambang terbesar di Kalimantan terdiri dari cekungan sedimen dan daerah pegunungan membentang dari barat ke utara lalu ke selatan. Cekungan sedimen terdiri dari cekungan Melawai (bagian barat), cekungan Barito (di selatan dan barat) dan termasuk sedikit dari bagian barat cekungan Kutai (bagian timur). Pegunungan berupa pegunungan Schwaner dan dataran Sunda (berada dibagian tengah dan barat) serta pegunungan Muller (dibagian utara). Karakteristik topografi Kalimantan Tengah adalah dataran rendah berusia dewasa dengan beberapa daerah tinggian yang tersebar 11 (sebelas) sungai utama memotong area dari bagian utara kedaerah pantai dibagian selatan (Sungai Barito, Sungai Kapuas, Sungai Kahayan, Sungai Mentaya, Sungai Katingan, Sungai Pembuang dll). Kebanyakan sungai-sungai ini memiliki dataran *banjir* yang lebar dan sejumlah meander yang luas.

Stratigrafi Kalimantan Tengah tersusun oleh batuan malihan yang merupakan batuan tertua yang tersingkap. Aktifitas metamorf berlangsung selama akhir periode Paleozoikum sampai Mesoikum Awal dimana aktifitas tersebut terjadi dalam temperature rendah dan bertekanan tinggi. Proses metamorf yang terakhir inilah yang mungkin menghasilkan endapan-endapan bijih di Kalimantan Tengah. Batuan Malihan yang berumur tertua tadi adalah Philit, Schist, Gneiss, Marmer, Kuarsit, Shist Kristalin dan yang lainnya seperti batuan vulkanik dan batuan sediment. Sementara itu batuan Granit Plutonik (Granit, Granodiorit, Diorit, Gabro, Tonalit dan Monzonite) mengintrusi batuan Malihan pada Zaman Perm – Trias. Periode Tersier memperlihatkan aktifitas sediment dan vulkanisme yang luas selama Kala Eosen sampai akhir Miosen telah menghasilkan sejumlah Sedimen Klastik, Batu gamping dan Tufaan yang membentuk batuan sediment dan lapisan batubara.

Saat ini terdapat beberapa mineral potensial yang terdapat di Kalimantan Tengah, mineral-mineral tersebut adalah :

1. Potensi Emas.

Kalimantan Tengah memiliki sejumlah endapan emas primer dan letakan (placer). Endapan letakan (placer) banyak ditemukan di sungai, danau, rawa-rawa dan paleo chanel (gosong), sedangkan yang merupakan hasil endapan hidrotermal yang secara genetic berasosiasi dengan intrusi batuan beku asam dan juga sering berasosiasi dengan kuarsa dan sulfide (pirit, arseno pirit, tetrahidrit, kalkopirit dan sedikit pada galena dan spalerit).

2. Potensi Batubara.

Batubara yang menyusun suatu formasi/lapisan batubara pada awalnya berupa gambut atau akumulasi bahan serupa yang kemudian mengalami pembusukan, melalui proses kompaksi dan panas dalam waktu yang sangat panjang maka gambut akan berubah menjadi batubara. Batubara di Indonesia banyak digunakan untuk bahan bakar, industri semen, PLTU dan dalam jumlah kecil dalam peleburan timah dan nikel. Batubara di Kalimantan Tengah sudah

mulai ditambang sejak awal abad 19 tambang batubara didekat Muara Teweh sudah ditambang sejak tahun 1910 dan mampu menghasilkan sekitar 7.000 ton pertahun saat itu Produksi berkurang sejak Perang Dunia ke II dan kemudian berhenti total sekitar tahun 1960.

3. Potensi Gambut.

Gambut adalah endapan organik yang mengandung sisa-sisa tumbuhan yang telah mengalami dekomposisi sebagian dan mengandung bahan lain seperti air dan bahan-bahan lain non organic biasanya berupa lempung dan lanau. Gambut di Indonesia diperkirakan memiliki area lebih 20 juta hektar dan kebanyakan dalam bentuk dataran rendah dan rawa. Lebih dari 7 juta hektar berada sepanjang daerah barat, tengah dan selatan pantai pulau Kalimantan. Survey tanah gambut telah banyak dilakukan secara intensif terutama untuk keperluan pertanian (agricultur). Penyelidikan yang dilakukan untuk tujuan pertanian biasanya hanya gambut yang mempunyai kedalaman 100 cm atau kurang. Gambut yang mempunyai kedalaman lebih dari 100 cm mempunyai potensi sebagai energi. Sumber energy gambut biasanya digunakan untuk tenaga pembangkit tapi dapat juga digunakan untuk bahan baker dan memasak yang biasanya dalam bentuk briket.

4. Potensi Intan.

Intan telah banyak ditambang dibanyak tempat di Pulau Kalimantan oleh penduduk sejak lama dan berkembang diberbagai tingkatan sampai sekarang. Intan dipotong dan dipoles/digosok di Martapura Kalimantan Selatan. Secara umum endapan utama intan berasosiasi dengan batuan ultrabasic khususnya batuan periodit, contohnya batuan yang kita kenal sebagai Kimberlitepipe di Afrika Selatan. Saat ini penduduk local Kalimantan Tengah menambang endapan intan alluvial mempergunakan peralatan dan metode yang masih sederhana. Intan yang terdapat dalam endapan alluvial biasanya terdapat bersama sejumlah mineral seperti korundum, rutil, brookite, quartz, emas, platinum dan pirit. Pasir hitam yang terbentuk dari pencucian residu (disebut puya) terdiri dari : Titano magnetite, kromit, garnet, spinel, hyacinth, topaz, dan ruby. Penyelidikan terhadap endapan intan sudah dilakukan sejak dulu tetapi masih belum mendapatkan hasil berupa penemuan endapan utamanya. Tetapi kesempatan bagi eksplorasi endapan utama dan alluvial masih ada dan dilakukan.

5. Potensi Endapan Mineral Lainnya.

Kalimantan Tengah masih mempunyai sumber endapan mineral lain sebagai bahan tambang yaitu kaolin, pasir kuarsa, fosfat dan batu gamping.

3.2.2.2. Hasil Hutan

Kawasan Hutan dan perairan yang ada di Pulau Kalimantan khususnya yang ada di propinsi Kalimantan Selatan serta sebagian di Propinsi Kalimantan Tengah memiliki luas $\pm 1.839.494$ Ha. Kawasan tersebut terdiri dari kawasan Hutan Konservasi, Hutan Lindung, dan kawasan Hutan Produksi dengan perincian luas sebagai berikut :

Tabel 3.3. Luas Kawasan Hutan

Fungsi Kawasan	Luas (Ha)	Luas (persen)
Kawasan Hutan Konservasi (HAS & HPA)	± 175.565	9,54
Kawasan Hutan Lindung	± 554.139	30,12
Kawasan Hutan Produksi	$\pm 1.109.790$	60,33
- Hutan Produksi Terbatas (HPT)	± 155.268	8,44
- Hutan Produksi Tetap (HP)	± 688.884	37,45
- Hutan Produksi yang dapat Dikonversi (HPK)	± 265.638	14,44
Luas Keseluruhan	$\pm 1.839.494$	100

Sumber : Departemen Kehutanan Kalsel, 2002

Kawasan Hutan Konversi terdiri dari Cagar Alam (CA), Suaka Margasatwa (SM), Taman Nasional (TN), Taman Wisata Alam (TW), Taman Hutan Raya (THR) dan Taman Buru (TB).

Hutan Konversi adalah hutan dengan ciri khas tertentu, yang mempunyai fungsi pokok pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya. Pada Kawasan Hutan Produksi, terdapat 5 unit perusahaan HPH yang masih aktif dengan total luas 602.670 Ha dan 13 unit perusahaan HPHTI.

Hutan yang ada di Pulau Kalimantan memiliki hasil hutan yang beraneka ragam. Secara garis besar, dapat dikategorikan menjadi 2 jenis, yaitu hasil berupa kayu dan non-kayu. Hasil kayu dapat berupa kayu bulat, kayu gergajian dan kayu lapis. Dari data yang ada, selama selama 5 tahun terakhir telah diproduksi Kayu Bulat sebanyak 13.798.240,05 m³, Kayu Gergajian sebanyak 3.020.864,27 m³ serta Kayu Lapis sebanyak 3.711.097,26. dengan rata-rata produksi pertahun yaitu: Kayu Bulat sebanyak 2.759.648 m³, Kayu Gergajian sebanyak 604.172,8 m³ serta Kayu Lapis sebanyak 742.219,4 m³. Pada tahun 2002 kayu Bulat di Kalimantan menyumbang sebanyak 17,1% total kayu bulat nasional, 4,89% untuk kayu gergajian dan 8,95% untuk kayu lapis.

Hasil non-kayu, selain berupa kayu bulat, kayu gergajian serta kayu lapis yaitu berupa rotan dan madu perlebahan. Produksi rotan selama kurun waktu tiga tahun terakhir adalah sebesar 12.386,27 ton. Untuk produksi madu selama lima tahun terakhir hasil kegiatan perlebahan adalah sebanyak 249,91 ton.

Tabel 3.4 Pemanfaatan Ruang

Jenis Pemanfaatan Ruang	Luas Pemanfaatan Ruang			
	RTRWP Kalsel 1993		RTRWP Kalsel 2000	
	Ha	%	Ha	%
I. KAWASAN LINDUNG				
1. Kawasan Perlindungan Daerah Bazahannya	524538	13,98	547637	14,70
a. Hutan Lindung	516853	13,77	547637	14,70
b. Kawasan Bangambur	7685	0,20	-	-
2. Kawasan Perlindungan Selempat	29591	0,75	29591	0,75
a. Sempadan Pantai	6928	0,18	6928	0,19
b. Sempadan Sungai	21213	0,57	21213	0,57
c. Sempadan Maduk, Danau	1450	0,04	1450	0,04
3. Kawasan Suaka Alam dan Cagar Budaya	176615	4,71	176615	4,74
a. Cagar Alam	3280	0,09	3280	0,09
b. Suaka Margasatwa	6000	0,16	6000	0,16
c. Pantai Berhutan Bakau	53639	1,43	53639	1,44
d. Taman Hutan Raya	112000	2,98	112000	3,01
e. Taman Wisata Alam	1705	0,05	1705	0,05
Jumlah Kawasan Lindung	730744	19,47	753843	20,23
II. KAWASAN BUDIDAYA				
1. Kawasan Hutan Produksi	1108840	29,54	907751	24,36
a. Hutan Produksi Terbatas	455268	11,14	212177	5,69
b. Hutan Produksi Tetap	687934	18,33	627672	16,86
c. Hutan Produksi Konversi	265638	7,08	67902	1,82
2. Kawasan Pertanian	1808918	48,20	1906939	51,18
a. Pertanian Lahan Basah	641517	17,09	623931	16,75
b. Pertanian Lahan Kering	194347	5,18	152271	4,09
c. Pertanian Tanaman Tahunan/Perkebunan	955085	25,45	1126108	30,22
d. Peternakan	12907	0,34	-	-
e. Perikanan	5062	0,13	4626	0,12
3. Kawasan Pertambangan	10858	0,29		
4. Kawasan Perindustrian	4500	0,12	8158	0,22
5. Kawasan Pariwisata	5180	0,14	3407	0,09
6. Kawasan Permukiman	84102	2,24	145985	3,92
Jumlah Kawasan Budidaya	3022396	80,53	2972211	79,77
TOTAL	3753140	100,00	3726054	100,00

Sumber : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah Kalsel, 2003

3.3. Kondisi Sungai

3.3.1. Pendahuluan

Sungai Barito merupakan salah satu sungai terbesar dan terpanjang di Indonesia. Sungai tersebut berfungsi sebagai urat nadi perekonomian wilayah Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah yang berada di sekitar sungai Barito. Selain sebagai sumber kehidupan dari daerah sekitar, sungai ini merupakan sarana pendukung transportasi yang sangat penting. Sungai Barito mempunyai lebar maksimum sekitar 800 meter pada daerah hilir. Untuk daerah pedalaman, sungai ini memiliki lebar rata-rata 200 meter. (lihat Gambar 3.1).



Gambar 3.1. Lalu lintas kapal di muara sungai Barito.
Sumber : PELINDO III cabang Banjarmasin, 28 September 2006

Panjang sungai Barito saat ini yang dapat dilalui oleh kapal adalah sekitar 220 mil, dengan kedalaman 6 meter, pada saat kondisi air surut [Pelindo III, 2006]. Namun dalam kenyataannya, tidak semua kapal dapat melalui sungai tersebut, selain terbatas oleh sarat dan lebar, juga terbatas dengan ketinggian jembatan yang menghubungkan kedua sisi sungai di berbagai tempat sepanjang sungai. Keberadaan jembatan ini banyak terlihat di daerah muara (hilir) yang merupakan daerah perkotaan. (lihat Gambar 3.2)



Gambar 3.2. Jembatan yang melintasi Sungai Barito.

Sumber : www.jr-structure.de , 15 mei 2007.

Karakteristik sungai Barito hampir sama seperti kebanyakan sungai-sungai pedalaman di Amerika Selatan dan Utara, yaitu memiliki ciri yang berkelok tajam di sepanjang sungai, dengan kedalaman dan lebar yang berbeda-beda (lihat Gambar 3.3).



Gambar 3.3. Kondisi sungai di pedalaman Kalimantan.

Sumber : www.stroits.com.au , 15 mei 2007.

3.3.2. Kondisi Pelayaran

Salah satu kota atau daerah yang sangat dipengaruhi oleh keberadaan sungai Barito adalah kota Banjarmasin. Kota berpredikat “Seribu Sungai” ini terbangun dan membangun dirinya bermula dari aktivitas pelayaran Sungai Barito. Tersedianya prasarana berupa jalur-jalur air yang dengan mudah digunakan untuk kegiatan transportasi telah melandasi segi-segi kehidupan lainnya di wilayah Kota Banjarmasin. Wilayah perairan Banjarmasin terdiri dari sungai, terusan, dan

daerah rawa. Iklim musim dengan curah hujan yang cukup, keadaan permukaan tanah yang rendah dan datar, serta pasang surut air yang kuat mengakibatkan keadaan perairan di wilayah Banjarmasin cukup tenang. Sarana-sarana transportasi air yang dikayuh, didorong dengan galah ataupun dengan mesin mudah hilir mudik untuk mencapai berbagai tempat. Kapal, perahu, rakit (lanting) mudah bergerak kemanapun arah yang dikehendaki (lihat Gambar 3.4).



Gambar 3.4. Alat transportasi masyarakat sekitar.

Sumber : www.indo-photogallery.blogspot.com , 15 Mei 2007

Sungai besar yang melintas di tengah kota Banjarmasin adalah sungai Martapura. Sungai ini muaranya berada di bagian muara sungai Barito. Dengan demikian, Kota Banjarmasin terletak di persilangan kedua sungai tersebut. Wilayah tepian sebelah barat kota ini sebenarnya berada di daerah tepian muara sungai Barito. Di lain pihak sungai Nagara juga bermuara ke sungai Barito. Pada sisi ini wilayah tepian kota Banjarmasin di sebelah Utara berada di daerah tepian muara sungai Nagara itu. Pada posisi semacam itu kota Banjarmasin sesungguhnya dikelilingi oleh sungai-sungai besar yang sangat vital fungsinya bagi pelayaran sungai (lihat lampiran). Sungai-sungai itu sebagai prasarana penghubung Banjarmasin dengan daerah lain di Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah. Selain sungai Martapura, di wilayah kota Banjarmasin mengalir pula beberapa sungai ukuran sedang seperti sungai Andai, Kuin, Alalak, Kalayan dan Pakapuran. Sementara itu tidak terhitung lagi jumlah anak sungainya masing-masing.

Sebagai akibat dari kondisi tersebut, jalur pelayaran yang melalui kota Banjarmasin sangat padat. Pelabuhan Trisakti, yang terletak di kota Banjarmasin, dan terletak di muara Sungai Barito sangat ramai dikunjungi kapal tiap tahunnya. Tidak hanya kapal-kapal besar, tetapi juga kapal-kapal kecil yang melakukan transit muatan di pelabuhan tersebut. Sebagai gambaran, di awal tahun 2006, tercatat berbagai jenis kapal singgah di pelabuhan tersebut sebanyak tidak kurang 540 kali. Dan dari data yang ada, diperoleh fakta bahwa selama tahun 2006, berbagai kapal telah berlabuh di pelabuhan Trisakti sebanyak lebih dari 6500 kali [Pelindo III, 2006]. Dari keseluruhan kapal yang singgah, didominasi oleh kapal tongkang dan kapal tunda, yang melakukan transit muatan berupa bahan tambang dari daerah hilir sungai Barito

Sebagai gambaran, berikut adalah sungai-sungai yang tersebar di Kalimantan serta kondisi geografisnya (lihat Gambar 3.4).

Tabel 3.5. Sungai di Kalimantan.

Nama Sungai	Panjang maksimum	Panjang (efektif)	Lebar (m)	Kedalaman minimum	Kedalaman maksimum
Barito	900	650	200 - 800	2.8	8
Martapura	80	45	150	2.4	4
Negara	127	125	150	2.6	5
Kusan	80	40	40	2	4
Batulicin	70	45	90	1.2	3
Satui	49	30	50	2.3	4
Tabalong	60	42	45	1	3
Balangan	50	40	40	1.95	5

Sumber : PELINDO III, 2003

Semua sungai itu merupakan cabang dan anak cabang dari sungai Barito. Oleh sebab itu, kedudukan sungai Barito menjadi sangat penting bagi keadaan lingkungan perairan Banjarmasin. Sungai Barito luas muaranya lebih dari dua kilometer dan panjangnya sekitar 900 kilometer. Sungai ini tergolong sungai sangat besar yang ada di muka bumi.



Gambar 3.4. Sungai-sungai yang mengalir di Kalimantan Selatan (foto satelit).

Sumber : *Google-earth*, 2 November 2006

Sebagaimana telah disinggung, bahwa selain sungai, yang juga merupakan bagian penting dari jalur air kota Banjarmasin adalah kanal. Sehubungan dengan itu, orang Kalimantan, khususnya orang Banjar mengenal sedikitnya tiga macam kanal. Pertama, yang disebut Anjir yaitu semacam saluran primer menghubungkan antara dua sungai. Anjir bersifat untuk kepentingan umum dengan titik berat fungsinya sebagai sistem pertanian dan transportasi. Kedua, disebut Handil, semacam saluran yang muaranya di sungai atau Anjir. Ukuran Handil lebih kecil dari Anjir dan lebih bersifat milik kelompok yang berfungsi sebagai sarana pertanian. Yang ketiga, disebut Saka merupakan saluran tersier untuk menyalurkan air yang biasanya diambil dari Handil. Saluran ini berukuran kecil dan bersifat pribadi, milik keluarga.

Bagi orang Banjarmasin, maupun penduduk Kalimantan pada umumnya, baik sungai maupun kanal mempunyai kedudukan yang sama penting mendukung aktifitas pelayaran.

Pelayaran sungai maupun pelayaran samudra secara bersamaan di satu kota yang tidak terlalu luas ini nampaknya menjadi keistimewaan Banjarmasin. Akan tetapi, banyak yang tidak menyadari dalam hal pelayaran sungai di kota Banjarmasin sebenarnya sebagai akvifitas transportasi menggunakan jalur perairan daratan. Jalur ini tidak hanya sungai, tetapi juga kanal. Dalam pengertian teknis bentuk atau jenis perairan pelayaran sungai dikategorikan sebagai daerah pelayaran daratan (*inlandwaters*). Yang termasuk ke dalam kategori ini adalah sungai, kanal, danau dan perairan pantai. Sifat pelayaran yang menggunakan jalur-jalur dalam kategori ini di sebut dengan pelayaran sungai (*inland navigation*) [Subiyakto, 2004].

3.3.3. Fasilitas Pendukung Transportasi

Ada beberapa simpul penting dalam sistem jaringan transportasi yang melayani perhubungan di Provinsi Kalimantan Selatan dan Provinsi di sekitarnya [Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2003], yaitu:

1. Pelabuhan Trisakti Banjarmasin, sebagai simpul pelayanan nusantara dan samudera (ekspor impor).
2. Pelabuhan Batulicin di Kabupaten Kotabaru, sebagai simpul pelabuhan nusantara dan samudera (ekspor impor).
3. Pelabuhan Mekarputih di Kabupaten Kotabaru, dikembangkan sebagai pelabuhan ekspor batubara.
4. Pelabuhan Kotabaru di Kabupaten Kotabaru, dikembangkan sebagai pelabuhan nusantara.
5. Pelabuhan Martapura Baru Banjarmasin, berfungsi sebagai simpul pelabuhan lokal/pelabuhan rakyat.
6. Angkutan sungai dan penyeberangan yang menghubungkan Banjarmasin dengan Provinsi Kalimantan Tengah serta kotakota kecil di wilayah Provinsi Kalimantan Selatan.

Ada banyak sungai di Provinsi Kalimantan Selatan yang dapat dilayari antara lain Sungai Barito, Sungai Negara, Sungai Tabalong, Sungai Alalak, Sungai Martapura, dan Sungai Balangan. Pengembangan transportasi sungai meliputi pemanfaatan jaringan sungai yang ada saat ini, penyediaan sarana dan prasarana penunjang, serta pengamanan alur pelayanan sungai. Rencana pengembangan transportasi sungai di Provinsi Kalimantan Selatan meliputi

- Peningkatan kondisi fisik *Anjir* Tamban, Serapat, Talaran sehingga memiliki navigability yang sama dengan muara *anjir-anjir* tersebut di Sungai Barito dan Kapuas.
- Peningkatan terminal Banjarmasin, Maranahan, Margasari, Negara, Amuntai dan Alabio.

Prasarana perhubungan laut yang berperan penting dalam pelayaran nasional dan samudera di Provinsi Kalimantan Selatan adalah :

- Pelabuhan Trisakti. Fungsinya tetap dipertahankan sebagai pelabuhan laut utama untuk barang dan penumpang, khususnya pelayaran nusantara. Pelabuhan Banjarmasin (Trisakti dan Martapura Baru) direncanakan untuk melayani Kabupaten Banjar, Barito Kuala, Tapin, Tanah Laut, Barito Utara, Barito Selatan dan Kapuas.
- Pelabuhan Batulicin. Fungsinya ditingkatkan sebagai pelabuhan samudra, khususnya untuk melayani angkutan barang. Pelabuhan ini direncanakan melayani Kabupaten Kotabaru, Hulu Sungai Selatan, Hulu Sungai Tengah, Hulu Sungai Utara, Tabalong, Barito Utara dan Barito Selatan, dan sebagian Kalimantan Timur bagian Selatan. Pelabuhan ini juga berfungsi sebagai pelabuhan penyeberangan dengan Pulau Laut (Tanjung Serdang).
- Pelabuhan Kotabaru, berfungsi melayani penyeberangan dengan Batulicin dan pelayaran antar pulau atau nasional. Pelabuhan Mekar Putih, merupakan pelabuhan baru yang berfungsi sebagai pelabuhan batubara, khususnya untuk ekspor ke luar Provinsi Kalimantan Selatan.
- Pelabuhan Martapura Baru yang berperan penting dalam menunjang perekonomian daerah, khususnya dalam pelayaran antar pulau dan nusantara dengan menggunakan kapal pinisi/kapal kayu.

3.3.4. Kendala dan Permasalahan

3.3.4.1. Pendangkalan Sungai

Persoalan yang biasa dihadapi sarana transportasi di perairan sungai adalah adanya pendangkalan sungai. Selain terjadinya pendangkalan sungai akibat *wake wash effect* karena gelombang yang diakibatkan oleh badan kapal, pendangkalan ini bisa diakibatkan karena adanya pencemaran oleh limbah domestik dan gulma air. Kedua hal ini tidak jarang menyebabkan ketidaklancaran, kemacetan, bahkan kecelakaan di perairan. Keadaan permukaan air yang tenang dan dangkal menyebabkan gulma air mudah dan cepat berkembang biak sehingga dapat segera menutupi permukaan jalur-jalur air. Selain itu, permukaan air yang dangkal dalam waktu lama dapat menimbulkan terbentuknya pulau baru di tengah sungai.

Seiring dengan masalah gulma air, ialah limbah domestik yang ditimbulkan oleh penduduk di perkampungan sepanjang pinggiran sungai dan kanal. Limbah domestik pada umumnya berupa sampah rumah tangga yang dengan mudah dibuang ke sungai dan kanal. Selain dari limbah rumah tangga, pencemaran juga banyak terjadi akibat tradisi yang ada di Pulau Kalimantan, yaitu adanya pasar terapung yang ada di sepanjang sungai (lihat Gambar 3.5). Sampah yang dibuang penduduk sebagian mengapung membentuk suatu kesatuan dalam jumlah yang makin lama makin banyak. Yang tenggelam menyebabkan percepatan proses pendangkalan. Limbah domestik ini bersama dengan gulma air seperti ilung dan jenis bakung menjadi satu dan membentuk hampangan. Hampangan yang terbentuk di sungai dan kanal ikut hilir mudik seiring dengan arus perairan pasang surut. Hampangan pada dasarnya merupakan masalah yang secara langsung dan terus menerus dihadapi oleh sektor pelayaran sungai di wilayah tersebut.

Pencemaran semakin besar akibat banyak pula bangkai kapal atau perahu yang dibiarkan berada di perairan sungai. Akibat yang ditimbulkannya ialah terbentuknya gosong-gosong dan mempercepat proses pendangkalan. Gosong-gosong yang terdapat di perairan merupakan masalah yang serupa dengan hampangan bagi kenyamanan lalu lintas pelayaran sungai. Gosong-gosong kerap kali dapat menimbulkan kecelakaan di perairan sungai atau kanal. Hampangan, gosong-gosong, dan pendangkalan disamping masalah kabut dan kemarau panjang, merupakan masalah-masalah yang selalu dihadapi jalur-jalur air kota Banjarmasin. Kesemuanya itu menyebabkan ketidaklancaran, kemacetan, dan kecelakaan lalu lintas di atas permukaan air kota Banjarmasin [Subiyakto, 2004].



Gambar 3.5. Pasar terapung di Kalimantan.
Sumber : www.ein.pdx.edu , 14 Juni 2007.

3.3.4.1. Endapan Gambut

Pada Sungai Barito terdapat indikasi potensi gambut di Indonesia sebanyak *juta 26 hektar* [Anderson, 1964] dan merupakan nomer empat terbesar cadangan gambut dunia. Kajian pustaka diambil dari tulisan penyelidikan terdahulu, yaitu mengenai dataran rendah dan rawa-rawa di Kalimantan yang terbentuk kira-kira 5000 tahun yang lalu.

Orang yang pertama menemukan gambut di Indonesia adalah Koorders. Ditemukannya gambut di kawasan tropika ini telah mematahkan pendapat sebelumnya yang menyatakan bahwa gambut hanya terbentuk berkenaan dengan akibat iklim dingin (*temperate*) yang dibatasi oleh ketinggian tempat dari permukaan laut sebagaimana umumnya gambut sphagnum (sejenis lumut) ditemukan. Penelitian tentang gambut di Indonesia ini mulai secara intensif dilakukan oleh Polak antara tahun 1930-1950 dan sampai sekarang masih banyak hal yang belum terungkap.

Menurut data geologi sebagian daerah pedataran Kalimantan Selatan dan Tengah mengandung sumberdaya endapan gambut, cukup banyak untuk diversifikasi energi. Endapan gambut yang terjadi pada sungai tidak berbeda jauh dengan endapan gambut yang terjadi di rawa. Secara garis besar, ada tiga jenis endapan gambut yang terjadi di Sungai Barito.

- Endapan tanggul (*levee*) terbentuk di pinggir sungai dan berfungsi sebagai tanggul sungai. Endapan ini terbentuk oleh air sungai (pada waktu banjir) yang membawa material yang agak kasar dan diendapkan dipinggir sungai. Pada keadaan permukaan air maksimal, tanggul ini lebih tinggi dan menjadi pemisah antara dataran banjir dengan sungai. Endapan tanggul terdiri dari partikel lempung dan lanau (*silt*).
- Endapan organik (gambut setebal 1 - 5,5 m), terbentuk paling akhir pada dataran banjir. Pada bagian atas terdapat endapan gambut yang disisipi oleh bagian tumbuhan seperti ranting, daun dan cabang yang telah membusuk yang kita sebut humus. Kondisi ini merupakan gejala yang umum dari endapan gambut. Pada bagian bawah endapan organik bercampur dengan unsur-unsur anorganik yaitu lempung (*peatyclay*).
- Endapan dasar gambut yang umumnya terdiri dari lempung dengan kandungan partikel organik, dan di daerah penyelidikan terdapat disebagian tempat yang mempunyai dasar dari gambut yaitu lempung dan silt.

Penyebaran endapan gambut yang kurang meluas ini disebabkan tidak didukungnya pembentukan cekungan yang stabil dengan ditandai kontak antara batuan dasar dengan endapan gambut, yaitu Formasi Dahor dengan erosi sungai Barito begitu besar. Walaupun endapan gambut sempat terbentuk dimasa lampau tetapi gambut yang terbentuk telah habis dibakar oleh penduduk, dari catatan yang ada semenjak tahun 1950 telah dibakar sebanyak 50 kali selama selang musim kemarau, sebagai tradisi penduduk membakar lahan untuk ladang berpindah, yang menjadikan daerah Marabahan dan sekitarnya sebagai lumbung padi. Penyebab lain ketidak meluasnya endapan gambut di daerah kemungkinan dipengaruhi juga oleh muka air sungai yang tidak pernah stabil. Dalam hal ini, sebagaimana terlihat dari aliran sungai yang berpindah-pindah, terjadinya proses pasang-surut yang mengangkut kembali tetumbuhan yang sudah terendapkan khususnya dekat sekitar dan sepanjang sungai Barito dan sungai Kahayan.

Endapan gambut di Kalimantan Selatan dapat diklasifikasikan sebagai "low land peat" (gambut dataran rendah) dibagian pantai (*coastal peat*). Dari hasil pengamatan beberapa penampang bor, pembentukan gambut dimulai dari penimbunan sisa tumbuhan yang dapat hidup diatas muka air seperti tumbuhan Bakau (*mangrove*). Sisa batang-batangnya masih dapat dijumpai didasar gambut (batas antara gambut dan lempung). Dalam pembentukan awal pengaruh air sungai masih dominan sehingga terbentuk endapan gambut bercampur dengan lempung (*topogenus*), kemudian terjadi satu periode dimana *levee* (tanggul alam) telah terbentuk dengan stabil, sehingga pembentukan endapan gambut tanpa pengaruh air permukaan (air sungai) yang disebut endapan gambut ombrogenus (pengaruh air hujan sangat dominan).

3.4. Pengaruh Alam

3.4.4. Kondisi Pasang Surut

Yang berpengaruh penting dalam perubahan kondisi pasang surut air pada sungai adalah kekuatan hidrodinamika sungai ini terhadap lingkungan perairan lainnya di wilayah Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah. Pengaruh itu berupa kemampuannya memberi keseimbangan terhadap gerak perairan di kedua wilayah. Pengaruh kekuatan hidrodinamika Sungai Barito menciptakan arus lemah bagi lingkungan perairan di sekitarnya. Seluruh jalur air yang terdapat di kota Banjarmasin adalah yang paling besar menerima pengaruh kekuatan hidrodinamika sungai Barito itu. Kandungan air sungai Barito yang sangat besar dengan daya dorong yang besar pula menyebabkan terciptanya gerakan air pasang surut di seluruh wilayah perairan sekitarnya.

Dalam waktu 24 jam sungai-sungai dan jalur air lainnya di Banjarmasin tidak mengalir satu arah. Ada saat air mengalir ke hulu, ketika itu permukaan air naik dan merupakan saat air pasang. Sebaliknya saat air mengalir ke hilir, permukaan air turun dan merupakan saat air surut. Ketika berlangsungnya peralihan antara saat air pasang dan air surut, permukaan air terhenti beberapa saat. Pada saat itu tidak terjadi gerak arus ke hilir maupun ke hulu. Permukaan air sungai ketika itu berada pada posisi tertinggi atau dalam keadaan pasang [Subiyakto 2004].

Kondisi yang sering terjadi saat ini adalah pelayaran sungai terutama di Sungai Barito sangat dipengaruhi oleh waktu pasang surut airnya. Waktu pasang surut kini dijadikan pedoman utama dalam pengoperasian kapal dalam melalui sungai. Ada daerah-daerah tertentu yang kini hanya bisa dilalui hanya pada saat kondisi air pasang, sehingga pada saat kondisi surut daerah tersebut tidak akan dapat dilalui oleh kapal. Pada daerah-daerah tertentu tersebut, dalam satu hari (24 jam) hanya layak dilalui kapal dalam jangka 6 – 8 jam saja pada waktu-waktu tertentu. Hal inilah yang juga perlu dijadikan pertimbangan dalam perencanaan pembangunan kapal serta perencanaan pelayaran.

3.4.5. Klimatologi

Berdasar dari data geografis, Pulau Kalimantan dilalui oleh garis katulistiwa, oleh karena itu, Kalimantan Selatan beriklim tropis dengan temperatur udara maksimum $35,2^{\circ}$ C dan minimum $19,5^{\circ}$ C, kelembaban udara rata – rata antara 74 - 91%, panjang penyinaran Matahari rata-rata 36 - 91%. Pada Januari - Februari bertiup angin Barat sedangkan Juli-September bertiup angin Tenggara. Secara hidrologis, Kalimantan Selatan di bagi menjadi dua Satuan Wilayah Sungai (SWS), yaitu : SWS Barito seluas 18.879,353 Km² dan SWS Cengal – Batulicin seluas 18.651,167 Km² [BPS, 2007].

Meskipun memiliki curah hujan yang tinggi, serta seperti yang telah digambarkan mengenai sibuknya lalu lintas di jalur-jalur air kota Banjarmasin namun hal itu tidak berarti tanpa kendala. Kemarau panjang merupakan masalah yang dihadapi setiap empat tahun sekali oleh perairan dan transportasinya di Banjarmasin. Pada setiap kemarau panjang tiba sebagian besar jalur air di Banjarmasin mengalami kekeringan sehingga sulit untuk difungsikan sebagai jalur pelayaran. Jalur-jalur itu terutama yang berupa anak sungai, *Handil* dan *Saka*. Pada keadaan seperti itu, perahu-perahu yang biasanya digunakan sebagai pengangkutan tidak dapat digunakan.

Sama halnya dengan kondisi di sungai-sungai besar, karena adanya kemarau, maka debit air di sungai akan berkurang. Hal ini yang menyebabkan terjadinya pendangkalan-pendangkalan di beberapa titik atau wilayah pada sepanjang sungai. Untuk saat ini, hal ini memang dapat diantisipasi. Namun dengan cara yang bisa dikatakan dapat mengurangi produktifitas dan efektifitas pelayaran. Yaitu dengan mengurangi kapasitas muatan yang akan melawati sungai. Sehingga sarat dari kapal-kapal yang melaluinya menjadi lebih kecil sehingga tidak terjadi kandas, walaupun masih banyak juga kapal-kapal yang mengalaminya.

BAB IV

ANALISA TEKNIS

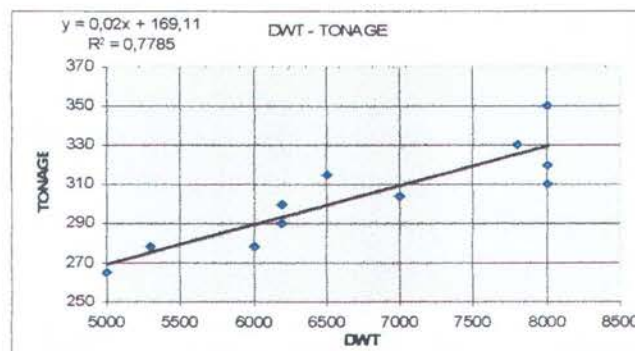
4.1. Perencanaan Ukuran Utama Kapal

Design Requirment dalam tugas akhir ini adalah berdasarkan pada kapasitas tongkang (*barge*) yang akan didorong. Karena syarat awal dalam perencanaan kapal jenis *Tug Boat* adalah harus mampu menarik/mendorong tongkang sesuai kapasitas yang diinginkan. Kapasitas tongkang yang akan didorong adalah sebesar 6840 DWT. Selanjutnya dicari beberapa ukuran kapal sebagai kapal pembanding dengan toleransi sebesar $\pm 30\%$. Adapun data kapal pembanding yang diperoleh dari internet, buku register dan majalah disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Daftar Kapal Pembanding

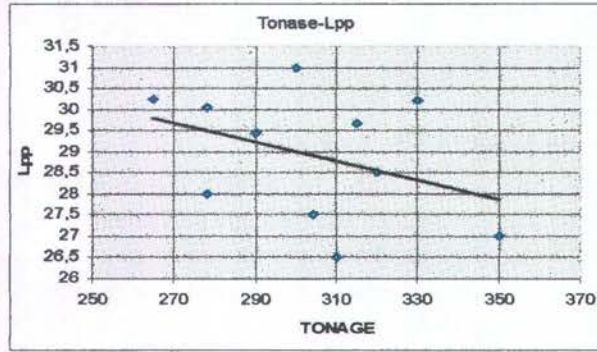
Nama Kapal	Pusher Tonnage	Barge DWT	Jumlah mesin	Loa	Lpp	Bm	H	T
Akashi-maru	278	5300	2	33,3	30,05	9,35	4,2	2,82
Tsuru-maru 2	290	6200	2	29,01	29,45	8,8	3,89	2,69
Kiyu-maru 6	300	6200	2	33	31	9,42	3,85	2,8
Tsuru-maru 10	320	8000	2	30,99	28,5	9,45	4,02	2,56
Volund	330	7800	1	32,42	30,2	9,6	4	3,05
Sumiyoshi-maru 78	350	8000	2	29,95	27	9,56	3,48	2,6
Tsuru-maru 6	265	5000	2	31,02	30,25	9	3,89	3,01
Daishin-maru 21	278	6000	2	30,82	28	8,82	3,81	3,1
Tsuru-maru 7	304	7000	2	28,45	27,5	9,3	3,89	2,55
Karl-erik	315	6500	1	32,82	29,67	8,85	3,95	2,7
Rokko-maru	310	8000	2	29	26,5	9,6	3,92	2,79

Dari 11 ukuran kapal pembanding diperoleh data berupa Tonnase Push Boat serta ukuran kapalnya, untuk selanjutnya dilakukan regresi dengan cara pembuatan grafik hubungan antara DWT – Tonnase kapal tunda untuk memperoleh nilai tonnase kapal tunda yang mampu mendorong tongkang dengan kapasitas 6840 DWT. (lihat Gambar 4.1)

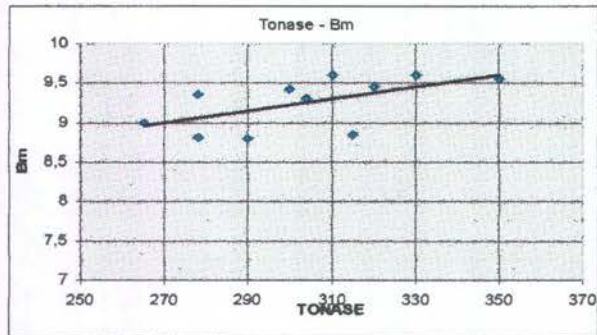


Gambar 4.1. Grafik hubungan DWT Tongkang – Tonnase *Push Boat*.

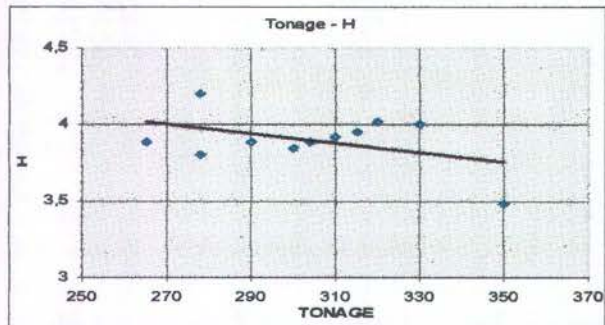
Selanjutnya, dilakukan pembuatan grafik hubungan antara Tonnase kapal tunda dengan tiap-tiap ukuran kapal. (lihat Gambar 4.2 - 4.5)



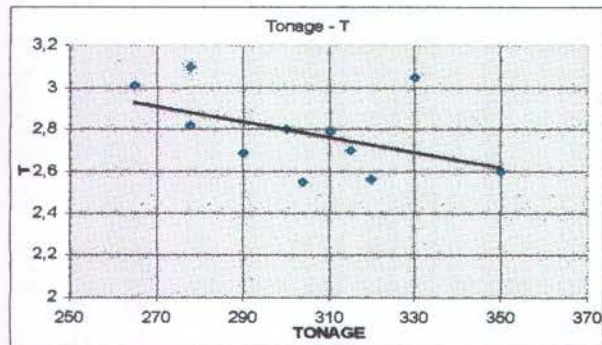
Gambar 4.2. Grafik hubungan Tonnase - Lpp



Gambar 4.3. Grafik hubungan Tonnase - B



Gambar 4.4. Grafik hubungan Tonnase - H



Gambar 4.5. Grafik hubungan Tonnase - T

4.1.1. Design Variable

Dalam proses optimasi, harga-harga variabel yang akan dicari meliputi ukuran utama kapal yaitu:

- Panjang Kapal (Lpp)
- Tinggi Kapal (H)
- Lebar Kapal (B)
- Sarat Kapal (T)

Sebagai nilai awal (initial value) dari design variable di atas diambil data dari ukuran utama kapal pembanding yang diperoleh dari hasil regresi linier yang mampu mendorong tongkang sebesar 6840 DWT adalah sebagai berikut :

- *Tonnage* : 306,11 Ton
- *Length* : 28,7589 m
- *Breadth(B)* : 9,279 m
- *Depth(H)* : 3,892 m
- *Draft(T)* : 2.754 m



4.1.2. Batasan – batasan (*Constraint*)

Dalam perancangan kapal tunda (*push boat*) untuk *pusher-berge*, menggunakan *constraint* dari berbagai literatur. Berikut ini adalah batasan-batasan yang digunakan :

1. Ukuran utama kapal

Batasan yang digunakan sebagai acuan untuk ukuran utama kapal, diperoleh dari data kapal pembanding. Dari kapal pembanding yang ada, dicari nilai-nilai yang minimum dan maksimum untuk tiap-tiap variabel, yaitu :

- L : 27,0 ~ 33,3
- B : 8,8 ~ 9,6
- H : 3,48 ~ 4,2
- T : 2,15 ~ 3,5

Batasan untuk sarat (T) maksimum kapal juga didasarkan pada kedalaman sungai, yaitu 6 – 7 meter pada kondisi air surut [PELINDO III, 2006]. Maka *constraint* untuk sarat kapal maksimum sebesar 3,5 meter masih memenuhi persyaratan yang diijinkan.

2. Frode Number

Untuk batasan *Froude Number (Fn)* mengacu pada paper *Propeller Prediction Program, University of Southampton*

- F_n : 0,16 ~ 0,45
Single and Twin Screw ships [J. Holtrop and G. Mennen]
- F_n : 0,1 ~ 0,5
Tugs and Trawlers method [G. Van Oortmerssen]

Untuk menghindari kesalahan pada proses perencanaan, diambil nilai yang memenuhi untuk kedua batasan tersebut, maka diambil F_n sebesar 0,16 ~ 0,45.

3. Stabilitas

Batasan yang digunakan sebagai acuan dalam merancang *Push Boat*, berdasar pada IMO Regulation untuk menghitung *intact stability* [IMO regulation A.749 (18)]. Perhitungan *intact stability* tidak hanya dilakukan untuk menghitung stabilitas *push boat* saja tetapi digunakan sebagai batasan dalam menghitung stabilitas gabungan (*pusher-berge combination*)

- $GM0 \geq 0.15 \text{ m}$
- $h30^\circ \geq 0.2 \text{ m}$
- $h_{\max} \text{ pada } \phi_{\max} \geq 25^\circ$
- $e0.30^\circ \geq 0.055 \text{ m.rad}$
- $e0.40^\circ \geq 0.09 \text{ m.rad}$

4. Trim

Toleransi untuk persyaratan trim tidak boleh lebih besar dari ± 0.5 .

5. Freeboard

Batasan *Freeboard* menggunakan persyaratan lambung timbul menurut PGMI tahun 1986 untuk panjang kapal kurang dari 50 meter.

- $F_s : 1,12 \text{ m}$

4.1.3. Fungsi Objektif

Objective function dalam proses optimasi ini adalah meminimalkan total cost pembangunan kapal.

Objective func = min (total Cost pembangunan kapal).

Menghitung *Building Cost* sebagai investasi awal.

Investasi awal (biaya pembangunan kapal), terdiri dari:

- Biaya pengerjaan lambung kapal
Biaya pengerjaan lambung kapal dihitung dengan berdasarkan data di lapangan. Dari data yang ada, diperoleh harga pengerjaan lambung sebesar \$ 1.250,00 / ton. Sehingga, total biaya pengerjaan lambung adalah Rp12.496.372.363,60
- Biaya *Outfitting* dan *Equipment*
Untuk biaya *outfitting*, biaya yang dibutuhkan dihitung menggunakan grafik Watson (1997) berdasarkan fungsi berat, diperoleh harga sebesar Rp13.312.363,00
- Biaya *machinery* (permesinan) dihitung dengan menggunakan fungsi berat dari permesinan yakni sebesar Rp8.845.931.008,48. Harga-harga ini sudah termasuk biaya untuk material, tenaga kerja dan overhead

Menghitung *Operasional Cost*, yang terdiri dari:

Fixed Cost yang terdiri dari:

- Biaya perawatan kapal
Besarnya biaya perawatan kapal selama 1 tahun adalah sebesar 10 % dari harga pembangunan kapal.

Variable cost terdiri dari:

- Biaya bahan bakar
Harga untuk tiap 1 liter solar sebesar Rp 4300.00/liter, pemakaian bahan bakar sebesar 0.22 kg/HP/jam, sedangkan $1 \text{ m}^3 = 0.85 \text{ ton}$
Biaya bahan bakar dalam satu tahun adalah:
 $0.22 \text{ kg/HP/jam} / 0.85 \times \text{BHP} \times \text{jam dalam 1 trip} \times \text{banyaknya trip dalam 1 tahun} \times \text{harga solar tiap liter}$
- Biaya pelumas
Harga untuk tiap 1 liter minyak lumas sebesar Rp 20,000.00/liter, pemakaian minyak lumas $(0.01 - 0.03) \times$ kebutuhan bahan bakar. Jadi biaya minyak lumas dalam satu tahun adalah:
 $0.03 \times \text{Kebutuhan bahan bakar} \times \text{Harga minyak lumas/liter}$.

- Biaya air tawar
 Harga 1 liter air tawar rata-rata Rp 500.00/liter, sedangkan Kebutuhan air tawar 100 kg/person/hari, jadi:
 Biaya air tawar = 100 kg/person/hari x hari dalam 1 trip x banyaknya trip dalam 1 tahun x harga 1 liter air tawar.

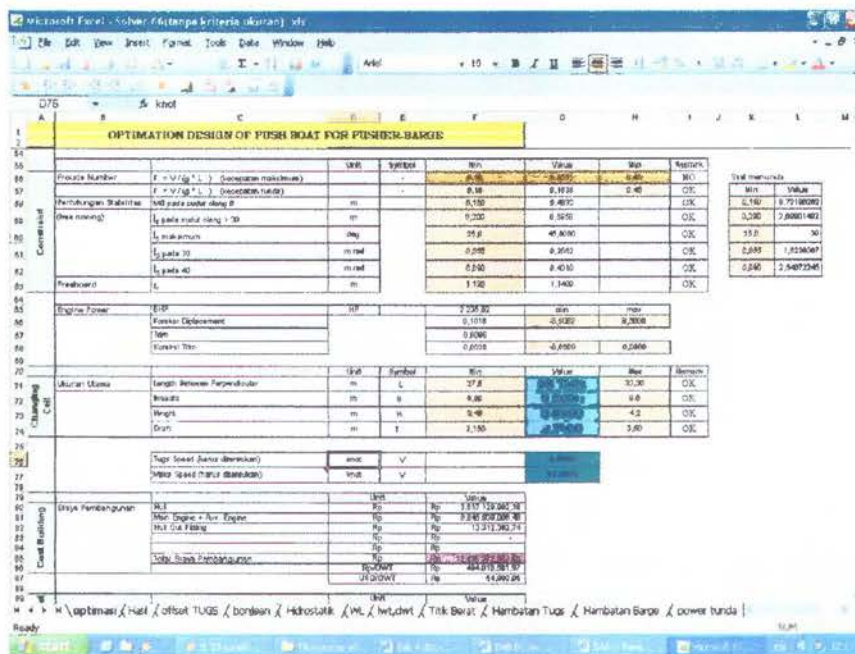
4.2. Metode Optimasi

4.2.1. Program Solver

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. untuk memecahkan kasus optimasi. Peneliti menggunakan tool yang ada pada software Microsoft excel yaitu SOLVER. SOLVER merupakan tool yang memungkinkan untuk dapat menghitung nilai yang dibutuhkan untuk mencapai hasil yang terdapat pada satu sel atau sederet sel (range). Dengan kata lain SOLVER dapat menangani masalah yang melibatkan banyak sel variabel dan membantu mencari kombinasi variabel untuk meminimalkan atau memaksimalkan satu sel target. SOLVER memungkinkan untuk mendefinisikan sendiri suatu batasan atau kendala yang harus dipenuhi agar pemecahan masalah dianggap benar.

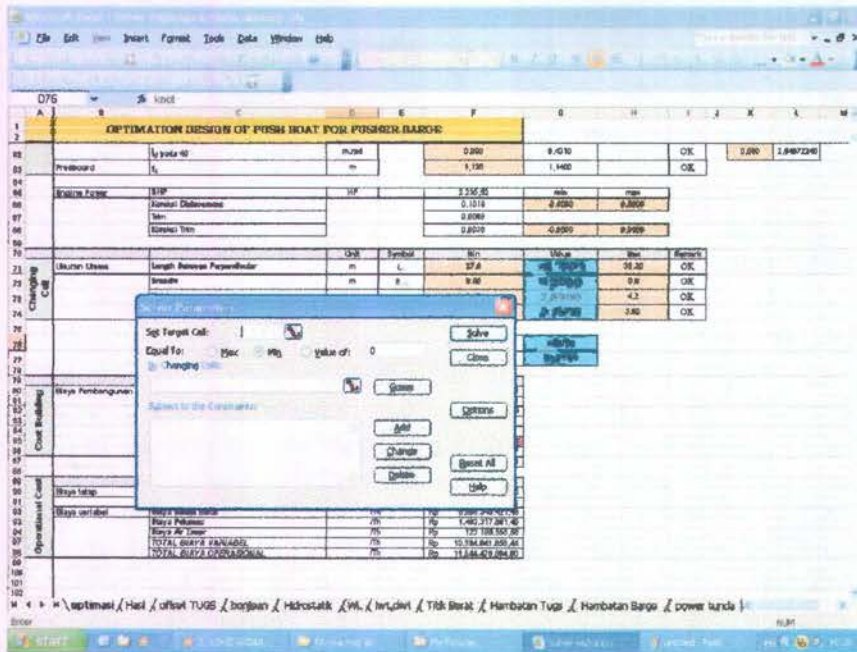
Adapun langkah-langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut :

- Pembuatan model optimasi yang dibuat dengan menggunakan Microsoft Excel 2003, dimana isi dari model optimasi tersebut harus meliputi : *changing cell*, *variable*, *constraint* dan *objective function* (lihat Gambar 4.6).



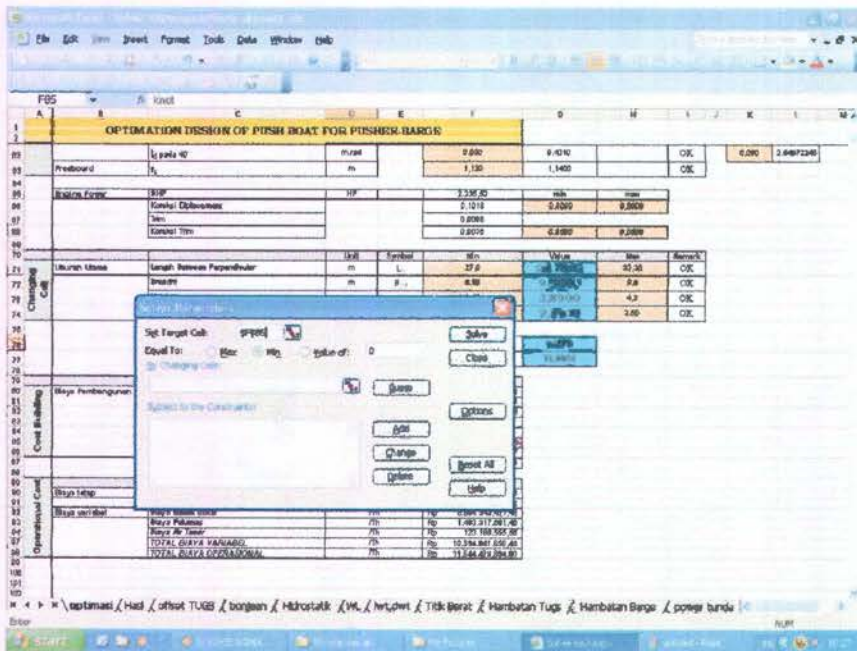
Gambar 4.6. Tampilan model optimasi pada Microsoft Excel.

- Setelah model optimasinya di buat, kita memilih *tools* pada menu bar, lalu pilih *add-Ins*, setelah itu baru pilih *solver*, setelah itu kita klik *solver* maka akan muncul tampilan solver parameter (lihat Gambar 4.7).



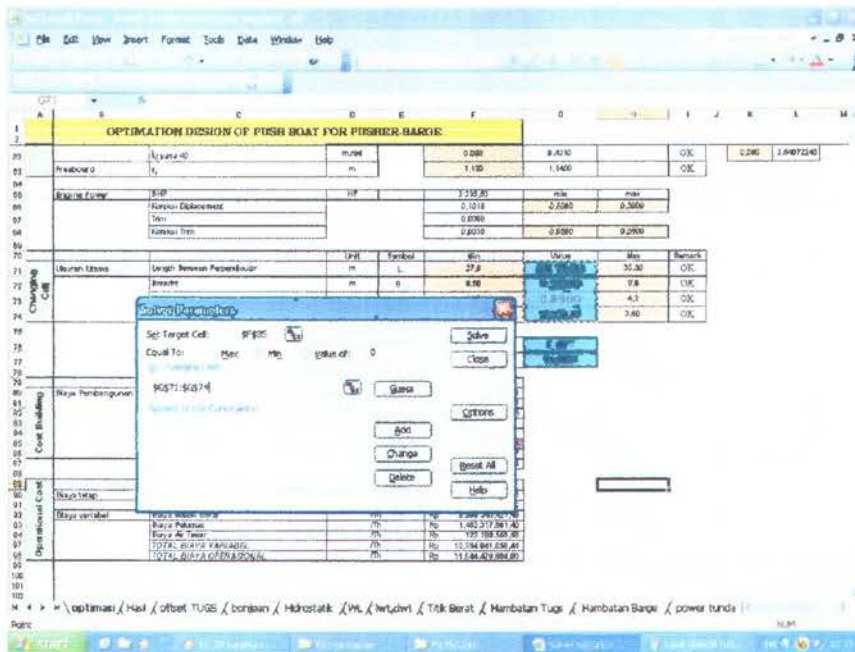
Gambar 4.7. Tampilan solver parameter.

- Penentuan *cell target* yang dimasukkan nilai fungsi objektif (nilai yang akan diminimalkan atau dimaksimalkan) dan pada daerah **equal to** dipilih **Min** (karena pada optimasi kali ini penulis ingin meminimalkankan biaya operasional) (lihat gambar 4.8).



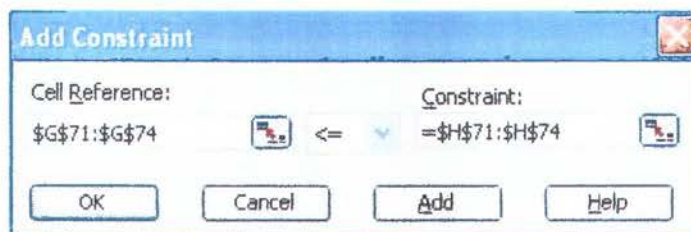
Gambar 4.8. Tampilan solver parameter dengan Target Cell.

- Pada **By Changing Cell**, dipilih variable yang akan dicari pada model optimasi dengan memblok sel variable. (lihat gambar 4.9)

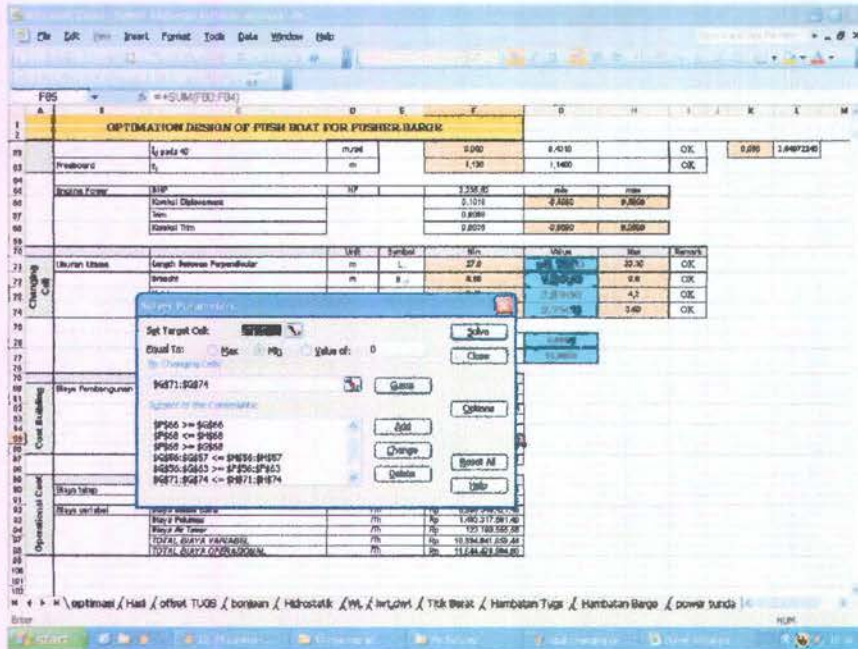


Gambar 4.9. Tampilan solver parameter dengan Changing Cell.

- 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 ($=$) (lihat gambar 4.10 – 4.11)

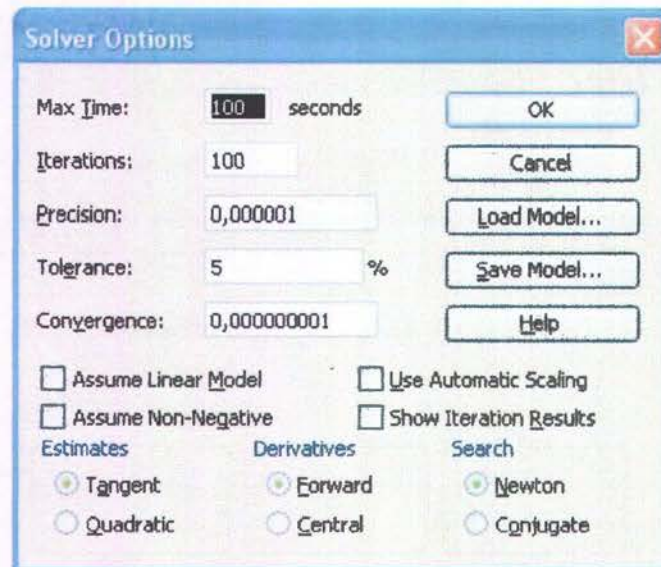


Gambar 4.10. Tampilan penambahan constraint.



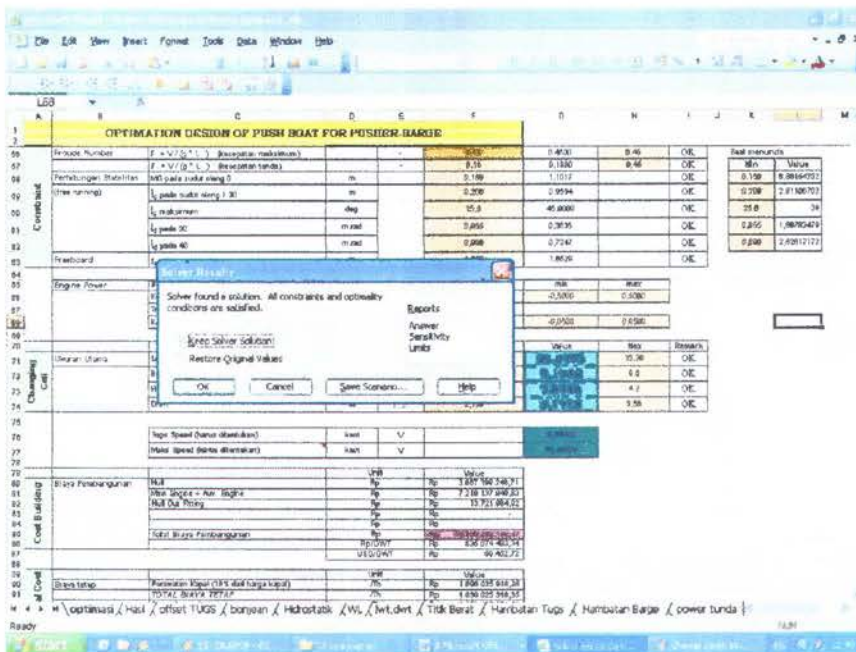
Gambar 4.11. Tampilan solver parameter dengan *constraint*.

- Setelah itu tekan tombol **option** untuk melihat nilai max time, iterations, precision, tolerance, convergence, sebelum program ini di **run** (lihat gambar 4.12).



Gambar 4.12. Tampilan halaman *option* pada program Excel.

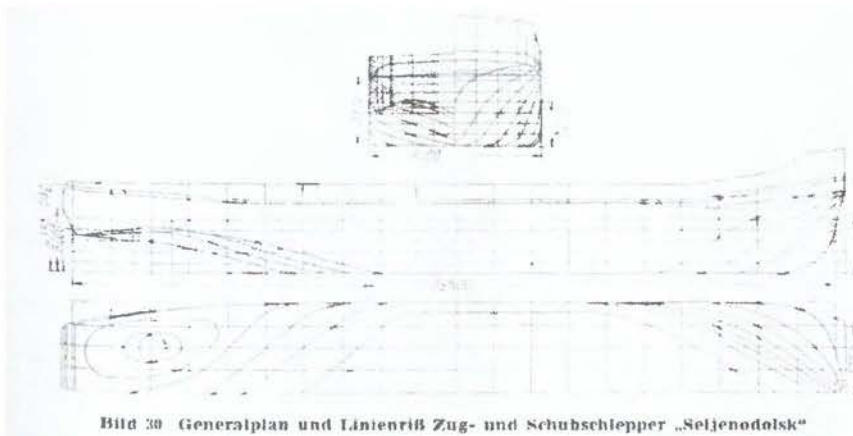
- Setelah Options di cek, kita kembali ke menu utama dengan menekan tombol ok, kemudian tekan tombol **Solve**, apabila model yang di buat sudah benar dan solver sudah di run maka akan muncul pesan “Solver found a solution, All constraints and optimally conditions are satisfied ” (lihat gambar 4.13).



Gambar 4.13. Tampilan hasil optimasi.

4.2.2. Proses Perhitungan

Proses perhitungan diawali dengan pembuatan *Lines Plan* awal, sebagai acuan dasar dalam menentukan perhitungan-perhitungan awal. Ukuran-ukuran gambar dari *Lines Plan* awal diambil dari *innitial value*. Untuk gambar *Lines Plan* dari *Push Boat* pembanding, diambil *sample* gambar dari literatur [Handbuch Wegwerfen, Band X]. (lihat gambar 4.14)



Gambar 4.14. *Lines Plan Push Boat* Pembanding. Sumber : Handbuch Wegwerfen, Band X

Penggambaran *Lines Plan* awal menggunakan program Maxsurf 11. Dari gambar rencana garis awal tersebut, digunakan untuk memperoleh *innitial offset* sebagai dasar perhitungan bonjean awal. Data bonjean digunakan untuk mendapatkan nilai koefisien dari *Push boat* berupa C_b , C_m , C_p , WSA, LCG serta LCB.

Dalam proses optimasi, harus dilakukan normalisasi dari nilai *innitial offset* yang didapat. Hal ini bertujuan supaya pada saat melakukan optimasi (*Run Solver*), atau pada saat terjadi perubahan *innitial value*, nilai WSA, sebagai variabel untuk perhitungan selanjutnya, juga

mengalami perubahan. Adapun variabel yang perlu di-normalisasi adalah : Panjang (Lpp), Lebar(B) dan Sarat(T). Untuk proses normalisasi, dilakukan dengan cara :

- Normalisasi Panjang : $\frac{L_{\text{tiapWL}}(\text{innitial})}{L_{\text{max}}(\text{innitial})} \times L(\text{optimasi})$
- Normalisasi Lebar : $\frac{B(\text{innitial})}{B_{\text{max}}(\text{innitial})} \times B(\text{optimasi})$
- Normalisasi Tinggi : $\frac{H(\text{innitial})}{H_{\text{max}}(\text{innitial})} \times H(\text{optimasi})$
- Normalisasi Sarat : $\frac{T(\text{innitial})}{T_{\text{max}}(\text{innitial})} \times T(\text{optimasi})$

4.2.3. Hasil Optimasi

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

- Panjang (L_{PP}) : 29,9755 m
- Lebar (B) : 9,1858 m
- Tinggi (H) : 3,8409 m
- Sarat (T) : 2,1636 m

Setelah diperoleh variabel berupa ukuran utama, dengan menggunakan metode perhitungan pada Bab 2, selanjutnya diperoleh hasil perhitungan diantaranya:

4.2.3.1. Hasil perhitungan Displacement

1. Perhitungan LWT kapal.

a) Perhitungan berat baja kapal.

$$W_{si} = K \cdot E^{1.36}$$

$$E = L(B + T) + 0.85 L(D - T) + 0.85 \{(l_1 \cdot h_1)\} + 0.75 \{(l_2 \cdot h_2)\}$$

$$W_{si} = 364,88 \text{ ton}$$

Selanjutnya dilakukan koreksi :

Perhitungan *Net Steel Weight*

$$W_{si}' = W_{si} - (\% \text{ Scrap} \cdot W_{si}) \%$$

$$W_{si}' = 325,43 \text{ ton}$$

$$W_{st} = W_{si}' (1 + 0.05 (Cb' - Cb))$$

$$W_{st} = 325,17 \text{ ton}$$

b) Perhitungan berat perlengkapan.

$$W_o = C_o \times L \times B$$

$$W_o = 10,082 \text{ ton}$$

$$C_o = \text{outfit weight coefficient}$$

c) Berat cadangan (Wres)

$$W_{res} = (7-10)\% \times LWT$$

$$W_{res} = 37,628 \text{ ton}$$

2. Perhitungan DWT kapal

Perhitungan DWT meliputi perhitungan terhadap consumable, provision serta crew. Untuk jumlah kru, direncanakan berjumlah 7 orang. Jumlah DWT setelah proses optimasi adalah =

20,8098 ton. Sehingga, hasil perhitungan LWT dan DWT setelah proses optimasi diperoleh Displacement sebesar = **444,7215 ton**.

3. Perhitungan koreksi *Displacement*.

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

$$\begin{aligned} \nabla_{\text{rumus}} &= L \cdot B \cdot T \cdot C_B \cdot \rho_{\text{air}} \\ &= 444,1369 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\nabla_{\text{total}} = 444,7215 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi} &= \frac{\nabla_{\text{rumus}} - \nabla_{\text{total}}}{\nabla_{\text{rumus}}} \times 100\% \\ &= \frac{444,1369 - 444,7215}{444,1369} \times 100\% \\ &= \mathbf{-0,1316 \%} \text{ (} < \pm 0,5 \% \text{) [memenuhi]} \end{aligned}$$

4.2.3.2. Hasil perhitungan Hambatan

Dari proses optimasi, diperoleh hasil perhitungan hambatan yaitu :

1. Hambatan pada kapal tunda (*Push Boat*).

Dalam menentukan hambatan *Push Boat*, menggunakan metode Holtrop
Total Resistance :

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{\text{tot}} \cdot (C_F (1 + k) + C_A) + \frac{R_w}{W} W$$

Element of total resistance :

a. *Viscous resistance* :

$$R_v = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{FO} (1 + k_1) S$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \rho &= \text{mass density fresh water} \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \text{service speed [m/s }^2 \text{]} \\ &= 6 \text{ knots} \end{aligned}$$

CFO = friction coefficient (ITTC 1957)

$$\begin{aligned} &= \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2} \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

Rn = angka reynold

$$= \frac{V \cdot L_{wl}}{\nu}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \nu &= \text{kinematic viscosity} \\ &= 7,99 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s} \end{aligned}$$

$$Rn = 1,216 \cdot 10^8$$

$1+k_1$ = *form factor of bare hull*

$$\begin{aligned} &= 0.93 + 0.4871 \cdot c(B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/L_R)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1-C_p)^{-0.6042} \\ &= 1,2797 \end{aligned}$$

b. *Resistance of appendages*

$$1+k = 1+k_1 + [1+k_2 - (1+k_1)] \frac{S_{app}}{S_{tot}}$$

$$= 1,2931$$

Maka hambatan menjadi :

$$R_v = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{FO} S_{tot} (1+k)$$

Dimana :

$$S = \text{Wetted Surface Area}$$

$$= L(2T+B) \cdot C_M^{0.5} (0.4530 + 0.4425C_B - 0.2862C_M - 0.003467 B/T + 0.3696C_{WP})$$

$$+ 2.38A_{BT}/C_B$$

$$= 262,5813 \text{ m}^2$$

$$A_{BT} = 0 \text{ (tanpa Bulbous Bow)}$$

$$k_2 = \text{effective form factor of appendages, lihat tabel dibawah :}$$

$$S_{app} = \text{total wetted surface of appendages}$$

$$= 2,5424$$

$$S_{tot} = S + S_{app}$$

$$= 265,1238 \text{ m}^2$$

Type of Appendages	Value of $1+k_2$
Rudder of single screw ship	1.3 to 1.5
Spade-type rudders of twin-screw ships	2.8
Skeg-rudders off twin-screw ships	1.5 to 2.0
Shaft brackets	3.0
Bossings	2.0
Bilge keel	1.4
Stabilizer fins	2.8
Shafts	2.0
Sonar dome	2.7

$$S_{rudder} = (T \cdot L / 100)(1 + (25 \cdot (B/L)^2))$$

$$= 2,1307 \text{ m}^2$$

$$S_{boss} = 1.5 \Pi \cdot (0.6 T/6)$$

$$= 0,4112 \text{ m}^2$$

c. *Wave Making Resistance*

$$\frac{R_w}{W} = C_1 C_2 C_3 e^{\{m_1 Fn^4 + m_2 \cos(\lambda Fn^{-2})\}}$$

Dimana :

Untuk kecepatan rendah [$Fn \leq 0.4$]

$$W = \text{displacement weight}$$

$$= \rho \cdot g \cdot \nabla \quad [N]$$

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} (T/B)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$$

$$= 21,1724$$

note :

$$C_4 = B/L \quad \text{for } 0.11 \leq B/L \leq 0.25$$

$$d = -0.9$$

$$i_E = \text{half angle of entrance at the load waterline}$$

$$= 125.67 B/L - 162.25 C_p^2 + 234.32 C_p^3 + 0.155 \left(LCB + \frac{6.8(T_a - T_f)}{T} \right)^3$$

$$= 44,2998$$

$$m_1 = 0.01404L/T - 1.7525V^{1/3}/L - 4.7932B/L - C_5$$

$$= -2,8242$$

$$C_5 = 8.0798.CP - 13.8673.CP^2 - 6.9844.CP^3 \quad \text{for } C_p \leq 0.8$$

$$= 1,2057$$

$$m_2 = C_6 0.4e^{-0.034Fr^{3.29}}$$

$$= -0,0000208$$

Dimana :

$$C_6 = -1.69385 \quad \text{for } L_3 / V \leq 512$$

$$\lambda = 1.446C_p - 0.03L/B \quad \text{for } L/B \leq 12$$

Tanpa Bulbous Bow

$$C_2 = 1$$

$$C_3 = 1 - 0.8 A_T / (BTC_M)$$

$$= 0,358$$

Model ship correlation allowance

$$C_A = 0.006 (L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 \quad \text{for } T_f/L_{wl} > 0.04$$

$$= 0.0007$$

$$\text{Maka } \frac{R_w}{W} = 0,0000103$$

$$W = 44,5299$$

Sehingga diperoleh :

$$R_T = 4,2944 \text{ kN}$$

2. Hambatan pada tongkang (*barge*).

Menurut Henschke, perhitungan tahanan tongkang menggunakan formula *Kaparrretof* [Henschke, Schiffbautechnisches Handbuch band II]

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

$$W_{air} = 27.299,9667 \text{ kg}$$

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

$$W_{angin} = 111,2306 \text{ lbs}$$

$$W_{angin} = 50,3875 \text{ kg}$$

Hambatan total pada tongkang diperoleh nilai :

$$W_{total} = 27.350,3543 \text{ kg}$$

$$= 268.215,352 \text{ N}$$

$$W_{Total} = 268,2153 \text{ kN}$$

Maka, hambatan total diperoleh dengan menjumlahkan hambatan *push boat* dengan hambatan tongkang.

$$R_t = 0,7 (R_{push boat}) + W_{total}$$

$$R_T = 271,2214 \text{ kN}$$

4.2.3.3. Hasil perhitungan Daya Mesin

Setelah diperoleh nilai hambatan dari kapal maka tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan efisiensi dari mesin yang digunakan sehingga dapat menghasilkan daya yang sesuai dengan kebutuhan.

$$EHP = R_t * V$$

$$EHP = 837,17 \text{ kw}$$

$$\eta_{total} = \eta_H * \eta_O * \eta_{RR}$$

η_H : efisiensi badan kapal

η_o : efisiensi baling-baling yang terpasang pada bagian belakang kapal

η_{RR} : efisiensi relatif rotatif

Untuk memperoleh nilai-nilai efisiensi, dilakukan interpolasi *Langrange*:

$$\eta_o, \eta_R, \eta_H f(x) = \frac{x-x_1}{x_0-x_1} * f(x_0) + \frac{x-x_0}{x_1-x_0} * f(x_1)$$

$$\eta_{total} = \eta_o * \eta_R * \eta_H$$

$$\eta_{total} = 0,774$$

Perhitungan daya *delivery* dari mesin induk yang kita miliki adalah sbb:

$$DHP = \frac{EHP}{\eta_{total}} = 1450,718 \text{ HP}$$

$$BHP = DHP + x\% DHP$$

$$BHP = 1755 \text{ HP}$$

4.2.3.4. Hasil perhitungan Trim

Dari hasil optimasi *solver* diperoleh hasil perhitungan trim sebesar :

$$\begin{aligned} KB/T &= 0.90 - 0.30 C_M - 0.1 C_B \\ &= 0,602 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_I &= 0.1216 C_{WP} - 0.0410 \\ &= 0,073 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BM_T &= I_T / \nabla \\ &= 4,005 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{IL} &= 0.350 C_{WP}^2 - 0.405 C_{WP} + 0.146 \\ &= 0,074 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BM_L &= I_L / \nabla \\ &= 47,593 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GM_L &= BM_L + KB - KG \\ &= 45,134 \end{aligned}$$

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

$$\text{Trim} = -0,00281$$

Trim yang terjadi adalah Trim Haluan.

$$\text{Koreksi terhadap trim} = \frac{\text{Trim}}{\text{Draft}} \times 100\%$$

$$= \frac{-0,00281}{2,1613} \times 100\%$$

$$= -0,13 \% (< \pm 0,5 \%) \quad [\text{memenuhi}]$$

4.2.3.5. Hasil perhitungan Stabilitas

Dalam perancangan *push boat* untuk *pusher-barge* diperoleh dua nilai hasil perhitungan *intact stability*, yaitu hasil perhitungan stabilitas untuk kondisi *free running* dan hasil perhitungan pada saat menunda (mendorong).

1. Saat *free running*.

Input data :

L	= 31,489 m = 109,312 ft
B	= 9,185 m = 30,1371 ft
B _w	= Maximum waterline breadth = B = 30,1371 ft
H	= Mean draft at designed waterline = 2,1635 m = 7,1 ft
D _M	= 3,841 m = 12,6015 ft
S _F	= 0
S _A	= 0
V ₀	= 437,14 long ton
L _d	= 42,65 ton
d	= 2,1 m
C _B	= 0,7455
C _w	= 0,9366
C _x	= 0,7504
C _{PV}	= 0,79602
A ₀	= 2916,04 ft ²
A _M	= 160,516 ft ²
A ₂	= 1569,7 ft ²
S	= 293,855 ft
D	= 15,4458 ft
F	= 8,347 ft
A ₁	= 2945,20405 ft ²

Perhitungan *Intact Stability* :

$$\Delta_T = \Delta_0 + \left(\frac{(A_0 + A_1)}{2} \left(\frac{F}{35} \right) \right) \quad \delta = \left(\frac{\Delta_T}{2} \right) - \Delta_0$$

$$= 1136,1017 \text{ ton} \quad = 130,9082 \text{ ton}$$

$$C_W' = \frac{A_2}{L \cdot D} \quad C_W'' = C_W' - \frac{140\delta}{B \cdot D \cdot L} (1 - C_{PV}')$$

$$= 0,9836 \quad = 0,9229$$

$$C_X' = \frac{A_M - B \cdot F}{B \cdot D} \quad C_{PV}' = \frac{35\Delta_T}{A_1 \cdot D}$$

$$= 0,88527 \quad = 0,87409$$

$$C_{PV}'' = \frac{35\Delta_T}{A_2 \cdot B} = 0,84055$$

$$GG' = KG' - KG = -0,3644 \text{ ft}$$

$$KG = C_{KG} \cdot D_M = 2,738 \text{ m}$$

$$KG' = \frac{D(1 - h_1)\Delta_T - \delta}{2\Delta_0} = 8,6187$$

$$h_1 = -0,4918 \cdot (C_{PV}')^2 + 1,0632 C_{PV}' - 0,0735$$

$$= 0,4554$$

[Hasil regresi hal 254 fig. A - 14 , The Theory and Tecnick of Ship Design. Harga h_1 didapat dari perpotongan antara C_{PV}' dengan grafik f_1].

$$f_1 = \frac{D \left(1 - \left(\frac{A_0}{A_1} \right) \right)}{2F(1 - C_{PV}')} = 0,07275$$

$$G'B_0 = KG' - KB_0 = 4,5697$$

$$KB_0 = (1 - h_0)H = 4,0489$$

$$h_0 = 0.335 C_{PV} + 0.1665 \\ = 0,4296$$

[Hasil regresi hal 254 fig. A - 14 , The Theory and Tecnick of Ship Design. Harga h_0 didapat dari perpotongan antara C_{PV} dengan grafik f_0].

$$f_0 = \frac{H \left(\left(\frac{A_1}{A_0} \right) - 1 \right)}{2F(1 - C_{PV})} = 0,0208$$

$$G'B_{90} = \left(\frac{\Delta_T h_2 B}{4\Delta_0} \right) - \left(\frac{17.5\delta^2}{\Delta_0 \left(A_2 - 70 \left(\frac{\delta}{B} \right) (1 - C_{PV}'') \right)} \right)$$

$$= 8,4355 \text{ ft}$$

$$h_2 = -0.4918 \cdot (C_{PV}'')^2 + 1.0632 \cdot C_{PV}'' - 0.0735 \\ = 0,4538$$

[Hasil regresi hal 254 fig. A - 14 , The Theory and Technic of Ship Design. Harga h_2 didapat dari perpotongan antara C_{PV}'' dengan grafik f_2].

$$f_2 = \begin{cases} 9.1(C_x' - 0.89) & \Rightarrow C_x' \geq 0.89 \\ 0 & \Rightarrow C_x' < 0.89 \end{cases}$$

$$= 0$$

$$G'M_0 = KB_0 + BM_0 - KG' \\ = 4,3018$$

$$BM_0 = \frac{C_1 \cdot L B w^3}{35\Delta_0} = 8,8714 \text{ ft}$$

$$C_1 = 0.072 C_{WP}^2 + 0.0116 C_{WP} - 0.0004 = 0,048$$

[Hasil regresi hal 255 fig. A - 15 , The Theory and Technic of Ship Design. Harga C_1 didapat dari perpotongan antara line 1 dengan C_w].

$$G'M_{90} = BM_{90} - G'B_{90} \\ = -5,3242 \text{ ft}$$

$$BM_{90} = \left(\frac{C_1' LD^3}{35\Delta_0} \right) + \left(\frac{L_d d D^2}{140\Delta_0} \right) = 3,1112 \text{ ft}$$

$$C_1' = 0.1272 C_w'' - 0.0437 = 0,048$$

[Hasil regresi hal 255 fig. A - 15 line 2 , The Theory and Technic of Ship Design. Harga C_1' didapat dari perpotongan antara line 2 dengan C_w''].

$$GM_0 = KB_0 + BM_0 - KG$$

$$\begin{aligned}
&= 3,9374 \text{ ft} = 1,2001 \text{ m} \\
GZ &= G'Z' + GG' \sin \phi \\
&= 3,2128 \\
\phi &= 0 \sim 90^\circ = 30^\circ \\
G'Z' &= b_1 \cdot \sin 2\phi + b_2 \cdot \sin 4\phi + b_3 \cdot \sin 6\phi \\
&= 3,395 \text{ ft} \\
b_1 &= \left(\frac{9(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \right) - \left(\frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32} \right) \\
&= 4,0481 \\
b_2 &= \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8} = -0,1278 \\
b_3 &= \left(\frac{3(G'M_0 - G'M_{90})}{32} \right) - \left(\frac{3(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \right) \\
&= -0,5472
\end{aligned}$$

Dari perhitungan stabilitas, diperoleh harga-harga sebagai berikut :

- GM0 = 1,2 m
- h30° = 0,9793 m
- hmax at $\phi_{\max} = 45^\circ$
- e0.30° = 0,3790 m.rad
- e0.40° = 0,7465 m.rad

Diagram perhitungan serta kurva stabilitas dapat dilihat pada lampiran

2. Saat menunda (mendorong).

Pada perhitungan stabilitas kapal saat menunda, besarnya variabel untuk menghitung diambil nilai yang terbesar, serta KG yang digunakan adalah KG gabungan.

Input data :

$$\begin{aligned}
L &= 121,5156 \text{ m} = 398,6732 \text{ ft} \\
B &= 25,4 \text{ m} = 83,3333 \text{ ft} \\
B_w &= \text{Maximum waterline breadth} = B \\
&= 83,3333 \text{ ft} \\
H &= \text{Mean draft at designed waterline} \\
&= 5,4 \text{ m} = 17,72 \text{ ft} \\
D_M &= 5,9 \text{ m} = 19,3569 \text{ ft} \\
S_F &= 0 \\
S_A &= 0 \\
V_0 &= 12.357,27 \text{ long ton} \\
L_d &= 0 \\
d &= 0 \\
C_B &= 0,754 \\
C_W &= 0,8368 \\
C_X &= 0,7504 \\
C_{PV} &= 0,9014 \\
A_0 &= 27.803,19 \text{ ft}^2 \\
A_M &= 1.476,378 \text{ ft}^2 \\
A_2 &= 7856,611 \text{ ft}^2 \\
S &= 293,8548 \text{ ft} \\
D &= 20,0941 \text{ ft} \\
F &= 2,377 \text{ ft} \\
A_1 &= 28081,2233 \text{ ft}^2
\end{aligned}$$

Perhitungan *Intact Stability* :

$$\Delta_T = \Delta_0 + \left(\frac{(A_0 + A_1)}{2} \left(\frac{F}{35} \right) \right) \quad \delta = \left(\frac{\Delta_T}{2} \right) - \Delta_0$$

$$= 14273,3482 \text{ ton} \quad = -5238,598 \text{ ton}$$

$$C_{W'} = \frac{A_2}{L \cdot D} \quad C_{W''} = C_{W'} - \frac{140\delta}{B \cdot D \cdot L} (1 - C_{PV''})$$

$$= 0,9807 \quad = 0,9229$$

$$C_{X'} = \frac{A_M - B \cdot F}{B \cdot D} \quad C_{PV'} = \frac{35\Delta_T}{A_1 D}$$

$$= 1 \quad = 0,8853$$

$$C_{PV''} = \frac{35\Delta_T}{A_2 B} = 0,763$$

$$GG' = KG' - KG = 4,0025 \text{ ft}$$

$$KG = C_{KG} \cdot D_M = 2 \text{ m}$$

$$KG' = \frac{D(1-h_1)\Delta_T - \delta}{2\Delta_0} = 10,5642$$

$$h_1 = -0,4918 \cdot (C_{PV'})^2 + 1,0632 C_{PV'} - 0,0735$$

$$= 0,4554$$

[Hasil regresi hal 254 fig. A - 14 , The Theory and Tecnick of Ship Design. Harga h_1 didapat dari perpotongan antara $C_{PV'}$ dengan grafik f_1].

$$f_1 = \frac{D \left(1 - \left(\frac{A_0}{A_1} \right) \right)}{2F(1 - C_{PV'})} = 0,3649$$

$$G'B_0 = KG' - KB_0 = 0,4584$$

$$KB_0 = (1 - h_0)H = 10,10575$$

$$h_0 = 0,335 C_{PV} + 0,1665$$

$$= 0,4296$$

[Hasil regresi hal 254 fig. A - 14 , The Theory and Tecnick of Ship Design. Harga h_0 didapat dari perpotongan antara C_{PV} dengan grafik f_0].

$$f_0 = \frac{H \left(\left(\frac{A_1}{A_0} \right) - 1 \right)}{2F(1 - C_{PV})} = 0,37797$$

$$G'B_{90} = \left(\frac{\Delta_T h_2 B}{4\Delta_0} \right) - \left(\frac{17,5\delta^2}{\Delta_0 \left(A_2 - 70 \left(\frac{\delta}{B} \right) (1 - C_{PV''}) \right)} \right)$$

$$= 6,5443 \text{ ft}$$

$$h_2 = -0,4918 \cdot (C_{PV''})^2 + 1,0632 \cdot C_{PV''} - 0,0735$$

$$= 0,4538$$

[Hasil regresi hal 254 fig. A - 14 , The Theory and Technic of Ship Design. Harga h_2 didapat dari perpotongan antara $C_{PV''}$ dengan grafik f_2].

$$f_2 = \begin{cases} 9.1(C_X' - 0.89) & \Rightarrow C_X' \geq 0.89 \\ 0 & \Rightarrow C_X' < 0.89 \end{cases}$$

$$= 0$$

$$G'M_0 = KB_0 + BM_0 - KG'$$

$$= 25,1092$$

$$BM_0 = \frac{C_1 \cdot L B w^3}{35\Delta_0} = 25,5677 \text{ ft}$$

$$C_1 = 0.072 C_{WP}^2 + 0.0116 C_{WP} - 0.0004 = 0,048$$

[Hasil regresi hal 255 fig. A – 15 , The Theory and Technic of Ship Design. Harga C_1 didapat dari perpotongan antara line 1 dengan C_w].

$$G'M_{90} = BM_{90} - G'B_{90}$$

$$= -5,8858 \text{ ft}$$

$$BM_{90} = \left(\frac{C_1' LD^3}{35\Delta_0} \right) + \left(\frac{L_d d D^2}{140\Delta_0} \right) = 0,6584 \text{ ft}$$

$$C_1' = 0.1272 C_w'' - 0.0437 = 0,079$$

[Hasil regresi hal 255 fig. A – 15 line 2 , The Theory and Technic of Ship Design. Harga C_1' didapat dari perpotongan antara line 2 dengan C_w''].

$$GM_0 = KB_0 + BM_0 - KG$$

$$= 29,111 \text{ ft} = 8,8733 \text{ m}$$

$$GZ = G'Z' + GG' \sin \phi$$

$$= 9,1727$$

$$\phi = 0 \sim 90^\circ = 30^\circ$$

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

$$= 7,1714 \text{ ft}$$

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

$$= 5,8779$$

$$b_2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8} = 2,4029$$

$$b_3 = \left(\frac{3(G'M_0 - G'M_{90})}{32} \right) - \left(\frac{3(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \right)$$

$$= 0,62359$$

Dari perhitungan stabilitas, diperoleh harga-harga sebagai berikut :

- $GM_0 = 8,8732 \text{ m}$
- $h_{30^\circ} = 2,7958 \text{ m}$
- $h_{\max} \text{ at } \phi_{\max} = 30^\circ$
- $e_{0.30^\circ} = 1,6651 \text{ m.rad}$
- $e_{0.40^\circ} = 2,6173 \text{ m.rad}$

Diagram perhitungan serta kurva stabilitas dapat dilihat pada lampiran.

4.3. Pembuatan Lines Plan

Pembuatan Lines Plan dari hasil optimasi dilakukan dengan menggunakan program Maxsurf 11. Variabel yang digunakan adalah ukuran utama kapal setelah dilakukan optimasi dengan menggunakan solver. Selain memasukkan variabel berupa panjang keseluruhan (Loa), panjang(Lpp), lebar(B), tinggi(H) dan sarat(T), juga dilakukan pengecekan terhadap displacement kapal serta koefisien-koefisien lain, yaitu Cb, Cm, Cp. Besarnya nilai displacement kapal diambil dari hasil optimasi yaitu sebesar 449,6892 ton. Sedangkan nilai koefisien-koefisien lain yaitu :

- Cb : 0,7444
- Cm : 0,9934
- Cp : 0,7493
- Cwl : 0.9295

Gambar *Lines Plan* dapat dilihat pada Lampiran.

4.4. Pembuatan Kurva Hidrostatik

Lengkungan hidrostatik sebuah gambar kurva yang menggambarkan sifat-sifat badan kapal yang tercelup didalam air, atau untuk mengetahui sifat-sifat carena. Lengkung-lengkung hidrostatik digambar sampai sarat penuh dan tidak berlaku untuk kapal dalam kondisi trim. Gambar hidrostatik mempunyai 19 lengkungan yang masing-masing menggambarkan sifat-sifat kapal yang terbenam di dalam air, lengkung-lengkung tersebut adalah:

1. *Water Plane 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 pada 0 m 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.

Setelah proses optimasi, nilai WPA = 272,045 m²

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. Cwl dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Cwl = \frac{WPA}{L \times B} = 0,931$$

3. *Ton per Centrimeter 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. 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 :

$$\text{Penambahan volume} = t \times WPA \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{Penambahan berat} = t \times WPA \times 1.025 = 2,5096 \text{ (ton)}$$

4. *Midship Sectional Area (MSA)*

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

$$MSA = 36,066 \text{ m}^2$$

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.

$$C_m = \frac{MSA}{B \times T} = 0,992$$

6. *Block Coefficient (Cb)*

Cb adalah perbandingan isi careen dengan balok dengan panjang L, lebar b, dan tinggi T. Dengan demikian Cb dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C_b = \frac{\nabla}{L \times B \times T} = 0,714$$

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

$$C_p = \frac{\nabla}{MSA \times L} = \frac{C_b}{C_m} = 0,8$$

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:

$$MTC = \frac{LBM \times \Delta}{100 \times L_{pp}} = 2.468 \text{ tonm}$$

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.

11. *Displacement (Δ)*

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

$$\Delta = 452,685 \text{ ton}$$

12. *Moulded Displacement (Δ_{moulded})*

Moulded displacement 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

$$\Delta_{\text{moulded}} = 449,689 \text{ ton}$$

13. Wetted Surface Area (WSA)

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

$$WSA = 332,829 \text{ m}^2$$

14. Shell Displacement

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

$$\Delta_{\text{kulit}} = 2,995 \text{ ton}$$

15. Longitudinal Center of Buoyancy to Metacenter (LBM)

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

16. Longitudinal 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.

$$LKM = 38,682\text{m}$$

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)

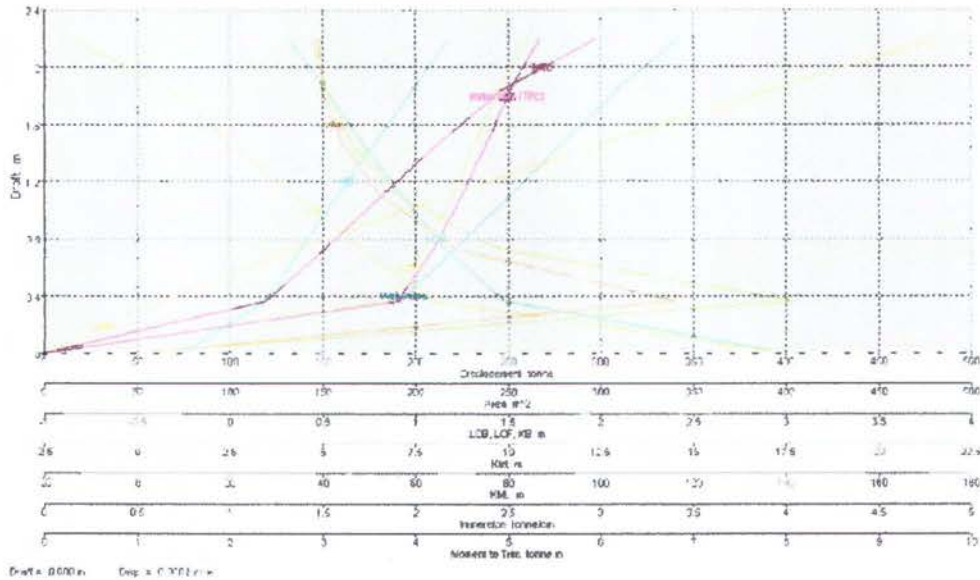
KB adalah jarak titik tekan buoyancy ke lunas kapal. Satuannya dalam meter (m)

$$KB = 1,204 \text{ m}$$

20. Transverse Keel to Metacenter (TKM)

TKM adalah letak titik metacentra melintang terhadap luasan kapal untuk tiap-tiap water linenya. Satuannya dalam meter.

Penggambaran kurva hidrostatis dilakukan dengan bantuan program HydromaxPro (lihat gambar 4.10)



Gambar 4.10. Kurva Hidrostatik.

4.5. Pembuatan rencana Umum

Pembuatan Rencana Umum (*General Arrangement*) didasarkan pada bentuk rencana garis yang sudah ada, terutama pada bentuk lambungnya untuk perencanaan kamar mesin dan tangki-tangki *consumable*. Selain dilihat dari bentuk lambung untuk merancang kamar mesin, pembuatan rencana umum juga merencanakan ruangan-ruangan yang ada untuk bangunan atasnya. Jumlah dek pada perencanaan *Push Boat* untuk *Pusher-berge* ini berjumlah 3 dek. Dek pertama untuk kru, Dek kedua untuk master dan *Chief Engineer*, serta dek ketiga yang berfungsi untuk ruang navigasi.

Jumlah kru yang bekerja pada kapal ini direncanakan berjumlah 7 orang termasuk perwira, dengan tugas dan wewenangnya masing-masing. Penentuan jumlah kru yang ada ditinjau dari kebutuhannya serta didasarkan pada jumlah kru tug boat yang ada pada umumnya. *Crew* yang ada terdiri dari :

- Master : 1 orang
- *Chief Engineer* : 1 orang
- *Chief Cooker* : 1 orang
- *Seaman* : 2 orang
- *Oiler* : 1 orang
- *Boys* : 2 orang

Selanjutnya, gambar dari rencana umum dapat dilihat pada lampiran.

4.5.1. Perencanaan Tangki-tangki

Tangki-tangki yang direncanakan di lambung kapal diantaranya tangki bahan bakar, tangki pelumas serta tangki air tawar. Perencanaan luas tangki dilakukan dengan membagi tiap-tiap isi tangki dengan *specific volume*-nya.

1. Tangki Bahan bakar.

$$W_{BB} = 13,73 \text{ ton}$$

$$\gamma = 0,95$$

$$V_{BB} = 14,452 \text{ m}^3$$

2. Tangki *auxiliary engine fuel*

$$W_{BB} = 3,021 \text{ ton}$$

$$\gamma = 0,85$$

$$V_{BB} = 3,554 \text{ m}^3$$

3. Tangki Pelumas.

$$W_{oil} = 0,533 \text{ ton}$$

$$\gamma = 0,90$$

$$V_{oil} = 0,592 \text{ m}^3$$

4. Tangki air tawar.

$$W_{FW} = 2,2 \text{ ton}$$

$$\gamma = 1$$

$$V_{FW} = 2,2 \text{ m}^3$$

4.5.2. Perencanaan Ruang Akomodasi

Tinggi ruang akomodasi direncanakan sejumlah 3 deck, dan direncanakan pula tiap deck setinggi 210 cm. Tiap deck terdiri dari ruangan-ruangan yang mempunyai peranan yang penting selama pelayaran. Selain itu, letak ruangan tiap deck juga dipengaruhi oleh jabatan kru kapal serta fungsi dan perannya.

1. Untuk 1st deck, ruangan-ruangannya terdiri dari :

- *Personal room* (6 ruangan)
- *Bathroom* (2 ruangan)
- *Galley* (1 ruangan)
- *Meeting room* (1 ruangan)
- *Provision store* (1 ruangan)
- *Locker* (1 ruangan)
- *CO₂ room* (1 ruangan)
- *Engine Cassing* (2 ruangan)

2. Untuk 2nd deck, ruangan-ruangannya terdiri dari :

- *Personal room* (2 ruangan) : Master dan Chief Engineer
- *Bathroom* (2 ruangan)
- *Radio room* (1 ruangan)
- *Engine Cassing* (2 ruangan)

3. Untuk 3rd deck, ruangan yang ada hanya terdiri dari ruang navigasi saja.**4.5.3. Peralatan Kapal**

Peralatan-peralatan standar yang ada di kapal adalah :

1. Peralatan Keselamatan.

- Sekoci penyelamat (1 buah, kapasitas 8 orang)
- Life Jacket
- Life Bouy

2. Peralatan pemadam kebakaran.

Peralatan pemadam kebakaran yang dipakai adalah portable foam type, yang ditempatkan pada ruangan-ruangan tertentu.

3. Winch.

Kapal ini di lengkapi dengan derek (*winch*) sebanyak 8 buah, terletak di belakang serta di depan bagian portside dan starboard (masing-masing 2 buah).

4. Jangkar dan Tali Tambat

Penentuan Jangkar dan Tali Tambat diperoleh berdasarkan angka penunjuk pada "BKI 2004",

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

$$D = \text{Moulded Displacement (ton)}$$

$$= 449,689 \text{ ton}$$

$$h = f_b + \sum h'$$

$$= 7,952 \text{ m}$$

$$f_b = \text{freeboard (m)}$$

$$= 1,652$$

$$\sum h' = \text{Penjumlahan tinggi superstructure dan deck house}$$

$$= 6,3 \text{ m}$$

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

$$= 195 \text{ m}^2$$

$$\text{jadi } Z = 165,66 ; \text{ maka :}$$

Jumlah jangkar 2 buah

Berat satu jangkar 480 kg.

[BKI 2004, Tabel 18.2]

Untuk perairan dangkal, berat jangkar dan peralatan tambat dikurangi hingga sebesar 60%. Maka :

$$W = 60\% \times 480 \text{ kg}$$

$$W = \mathbf{288 \text{ kg}}$$

5. Winlass.

Push Boat ini direncanakan menggunakan 2 jangkar didepan dan digerakkan dengan 2 buah mesin jangkar yang ada di haluan kapal seperti terlihat pada gambar rencana umum.



BAB V

ANALISA EKONOMIS

5.1. Analisa Kelayakan Investasi

Dalam menghitung analisa kelayakan inverstasi ada beberapa variable yang mempengaruhi :

a) Spesifikasi teknis kapal.

Tabel 5.1. Spesifikasi teknis push boat.

Jenis Kapal	Push Boat	
Ukuran Utama		
Length per pendicular (Lpp)	m	29.98
Length on water line (Lwl)	m	31.49
Length over all (Loa)	m	36.03
Breath moulded (B)	m	9.19
Depth (H)	m	3.84
Draft (T)	m	2.16
Kecepatan dinas	knot	6.0
Kecepatan maksimal	knot	6.0
GRT	GT	230.0
DWT	ton	-
Jumlah crew	orang	8.00
Mesin Induk		
Jumlah	unit	2.0
Power	HP	878
Fuel Oil Consumption	kg/HP/jam	0.220
Lubrication Oil Consumption	kg/RTD	-
Mesin Bantu		
Jumlah	unit	2.00
Power per unit	HP	219
Fuel Oil Consumption	kg/HP/jam	0.138
Lubrication Oil Consumption	kg/RTD	5.9

b) Biaya Investasi.

Biaya yang akan ditinjau adalah biaya total pembangunan kapal. Dari hasil optimasi, diperoleh harga pembangunan sebesar Rp 12.548.096.931,20. Pada perancangan kapal ini, diasumsikan semua biaya menggunakan pinjaman dari Bank secara keseluruhan (100%), dengan perkiraan bunga pinjaman sebesar 16% tiap tahun dengan masa peminjaman 10 tahun.

Tabel 5.2. Data biaya investasi.

Investasi	Harga Kapal	J Rp	12.548,1	100%
	Pinjaman	J Rp	12.548,1	
	Bunga Pinjaman	per tahun	16%	
	Masa Pinjaman	tahun	10	
	Grace Period	tahun	-	
	Pembayaran per Tahun	kali/tahun	1	
	Angsuran per Tahun	J Rp	2.596,2	

c) Data Operasional Kapal.

Beberapa variabel operasional yang mempengaruhi adalah (lihat Tabel 5.3):

1) *Pusher-barge Combination System*

- Jarak pelayaran 1 trip : 420 nMile
- Waktu berlayar 1 trip : 4 hari
- dengan perhitungan :
- Kecepatan : 6 knot.
- Sea time = Jarak / Kecepatan / 24 jam
- = $420 / 6 / 24$
- = 2,91 hari
- Waiting time : 0 hari.
- Total time : 2,91 hari.
- 3 hari.**

- Jumlah trip per tahun : 112 trip.
- dengan perhitungan :
- Waktu operasional efektif: 336 hari. (11 bulan)
- Jumlah trip / tahun = $336 / 3$
- = 112 trip/tahun.

Dari hasil perhitungan diperoleh hasil jumlah trip per tahun sebanyak 112 kali. Dengan asumsi muatan (payload) dalam 1 kali trip sebanyak 6840 ton, maka diperoleh hasil pengiriman muatan selama 1 tahun sebanyak :

$$112 \times 6840 \text{ ton} = \mathbf{766.080 \text{ ton}}$$

2) *Self Propeller Barge*

Dalam perhitungan analisa ekonomis, dilakukan perbandingan jumlah pengiriman muatan kapal per tahun antara *Push Boat system* dengan *Self Propeller Barge*. Adapun yang membedakan jumlah trip dari SPB dengan *Push Boat system* adalah, pada SPB, masih dibutuhkan waiting time kurang lebih 1 (satu) hari untuk proses bongkar muat. Sedangkan pada *push boat system* tidak membutuhkan waktu tunggu untuk proses bongkar muat, sebab, selama menunggu proses bongkar muat, *push boat* dapat melakukan pengiriman dengan *barge* muatan kosong. Untuk perhitungannya yaitu :

- Jarak pelayaran 1 trip : 420 nMile
- Waktu berlayar 1 trip : 4 hari
- dengan perhitungan :
- Kecepatan : 6 knot.
- Sea time = Jarak / Kecepatan / 24 jam
- = $420 / 6 / 24$
- = 2,91 hari
- Waiting time : 1 hari.
- Total time : 2,91 hari.
- 4 hari.**

- Jumlah trip per tahun : 84 trip.
- dengan perhitungan :
- Waktu operasional efektif: 336 hari. (11 bulan)
- Jumlah trip / tahun = $336 / 4$
- = 84 trip/tahun.

Dengan asumsi jumlah muatan sama, yaitu 6840 ton, maka dalam 1 tahun jumlah pengiriman muatan sebanyak :

$$84 \times 6840 \text{ ton} = \mathbf{574.560 \text{ ton}}$$

Dari perbandingan dua jenis sarana pengangkutan diatas, dapat dibandingkan jumlah pengirimannya selama satu tahun. Jika menggunakan *push boat system*, dapat melakukan pengiriman muatan lebih banyak, yaitu sebanyak 766.080 ton per tahun, dibandingkan bila menggunakan *Self Propeller Barge* yaitu hanya 574.560 ton per tahun. Adapun peningkatan efektifitas pengangkutannya adalah sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Kenaikan jumlah pengiriman} &= ((766.080 - 574.560)/574.560) \times 100 \% \\ &= 33 \% \end{aligned}$$

Tabel 5.3. Data-data operasional Push Boat.

Operasional	Rute		Sungai Barito
	Jarak pelayaran	nMile	420
	Comm. Days	hari	336
	Sea Time		
	Isi	hari	2,92
	Port Time		
	Waiting time	hari	-
	Seagoing days per trip	hari	2,9
			3,0
	Jumlah trip per Thn	RTD	112
		Call	112
	Load Faktor Rata-Rata		
	Load faktor crew	%	100%

5.2. Penentuan Payback Period

Salah satu metode perhitungan Pay Back Period atau jangka waktu investasi kembali adalah NPV (Net Present Value). NPV adalah suatu metode yang mengevaluasi kelayakan investasi suatu proyek. Metode ini memerlukan data – data sebagai berikut :

- Investasi awal.
- Suku bunga bank.
- Keuntungan dari hasil operasi dalam satu tahun.

Untuk perhitungan NPV dipakai cara tabulasi karena merupakan perhitungan berulang atau iterasi. Perhitungan NPV untuk tahun ke – n adalah sebagai berikut :

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1 + r)^t} - C_0$$

Dimana :

n = Waktu

r = Bunga

C_t = Net cash flow (the amount of cash) pada saat t

C_0 = Investasi Awal (t = 0)

Untuk menentukan payback period, perlu diketahui terlebih dahulu komponen-komponen yang mempengaruhinya, diantaranya harus mengetahui *net cash flow* tiap tahunnya. *Net cash flow* adalah selisih antara pendapatan dan pengeluaran tiap tahun dengan kenaikan sukubunga tertentu. Pendapatan yang diperoleh dari kapal ini adaah dari biaya sewa kapal tiap bulannya

selama satu tahun. Diasumsikan kapal tersebut disewa selama satu tahun penuh (11 bulan dan 1 bulan repair). Untuk biaya pengeluaran yang dikeluarkan owner diantaranya:

- Gaji crew dan insentifnya (8 orang).
- Reparasi dan perawatan.
- Asuransi dan premi ABK.
- Klasifikasi.
- Pelabuhan.

Kenaikan biaya.

Dalam menganalisa *cash flow* terjadi kenaikan biaya yang berbeda-beda untuk komponen biaya. Kenaikan biaya ini mempengaruhi jumlah pengeluaran bagi *ship owner*. Kenaikan biaya diasumsikan sebesar :

Tabel 5.4. Kenaikan tarif.

Kenaikan Tarif	besaran (%)	dalam waktu(thn)
Gaji pegawai	10	4
Asuransi	1	2
Dock repair	1	4
Pelabuhan	1	2
Operasional	5	1

Sumber : PELINDO III

Pendapatan yang diperoleh dari pengoperasian kapal tunda ini adalah dengan menyewakan kapal tersebut kepada pencharter. Sistem sewa kapal tersebut adalah dengan sistem Time Charter, dimana pada sistem ini owner hanya bertanggungjawab terhadap biaya pemeliharaan kapal serta biaya ABK. Biaya pelabuhan dibayarkan per tahun sesuai dengan kesepakatan antara owner dan pencharter. Biaya bunkering pelabuhan dapat dilakukan per tahun, sebab kapal tersebut berlabuh pada pelabuhan yang sama sepanjang tahun dan dengan jangka waktu yang sama (lihat Tabel 5.5)

Menentukan harga sewa Push Boat

Diperoleh perkiraan harga pasar untuk sewa kapal tunda sistem *Time Charter* adalah:

- Satu set Tug + 180 feet *barge* = \$ 26.630 / bulan.
- Satu set Tug + 230 feet *barge* = \$ 31.000 / bulan.
- Satu set Tug + 270 feet *barge* = \$ 52.750 / bulan.
- Satu set Tug + 300 feet *barge* = \$ 79.000 / bulan.

Panjang *barge* yang ditinjau dalam tugas akhir ini adalah sebesar :

$$L = 91,54 \text{ m}$$

$$= 300,32 \text{ feet.}$$

Menentukan sewa kapal tunda dilakukan dengan cara interpolasi :

$$\begin{aligned} \text{Harga Tug} + \text{Harga Barge} &= \text{Harge Total} \\ \text{Harga Tug} &= \$ 1.394.000 \\ \text{Harga Barge} &= \$ 1.280.000 \end{aligned}$$

$$\text{Maka : Harga Total} = \$ 2.674.000$$

$$\begin{aligned} \text{Sewa Tug} + \text{Sewa Barge} &= \text{Sewa Total} \\ \text{Sewa Total} &= \$ 79.000 / \text{bulan} \end{aligned}$$

$$\text{Maka : } \frac{\text{sewa_tug}}{79.000} = \frac{1.394.000}{2.674.000}$$

$$\begin{aligned} \text{Sewa tug} &= (1.394.000 \times 79.000) / 2.674.000 \\ &= \$ 41.183,99 / \text{bulan.} \end{aligned}$$

Tabel 5.5. Biaya pendapatan dan pengeluaran.

Pendapatan				10%		10%		10%	
Kenaikan Tarif									
Total Pendapatan		Rp/Pax		4.077	4.485	4.485	4.933	4.933	5.427
Tahun ke -			0	1	2	3	4	5	6
Pengeluaran biaya	Pengembalian Pinjaman	J Rp		2.596,1	2.596,1	2.596,1	2.596,1	2.596,1	2.596,1
	Biaya Operasional Tetap	J Rp		601,6	602,7	602,9	630,5	630,8	631,9
	Gaji Crew + Insentif	J Rp		240,0	240,0	240,0	264,0	264,0	264,0
	Reparasi dan Perawatan	J Rp		251,0	251,0	251,0	253,5	253,5	253,5
	Asuransi	J Rp		68,3	68,9	68,9	69,6	69,6	70,3
	Klasifikasi	J Rp		20,0	20,2	20,4	20,6	20,8	21,0
	Pelabuhan	J Rp		22,4	22,6	22,6	22,9	22,9	23,1
	Total Biaya	J Rp		3.197,8	3.198,9	3.199,1	3.226,7	3.226,9	3.226,0
Net-Cash Flows	J Rp		(12.548)	879	1.286	1.286	1.707	1.707	2.199
Cum. Cash	J Rp		(12.548)	(11.668)	(10.382)	(9.096)	(7.390)	(5.683)	(3.484)
Control BEP				-	-	-	-	-	-

Pendapatan			10%		10%		10%		10%		
Kenaikan Tarif											
Total Pendapatan		5.427	5.969	5.969	6.566	6.566	7.223	7.223	7.945	7.945	89.176,9
Tahun ke -		7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Pengeluaran biaya	Pengembalian Pinjaman	2.596,1	2.596,1	2.596,1	2.596,1	-	-	-	-	-	25.961,4
	Biaya Operasional Tetap	632,1	662,2	662,4	663,6	663,8	696,5	696,8	698,0	698,2	9.773,9
	Gaji Crew + Insentif	264,0	290,4	290,4	290,4	290,4	319,4	319,4	319,4	319,4	
	Reparasi dan Perawatan	253,5	256,0	256,0	256,0	256,0	258,6	258,6	258,6	258,6	
	Asuransi	70,3	71,0	71,0	71,7	71,7	72,5	72,5	73,2	73,2	
	Klasifikasi	21,2	21,4	21,7	21,9	22,1	22,3	22,5	22,8	23,0	
	Pelabuhan	23,1	23,3	23,3	23,5	23,5	23,8	23,8	24,0	24,0	
	Total Biaya	3.228,2	3.258,3	3.258,5	3.269,7	683,8	696,5	696,8	698,0	698,2	35.735,3
Net-Cash Flows	2.199	2.711	2.711	3.307	5.903	6.526	6.526	7.247	7.247		
Cum. Cash	(1.286)	1.425	4.136	7.443	13.346	19.872	26.398	33.646	40.893		
Control BEP			BEP	-	-	-	-	-	-	-	

Untuk sistem sewa *Time Charter*, biaya bahan bakar, pelumas, seta biaya air tawar dibayar oleh penyewa. Selanjutnya dicari besarnya selisih *nett cash flow* dengan biaya investasi tiap tahun dalam kurun waktu yang telah disepakati dengan peningkatan suku bunga tertentu. Dari perhitungan diperoleh (lihat Tabel 5.6):

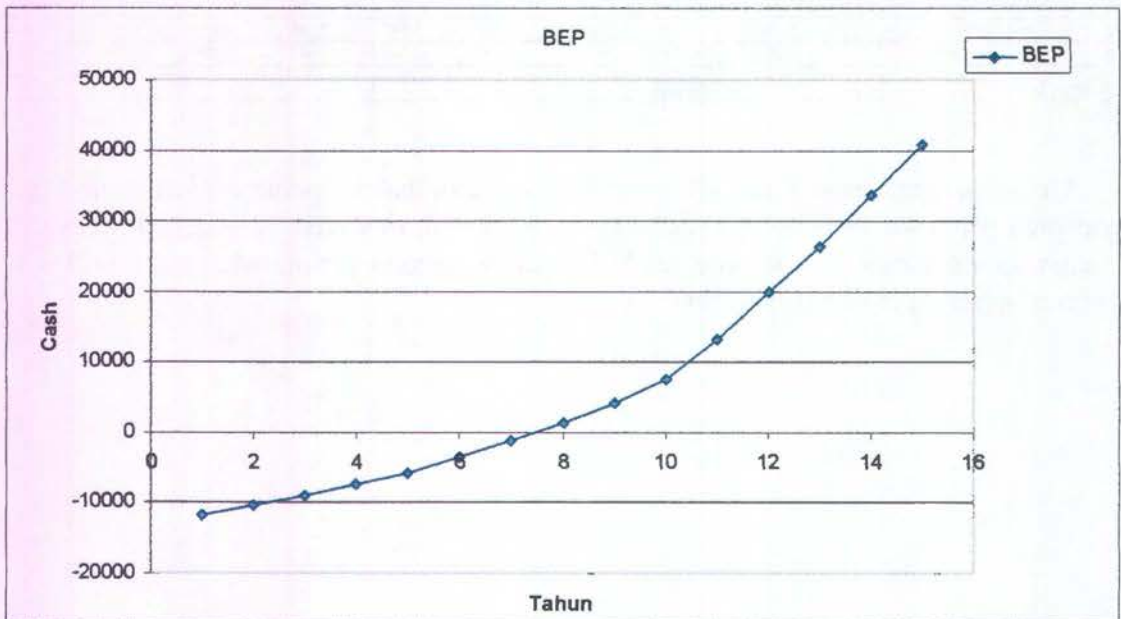
Tabel 5.6. Rekapitulasi biaya investasi, pengeluaran dan pendapatan push boat.

Investasi (juta Rp) = 12.548,1				
Tahun ke	Kenaikan tarif (dalam juta Rp)	Net Cash Flow (dalam juta Rp)	Cum Cash (dalam juta Rp)	kondisi
2008 (1)	4.077	879	(11.669)	
2009 (2)	4.077	1.286	(10.383)	
2010 (3)	4.485	1.286	(9.097)	
2011 (4)	4.485	1.707	(7.390)	
2012 (5)	4.485	1.706	(5.684)	
2013 (6)	5.427	2.199	(3.485)	
2014 (7)	5.427	2.198	(1.287)	
2015 (8)	5.427	2.711	1.424	BEP
2016 (9)	5.969	2.711	4.135	
2017 (10)	5.969	3.307	7.442	
2018 (11)	5.969	5.903	13.344	
2019 (12)	7.223	6.526	19.871	
2020 (13)	7.223	6.526	26.397	
2021 (14)	7.223	7.247	33.645	
2022 (15)	7.945	7.247	40.892	

Keterangan: Dalam tanda kurung bernilai negatif (minus).

Kenaikan tarif terjadi dalam kurun waktu 3 tahunan dengan besaran 10%

Jangka waktu perhitungan NPV adalah selama 15 tahun, dengan suku bunga sebesar 10%. Dengan menganalisa nilai *cash flow* antara pembayaran pengembalian pinjaman, pengeluaran biaya operasional serta pendapatan selama 15 tahun maka diperoleh NPV sebesar : Rp 5.150.556.555,89 dan diperoleh BEP time pada tahun ke 8 (lihat Gambar 5.1).



Gambar 5.1. Grafik *Nett Cash Flow* operasional Push Boat selama 15 tahun.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Perancangan *push boat* untuk *pusher-barge* 6840 DWT dilakukan dengan cara optiasi menggunakan Microsoft Excel Solver. Batasan yang digunakan dalam proses optimasi adalah dari pemeriksaan trim, stabilitas, displacement serta kapal pembanding. Selain batasan dari perhitungan teknis kapal, juga diperhitungkan batasan darai daerah pelayaran *push boat*, yaitu kedalam sungai sebagai variabel untuk menentukan sarat kapal maksimum. Pada proses perhitungan kelayakan investasi, dicari *fixed cost* serta *variabel cost* dari *push boat*. Dari biaya-biaya tersebut dapat diperoleh *Payback Time Period* serta nilai *cash flow*-nya selama kurun waktu 15 tahun.

Dari pembahasan diatas, dapat ditarik kesimpulan yaitu :

- Hasil optimasi dan analisa yang telah dilaksanakan, didapat hasil rancangan kapal dengan ukuran-ukuran utama kapal sebagai berikut :

Principal Dimension		
Type =	Pusher-barge Tug Boat	
Shipping Area =	Kalimantan River	
GT =	230	m ³
L _{PP} =	29,9755	m
L _{WL} =	31,4893	m
B _M =	9,1858	m
H _M =	3,8409	m
T _{LOADED} =	2,1636	m
Displacement =	444,7215	ton
Radius =	250	mile
Tug Speed =	6	knots
Max Speed =	15	knots
Engine =	2 x 878	HP
Jumlah Crew =	8	orang

- Mengingat bahwa biaya total pembangunan seharga Rp 12.548.096.931,20 adalah minimal, maka desain *Push Boat* untuk *Pusher-barge* ini layak untuk direalisasikan.
- Dari perhitungan ekonomis, diperoleh *payback time period* pada tahun ke 8 dengan NPV sebesar Rp 5.150.556.555,89
- Dengan menggunakan *Pusher-barge Combination*, terjadi peningkatan efektifitas pengiriman sebesar 33 % jika dibandingkan dengan menggunakan *Self Propeller Barge*.

6.2. 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 kapal, *coupler* sistem penyambungan dan rumah geladak meliputi jenis konstruksi, bahan konstruksi dan gambar konstruksi.
- Penyempurnaan perhitungan berat konstruksi badan kapal dengan metode *section*. Sehingga didapat berat konstruksi yang mendekati sesungguhnya.
- Perlu diteliti kapal tunda dengan jenis sama, yaitu *push boat*, tetapi dengan jumlah *barge* yang berbeda (lebih dari satu) dalam satu proses tunda.

DAFTAR PUSTAKA

- Arora, J. S. 1989. **Introduction to Optimum Design Chapter 2.**
- Brady, E. M. 1967. **Tugs, Towboats and Towing.** Maryland : Cambridge.
- Henschke, W. **Schiffbautechnisches Handbuch Band 2.** Berlin.
- Harvald, Sv.Aa. 1983. **Hambatan dan Propulsi kapal.** Diterjemahkan oleh Jusuf S. Surabaya : Fakultas Teknologi Kelautan ITS.
- IMO, 2002. **Code on Stability for All Type of Ship.**
- Lewis, E. V. 1989. **Principal of Naval Architecture Volume II.** 601 Pavonia Avenue, Jersey City, USA : SNAME.
- Muis, A dan Subagio, I. 2003. "An Actual Situation and the Problem to be Settle on River and Marine Transportation in Indonesia". **Proceeding of 8th Seminar on Marine Transportation Engineering and JSPS Meeting.** 22 Oktober.
- Parsons, M. G. 2001. **Chapter 11, Parametric Design.** Univ. Of Michigan : Dept. Of Naval Architecture and Marine Engineering.
- Rao, 1996. **Engineering Optimization Theory and Practice.** USA : Wiley-Interscience.
- Schneekluth, H and Bertram, V. 1998. **Ship Design Efficiency and Economy, Second Edition.** Oxford, UK : Butterworth Heinemann.
- Watson, D. G. M. 1998, **Practical Ship Design.** Oxford.
- Wendel, K. 1970, **Handbuch der Werften band X.** Hamburg.

Lampiran I
“Perhitungan Excel Solver”

OPTIMIZATION DESIGN OF PUSH BOAT FOR PUSHER-BARGE

Parameter	Item	Unit	Symbol	Value
	Setuan Harga	Seagoing Days per trip	days	R_{pp}
1 x Trip		days		3
Jumlah Crew		orang		8
Berat Crew + Bawaan		kg/long		100
Radikal Pelayaran		nautical mile		250
Jumlah trip per tahun		trip / tahun		112
Currency (Nilai tukar)				\$ 1 Rp 9.000,00
Operasional	Harga-harga:			
	Harga HSD	/lt	Rp	4.300,00
	Harga Oli	/lt	Rp	20.000,00
Pembangunan	Harga Air	/lt	Rp	500,00
	Harga Hull	/ton	\$	1.250,00
	Harga Hull Outfitting	/ton	\$	18.408,87
	Harga Permesinan	/ton	\$	19.547,77
Hull Structure	Jarak gading	m		0,5

Konstanta	Item	Unit	Symbol	Value
	Konstanta	Massa Jenis Air	kg/m ³	Δ_{air}
Massa Jenis Air Laut		kg/m ³	$\Delta_{air laut}$	1025
Gravitasi		m/s ²	g	9,81
Koefisien Viskositas Kinematik		m ² /s	ν	1,1880E-06
Berat Jenis Bahan Bakar (HSD)		ton/m ³	Δ_{bb}	0,85
Berat Jenis Minyak Pelumas (LUB)		ton/m ³	Δ_{lub}	0,92

Equation	Item	Unit	Symbol	Value
	Kapasitas	Displacement = $L_{pp} \cdot B \cdot T \cdot C_b \cdot \Delta_{air}$	ton	Δ
DWT		ton		20.8098
LWT		ton		423.9459
Displacement = DWT + LWT		ton		444.7557
Konsumable	Kebutuhan bahan bakar	Ber		14237,8261
	Kebutuhan minyak kumas	Ber		508,5416
	Kebutuhan air tawar	Ber		2513,89
	Hull	ton		325,1977
	Hull outfitting	ton		10,0826
	Equipment	ton		10,0000
	Machinery	ton		41,0342
Koefisien ²	Berat cadangan	ton		37,8314
	Koefisien Prismatic	-	C_p	0,7504
	Koefisien Midship	-	C_m	0,9936
	Koefisien Gars Air	-	C_{wg}	0,9366
Jarak titik berat (Φ)	KG	m		2,74
	LCG	m		-0,10

LWT & DWT
Tak Berat
Hambatan Tug
Hambatan Barge
Power tunda
Efisiensi Propulsi
Mesin
Berat Mesin
Hil Volume
Trim
Freeboard
Stability
Stability Gab.
Harga
Ekonomis

Constraint	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
	Froude Number	$F_n = V / (g \cdot L_{pp})^{0,5}$ (kecepatan maksimum)	-	-	0,16	0,4500	0,45
$F_n = V / (g \cdot L_{pp})^{0,5}$ (kecepatan tunda)		-	-	0,16	0,1800	0,45	OK
Perhitungan Stabilitas (free running)	MG pada sudut oleng 0°	m		0,150	1,1985		OK
	l_b pada sudut oleng > 30°	m		0,200	0,9785		OK
	l_b maksimum	deg		30,0	45,0000		OK
	l_b pada 30°	m.rad		0,055	0,3786		OK
	l_b pada 40°	m.rad		0,090	0,7458		OK
Freeboard	l_b	m		1,087	1,6782		OK

Item	Unit	Min	Value	Max
Engine Power	BHP		1.755,37	min
Koreksi Displacement		-0,0806%		-0,5%
Trim		0,0028		0,5%
Koreksi Trim		0,1300%		-0,5%

Changing Cell	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
	Ukuran Utama	Length Between Perpendicular	m	L_{pp}	27,0	29,9765	33,30
Breadht		m	B_{pp}	8,60	9,1860	9,6	OK
Height		m	H_{max}	3,48	3,8410	4,2	OK
Draft		m	T_{design}	2,150	2,1648	3,50	OK

Tugs Speed (harus ditentukan)	knot	V_s	6,0000
Maks Speed (harus ditentukan)	knot	V_s	16,0000

Cost Building	Biaya Pembangunan	Unit	Value
		Rp	3.858.474.101,76
	Main Engine + Aux. Engine	Rp	7.219.137.935,86
	Hull Out Fitting	Rp	1.670.484.893,58
		Rp	
		Rp	
	Total Biaya Pembangunan	Rp	12.548.096.931,20
		Rp/DWT	602.989.413,68
		USD/DWT	66.998,82

Optimization Design of Pusher barge Tug Boat

Principal Dimension		
Name =		
Type =	Pusher-barge Tug Boat	
Shipping Area =	Kalimantan River	
GT =	271	m ³
L _{PP} =	29,9755	m
L _{WL} =	31,4893	m
B _M =	9,1860	m
H _M =	3,8410	m
T _{LOADED} =	2,1648	m
Displacement =	444,7557	ton
Radius =	250	mile
Patrol Speed =	6	knots
Max Speed =	15	knots
Engine =	2 x 878	HP
Jumlah Crew =	8	orang

Estimate Cost		
Building Cost =	Rp	12.548.096.931,20

PERHITUNGAN LWT DAN DWT

Ukuran Utama Kapal

L_{pp}	=	29,976	m
$L_{wl} = L_{pp} + (5\% \cdot L_{pp})$	=	31,489	m
B_{mid}	=	9,186	m
B_{max}	=	9,186	m
H	=	3,841	m
T	=	2,164	m
T_r	=	2,164	m
T_A	=	2,164	m
T_{mean}	=	2,164	m
ξ_{disp}	=	444,139	m ³
V_{maks}	=	15	knot
V push boat	=	7,717	m/s
	=	6	knot
	=	3,0866664	m/s
C_b	=	0,746	
C_m	=	0,994	
C_{wl}	=	0,937	
C_p	=	0,750	

1. Perhitungan Berat Baja Kapal (David G. M Watson, Practical Ship Design, 1998)

Perhitungan Faktor E

$E = L \cdot (B + T) + 0.85 \cdot L \cdot (D - T) + 0.85 \{ (I1 \cdot h1) + 0.75 (I2 \cdot h2) \}$	761,024
$W_{si} = K \cdot E^{1.36}$	364,88
Total Scrap	11,04%
Wst	324,59 ton

$$Wst = W_{si}' (1 + 0.05 (C_b' - C_b)) \quad C_b' = C_b + (1 - C_b) \cdot ((0.8 H - T) / 3 \cdot T) =$$

$C_b' = 0,781$

Wst = 325,17 ton

2. Perhitungan Berat Equipment dan Out fitting Outfitting (Chapter 11 Parametric design)

$$W_o = C_o \cdot L \cdot B$$

C_o = outfit weight coefficient Berdasarkan grafik fig.4.1.2 (David G. M Watson, Practical Ship Design, 1998)

$C_o = 0,30$

Berat Outfitting	= 82,60479465	kg
	= 10,08260479	ton

Berat Equipment

Berat connecting block	= 10,00	ton
------------------------	---------	-----

3. Perhitungan Berat Instalasi Permesinan

Berat permesinan	= 41,03	ton
-------------------------	---------	-----

4. Perhitungan Berat cadangan

Wres diperlukan untuk menghindari kesalahan dalam perhitungan

$Wres = (7-10)\% \times LWT$ diambil 10% = 37,628 ton

Total LWT = 423,912 ton

PERHITUNGAN DWT

1. Kebutuhan Bahan Bakar

Main Engine

Sea time (lama pelayaran)	=	41,67	jam
Koefisien pemakaian bahan bakar	=	0,22	kg/HP/jam
Kebutuhan BB Main Engine	=	11938,9763	kg
	=	11,94	ton
Total BB Main Engine (+10%)	=	13,73	ton

Auxiliary Engine

$$BB\ AE = (0.1 \sim 0.2) \cdot BB\ ME$$

Thd Main Engine	Min	Mak	Diambil
	0,1	0,20	0,2000
BB Aux Engine	=	2,7460	ton
Total BB Aux Engine (+10%)	=	3,0206	ton
Kebutuhan Bahan Bakar Total	=	16,7504	ton

2. Kebutuhan Minyak Pelumas

Minyak Pelumas Terhadap BB	Min	Max	Diambil
	0,01	0,03	0,0300
Berat Minyak Pelumas	=	0,5025	ton
Total Berat Minyak Pelumas	=	0,5528	ton

3. Kebutuhan Air Tawar per trip (minum, mandi, masak)

Kebutuhan air tawar untuk Crew direncanakan	=	100	kg/person/d
jumlah crew	=	8	orang
berat air tawar	=	1388,888889	kg
	=	1,39	ton
Total Berat Air Tawar	=	2,51	ton

4. Berat Makanan (provisions)

Crew	=	10	kg/person/d
sea time	=	8	orang
	=	1,74	hari
	=	2,00	hari
berat provision	=	138,89	kg
	=	0,139	ton
total berat makanan	=	0,15	ton
5. Berat Orang dan Bawaan	=	100	kg/person
Crew	=	8,00	orang
Berat crew dan bawaan	=	800,00	kg
	=	0,800	ton
Berat total crew dan bawaan (+ 10%)	=	0,840	ton

Result :

Komponen DWT		Berat	Satuan
Bahan Bakar	=	16,7504	ton
Minyak Pelumas	=	0,5528	ton
Air Tawar	=	2,5139	ton
Makanan	=	0,1528	ton
Crew dan bawaan	=	0,8400	ton
Total DWT =		20,8098	ton

$$\text{Displacement} = \text{DWT} + \text{LWT} = 444,7217 \text{ ton}$$

$$\text{Displacement} = L \times B \times T \times C_b = 444,1395 \text{ ton}$$

		m	feet
B Wheel House	=	7,5	24,975
L wheel house	=	13,00	43,290
h wheel house	=	2,10	6,993
Volume wheel house	=	204,75	681,818
L Fore Castle Deck	=	13,00	43,290
h Fore Castle Deck	=	2,1	6,993
Volume Fore Castle	=	204,75	681,818

l1 = Panjang bagian yang selebar kapal

h1 = tinggi l1

l2 = panjang houses

h2 = tinggi l2

Faktor K	Diambil
untuk Tug Boat	0,044

Net Steel Weight

$W_{sl}' = W_{sl} - (\% \text{ Scrap} \cdot W_{sl})$ % Scrap merupakan fungsi Cb Serta Jenis dan Ukuran kapal

Berdasarkan pada persamaan diagram disamping :

$$\% \text{ Scrap} = 4.9697 \cdot C_b^{-1.6632}$$

% Scrap

8,04%

Kapal dgn L < 45 m	Min	Max	Diambil
	3,00%	3,00%	3,00%

Perhitungan Titik Berat Baja kapal

Optimasi

(Ship Design Efficiency and Economy, Schneekluth)

$$V_A = 204,75 \text{ m}^3 \quad \text{Volume Bangunan Atas}$$

$$V_{DH} = 204,75 \quad \text{Volume Deck House}$$

$$D_A = D + \frac{V_A + V_{DH}}{L_{pp} \cdot B}$$

$$D_A = 3,6508 \text{ m}$$

$$K_G = C_{KG} \cdot D_A$$

$$C_{KG} = 0,75 \text{ untuk Tug Boat}$$

$$K_G = 2,7381 \text{ m}$$

$$L_{CG} = 0,15 + L_{CB}$$

$$-0,104796$$

Resistance calculation according to Holtrop et al (1984)

Oprimasi

Name of vessel

Main dimensions

Lwl =	31,4893 m,	lcb =	-0,2548 m	S _{app} =	0,0000 m ²
B =	9,1858 m		-0,8091 % Lwl	Abulbt =	0,0000 m ²
T _F =	2,1636 m	C _B =	0,7455	hB =	0,0000 m
T _A =	2,1636 m	C _M =	0,9936	Water(s/f)	f
V =	444,1376 m ³	C _{WP} =	0,9366	temperatur	30,0000 deg C
v =	6,0 knot	C _P =	0,7504	g =	9,8067 m/s ²
=	3,0864 m/s				
a entrance IE =	0,0000 deg, A _{transom} =	15,8364 m ²			
Fn =	0,1756				

Calculate form factor of bare hull

Cstem	-25,0000 pram with gondola	0,0000 normal sections
	-10,0000 V-shaped sections	10,0000 U-shaped sections with Hogner stern
Cstem =	10,0000	
c =	1,1100	

Viscous resistance

Calculate viscosity and rho of fresh water

viscosity =	0,0000007990 m ² /s	rho	995,5269 kg/m ³
-------------	--------------------------------	-----	----------------------------

Calculate Reynolds number and friction coefficient ITTC 1957

Reynolds	121.642.710,0433	log Rn - 2	6,0851
Cfo =	0,0020		

$$1 + k_1 = 0.93 + 0.4871 \cdot c \cdot (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/L_R)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1 - C_p)^{-0.6042}$$

$$Lr/L = 1 - C_p + 0.06 \cdot C_p \cdot LCB / (4 C_p - 1)$$

	0,2439
L ³ /V =	70,3029
1 + k ₁ =	1,2795

Resistance of Appendages

$$1 + k = 1 + k_1 + [(1 + k_2 - (1 + k_1))] \frac{S_{app}}{S_{tot}}$$

1 + k ₂ =	2,8
S rudder =	2,1307
S boosing =	0,4118
1 + k ₂ =	2,6704
S app =	2,5424
S =	262,5815
S tot =	265,1239
1 + k =	1,2928

Wave making resistance

$$C1 = 2223105C \cdot \frac{3}{4}^{0.61} (T/B)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$$

C4 = B/L	untuk 1,1 ≤ B/L ≤ 2,5
C4 = 0,2857	untuk B/L ≥ 2,5

half angle of entrance at the load waterline

$$le = 125.67 \cdot B/L - 162.25C \cdot \frac{2}{p} + 234.32C \cdot \frac{3}{p} + 0.1551 \left(LCB + \frac{6.8(T_a - T_r)}{T} \right)^3$$

le =	44,2984
C1 =	21,1715

$$m1 = 0.01404 \cdot L/T - 1.7525 \cdot \sqrt{X}/L - 4.7932 \cdot B/L - C_5$$

$$C5 = 8.0798 \cdot CP - 13.8673 \cdot CP^2 + 6.9844 \cdot CP^3$$

	1,2057
m1 =	-2,8242

L ³ /V =	70,3029
d =	-0,9

$$m2 = C_6 0.4e^{-0.034F_n^{-1.29}}$$

$$C6 = -1,69385 \quad \text{untuk } L^3 / \nabla \xi 512$$

$$m2 = -0,000208$$

$$\text{lamda} = 1.446 C_p - 0.03 L/B$$

$$\text{lamda} = 0,9822$$

$$C2 = e^{-1.89 \frac{A_{BT} \gamma_B}{BT(\gamma_B + i)}}$$

$$C2 = 1 \quad \text{tanpa bulbous bow}$$

$$C3 = 1 - 0.8 A_T / (BTC_M)$$

$$C3 = 0,358$$

$$CA = 0.006 (L_{wl} + 100)^{-0.16} - 0.00205 \quad \text{for } T_r L_{wl} > 0.04$$

$$T_r L_{wl} = 0,0687$$

$$CA = 0,0007$$

$$\frac{R_w}{W} = C_1 C_2 C_3 e^{(m_1 F_n^2 + m_2 \cos(\lambda F_n^{-1}))}$$

$$Rw/w = 0,0000103$$

$$W = 44,5281 \quad N$$

$$Rt = 4.293,7654 \quad N$$

$$\boxed{4,2938} \quad kN$$

Tahanan Tongkang (adapted from Henschke)

Optimasi

Formula Kaparetof

Tahanan Air

$$W = f \cdot S \cdot v^{1.83} + p \cdot F \cdot v^2$$

$$f = 0,17 \text{ (baja)}$$

$$S = 3335,134 \text{ m}^2$$

$$v = 6,00 \text{ knot}$$

$$= 3,0864 \text{ m/s}$$

$$p = 16 \text{ untuk tongkang dengan rake haluan dan buritan bersudut } 30 - 35 \text{ derajat}$$

$$F_x = 149,86 \text{ m}^2 \quad \text{Luas penampang midship}$$

$$W_{air} = 27299,96674 \text{ kg}$$

Tahanan Angin

$$W = 0.0041 \cdot (0.3A_1 + A_2) \cdot V_A^2$$

$$Bm = 84,6836 \text{ ft}$$

$$H - T = 1,667 \text{ ft}$$

$$A1 = 141,17 \text{ ft}^2 \quad \text{Lateral Area}$$

$$A2 = 0,00 \text{ ft}^2 \quad \text{Frontal Area}$$

$$VA = 21 \text{ ft/sec} \quad \text{Wind Speed}$$

$$W_{angin} = 78,67352022 \text{ lbs}$$

$$= 34,68789138 \text{ kg}$$

$$W_{total} = W_{air} + W_{angin}$$

$$W_{total} = 27334,66463 \text{ kg}$$

$$= 288081,3909 \text{ N}$$

$$\boxed{268,0614} \quad kN$$

Tahanan Gabungan (Tuge + Barge)

$$Rt = 0.7(Rt_{tuge}) + Rt_{barge}$$

$$\boxed{271,0677} \quad kN$$

ukuran barge

$$L = 91,54$$

$$B = 25,4$$

$$H = 5,9$$

$$T = 5,4$$

$$Cb = 0,944$$

$$V = 2129,14$$

KG =

Perhitungan Titik Berat Baja kapal schneekluth

$$KG_{sur} = [58.3 - 0.517 \cdot (0.824 - C_{bo}) \cdot \left(\frac{L}{D}\right)^2] Ds \cdot 0.01$$

$$C_{bo} = C_b + C_4 \cdot (D - T) / T \cdot (1 - C_b)$$

$$C_{bo} = 0,945296$$

$$KG_{sur} = 4,330352 \text{ m}$$

Menghitung Daya Mesin Induk

Back

Perhitungan EHP (Effective Horse Power)

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_i \cdot V && ; \text{ (PNA Vol. II hal 161)} \\ &= 837,1687 \text{ KW} && ; \text{ dimana } 1 \text{ HP} = 0,7457 \text{ KW} \\ &= 1122,6615 \text{ HP} && ; \end{aligned}$$

Perhitungan DHP (Delivery Horse Power)

$$\text{DHP} = \frac{\text{EHP}}{\eta_b}$$

Menentukan Effisiensi Propulsinya

$$\eta_b = \eta_H \cdot \eta_R \cdot \eta_O \quad ; \quad \text{dimana :} \quad \begin{aligned} \eta_H &= \text{Hull Effisiensi} \\ \eta_R &= \text{Relative Rotative Efficiency} \\ \eta_O &= \text{Open Propeller Efficiency} \end{aligned}$$

maka η_b :

$$\eta_b = \eta_O \cdot \eta_R \cdot \eta_H = 0,774$$

Setelah η_b diketahui maka perhitungan DIIP dapat dilakukan:

$$\text{DHP} = \frac{\text{EHP}}{\eta_b} = 1450,718 \text{ HP}$$

Perhitungan BHP (Brake Horse Power)

Untuk kamar mesin dibelakang ditambah dengan 3% DHP dan untuk koreksi daerah pelayaran ditambah 17% DHP, sehingga diperoleh:

$$\text{BHP} = \text{DHP} + x\% \text{ DHP} \quad ; \quad x_1 \text{ karena letak kamar mesin di belakang} = 3\%$$

jadi, x_2 karena daerah pelayaran = 18%

$$\text{BHP} = \boxed{1755} \text{ HP} = 1308,9787 \text{ kw}$$

BERAT PERMESINAN

Optimasi

1. Berat Machinery

Berat Marine gear =	3819 kg
Total ME =	3,819 ton
Calculation Weight of Main Engine (David G. M Watson, Practical Ship Design, 1998)	
Wd = 12. (MCR/RPM) ^{0.84}	
MCR =	1112,65 KW
RPM =	1900
Wd tiap mesin =	7,66 ton
total Wd =	15,31 ton
berat Generator =	1,318 ton

2. Berat Electrician

Wmt = 0,72. MCR ^{0.7}	
Daya Auxillary Engine =	303,75 KW
MCR =	212,83 KW
Total =	28,00459136 ton

3. berat remainder =

Wr = K . MCR ^{0.7}	
K =	0,19
Wr tiap mesin =	8,09 ton
Total =	8,09 ton

Total = 41,03

PERHITUNGAN VOLUME RUANG TERTUTUP (*Gross Tonnage*)

Initial Volume Above Main Deck

$L_{PP} = 29,976$ m
 $L_{WL} = 31,489$ m
 $B = 9,186$ m
 $H = 3,841$ m
 $T = 2,164$ m

Superstructure :

Jarak gading = 0,5 m
Frame no (after) = 26
Frame no (fore) = 52
Panjang = 13 m
Tinggi = 2,1 m
h (Panjang/5) = 2,6 m

No St	0.5 * B
0	3,5
1	3,5
2	3,5
3	3,5
4	3,5

Normalized Volume Above Main Deck

Superstructure :

Panjang = 0,433686342
tinggi = 0,546741522

No St	0.5 * B
0	0,3810234
1	0,3810234
2	0,3810234
3	0,3810234
4	0,3810234

Designed Volume Above Main Deck

$$\begin{aligned}L_{PP} &= 29,97558085 \text{ m} \\L_{WL} &= 31,489 \text{ m} \\B &= 9,186 \text{ m} \\H &= 3,841 \text{ m} \\T &= 2,164 \text{ m}\end{aligned}$$

Whell house

$$\begin{aligned}\text{jarak gading} &= 0,500 \text{ m} \\ \text{Frame no (after)} &= 26 \\ \text{Frame no (fore)} &= 52 \\ \text{Panjang} &= 13 \text{ m} \\ \text{Tinggi} &= 2,1 \text{ m} \\ h (\text{Panjang}/5) &= 2,6 \text{ m}\end{aligned}$$

No St	0.5 * B	FS	Product
0	3,5	1	3,5
1	3,5	4	14
2	3,5	2	7
3	3,5	4	14
4	3,5	1	3,5
$\Sigma =$			42

$$\begin{aligned}\text{Area} &= 72,8 \text{ m}^2 \\ \text{Volume} &= 152,88 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Total Volume Above Upper Deck} = 152,88$$

$$\text{Total Volume Below Upper Deck} = 888,0041$$

$$\text{Total Volume Kapal} = 1040,8841$$

PERHITUNGAN GROSS TONAGE

Gross Tonnage dari sebuah kapal ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$GT = K_1 * V_{displ}$$

Dimana :

$$V = \text{Volume total dari semua ruangan-ruangan tertutup dalam kapal (dalam m}^3\text{)}$$

$$K_1 = 0,2 + 0,02 \times \log V$$

$$K_1 = 0,2603$$

Maka :

$$GT = 271 \text{ m}^3 = \boxed{271} \text{ m}^3$$

TRIM CALCULATIONS

Input data

L	=	31,489	m
B	=	9,186	m
T	=	2,164	m
Cm	=	0,994	
Cb	=	0,746	
Cw	=	0,937	
∇	=	444,139	m ³
KG	=	2,738	m
LCG _{LWT}	=	15,849	m
LCB	=	15,999	m
LCG	=	15,995	m

Hidrostatic properties

KB/T	=	0,602	
KB	=	0,278	
C ₁	=	0,073	
I _T	=	1778,968	
BM _T	=	4,005	
C _{IL}	=	0,074	
I _L	=	21138,057	
BM _L	=	47,593	

Trim

GM _L	=	45,133	
trim	=	-0,00281	m
kondisi	=	Trim Haluan	

LAMBUNG TIMBUL MENURUT PGMI 1986 UNTUK $L < 50$ M

Optimasi

Lambung timbul Awal (f_b)

$$L = 0,96 \text{ LWL pada } 0,85 \text{ D} \quad L = 30,11487 \text{ m}$$

$$L = L_{pp} \text{ pada } 0,85 \text{ D} \quad L = 31,370 \text{ m}$$

maka ukuran yang dipakai $L = 31,36965 \text{ m}$ yg terbesar

$$f_b = 0,8 L \text{ cm}$$

$$= 25,0957 \text{ cm}$$

Koreksi koefisien Block Cb

$$f_b' = f_b * \frac{0,68 + C_b}{1,36} \text{ cm}$$

$$f_b' = 26,3050 \text{ cm}$$

$$C_b < 0,68 \quad f_b' = f_b$$

$$f_b' = 26,3050 \text{ cm}$$

Koreksi Tinggi D

$$\text{Koreksi (D)} = 20 \left(D - \frac{L}{15} \right) \text{ cm}$$

$$= 34,9925 \text{ cm}$$

$$D < \frac{L}{15} \quad \text{koreksi} = 0$$

$$\text{maka Koreksi D} = 35 \text{ cm}$$

Tinggi standart Bangunan Atas untuk $L < 125$ m

$$h_s = 2,10 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Bangunan Atas (l)} = 13,0000 \text{ m}$$

$$\text{Bila } h < h_s, \text{ maka } l_s = \frac{h}{h_s} * l \text{ m}$$

$$\text{Bila } h > h_s, \text{ maka } l_s = l \text{ m}$$

$$l_s = 13,000 \text{ m}$$

Koreksi Bangunan Atas

$$\text{Koreksi (BA)} = 50 \frac{\sum l_s * h_s}{L} \text{ cm}$$

$$\text{Koreksi} = 43,51339 \text{ cm}$$

Koreksi Lengkung Memanjang Kapal

$$\text{Tinggi Sheer di } F_p = 0 \text{ m} \quad (S_f)$$

$$\text{Tinggi Sheer di } A_p = 0 \text{ m} \quad (S_a)$$

$$A = \frac{1}{6} [2,5(L + 30) - 100(S_f + S_a)] \left(0,75 - \frac{S}{2L} \right)$$

$$A = 13,8796$$

$$B = 0,1250 * L = 3,9212$$

$$S = \cup l_s$$

Bila :

$$A > 0$$

$$A > 0 \text{ dan } |A| > B$$

$$A > 0 \text{ dan } |A| < B$$

$$\text{Koreksi LMK} = A \text{ cm}$$

$$\text{Koreksi LMK} = B \text{ cm}$$

$$\text{Koreksi LMK} = A \text{ cm}$$

jadi :

$$\text{Lambung Timbul Awal setelah koreksi } C_b = 26,3050 \text{ cm}$$

$$\text{Lambung Timbul Awal setelah koreksi } D = 34,9925 \text{ cm}$$

$$\text{Lambung Timbul Awal setelah koreksi } BA = 43,51339 \text{ cm}$$

$$\text{Lambung Timbul Awal setelah koreksi } LMK = 3,9212 \text{ cm}$$

$$\text{Lambung Timbul (f}_a\text{)} = 108,7321 \text{ cm}$$

Stabilitas Kapal Tunda.

COMPUTATION OF RIGHTING ARM FROM PRINCIPAL DIMENSIONS AND COEFFICIENTS

Optimas!

- 1 foot = 0,3048 m
- L = waterline length
= 103,3115 ft = 31,48935 m
- B = maximum breadth
= 30,1371 ft = 9,185787 m
- B_m = maximum waterline breadth
= 30,1371 ft
- H = mean draft at designed waterline
= 7,10 ft = 2,163559 m
- D_m = minimum depth
= 12,8015 ft = 3,841 m
- S_F = sheer forward
= 0 ft = 0 m
- S_A = sheer after
= 0 ft = 0 m
- Δ = displacement at designed waterline
= 437,14 long ton 444,1376 metric ton
- L_s = length of superstructure which extend to sides of ship
= 42,85 ft = 13,00 m
- d = height of superstructure which extend to sides of ship
= 8,89 ft = 2,10 m
- C_B = block coefficient
= 0,7455
- C_{WP} = waterline coefficient at draft H
= 0,9386
- C_X = midship section coefficient at draft H
= 0,7504
- C_{pv} = vertical prismatic coefficient at draft H
= 0,796018
- A₀ = area of waterline plane at designed draft
= 2916,044 ft²
- A_m = area of immersed midship section
= 180,5187 ft²
- A_v = area of vertical centerline plane to depth D
= 1569,897 ft²
- S = mean sheer
= area of centerline plane above minimum depth divided by length
= 293,8548 ft

$$\begin{aligned} \phi_T &= \phi_0 + ((A_0 + A_1)/2) F/35 \\ &= 1136,1028 \text{ ton} \\ \phi &= \frac{\phi_T}{2} - \phi_0 \\ &= 130,9060702 \text{ ton} \\ C_{WP}' &= \frac{A_2}{LD} \\ &= 0,9836830 \\ C_{WP}'' &= C_{WP}' - \frac{1400(1 - C_{PV})}{B^2 D L} \\ &= 0,9229211 \\ C_X' &= \frac{A_{M2} + BF}{BD} \\ &= 0,8852719 \\ C_{PV}' &= \frac{35 \phi_T}{A_1 D} \\ &= 0,874094109 \\ C_{PV}'' &= \frac{35 \phi_T}{A_2 B} \\ &= 0,840559299 \\ GG' &= KG' - KG \\ &= -0,384419947 \text{ ft} \\ KG &= C_{M0} D_M \\ &= 8,983171392 \text{ ft} \\ KG' &= \frac{D(1 - h_0)\phi_T - 0}{2 \phi_0} \\ &= 8,818751445 \text{ ft} \\ h_1 &= 0,4554 \\ f_1 &= \frac{D(1 - (A_0/A_1))}{2F(1 - C_{PV})} \\ &= 0,072753638 \\ G'B_0 &= KG' - KB_0 \\ &= 4,56978959 \text{ ft} \\ KG' &= 8,818751445 \text{ ft} \\ KB_0 &= (1 - h_0)H \\ &= 4,048961855 \text{ ft} \\ h_0 &= 0,4286 \\ f_0 &= \frac{H((A_1/A_0) - 1)}{2F(1 - C_{PV})} \\ &= 0,020843524 \end{aligned}$$

D = mean depth
= 15,44585734 ft

F = mean freeboard
= 8,347568505 ft

A₁ = area of waterline plane at depth D maybe estimate from A₀ and nature of stabons above waterline

A₂ = 2945,204553 ft²

$$G'B_{90} = \frac{\phi_T h_2 B}{40 \phi_0} - \frac{17,5 \phi^2}{\phi_0 (A_2 - 70(\phi/B)(1 - C_{PV}))}$$

= 8,4355109 ft

h₂ = 0,4538

f₂ = 9,1(C_X' - 0,89)

= 0

G'M₀ = KB₀ + BM₀ - KG'

= 4,301818135

$$BM_0 = \frac{C_L B_{WP}^3}{35 \phi_0}$$

= 8,871607725 ft

C_L = 0,048

G'M₉₀ = BM₉₀ - G'B₉₀

= -5,324272853 ft

$$BM_{90} = \frac{C_L D^3}{35 \phi_0} + \frac{L_s d D^2}{140 \phi_0}$$

= 3,111236048 ft

C_L' = 0,079

G'M₀ = KB₀ + B_MM₀ - KG'

= 3,937398188 ft = 1,2001 m

GZ = G'Z' + GG' sinφ -

= 3,212881793 ft

φ = 30

G'Z' = b₁ sin2φ + b₂ sin4φ + b₃ sin6φ -

= 3,395091787 ft

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

= 4,048121131

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

= -0,12780684

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

= -0,547199461

heel angle	0	5	10	15	20	25	30	35	40		
sin	1	0	0,0000	0,0872	0,1736	0,2588	0,3420	0,4226	0,5000	0,5736	0,6428
sin	2	0	0,0000	0,1736	0,3420	0,5000	0,6428	0,7660	0,8660	0,9397	0,9848
sin	4	0	0,0000	0,3420	0,6428	0,8660	0,9848	0,9848	0,8660	0,6428	0,3420
sin	6	0	0,0000	0,5000	0,8660	1,0000	0,8660	0,5000	0,0000	-0,5000	-0,8660
GG' sin	1	0	0,0000	-0,0318	-0,0633	-0,0943	-0,1246	-0,1540	-0,1822	-0,2090	-0,2342
b1 sin	2	0	0,0000	0,7029	1,3845	2,0241	2,6021	3,1010	3,5058	3,8040	3,9866
b2 sin	4	0	0,0000	-0,0437	-0,0822	-0,1107	-0,1259	-0,1259	-0,1107	-0,0822	-0,0437
b3 sin	6	0	0,0000	-0,2736	-0,4739	-0,5472	-0,4739	-0,2736	0,0000	0,2736	0,4739
GZ		0,0000	0,3539	0,7652	1,2719	1,8777	2,5476	3,2129	3,7864	4,1826	
heel angle		0	5	10	15	20	25	30	35	40	
Lstatis [m]		0,0000	0,1079	0,2332	0,3877	0,5723	0,7765	0,9793	1,1541	1,2748	
		0,0000	0,4314	0,2332	1,5506	0,5723	3,1060	0,9793	4,6164	1,2748	
Ldynamic		0,0000	0,0097	0,0193	0,0439	0,0685	0,1020	0,1355	0,1677	0,1999	
		0	0,0097	0,0290	0,0729	0,1415	0,2435	0,3790	0,5466	0,7465	

heel angle	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
	0,7071	0,7660	0,8192	0,8660	0,9063	0,9397	0,9659	0,9848	0,9962	1,0000
	1,0000	0,9848	0,9397	0,8660	0,7660	0,6428	0,5000	0,3420	0,1736	0,0000
	0,0000	-0,3420	-0,6428	-0,8660	-0,9848	-0,9848	-0,8660	-0,6428	-0,3420	0,0000
	-1,0000	-0,8660	-0,5000	0,0000	0,5000	0,8660	1,0000	0,8660	0,5000	0,0000
	-0,2577	-0,2792	-0,2985	-0,3156	-0,3303	-0,3424	-0,3520	-0,3589	-0,3630	-0,3644
	4,0481	3,9866	3,8040	3,5058	3,1010	2,6021	2,0241	1,3845	0,7029	0,0000
	0,0000	0,0437	0,0822	0,1107	0,1259	0,1259	0,1107	0,0822	0,0437	0,0000
	0,5472	0,4739	0,2736	0,0000	-0,2736	-0,4739	-0,5472	-0,4739	-0,2736	0,0000
	4,3376	4,2251	3,8612	3,3009	2,6230	1,9116	1,2355	0,6339	0,1100	-0,3644
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
	1,3221	1,2878	1,1769	1,0061	0,7995	0,5827	0,3766	0,1932	0,0335	-0,1111
	5,2884	1,2878	4,7076	1,0061	3,1980	0,5827	1,5064	0,1932	0,1341	-0,1111
	0,2141	0,2284	0,2160	0,2037	0,1715	0,1392	0,1028	0,0664	0,0363	0,0063
	0,9606	1,1890	1,4050	1,6087	1,7801	1,9194	2,0222	2,0886	2,1249	2,1312

Perhitungan Stabilitas Gabungan

Optimasi

- 1 foot = 0,3048 m
- L = waterline length = 398,6732 ft = 121,5156 m
- B = maximum breadth = 83,33333 ft = 25,4 m
- B_m = maximum waterline breadth = 83,33333 ft
- H = mean draft at designed waterline = 17,72 ft = 5,4 m
- D_m = minimum depth = 19,35696 ft = 5,900 m
- S_p = sheer forward = 0 ft = 0 m
- S_a = sheer after = 0 ft = 0 m
- 0₀ = displacement at designed waterline = 12.375,27 long ton 12573,28 metric ton
- L_s = length of superstructure which extend to sides of ship = 278,87 ft = 85,00 m
- d = height of superstructure which extend to sides of ship = 8,20 ft = 2,50 m
- C_B = block coefficient = 0,7544
- C_W = waterline coefficient at draft H = 0,8389
- C_X = midship section coefficient at draft H = 0,9550
- C_{pv} = vertical prismatic coefficient at draft H = 0,901426
- A₀ = area of waterline plane at designed draft = 27803,19 ft²
- A_m = area of immersed midship section = 1408,941 ft²
- A_v = area of vertical centerline plane to depth D = 9850,088 ft²
- S = mean sheer = area of centerline plane above minimum depth divided by length = 2287,331 ft

$$\begin{aligned} 0_T &= 0_0 + ((A_0 + A_1)/2) F/35 \\ &= 18265,3140 \text{ ton} \\ 0 &= \frac{0_T}{2} - 0_0 \\ &= -3242,81627 \text{ ton} \\ C_{W'} &= \frac{A_0}{LD} \\ &= 0,9845726 \\ C_{W''} &= C_{W'} - \frac{140X(1-C_{pv})}{B^2D} \\ &= 1,1050099 \\ C_{X'} &= \frac{A_m + BF}{BD} \\ &= 0,9882301 \\ C_{pv'} &= \frac{35 0_T}{A_0 D} \\ &= 0,907201638 \\ C_{pv''} &= \frac{35 0_T}{A_0 B} \\ &= 0,778818838 \\ GG' &= KG' - KG \\ &= 1,890757821 \text{ ft} \\ KG &= C_{CG} D_M \\ &= 11,48293963 \text{ ft} \\ &= 3,5 \text{ m} \\ KG' &= \frac{D(1-h_0)0_T - 0}{2 0_0} \\ &= 13,37369725 \text{ ft} \\ h1 &= 0,455368005 \\ \eta &= \frac{D(1-(A_0/A_1))}{2F(1-C_{pv})} \\ &= 0,181450441 \\ G'B_0 &= KG' - KB_0 \\ &= 3,267943928 \text{ ft} \\ KG' &= 13,37369725 \text{ ft} \\ KB_0 &= (1-h_0)H \\ &= 10,10575333 \text{ ft} \\ h_0 &= 0,429586368 \\ f_0 &= \frac{H((A_1/A_0)-1)}{2F(1-C_{pv})} \\ &= 0,121804164 \end{aligned}$$

- D = mean depth = 25,0943141 ft
- F = mean freeboard = 7,37777887 ft
- A₁ = area of waterline plane at depth D maybe estimate from A₀ and nature of stations above waterline = 28081,22379 ft²
- G'B₀₀ = $\frac{0,5 h_2 B}{40_0} - \frac{17,50^2}{0_0(A_2-70)(0B)(1-C)}$
- = 12,53237969 ft
- h₂ = 0,453831891
- f₂ = 9,1(C_{X'}-0,89)
- = 0,711893821
- G'M₀ = KB₀ + BM₀ - KG'
- = 22,2997661
- BM₀ = $\frac{C_L L B_m^3}{350_0}$
- = 25,56770002 ft
- C_L = 0,048
- G'M₀₀ = BM₀₀ - G'B₀₀
- = -10,55193292 ft
- BM₀₀ = $\frac{C_L L D^3}{350_0} + \frac{L_s d D^3}{140 0_0}$
- = 1,980446764 ft
- C_{L'} = 0,079
- G'M₀ = KB₀ + B₀M₀ - KG
- = 24,19051372 ft = 7,3733 m
- GZ = G'Z' + GG' sin 0 = 10,35418437 ft
- 0 = 30
- G'Z' = b₁ sin 20 + b₂ sin 40 + b₃ sin 60 = 9,408805557 ft
- b₁ = $\frac{9(G'B_{00} - G'B_0)}{8} - \frac{G'M_0 - G'M_{00}}{32}$
- = 9,395874945
- b₂ = $\frac{G'M_0 + G'M_{00}}{8}$
- = 1,468477897
- b₃ = $\frac{3(G'M_0 - G'M_{00})}{32} - \frac{3(G'B_{00} - G'B_0)}{8}$
- = -0,394317584

0	5	10	15	20	25	30	35	40	
sin 1	0,0000	0,0872	0,1736	0,2588	0,3420	0,4226	0,5000	0,5736	0,6428
sin 2	0,0000	0,1736	0,3420	0,5000	0,6428	0,7660	0,8660	0,9397	0,9848
sin 4	0,0000	0,3420	0,6428	0,8660	0,9848	0,9848	0,8660	0,6428	0,3420
sin 6	0,0000	0,5000	0,8660	1,0000	0,8660	0,5000	0,0000	-0,5000	-0,8660
GG' sin 1	0,0000	0,1648	0,3283	0,4894	0,6467	0,7991	0,9454	1,0845	1,2154
b1 sin 2	0,0000	1,6316	3,2136	4,6979	6,0396	7,1977	8,1371	8,8292	9,2531
b2 sin 4	0,0000	0,5022	0,9439	1,2717	1,4462	1,4462	1,2717	0,9439	0,5022
b3 sin 6	0,0000	-0,1972	-0,3415	-0,3943	-0,3415	-0,1972	0,0000	0,1972	0,3415
GZ	0,0000	2,1015	4,1443	6,0647	7,7909	9,2457	10,3542	11,0548	11,3122
heel angle	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Lstatis [m]	0,0000	0,6405	1,2632	1,8485	2,3747	2,8181	3,1560	3,3695	3,4480
	0,0000	2,5621	1,2632	7,3941	2,3747	11,2724	3,1560	13,4780	3,4480
L _{dinamis}	0,0000	0,0556	0,1113	0,2161	0,3209	0,4043	0,4888	0,5365	0,5842
	0	0,0556	0,1669	0,3830	0,7039	1,1088	1,5975	2,1340	2,7182

45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0,7071	0,7660	0,8192	0,8660	0,9083	0,9397	0,9659	0,9848	0,9962	1,0000
1,0000	0,9848	0,9397	0,8660	0,7660	0,6428	0,5000	0,3420	0,1736	0,0000
0,0000	-0,3420	-0,6428	-0,8660	-0,9848	-0,9848	-0,8660	-0,6428	-0,3420	0,0000
-1,0000	-0,8660	-0,5000	0,0000	0,5000	0,8660	1,0000	0,8660	0,5000	0,0000
1,3370	1,4484	1,5488	1,6374	1,7136	1,7767	1,8263	1,8620	1,8836	1,8908
9,3959	9,2531	8,8292	8,1371	7,1977	6,0396	4,6979	3,2136	1,6316	0,0000
0,0000	-0,5022	-0,9439	-1,2717	-1,4462	-1,4462	-1,2717	-0,9439	-0,5022	0,0000
0,3943	0,3415	0,1972	0,0000	-0,1972	-0,3415	-0,3943	-0,3415	-0,1972	0,0000
11,1272	10,5408	9,6313	8,5028	7,2679	6,0286	4,8582	3,7902	2,8157	1,8908
45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
3,3916	3,2128	2,9356	2,5916	2,2153	1,8375	1,4808	1,1553	0,8582	0,5763
13,5882	3,2128	11,7425	2,5916	8,8611	1,8375	5,9231	1,1553	3,4329	0,5763
0,5863	0,5884	0,5494	0,5104	0,4485	0,3886	0,3230	0,2594	0,2048	0,1502
3,3044	3,8928	4,4422	4,9526	5,4011	5,7877	6,1107	6,3701	6,5749	6,7251

Lampiran II
“Daftar Harga Material”

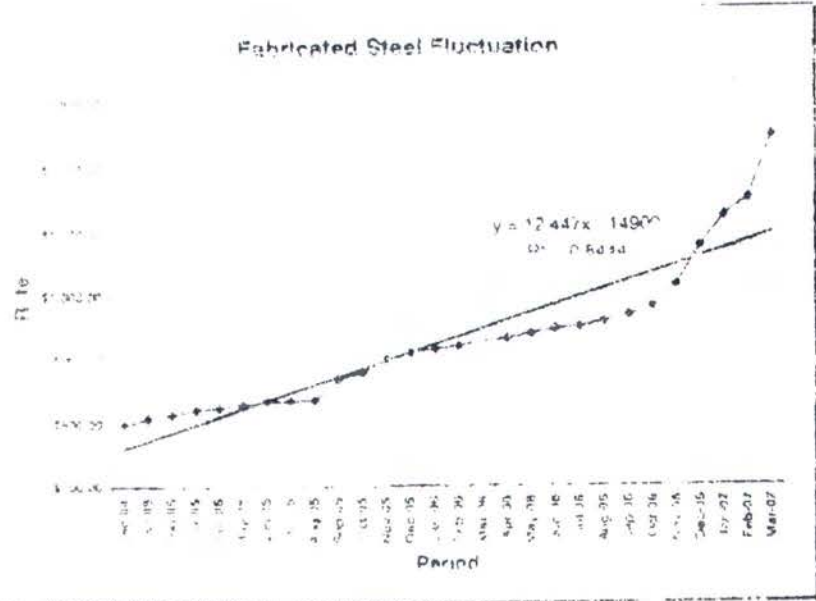


PT. PERKASA MELATI

Ship Building, Ship Repair and Marine Services
 Rte. 20, Dapur 12.5k Cipinang Sejahtera, Bekasi, Indonesia
 Tel: 62-218-7055 28 Fax: 62-218-7055 29X
 E-mail Address: PO BOX 196 BAKA@comcast

Table of Rate Fabricated Steel

No	Period	Rate US\$/mt
1	Dec-04	\$800.00
2	Jan-05	\$810.00
3	Feb-05	\$815.00
4	Mar-05	\$820.00
5	Apr-05	\$825.00
6	May-05	\$830.00
7	Jun-05	\$835.00
8	Jul-05	\$840.00
9	Aug-05	\$845.00
10	Sep-05	\$850.00
11	Oct-05	\$855.00
12	Nov-05	\$860.00
13	Dec-05	\$865.00
14	Jan-06	\$870.00
15	Feb-06	\$875.00
16	Mar-06	\$880.00
17	Apr-06	\$885.00
18	May-06	\$890.00
19	Jun-06	\$895.00
20	Jul-06	\$900.00
21	Aug-06	\$905.00
22	Sep-06	\$910.00
23	Oct-06	\$915.00
24	Nov-06	\$920.00
25	Dec-06	\$925.00
26	Jan-07	\$930.00
27	Feb-07	\$935.00
28	Mar-07	\$940.00



Summary

Fabricated steel starting by end 2004 to March 2007 has risen average 12.45%/MT

Notes

The ascending of rate is because of the following:

- a. steel price
- b. electrodes & gas cost
- c. inflation on wages etc

rudy

From: Azis <Azis@mbp.co.id>
To: rudy <rudy@mop.com>
Sent: Wednesday, May 30, 2007 6:05 PM
Subject: Re: Tolong pak

Pak Rudy,

Market 1 set 300 ft Standart Time Charter Bln: Rp 550 jt untuk bendera Indonesia dan bendera asing (Singaopre) lebih murah USD 52.000 dikarenakan Port disbursement untuk bendera asing lebih mahal

Berikut estimate market.time charter.
300 ft jumbo : Rp 600jt (BKI) USD 55.000 (Asing)
270 ft standart : Rp 450 jt (BKI)
230 ft standart : Rp 250 jt (BKI)

Time Charter : Fuel, fiv dibayar pencharter
Voyage Charter : Berdasarkan freight per tonnage, bahan bakar yg menvediakan owner.

Brngds

Azis M

-----Original Message-----
From: "rudy" <rudy@mop.com>
To: "Azis" <Azis@mbp.co.id>
Date: Wed, 30 May 2007 11:05:39 +0700
Subject: Tolong pak

- > Pak Azis,
- >
- > Pak. harga carter tip boat berapa. itungan per bulan apa per Voyage.
- > save peritu data untuk skins.
- > salamamuwin.
- >
- > best regards
- > Rudy

Lampiran III
“Denah Muara Sungai Barito”

PETA
DAERAH LINGKUNGAN
KERJA
DAN
DAERAH LINGKUNGAN
KEPENTINGAN
PELABUHAN BANJARMASIN

LAMPIRAN
SURAT KEPUTUSAN BERSAMA MENTERI
PERHUBUNGAN DAN
MENTERI DALAM NEGERI

NO : 14 TAHUN 1990
KM 17 TAHUN 1990

TGL : 14 FEBRUARI 1990

LEGENDA

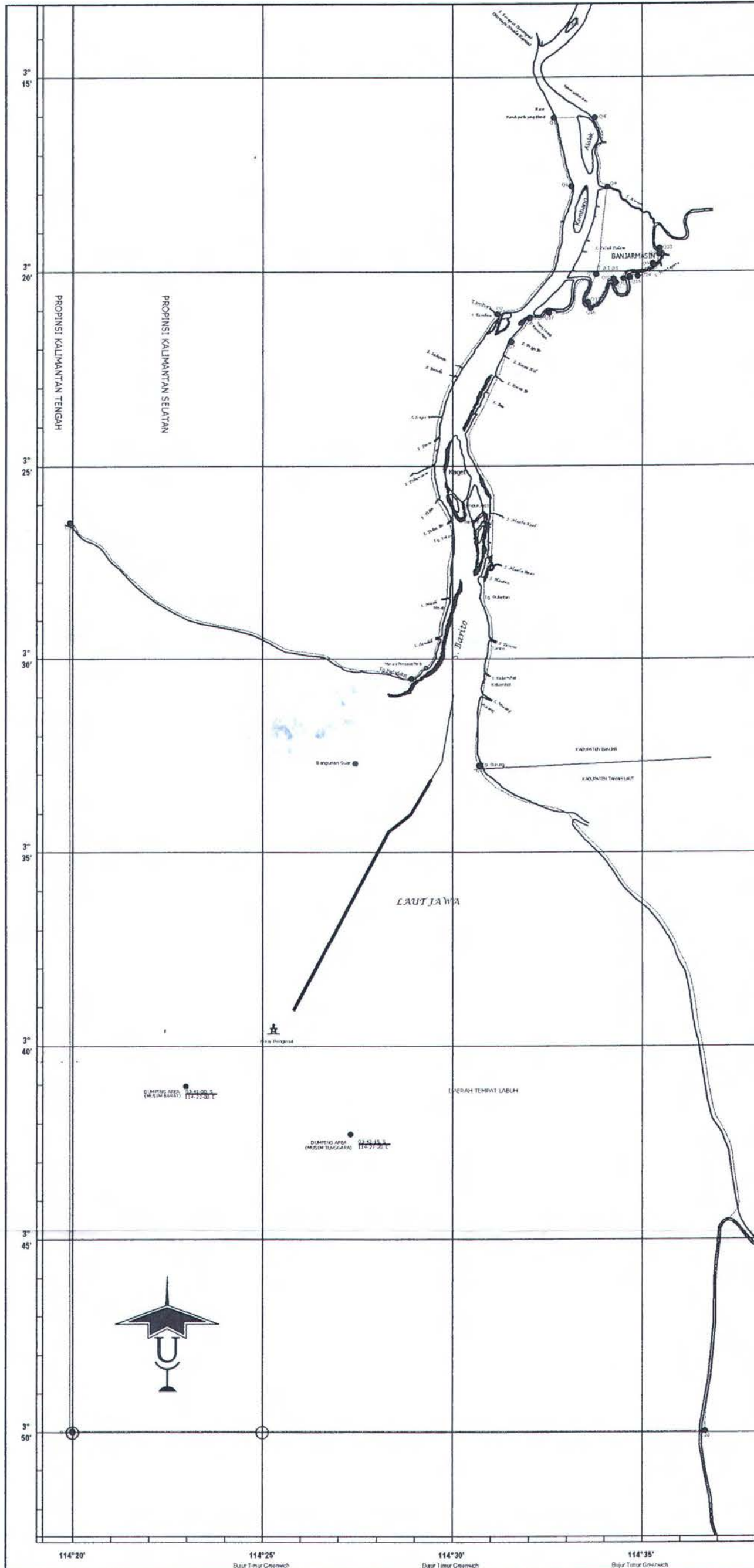
TITIK	KOORDINAT (GEOGRAFIS / WGS)	
	LINTANG SELATAN	BUJUR TIMUR
Q1'	03° - 15' - 55",0	114° - 32' - 45",0
Q1	03° - 17' - 41",2	114° - 33' - 12",7
Q2	03° - 20' - 59",6	114° - 31' - 15",2
Q3	03° - 30' - 25",9	114° - 28' - 58",4
Q4	03° - 17' - 42",4	114° - 34' - 10",0
Q4'	03° - 15' - 55",0	114° - 33' - 50",0
Q5	03° - 19' - 58",0	114° - 33' - 51",8
Q6	03° - 21' - 06",1	114° - 32' - 06",3
Q7	03° - 21' - 42",6	114° - 31' - 37",1
Q8	03° - 32' - 45",2	114° - 30' - 46",9
Q9	03° - 19' - 26",7	114° - 35' - 30",4
Q10	03° - 19' - 17",6	114° - 35' - 32",0
Q11	03° - 20' - 04",6	114° - 34' - 34",5
Q12	03° - 20' - 04",6	114° - 34' - 19",1
Q13	02° - 20' - 41",8	114° - 33' - 38",6
Q14	03° - 20' - 02",9	114° - 34' - 45",0
Q15	03° - 20' - 11",0	114° - 34' - 22",4
Q16	03° - 20' - 50",7	114° - 33' - 42",7
Q17	03° - 20' - 58",0	114° - 32' - 37",0
Q18	03° - 26' - 20",0	114° - 20' - 00",0
Q19	03° - 50' - 00",0	114° - 20' - 00",0
Q20	03° - 50' - 00",0	114° - 36' - 40",0

TITIK	KOORDINAT (UTM)	
	X	Y
Q1'	227.269	9.638.752
Q1	228.133	9.635.490
Q2	224.519	9.629.384
Q3	220.340	9.611.970
Q4	229.903	9.635.458
Q4'	229.277	9.638.758
Q5	229.351	9.631.290
Q6	226.098	9.629.188
Q7	225.199	9.628.064
Q8	223.702	9.607.698
Q9	232.394	9.632.260
Q10	232.444	9.632.538
Q11	230.671	9.631.090
Q12	230.195	9.631.088
Q13	228.947	9.629.942
Q14	230.995	9.631.144
Q15	230.298	9.630.892
Q16	229.074	9.629.670
Q17	227.046	9.629.440
Q18	203.690	9.619.482
Q19	203.819	9.575.834
Q20	234.690	9.575.926

SKALA :



PT (PERSERO) PELABUHAN INDONESIA III
CABANG BANJARMASIN



Lampiran IV
"Data Kecepatan Angin"

Data kecepatan, arah angin dan karakteristik perairan di kepulauan Indonesia
 Data diambil saat kondisi cuaca buruk (Juli 2005)

	Wind Speed (knot)	Wind Direction	Wave Height	Wave Speed	Wave length	Wave Period	
			h_w (m)	V_w (m/s)	L_w (m)	T_w (sec)	
POSITION TO TRANSVERSE LINE AND LONGITUDINAL LINE	90° - 95° BT, 10° - 5° LU	20	North West	2,108	4,548	13,248	2,91
	95° - 100° BT, 10° - 5° LU	15	North East	1,352	3,642	8,494	2,33
	100° - 105° BT, 10° - 5° LU	10	North East	0,723	2,662	4,540	1,71
	105° - 110° BT, 10° - 5° LU	5	North West	0,248	1,559	1,556	1,00
	110° - 115° BT, 10° - 5° LU	5	West	0,248	1,559	1,556	1,00
	115° - 120° BT, 10° - 5° LU	10	South West	0,723	2,662	4,540	1,71
	120° - 125° BT, 10° - 5° LU	10	North West	0,723	2,662	4,540	1,71
	125° - 130° BT, 10° - 5° LU	15	North West	1,352	3,642	8,494	2,33
	130° - 135° BT, 10° - 5° LU	10	North	0,723	2,662	4,540	1,71
	135° - 140° BT, 10° - 5° LU	10	West	0,723	2,662	4,540	1,71
	140° - 145° BT, 10° - 5° LU	10	South West	0,723	2,662	4,540	1,71
	145° - 150° BT, 10° - 5° LU	10	South West	0,723	2,662	4,540	1,71

Sumber : Badan Meteorologi Dan Geofisika Wilayah III

Data kecepatan, arah angin dan karakteristik perairan di kepulauan Indonesia
 Data diambil saat kondisi cuaca buruk (Juli 2005)

	Wind Speed (knot)	Wind Direction	Wave Height	Wave Speed	Wave length	Wave Period	
			h_w (m)	V_w (m/s)	L_w (m)	T_w (sec)	
POSITION TO TRANSVERSE LINE AND LONGITUDINAL LINE	90° - 95° BT, 5° - 10° LS	10	North West	0,723	2,662	4,540	1,71
	95° - 100° BT, 5° - 10° LS	5	North East	0,248	1,559	1,556	1,00
	100° - 105° BT, 5° - 10° LS	10	North	0,723	2,662	4,540	1,71
	105° - 110° BT, 5° - 10° LS	15	North	1,352	3,642	8,494	2,33
	110° - 115° BT, 5° - 10° LS	20	North	2,108	4,548	13,248	2,91
	115° - 120° BT, 5° - 10° LS	25	North	2,976	5,404	18,701	3,46
	120° - 125° BT, 5° - 10° LS	25	North	2,976	5,404	18,701	3,46
	125° - 130° BT, 5° - 10° LS	30	North	3,945	6,221	24,786	3,98
	130° - 135° BT, 5° - 10° LS	30	North East	3,945	6,221	24,786	3,98
	135° - 140° BT, 5° - 10° LS	30	North East	3,945	6,221	24,786	3,98
	140° - 145° BT, 5° - 10° LS	30	North East	3,945	6,221	24,786	3,98
	145° - 150° BT, 5° - 10° LS	30	North East	3,945	6,221	24,786	3,98

Sumber : Badan Meteorologi Dan Geofisika Wilayah III

Lampiran V

“*Price List* sewa satu set kapal tunda dan harga tongkang”


[Home](#) | [Sign In](#) | [Join Now](#) | [TradeManager](#) | [Inquiry Basket](#) | [Help](#)
[Buy](#) | [Sell](#) | [Community](#) | [My Alibaba](#)

Search all suppliers

[Home](#) > [Buy](#) > [Transportation](#) > [Boats & Ships](#) > [Tug Boat And Barge For Time Charter](#)

Tug Boat And Barge For Time Charter

[View Company](#)

[View Larger Picture](#)

Model No: TBB-TC-S-01-17Jun05
 Place of Origin: Indonesia
 Category: Boats & Ships
 Keywords: boat,


[Leave me a message](#)

Detailed Product Description

1. Tug Boat and Barge for Time Charter (Payment: 1 month advance payment and thereafter monthly payment)
 - 1.1. One unit tug boat year 2002 + 180 ft barge year 1999, position at Samarinda, rent price for domestic time charter USD 26,630/month.
 - 1.2. One unit tug boat year 1992 + 230 ft barge year 1995, position at Semarang, rent price for domestic time charter USD 31,000/month.
 - 1.3. One unit tug boat year 2001 + 230 ft barge year 1995, position at Banjarmasin, rent price for domestic time charter USD 31,000/month.
 - 1.4. One unit tug boat year 1997 + 270 ft barge year 1996, position at Sungai Danau, rent price for domestic time charter USD 52,750/month.
 - 1.5. One unit tug boat year 1996 + 270 ft barge year 1996, position at Banjarmasin, rent price for domestic time charter USD 52,750/month.
 - 1.6. One unit tug boat year 1998 + 270 ft barge year 1996, position at Surabaya, rent price for domestic time charter USD 52,750/month.
 - 1.7. One unit tug boat year 2004 + 300 ft barge year 2003, position at (ocean-going), rent price for ocean-going charter is USD 79,000/month, rent price for domestic time charter is USD 54,000/month.
2. Tug Boat and Barge for Sale (Buyer deposit of money with the amount of USD 55,000 and Seller deposit the letters - before survey to the field):
 - 2.1. One unit tug boat year 2005 (Jaya Prima 08), flag Indonesia, class BKI, speed 12 knot, navigation system complete, main engine Caterpillar 2 x 1,200 HP + 300 ft barge year 2005, flag Singapore, Sale Price for this one-set is USD 2,400,000.
 - 2.2. One unit tug boat year 2005 (Jaya Prima 08), flag Indonesia, class BKI, speed 12 knot, navigation system complete, main engine Caterpillar 2 x 1,200 HP + 300 ft barge year of built 1997 (rebuilt 2005), flag Singapore, Sale Price for this one-set is USD 1,903,000.
 - 2.3. One unit tug boat year 2005 (SR-Star), flag Indonesia, class BKI, speed 10 knot, navigation system complete, main engine Caterpillar-3412-671 x 2ea-500 kW, aux. engine Mitsubishi-4032-120 PS + 270 ft barge year 2002, flag Singapore, Sale Price for this one-set is USD 1,100,000.
 - 2.4. One unit tug boat year 2002 (DB-7), flag Indonesia, navigation system complete, main engine Niigata 1,200 RPM x 2ea, aux. engine 150HP x 2ea and 50kW x 2ea + 300 ft barge year 1995, flag Singapore, Sale Price for this one-set is USD 1,903,000.
 - 2.5. One unit tug boat year 2003 (Marindo Pacific VII), flag Indonesia, class BKI, navigation system complete, accommodation 15 persons, main engine Caterpillar D-398-DITA-1,000HP-1,450RPM x 2ea + 300 ft barge year 1995, flag Indonesia, Sale Price for this one-set is USD 1,903,000.



China Marine Industries Corp



WE CAN ARRANGE TO BUILD FOLLOWING NEW DECK BARGES AND TUGS FROM CHINA:

DECK BARGES (180' TYPE) -

LENGTH 180' (FEET)

BREADTH 50'

DEPTH 12'

DWT 1900T

CLASS ABS

SIDE PLATING 9 MM

BOTTOM PLATING 9 MM

DECK PLATING 12 MM

DELIVERY: ABOUT FIVE MONTHS AFTER SIGNING CONTRACT FOR THE FIRST BARGE, AN
INTERVAL OF 1 1/2 MONTHS FOR THE NEXT BARGE.

PRICE: INDICATED USD0.35MIL/EACH, SUBJECT TO FINAL CONFIRMATION

DECK BARGES (220' TYPE) -

LENGTH 220'

BREADTH 60'

DEPTH 14'

DRAFT 11'

DWT 3200 T

CLASS ABS

SIDE PLATING 9 MM

BOTTOM PLATING 9 MM

DECK PLATING 12 MM

DECK STRENGTH 1000 LBS/SQ.FT

DELIVERY: ABOUT FIVE MONTHS AFTER SIGNING CONTRACT FOR THE FIRST BARGE, AN
INTERVAL OF 1 1/2 MONTHS FOR THE NEXT BARGE.

PRICE: INDICATED USD0.49MIL/EACH, SUBJECT TO FINAL CONFIRMATION

DECK BARGE 270' TYPE -

LENGTH 270'

BREADTH 70'

DEPTH 16'

DRAFT 12'6"

CLASS ABS

SIDE PLATING 12 MM

BOTTOM PLATING 12 MM

DECK PLATING 12 MM

DELIVERY: ABOUT 5 1/2 MONTHS AFTER SIGNING CONTRACT FOR THE FIRST BARGE, AN
INTERVAL OF 2 MONTHS FOR THE NEXT BARGE.

PRICE: INDICATED USD0.76MIL/EACH, SUBJECT TO FINAL CONFIRMATION

DECK BARGE (300' TYPE) -

LENGTH 300'

BREADTH 70'

DEPTH 18'

DWT 6500T

CLASS ABS

SIDE PLATING 12 MM

BOTTOM PLATING 12 MM

DECK PLATING 14 MM

DECK STRENGTH 1500 LBS/SQ.FT

DELIVERY: ABOUT SIX MONTHS AFTER SIGNING CONTRACT FOR THE FIRST BARGE, AN INTERVAL OF 2 MONTHS FOR THE NEXT BARGE.

PRICE: INDICATED USD1.28MIL/EACH, SUBJECT TO FINAL CONFIRMATION

TUG BOATS (26.95M,2X600BHP TYPE) -

LENGTH 26.95M

BREADTH 7.8M

DEPTH 3.2M

DRAFT 2.6M

BV CLASS

F.O TANK 107T

FRESH WATER TANK 30T

FREE SPEED 12.5 KTS

M/E CUMMINS KTA19-M3, 2 X 600BHP EACH,1800RPM

TWO GEAR BOXES ZF BW191-1, RATIO 6.458:1

GENERATORS PERKINS-STAMFORD 40M X DGDB, 2 X 40 KW, 50 HZ

PROPELLER NOZZLES FITTED

BOLLARD PULL ABOUT 15T

DELIVERY: ABOUT 8 MONTHS AFTER SIGNING CONTRACT FOR THE FIRST TUG, AN INTERVAL OF 2 1/2 MONTHS FOR THE NEXT TUG.

PRICE: INDICATED USD0.86MIL/EACH, SUBJECT TO FINAL CONFIRMATION

TUG BOATS (26.95M,2X940BHP TYPE) -

LENGTH 26.95M

BREADTH 7.8M

DEPTH 3.2M

DRAFT 2.6M

BV CLASS

M/E CUMMINS KTA38-M, 2 X 940BHP EACH,1800RPM

TWO GEAR BOXES ZF BW451-1, RATIO 5.037:1

GENERATORS CUMMINS-ONAN 40MCGBA, 2 X 40 KW, 50 HZ

PROPELLER NOZZLES FITTED

BOLLARD PULL ABOUT 20T

DELIVERY: ABOUT 8 MONTHS AFTER SIGNING CONTRACT FOR THE FIRST TUG, AN INTERVAL OF 2 1/2 MONTHS FOR THE NEXT TUG.

PRICE: INDICATED USD1.25MIL/EACH, SUBJECT TO FINAL CONFIRMATION

TUG BOAT 27M TYPE-

LENGTH 27M

BREADTH 7.4M

DEPTH 3.31M

DRAFT 2.66M

BV CLASS

M/E CATERPILLAR MODEL 3512TA, 1 X 1280BHP, 1800 RPM

GEAR BOX NICO 827AV 7:1

GENERATORS DONG FENG 4105CF, 1 X 40HP

PROPELLER NOZZLE FITTED

BOLLARD PULL ABOUT 17T

DELIVERY: ABOUT 8 MONTHS AFTER SIGNING CONTRACT FOR THE FIRST TUG, AN INTERVAL OF 2 1/2 MONTHS FOR THE NEXT TUG.

PRICE: INDICATED USD0.65MIL/EACH, SUBJECT TO FINAL CONFIRMATION

TUG 23.8M TYPE-

LENGTH 23.8M

BREADTH 6.82M

DEPTH 3.63M

DRAFT 2.7M

HONG KONG MARINE DEPARTMENT CERTIFICATES

M/E CUMMINS KTA38M, 1 X 940BHP

GEAR BOX MAS701, RATIO 7.5:1

SHAFT GENERATOR 7.5KW

PROPELLER NOZZLE FITTED

BOLLARD PULL ABOUT 16T

DELIVERY: ABOUT 7 MONTHS AFTER SIGNING CONTRACT FOR THE FIRST TUG, AND AN
INTERVAL OF 2 MONTHS FOR THE NEXT TUG.

PRICE: INDICATED USD0.55MIL/EACH, SUBJECT TO FINAL CONFIRMATION

BEST REGARDS

LUM, MENG LIANG

For further details, mailto:Lum@ChinaMarineCorp.com

Back to the homepage of China Marine Industries Corp.

Our full style:

China Marine Industries Corp.

Address: 28C, 8 Taikoo Shing Rd., Taikoo Shing, Hong Kong

Tel: (852) 2568-1019

Email: Lum@ChinaMarineCorp.com

Homepage: <http://www.chinamarinecorp.com/>

PROPELLER NOZZLE FITTED

HOLLARD PULL ABOUT 16T

DELIVERY: ABOUT 7 MONTHS AFTER SIGNING CONTRACT FOR THE FIRST TUG, AND AN
INTERVAL OF 2 MONTHS FOR THE NEXT TUG.

PRICE: INDICATED USD0.55MIL/EACH, SUBJECT TO FINAL CONFIRMATION

BEST REGARDS

LUM, MENG LIANG

For further details, <mailto:Lum@ChinaMarineCorp.com>

Back to the homepage of China Marine Industries Corp.

Our full style:

China Marine Industries Corp.

Address: 28C, 8 Taikoo Shing Rd., Taikoo Shing, Hong Kong

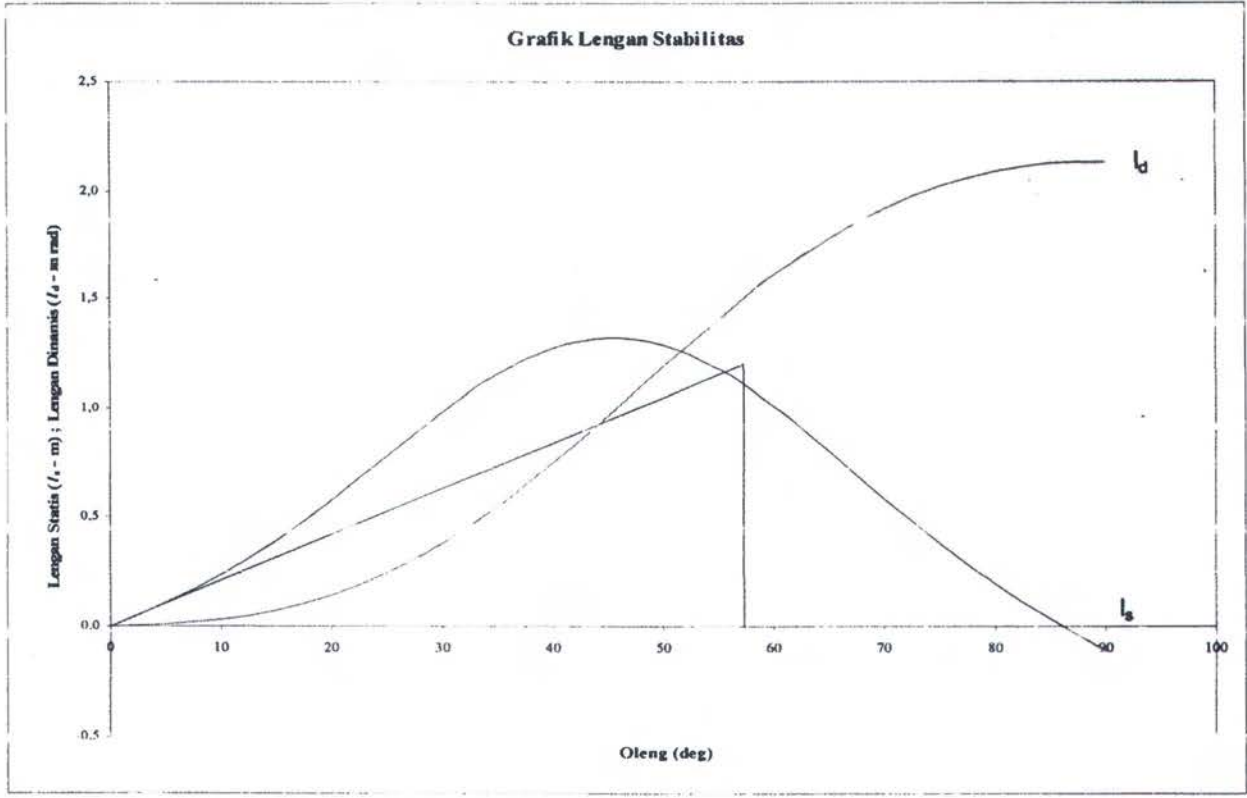
Tel: (852) 2568-1019

Email: Lum@ChinaMarineCorp.com

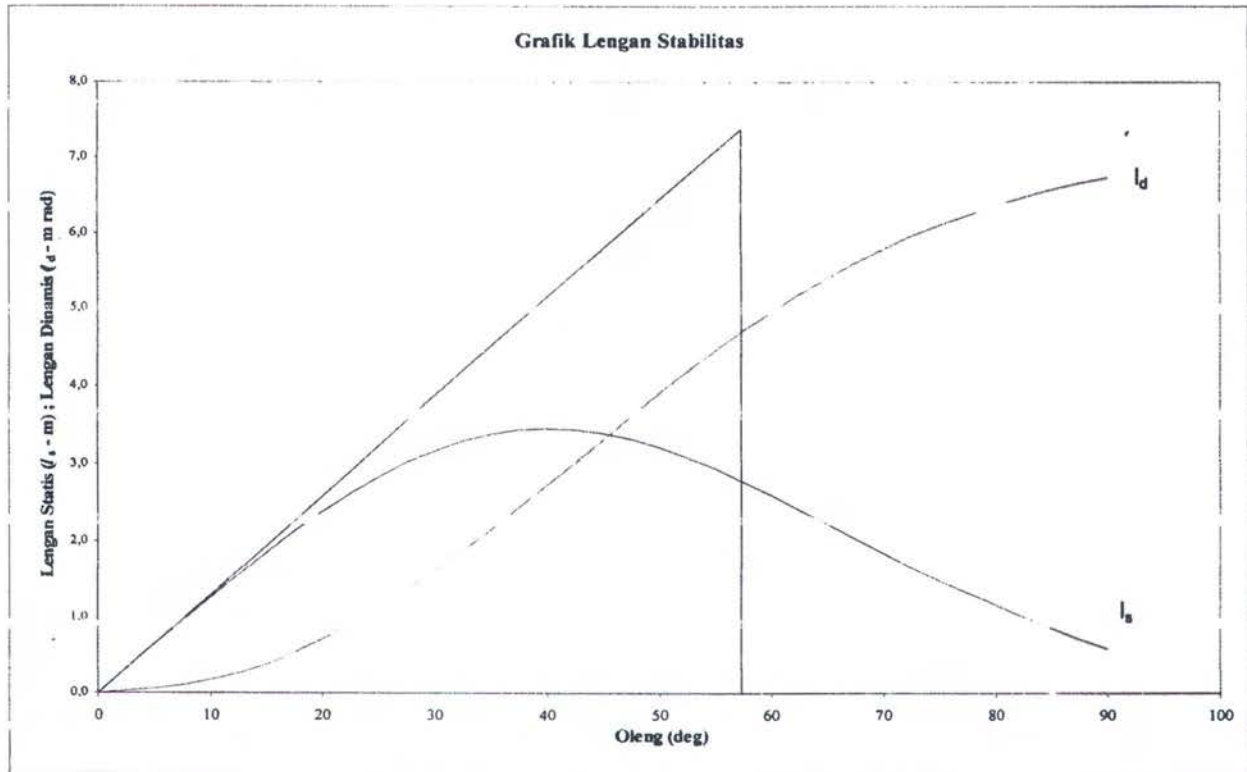
Homepage: <http://www.chinamarinecorp.com/>

Lampiran VI
“Kurva Stabilitas *Push Boat* dan Stabilitas Gabungan”

Stabilitas *push boat*



Stabilitas Gabungan



Lampiran VII
“*Lines Plan dan General Arrangement*”

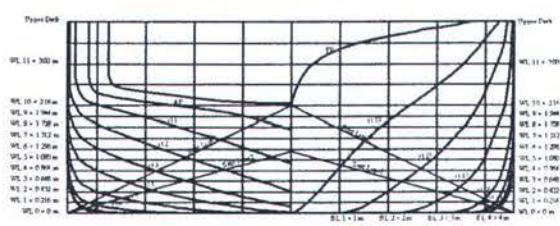
TABEL OF HALF BREADTH

WL (m)	AP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	FP
WL 0 = 0m	0	0	0	0	0	0	1.4297	3.4082	3.9016	3.9283	3.9253	3.9243	3.9233	3.8936	3.7938	3.3479	2.2672	1.1529	0.2640	0	0
WL 1 = 0.12m	0	0	0	0	3.8226	2.2296	3.5634	4.4187	4.5521	4.5452	4.5383	4.5324	4.5264	4.4839	4.3554	3.9490	3.1056	1.9172	0.8154	0.1068	0
WL 2 = 0.24m	0	0	0	0.4914	1.8964	3.3024	4.3761	4.5909	4.5919	4.5907	4.5877	4.5838	4.5808	4.5452	4.4365	4.1260	3.4457	2.2790	1.0678	0.2442	0
WL 3 = 0.36m	0	0	0	1.3407	2.7961	4.0093	4.5769	4.5915	4.5915	4.5915	4.5915	4.5915	4.5915	4.5690	4.4889	4.2615	3.7127	2.6370	1.2774	0.3817	0
WL 4 = 0.48m	0	0	0.6961	2.2128	3.5664	4.4276	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5858	4.5373	4.3752	3.9105	2.9682	1.5039	0.5290	0
WL 5 = 0.60m	0	0	1.5306	3.0354	4.1527	4.5808	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5937	4.5660	4.4592	4.0558	3.2618	1.7758	0.6862	0
WL 6 = 0.72m	0	0.7801	2.3888	3.7962	4.4740	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5956	4.5818	4.5165	4.1804	3.5288	2.1189	0.8681	0
WL 7 = 0.84m	0	1.6888	3.2846	4.3139	4.5887	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5877	4.5551	4.2970	3.7552	2.5183	1.1074	0
WL 8 = 0.96m	1.8420	3.2262	4.2100	4.5423	4.5927	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5907	4.5680	4.4048	3.9213	2.9296	1.4228	0
WL 9 = 1.08m	3.9035	4.2476	4.4810	4.5749	4.5927	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5927	4.5779	4.4582	4.0518	3.3123	1.8351	0
WL 10 = 1.20m	4.0548	4.3010	4.4928	4.5749	4.5927	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5947	4.5848	4.4948	4.1695	3.6208	2.3552	0
WL 11 = 1.32m	4.1872	4.4580	4.5709	4.5917	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5955	4.5901	4.5207	4.2519	3.5628	0.4885
WL 12 = 1.44m	4.1872	4.4580	4.5709	4.5917	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	4.5929	3.7268

HEIGHT FROM BASELINE

WL (m)	AP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	FP
WL 0 = 0m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 1 = 0.12m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 2 = 0.24m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 3 = 0.36m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 4 = 0.48m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 5 = 0.60m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 6 = 0.72m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 7 = 0.84m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 8 = 0.96m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 9 = 1.08m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 10 = 1.20m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 11 = 1.32m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 12 = 1.44m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

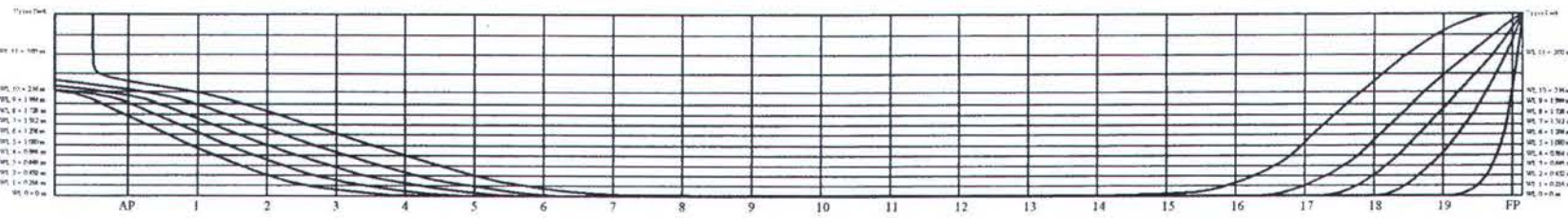
BODY PLAN



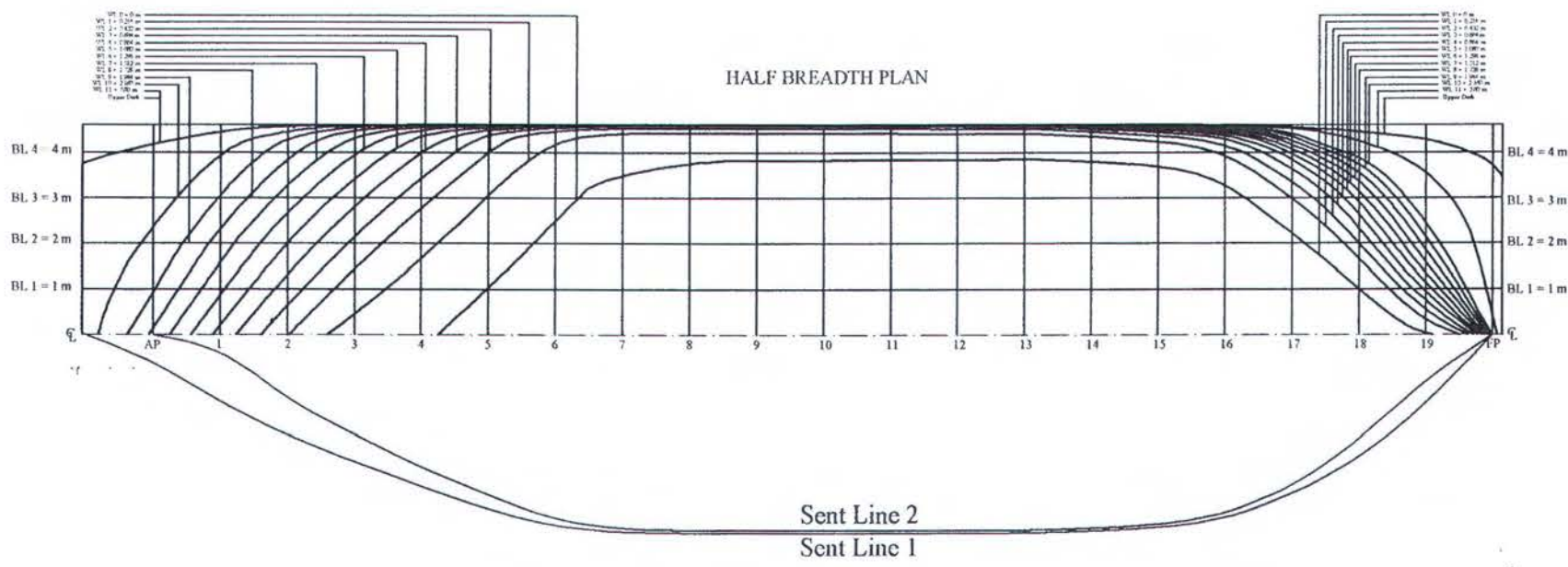
HEIGHT FROM BASELINE

WL (m)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	FP
WL 0 = 0m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 1 = 0.12m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 2 = 0.24m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 3 = 0.36m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 4 = 0.48m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 5 = 0.60m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 6 = 0.72m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 7 = 0.84m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 8 = 0.96m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 9 = 1.08m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 10 = 1.20m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 11 = 1.32m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL 12 = 1.44m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SHEER PLAN



HALF BREADTH PLAN



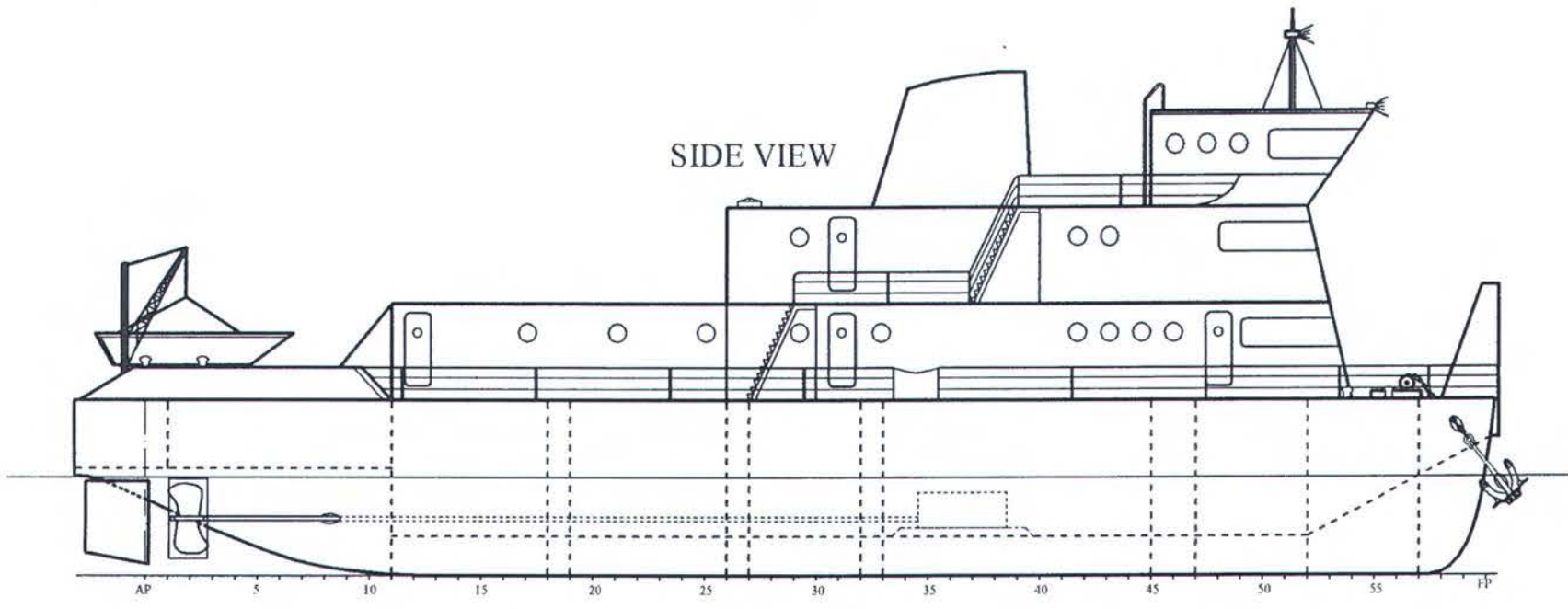
PRINCIPAL DIMENSIONS	
Type	Push Boat
L _{pp}	29,975 m
L _{wl}	31,489 m
H	3,8409 m
B _{mid}	9,185 m
T _{load}	2,1636 m
C _b	0,7455
V _{tunda}	6 knots
Crew	8 persons

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

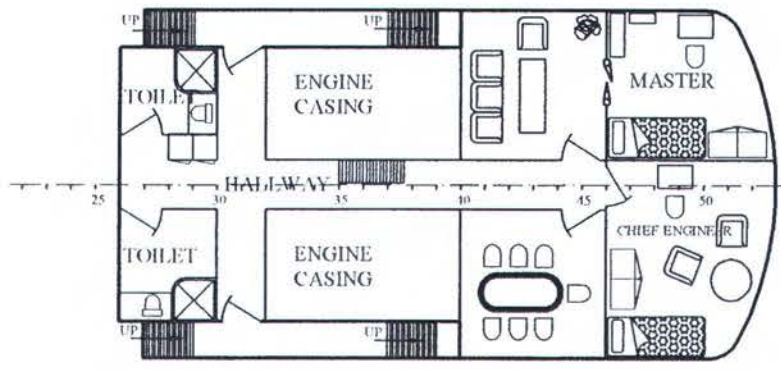
PUSH BOAT PERKASA

LINES PLAN

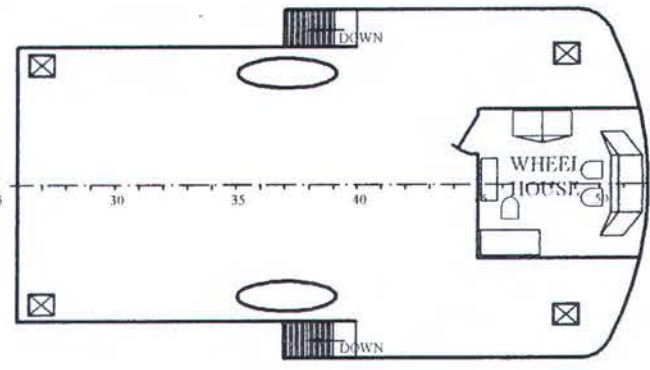
Scale	:	Date	Signed
Drawn by	:	Fajar Aribowo	
Approved by	:	Ir. Djanhar Masfaat, M.Sc., Ph.D.	



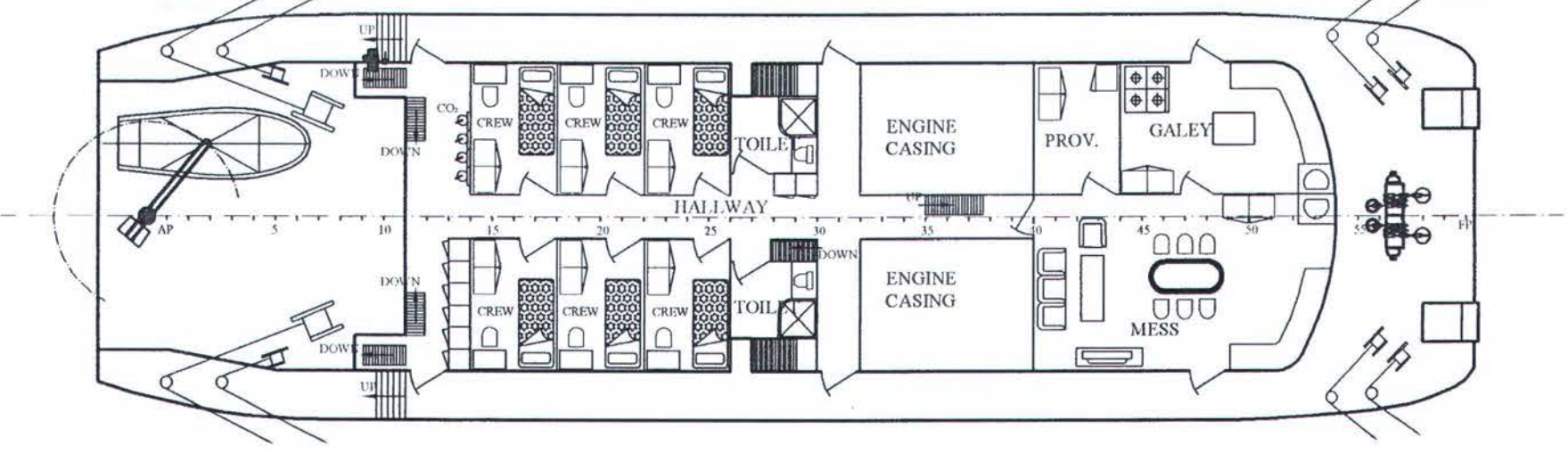
2nd DECK



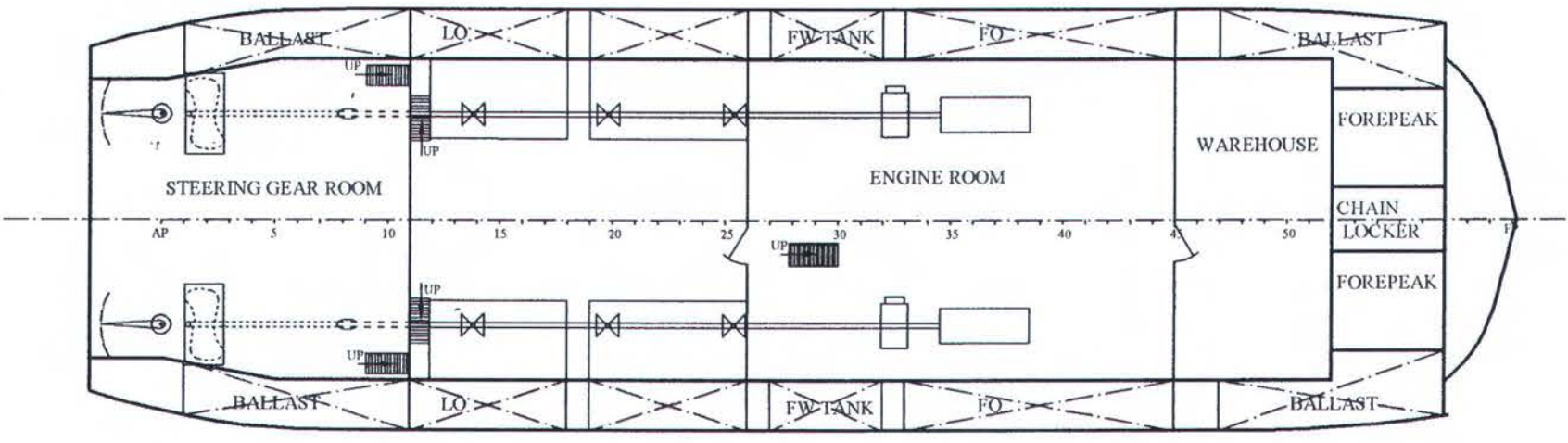
WHEEL HOUSE



MAIN DECK



BOTTOM STRUCTURE



PRINCIPAL DIMENSIONS	
Type	Push Boat
L _{pp}	29,975 m
L _{wl}	31,489 m
H	3,8409 m
B _{mid}	9,185 m
T _{oad}	2,1636 m
C _b	0,7455
V tunda	6 knots
Crew	8 persons

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN		
PUSH BOAT PERKASA		
GENERAL ARRANGEMENT		
Scale :	Date	Signed
Drawn by : Fajar Aribowo		
Approved by : Ir. Djahar Manfat, M.Sc., Ph.D.		

RIWAYAT PENULIS



Penulis bernama lengkap Fajar Aribowo tetapi biasa dipanggil Ari. Dilahirkan di kota yang aman tentram dan sentosa, kota Salatiga pada tanggal 19 April tahun 1983. Penulis adalah anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Djauhari dengan Swasdiyati. Masa kecil hingga SMU dilewati di kota Salatiga yang terletak di jantung propinsi Jawa Tengah dan memiliki area perbukitan yang indah dan sejuk serta tinggal di alamat Perum. Tegalrejo Permai IX/145 Salatiga, (0298) 328217.

Riwayat pendidikan dimulai dari SDN Tegalrejo I tahun 1989/1995, melanjutkan ke SMPN 1 Salatiga tahun 1995/1998, kemudian masuk SMUN 3 Salatiga tahun 1998/2001, dan masuk ITS melalui jalur UMPTN pada jurusan Teknik Perkapalan tahun 2001. Selama perkuliahan, penulis pernah melakukan kerja praktek, yaitu di Galangan Kapal PT.DKB cabang Semarang pada bulan Juli tahun 2004, dan kerja praktek kedua di BKI – Jakarta pada bulan Juli tahun 2005.

Selama masa kuliah, penulis juga pernah kerja magang di Kantor Direktorat Pajak Kota Surabaya, dan bekerja sebagai surveyor obyek pajak selama 6 bulan. Pernah memperoleh beasiswa BBM selama 1 tahun untuk masa periode 2005/2006. Mengerti bahasa Jerman secara pasif, karena penulis pernah mengikuti pelatihan bahasa Jerman selama 2 tahun di Goethe Institut Surabaya.