



**TUGAS AKHIR - MS141501**

**DESAIN KONSEPTUAL ADVANCED TUG BARGE UNTUK  
ANGKUTAN BATUBARA**

**KALYA DIWAKARRA**  
NRP 04411340000015

**DOSEN PEMBIMBING:**

**Dr. Eng. IG.N. SUMANTA BUANA, S.T., M.Eng.**  
**EKA WAHYU ARDHI, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**





---

**TUGAS AKHIR - MS 141501**

**DESAIN KONSEPTUAL ADVANCED TUG BARGE  
UNTUK ANGKUTAN BATUBARA**

**KALYA DIWAKARRA  
NRP 0441134000015**

**DOSEN PEMBIMBING:  
Dr. Eng. IG.N. SUMANTA BUANA, S.T., M.Eng.  
EKA WAHYU ARDHI, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**



**FINAL PROJECT - MS 141501**

## **Conceptual Design of Advanced Tug Barge for Carrying Coal**

**KALYA DIWAKARRA  
NRP 04411340000015**

**SUPERVISOR:  
Dr. Eng. I G.N. SUMANTA BUANA, S.T., M.Eng.  
EKA WAHYU ARDHI, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF MARINE TRANSPORTATION ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUTE OF TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**

# LEMBAR PENGESAHAN

## DESAIN KONSEPTUAL ADVANCED TUG BARGE UNTUK ANGKUTAN BATUBARA

### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program S1 Departemen Teknik Transportasi Laut  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:  
**Kalya Diwakarra**  
NRP. 0441134000015

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

Dosen Pembimbing 1



Dr. Eng. I G.N. Sumanta Buana, S.T., M.Eng.  
NIP. 19680804 199402 1 001

Dosen Pembimbing 2



Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.  
NIP. 19790525 201404 1 001

SURABAYA, JANUARI 2018

## LEMBAR REVISI

### DESAIN KONSEPTUAL ADVANCED TUG BARGE UNTUK ANGKUTAN BATUBARA

#### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai hasil sidang Ujian Tugas Akhir

Tanggal .....

Program S1 Departemen Teknik Transportasi Laut  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**KALYA DIWAKARRA**

N.R.P. 0441134000015

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Ir. Tri Achmadi, Ph.D.
2. Christino Boyke Surya Permana, S.T.,M.T.



.....  
.....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Eng. I G.N. Sumanta Buana, S.T., M.Eng.
2. Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.



.....  
.....

SURABAYA, JANUARI 2018

## KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala karunia yang diberikan tugas akhir penulis yang berjudul “Desain Konseptual *Advanced Tug Barge*”. Tugas ini dapat diselesaikan dengan baik berkat dukungan serta bantuan baik langsung maupun tidak langsung dari semua pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng.IG.N. Sumanta Buana, S.T., M.Eng.sebagai Dosen Pembimbing I dan BapakEka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.sebagai Dosen Pembimbing II, yang dengan sabar memberikan bimbingan, ilmu dan motivasi.
2. Seluruh dosen Jurusan Transportasi Laut dan seluruh dosen Jurusan Teknik perkapalan atas ilmu yang diberikan selama masa perkuliahan.
3. Teman-teman Teknik Transportasi Laut angkatan 2013 “ECSTASEA”, terima kasih atas pertemanan dan dukungan yang diberikan.
4. Staff Tata Usaha Departemen Teknik Transportasi Laut Pak Rahmat, Mas Tatak, dan Mas Sigit.
5. Bapak Rokhmad dan ibu Leni dari PT. POMI yang telah membimbing selama pengambilan data selama survei.
6. Keluarga penulis Ayah, ibu, kakak dan adik yang selalu memberikan dukungan, do’a dan kebutuhan baik moril dan materiil bagi penulis.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya. Serta tidak lupa penulis memohon maaf apabila terdapat kekurangan dalam laporan ini.

Surabaya, Januari 2018

Kalya Diwakarra

## **Desain Konseptual Advanced Tug Barge Untuk Angkutan Batubara**

Nama Mahasiswa : Kalya Diwakarra  
NRP : 0441134000015  
Departemen / Fakultas : Teknik Transportasi Laut / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Eng. IG.N. Sumanta Buana, S.T., M.Eng.  
2. Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.

### **ABSTRAK**

Suplai batubara terhadap PT. Paiton Energy sebagai pengelola pembangkit unit 3, 7 dan 8 di kompleks Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton harusnya tidak terjadi keterlambatan. Dikarenakan akan mengakibatkan terganggunya pasokan listrik khususnya di Pulau Jawadan Pulau Bali. Tugas Akhir ini bertujuan untuk merencanakan angkutan pengiriman batubara dari Pulau Kalimantan Tengah dan Kalimantan Timur dengan menggunakan metode optimisasi yang bertujuan untuk mencari ukuran utama kapal yang paling optimum dan dengan *unit cost* terendah serta penentuan pola operasi menggunakan *cyclic operation* yang akan meminimalkan jumlah penggunaan kapal tunda serta memperbanyak jumlah tongkang. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa *unit cost* untuk rute Adaro – Paiton sebesar Rp 151.662 dengan penggunaan enam tongkang serta empat kapal tunda dan rute pengiriman dari Kideco – Paiton sebesar Rp 181.580 dengan penggunaan tujuh tongkang serta lima kapal tunda.

**Kata kunci:** *optimisasi, minimum unit cost, cyclic operation*



## **Conceptual Design Of Advanced Tug Barge For Carrying Coal**

Author : Kalya Diwakarra  
ID No. : 04411340000015  
Department / Faculty : Marine Transportation Engineering / Marine  
Technology  
Supervisors : 1. Dr. Eng.IG.N. Sumanta Buana, S.T., M.Eng.  
2.Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.

### **ABSTRACT**

The supply of coal to PT. Paiton Energy as an operator of power plant unit 3, 7 and 8 in the Paiton Steam Power Plant cannot be late, otherwise this will result a disruption in electricity supply in particular for the island of Java and island of Bali. This Final Project aims to plan for freight shipping coal from Central Kalimantan and East Kalimantan using optimization method which aims to find the size of the main ship with most optimum and lowest unit cost as well as the determination of the operating pattern of using cyclic operation that will minimize the amount use of tug boat dan increase the number of barge. The result of this research show the unit cost for route Adaro – Paiton is 151.662 rupiahs with use of six barges and four tug boats and shipping route from Kideco – Paiton is 181.580 rupiahs with use of seven barges and five tug boats.

**Keywords: Optimization, minimum unit cost, cyclic operation**

## DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan.....	i
Lembar revisi.....	ii
Kata Pengantar.....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
Daftar Isi.....	vi
Daftar Gambar .....	x
Daftar Tabel.....	xii
Bab 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan .....	3
1.5. Manfaat .....	3
1.6. Hipotesis .....	3
1.7. Sistematika Penulisan Tugas Akhir .....	3
BAB 2    TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Kapal Tunda.....	5
2.1.1. Jenis-Jenis Kapal Tunda .....	6
2.1.2. Karakteristik Kapal Tunda.....	7
2.2. Tongkang .....	8
2.2.1. Jenis-jenis Tongkang .....	9
2.3. Kombinasi Kapal Tunda dan Tongkang .....	10
2.3.1. Mendorong dengan Menarik .....	11
2.3.2. Koneksi Mekanis Dengan Tali Sambungan .....	12
2.4. Sejarah Dibuatnya Kombinasi Kapal Tunda – Tongkang .....	13

2.5.	Perbandingan Operasional Kapal.....	14
2.5.1.	Cyclic Operation.....	14
2.5.2.	Jenis <i>Cyclic Operation</i> .....	16
2.5.3.	Pembangunan Sistem <i>Cyclic Operation</i> .....	18
2.5.4.	Pertukaran Tongkang di Pelabuhan Tujuan.....	19
2.5.5.	Pola Operasi Kapal Tunda dan Tongkang Konvensional.....	20
2.6.	Penentuan Ukuran Utama Kapal.....	21
2.7.	Perbatubaraan Indonesia .....	22
2.7.1.	Industri Pertambangan Batubara .....	23
2.7.2.	Potensi Sumber Daya, Cadangan dan Kualitas .....	24
2.7.3.	Produksi Batubara .....	25
2.7.4.	Ekspor Batubara .....	26
2.7.5.	Penggunaan Batubara di Indonesia .....	28
2.8.	Tinjauan Desain Kapal.....	28
2.8.1.	Ukuran Utama Kapal .....	30
2.8.2.	Perhitungan Hambatan Kapal.....	32
2.8.3.	Perhitungan Berat Kapal.....	33
2.8.4.	Stabilitas .....	33
2.8.5.	Perhitungan <i>Freeboard</i> .....	35
2.9.	Biaya Transportasi Laut.....	36
2.9.1.	Capital Cost .....	36
2.9.2.	Biaya Operasional.....	39
2.9.3.	Biaya Pelayaran ( <i>voyage cost</i> ).....	41
2.9.4.	Biaya Bongkar Muat ( <i>cargo handling cost</i> ).....	42
2.10.	Optimasi .....	43
2.10.1.	<i>Linear Programming</i> .....	44
2.11.	Arena .....	45
Bab 3	METODOLOGI.....	47
3.1.	Diagram Alir Penelitian .....	47

3.1.1.	Tahap Identifikasi Masalah .....	48
3.1.2.	Tahap Studi Literatur .....	48
3.1.3.	Tahap Pengumpulan Data.....	48
3.1.4.	Tahap Pengolahan Data .....	49
3.1.5.	Tahap Analisis Data dan Pengembangan Konsep .....	49
3.1.6.	Tahap Perencanaan Pola Operasi .....	49
3.1.7.	Tahap Analisis Biaya.....	49
3.1.8.	Tahap Desain Konseptual.....	49
3.1.9.	Kesimpulan dan Saran .....	49
3.2.	Diagram Alir Desain Kapal .....	50
3.2.1.	Analisis Kebutuhan Ruang .....	51
3.2.2.	Perhitungan Teknis Kapal .....	51
3.2.3.	Desain Badan Kapal Menggunakan <i>Maxsurf</i> .....	51
3.2.4.	Desain Rencana Garis dan Rencana Umum .....	51
BAB 4	GAMBARAN UMUM.....	51
4.1.	Pulau Kalimantan.....	53
4.2.	PLTU Paiton .....	54
4.3.	Profil Perusahaan PT. Paiton Energy.....	56
4.4.	Perusahaan Penyuplai Batubara.....	59
4.4.1.	Profil Perusahaan PT. Adaro Energy Tbk. ....	59
4.4.2.	Profil Perusahaan PT. Kideco Jaya Agung.....	60
4.5.	Kondisi Pengiriman Batubara Saat Ini.....	60
4.5.1.	Dermaga Paiton Energy.....	62
4.5.2.	Alat Angkut Saat Ini .....	63
4.5.3.	Proses Sandar Kapal .....	66
4.5.4.	Tarif Muatan per Satuan Ton.....	67
BAB 5	Analisis dan Pembahasan .....	71
5.1.	Skenario Pengiriman Batubara .....	72
5.2.	Analisis Permintaan Batubara.....	72

5.3.	Desain Kapal .....	73
5.3.1.	Penentuan Ukuran Utama .....	73
5.3.2.	Perhitungan Koefisien .....	74
5.3.3.	Perhitungan Hambatan .....	75
5.3.4.	Perhitungan Daya Mesin .....	76
5.3.5.	Perhitungan Berat Kapal.....	76
5.3.6.	Perhitungan Tonasse Kapal .....	77
5.3.7.	Perhitungan Stabilitas .....	78
5.3.8.	Rencana Garis.....	79
5.3.9.	Rencana Umum .....	81
5.4.	Analisis Biaya Membuat Kapal .....	82
5.4.1.	Capital Cost .....	83
5.4.2.	Biaya Bongkar Muat.....	84
5.4.3.	<i>Voyage Cost</i> .....	84
5.4.4.	Biaya Operasi .....	85
5.5.	<i>Cyclic Operation</i> .....	86
BAB 6	Kesimpulan dan Saran.....	90
6.1.	Kesimpulan .....	90
6.2.	Saran .....	90
	Daftar Pustaka .....	92
	LAMPIRAN .....	94

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 - 1. Gambaran PT. POMI.....	1
Gambar 2 - 1. Kapal Tunda Milik Kirby Transportation. ....	5
Gambar 2 - 2. Bagian-Bagian Kapal Tunda. ....	7
Gambar 2 - 3. Kombinasi Kapal Tunda Yang Menarik Tongkang. ....	8
Gambar 2 - 4. ATB 550 Class. ....	10
Gambar 2 - 5. <i>Cyclic Operation</i> Dengan Kombinasi 2 Kapal Tunda dan 4 Tongkang.....	16
Gambar 2 - 6. <i>Cyclic Operation</i> Dengan Kombinasi 3 Kapal Tunda dan 5 Tongkang.....	17
Gambar 2 - 7. <i>Cyclic Operation</i> Dengan Kombinasi 3 Kapal Tunda dan 5 Tongkang.....	17
Gambar 2 - 8. <i>Cyclic Operation</i> Dengan Kombinasi 3 Kapal Tunda dan 5 Tongkang.....	18
Gambar 2 - 9. Pertukaran Tongkang di Terminal Tujuan. ....	20
Gambar 2 - 10. Distribusi Sumber Daya Batubara Indonesia. ....	24
Gambar 2 - 11. Perkembangan Produksi Batubara Indoensia Menurut Kelompok Ijin Usaha. .....	26
Gambar 2 - 12. Perkembangan Ekspor Batubara Indonesia. ....	27
Gambar 2 - 13. Perkembangan Konsumsi Batubara.....	28
Gambar 2 - 14. Basic Design Spiral Evans 1959. ....	29
Gambar 2 - 15. Kondisi Stabilitas Positif. ....	34
Gambar 2 - 16. Kondisi Stabilitas Netral. ....	34
Gambar 2 - 17. Kondisi Stabilitas Negatif. ....	35
Gambar 3 - 1. Diagram Alir Penelitian.....	48
Gambar 3 - 2. Diagram Alir Desain Kapal. ....	51
Gambar 4 - 1. Topografi Pulau Kalimantan. ....	54
Gambar 4 - 2. Salah Satu Sudut Komplek PLTU Paiton.....	55
Gambar 4 - 3. Informasi Teknis PLTU Unit 7 dan 8.....	56
Gambar 4 - 4. Informasi Teknis PLTU Unit 3. ....	57
Gambar 4 - 5. Produksi Batubara PT. Kideco Jaya Agung. ....	60
Gambar 4 - 6. Rute 1 Pengiriman Batubara Dari PT. Adaro Energy. ....	61

Gambar 4 - 7. Rute 2 Pengiriman Batubara Dari PT. Kideco Jaya Agung. ....	62
Gambar 4 - 8. Pola Operasi Pengiriman Saat Ini.....	62
Gambar 4 - 9. Proses Bongkar di Dermaga Paiton Energy. ....	63
Gambar 4 - 10. Proses Pemuatan Batubara di atas Tongkang.....	64
Gambar 4 - 11. Pulau Kangean.....	65
Gambar 4 - 12. Pola Operasi Untuk Antisipasi. ....	66
Gambar 4 - 13. Proses Penyandaran Kapal di Dermaga Paiton Energy.....	67
Gambar 4 - 14. Kondisi Fender Dermaga.....	67
Gambar 4 - 15. Grafik Tarif Muatan Per Satuan Ton.....	68
Gambar 5 - 1. Tampilan Solver. ....	74
Gambar 5 - 2. Rencana Garis Kapal Tunda.....	80
Gambar 5 - 3. Rencana Garis Tongkang. ....	80
Gambar 5 - 4. Rencana Umum Kapal ATB.....	81
Gambar 5 - 5. Perbandingan Unit Cost. ....	82
Gambar 5 - 6. Pola Operasi Dengan Metode Cyclic Operation. ....	86
Gambar 5 - 7. Jumlah Tongkang Pada Model Simulasi Arena. ....	87
Gambar 5 - 8. Model Simulasi Arena.....	87

## DAFTAR TABEL

Tabel 2 - 1. Negara Dengan Cadangan Batubara Terbesar. ....	23
Tabel 2 - 2. Kualitas Dan Sumber Daya Batubara Indonesia.....	25
Tabel 4 - 1. Permintaan Batubara PT. Paiton Energy.....	58
Tabel 4 - 2. Produksi Batubara Oleh PT. Adaro Energy Tbk.....	59
Tabel 4 - 3. Data Gelombang Laut Jawa .....	65
Tabel 4 - 4. Ringkasan Biaya dan Spesifikasi Kapal.....	68
Tabel 4 - 5. Ringkasan Biaya dan Spesifikasi Kapal.....	69
Tabel 5 - 1. Kebutuhan Batubara oleh PLTU.....	73
Tabel 5 - 2. Ukuran Utama Tongkang .....	74
Tabel 5 - 3. Perhitungan Berat Kapal Kosong .....	77
Tabel 5 - 4. Perhitungan Berat Mati Tongkang. ....	77
Tabel 5 - 5. Perhitungan Tonasse Kapal.....	78
Tabel 5 - 6. Perhitungan Stabilitas.....	78
Tabel 5 - 7. Ukuran Utama Kapal Tunda dan Tongkang .....	79
Tabel 5 - 8. Biaya Pengadaa Kapal. ....	83
Tabel 5 - 9. Tarif Bongkar Dari Masing-Masing Asal. ....	84
Tabel 5 - 10. Biaya Pelayaran.....	84
Tabel 5 - 11. Perhitungan Biaya Operasional.....	86
Tabel 5 - 12. Perbandingan Frekuensi Tongkang dan Kapal Tunda. ....	88
Tabel 5 - 13. Hasil Simulasi Dengan Arena. ....	88



# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber daya energi yang berlimpah dan beragam, salah satunya yaitu batubara. Batubara menjadi sumber energi utama untuk pembangkit listrik. Lebih dari 39 persen dari seluruh listrik dihasilkan oleh pembangkit listrik bertenaga batubara karena jumlahnya yang berlimpah, proses ekstraksinya yang relatif mudah dan murah, serta persyaratan-persyaratan infrastruktur yang lebih murah dibandingkan dengan sumberdaya energi lainnya. Berdasarkan laporan Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), cadangan batu bara Indonesia mencapai 28,4 miliar ton sampai semester pertama 2017 dan sebagian besar batubara tersebut terdapat di Kalimantan. Kalimantan memang menjadi primadona tambang batubara di tingkat nasional untuk mencukupi permintaan PLTU(ESDM, 2011).



**Gambar 1 - 1.** Gambaran PT. POMI.

Sumber: <https://www.google.co.id/maps/>

Penggunaan batubara di PLTU meningkat rata-rata 13% padasetiap tahunnya. PT. Paiton Energy merupakan salah satu perusahaan *Independent Power Producer* (IPP) yang beroperasi di PLTU Paiton. Paiton Energy memiliki 3 pembangkit yaitu pembangkit unit 3, 7

dan 8. Setiap tahunnya Paiton Energy menghasilkan total kapasitas listrik sebesar 13.500 Gwh atau menyumbang 10% dari kebutuhan listrik di Pulau Jawa. PT. POMI sebagai anak perusahaan dari PT. Paiton Energy adalah sebagai perusahaan operasional untuk menjalankan 3 unit pembangkit. Setiap tahunnya 7 sampai 8 juta ton batubara dibutuhkan untuk menghasilkan listrik sesuai dengan kapasitas pembangkit yang dimiliki (POMI, 2017).

Pengiriman batubara untuk mencukupi kebutuhan listrik Indonesia membutuhkan alat angkut yang memadai agar pasokan listrik tidak tersendat karena pasokan batubara yang terlambat datang. Saat ini pengiriman batubara rata-rata masih menggunakan kapal tunda dengan menarik tongkang. Penggunaan kapal tunda jenis ini memiliki beberapa kendala diantaranya sulitnya pengoperasian kapal karena kondisi perairan di Indonesia terutama untuk daerah-daerah yang memiliki tikungan tajam dan berarus serta faktor cuaca yang menjelang akhir tahun ketinggian gelombang di laut t Jawa bisa menyentuh angka 2,8 m. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan solusi mengenai kapal yang sesuai yaitu menggunakan kapal jenis *Advanced Tug Barge* (ATB). Kelebihan yang dimiliki kapal ATB adalah *Push Boat* dan *Barge* yang terikat menjadi satu kesatuan sehingga lebih mudah dalam bermanuver dan pergerakan *Barge* dapat lebih terkendali di daerah berarus karena *Barge* bergerak sesuai pergerakan *Push Boat*. Tugas Akhir ini diharapkan dapat menjadi referensi desain konseptual kapal *Advanced Tug Barge* sebagai solusi alat transportasi pengiriman batu bara dari pulau Kalimantan ke pulau Jawa. Perancangan kapal ini diawali dengan penentuan kebutuhan batubara dari setiap tahunnya dan batasan kedalaman serta fasilitas pelabuhan dimana kapal tersebut beroperasi.

## 1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penulisan Tugas Akhir ini, sebagai berikut :

1. Bagaimana pola operasi pengiriman batubara saat ini dari pulau Kalimantan ke pulau Jawa ?
2. Bagaimana pola operasi pengiriman batubara dari Kalimantan ke pulau Jawa yang menghasilkan *unit cost* termurah?
3. Bagaimana desain konseptual kapal *Tug Barge* yang sesuai dengan permasalahan cuaca yang dihadapi setiap menjelang akhir taun ?

### **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Penelitian dilakukan di pelabuhan milik PT. Paiton Energy.
2. Desain konseptual terbatas pada penentuan ukuran utama dan rencana umum tidak meliputi perhitungan konstruksi dan kekuatan.
3. Tidak memperhitungkan suplai menggunakan tipe kapal selain kapal tug barge.

### **1.4. Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai dari Tugas Akhir ini, sebagai berikut :

1. Mengetahui kondisipelayaran saat ini.
2. Mengetahui pola operasi pengiriman batubara dari Kalimantan ke pulau Jawa yang menghasilkan *unit cost* termurah.
3. Mengetahui desain konseptual kapal *Tug Barge* yang paling sesuai untuk pengiriman batubara.

### **1.5. Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah adanya inovasi baru dalam desain kapal tunda dan tongkang yang lebih aman dan sesuai dalam pengiriman batubara. Desain kapal tersebut juga dapat digunakan sebagai referensi inovasi kapal tunda dan tongkang yang akan datang untuk pengiriman batubara.

### **1.6. Hipotesis**

*Advanced Tug Barge* mampu memenuhi kebutuhan batubara PT. Paiton Energy yang mengelola pembangkit unit 3, 7 dan 8 dengan menggunakan pola operasi *cyclic operation*.

### **1.7. Sistematika Penulisan Tugas Akhir**

LEMBAR JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR

ABSTRAK

ABSTRACT

DAFTAR ISI

## DAFTAR GAMBAR

## DAFTAR TABEL

### BAB 1 PENDAHULUAN

Berisikan konsep penyusunan tugas akhir meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, hipotesis dan sistematika penulisan.

### BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan teori-teori yang mendukung dan relevan dengan penelitian yang dilakukan. Teori tersebut dapat berupa penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya seperti Jurnal, Tugas Akhir, Tesis, dan Literatur lain yang relevan dengan topik penelitian.

### BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan langkah-langkah atau kegiatan dalam pelaksanaan tugas akhir yang mencerminkan alur berpikir dari awal pembuatan tugas akhir sampai selesai, dan proses pengumpulan data-data yang menunjang pengerjaan.

### BAB 4 GAMBARAN UMUM

Berisikan penjelasan mengenai lokasi kondisi objek pengamatan secara umum, selain itu beberapa data yang telah diperoleh selama masa survei dan telah diolah akan dijelaskan di dalam bab ini.

### BAB 5 ANALISA DAN PEMBAHASAN

Berisikan tentang perhitungan analisis untuk mencari ukuran utama kapal dengan metode optimisasi dan membuat sebuah pola operasi sesuai dengan metode cyclic operation agar menghasilkan *unit cost* terendah.

### BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan hasil analisis dalam bentuk ukuran utama kapal, jumlah tongkang dan kapal tunda serta jumlah frekuensi dari tongkang dan kapal tunda dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut yang berkaitan dengan materi yang terdapat di dalam tugas akhir.

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab Tinjauan Pustaka ini menjelaskan teori dasar yang menunjang Tugas Akhir, termasuk gambaran dari kapal Tunda dan Tonkang, gambaran mengenai *Advance Tug Barge* dan pola operasinya, perbatubaraan Indonesia, tinjauan operasi kapal, tinjauan desain kapal sertabiaya transportasi laut.

### 2.1. Kapal Tunda

Tugboat merupakan kapal yang digunakan khusus untuk menarik atau mendorong kapal di perairan pelabuhan, laut lepas atau melalui sungai, dan terusan. Secara umum, kapal tunda atau tuboat diperlukan untuk membantu menyandarkan kapal ke dan dari dermaga, sesuai dengan kemampuan tenaga pendorong dan peruntukannya yang ditetapkan oleh syahbandar. Kapal tugboat memiliki sumber tenaga penggerak sendiri (*self propelled*), tentunya akan lebih aman dan mudah diarahkan untuk menghadapi cuaca buruk dibandingkan dengan kapal lain yang tidak memiliki mesin penggerak.



**Gambar 2 - 1.** Kapal Tunda Milik Kirby Transportation.

Sumber: <http://www.nicholsboats.com>

Kapal tunda memiliki kemampuan manuver yang tinggi, tergantung dari unit penggerak. Kapal Tunda dengan penggerak konvensional memiliki baling-baling di belakang, efisien untuk menarik kapal dari pelabuhan ke pelabuhan lainnya. Jenis penggerak lainnya sering disebut *Schottel propulsion system (azimuth thruster/Z-peller)* di mana baling-baling di bawah kapal dapat bergerak 360° atau sistem propulsi Voith-Schneider yang menggunakan semacam pisau di bawah kapal yang dapat membuat kapal berputar 360°(Wikidepia.org, 2017).

Kapal Tunda memiliki fungsi utama sebagai berikut:

1. Menarik atau mendorong kapal-kapal besar yang kesulitan bersandar di dermaga.
2. Membantu proses *mooring* dan *unmooring* kapal *Tanker*.
3. Memantau kondisi cuaca di sekitar pelabuhan
4. Menanggulangi minyak tumpah (*oil spil*).
5. Membantu menyuplai minyak dari kilang minyak (*Ocean going tug*).
6. Kapal pencari dan penyelamat (*salvage operation*).

Kapal tunda juga memiliki beberapa karakteristik. Salah satunya adalah kapal tunda sering diklasifikasikan melalui daya mesinnya. Karena dengan ukurannya yang relatif kecil kapal tunda memiliki daya yang sangat besar. Kapal tunda digunakan untuk membantu kapal besar yang kesulitan untuk sandar di dermaga, sehingga kapal tunda harus memiliki daya Tarik dan dorong yang tinggi. Dimana kapal tunda pada umumnya memiliki 2 penggerak atau *propelleryang* mendapatkan tenaga dari 2 mesin utama sebagai penggerak. Beberapa klasifikasi kapa tunda antara lain berukuran Panjang 29 meter dengan kekuatan mesin 2 x 1200 HP, ukuran 27 meter dengan kekuatan mesin 2 x 829 HP, ukuran 24 meter dengan kekuatan mesin 2 x 659 atau 2 x 600 HP dan juga tug boat 2 x 1000. Kapal tunda dengan Gross Tonnage 100 memiliki tenaga sampai *ribuan Horse Power*.

### **2.1.1. Jenis-Jenis Kapal Tunda**

Secara garis besar kapal tunda memiliki 3 jenis dan dibagi sesuai dengan daerah kerjanya. Di bawah ini akan dijelaskan beberapa jenis dan fungsinya.

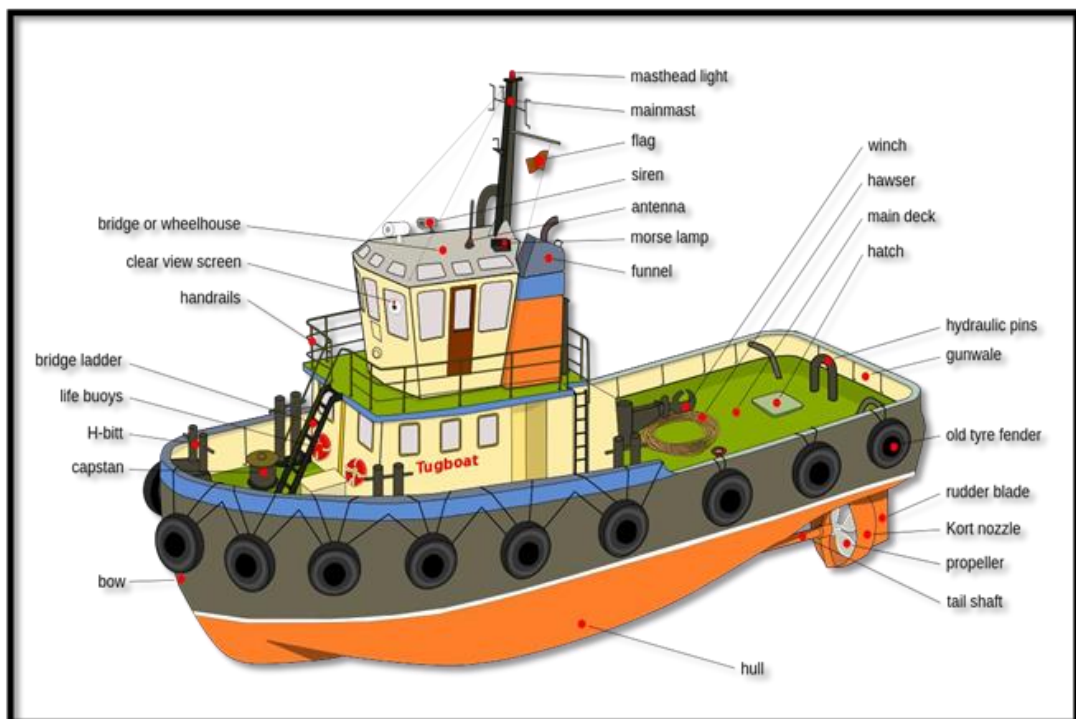
1. *Seagoing Tug Boat*, adalah merupakan jenis kapal tunda yang daerah kerjanya di lautan lepas dan sering digunakan untuk operasi tengah lau seperti pelaksanaan *mooring* dan *unmooring*. Kapal tunda jenis ini biasanya memiliki bentuk haluan yang tinggi yang berfungsi sebagai pemecah ombak. Jika dibandingkan dengan kapal tunda jenis lain, kapal tunda jenis ini memiliki ukuran dan mesin dengan daya yang sangat besar.
2. *Harbour Tug Boat*, sesuai dengan namanya kapal tunda jenis ini merupakan jenis kapal yang beroperasinya berada di daerah pelabuhan. Kapal ini bertugas untuk membantu pelaksanaan sandar kapal-kapal besar yang bisanya tidak

cukup lincah dalam melakukan penyandaran. Ini dikarenakan kapal yang jenisnya berbeda dengan kapal tunda hanya memiliki 1 *propeller*.

3. *River Tug Boat*, jenis kapal tunda ini merupakan jenis kapal tunda yang beroperasi di sungai dengan kondisi keadaan gelombang yang tenang. Kapal tunda jenis *River Tug Boat* akan sangat bahaya bila berlayar di lautan lepas. Ini disebabkan oleh desain lambungnya yang rendah dan kotak sehingga tidak memiliki kemampuan untuk memecah ombak.

### 2.1.2. Karakteristik Kapal Tunda

Kapal tunda memiliki karakteristik yang berbeda dari kapal lain. Selain sering di klasifikasikan berdasarkan daya mesin yang dimiliki, kapal ini biasanya dapat digunakan di sungai dengan arus gelombang yang relative rendah dan di lautan dengan arus gelombang yang relatif tinggi. Kapal tunda juga memiliki jumlah anak buah kapal (ABK) yang hanya berjumlah 7 sampai 10 orang.



**Gambar 2 - 2.** Bagian-Bagian Kapal Tunda.

Sumber: <https://en.wikipedia.org/wiki/Tugboat>

Seperti yang dijelaskan pada Gambar 2 - 2 kapal tunda memiliki beberapa bagian, yaitu *bow* dibagian di depannya, lambung sebagai dinding kapal ini, *capstan*, *brigde leader* dan *life bouys*. Pada bagian akomodasi, kapal ini memiliki *handcrafts*, *clear view screen*, *wheelhouse deck*, *funnel*, *morse lamp*, *siren*, bendera, *mainmase* dan *mashead light*. Pada bagian belakang kapal tunda teridir dari *whinch*, *hawser*, *main deck hatch*, *hydraoulic pins*, *guinwile*, *cold tyre sender*, *rudder blade*, *kort nozzle*, *propeller*, *sallshaft*.

Pada umumnya permesinan pada kapal tunda menggunakan bahan bakar diesel. Secara umum kapal tunda menggunakan 2 mesin induk dan dapat menghasilkan 500 sampai 250 KW (680 – 3400 hp). Hal ini disebabkan karena kapal tunda diperuntukan untuk mendorong atau menarik kapal yang ukurannya berkali lipat lebih besar dari dirinya sendiri.

## 2.2. Tongkang

Tongkang adalah jenis kapal yang digunakan untuk tujuan membawa muatan dengan skala yang besar terutama muatan curah dan dengan biaya angkut yang rendah. Namun, sebenarnya tongkang memiliki fakta bahwa tongkang adalah bukan kapal atau kapal konvensional biasa yang memiliki penggerak sendiri. Tongkang harus ditarik atau didorong menggunakan kapal tunda di perairan. Tongkang banyak digunakan di air dengan dengan gelombang rendah seperti sungai, danau atau kanal. Namun sekarang tongkang juga digunakan di daerah lepas pantai dan terkadang dengan gelombang air yang tinggi (Marineinsight, 2016).

Tongkang memiliki bentuk datar di dasarnya, seperti sebuah rakit. Alasan utama dari bentuk ini adalah untuk memastikan bahwa kapasitas pengangkutan kargo ditingkatkan dan sebagian besar mampu diangkut dan dipindahkan.



**Gambar 2 - 3.** Kombinasi Kapal Tunda Yang Menarik Tongkang.

Sumber: [www.marineinsight.com/types-of-ships](http://www.marineinsight.com/types-of-ships).



Pada Gambar 2 - 3 terlihat rangkaian tongkang yang ditarik oleh kapal tunda dengan muatan peti kemas. Dengan bentuk rendah serta lambung yang hampir berbentuk kotak dan dengan sarat kapal yang relatif rendah, tongkang mampu mengangkut muatan yang banyak karena tidak harus dibebani dengan berat mesin dan berat konstruksi anjungan yang biasa dimiliki oleh kapal konvensional lainnya. Tongkang sebenarnya telah hadir di dunia modern tepat sebelum masa revolusi industri. Sebelum Revolusi Industri di Eropa, kombinasi kapal tunda yang menarik tongkang di laut laut digunakan sebagai metode transportasi utama untuk mengangkut kargo melintasi tempat-tempat yang dihubungkan oleh badan air kecil. Tapi pasca revolusi industri dan penemuan mesin uap dan pembuatan kereta api, permintaan tongkang sebagai alat angkut kargo mulai berkurang karena kendala kecepatan.

### **2.2.1. Jenis-jenis Tongkang**

Tongkang memiliki beberapa jenis yang dibagi berdasarkan kegunaan dan muatannya. Selain sebagai alat angkut yang tidak memiliki alat penggerak sendiri, tongkang mempunyai jenis sebagai berikut:

1. *Barrack Barge*, juga dikenal sebagai rumah perahu. *Houseboats* adalah situs yang sangat umum di tempat-tempat seperti Kamboja, India Utara (Kashmir), Laos, Australia dan Kanada. Seperti namanya, jenis tongkang ini terutama digunakan untuk keperluan perumahan.
2. *Dry Bulk Cargo Barges*, tongkang jenis ini merupakan tongkang dengan muatan curah kering. Contohnya adalah batubara, baja, pasir, pupuk dan lainnya.
3. *Barges Carrying Liquid Cargo*, berbeda dengan tongkang bermuatan curah, tongkang ini memiliki muatan curah cair. Contohnya adalah zat kimia cair dan minyak mentah.

Selain jenis tongkang yang disebutkan di atas, terdapat jenis *Power Barges* yang diperuntukan sebagai pembangkit listrik yang mampu berpindah menyuplai listrik dari satu daerah ke daerah lainnya. Tongkang merupakan aplikasi yang sangat penting dalam teknologi maritim. Dengan bantuan tongkang, masalah pengangkutan barang dapat dikurangi dalam jumlah besar. Karena semakin banyak muatan yang dibawa akan berimbas pada biaya angkutan yang nantinya akan relatif rendah.

### 2.3. Kombinasi Kapal Tunda dan Tongkang

Seiring berjalannya waktu, teknologi dalam pengiriman menggunakan tongkang mulai berkembang dengan baik. Salah satunya adalah metode pengiriman dengan tongkang yang didorong dengan kapal tunda. Sebenarnya metode menjalankan tongkang dengan dorongan kapal tunda bermula dari sungai-sungai besar di Amerika Serikat dan juga telah banyak digunakan di banyak sungai besar di dunia. Sejarah penggunaannya sebagai sarana transportasi laut tidak begitu lama dan baru kembali sekitar 30 tahun hingga saat ini. Mendorong tongkang menjadi sarana transportasi di jalur yang pendek dan bukan jalur yang melalui laut lepas, karena kecepatan kombinasi pendorong-barge lebih rendah daripada kapal kargo biasa dan kapal tanker dengan pemuatan yang sama dan daya mesin yang sama.



**Gambar 2 - 4.** ATB 550 Class.

*Sumber: <http://www.crowley.com>.*

Rute yang lebih pendek dimana kecepatan dan biaya bahan bakar menghasilkan biaya perjalanan yang relatif lebih rendah. Kombinasi kapal tunda dorong - tongkang dengan kebutuhan operasional anak buah kapal (ABK) yang lebih sedikit menunjukkan keunggulan bagusnya dibanding kapal kargo konvensional. Beberapa kapal tongkang dioperasikan dalam rute pelayanan singkat, seperti layanan *lighterage*, penarik tali konvensional yang telah digunakan sebagai penggunaan dalam kebanyakan kasus (Taisei C. E., 2010).

Namun, dalam pelayanan semacam itu, pengenalan sistem pendorong, yang secara mekanis terkoneksi, dapat meningkatkan efisiensi operasional dengan sangat baik melalui peningkatan kecepatan dan menghemat waktu yang dibutuhkan untuk berlabuh dan bertukar

tongkang yang secara bersamaan keamanan operasi juga meningkat. Keuntungan mendorong penarik dapat dengan mudah dipahami dari perbandingan di bawah ini.

### **2.3.1. Mendorong dengan Menarik**

1. Kombinasi kapal tunda – tongkang yang didorong jauh lebih pendek dari pada kapal tunda yang menarik tongkang. Keterbatasan ini menunjukkan keamanan yang lebih tinggi.
2. Kombinasi kapal tunda - tongkang dapat menghentikan dirinya dengan kekuatannya sendiri. Sementara tongkang yang ditarik tidak memiliki kekuatan untuk menghentikan dirinya sendiri.
3. Kombinasi kapal tunda - tongkang dapat memilih jalannya yang berjalan dengan kekuatannya sendiri, sementara tongkang yang ditarik tidak dapat melakukannya. Kombinasi penjelasan (1) dan (2) menjamin keamanan yang jauh lebih tinggi dan manuver yang lebih baik dari kombinasi kapal tunda - tongkang.
4. Kombinasi kapal tunda - tongkang dapat sandar dan dapat memisahkan diri dari tongkang dengan kekuatannya sendiri dalam waktu singkat. Seperti yang diketahui, berlabuh dari tongkang yang ditarik membutuhkan waktu lebih lama dan pekerjaan yang menyusahkan.
5. Kecepatan kombinasi kapal tunda - tongkang lebih tinggi dari pada tongkang yang ditarik walaupun dengan *deadweight* dan daya mesin yang sama.
6. Kapal tunda - tongkang memiliki kemampuan dalam menjaga arah kapal saat berlayar dibandingkan tongkang yang ditarik yang sering berayun ke kiri dan kanan saat ditarik. Ini karena kapal tunda – tongkang terhubung di buritan tongkang yang berfungsi sebagai skeg yang sangat besar untuk menjaga jalur lurus tongkang.
7. Bila beberapa tongkang harus dioperasikan secara bergantian dalam rute pendek, waktu yang dibutuhkan untuk bertukar tongkang sangat penting. Pertukaran tongkang yang ditarik membutuhkan waktu 20 - 30 menit dan setidaknya satu anggota awak harus pergi ke tongkang untuk menangani tali penarik, sementara kombinasi kapal tunda mendorong tongkang yang memiliki *coupler* mekanis memerlukan waktu 30-40 detik hanya untuk pemutusan dan menyambung ke tongkang yang lainnya.

Pertukaran tongkang bisa selesai dalam beberapa menit, dan tidak memerlukan anggota awak yang harus pergi ke tongkang. Perbedaan ini memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap jumlah layanan per hari yang tersedia.

8. Tongkang kecil yang ditarik sering memiliki kemudi sehingga memerlukan juru mudi di kapal sedangkan tongkang yang paling besar tidak memiliki kemudi sehingga sangat sulit untuk bermanuver. Kemampuan manuver kombinasi kapal tunda - tongkang sama dengan kapal konvensional yang digerakkan sendiri.

### **2.3.2. Koneksi Mekanis Dengan Tali Sambungan**

1. Kombinasi kapal tunda - tongkang yang terhubung dengan tali membutuhkan 5-8 anggota awak dan 10-20 menit untuk koneksi yang lama, dan bahkan pemutusannya memerlukan jumlah awak yang sama dan 5-15 menit waktu. Pekerjaan koneksi dan pemutusan adalah kerja otot yang harus dilakukan bahkan dalam badai hujan di dek basah yang licin. Khususnya ketika seorang pendorong diminta untuk mengoperasikan beberapa tongkang secara bergantian dalam rute pendek, waktu yang dibutuhkan untuk koneksi dan pemutusan untuk pertukaran tongkang yang berulang merupakan masalah besar yang mempengaruhi jumlah layanan yang tersedia per hari dan, sebagai tambahan, peningkatan jumlah anggota awak kapal mungkin diminta untuk pertukaran tongkang yang efisien. Pada kombinasi koheren-barge yang terhubung secara mekanis, koneksi dan pemutusan dilakukan dalam jarak 30 - 40 detik hanya dengan remote control dari kapten.
2. Pada kombinasi kapal tunda - tongkang dengan tali, anggota awak harus pergi ke tongkang untuk menangani tali sebelum sambungan dan kembali dari tongkang setelah pemutusan bahkan saat pendorong beresilasi karena gelombang. Dalam kombinasi mekanis, koneksi dan pemutusan dilakukan satu sisi dari pendorong dan awak kapal tidak perlu pergi ke tongkang.
3. Pada kombinasi tali yang terhubung dengan fender karet yang disisipkan antara kapal tunda dan tongkang, guncangan, getaran dan suara yang tidak nyaman bagi kru tidak dapat dihindari. Sedangkan kombinasi yang terhubung secara mekanis, tidak terjadi efek yang ditimbulkan seperti kombinasi tali yang terhubung fender.
4. Kelonggaran yang tak terelakkan sehubungan dengan kombinasi kapal tunda dengan tali yang terhubung ke tongkang memungkinkan penyimpangan sudut (kehilangan garis tengah) kapal tunda dan tongkang, dan fenomena yang terjadi pada tahap

pertama kemudi akan menyebabkan penundaan respons tongkang ke kemudi kapal tunda. dari pendorong. Pada kombinasi penopang gorong-gorong yang terhubung secara mekanis, penundaan respons seperti itu tidak terjadi dan gerak kombinasi sama dengan gerakan kapal *self-propelled*.

Efisiensi operasional kombinasi kapal tunda pendorong - tongkang, terutama yang terhubung secara mekanis, sangat tinggi daripada penarik sehingga biaya tambahan untuk pengaplikasina sistem pendorong dapat dipulihkan dengan cepat. Dua pin penunjang mengartikulasikan *couplers* telah terbukti dalam penggunaan praktis mereka untuk mewujudkan semua manfaat yang disebutkan di atas.

Terlepas dari rasionalitas dan efisiensi tinggi yang dijelaskan di atas dan sebagai tambahan, kelayakan laut yang baik direalisasikan dengan pengenalan sistem sambungan mekanis, namun, tongkang pendorong tidak dapat bersaing secara ekonomi dengan kapal kargo konvensional dalam rute yang lebih panjang. Alasannya adalah kecepatan kombinasi kapal tunda - tongkang yang lebih rendah dan jika kecepatan disamakan dengan kapal konvensional maka akan menghasilkan konsumsi bahan bakar yang besar. Penyebab kecepatan rendah adalah resistansi besar akibat pusaran terjadi pada jarak antara kapal tunda yang menarik tongkang.

#### **2.4. Sejarah Dibuatnya Kombinasi Kapal Tunda – Tongkang**

Pada tahun 1965 *The American Waterways Operator, Inc.* mengatakan bahwa pengoperasian tongkang tanpa mesin penggerak dengan metode ditarik oleh kapal tunda dengan mesin penggerak lahir sebagai sebutan "*alongside towing*" di sungai Mississippi yang telah lahir beratus tahun yang lalu. Metode ini juga biasa disebut dengan "big load afloat". Namun muncul pertanyaan siapakah yang menemukan metode tersebut? sampai saat ini belum ditemukan jawabannya. Tetapi metode pengiriman ini telah menjadi standar pengiriman hampir di seluruh dunia.

Di negara Jepang yang terdiri dari empat pulau dan pegunungan tanpa memiliki jalur darat yang dapat dilewati, muncul ide untuk pengiriman menggunakan metode kapal tunda yang mendorong tongkang. Ide ini ditemukan pada tahun 1963 untuk pengangkutan pasir untuk membangun pulau buatan di pelabuhan Kobe. Banyak diketahui bahwa rangkain tongkang dalam jumlah banyak yang terkoneksi dengan tali satu dengan yang lainnya adalah

metode standar untuk reklamasi. Kemudian tidak begitu lama sistem ini mulai diadopsi oleh perusahaan pelayaran untuk mengangkut kapur, batubara dan lain – lain. Namun, metode rangkaian tongkang ini secara mutlak tidak dapat digunakan untuk pengiriman melalui laut lepas. Karena gelombang air laut tinggi dimana akan mengganggu konektivitas dari setiap tongkang yang disambungkan dengan tali tersebut. Lalu munculah ide untuk pembuatan tonkang dengan kapal tunda sebagai pendorong dibelakangnya dengan sarat mampu melewati gelombang yang sangat tinggi untuk mencakup operasi melalui lautan lepas dan kondisi cuaca di Jepang yang pada saat kondisi tertentu akan sangat ekstrim. Sistem ini dikenal dengan koneksi artikulasi. Metode koneksi ini menggunakan “*coupler*” yang menghubungkan kapal tunda melalui buritan tongkang(Taisei E. C., 2010). Namun ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perancangan sistem ini, yaitu:

1. *Coupler* harus menghubungkan kapal tunda dengan tongkang pada titik sarat tongkang yang berubah – ubah.
2. *Coupler* harus dapat difungsikan oleh kapten kapal melalui anjungan.
3. *Coupler* harus bisa disambungkan dan dilepaskan dalam keadaan apapun, misalnya terjadi tabrakan tongkang yang tidak dapat dihindari.

## **2.5. Perbandingan Operasional Kapal**

Secara umum Kombinasi kapal tunda yang mendorong tongkang memiliki kelebihan secara operasional daripada kapal tunda yang menarik tongkang. Penyebabnya adalah kapal tunda – tongkang konvensional bekerja seperti kapal konvensional lainnya pada saat proses bongkar dan muat. Sedangkan kombinasi kapal tunda pendorong – tongkang memiliki keunggulan dalam proses penukaran tongkang saat proses bongkar maupun pemuatan. Untuk lebih jelasnya akan dijelaskan dibawah ini.

### **2.5.1. Cyclic Operation**

Kelebihan terbesar sistem pendorong tongkang terletak pada pembagian dua unit antara kapal tunda dan tongkang itu sendiri. Secara operasional tongkang dapat berjalan jika ada kapal tunda yang menarik atau mendorongnya. Sedangkan tongkang secara penuh dibuat untuk mengangkut muatan. Hal ini mengakibatkan biaya pembangunan tongkang jauh lebih rendah dan kebutuhan akan ABK akan berkurang secara signifikan.

Pada pengoperasian di sungai, tongkang dapat beroperasi seperti konvoi yang meyambungkan lebih dari satu tongkang dan disambungkan dengan tali lalu didorong oleh

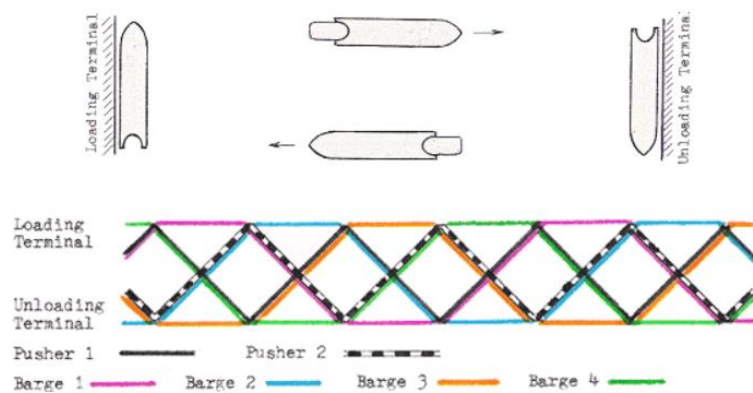
kapal tunda dibelakangnya. Namun, di laut bergelombang, bentuk konvoi tersebut tidak dapat diterapkan mengingat laut memiliki gelombang yang relatif tinggi. Satu-satunya cara adalah pengoperasian kapal tunda yang mendorong tongkang berbentuk secara 1 unit. Tetapi, cara pengoperasian multi tongkang berkembang seiring ditemukannya metode yang bernama *cyclic* yaitu dengan menyandarkan dan menukar tongkang yang sebelumnya menjalani proses bongkar dan diganti dengan tongkang yang bermuatan penuh. Dengan metode seperti ini, armada harus dioperasikan sesuai dengan jadwal yang ditetapkan atau memiliki siklus yang telah dibuat sehingga ABK dan tongkang akan bekerja terus tanpa henti. Setiap kombinasi kapal tunda yang terhubung dengan tongkang dan tongkang lainnya ada pada pekerjaan penanganan kargo, dan tidak ada kapal yang tertinggal, yang merupakan sebuah hal yang ideal. Ketika kombinasi kapal tunda dan tongkang tiba di sebuah terminal, tongkang tersebut diputus dari pendorong dan ditambatkan di dermaga untuk proses bongkar muatan, dan kapal tunda menghubungkan ke tongkang yang telah tinggal di terminal yang sama untuk yang telah selesai melakukan proses bongkar muatan dan berangkat kembali menuju terminal pemuatan. Cara ini disebut dengan "*running with barge*" secara berkala dan "*exchange of barge*" dalam sebuah rute yang menghubungkan dua atau tiga terminal adalah penjabaran dari *cyclic operation*. Ketika metode ini diterapkan maka akan menghasilkan tarif muatan per ton yang relatif rendah (Taisei E. C., 2010). Penjelasan di bawah ini akan menjelaskan secara rinci proses operasi yang sudah dijelaskan sebelumnya.

1. Biaya investasi untuk membangun kapal relatif rendah, karena jumlah tongkang yang lebih banyak diimbangi lebih sedikitnya jumlah kapal tunda yang lebih sedikit dan biaya pembangunan tongkang yang umumnya rendah.
2. Biaya manning akan rendah, karena jumlah ABK yang sedikit dan akan lebih rendah lagi jika menggunakan kapal tunda dengan daya yang leboh kecil.
3. Biaya untuk perawatan rendah, karena kapal tunda memiliki mesin yang lebih kecil dan biaya pemeliharaan tongkang umumnya hanya berhubungan dengan lambung.
4. Karena tongkang dapat bertahan lama di dermaga untuk proses bongkar muatan di pelabuhan tujuan, kapal tunda akan langsung mengambil tongkang yang sebelumnya dibongkar. Sehingga biaya pelabuhan untuk pemanduan akan lebih rendah.

### 2.5.2. Jenis Cyclic Operation

- 2 Kapal Tunda dan 4 Tongkang

Ini adalah *cyclic operation* yang bertujuan untuk membuat aliran muatan tertentu antara dua terminal. Sebuah tongkang melakukan proses pemuatan barang di terminal A sementara tongkang lainnya melakukan proses bongkar di terminal B. lalu tongkang yang terisi penuh berjalan dari terminal A menuju terminal B dan tongkang kosong lainnya berjalan dari terminal B menuju terminal A dengan kapal tunda pendorong tongkang.



**Gambar 2 - 5.** Cyclic Operation Dengan Kombinasi 2 Kapal Tunda dan 4 Tongkang.

Sumber: <http://www.articouple.com/20-cyclic.html>

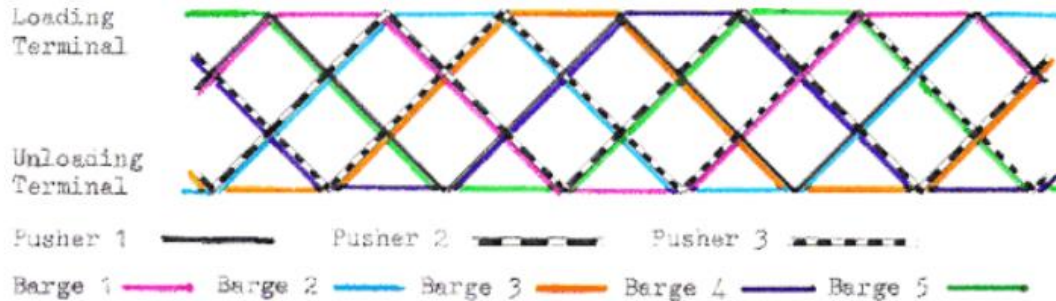
Bila pada Gambar 2 - 5 kapal tunda dan tongkang terkunci, pola tersebut diubah menjadi pola operasi 1 kapal tunda dan 3 tongkang. Namun, kapasitas operasi akan menjadi setengahnya. Ketika jumlah tongkang dikurangi dan menjadi pola 2 kapal tunda – 3 tongkang maka akan memiliki kapasitas transportasi setara dengan 2/3 kapasitas aslinya.

- 3 Kapal Tunda dan 5 Tongkang

Bila jarak pengangkutan sangat panjang, pola operasi 2 kapal tunda dan 4 tongkang harus memiliki kapasitas yang besar. Namun demikian, dalam kasus seperti itu, akan lebih ekonomis untuk mengurangi ukuran kapal dan meningkatkan frekuensi pelayaran. Pola operasi 3 kapal tunda dan 5 tongkang dapat diadopsi seperti itu. Jika dibandingkan dengan pola 2 kapal tunda dan 4 tongkang maka bobot mati tongkang akan berkurang menjadi 2/3 dan daya mesin menjadi 75% - 80% dengan kecepatan yang sama.



Opsi lainnya adalah menambah bobot mati tongkang dengan mengorbankan kecepatan.



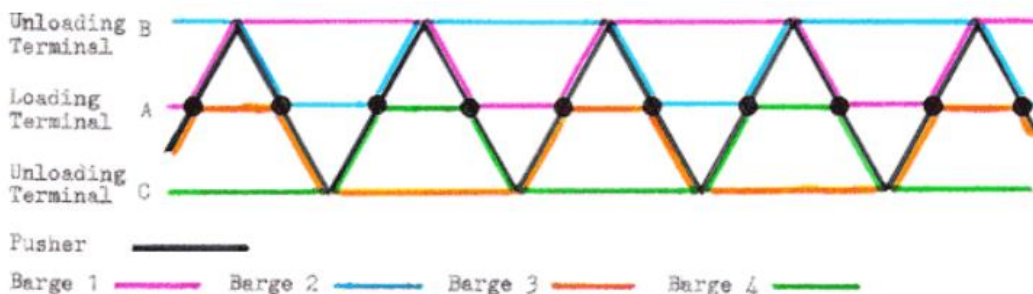
**Gambar 2 - 6.** Cyclic Operation Dengan Kombinasi 3 Kapal Tunda dan 5 Tongkang.

Sumber: <http://www.articouple.com/20-cyclic.html>

Seperti Gambar 2 - 6 jika ada penambahan armada dari pola operasi 2 kapal tunda dan 4 tongkang menjadi pola operasi 3 kapal tunda dan 5 tongkang, frekuensi pelayaran bertambah 50%. Namun, dalam kasus ini produktivitas bongkar muat harus ditingkatkan sebesar 50%. Prinsipnya setiap penambahan armada, harus ada 2 tongkang yang sedang melakukan proses bongkar dan muat di pelabuhan tujuan dan pelabuhan asal.

- 1 Kapal Tunda dan 4 Tongkang

Selain pola operasi 2 terminal yang sudah disebutkan sebelumnya, ada beberapa contoh kasus pada satu terminal pemuatan dan pembongkaran di dua terminal atau lebih. Metode ini biasanya digunakan untuk pengiriman batubara, semen, batu kapur dan lainnya.



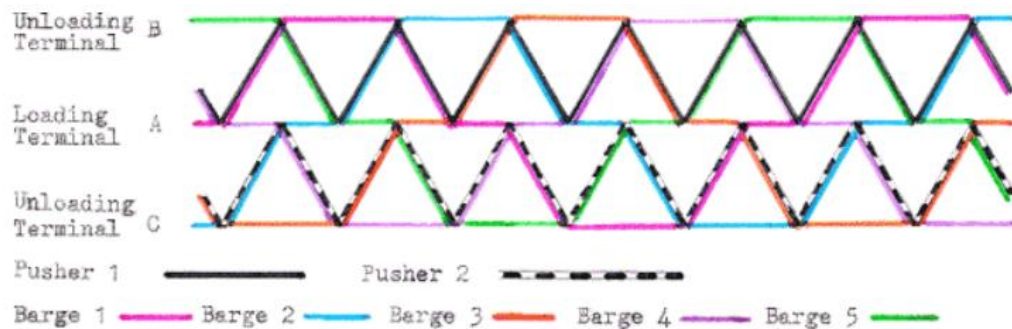
**Gambar 2 - 7.** Cyclic Operation Dengan Kombinasi 3 Kapal Tunda dan 5 Tongkang.

Sumber: <http://www.articouple.com/20-cyclic.html>

Dalam hal ini, sesuai Gambar 2 - 7 jenis pengangkutan dari terminal A ke terminal B sebagai terminal bongkar dan terminal C, kombinasi kapal tunda – tongkang akan menjalankan pola operasi dengan rute A – B – A – C – A dan sua tongkang akan dioperasikan antara A dan B dan dua tongkang antara A dan C.

- 2 Kapal Tunda dan 5 Tongkang

Menambahkan kapal tunda dan tongkang ke pola operasi 1 kapal tunda dan 4 tongkang yang dijelaskan sebelumnya adalah bertujuan untuk melipat gandakan kapasitas pengiriman. Atau, bila jumlah total frekuensi sama maka pola operasi 2 kapal tunda dan 5 tongkang akan mengurangi bobot mati dari tongkang dan daya mesin dapat diturunkan menjadi 70% jika kecepatan yang dipertahankan.



**Gambar 2 - 8.** *Cyclic Operation* Dengan Kombinasi 3 Kapal Tunda dan 5 Tongkang.

Sumber: <http://www.articouple.com/20-cyclic.html>

Dalam proses pengiriman dengan pola 2 kapal tunda dan 5 tongkang, seperti pada Gambar 2 - 8 tongkang berada antara terminal pemuatan A dan terminal bongkar B dan C. setiap tongkang akan menjalankan pola A – B – A – C – A, sementara 1 kapal tunda akan berjalan antara A dan B saja dan lainnya antara A dan C saja. Pola operasi ini juga dapat dioperasikan dengan kasus 1 terminal pemuatan dan 1 terminal bongkar.

### 2.5.3. Pembangunan Sistem *Cyclic Operation*

*Cyclic operation* harus dibangun secara logis berdasarkan semua faktor dan kondisi yang berpengaruh dengan mempertimbangkan batas waktu yang sudah ditentukan. Meskipun secara ekonomis pola operasi ini sangat memiliki dampak besar dalam penghematan biaya, namun bagi kalangan pengusaha dan pemilik kapal masih ragu untuk menggunakan sistem ini. Hal ini menjadi pertimbangan tertentu karena kebanyakan pemilik kapal beranggapan bahwa pola operasi seperti ini harus menggunakan atau membangun kapal baru agar sistem

tersebut dalam berjalan. Sebaliknya, sistem ini sendiri sebenarnya dapat berjalan dengan kondisi kapal tunda dan tongkang dalam kondisi bekas lalu dilakukan sedikit modifikasi agar sesuai dengan standar minimum yang sudah dijelaskan pada sub bab 2.5.1.

Faktor- faktor utama yang perlu diperhatikan dalam pembangunan pola operasi ini akan dijelaskan dibawah ini, yaitu:

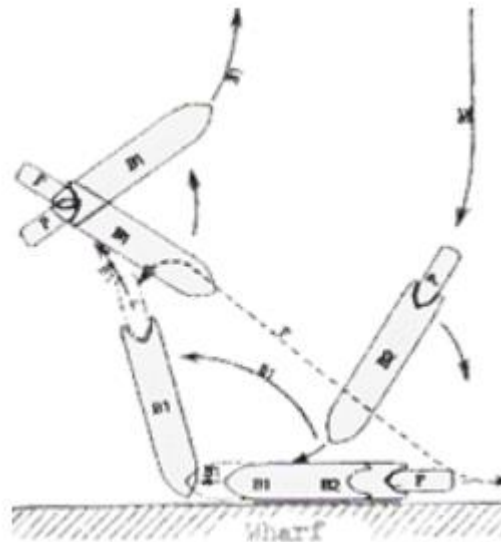
1. Jenis Muatan.
2. Banyaknya kuantitas muatan yang diangkut dalam jangka waktu harian, bulanan atau tahunan.
3. Hari kerja kapal, dalam bulan atau tahun.
4. Jarak Pengiriman.
5. Jenis dan kapasitas alat pemuatan.
6. Jenis dan kapasitas alat bongkar.
7. Kondisi pelabuhan tujuan, jenis dermaga dan kedalaman lautnya.
8. Waktu yang dibutuhkan dari kapal datang hingga dilakukan proses bongkar muatan.
9. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bongkar hingga kapal kembali berlayar.
10. Pengaruh air pasang.
11. Metode dan waktu bertukar tongkang.
12. Batasan dimensi tongkang, berdasarkan panjang, sarat kapal dan lebar kapal untuk jangkauan alat bongkar.

Jika data dari faktor-faktor yang sudah disebutkan di atas sudah terpenuhi maka dilakukan tinjauan untuk pemilihan jenis pola operasi, kecepatan kapal tunda dan kapasitas angkut dari tongkang. Untuk pola operasi menggunakan *cyclic operation* juga harus dipertimbangkan untuk waktu penggantian ABK kapal tunda. Karena berdasarkan siklus hidup manusia, rata-rata manusia memiliki masa produktif selama 24 jam. Maka pembuatan pola operasi dengan *cyclic operation* harus membuat jadwal yang ideal dalam masa pergantian ABK kapal.

#### **2.5.4. Pertukaran Tongkang di Pelabuhan Tujuan**

Pertukaran tongkang di pelabuhan tujuan merupakan kondisi yang diperlukan untuk realisasi *cyclic operation*. Meski dalam prakteknya sering dianggap sebagai masalah sederhana, ini menimbulkan masalah dibanyak kasus yang dijumpai. Karena tongkang yang tiba harus lebih dulu ditambatkan tetapi di satu sisi tongkang yang sebelumnya sudah datang terlebih dahulu sudah selesai dalam proses bongkar muatan dan tongkang tersebut tidak dapat

berjalan sendiri jika tanpa ada dorongan dari kapal tunda sehingga tidak bisa memberi ruang bagi tongkang yang baru saja datang. Jika menggunakan kapal tunda milik pelabuhan tujuan maka akan menghasilkan biaya yang tinggi.



**Gambar 2 - 9.** Pertukaran Tongkang di Terminal Tujuan.

Sumber: <http://www.articouple.com/20-cyclic.html>

Pada Gambar 2 - 9 tongkang B1 bergerak mundur dengan memasang tali tambat dan sambil didorong dengan tongkang B2 pada bagian haluan agar tongkang B1 dapat bergeser ke sisi dermaga untuk memberi ruang bagi tongkang B2 agar dapat sandar di dermaga. Lalu tongkang B1 ditarik oleh kapal tunda yang telah melepaskan sambungan dari tongkang B2 dan berputar arah untuk melanjutkan perjalanan menuju pelabuhan maut. Meskipun metode ini masih dalam tahap usulan, namun akan memberikan dampak yang bagus permasalahan pertukaran tongkang di pelabuhan tujuan.

#### **2.5.5. Pola Operasi Kapal Tunda dan Tongkang Konvensional**

Secara garis besar, pola operasi dari kapal tunda yang menarik tongkang memiliki pola operasi yang sama dengan kapal – kapal konvensional yang memiliki mesin penggerak kapal sendiri. Pada bagian ini akan dijelaskan pola operasi dari kapal tunda – tongkang konvensional yang dibagi dalam pola pengiriman dan pembongkaran muatan lalu dalam proses pengiriman.

- Proses Bongkar dan Muat

Pada contoh kali ini, proses bongkar dan muat akan dijelaskan melalui proses pemuatan dan bongkar pengiriman batubara dengan menggunakan kapal tunda dan tongkang konvensional. Dalam operasinya, saat tongkang sedang dalam proses muat kapal tunda harus mngikatkan diri di sisi tongkang. Hal ini yang membedakan pola operasi dari *cyclic operation* yang dimiliki oleh kombinasi kapal tunda – tongkang. Karena dengan banyaknya muatan yang dibawa, proses bongkar bisa memakan waktu hingga 2 hari. Sedangkan biasanya dalam sekali berlayar kapal hanya membutuhkan waktu sekitar 1,5 hari. Hal ini yang perlu diperhatikan untuk masalah produktifitas kapal tunda yang menarik tongkang. Karena dengan berdiamnya kapal tunda saat proses bongkar maupun muat sama saja dengan pola operasi kapal konvensional seperti *bulk carrier* tetapi karena kapasitas muatan yang diangkut jauh lebih besar sehingga produktifitasnya akan jauh lebih baik dari kapal tunda – tongkang yang ditarik.

- Pola Pengiriman

Jika diambil contoh dari studi kasus pengiriman batubara menggunakan kapal tunda – tongkang yang berlayar dari pulau Kalimantan Tengah menuju PLTU paiton, maka akan membutuhkan waktu layar 2 – 4 hari. Hal ini disebabkan cuaca yang tidak menentu yang mengakibatkan ketinggian gelombang air laut tinggi sehingga kapal tunda yang menarik tongkang sering tidak mendapatkan surat ijin berlayar (SIB) dan biasanya sebagai solusi kapal akan sandar di pulau dekat pelabuhan tujuan untuk menunggu surutnya gelombang air laut. Terlepas dari permasalahan ini, tidak dapat dipungkiri bahwa pengiriman menggunakan kapal tunda – tongkang konvensional masih dianggap penting karena biaya untuk sekali pengiriman sangat murah dibandingkan dengan menggunakan tipe kapal lainnya.

## 2.6. Penentuan Ukuran Utama Kapal

Dalam proses desain kapal untuk suplai suatu komoditi dari tempat asal menuju tujuan dibutuhkan ukuran utama kapal beserta kapasitas angkut kapal untuk menentukan jumlah armada kapal dan frekuensi pengiriman. Pada kasus kali ini, desain kapal ditujukan untuk rancangan desain kapal yang menyuplai batubara untuk kebutuhan pembangkit listrik tenaga

uap (PLTU). Sebelumnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui jumlah batubara yang dibutuhkan bagi satu pembangkit untuk menghasilkan listrik dalam satuan waktu.

Jika sebelumnya diketahui suatu pembangkit memiliki kapasitas 815 MW, berarti pembangkit tersebut dapat menghasilkan kapasitas listrik yang sama setiap jamnya. Dalam beberapa kasus, biasanya PLTU dengan daya 815 MW akan membutuhkan 438 ton batubara setiap jamnya atau 10.528 ton setiap harinya. Angka tersebut didapat dari pengkalian daya pembangkit dikalikan dengan tingkat efisiensi batubara pada proses pembakaran dan dibagi dengan tingkat panas batubara sebesar 20.000 kJ/kg.

Dalam penentuan kapasitas angkut kapal jika disesuaikan dengan kebutuhan harian batubara seperti yang disebutkan di atas maka kapasitas angkut yang diperlukan oleh kapal seminimalnya adalah 10.528 ton. Jika mendesain kapal dengan kapasitas angkut seperti itu, maka suplai oleh batubara seharusnya dilakukan setiap hari dan akan mempengaruhi banyaknya jumlah kapal dan frekuensi kalau suplai tersebut dilakukan untuk memenuhi kebutuhan dalam jangka waktu tertentu.

Hal yang paling penting adalah jika mendesain kapal dengan kapasitas angkut yang melebihi dari kebutuhan harian maka jumlah kapal akan lebih sedikit dan frekuensi per satu kapal akan leboh banyak tetapi jika mendesain kapal dengan kapasitas angkut yang sama atau di bawah kebutuhan harian maka kebutuhan akan jumlah kapal tetapi untuk frekuensi dari setiap armada kapal akan tidak efisien.

## **2.7. Perbatubaraan Indonesia**

Batubara yang merupakan bahan bakar fosil adalah sumber energi terpenting untuk pembangkit listrik dan berfungsi sebagai bahan bakar pokok untuk produksi baja dan semen. Terdapat banyak kegiatan industri yang memanfaatkan energi batu bara karena harga yang lebih murah dibanding sumber daya lain dan jumlahnya yang banyak. Namun, batubara juga memiliki dampak negatif yaitu sebagai sumber energi yang paling banyak menimbulkan polusi akibat tingginya kandungan karbon.

Sumber energi penting lain, seperti gas alam memiliki tingkat polusi yang lebih sedikit namun lebih rentan terhadap fluktuasi harga di pasar dunia sehingga banyak industri di dunia yang mulai mengalihkan fokus energi mereka ke batubara.

**Tabel 2 - 1.** Negara Dengan Cadangan Batubara Terbesar.

10 Besar Produsen Batubara Tahun 2015		
No.	Negara	Jumlah Ketersediaan (Mt)
1	Cina	1827
2	Amerika Serikat	455,2
3	India	283,9
4	Australia	275
5	Indonesia	241
6	Russia	184
7	Afrika Selatan	142,9
8	Kolombia	55,6
9	Polandia	53,7
10	Kazakhstan	45,8

*Sumber: BP Statistical Review of World Energy 2016*

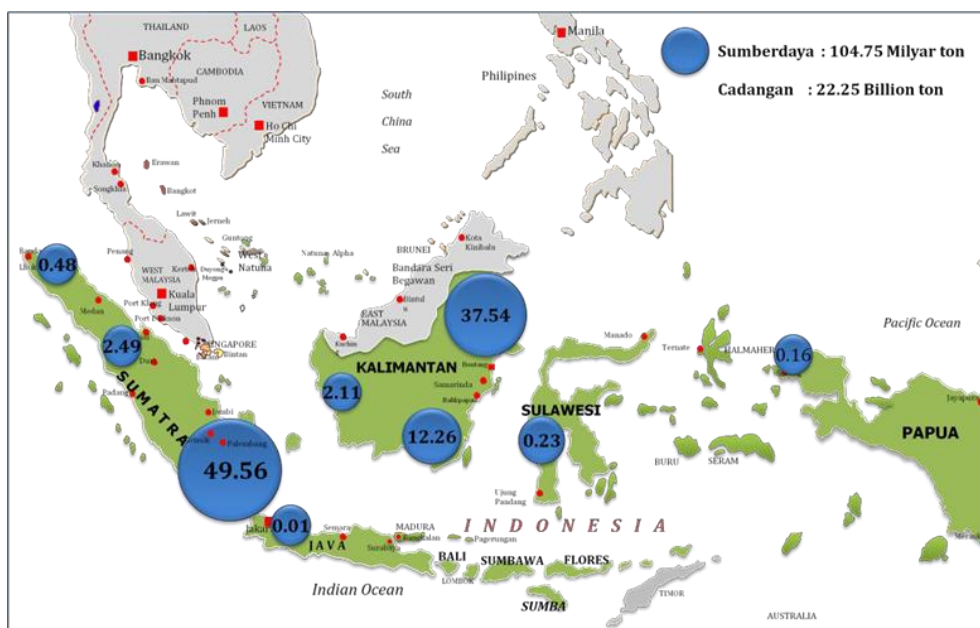
Tingkat produksi saat ini (dan apabila cadangan baru tidak ditemukan), cadangan batubara global diperkirakan habis sekitar 112 tahun ke depan. Cadangan batubara terbesar ditemukan di Amerika Serikat, Russia, Republik Rakyat Tiongkok dan India.

### **2.7.1. Industri Pertambangan Batubara**

Industri pertambangan batubara di Indonesia dikelompokkan berdasarkan ijin perusahaan batubara, yang terdiri dari perusahaan KP BUMN, yaitu PT Pertambangan Batubara Bukit Asam (PTBA), perusahaan dengan status PKP2B aktif berjumlah 76 perusahaan, yang terdiri dari 40 perusahaan PKP2B sudah produksi (9 dari Generasi I, 10 dari Generasi II dan 21 dari Generasi III), 15 status konstruksi, 16 status studi kelayakan, dan 5 status eksplorasi. Sedangkan dengan status Kuasa Pertambangan (KP) yang dikeluarkan di daerah yang terinventarisasi di Direktorat Jenderal Mineral, Batubara dan Panas Bumi sudah melebihi angka 7.000 KP. Berkembangnya KP tersebut terjadi pada era otonomi daerah, khususnya sejak tahun 2001 ketika dikeluarkannya PP 75 tahun 2001, yaitu ketika penegasan tentang pemberian Kuasa Pertambangan (KP) dilakukan oleh Pemerintah Daerah. Namun dengan disyahkannya Undang-Undang No 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, maka ke depan sistim perijinan hanya ada satu jenis, yaitu Ijin Usaha Pertambangan (IUP) untuk satu wilayah tertentu.

## 2.7.2. Potensi Sumber Daya, Cadangan dan Kualitas

Jumlah sumber daya dan cadangan batubara Indonesia setiap tahun terus bertambah. Berdasarkan perhitungan Pusat Sumber Daya Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, kondisi pada tahun 2008, jumlah sumber daya adalah sebesar 104,75 miliar ton, dengan jumlah cadangan sebesar 22,25 miliar ton. Sumber daya batubara tersebut tersebar di 19 propinsi, 6 pulau, namun terbesar terutama di Pulau Sumatera dan Kalimantan sebanyak masing – masing 50,15% dan 49,56%.



Gambar 2 - 10. Distribusi Sumber Daya Batubara Indonesia.

Sumber: Pusat Sumber Daya Geologi, 2008.

Keadaan lingkungan pengendapan batubara yang berbeda-beda serta kondisi tektonik dan umur pengendapan batubara di Indonesia yang berbeda-beda, menghasilkan kualitas batubara yang berbeda-beda pula. Kriteria kualitas batubara dapat dibedakan atas beberapa macam, yang pada umumnya didasarkan pada:

1. Peringkat batubara
2. Nilai Kalori
3. Kandungan bahan/unsur dalam batubara (kadar air, abu, belerang, zat terbang, karbon tertambat, dll).
4. Sifat fisik batubara (kekerasan, muai bebas, titik leleh abu).



Penggolongan kualitas batubara mutu rendah, batubara mutu sedang, dan batubara mutu tinggi seringkali dikaitkan dengan tujuan pemanfaatan batubara itu sendiri yang menggambarkan dengan permintaan pada spesifikasi batubara yang diinginkan. Secara spesifik pembagian batubara di atas didasarkan pada kriteria sebagai berikut:

1. Batubara Kalori Rendah adalah jenis batubara yang paling rendah peringkatnya, bersifat lunak-keras, mudah diremas, mengandung kadarair tinggi (10-70%), memperlihatkan struktur kayu, nilai kalorinya <5100 kal/gram.
2. Batubara Kalori Sedang adalah jenis batubara yang peringkatnya lebih tinggi, bersifat lebih keras, mudah diremas–tidak bisa diremas, kadar air relatif lebih rendah, umumnya struktur kayu masih terlihat, nilai kalorinya 5.100-6.100 kal/gram.
3. Batubara Kalori Tinggi adalah jenis batubara yang peringkatnya lebih tinggi, bersifat lebih keras, tidak mudah diremas, kadar air relatif lebih rendah, umumnya struktur kayu tidak terlihat, nilai kalorinya 6.100-7.100 kal/gram.
4. Batubara kalori sangat tinggi adalah jenis batubara dengan peringkat paling tinggi, umumnya dipengaruhi intrusi batuan beku atau tektonik, kadar air sangat rendah dengan nilai kalorinya lebih dari 7100 kal/gram.

**Tabel 2 - 2.** Kualitas Dan Sumber Daya Batubara Indonesia

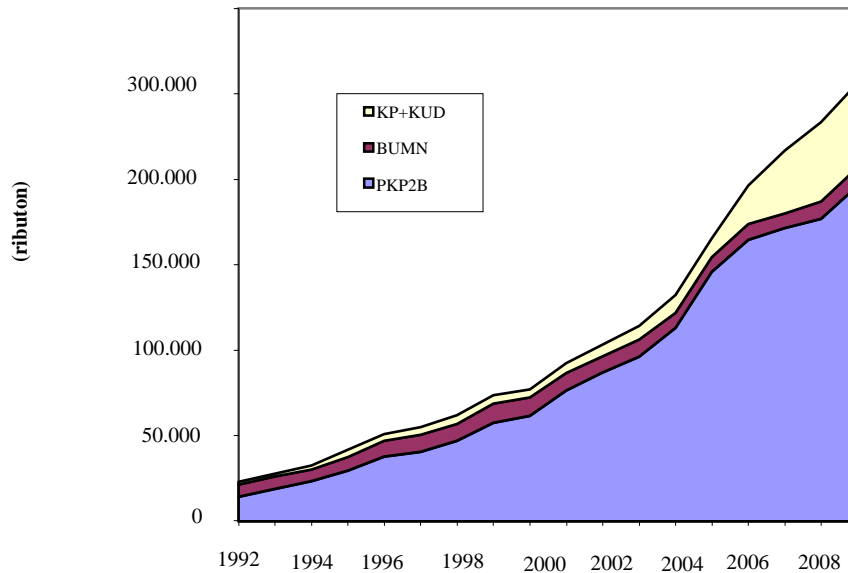
KUALITAS		SUMBERDAYA (JUTA TON)					JUMLAH
KLASIFIKASI	NILAI KALOR	HIPOTETIK	TEREKA	TERUNJUK	TERUKUR	TOTAL	%
	(Cal/gr, adb)						
RENDAH	< 5,100	5,057.68	6,588.24	3,721.16	5,815.96	21,183.05	20.22
SEDANG	5,100 – 6,100	27,764.43	18,888.21	10,941.82	11,956.19	69,550.65	66.39
TINGGI	6,100 – 7,100	1,708.18	6,187.41	1,069.29	4,056.61	13,021.50	12.43
SANGAT TINGGI	> 7,100	90.11	482.93	5.80	422.81	1,001.64	0.96
<b>TOTAL</b>		<b>34,620.40</b>	<b>32,146.79</b>	<b>15,738.08</b>	<b>22,251.57</b>	<b>104,756.83</b>	<b>100.00</b>

Sumber: Pusat Sumber Daya Geologi, Departemen dan Sumber Daya Mineral.

### 2.7.3. Produksi Batubara

Sejalan dengan upaya penganeekaragaman energi dan peningkatan kebutuhan batubara, baik untuk pemakaian domestik maupun pasar ekspor, selama 17 tahun terakhir (1992-2009) produksi batubara Indonesia telah meningkat hampir 16 kali lipat, dari 15.9395 juta ton

menjadi 256.539 juta ton, atau meningkat rata-rata per tahun 15,41%, jauh di atas rata-rata dunia, 3,8%.



**Gambar 2 - 11.** Perkembangan Produksi Batubara Indoensia Menurut Kelompok Ijin Usaha.

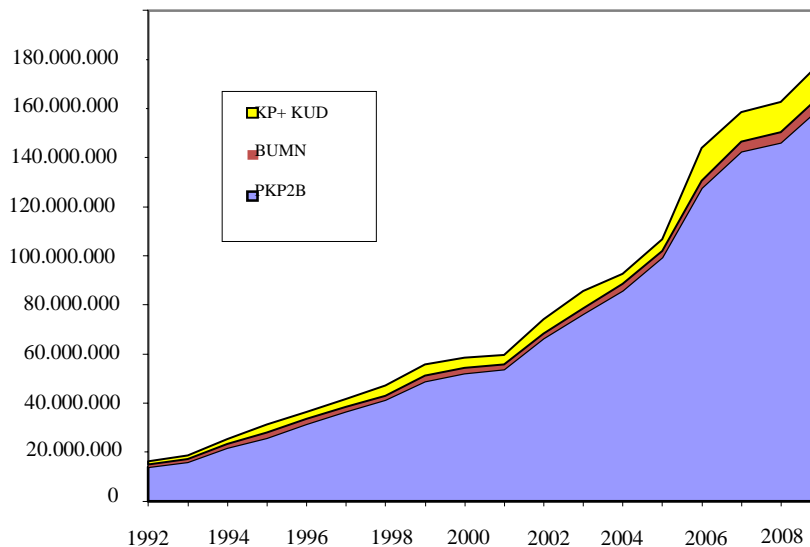
*Sumber: Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara 2010.*

Peningkatan produksi yang pesat sesuai Gambar 2 - 11 didorong oleh meningkat tajamnya permintaan ekspor dan permintaan dalam negeri. Tahun 1992 sampai tahun 2008 menunjukkan terjadinya perubahan distribusi produksi yang signifikan diantara kelompok pelaku usaha. PKP2B memegang peranan yang cukup menonjol sekitar 76,53% dengan pertumbuhan 17,01% pertahun. Sedangkan peran KP awalnya relatif masih kecil di bawah BUMN (PTBA), namun setelah digulirkannya kebijakan Otonomi Daerah ada peningkatan yang sangat berarti dengan tingkatan pertumbuhan rata-rata 25,42% pertahun, sementara PTBA hanya 2,97.

#### 2.7.4. Ekspor Batubara

Kebutuhan batubara dunia saat ini ternyata meningkat sangat cepat, antara lain dipicu oleh *booming* harga bahan bakar minyak (BBM) dan semakin banyaknya pembangunan PLTU di luar negeri yang menggunakan bahan bakar batubara, sementara negara-negara pengeksport batubara utama (seperti Australia, China, Afrika Selatan) justru mengurangi jumlah ekspor batubara mereka. Hal ini yang mengantarkan Indonesia sebagai pemasok

(eksportir) terbesar menyaingi Australia dan Afrika Selatan. Ekspor batubara Indonesia pada tahun 1992 hanya sebesar 16,288 juta ton, sedangkan pada tahun 2009 tercatat sebesar 178,712 juta ton. Ini berarti volume ekspor rata-rata naik sebesar 15,50%. Perusahaan pemegang PKP2B merupakan eksportir batubara terbesar, yaitu sekitar 89,87% dari jumlah ekspor batubara Indonesia, diikuti oleh pemegang KP sebesar 7,56%, dan BUMN sebesar 2,57%.



**Gambar 2 - 12.** Perkembangan Ekspor Batubara Indonesia.

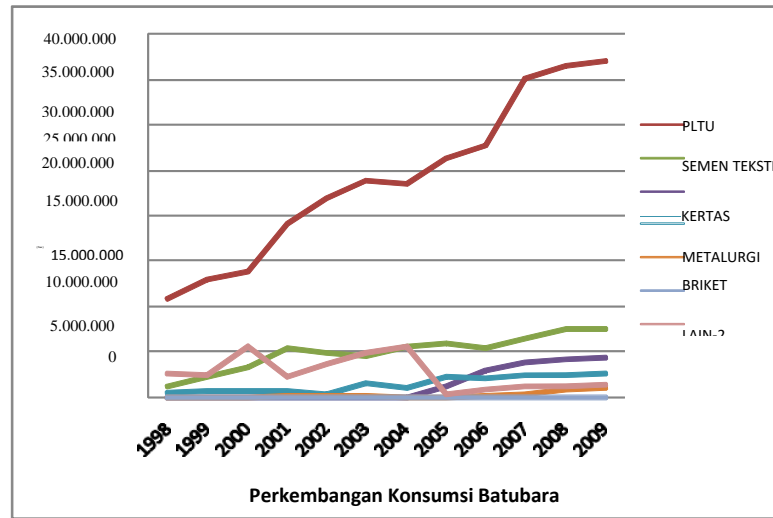
*Sumber: Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara 2010.*

Saat ini pasar ekspor terbesar Indonesia adalah Jepang, Korea Selatan dan Taiwan, di samping China dan India yang merupakan buyer baru bagi Indonesia. Meningkatnya permintaan China dan India di masa datang akan menambah tingginya kecenderungan permintaan ekspor. Belum adanya keseimbangan antara permintaan dan pemasokan batubara pada tataran dunia, terlihat dari tingginya tingkat pertumbuhan ekspor Indonesia yang mencapai 15,51%. Pada satu sisi, hal tersebut merupakan peluang Indonesia untuk meningkatkan pangsa pasar ekspor.

Kecenderungan peningkatan ekspor perlu dicermati untuk mengantisipasi kebutuhan dalam negeri untuk tahun – tahun yang akan datang, karena konsumsi batubara di dalam negeripun cenderung meningkat secara signifikan dan kebijakan untuk mengutamakan pemasokan untuk kepentingan dalam negeri telah diatur dalam Permen 34 Tahun 2009.

### 2.7.5. Penggunaan Batubara di Indonesia

Menimbang cadangan bahan bakar minyak bumi Indonesia yang semakin menipis dan harganya cukup mahal, pemanfaatan batubara di dalam negeri menjadi semakin penting sejalan dengan ditemukannya cadangan batubara yang besar yang terus meningkat, yang hingga kini sumber daya mencapai 104,75 miliar ton dan cadangan 22,25 miliar ton.



Gambar 2 - 13. Perkembangan Konsumsi Batubara.

Sumber: Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara 2010.

Selain itu, adanya kebijakan energi nasional mengenai diversifikasi energi juga memacu pemanfaatan batubara di berbagai segmen pasar di wilayah Indonesia, baik di sektor industri terlebih pada PLTU yang telah menjadi kebijakan pemerintah di sektor kelistrikan. Tahun 2009, penggunaan batubara dalam negeri tetap didominasi oleh PLTU, yaitu 68,95% dari kebutuhan batubara nasional, kemudian diikuti oleh industri semen sebesar 13,44%. Trend penggunaan batubara pada industri kertas, tekstil dan metalurgi, serta industri lainnya terus meningkat, kecuali pada industri briket batubara perkembangan penggunaan batubara berfluktuatif dan cenderung tetap.

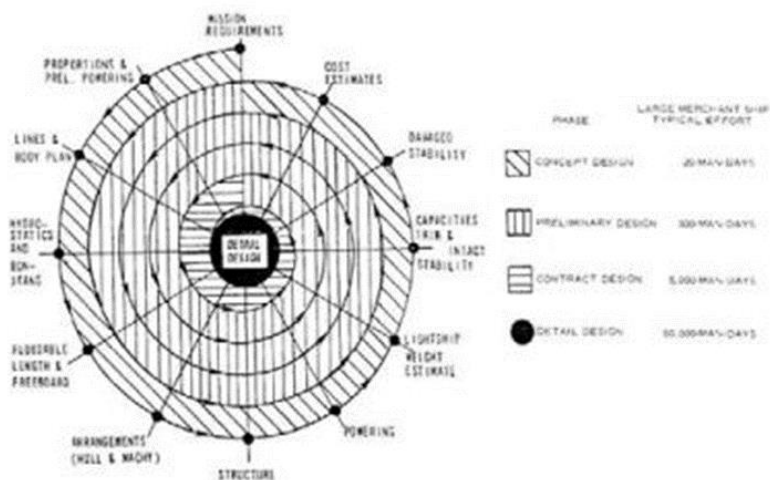
### 2.8. Tinjauan Desain Kapal

Proses desain merupakan proses yang dilakukan secara berulang-ulang hingga menghasilkan suatu desain yang sesuai dengan apa yang diinginkan. Dalam proses pembangunan kapal varu terdapat beberapa tahapan desain, yaitu antara lain (Taggart, 1980):

1. *Concept design*

2. *Preliminary design*
3. *Contract design*
4. *Detail design*

Empat tahap desain diatas dapat digambarkan dalam suatu desain spiral (Evans 1959) yang merupakan suatu proses iterasi mulai dari persyaratan-persyaratan yang diberikan oleh owner kapal hingga pembuatan detail desain yang siap digunakan dalam proses produksi.



**Gambar 2 - 14.** Basic Design Spiral Evans 1959.

1. *Concept design*
  - a. Proses menerjemahkan persyaratan-persyaratan *owner requirement* kedalam ketentuan-ketentuan dasar dari kapal yang akan direncanakan.
  - b. Dalam tahap ini diperlukan studi kelayakan untuk menentukan elemen-elemen dasar dari kapal yang di desain, seperti panjang kapal, lebar kapal, tinggi kapal, sarat, power mesin, dll. Yang memenuhi persyaratan-persyaratan kecepatan, jarak, volume muatan dan *deadweight*.
  - c. Hasil-hasil pada tahap *concept design* digunakan untuk mendapatkan perkiraan biaya konstruksi.
  - d. Desain-desain alternative juga dihasilkan pada tahap ini.
2. *Preliminary design*
  - a. Pada tahap ini dilakukan penentuan lebih jauh karakteristik-karakteristik utama kapal yang mempengaruhi perhitungan biaya-biaya awal dari pembuatan kapal dan *performance* kapal.

- b. Menghasilkan sebuah desain kapal yang lebih presisi yang akan memenuhi persyaratan-persyaratan pemesan.
  - c. Hasil dari tahap ini merupakan dasar dalam pengembangan *contract design* dan spesifikasi kapal.
1. *Contract design*
    - a. Menghasilkan satu *set plans* dan spesifikasi yang akan digunakan untuk menyusun dokumen kontrak pembangunan kapal.
    - b. Tahap desain ini terdiri dari satu, dua atau lebih putaran dari *design spiral*.
    - c. Mendetailkan desain yang dihasilkan dari tahap *preliminary design*.
    - d. Mengambarkan lebih persis profil-profil kapal, seperti bentuk badan kapal, daya yang dibutuhkan, karakteristik olah geraknya, detail konstruksi, dll.
    - e. Rencana umum terakhir dibuat dalam tahap ini.

1. *Detail design*

Merupakan tahap akhir dari design spiral yang mengembangkan gambar rencana kerja (*production drawing*) yang detail meliputi instruksi tentang instalasi dan konstruksi terhadap tukang pasang (*fitters*), las (*welders*), *outfitting*, pekerja bagian logam, vendor mesin dan permesinan kapal, tukang pipa, dll.

### 2.8.1. Ukuran Utama Kapal

Secara umum, ukuran kapal tergantung pada beberapa hal, antara lain:

- a. Fungsi pelayaran yang akan digunakan
 

Besar kecilnya kapal harus dapat mencakup semua kegiatan pelayanan yang akan dilaksanakan di kapal. Untuk itu sebelum menetapkan besarnya kapal perlu didesain tata letak dan besarnya peralatan yang akan dipasang didalam kapal.
- b. Jangkauan operasi kapal
 

Makin jauh jangkauan operasi kapal akan berpengaruh pada jumlah pemakaian bahan bakar dan logistik. Sehingga pada gilirannya akan memerlukan ruangan untuk tangka bahan bakar dan Gudang logistik yang cukup besar sehingga akan mempengaruhi biaya pembuatan kapal.
- c. Kondisi daerah operasi
 

Untuk kapal yang beroperasi di laut bebas tentunya diperlukan selain dari kekuatan kapal juga besarnya kapal. Berbeda dengan kapal yang akan beroperasi diperairan

sungai yang tenang tentunya tidak memerlukan kekuatan kapal yang besar dan bentuk kapal yang besar.

Menurut bagiannya ukuran kapal dibagi menjadi beberapa bagian. Bagian-bagian tersebut adalah:

- *LPP (Length between perpendicular)*  
Panjang yang diukur antara dua garis tegak yaitu, jarak horizontal antara garis tegak buritan (*After Perpendicular/ AP*) dan garis tegak haluan (*Fore Perpendicular/ FP*).
- *Loa (Length overall)*  
Panjang seluruhnya, yaitu jarak horizontal yang diukur dari titik terluar depan sampai titik terluar belakang kapal.
- *Bm (Breadth moulded)*  
Yaitu 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.
- *H (Height)*  
Yaitu jarak tegak yang diukur pada bidang tengah kapal, dari atas lunas sampai sisi atas balok geladak disisi kapal.
- *T (Draught)*  
Yaitu jarak tegak yang diukur dari sisi atas lunas sampai ke permukaan air.
- *DWT (Deadweight ton)*  
Yaitu berat dalam ton (1000 kilogram) dari muatan, perbekalan, bahan bakar, air tawar, penumpang dan awak kapal yang diangkut oleh kapal pada waktu dimuati sampai garis muat musim panas maksimum.
- *Vs (Service speed)*  
Ini adalah kecepatan dinas, yaitu kecepatan rata-rata yang dicapai dalam serangkaian

dinas pelayaran yang telah dilakukan suatu kapal. Kecepatan ini juga dapat diukur pada

saat badan kapal dibawah permukaan air dalam keadaan bersih, dimuati sampai dengan

sarat penuh, motor penggerak bekerja pada keadaan daya rata-rata dan cuaca normal.

Selain itu penentuan material kapal yang akan dipakai tergantung atas pertimbangan sebagai berikut:

a. Besar kecilnya ukuran kapal

Untuk kapal-kapal yang direncanakan untuk pelayaran perairan darat seperti sungai, danau, dan rawa maka material sebagai berikut layak untuk dipakai, yaitu: kayu, sejenis plastic seperti *polyethelen*, *fiber*, dan sebagainya. Sedangkan untuk kapal yang direncanakan akan beroperasi di perairan pantai dan laut material dari baja layak untuk dipergunakan mengingat dari segi kekuatan kapal relatif besar.

b. Usia kapal yang direncanakan

Pemilihan material kapal juga harus mempertimbangkan usia (*life span*) kapal yang akan direncanakan. Usia kapal yang terbuat dari bahan plastic atau kayu umumnya berkisar antara 10-15 tahun, sedangkan kapal yang terbuat dari baja akan memiliki *life span* kurang lebih 20 tahun.

c. Perawatan kapal

Kapal dari bahan kayu, perawatan *dry docking* nya tidak harus memakai sarana *dry docking* yang khusus, cukup dengan cara dikandaskan ke pantai berpasir atau ditarik dengan landasan balok-balok silindris kemudian ditarik didarat. Kapal dari bahan kayu untuk perawatannya tidak memerlukan petugas dengan kemampuan dan teknologi yang tinggi. Kapal dari bahan dasar baja Karena berat dan ukurannya besar apabila perawatan perlu fasilitas *dry dock*, *floating dock* dan lain sebagainya.

## 2.8.2. Perhitungan Hambatan Kapal

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

- Viscous resistance

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



2-2

- Resistance of appendages

$$R_v = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{FO} S_{tot} (1 + k) \quad 2-3$$

- Wave making resistance

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

### 2.8.3. Perhitungan Berat Kapal

Berat kapal terdiri dua komponen yaitu LWT (*light weight tonnage*) dan DWT (*dead weight tonnage*) komponen DWT kapal meliputi:

- a. Berat bahan bakar.
- b. Berat minyak pelumas.
- c. Berat air tawar.
- d. Berat kru.
- e. Penumpang serta barang bawaannya.
- f. Berat provision.

Sedang untuk LWT kapal memiliki komponen yang meliputi:

- a. Berat kapal kosong
- b. Berat dan instalasi perlengkapan
- c. Berat permesinan

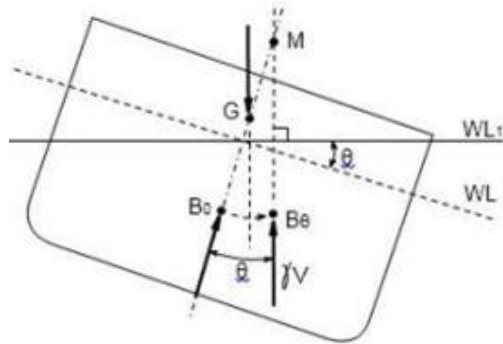
### 2.8.4. Stabilitas

Perhitungan batasa kapal terdiri dari hukum Archimedes, trim, freeboard, stabilitas dan tonnage. Jika nilai tersebut memenuhi, maka diambil nilai dengan harga pembangunan yang terkecil. Hukum Archimedes adalah hukum tentang hubungan dari gaya angkat dan gaya berat. Di dalam hukum Archimedes, gaya angkat kapal harus lebih besar dari gaya berat. Besar selisih telah diatur diperhitungan. Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh lengan dinamis(GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM.

Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis(GZ). Pada prinsipnya keadaan stabilitas ada tiga yaitu:

- Stabilitas Positif

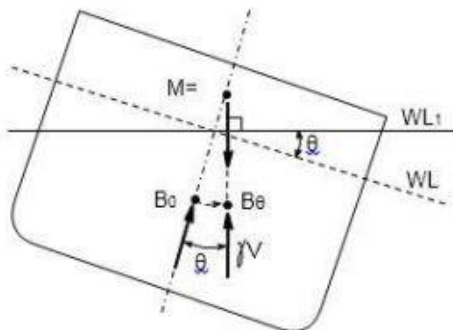
Suatu keadaan dimana titik G-nya berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas mantap sewaktu menyenget mesti memiliki kemampuan untuk menegak kembali.



**Gambar 2 - 15.** Kondisi Stabilitas Positif.

- Stabilitas Netral

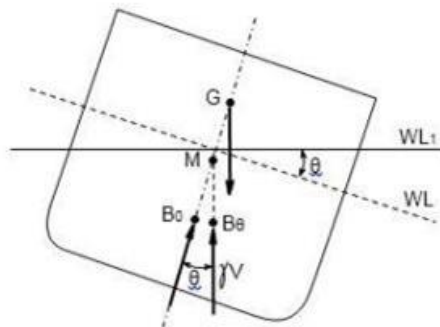
Suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berhimpit dengan titik M. Maka momen penegak kapal yang memiliki stabilitas netral sama dengan nol, atau bahkan tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali sewaktu menyenget. Dengan kata lain bila kapal senget tidak ada MP maupun momen penerus sehingga kapal tetap miring pada sudut senget yang sama, penyebabnya adalah titik G terlalu tinggi dan berhimpit dengan titik M karena terlalu banyak muatan di bagian atas kapal.



**Gambar 2 - 16.** Kondisi Stabilitas Netral.

- Stabilitas Negatif

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas negatif sewaktu menyenget tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali, bahkan sudut sengetnya akan bertambah besar, yang menyebabkan kapal akan bertambah miring lagi bahkan bisa menjadi terbalik. Atau suatu kondisi bila kapal miring karena gaya dari luar, maka timbullah sebuah momen yang dinamakan momen penerus atau *healing moment* sehingga kapal akan bertambah miring.



Gambar 2 - 17. Kondisi Stabilitas Negatif.

### 2.8.5. Perhitungan *Freeboard*

Lambung timbul (*freeboard*) merupakan salah satu jaminan keselamatan kapal selama melakukan perjalanan baik itu mengangkut muatan barang maupun penumpang. Secara sederhana pengertian lambung timbul adalah jarak tepi sisi geladak terhadap air yang diukur pada tengah kapal. Terdapat beberapa peraturan mengenai lambung timbul ini antara lain untuk kapal yang berlayar hanya dip perairan Indonesia dapat mengacu rumusan PGMI (Peraturan Garis Muat Indonesia) tahun 1985. Selain itu, terdapat peraturan Internasional untuk lambung timbul yang dihasilkan dari konferensi Internasional yaitu ILLC (*International Load Line Convention*) tahun 1966 di kota London. Hasil dari konferensi ini ialah aturan lambung timbul minimum (*Freeboard standard*) sesuai dengan panjang dan jenis kapal. Peraturan ini juga dilengkapi dengan koreksi-koreksi penentuan *freeboard* dari nilai awal seperti koreksi panjang kapal, koefisien blok, tinggi kapal, bangunan atas, koreksi sheer, dan koreksi *minimum bow height*. Peraturan ini harus dipenuhi pada saat perencanaan kapal agar kapal mendapat pengakuan dari lembaga berwenang sekaligus mendapatkan ijin untuk beroperasi.

Adapun langkah untuk menghitung *freeboard* berdasarkan load lines 1996 and protocol of 1998 sebagai berikut:

- Tipe kapal

Tipe A: Kapal dengan persyaratan salah satu dari

- Kapal yang didesain memuat muatan cair dalam curah
- Kapal yang mempunyai integritas tinggi pada geladak terbuka dengan akses bukaan ke kompartemen yang kecil, ditutup sekat penutup baja yang kedap atau material yang *equivalent*.
- Mempunyai premabilitas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh.

Kapal tipe A: tanker, LNG, *carrier*

Kapal tipe B: kapal yang tidak memenuhi persyaratan pada kapal tipe A

- *Freeboard standart*

Yaitu freeboard yang tertera pada tabel *standart freeboard* sesuai dengan tipe kapal.

- Koreksi

- Koreksi untuk kapal yang panjang kurang dari 100 m
- Koreksi blok koefisien
- Koreksi tinggi kapal
- Tinggi standart bangunan atas dan koreksi bangunan atas
- Koreksi bangunan atas
- Minimum *bow height*

L [ m ]	Standart Height [ m ]	
	<i>Raised Quarterdeck</i>	<i>Other Superstructure</i>
30 or less	0.9	1.8
75	1.2	1.8
125 or more	1.8	2.3

Gambar 2. 1. Koreksi Tinggi Standart dan Koreksi Bangunan Atas.

## 2.9. Biaya Transportasi Laut

Ada beberapa biaya yang harus dibayarkan untuk mengoperasikan sebuah kapal, yaitu:

### 2.9.1. Capital Cost

*Capital cost* adalah harga kapal pada saat dibeli atau dibangun. Biaya modal disertakan dalam kalkulasi biaya untuk menutup pembayaran bunga pinjaman dan pengembalian modal tergantung bagaimana pengadaan kapal tersebut. Pengembalian nilai kapital ini direfleksikan sebagai pembayaran tahunan. Harga kapal dihitung dengan menggunakan grafik estimasi

harga yang disediakan oleh D.G.M Watson (1998). Watson membuat estimasi biaya kapal dengan menggunakan fungsi berat beberapa komponen utama kapal, yaitu berat struktur, berat perlengkapan, berat permesinan dan ditambah dengan biaya yang tidak termasuk dalam berat (*non weight cost*).

### 1. Biaya Struktur (*Structural Cost*)

Rumus yang digunakan untuk menghitung biaya struktur (Pst) adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{Pst\ (US\$)\ =\ Wst.\ Cst} \qquad \mathbf{2-5}$$

Keterangan:

Wst = berat baja kapal

Cst = pendekatan biaya berat baja per ton

Wst dihitung dengan menggunakan rumus yang disediakan oleh Harvald dan Jensen (1992), rumusnya adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{Wst\ =\ (L*B*Da)*Cs} \qquad \mathbf{2-6}$$

$$\mathbf{Cst\ =\ Cso\ +\ 0.064e^{-e^{-(0.5\mu+0.1\mu)}}} \qquad \mathbf{2-7}$$

$$\mathbf{DA\ =\ D\ +\ \frac{\nabla A\ +\ \nabla DH}{Lpp*B}} \qquad \mathbf{2-8}$$

Keterangan:

$$u = \log_{10} \left( \frac{\Delta}{100t} \right)$$

Cso = 0.0752 t/m<sup>3</sup> (untuk kapal tanker)

Da = koreksi tinggi kapal sampai bangunan atas

D = depth (tinggi kapal)

∇A = volume bangunan atas

∇DH = volume rumah geladak

### 2. Biaya Perlengkapan (*outfit cost*)

Rumus yang digunakan untuk menghitung biaya perlengkapan (P<sub>E&O</sub>) adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{P_{E\&O}\ (US\ \$)\ =\ P_{E\&O}.\ C_{E\&O}} \qquad \mathbf{2-9}$$

Keterangan:

W<sub>E&O</sub>: Berat perlengkapan dan peralatan

C<sub>E&O</sub>: Pendekatan biaya berat perlengkapan per ton

### 3. Biaya Permesinan (*machinery cost*)

Rumus yang digunakan untuk menghitung biaya perlengkapan ( $P_{ME}$ ) adalah sebagai berikut:

$$P_{ME} \text{ (US \$)} = W_{ME} \cdot C_{ME} \quad 2-10$$

Keterangan:

$W_{ME}$ : Berat permesinan

$C_{ME}$ : Pendekatan biaya berat permesinan per ton

### 4. Biaya Non Berat (*non-weight cost*)

Biaya ini merupakan biaya-biaya yang tidak dapat dikelompokkan dengan ketiga grup biaya sebelumnya, contoh:

- a. Biaya untuk drawing office labour and overhead.
- b. Biaya untuk biro klasifikasi dan departemen perhubungan.
- c. Biaya konsultasi.
- d. Biaya tank test.
- e. Model cost.
- f. Launch expense.
- g. Drydock cost.
- h. Pilotage.
- i. Trial cost.
- j. Asuransi.
- k. Biaya lain-lain.

Rumus yang digunakan untuk menghitung biaya non berat ( $P_{NW}$ ) adalah sebagai berikut:

$$P_{NW} \text{ (US\$)}: C_{NW}(P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME}) \quad 2-11$$

Keterangan:

$C_{NW}$  = biaya non berat, biasanya 7.5% - 12%.

Sehingga total biaya adalah:

$$\text{Total cost (US\$)} = P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME} + P_{NW} \quad 2-12$$

### 2.9.2. Biaya Operasional

*Operational cost* adalah biaya-biaya tetap yang dikeluarkan untuk aspek-aspek operasional sehari-hari kapal untuk membuat kapal selalu dalam keadaan siap berlayar. Yang termasuk biaya operasional adalah biaya ABK, perawatan dan perbaikan, stores, bahan makanan, minyak pelumas, asuransi dan administrasi.

$$\text{OC} = \text{M} + \text{ST} + \text{MN} + \text{I} + \text{AD} \qquad \text{2-13}$$

Keterangan:

OC = *operating cost*

M = *manning*

ST = stores

MN = *maintenance and repair*

I = *insurance*

AD = administrasi

#### 1. *Manning cost*

*Manning cost* yaitu biaya untuk anak buah kapal atau disebut juga *crew cost* adalah biaya-biaya langsung maupun tidak langsung untuk anak buah kapal termasuk didalamnya adalah gaji pokok dan tunjangan, asuransi sosial, uang pensiun. Besarnya *crew cost* ditentukan oleh jumlah dan struktur pembagian kerja, dalam hal ini tergantung pada ukuran-ukuran teknis kapal. Struktur kerja pada sebuah kapalmumnya dibagi menjadi 3 departemen, yaitu *deck departemen*, *engine departemen* dan *catering departemen*.

#### 2. *Store cost*

Disebut juga biaya perbekalan atau persediaan dan dikategorikan menjadi 2 macam, yaitu untuk keperluan kapal (cadangan perlengkapan kapal dan peralatan kapal) dan keperluan crew (bahan makanan).

#### 3. *Maintenance and repair cost*

Merupakan biaya perawatan dan perbaikan mencakup semua kebutuhan untuk mempertahankan kondisi kapal sesuai standar kebijakan perusahaan maupun persyaratan badan klasifikasi, biaya ini dibagi menjadi 3 kategori:

- Survey klasifikasi

Kapal harus menjalani *survey* regular *dry docking* tiap dua tahun dan *special survey* tiap empat tahun untuk mempertahankan kelas untuk tujuan asuransi.

- Survey klasifikasi

Meliputi perawatan mesin induk dan mesin bantu, cat, bangunan atas, dan pengedokan untuk memelihara lambung dari *marine growth* yang mengurangi efisiensi operasi kapal. Biaya perawatan ini makin bertambah seiring umur kapal.

- Perbaikan

Adanya kerusakan bagian kapal yang harus segera diperbaiki.

#### 4. *Insurance cost*

Merupakan biaya asuransi yaitu komponen pembiayaan yang dikeluarkan sehubungan dengan resiko pelayaran yang dilimpahkan kepada perusahaan asuransi. Komponen pembiayaan ini berbentuk pembayaran premi asuransi kapal yang besarnya tergantung pertanggungan dan umur kapal. Hal ini menyangkut sampai sejauh mana resiko yang dibebankan melalui klaim pada perusahaan asuransi. Makin tinggi resiko yang dibebankan maka makin tinggi pula premi asuransinya. Umur kapal juga mempengaruhi rate premi asuransi yaitu rate yang lebih tinggi akan dikenakan pada kapal yang umurnya lebih tua. Ada dua jenis asuransi yang dipakai perusahaan pelayaran terhadap kapalnya, yaitu:

- *Hull and machinery insurance*

Perlindungan terhadap badan kapal dan permesinannya atas kerusakan atau kehilangan.

- *Protection and indemnity insurance*

Asuransi terhadap kewajiban kepada pihak ketiga seperti kecelakaan atau meninggalnya awak kapal, penumpang, kerusakan dermaga Karena benturan, kehilangan atau kerusakan muatan.

#### 5. Administrasi

Biaya administrasi diantaranya adalah biaya pengurusan surat-surat kapal, biaya sertifikat dan pengurusnya, biaya pengurus ijin kepelabuhan maupun fungsi administrative lainnya, biaya ini disebut juga biaya *overhead* yang besarnya tergantung dari besar kecilnya kapal tersebut.



### 2.9.3. Biaya Pelayaran (*voyage cost*)

Biaya pelayaran adalah biaya-biaya variable yang dikeluarkan kapal untuk kebutuhan selama pelayaran. Komponen-komponen biaya pelayaran adalah biaya bahan bakar untuk mesin induk dan mesin bantu, ongkos pelabuhan, pemanduan dan tunda.

$$\mathbf{VC = FC + PD + TP} \qquad \mathbf{2-14}$$

Keterangan:

VC = *voyage cost*

PD = *port dues* (ongkos pelabuhan)

FC = *fuel cost*

TP = pandu tunda

VC = *voyage cost*

PD = *port dues* (ongkos pelabuhan)

FC = *fuel cost*

TP = pandu tunda

#### 1. *Fuel cost*

Konsumsi bahan bakar kapal tergantung dari beberapa variable seperti ukuran kapal, bentuk dan kondisi lambung, pelayaran bermuatan atau ballast, kecepatan, cuaca (gelombang, arus laut, angin), jenis dan kapasitas mesin induk dan motor bantu, jenis dan kualitas bahan bakar. Biaya bahan bakar tergantung pada konsumsi harian bahan bakar selama berlayar dilaut dan dipelabuhan dan harga bahan bakar kapal, jenis bahan bakar yang dipakai ada 3 macam yaitu: HSD, MDO, dan HFO.

#### 2. *Port cost*

Pada saat kapal dipelabuhan biaya-biaya yang dikeluarkan meliputi *port dues* dan *service charges*. *Port dues* adalah biaya yang dikenakan atas penggunaan fasilitas pelabuhan seperti dermaga, tambatan, kolam pelabuhan dan infrastruktur lainnya yang besarnya tergantung *volume cargo*, berat *cargo*, GRT kapal dan NRT kapal. *Service charge* meliputi jasa yang dipakai kapal selama dipelabuhan termasuk pandu dan tunda.

- **Jasa Labuh**

Jasa labuh dikenakan terhadap kapal yang menggunakan perairan pelabuhan. Tarif jasa labuh didasarkan pada *gross register ton* dari kapal yang dihitung per 10 hari.

- **Jasa Tambat**

Setiap kapal yang berlabuh di pelabuhan Indonesia dan tidak melakukan kegiatan, kecuali kapal perang dan kapal pemerintah Indonesia, akan dikenakan jasa tambat.

- **Jasa Pemanduan**

Setiap kapal yang berlayar dalam perairan pelabuhan waktu masuk, keluar, atau pindah tambatan wajib mempergunakan pandu. Sesuai dengan tugasnya, jasa pemanduan ada dua jenis, yaitu pandu laut dan pandu bandar.

- Pandu laut adalah pemanduan diperairan antara batas luar perairan hingga batas pandu bandar.
- Pandu bandar adalah pandu yang bertugas memandu kapal dari batas perairan bandar hingga kapal masuk dikolam pelabuhan sandar di dermaga.

#### **2.9.4. Biaya Bongkar Muat (*cargo handling cost*)**

Biaya bongkar muat (*Cargo handling cost*) mempengaruhi juga biaya pelayaran yang harus dikeluarkan oleh perusahaan pelayaran. Kegiatan yang dilakukan dalam bongkar muat terdiri dari *stevedoring*, *cargodoring*, *receiving/delivery*. Kegiatan ini dilakukan oleh perusahaan bongkar muat (PBM) yang mempekerjakan tenaga kerja bongkar muat (TKBM). Menurut Keputusan menteri Perhubungan Nomor: KM 14 tahun 2002 Tentang Penyelenggaraan dan Pengusahaan Bongkar Muat barang dari Dan ke Kapal, pengertian dari istilah tersebut adalah sebagai berikut:

- *Stevedoring*

adalah pekerjaan membongkar barang dari kapal ke dermaga/tongkang/truk atau memuat barang dari dermaga/tongkang/truk ke dalam kapal sampai tersusun dalam palkah dengan menggunakan derek kapal atau derek darat.

- *Cargodoring*

Adalah pekerjaan melepaskan barang dari tali/jala-jala di dermaga dan menggangkut dari dermaga ke Gudang/lapangan penumpukan barang, selanjutnya menyusun digudang/lapangan penumpukan barang atau sebaliknya.

- Perusahaan bongkar muat (PBM)

Adalah badan hukum Indonesia yang khusus didirikan untuk menyelenggarakan dan mengusahakan kegiatan bongkar muat barang dari dan ke kapal.

- Tenaga kerja bongkar muat (TKBM)

Adalah semua tenaga kerja yang terdaftar pada pelabuhan setempat yang melakukan pekerjaan bongkar muat dipelabuhan.

## 2.10. Optimasi

Optimasi adalah teknik untuk memaksimalkan atau mengoptimalkan sesuatu hal yang bertujuan untuk mengelola sesuatu yang dikerjakan. Saat ini, permasalahan optimasi memerlukan dukungan software dalam penyelesaiannya sehingga menghasilkan solusi yang optimal dengan waktu perhitungan yang lebih cepat. Untuk menyelesaikan suatu permasalahan biasanya dilakukan dengan mengubah masalah tersebut ke dalam model matematis terlebih dahulu untuk memudahkan penyelesaiannya.

Keberhasilan penerapan teknik optimasi, paling tidak memerlukan tiga syarat, yaitu kemampuan membuat model matematika dari permasalahan yang dihadapi, pengetahuan teknik optimasi, dan pengetahuan akan program komputer.

Optimasi terbagi menjadi dua bagian, yaitu optimasi yang tak terbatas yang hanya dikalikan dengan fungsi objektif yang tak terbatas dan tidak memiliki pembatas, dan optimasi terbatas yang memiliki fungsi objektif yang terbatas atau persyaratan tertentu yang membuat masalah lebih rumit dan memerlukan algoritma yang berbeda untuk diselesaikan. Terdapat banyak teknik optimasi yang telah dikembangkan sampai saat ini, di antaranya adalah *linear programming*, *goal programming*, *integer programming*, *nonlinear programming*, dan *dynamic programming*. Penggunaan teknik optimasi tersebut tergantung dari permasalahan yang akan diselesaikan. Pada penelitian ini menggunakan teknik optimasi linear programming.

Berdasarkan langkah-langkah optimasi setelah masalah diidentifikasi dan tujuan ditetapkan, langkah selanjutnya adalah memformulasikan model matematik yang meliputi tiga tahap, yaitu:

1. Menentukan variabel yang tidak diketahui (variabel keputusan) dan nyatakan dalam simbol matematik.
2. Membentuk fungsi tujuan yang ditunjukkan sebagai hubungan linier (bukan perkalian) dari variabel keputusan).
3. Menentukan semua kendala masalah tersebut dan mengekspresikan dalam persamaan atau pertidaksamaan yang juga merupakan hubungan linier dari variabel keputusan yang mencerminkan keterbatasan sumberdaya masalah tersebut.

Fungsi tujuan dan kendala merupakan suatu fungsi garis lurus atau linier. Salah satu metode untuk memecahkan masalah optimasi produksi yang mencakup fungsi tujuan dan kendala adalah metode *Evolutionary*. Metode ini adalah suatu teknik perencanaan analitis dengan menggunakan model matematika yang bertujuan untuk menemukan beberapa kombinasi alternatif solusi.

Pembahasan masalah dengan menggunakan program solver. Sebelum memasuki solver, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mendefenisikan dan memilih variabel keputusan, kendala dan fungsi tujuan dari suatu masalah.

Setelah langkah pertama dilakukan, masukan data fungsi tujuan, kendala dan variabel keputusan dalam Excel Solver atau Gnumeric adalah suatu program penyelesaian (menemukan jawaban) untuk menyelesaikan masalah-masalah, seperti yang meliputi jawaban fungsi tujuan dan jawaban kendala.

### **2.10.1. Linear Programming**

Linear Programming (LP) adalah salah satu cara untuk menyelesaikan persoalan pengalokasian sumber-sumber yang terbatas di antara beberapa aktivitas yang berbeda dengan cara terbaik yang mungkin dapat dilakukan sehingga diperoleh keuntungan yang maksimum atau biaya yang minimum (Amalia, 2004). Keputusan yang diambil dalam program tersebut diambil dengan memilih dari beberapa alternatif yang ada. Suatu masalah LP merupakan suatu masalah optimasi yang berkaitan dengan meminimumkan atau memaksimalkan suatu

fungsi linier yang dibatasi oleh konstrain-konstrain atau kendala - kendala yang berbentuk baik persamaan ataupun ketidaksamaan (Bazaraa, 1990). Hasil akhir dapat dikatakan optimal jika hasil tersebut dapat mencapai tujuan yang terbaik di antara seluruh alternatif feasible. Permasalahan LP dapat diformulasikan sebagai berikut.

$$\text{Minimize: } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad \text{2-15}$$

$$\text{Dengan Batasan: } \sum_{j=1}^n a_{ij}X_j \geq b_i$$

$$X_j \geq 0$$

$$i = 1,2,3, \dots m$$

$$j = 1,2,3 \dots n$$

Keterangan:

- $c_1X_1 + c_2X_2 + \dots + c_nX_n$  adalah fungsi tujuan yang harus diminimumkan atau dimaksimalkan dan dinotasikan dengan Z
- Koefisien  $c_1, c_2, \dots c_j$  adalah koefisien cost yang diketahui
- $X_1, X_2, \dots X_j$  adalah variabel keputusan yang harus dicari
- Pertidaksamaan  $\sum_{j=1}^n a_{ij}X_j \geq b_i$  adalah konstrain ke-i
- Pertidaksamaan  $a_{ij}$  untuk
  - $i = 1, 2, \dots m$
  - $j = 1, 2, \dots n$  adalah parameter pembatas
- Konstrain  $X_j \geq 0$  adalah konstrain non-negatif.

Selain model LP seperti yang diformulasikan di atas, terdapat pula bentuk lain dari model LP, yaitu:

- Fungsi tujuan bukan minimasi, melainkan maksimasi.
- Beberapa konstrain fungsionalnya mempunyai bentuk ketidaksamaan dalam bentuk lebih kecil ( $\leq$ ).
- Beberapa konstrain lainnya mempunyai beberapa bentuk persamaan.
- Menghilangkan konstrain non-negatif untuk beberapa variabel keputusan.

## 2.11. Arena

Arena adalah perangkat lunak simulasi diskrit yang dikembangkan oleh Rockwell Automation pada tahun 2000. Program ini menggunakan prosesor SIMAN dan bahasa simulasi. Arena dapat diintegrasikan dengan teknologi Microsoft. Ini termasuk Visual Basic

untuk aplikasi sehingga model dapat lebih otomatis jika algoritma tertentu diperlukan. Hal ini juga mendukung mengimpor diagram alur dari Microsoft Visio, serta membaca dari atau keluaran ke spreadsheet Excel dan database Access.

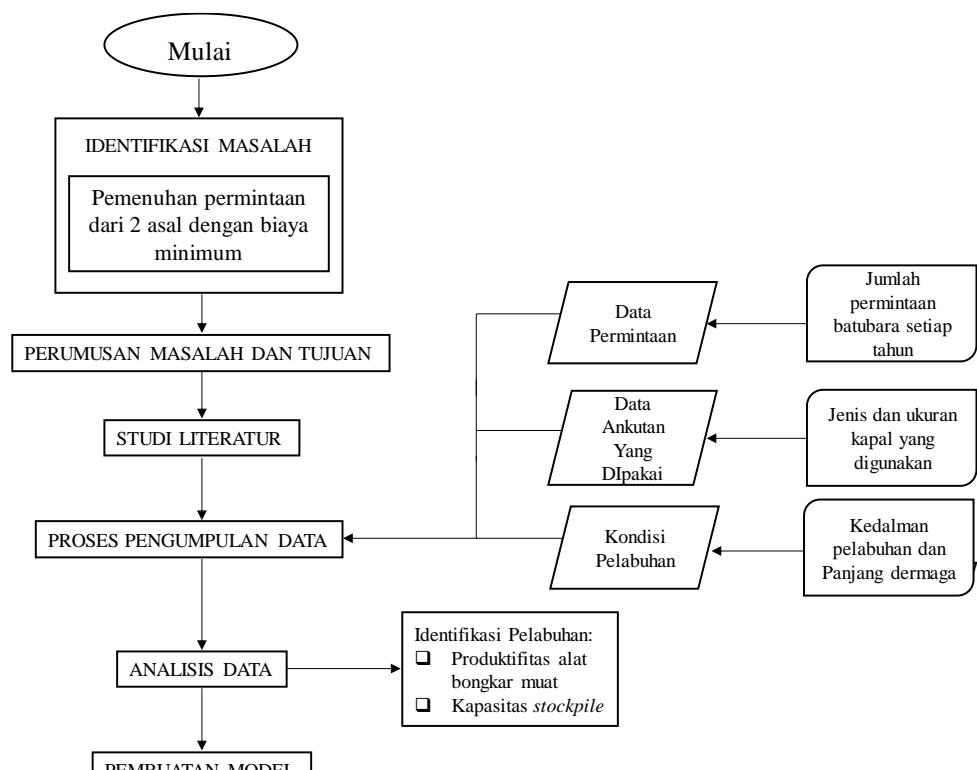
Di Arena, pengguna membangun model eksperimen dengan menempatkan modul (kotak dari berbagai bentuk) yang mewakili proses atau logika. Garis konektor digunakan untuk bergabung modul ini bersama-sama dan untuk menentukan aliran entitas. Sementara modul memiliki tindakan spesifik terhadap entitas, aliran, dan waktu, representasi yang tepat dari modul dan entitas masing-masing relatif terhadap kondisi nyata. Data statistik, seperti waktu siklus dan WIP (barang dalam proses) tingkat, dapat direkam dan dikeluarkan sebagai laporan. Ada beberapa hal yang dapat dilakukan dengan menggunakan Arena, antara lain:

- Memodelkan setiap proses yang terjadi dalam kondisi yang sebenarnya
- Mensimulasikan performa di masa yang mendatang dari sistem pemodelan yang telah kita buat untuk memahami hubungan antar proses dalam sistem
- Memvisualisasikan kondisi operasional dengan animasi dinamis
- Menganalisa bagaimana kinerja sistem berdasarkan konfigurasi dari modul-modul yang telah dibuat dan alternatif-alternatif yang mungkin bisa direalisasikan sehingga dapat membantu dalam proses pengambilan keputusan yang terbaik.

Model simulasi Arena dapat digunakan untuk menganalisis sistem yang lebih kompleks. Model simulasi dapat dipadukan dengan model numerik sehingga keduanya saling mendukung dalam menganalisis suatu jenis sistem yang kompleks. Model simulasi biasanya didukung oleh tipe data yang berhubungan langsung dengan angka acak, sedangkan tipe data bersifat probabilitas. Data yang seperti ini memiliki perilaku terhadap sistem yang tidak dapat diprediksikan secara pasti karena perilakunya tidak beraturan. (Nur, 2013)

## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1. Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3 - 1.**Diagram Alir Penelitian.

### **3.1.1. Tahap Identifikasi Masalah**

Tahap ini dilakukan identifikasi mengenai permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini yaitu desain konseptual dan pola operasi pengiriman batubara dengan menggunakan kapal ATB. Permasalahan yang terjadi adalah sering terjadinya hambatan dalam pengiriman batubara karena cuaca yang tidak memungkinkan untuk berlayar menggunakan kapal Tug Barge. Sehingga permasalahan ini menyebabkan pihak pelayaran tidak mendapatkan SIB (Surat Ijin Berlayar), sedangkan kebutuhan batubara ditujuan terus membutuhkan suplai batubara sebanyak ratusan ton perharinya. Ada beberapa alternatif yang akan dilakukan untuk menentukan alternatif mana yang menghasilkan biaya yang paling murah dan dapat melayani semua titik tujuan.

### **3.1.2. Tahap Studi Literatur**

Tahap studi literatur yaitu materi dan teori yang menjadi literatur atau tinjauan pustaka yang berkaitan dengan konsep desain kapal ATB dan pola operasi pengiriman batubara, konsep desain kapal serta analisis kelayakan investasi untuk mengetahui apakah pembangunan kapal ATB adalah layak untuk dilakukan atau tidak dilakukan.

### **3.1.3. Tahap Pengumpulan Data**

Tahap pengumpulan data dilakukan dengan dua metode, yaitu metode primer dan sekunder. Metode primer merupakan metode pengambilan data secara langsung dan metode sekunder adalah pengambilan data secara tidak langsung. Pengumpulan data dilakukan yang berkaitan dengan keperluan penelitian, adapun data-data yang diperlukan antara lain:



- Pengiriman batubara eksisting.
- Jarak antara titik pola operasi.
- Data kapal pembanding
- Pola operasi eksisting.

#### **3.1.4. Tahap Pengolahan Data**

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data untuk mengetahui berbagai hal yang berkaitan dengan proses analisis selanjutnya.

#### **3.1.5. Tahap Analisis Data dan Pengembangan Konsep**

Pada tahap ini dilakukan analisis pola operasi eksisting, pengembangan pola operasi yang sesuai dengan wilayah daerah yang akan diteliti.

#### **3.1.6. Tahap Perencanaan Pola Operasi**

Tahap ini dilakukan perencanaan pola operasi terhadap berbagai konsep. Pola operasi dilakukan berdasarkan pada wilayah operasi, jarak, jumlah armada, penjadwalan. Dalam pola operasi ini ditentukan pola operasi mana yang menghasilkan biaya yang paling minimum dan optimal.

#### **3.1.7. Tahap Analisis Biaya**

Analisis biaya dilakukan untuk mengetahui pembiayaan masing-masing konsep yang optimum dan dilakukan perbandingan antar konsep. Dari analisis biaya ini dilakukan analisis sensitivitas terhadap biaya per ton pengiriman batubara itu sendiri.

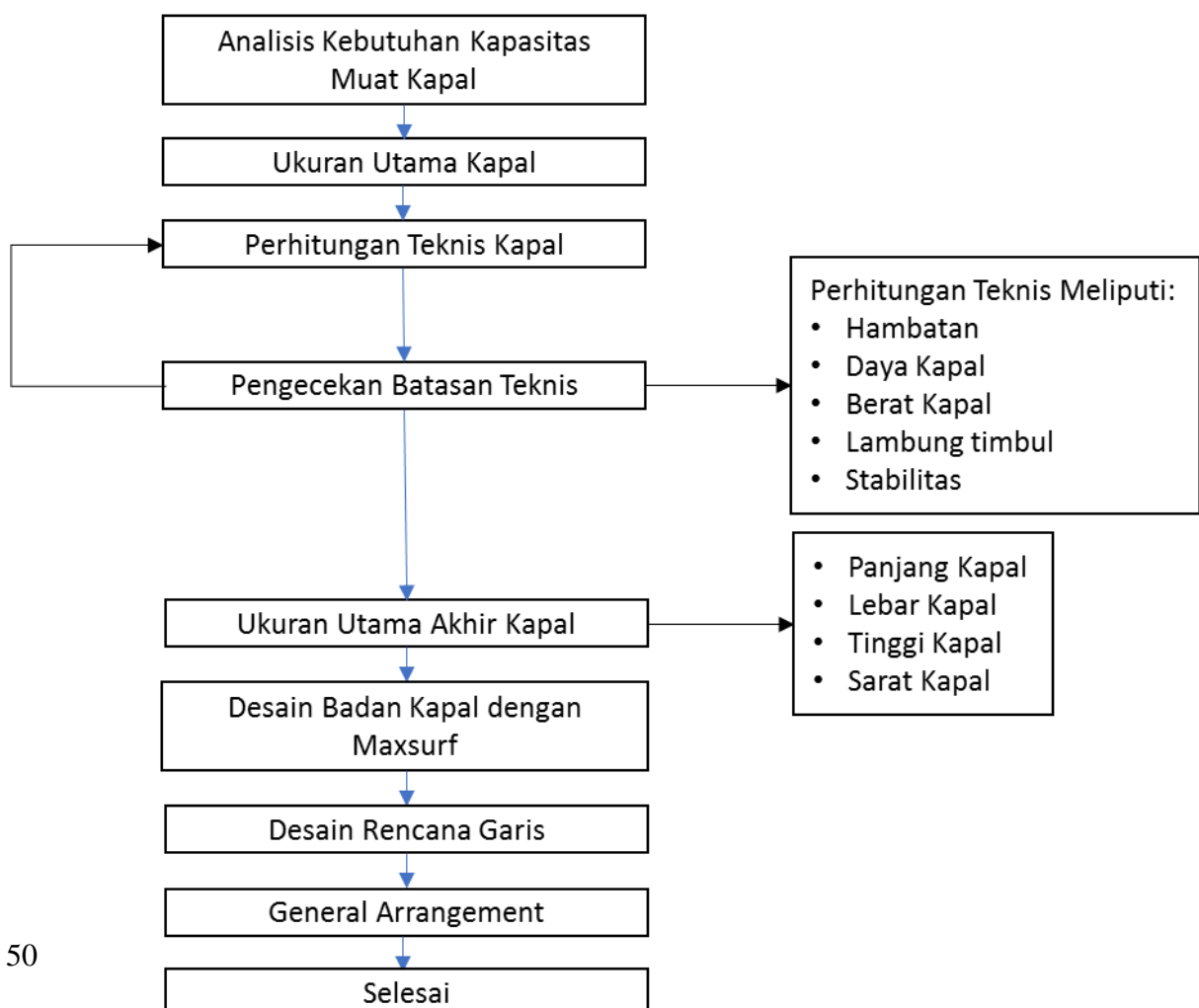
#### **3.1.8. Tahap Desain Konseptual**

Tahap desain konseptual dilakukan untuk menggambarkan konsep terpilih secara umum. Desain konseptual berupa gambaran umum dari pengiriman batubara menggunakan kapal ATB.

#### **3.1.9. Kesimpulan dan Saran**

Pada tahap ini merupakan akhir dari penelitian, dirangkum berbagai hasil penelitian dan evaluasi dari penelitian ini. Selain itu penyertaan saran sebagai acuan pengembangan pengiriman batubara lebih lanjut.

### 3.2. Diagram Alir Desain Kapal



**Gambar 3 - 2.** Diagram Alir Desain Kapal.

### **3.2.1. Analisis Kebutuhan Ruang**

Pada tahap ini merupakan analisis kebutuhan ruang muat sesuai dengan demand yang diketahui, guna untuk mengetahui ukuran utama kapal awal yang menjadi acuan untuk mendesain kapal.

### **3.2.2. Perhitungan Teknis Kapal**

Setelah didapat ukuran utama kapal maka tahap selanjutnya adalah perhitungan teknis kapal, seperti perhitungan koefisien-koefisien kapal serta dilakkukan perhitungan perbandingan ukuran utama kapal untuk mengetahui apakah ukuran utama kapal sesuai dengan ketentuan yang sudah diatur dalam diktat desain kapal.

### **3.2.3. Desain Badan Kapal Menggunakan *Maxsurf***

Pada tahap ini yaitu desain badan kapal dengan menggunakan bantuan *software maxsurf* guna untuk mengetahui rencana garis dan bentuk badan kapal yang akan didesain setelah itu dilakukan desain dengan menggunakan *software autocad*.

### **3.2.4. Desain Rencana Garis dan Rencana Umum**

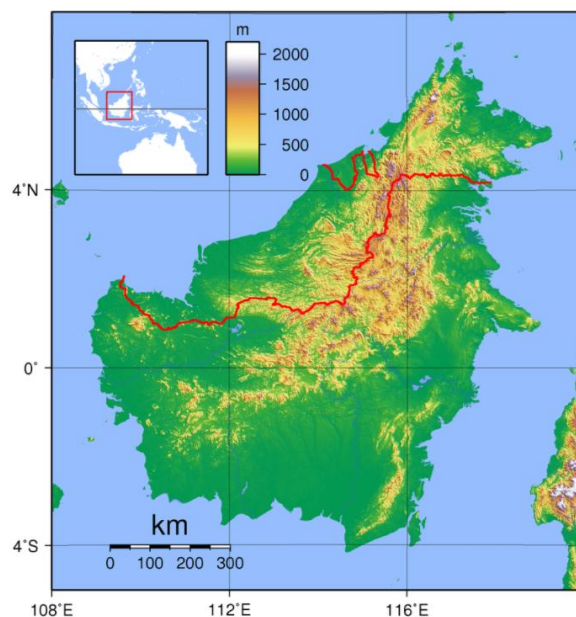
Pada tahap ini dilakukan desain rencana garis dan rencana umum dengan menggunakan *software autocad* untuk mengetahui bentuk sebuah kapal yang didesain.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## BAB 4 GAMBARAN UMUM

### 4.1. Pulau Kalimantan

Kalimantan atau juga disebut Borneo pada jaman kolonial, adalah pulau terbesar ketiga di dunia yang terletak di sebelah utara Pulau Jawa dan di sebelah barat Pulau Sulawesi. Pulau Kalimantan dibagi menjadi wilayah Indonesia (73%), Malaysia (26%), dan Brunei (1%). Pulau Kalimantan terkenal dengan julukan "Pulau Seribu Sungai" karena banyaknya sungai yang mengalir di pulau ini. Pada zaman dahulu, Borneo yang berasal dari nama kesultanan Brunei adalah nama yang dipakai oleh kolonial Inggris dan Belanda untuk menyebut pulau ini secara keseluruhan, sedangkan Kalimantan adalah nama yang digunakan oleh penduduk kawasan timur pulau ini yang sekarang termasuk wilayah Indonesia.



**Gambar 4 - 1.** Topografi Pulau Kalimantan.

*Sumber: id.wikipedia.org*

Wilayah utara pulau ini (Sabah, Brunei, Sarawak) untuk Malaysia dan Brunei Darussalam. Sementara untuk Indonesia wilayah Kalimantan Utara, adalah provinsi Kalimantan Utara. Dalam arti luas "Kalimantan" meliputi seluruh pulau yang juga disebut dengan Borneo, sedangkan dalam arti sempit Kalimantan hanya mengacu pada wilayah Indonesia.

Kalimantan memiliki hutan yang lebat. Namun, wilayah hutan itu semakin berkurang akibat maraknya aksi penebangan pohon. Hutan Kalimantan ialah habitat alami bagi hewan orang utan, gajah borneo, badak borneo, landak, rusa, tapir dan beberapa spesies yang terancam punah. Karena kekayaan alamnya, wilayah Kalimantan Indonesia merupakan salah satu dari enam koridor ekonomi yang dicanangkan pemerintah Republik Indonesia dimana Kalimantan ditetapkan sebagai pusat produksi dan pengolahan hasil tambang dan lumbung energi nasional di Indonesia. Dengan jumlah penduduk yang hanya 5,6% persen dari total penduduk nasional RI, Kalimantan-Indonesia memberi kontribusi sebesar 9,3% terhadap PDB nasional RI yang dihasilkan dari kekayaan alamnya. Sementara daerah lain, porsi sumbangannya terhadap PDB nasional hampir sama atau kurang dari porsi prosentase jumlah penduduknya terhadap nasional.

Porsi investasi di Kalimantan terhadap total investasi nasional RI yang hanya 0,6%. Hal ini amat kontras dengan porsi investasi yang tertanam di Jawa yang besarnya mencapai 72,3% dari total investasi secara nasional. Ini jelas mengisyaratkan bahwa Kalimantan adalah daerah yang terancam tidak berkembang secara ekonomi karena sebagian besar pendapatan yang dihasilkan di daerah ini dibawa ke pulau Jawa. Kalimantan kaya dengan barang tambang diantaranya batubara.

#### **4.2. PLTU Paiton**

Di provinsi Jawa Timur, tepatnya di Kabupaten Probolinggo merupakan salah satu basis Pembangkit Tenaga Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar batubara terbesar di Indonesia. Adanya PLTU Paiton PJB Unit 1 dan 2, PLTU Paiton Jawa Power Unit 5 dan 6, dan PLTU Paiton Energy Unit 3, 7 dan 8 serta PLTU Unit 9 yang dikelola oleh anak perusahaan dari PT. PJB.



**Gambar 4 - 2.** Salah Satu Sudut Komplek PLTU Paiton.

Salah satu Unit Pembangkit milik anak Perusahaan PT PLN (Persero), yaitu PT PJB adalah Unit Pembangkit (UP) Paiton. UP Paiton terdiri dari 2 unit PLTU berkapasitas masing-masing 400 MW, Unit 1 dioperasikan tahun 1994 dan Unit 2 dioperasikan tahun 1993. Dari 2 PLTU tersebut, setiap tahunnya dibangkitkan energy listrik rata-rata sebesar 5.609,231 GWh yang kemudian disalurkan melalui jaringan Transmisi Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV ke system interkoneksi Jawa Bali. Kebutuhan batubara untuk memproduksi listrik tersebut rata-rata sebesar 2.957,968 ton. Komposisi dan spesifikasi batubara yang digunakan adalah 60% dengan spesifikasi 5.000 kcal/kg (GAR), dan 40% dengan spesifikasi 4.800 kcal/kg (GAR). Supplier batubara terdiri dari PT Adaro Indonesia, PT Karya Kencana Utama (KKU), PT Berkah Anugerah Abadi Sejahtera (BAAS), PT Terminal Batubara Indonesia (TBI), PT Setyawan Mahakarya Prima (SMP) dan PT. Rumpun Kusuma Energindo (RKE). Sebagian merupakan kontrak jangka panjang dengan sistem pembelian CIF. Batubara dikirim menggunakan tongkang berkapasitas 8.000 – 12.000 ton.

PT Paiton Jawa Power merupakan perusahaan pembangkit listrik swasta, mempunyai PLTU 2 x 610 MW. Unit pembangkit ini sering disebut PLTU Paiton II, terletak dalam Kompleks Paiton yang diapit oleh PLTU PJB dan PLTU Paiton I (Paiton Energy). Rata-rata produksi listrik pertahun sekitar 9.306,457 GWh dan kebutuhan batubaranya sekitar 4.199.319 ton. Spesifikasi batubara yang digunakan adalah yang mempunyai nilai kalor di antara 4.900 – 5.100 Kg/kcal, GAR. Supplier batubara saat ini PT. Berau Coal dan PT Kideco Jaya Agung, pembelian batubaranya melalui kontrak jangka panjang dengan sistem pembelian FOB.

### 4.3. Profil Perusahaan PT. Paiton Energy

PT. Paiton Energy adalah perusahaan pertama dan merupakan Independent Power Producer (IPP) terbesar yang beroperasi di Indonesia. Saat ini memiliki dan mengoperasikan tiga pembangkit listrik tenaga batubara di Kompleks Paiton Power di Jawa Timur dan memberikan 2.045 MW tenaga listrik kepada PT PLN (Persero), yang kira-kira 6% dari total kapasitas terpasang di Pulau Jawa. Paiton Energy menghasilkan sekitar 13.500 GWh listrik per tahun, yang menyumbang sekitar 10% dari konsumsi listrik tahunan di Pulau Jawa. Perusahaan pembangkit PT Paiton energy (PE) yang memiliki PLTU Unit 7 dan 8 dioperasikan secara komersial pada tahun 1999. Unit 7 dan 8 masing-masing mempunyai kapasitas terpasang 645 MW, tetapi saat ini dioperasikan dengan contract capacity 2 x 610 MW (net) oleh PT International Power Mitsui Operation & Maintenance Indonesia (IPMOMI). Lalu pada tahun 2012 PT. Paiton Energy meresmikan unit pembangkit baru yaitu unit 3 dengan kapasitas sebesar 815 MW dan merupakan pembangkit listrik tenaga batubara yang sangat kritis di Indonesia. Adapun informasi teknik mengenai unit pembangkit 3, 7 dan 8 dijelaskan melalui tabel di bawah ini:

Operasi Komersial	Pada bulan Mei dan Juli 1999
<b>1. Boiler</b>	
1) Tipe	Sub Kritis Pembakaran Tangensial dengan Alat pemanas Drum Uap Boiler dan Sirkulasi Paksa Dinding Air
2) Kapasitas Pembangkit Uap	2.300 ton/jam
3) Desain Kondisi Operasi	Uap Utama: 538°C/16Mpa, Uap Alat Pemanas: 538°C/3.9Mpa
<b>2. Turbin Uap</b>	
1) Tipe	Senyawa Tandem dengan Turbin Arus RH Ganda dan Double Turbin Arus LP Ganda
2) Kapasitas Bersih	615MW
<b>3. Generator</b>	
1) Tipe	2 Tiang, 3 Tahap
2) Kapasitas yang Terhitung	846MVA
3) Tegangan Dynamo	23KV
<b>4. Bahan Bakar</b>	Sub Bituminous Coal

**Gambar 4 - 3.** Informasi Teknis PLTU Unit 7 dan 8.

Sumber: [www.paitonenergy.com](http://www.paitonenergy.com)



Operasi Komersial	Pada bulan Maret 2012
<b>1. Boiler</b>	
1) Tipe	Super Kritis Pembakaran Tangensial dengan Alat pemanas Pemisah Uap dengan Tahap Basah dan Tahap Kering
2) Kapasitas Pembangkit Uap	2,630 ton/jam
3) Desain Kondisi Operasi	Uap Utama: 538°C/24.5Mpa, Uap Alat Pemanas: 566°C/4.7Mpa
<b>2. Turbin Uap</b>	
1) Tipe	Senyawa Tandem dengan campuran Turbin HIP dan 2 LP Turbin
2) Kapasitas Bersih	815MW
<b>3. Generator</b>	
1) Tipe	2 Tiang, 3 Tahap
2) Kapasitas yang terhitung	1,045MVA
3) Tegangan Dynamo	27KV
<b>4. Bahan Bakar</b>	Sub Bituminous Coal

**Gambar 4 - 4.**Informasi Teknis PLTU Unit 3.

Sumber: [www.paitonenergy.com](http://www.paitonenergy.com)

Kebutuhan untuk batubara dari 3 pembangkit yang sudah disebutkan sebelumnya, memiliki jumlah yang bervariasi di setiap tahunnya. Kebutuhan batubaranya mencakup angka 8 juta ton dalam satu tahun. Ini dikarenakan PLN sebagai induk dari seluruh operator swasta PLTU di Paiton memberikan masa *overhaul* pembangkit selama 30 hari dalam setahun.

**Tabel 4 - 1.** Permintaan Batubara PT. Paiton Energy.

Bulan	2012 (ton)	2013 (ton)	2014 (ton)	2015 (ton)	2016 (ton)	2017 (ton)
Januari	674,833	774,706	578,378	667,086	664,947	690,341
Februari	609,721	484,477	593,983	578,298	648,062	487,510
Maret	676,661	598,974	637,457	596,888	651,239	602,502
April	739,759	534,653	624,349	573,119	580,430	654,244
Mei	539,467	583,493	643,751	623,054	572,376	573,839
Juni	716,441	644,542	634,948	598,611	630,746	626,477
Juli	656,508	766,124	750,283	697,007	689,703	825,837
Agustus	544,726	858,721	797,712	739,427	694,773	758,532
September	698,451	624,731	583,040	675,226	699,571	689,049
Oktober	668,955	620,679	707,775	721,406	669,968	595,197
November	606,163	639,415	591,423	730,394	675,675	639,485
Desember	885,508	894,356	914,597	821,644	862,402	933,120
Total	8,017,193	8,024,871	8,057,696	8,022,160	8,039,892	8,076,133

Dalam prakteknya, angka pada Tabel 4 - 1 tidak dapat menjadi patokan pasokan batubara setiap bulannya. Ini dipengaruhi bagaimana dari kondisi mesin pembangkit yang terkadang mengalami kerusakan pada saat proses produksi. Perbaikan unit pembangkit biasanya membutuhkan waktu hingga 25 hari yang dimana proses pengiriman batubara akan diberhentikan untuk sementara waktu.

Pemasok utama batubara untuk PT. Paiton Energy adalah PT. Adaro dan PT. Kideco, dimana telah tercapai kesepakatan dalam *Primary Supply Contract* (PSC) dengan periode lima 5 tahunan yang berlaku sd. 31 Desember 2021. Kuantitas dasar PSC dengan Adaro adalah 4 juta ton per tahun, sedangkan dengan Kideco adalah 2,5 juta ton per tahun. Kualitas batubara tipikal yang diinginkan GCV=5.200 Kcal/Kg (ar), TM = 26%(ar), Ash = 2,5% (ar), dan TS = 0,1% (ar). Skema pembelian adalah CIF (Cost Insurance and Freight) dengan batas penerimaan di jetty milik Paiton Energy. *Jetty* bongkar Paiton Energy saat ini lebih efektif digunakan untuk pembongkaran tongkang karena telah terpasang 4 x shore crane.



**Gambar 4. 1.** Tumpukan Batubara Yang Berada di *Stockpile* PT. Paiton Energy.

Adapun *stockpile* dengan luas 27 Ha dan kapasitas maksimum 950.000 ton. Minimum stok yang harus dipenuhi 350.000ton sesuai dengan ketentuan dari *lenders*. Batubara juga memiliki keunggulan dalam umur pemakaian, dimana hampir tidak ada batasan umur. Sehingga tidak ada batasan waktu dalam penumpukan pada *stockpile*.

#### 4.4. Perusahaan Penyuplai Batubara

Dalam kasus kali ini pasokan batubara untuk PT. Paiton Energy didapatkan dari Pulau Kalimantan melalui dua perusahaan pertambangan batubara yaitu, PT. Adaro dan PT. Kideco Jaya Agung yang merupakan dua perusahaan *Primary Supply Contract* (PSC) dengan kontrak penyuplai 5 tahunan dengan metode pembelian *Cost, Insurance, Freight* (CIF) tetapi dibebaskan biaya bongkar di dermaga milik PT. Paiton Energy. Untuk penjelasan perusahaan penyuplai batu bara akan dijelaskan di bawah ini.

##### 4.4.1. Profil Perusahaan PT. Adaro Energy Tbk.

PT. Adaro Energy Tbk. adalah kelompok energi Indonesia yang fokus pada pertambangan batubara melalui anak perusahaan. Lokasi utamanya terletak di Kecamatan Tabalong, Kalimantan Selatan, dimana anak perusahaan PT Adaro Indonesia mengoperasikan tambang batubara pada lokasi terbesar di belahan bumi selatan dengan produksi batubara sekitar 125.000 ton batubara per hari. Adaro Energy beroperasi di bawah CCA (perjanjian kerjasama batubara generasi pertama) dengan Pemerintah Indonesia berlaku sampai 2022.

**Tabel 4 - 2.** Produksi Batubara Oleh PT. Adaro Energy Tbk.

	2016	2015	2014	2013	2012
Kinerja Operasional					
Volume produksi (juta ton)	52.6	51.5	56.2	52.3	47.2
Volume penjualan (juta ton)	54.1	53.1	57	53.5	48.6

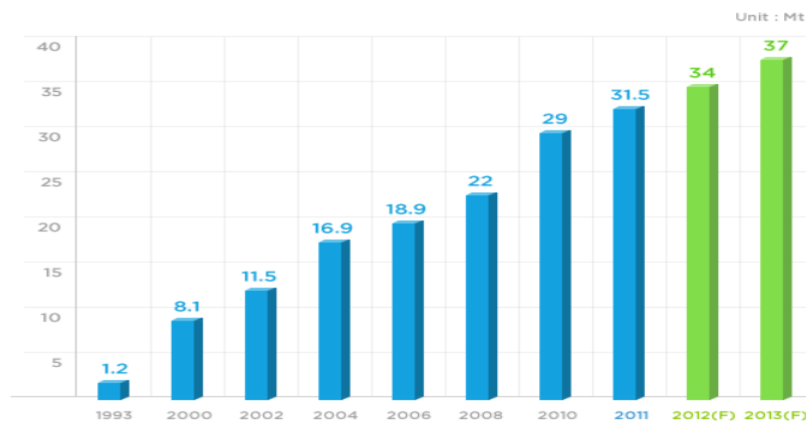
Sumber: Laporan Tahunan 2016 PT. Adaro Energy Tbk.

Adaro telah membuka lahan di Jawa Tengah untuk pembangkit listrik 2.000 MW, setelah penundaan selama lebih dari empat tahun karena masalah pembebasan lahan. Pembangunan pabrik batubara terbesar di Indonesia, dimana Adaro menginvestasikan \$ 4,2

miliar, dimulai pada bulan Juni 2016 Strategi Adaro berfokus pada pembangkit tenaga listrik seperti "tiga pilar" perusahaan selain ekspor dan logistik batubara.

#### 4.4.2. Profil Perusahaan PT. Kideco Jaya Agung

Kideco merupakan perusahaan pertambangan batubara yang berlokasi di wilayah Paser, terletak di bagian timur Pulau Kalimantan. Kideco mengoperasikan tambang seluas 50.921 ha dan memiliki cadangan sumber daya batubara sebanyak 633 juta ton. Volume produksi batubara kideco berada di angka 34,2 juta ton setiap tahunnya.



**Gambar 4 - 5.** Produksi Batubara PT. Kideco Jaya Agung.

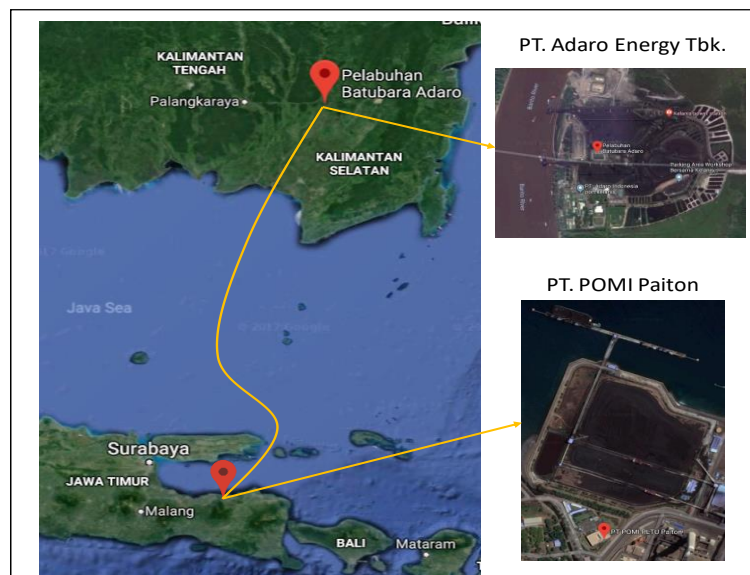
Sumber: <http://www.kideco.com>

Produksi batubara diperuntukkan untuk pembangkit listrik di berbagai negara di dunia, seperti Indonesia, Korea, Jepang, Taiwan, India, dan lain-lain. Batubara Kideco telah mendapat tempat di pasar karena ramah lingkungan, kandungan abu yang rendah, dan biaya perawatan yang dapat direduksi dari fasilitas desulfurisasi. Kideco mematuhi peraturan ketat pemerintah mengenai lingkungan serta pembakaran, dan batubara tersebut dapat dicampur dengan batubara dengan kandungan sulfur dan abu yang tinggi untuk mengurangi emisi.

#### 4.5. Kondisi Pengiriman Batubara Saat Ini

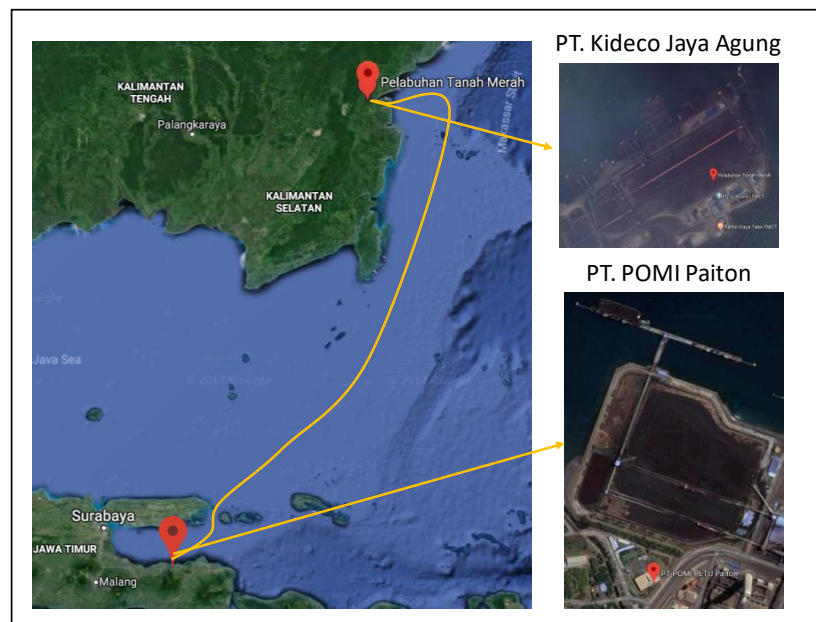
Sebagai perbandingan terhadap scenario gagasan, maka perlu diketahui sebelumnya mengenai kondisi pengiriman Batubara saat ini untuk PLTU Paiton. Untuk jalur distribusi batubara saat ini dari daerah asal menuju daerah tujuan menggunakan Kapal Towing Barge. Berikut adalah gambaran pola pengiriman batubara berdasarkan letak daerah:

1. Rute 1 adalah pengiriman batubara dari Pelabuhan batubara di Kelanis milik PT. Adaro Energy yang berada di Kalimantan Tengah dan melalui Sungai Barito. Lama roundtrip membutuhkan waktu 7 hari.



**Gambar 4 - 6.** Rute 1 Pengiriman Batubara Dari PT. Adaro Energy.

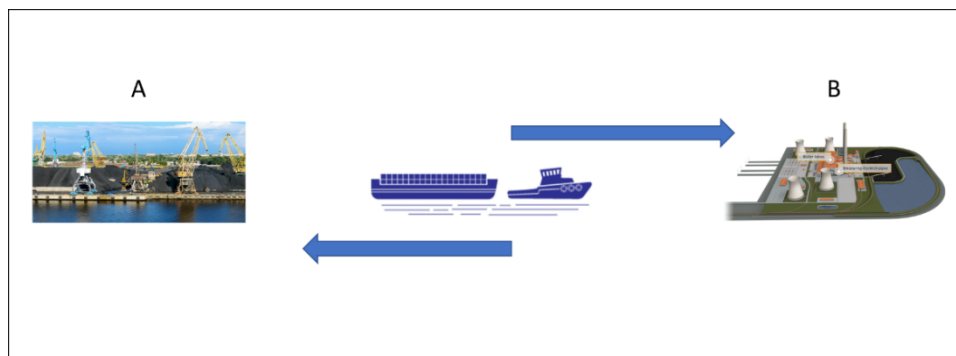
2. Rute 2 adalah pengiriman batubara dari Pelabuhan batubara Tanah Merah milik PT. Kideco Jaya Agung yang berada di Kabupaten Paser Kalimantan Timur dan melewati sungai Kuaro. Lama roundtrip membutuhkan waktu 10 hari.



**Gambar 4 - 7.** Rute 2 Pengiriman Batubara Dari PT. Kideco Jaya Agung.

Untuk pola operasi pengiriman saat ini digunakan skema *port to port* dengan dua asal dan satu tujuan yaitu menuju dermaga milik Paiton Energy di Paiton. Saat ini untuk kebutuhan armada kapal pihak Paiton Energi memiliki anak perusahaan yang bergerak dibidang transportasi laut. Perusahaan tersebut adalah PT. Maritim Batubara Persada (MBP).

MBP menyediakan kapal tunda – tongkang untuk mengambil suplai batubara yang berada di pulau Kalimantan.



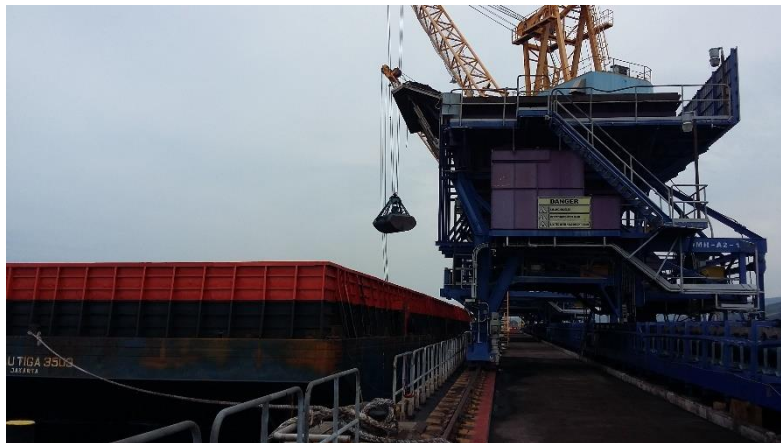
**Gambar 4 - 8.** Pola Operasi Pengiriman Saat Ini.

Pada Gambar 4 - 8 bagian A adalah asal batubara didapatkan yang berada di pulau Kalimantan dan bagian B adalah pelabuhan bongkar milik Paiton Energi. Dengan pola operasi seperti ini kebutuhan armada kapal berjumlah begitu besar. Dalam satu bulan ada 34 kapal berbeda yang datang untuk menyuplai batubara. Ini disebabkan karena pengiriman menggunakan kapal tunda – tongkang memiliki produktifitas yang rendah. Untuk itu perusahaan batubara seperti Adaro dan Kideco menyediakan kapal untuk menunjang pengiriman batubara agar jika terjadi keterlambatan suplai *safety stock* yang berada di *stockpile* tidak berkurang secara masif.

#### **4.5.1. Dermaga Paiton Energy**

Dalam proses pengiriman saat ini, proses bongkar dilaksanakan di dermaga milik Paiton Energy. Secara umum, PLTU selalu memiliki dermaga pribadi sebagai tempat

pendukung untuk suplai batubara mereka. Dermaga Paiton Energy memiliki dimensi panjang 514 meter dan lebar 11 meter. Sebagai pendukung alat bongkar, dermaga paiton dilengkapi dengan 4 alat bongkar yaitu *grab* dengan produktifitas masing-masing *grab* sebesar 700 ton per jam. Untuk jumlah tambatan, dari total panjang 514 meter dermaga dapat disandari hingga 4 kapal. Namun panjang dari kapal harus disesuaikan dengan panjang dermaga.



**Gambar 4 - 9.** Proses Bongkar di Dermaga Paiton Energy.

Dermaga Paiton Energy sengaja dibuat untuk proses bongkar tongkang, karena tinggi dari *grab* dan panjang lengan *grab* tidak terlalu mampu menjangkau jika pengiriman menggunakan kapal curah. Pada Gambar 4 - 9 batubara yang telah diambil oleh *grab* lalu diletakkan pada *hopper* untuk langsung didistribusikan melalui *conveyor*. Dalam beberapa kondisi, batubara yang telah berada di *conveyor* biasanya didistribusikan dengan dua tujuan berbeda, yang pertama batubara didistribusikan ke lapangan penumpukan dan yang kedua batubara langsung didistribusikan ke silo-silo milik setiap pembangkit. Setiap pembangkit memiliki 5 silo dan berkapasitas sekitar 500 ton batubara.

#### **4.5.2. Alat Angkut Saat Ini**

Saat ini pengiriman batubara dari asal menggunakan tongkang yang ditarik oleh kapal tunda. Kapasitas tongkang yang digunakan bervariasi berkisar 8000 hingga 11.500 ton. Dalam



proses pemuatan dibutuhkan waktu 18 sampai 22 jam. Ini dipengaruhi oleh faktor banyaknya muatan dan waktu pergantian shift pegawai pertambangan yang biasanya berganti setiap 8 jam sekali dan dalam sekali pergantian membutuhkan waktu hingga 1 jam. Mengingat produktifitas alat muat atau conveyor yang sebenarnya besar atau hampir 2000 ton per jam.



**Gambar 4 - 10.** Proses Pemuatan Batubara di atas Tongkang.

Seperti pada Gambar 4 - 10 proses pemuatan batubara dilakukan di pelabuhan Kelanis milik PT. Adaro Energi dengan mengisi bagian buritan tongkang terlebih dahulu lalu hingga mengisi kebagian haluan kapal. Ini dilakukan agar pada saat berlayar tongkang dapat berjalan dengan kondisi trim buritan. Selama proses pemuatan kapal tunda yang menarik tongkang harus berada di sisi kapal dan mengikat tali untuk menggeser tongkang yang bertujuan sebagai penataan batubara di tongkang. Selain itu, jika terjadi hal tidak diinginkan tongkang bisa langsung di geser.

Lama pengiriman batubara dari PT. Adaro Energy membutuhkan waktu 3 sampai 5 hari. Lalu lama pengiriman batubara dari PT. Kideco Jaya Agung membutuhkan waktu 9-10 hari. Namun, terkadang terdapat gangguan pengiriman jika dalam perjalanan kapal mengalami cuaca buruk yang mengakibatkan keterlambatan kedatangan kapal hingga 2 hari lamanya. Ini dikarenakan otoritas pelabuhan setempat atau asal dari batubara dikirim, tidak memberikan Surat Ijin Berlayar (SIB) karena kapal tunda yang menarik tongkang sangat rentan kecelakaan saat gelombang air tinggi.

Bulan	Ketinggian Gelombang		
	Minimum (m)	Rata-rata (m)	Maksimum (m)
Oktober	0.09	0.84	2.64
November	0.03	0.46	2.25



Desember	0.72	2.03	3.9
----------	------	------	-----

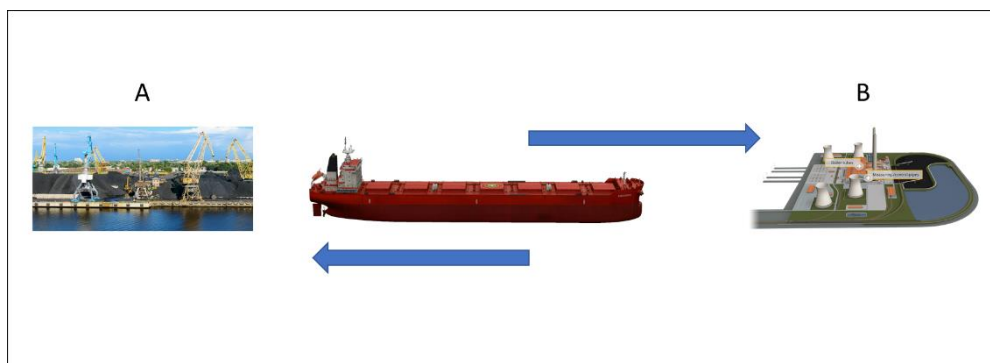
**Tabel 4 - 3.** Data Gelombang Laut Jawa

Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika.

Pada Tabel 4 - 3 ketinggian gelombang di laut Jawa menyentuh hingga angka 3,9 meter. Hal ini menyebabkan pasokan batubara ke PLTU Paiton unit 3, 7 dan 8 sering terlambat. Lalu untuk mengatasi hal tersebut, PT. POMI sebagai perusahaan operasional pembangkit menyediakan persediaan batubara di *stockpile* sebanyak 650.000 ton. Ini dilakukan untuk mengatasi apabila suplai batubara trersendat. Dikarenakan pada tahun 2009 dan 2010 persediaan batubara di *stockpile* tersisa hanya untuk pemakaian 4 hari. Dimana hal ini akan mengakibatkan suplai listrik ke pulau Jawa dan Bali akan tersendat jika stok batubara habis.



**Gambar 4 - 11.** Pulau Kangean.



**Gambar 4 - 12.** Pola Operasi Untuk Antisipasi.

Sebagai antisipasi jika pola operasi pada Gambar 4 - 8 tidak dapat digunakan, maka dari pihak Paiton Energy akan menggunakan alternatif dengan pengiriman tipe kapal yang berbeda. Penggunaan kapal pengangkut curah atau *Bulk Carrier* Gambar 4 - 12 menjadi opsi utama jika terjadi permasalahan cuaca. Mengingat gelombang yang sangat tinggi sesuai yang dijelaskan pada Tabel 4 - 3 alat angkut pengganti ialah tipe kapal yang mampu berlayar walaupun dalam keadaan gelombang laut yang tinggi. Biasanya dalam beberapa kasus keterlambatan pengiriman diganti menggunakan kapal pengangkut curah dengan tipe *Handy size vessel* (32.000 DWT). Ini dilakukan agar persediaan batubara kembali pada status normal. Tetapi, masalah baru akan timbul karena kapasitas alat bongkar di dermaga akan turun hingga 300 ton per jam. Penyebabnya adalah *crane* yang terdapat di dermaga tidak sanggup terlalu tinggi untuk meraih batubara yang berada di dalam *cargo hold* kapal curah. Lalu lebar penutup *cargo hold* yang akan mengganggu jalannya proses bongkar. Suplai batubara tersendat juga di sebabkan karena kapal tunda dengan tongkang biasanya akan bersandar di dekat pulau Kengon Gambar 4 - 11 hingga 2 hari lamanya. Sedangkan untuk kebutuhan batubara dari PLTU bisa menyentuh angka 20.000 ton per harinya. Hal ini merupakan masalah besar jika suplai sering tersendat akibat ketidak sanggupannya kapal tunda dan tongkang menyuplai batubara dengan tepat waktu.

#### **4.5.3. Proses Sandar Kapal**

Proses sandar kapal dengan menggunakan alat angkut saat ini adalah salah satu hal yang harus diperhatikan. Mengingat tongkang tidak dapat sandar dengan sendirinya, maka peran dari kapal tunda yang menarik tongkang dan kapal tunda yang berada di pelabuhan tujuan sangatlah penting. Untuk melakukan proses menyandarkan tongkang dibutuhkan waktu 10 hingga 15 menit. Angka iki terbilang sangat lama bila dibandingkan dengan kapal konvensional yang memiliki mesin penggerak sendiri.



**Gambar 4 - 13.** Proses Penyandaran Kapal di Dermaga Paiton Energy.

Seperti terlihat pada Gambar 4 - 13 proses kapal sandar tongkang sebelum melakukan pembongkaran. Bisa dikatakan proses bongkar saat ini adalah salah satu proses yang melelahkan. Dibutuhkan setidaknya 4 sampai 5 orang ABK yang harus berada di buritan kapal tunda untuk mengawasi tali yang terhubung dari kapal tunda dan tongkang. Karena tali tersebut akan ditarik ulur untuk menyesuaikan pergerakan tongkang. Kapal tunda milik pelabuhan setempat juga harus mendorong tongkang dibagian buritannya. Hal ini akan mengantarkan ke permasalahan baru. Mengingat tongkang yang tidak memiliki mesin penggerak dan *rudder* untuk mengatur arah gerakannya, maka tabrakan antara lambung tongkang dan fender dermaga sangat tidak terelakkan.



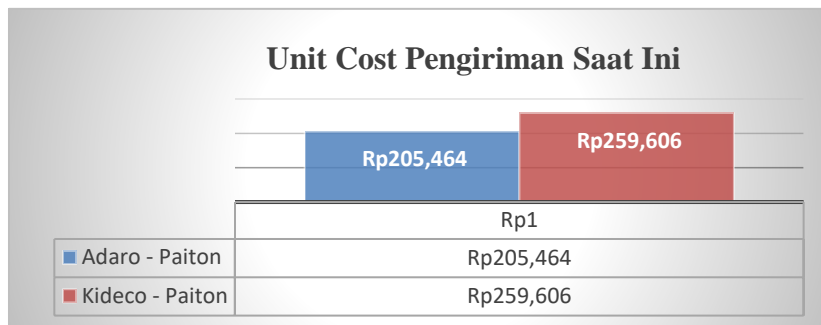
**Gambar 4 - 14.** Kondisi Fender Dermaga.

Jika dilihat pada Gambar 4 - 14 memperlihatkan bahwa tongkang adalah angkutan yang sangat tidak bersahabat dengan fender dermaga. Pihak Paiton Energy sendiri setiap 3 tahun sekali mempersiapkan dana untuk perbaikan dan penggantian fender yang rusak akibat bertabrakan dengan lambung tongkang. Sebenarnya hal ini dapat dihindari jika pengiriman batubara menggunakan alat angkut yang memadai selain kapal tunda – tongkang konvensional yang saat ini dijadikan alat angkut utama untuk menyuplai batubara.

#### **4.5.4. Tarif Muatan per Satuan Ton**

Sebelum dilakukan analisis mengenai desain kapal untuk menggantikan metode pengiriman saat ini, maka perlu dilakukan perhitungan biaya dengan pengiriman metode saat ini. Saat ini pengiriman batubara menggunakan kapal tunda – tongkang dan kapal pengangkut

curah atau *bulk carrier*. Penggunaan kapal curah dirasa penting karena ketidakmampuan kapal tunda – tongkang berlayar pada gelombang air laut yang tinggi. Keterbatasan ini yang menyebabkan penggunaan dari kapal curah tidak tergantikan.



**Gambar 4 - 15.** Grafik Tarif Muatan Per Satuan Ton.

Dari Gambar 4 - 15 didapatkan tarif pengiriman persatuan ton untuk rute kideco – paiton adalah Rp 259.606 dan untuk rute adaro – paiton adalah Rp 205.464. Angka tersebut didapatkan dari perhitungan total biaya yang dikeluarkan yang meliputi biaya perjalanan, biaya bongkar muat dan biaya *charter* kapal untuk melayani suplai batubara dari pulau Kalimantan Tengah dan Kalimantan Timur.

**Tabel 4 - 4.** Ringkasan Biaya dan Spesifikasi Kapal

Kideco - Paiton		
Keterangan	Kapal	
	Tug & Barge	BC
Tug Boat		
Lpp (m)	29.00	179.88
B (m)	8.00	28.80
H (m)	4.80	14.60
T (m)	3.70	9.83
Tongkang		
Lpp (m)	91.44	
B (m)	24.38	
H (m)	6.20	
T (m)	5.49	

Payload (ton)	11226.53	26700.00
DWT (ton)	12349.18	29370.00
GT	3341	22520.00
Frekuensi	27	7
Jumlah Kapal	11	7

Adaro - Paiton		
Keterangan	Kapal	
	Tug & Barge	BC
Tug Boat		
Lpp (m)	27.50	179.88
B (m)	8.60	27.80
H (m)	4.80	14.20

Capital Cost	Rp 198,000,000,000.00	Rp 85,050,000,000
Voyage Cost	Rp 204,842,244,666.05	Rp 52,285,545,133
Cargo Handling Cost	Rp 18,838,678,666.50	Rp 7,391,895,000
Total Cost	Rp 421,680,923,332.55	Rp 144,727,440,133
Unit Cost	Rp	259,606

Tarif pada Tabel 4 - 4 adalah pengiriman menggunakan kapal tunda – tongkang dan *bulk carrier* untuk Kideco – Paiton. Lalu dilakukan perhitungan dan pencarian kapal untuk rute yang suplai yang kedua yaitu rute Adaro – Paiton. Untuk penjelasan dari spesifikasi dan ringkasan biaya akan di jelaskan pada Tabel 4 - 5.

**Tabel 4 - 5.** Ringkasan Biaya dan Spesifikasi Kapal

T (m)	3.70	9.83
Tongkang		
Lpp (m)	95.78	
B (m)	25.66	
H (m)	5.80	
T (m)	4.38	
Payload (ton)	11459.84	25620.00
DWT (ton)	12605.83	28182.00
GT	3276	22550.00
Frekuensi	33	7
Jumlah Kapal	9	7
Capital Cost	Rp 121,500,000,000.00	Rp 85,050,000,000
Voyage Cost	Rp 137,145,600,568.82	Rp 42,055,702,601
Cargo Handling Cost	Rp 19,230,191,155.76	Rp 7,092,897,000
Total Cost	Rp 277,875,791,724.58	Rp 134,198,599,601
Unit Cost	Rp	205,464

Setelah diketahui besaran tarif muatan per satuan ton makan dari pola pengiriman saat ini maka akan dilakukan analisis desain kapal dengan tarif paling minimum dan metode pengiriman saat ini dijadikan sebagai acuan pembandingan untuk menentukan pola operasi dan besaran kapasitas kapal dan jumlah kapal yang dibutuhkan agar diketahui tarif yang paling optimum. Untuk itu maka pembuatan desain konseptual *advanced tug barge* bisa dianggap menjadi solusi yang baik mengingat permasalahan yang timbul pada pembahasan sebelumnya dapat diatasi.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

## **BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

### 5.1. Skenario Pengiriman Batubara

Pengiriman batubara akan dilakukan melalui pulau Kalimantan. Yang pertama ada suplai batubara akan datang dari Kalimantan Timur dimana pengiriman akan dilakukan dari pelabuhan Tanah Merah. Pelabuhan tersebut merupakan pelabuhan milik PT. Kideco Jaya Agung. Pengiriman akan dilakukan menggunakan kombinasi kapal tunda – tongkang dan langsung mengarah ke pelabuhan milik PT. Paiton Energy. Pengiriman yang kedua dilakukan dari Kalimantan Tengah melalui pelabuhan Kelanis milik PT. Adaro Energy. Pengiriman ini juga menggunakan kombinasi kapal tunda – tongkang dan akan langsung mengarah ke pelabuhan milik PT. Paiton Energy.

Pada pelabuhan tujuan memiliki 4 tambatan di dermaganya. Ini akan efektif bila dua tambatan difokuskan untuk pengiriman batubara dari PT. Kideco Jaya Agung dan dua tambatan lainnya difokuskan pada pengiriman batubara dari PT. Paiton Energy. Sesampainya dua kapal tersebut datang, batubara langsung dibongkar menggunakan alat bongkar muat milik Paiton Energy. Batubara tersebut dapat langsung didistribusikan dengan *conveyor* untuk didistribusikan langsung ke *stockpile* maupun silo dari setiap pembangkit. Cara ini diharapkan akan efektif untuk pemenuhan kebutuhan batubara. Dengan sebagian batubara yang langsung didistribusikan ke silo dari setiap pembangkit, maka akan mengurangi jumlah batubara yang ditimbun di *stockpile*.

### 5.2. Analisis Permintaan Batubara

Sebelum dilakukan perhitungan untuk membuat dan desain kapal, maka harus diketahui kebutuhan batubara oleh Paiton Energy. Kebutuhan dari batubara dapat dihitung dari kapasitas pembangkit dan efisiensinya. Lalu dilakukan analisis mengenai kebutuhan batubara untuk setiap harinya.

$$\text{Kebutuhan Batubara} = \text{Kapasitas Pembangkit} \times \text{Jumlah batubara dibutuhkan per jam}$$

Sebelumnya dapat diketahui jika batubara dapat dipanaskan hingga pada angka 20.000 kJ/kg. tetapi efisiensi dari batubara ini hanya sekitar 33,44%. Angka tersebut didapat dari panas yang dibutuhkan dibagi dengan efisiensi. Dalam sekali memanaskan pembangkit



menghasilkan 10,766 kj/kg untuk menghasilkan listrik dan dari angkut tersebut dapat diketahui kebutuhan batubaranya.

**Tabel 5 - 1.** Kebutuhan Batubara oleh PLTU.

Kapasitas Pembangkit (MW)	Kebutuhan Batubara	
815	438.7	ton/jam
610	328.35	ton/jam
610	328.35	ton/jam
Total ton/jam	1.095	
Total ton/hari	26.289	

Sesuai dengan Tabel 5 - 1 diketahui kebutuhan keseluruhan dari 3 pembangkit adalah 1.095 ton/ hari. Angka dapat dijadikan acuan sebagai penentuan kapasitas angkut dari kapal yang nanti akan didesain. Lama dari kapal berlayar menjadi faktor utama besarnya kapasitas dan jumlah kapal yang akan digunakan.

### 5.3. Desain Kapal

Desain kapal pada analisis kali ini adalah bertujuan untuk mendesain kapal *advanced tug barge*. Sesuai dengan analisis yang sudah dilakukan diatas, maka berikut adalah cara-cara untuk menentukan desain kapal mulai dari penentuan ukuran utama hingga rencana umum kapal.

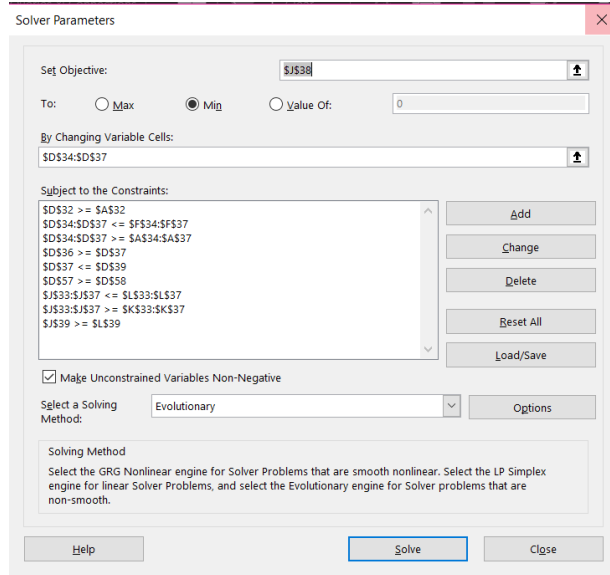
#### 5.3.1. Penentuan Ukuran Utama

Metode yang digunakan dalam penentuan ukuran utama kapal adalah optimasi dengan tujuan mendapat biaya paling minimal. Dalam optimasi terdapat tiga komponen utama yaitu, Objective Function, Decision Variable dan Constraint. Pada pengerjaan penelitian ini alat yang digunakan untuk optimasi adalah software solver Microsoft Excel, dimana komponen-komponen optimasi adalah sebagai berikut:

- Objective function: minimum unit cost
- Decision variable: LPP, B, H dan T dimana ukuran utama sebagai decision variable adalah karena berpengaruh terhadap komponen-komponen lainnya.
- Constraint: batasan-batasan yang digunakan adalah LPP. Lpp ini harus kurang dari atau sama dengan batas atas, dan lebih dari atau sama dengan batas bawah. Kemudian

jumlah muatan yang di suplai harus sama dengan permintaan, serta payload kapal harus di atas jumlah permintaan harian.

Berikut adalah tampilan untuk menu solver pada Ms. Excel:



**Gambar 5 - 1.** Tampilan Solver.

Sehingga ukuran utama yang dihasilkan dari solver berdasarkan alternatif tongkang yang ditentukan yaitu sebagai berikut:

**Tabel 5 - 2.** Ukuran Utama Tongkang

Rute	Ukuran Utama				Satuan
	Lpp	B	H	T	
Kideco - Paiton	117,88	34,27	8,02	5,03	m
Adaro - Paiton	105,9	34,72	8,65	5,78	m

Dalam penelitian ini dengan tujuan minimum biaya kapal yang terpilih adalah tongkang rute Kideco – Paiton dengan ukuran utama LPP sebesar 117,88 m, B sebesar 34,27 m, H sebesar 8,02 m dan T sebesar 5,03 m dan tongkang rute Adaro – Paiton utama LPP sebesar 114,83 m, B sebesar 34,18 m, H sebesar 7,52 m dan T sebesar 5,3 m.

### 5.3.2. Perhitungan Koefisien

- Froude Number (Fn)  
Bilangan Froude adalah sebuah bilangan tak bersatuan yang digunakan untuk mengukur resistensi dari sebuah benda yang bergerak melalui air, dan

membandingkan benda-benda dengan ukuran yang berbeda-beda. Didapatkan Froud Number sebagai berikut (Lewis, 1988):

$$Fn = Vs / \sqrt{g \times Lwl}$$

Dimana kecepatan kapal nantinya sebesar 12 knot, dan gravitasi sebesar 9,81 m/s<sup>2</sup>. Sehingga hasil perhitungan dari froud number kapal nilainya adalah 0,182.

- Koefisien Blok

Dari perhitungan didapatkan CB sebesar (Parson, 2001):

$$Cb = -4,22 + 27,8 \sqrt{Fn} - 39,1 Fn + 46,6 Fn^2$$

Setelah diketahui nilai Fn, dapat dihitung nilai Cb kapal yaitu 0,86

- Koefisien Bidang Midship

Koefisien Midship adalah perbandingan antara luas penampang gading besar yang terendam air dengan luas suatu penampang yang lebarnya = B dan tingginya = T. Dari perhitungan didapat harga Cm (Parson, 2001).

$$Cm = 0,977 + 0,085 (Cb - 0,60)$$

Didapatkan nilai Cm kapal adalah 0,994.

- Koefisien Bidang Garis Air

Koefisien waterplan adalah perbandingan antara volume badan kapal yang ada dibawah permukaan air dengan volume sebuah prisma dengan luas penampang pada Lwl dan tinggi = T. Dari perhitungan ukuran yang optimal didapat harga CWP (Parson, 2001) :

$$Cwp = 0,180 + 0,085 Cp$$

Hasil nilai cwp kapal adalah 0,813 dan 0,817

### 5.3.3. Perhitungan Hambatan

Metode yang digunakan dalam menghitung hambatan kapal adalah holtrop. Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$R_T = \frac{1}{2} \rho V s^2 S_{tot} [C_f (1 + k) + C_A] \frac{R_w}{W} W$$

Dimana kecepatan kapal sebesar 12 knot, jarak yang harus ditempuh untuk satu kali rooundtrip sebesar 774 Nm dan massa jenis perairan adalah 1000 kg/m<sup>3</sup>

karena kapal akan berlayar diperairan sungai. Diperoleh hasil perhitungan hambatan dari kapal yaitu sebesar 2238 kN.

#### 5.3.4. Perhitungan Daya Mesin

Dari hambatan total yang telah dihitung kemudian dapat dilakukan perhitungan propulsi dan daya mesin. Berikut ini merupakan langkah perhitungannya:

$$EHP = R_T \times V_s$$

Pertama dihitung effective horse power, dimana hambatan sudah didapatkan pada perhitungan subbab sebelumnya, dan  $V_s$  sebesar 12 knot atau sama dengan 6,1 m/s. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan delivered power power.

$$DHP = EHP \times \eta_D$$

Perhitungan didapat dari perkalian EHP dengan Quasi propulsive coefficient. sedangkan SHP didapat dari perkalian DHP dengan shaft efficiency bernilai 0,981 – 0,985.

$$SHP = DHP \times \eta_S$$

Brake horse power dihitung dari perkalian SHP dengan reduction gear efficiency. Sementara itu penentuan kebutuhan power sebenarnya ditambahkan 10% dari BHP atau biasa disebut dengan BHP mcr.

$$BHP = SHP \times \eta_R$$

Dari langkah langkah perhitungan kebutuhan daya mesin, diperoleh kebutuhan daya mesin kapal yaitu 3221,6 kw.

Dari perhitungan kebutuhan daya mesin dicari pada katalog mesin yang tersedia di pasaran, untuk memilih mesin mana pas untuk dipasang pada kapal. Dari perhitungan daya dan katalog mesin yang tersedia dipilih mesin merek CATERPILLAR tipe 9M20C dengan daya 3000 Kw.

#### 5.3.5. Perhitungan Berat Kapal

Berat kapal terdiri dua komponen yaitu LWT (leight weight tonnage) dan DWT (dead weight tonnage). Perhitungan LWT meliputi berat baja, permesinan dan perlengkapan sementara untuk DWT meliputi payload dan consumable.

- Lightweight (LWT)

Lightweight merupakan berat kapal kosong yang terdiri dari berat pelat, berat permesinan, dan berat perlengkapan kapal. Perhitungan berat pelat dilakukan dengan perkalian tebal pelat dan luas area menggunakan bantuan software Maxsurf Modeler Advance ataupun Cad. Perhitungan tebal pelat dalam penelitian ini menggunakan aturan yang berlaku dari BKI yaitu Volume VII Rules For Small Vessel Up To 24 M 2013. Perhitungan berat permesinan didapatkan dengan memastikan daya yang dibutuhkan kapal dan pemilihan mesin yang sesuai, sehingga berat permesinan dapat diperoleh. Sedangkan untuk perhitungan berat perlengkapan didapatkan dengan memastikan berat komponen-komponen terkait dan digabungkan. Namun pada tongkang berat yang dihitung hanyalah berat dari konstruksinya saja, mengingat tongkang tidak memiliki alat penggerak sendiri.

**Tabel 5 - 3.** Perhitungan Berat Kapal Kosong.

Rute	LWT	Satuan
Kideco - Paiton	4730,73	ton
Adaro - Paiton	4070,11	ton

- Deadweight (DWT)

Deadweight merupakan berat mati kapal, komponen DWT kapal terdiri dari berat penumpang dan barang bawaannya, berat crew kapal dan bawaannya, berat bahan bakar dan minyak pelumas, berat air tawar. Namun komponen berat DWT pada tongkang hanya dihitung melalui berat muatannya saja. Berikut adalah perhitungan berat mati tongkang:

**Tabel 5 - 4.** Perhitungan Berat Mati Tongkang.

Rute	Payload	DWT	Satuan
Kideco - Paiton	13.187,24	13.881,84	ton
Adaro - Paiton	13.145,13	13.836,98	ton

### 5.3.6. Perhitungan Tonase Kapal

Tonase kapal dibagi menjadi dua yaitu Net Tonnage (NT) dan Gross Tonnage (GT). NT digunakan dalam menentukan pajak pelabuhan untuk kapal-kapal berbagai ukuran. Sedangkan GT digunakan untuk menentukan persyaratan-persyaratan regulasi, misalnya biaya masuk kanal, biaya pemanduan kapal, persyaratan keselamatan, peralatan teknis, jumlah crew, asuransi, dll. Untuk perhitungan dan pengecekan tonase kapal, digunakan referensi

”International Convention on Tonnage Measurement of Ships, 1969”. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

**Tabel 5 - 5.** Perhitungan Tonasse Kapal.

Rute	GT	NT	Satuan
Kideco - Paiton	10.161,84	6.708,42	m <sup>3</sup>
Adaro - Paiton	8.603,71	5.190,633	m <sup>3</sup>

### 5.3.7. Perhitungan Stabilitas

Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ). Kemudian setelah harga GZ didapat, maka dilakukan pengecekan dengan ”Intact Stability Code, IMO”. Dan hasilnya sebagai berikut ini:

**Tabel 5 - 6.** Perhitungan Stabilitas.

Kriteria IMO		Tongkang
1. $e_{30^\circ}$	$\geq$	0,055
$e_{30^\circ}$	=	5339
	=	Diterima
2. $e_{40^\circ}$	$\geq$	0,09
$e_{40^\circ}$	=	4799
	=	Diterima
3. $e_{30-40^\circ}$	$\geq$	0,03
$e_{30-40^\circ}$	=	5115
	=	Diterima
4. $h_{30^\circ}$	$\geq$	0,2
$h_{30^\circ}$	=	7457
	=	Diterima
5. $\theta_{max}$	$\geq$	25
$\theta_{max}$	=	39
	=	Diterima
6. $GM_0$	$\geq$	0,15
$GM_0$	=	0,4927
	=	Diterima

### 5.3.8. Rencana Garis

Setelah didapat hasil perhitungan ukuran utama kapal beserta komponen lainnya, maka dilanjutkan dengan pembuatan rencana garis (lines plan). Lines plan merupakan gambar yang menyatakan bentuk potongan body kapal dibawah garis air yang memiliki tiga sudut pandang yaitu, body plan (secara melintang), sheer plan (secara memanjang) dan half breadth plan (dilihat dari atas).

Ada berbagai cara membuat lines plan. Namun seiring dengan kemajuan teknologi, kini telah hadir software khusus yang biasa digunakan untuk menggambar lines plan dalam waktu yang singkat. Software dimaksud adalah Maxsurf. Dengan maxsurf sebagai awalnya dan dengan Auto Cad sebagai penyempurna, maka kita tidak perlu lagi menghabiskan banyak waktu untuk membuat lines plan. Data inputan yang diperlukan adalah hasil perhitungan optimasi yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu data ukuran kapal tunda dan tongkang utama meliputi:

**Tabel 5 - 7.** Ukuran Utama Kapal Tunda dan Tongkang

Kapal Tunda		Tongkang	Satuan
Lpp	29,5	114,83	m
B	9,2	34,18	m
H	4,5	7,52	m
T	3,8	5,3	m
Cb	0,7	0,86	m

Lalu Gambar 5 - 2 dan Gambar 5 - 3 adalah rencana garis dari kapal tunda dan tongkang sesuai dengan ukuran yang sudah disebutkan sebelumnya.

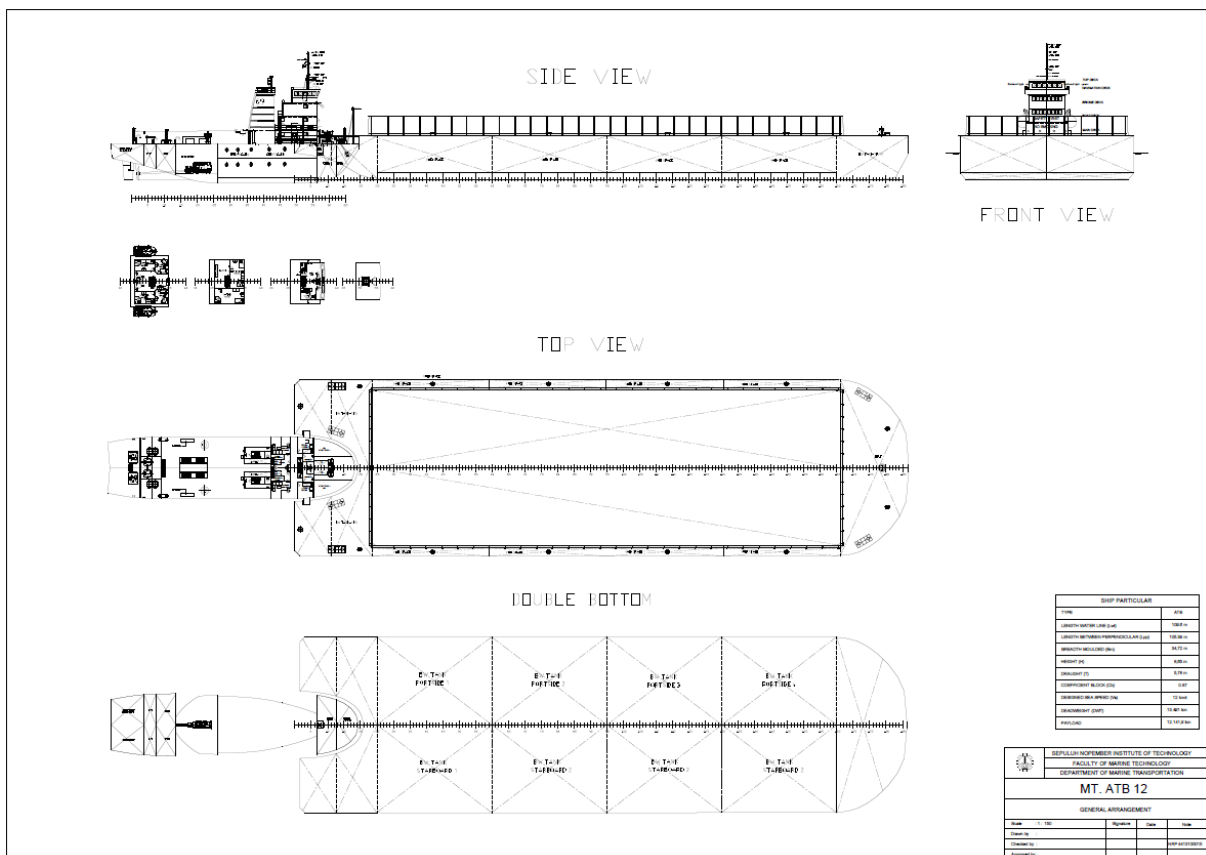




### 5.3.9. Rencana Umum

Rencana Umum/General Arrangement dalam "Ship Design and Construction, Bab III" didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. Ruangan-ruangan tersebut misalnya: ruang muat, ruang akomodasi, ruang mesin, dll. Disamping itu, juga meliputi perencanaan penempatan lokasi ruangan beserta aksesnya.

Rencana umum dibuat berdasarkan lines plan yang telah dibuat sebelumnya. Dengan lines plan secara garis besar bentuk badan kapal akan terlihat sehingga memudahkan dalam merencanakan serta menentukan pembagian ruangan sesuai dengan fungsinya masing-masing.



Gambar 5 - 4. Rencana Umum Kapal ATB

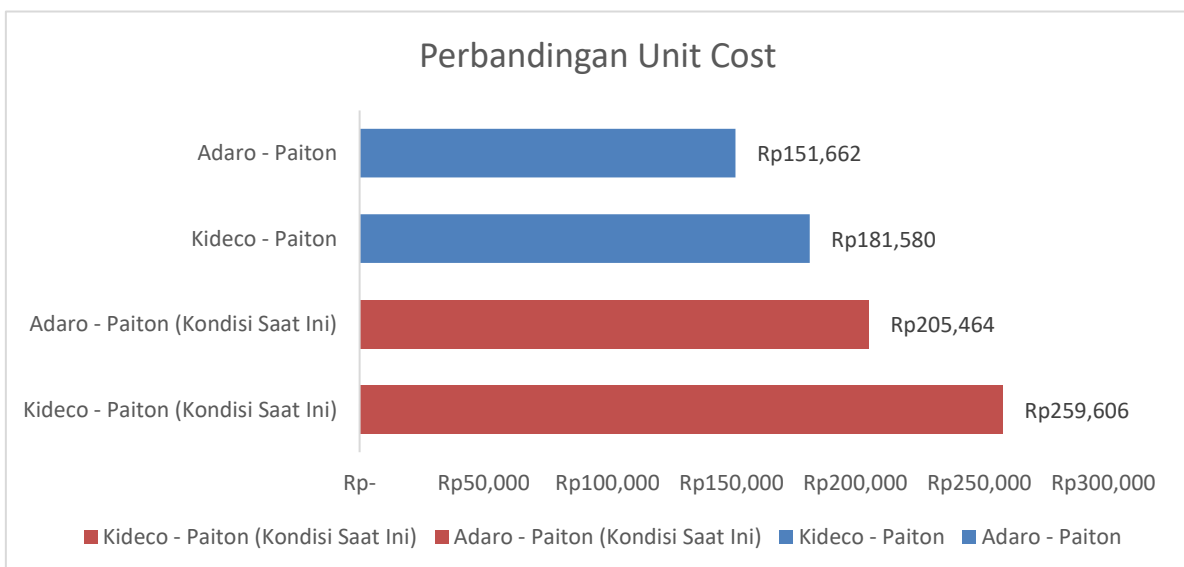
Pada rencana umum Gambar 5 - 4 kapal yang digunakan ini memiliki fungsi utama sebagai alat angkut untuk pengiriman batubara dari pulau Kalimantan menuju Paiton. Desain ukuran ruang muat disesuaikan dengan volume dari batubara sub bitumen yang memiliki massa jenis  $1,35 \text{ ton/m}^3$ . Kebutuhan ruang muatnya sendiri adalah  $17.803 \text{ m}^3$ . Angka tersebut

didapat dari perhitungan massa jenis batubara dikalikan dengan *payload* tongkang. Lalu bagian buritan tongkang didesain untuk menyesuaikan dari panjang dan lebar haluan kapal tunda. Dikarenakan kapal tunda mendorong tongkang melalui koneksi yang ada dibagian buritan tongkang. Sehingga pada saat berjalan, kapal tunda dan tongkang menjadi satu kesatuan.

#### 5.4. Analisis Biaya Membuat Kapal

Dalam sub bab ini akan dibahas analisa pembiayaan untuk pembuatan kapal *advanced tug barge* yang digunakan untuk pengiriman batubara. Perhitungan biaya operasional kapalterdapat beberapa akomodasi guna untuk mendukung berjalannya kapal tersebut, jenis akomodasi yang dimaksud adalah *fix cost* terdiri dari biaya pembangunan kapal sebagai *capital*, *operational cost* terdiri dari gaji dari crew kapal, biaya *maintenancedan repair* kapal, yang didapat dari 4% harga kapal dan biaya asuransi kapal yang didapat dari 2% dari harga kapal, *variabel cost* yang terdiri dari biaya bahan bakar kapal, biaya air tawar dan biaya pelabuhan.

Dari komponen biaya tersebut nantinya akan menentukan besarnya *unit cost* dari kapal tersebut. *Unit cost* sendiri didapat dari perhitungan total biaya dibagi dengan produktivitas kapal selama setahun, dan jika ditambah dengan margin keuntungan maka diperoleh tarif angkut. Konsep pembuatan kapal ini adalah bagaiman membuat sebuah alat angkut dengan rupiah per tonnya memiliki angka yang paling minimum.



Gambar 5 - 5. Perbandingan Unit Cost.

Pada Gambar 5 - 5 didapatkan perbandingan *unit cost* untuk perhitungan dengan metode bangun kapal baru dan metode pengiriman saat ini. Didapatkan hasil bahwa metode dengan bangun kapal baru menghasilkan *unit cost* yang lebih rendah. Dengan *unit cost* untuk rute Kideco – Paiton Rp 181.850 dan untuk rute Adaro – Paiton Rp 151.662. Untuk lebih rinci dari mana *unit cost* tersebut dihasilkan maka akan dijelaskan melalui beberapa sub bab di bawah ini.

#### 5.4.1. Capital Cost

Capital cost adalah harga kapal pada saat dibeli atau biaya pembangunan sebuah kapal. Dalam perhitungan ini hanya dilakukan perhitungan untuk pembangunan tongkang dan pembelian kapal tunda. Harga kapal dapat terdiri dari empat komponen biaya, antara lain:

- Berat baja kapal yang terdiri dari *Structural cost* yaitu berat kapal kosong.
- *Machinery cost* untuk koneksi antara kapal tunda dan tongkang.
- Pembelian kapal tunda sesuai dengan berat mati tongkang.
- *Non-weight cost* dengan pendekatan 10% dari 3 komponen biaya diatas.

**Tabel 5 - 8.** Biaya Pengadaa Kapal.

Komponen	Harga Kapal	
	Kideco - Paiton	Adaro - Paiton
<i>Structural cost</i>	Rp 31,932,433,848	Rp 27,473,216,857
<i>Machinery cost</i>	Rp 9,450,000,000	Rp 9,450,000,000
<i>Non-weight</i>	Rp 4,138,243,385	Rp 3,692,321,686
Harga Kapal Tunda	Rp 27,696,093,750	Rp 27,696,093,750
Total	Rp 73,216,770,983	Rp 68,311,632,292

Tabel 5 - 8 merupakan rekapitulasi dari biaya pengadaan kapal. Dimana untuk mencari *capital cost* didapat dari harga kapal dibagi dengan umur ekonomis. Untuk umur ekonomis setiap kapal dari dua rute adalah 25 tahun.

### 5.4.2. Biaya Bongkar Muat

Biaya bongkar muat pada perhitungan ini tidak menyertakan biaya bongkar di dermaga milik Paiton Energy. Ini dikarenakan alat bongkar merupakan milik pribadi dari Paiton Energy dan tidak membebani biaya kepada pengirim muatan.

**Tabel 5 - 9.** Tarif Bongkar Dari Masing-Masing Asal.

Biaya bongkar rute Kideco - Paiton	=	Rp	24.438.600.526	/tahun
Biaya bongkar rute Adaro - Paiton	=	Rp	24.434.827.064	/tahun

Biaya bongkar pada perhitungan ini didapat dari rute Kideco – Paiton dan Adaro – Paiton sesuai Tabel 5 - 9. Biaya total didapat dari muatan yang terangkut dari setiap kapal datang dan dikalikan dengan total frekuensi selama satu tahun. Dari masing – masing asal didapatkan jumlah biayanya adalah Rp24.438.600.526 untuk rute Kideco – Paiton dan Rp 24.434.827.064 untuk rute Adaro – Paiton.

### 5.4.3. Voyage Cost

*Voyage cost* atau biaya pelayaran adalah biaya tidak tetap yang dikeluarkan oleh kapal untuk kebutuhan selama pelayaran. Komponen biaya pelayaran adalah biaya bahan bakar untuk mesin induk dan mesin bantu, biaya air tawar dan biaya pelabuhan. Berikut ini adalah hasil perhitungan *voyage cost* dari masing masing alternatif kapal:

**Tabel 5 - 10.** Biaya Pelayaran.

Rute	Voyage Cost			Total
	BBM	Air Tawar	Pelabuhan	
Kideco - Paiton	Rp 660,283,645,790	Rp 48,711,936.0	Rp 2,945,519,451	Rp 663,277,877,176
Adaro - Paiton	Rp 544,136,853,214.83	Rp 41,880,384.00	Rp 2,743,216,332.60	Rp 546,921,949,931

Tabel 5 - 10 merupakan biaya total yang dibutuhkan dalam satu tahun pelayaran. Jumlah tersebut merupakan penjumlahan dari jumlah kapal yang digunakan dikalikan dengan jumlah frekuensi dalam satu tahun.

#### 5.4.4. Biaya Operasi

Terdapat beberapa komponen biaya operasi. Untuk lebih jelasnya akan dijabarkan pada penjelasan di bawah ini.

➤ Asuransi

Biaya asuransi yaitu komponen pembiayaan yang dikeluarkan sehubungan dengan resiko pelayaran yang dilimpahkan kepada perusahaan asuransi. Komponen pembiayaan ini berbentuk pembayaran premi asuransi kapal yang besarnya tergantung pertanggungungan dan umur kapal. Hal ini menyangkut sampai sejauh mana resiko yang dibebankan melalui klaim pada perusahaan asuransi. Semakin tinggi resiko yang dibebankan, semakin tinggi pula premi asuransinya. Umur kapal juga mempengaruhi biaya premi asuransi, yaitu biaya premi asuransi akan dikenakan pada kapal yang umurnya lebih tua. Terdapat dua jenis asuransi yang dipakai perusahaan pelayaran terhadap kapalnya, yaitu *hull and machinery insurance* dan *protection and indemnity insurance*.

➤ Maintenance and repair

*Maintenance and repair cost* merupakan biaya perawatan dan perbaikan yang mencakup semua kebutuhan untuk mempertahankan kondisi kapal agar sesuai dengan standart kebijakan perusahaan maupun persyaratan badan klasifikasi. Nilai maintenance and repair cost ditentukan sebesar 16% dari biaya operasional.

➤ Gaji Awak Kapal

*Manning costs* (Gaji Awak Kapal) adalah biaya-biaya langsung maupun tidak langsung untuk anak buah kapal termasuk di dalamnya adalah gaji pokok dan tunjangan, asuransi sosial, dan uang pensiun. Besarnya *crew costs* ditentukan oleh jumlah dan struktur pembagian kerja yang tergantung pada ukuran teknis kapal.

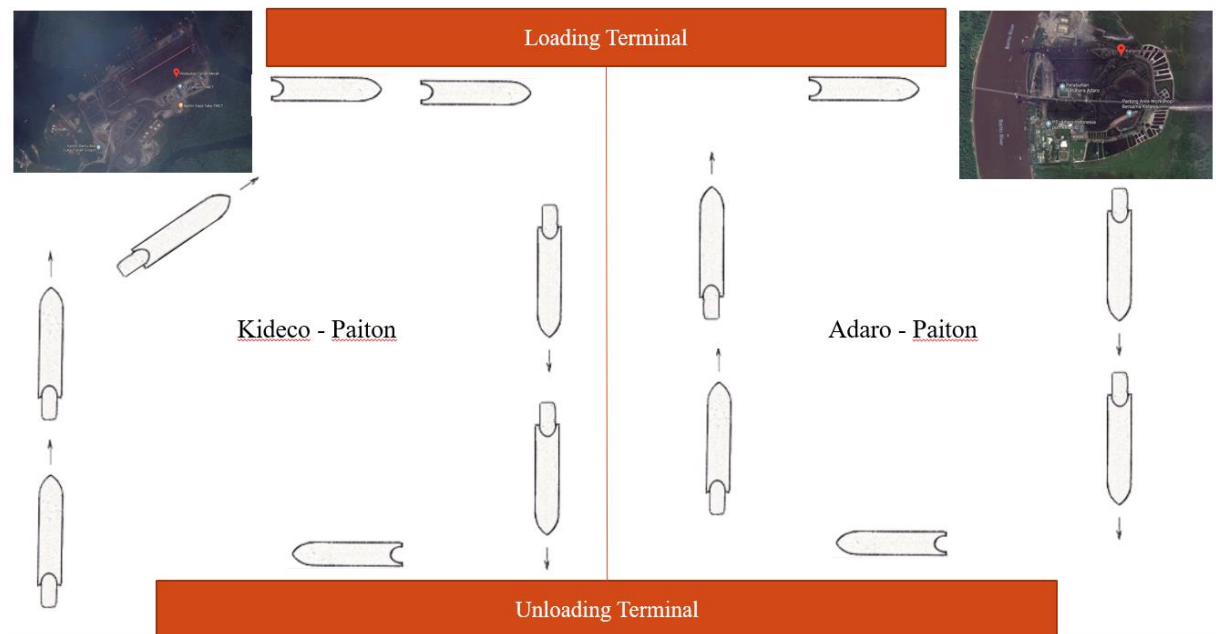
**Tabel 5 - 11.** Perhitungan Biaya Operasional.

Rute	Operational Cost					Total
	Gaji ABK	Perawatan	Asuransi	Perbekalan	Dokumen	
Kideco - Paiton	Rp 56,280,000,000	Rp 2,285,932,630	Rp 1,142,966,315	Rp 1,732,500,000	Rp 11,480,000,000	Rp 72,921,398,945
Adaro - Paiton	Rp 48,240,000,000	Rp 2,132,892,303	Rp 1,066,446,151	Rp 1,485,000,000	Rp 9,870,000,000	Rp 62,794,338,454

Tabel 5 - 11 menunjukkan total biaya operasi dari setiap rute untuk per tahunnya. Setiap kapal tunda memiliki jumlah ABK 10 orang. Dimana jumlah itu relatif lebih kecil dari jumlah ABK dari awak kapal konvensional biasanya.

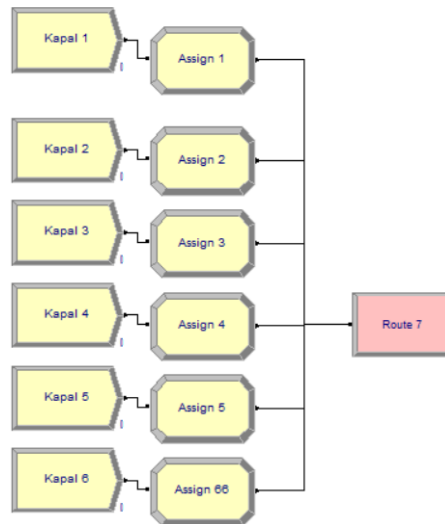
**5.5. Cyclic Operation**

Setelah diketahui kebutuhan kapal tunda dan tongkang maka dilakukan pembuatan pola operasi sesuai dengan metode *cyclic operation*. Metode ini telah dijelaskan pada sub bab 2.5.1, yang menjelaskan penggunaan dari lebih banyaknya jumlah tongkang dari pada jumlah kapal tunda. Untuk rute Kideco – Paiton menggunakan lima kapal tunda dan untuk rute Adaro menggunakan empat kapal tunda.

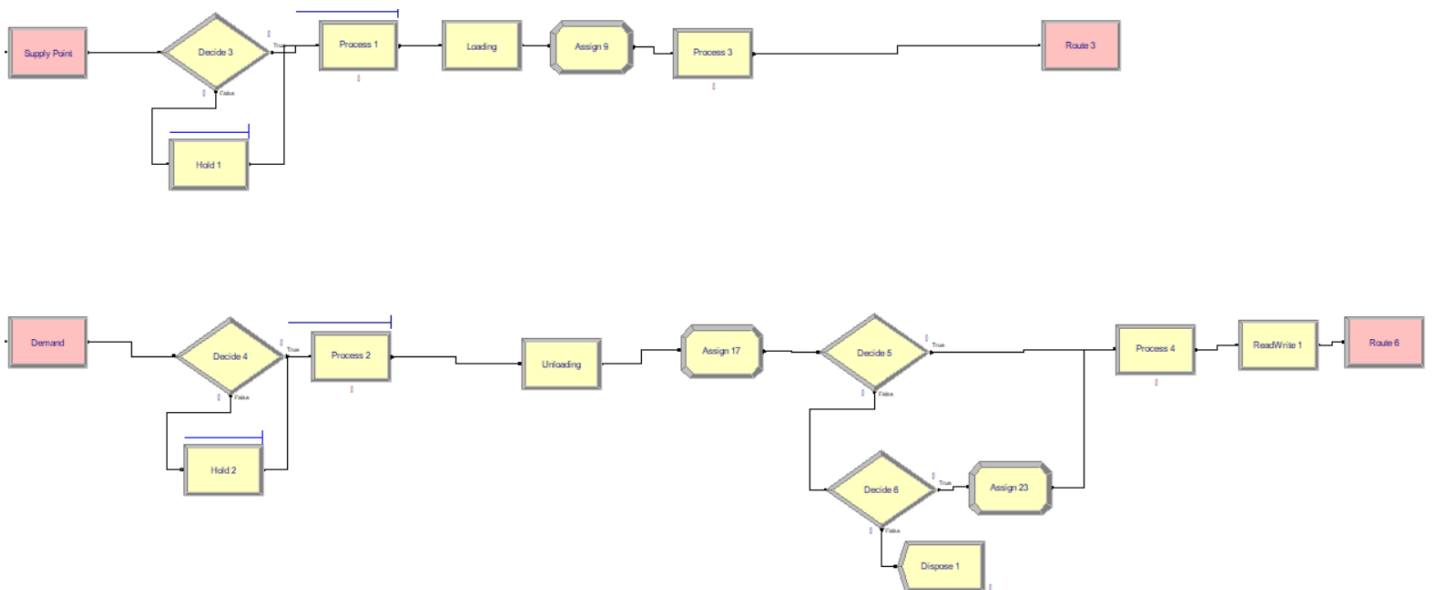


**Gambar 5 - 6.** Pola Operasi Dengan Metode Cyclic Operation.

Pola operasi pada Gambar 5 - 6 didapat dari pembuatan simulasi menggunakan perangkat lunak Arena. Pada pembuatan simulasi, disimulasikan jika jumlah tongkang adalah tujuh untuk rute Kideco – Paiton dan enam tongkang untuk rute Adaro – Paiton.



**Gambar 5 - 7.** Jumlah Tongkang Pada Model Simulasi Arena.



**Gambar 5 - 8.** Model Simulasi Arena.

**Tabel 5 - 12.** Perbandingan Frekuensi Tongkang dan Kapal Tunda.

Rute	Frekuensi Tug Boat	Frekuensi Tongkang
Kideco - Paiton	82	59
Adaro - Paiton	103	69

Gambar 5 - 7 dan Gambar 5 - 8 adalah tampilan dari model simulasi untuk membuat pola operasi dengan metode cyclic operation. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa frekuensi kapal tunda lebih banyak dari frekuensi tongkang sesuai pada Tabel 5 - 12. Ini dikarenakan jumlah kapal tunda yang lebih sedikit dan saat proses bongkar maupun proses pemuatan kapal tunda menyandarkan tongkang dan langsung melanjutkan perjalanan dengan mendorong tongkang yang sebelumnya sudah selesai bongkar di pelabuhan tujuan atau tongkang yang sebelumnya sudah menyelesaikan proses muat di pelabuhan asal.

**Tabel 5 - 13.** Hasil Simulasi Dengan Arena.

Rute	Payload (ton)	Jumlah Tongkang	Jumlah Tug Boat	Muatan Terangkut (ton)	Demand (ton)	Selisih Muatan (ton)
Kideco - Paiton	10,658.06	7	5	4,337,830.42	4,337,763.16	67.26
Adaro - Paiton	10,529.69	6	4	4,338,232.28	4,337,763.16	469.12

Pada Tabel 5 - 13 menunjukkan jumlah muatan yang terangkut dari setiap rute yang sudah ditentukan. Model simulasi akan menghasilkan hasil optimum jika *payload* kapal seperti tertera pada tabel di atas. Karena jika menggunakan penggunaan *payload* pada perhitungan menggunakan metode optimasi setiap tahunnya akan terjadi kelebihan suplai batubara sebesar 1,2 juta ton. Sehingga pengurangan muatan yang diangkut di setiap pengiriman harus dikurangi agar meminimalisir selisih muatan yang diangkut. Karena semakin besar selisih muatan antara permintaan dan yang terkirim maka akan menyebabkan *penalty cost* meningkat. Sehingga dapat dikatakan model perhitungan yang dibuat sebelumnya belum sepenuhnya optimum jika pola operasinya menggunakan *cyclic operation*.



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1. Kesimpulan**

Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis kebutuhan batubara, didapatkan jumlah kebutuhan batubara dari tiga pembangkit adalah 1.095 ton/hari.
2. Dari pembuatan pola operasi menggunakan cyclic operation, maka didapatkan kebutuhan tongkang dan kapal tunda. Dimana jumlah tongkang lebih banyak dari jumlah kapal tunda. Sehingga hasil penelitian ini menunjukkan bahwa untuk suplai dari rute Adaro – Paiton dapat dipenuhi dengan penggunaan 6 tongkang dan 4 kapal tunda dan suplai dari rute Kideco – Paiton dapat dipenuhi dengan penggunaan 7 tongkang dan 5 kapal tunda.
3. *Unit cost* dari rute Adaro – Paiton dengan menggunakan kapal baru adalah Rp. 151.662 dan untuk rute *Kideco – Paiton* adalah Rp. 181.580.

#### **6.2. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian ini terdapat beberapa saran yang diberikan, yaitu:

1. Perlu adanya hitungan kontruksi dari kapal agar kapal dapat direalisasikan sebagai sarana angkut pengganti.
2. Cadangan ketersediaan batubara di Indonesia harus diperhitungkan karena akan berpengaruh pada kebutuhan PLTU dan banyaknya muatan terangkut.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, R. (2004). *Optimasi Komposisi Kuantum Produksi dengan Menggunakan Metode Linear Programming*. Surabaya.
- Bazaraa, M. (1990). *Linear Programming and Network Flows*.
- Eng, & Consultants, T. E. (n.d.).
- ESDM, K. (2011). *Kebutuhan Batubara oleh PLTU di seluruh Indonesia*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- lewis. (1989). *Principle of Naval Architecture Volume II*.
- Marineinsight, N. N. (2016, juli 20). *Different Types of Barges Used in the Shipping World*. Retrieved from Marineinsight.com.
- parson. (2000). *Parametric Ship Design Chapter 11*. Michigan: Univ. Of Michigan.
- POMI, P. (2017). *Kebutuhan Batubara*. Paiton, Probolinggo: PT. POMI.
- schneekluth. (1998). *ship design for efficiency and economy*.
- Taisei, C. E. (2010). *Pushing at Sea*. Retrieved from Artcouple.com.
- Taisei, E. C. (2010). *Cyclic Operation*. Retrieved from Artcouple:  
<http://www.artcouple.com/20-cyclic.html>
- Watson, D. (1998). *practical ship design vol 1*. oxford.
- wergeland, w. a. (1997). *shipping*. netherlands: delf university.
- Wikidpedia.org. (2017, Desember 07). Retrieved from Wikipedia.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

# LAMPIRAN

## Penentuan kebutuhan batubara

type of coal	Higher Heating value (HHV)KJ/kg	overall conversion efficiency	KJ/kg	amount of coal (kg) for producing one kw.hr, kg/kw.hr	(MW)	Coal quantity (kg/hr)	Coal quantity (ton/hr)
Bagus/Sedang/Jelek	20,000	33.44%	10,766	0.538277512	815	438,696	438.70
Bagus/Sedang/Jelek	20,000	33.44%	10,766	0.538277512	610	328,349	328.35
Bagus/Sedang/Jelek	20,000	33.44%	10,766	0.538277512	610	328,349	328.35
						Total, ton/hr	1,095
						Total, ton/day	26,289
						Total, ton/year	8,675,526.32

## Muatan dan Jarak

No.	Pelabuhan	Asal/Tujuan	Volume (ton/tahun)		Kedalaman	IT+WT+AT	Konsumsi
			Muat	Bongkar			
1	Kideco	Asal	4,337,763		-9	4	
2	Adaro	Asal	4,337,763		-9	4	
3	Paiton	Tujuan		8,675,526	15	4	23,768.57

Jarak (Nm)	Kideco	Adaro	Paiton
Kideco	0	325	489
Adaro	325	0	387
Paiton	489	387	0

## Tarif Pelabuhan

Pelabuhan	Jenis Pelayanan	Tarif	Keterangan
Tanah Merah PELINDO IV	<b>Jasa labuh Kapal dlm Negeri</b>		
	Kapal Niaga	Rp 51.00	/GT/Kunjungan
	Kapal Non Niaga	Rp 25.00	/GT/Kunjungan
	<b>Jasa Tambat Kapal dlm Negeri</b>	Rp 58.00	/GT/hari
	<b>Jasa Pandu Kapal dlm Negeri</b>		
	Tetap	Rp 240,000.00	/ Kapal / Gerakan
	Variable	Rp 48.00	/ GT / Kapal / Gerakan
	<b>Jasa Tunda Kapal dlm Negeri</b>		
	2001 sd 3500 Tetap	Rp 420,000.00	/Kapal/Jam
	2001 sd 3500 Variabel	Rp 6.41	/GT/Kapal/Jam
3501 sd 8000 GT Tetap	Rp 1,120,000.00	/Kapal/Jam	
3501 sd 8000 GT Variabel	Rp 6.41	/GT/Kapal/Jam	
<b>Tarif Pelayanan Jasa Barang (Barang tidak dalam kemasan)</b>			
	Conveyor	Rp 5,650	Per Ton/m3
Sumber : PELINDO III	<a href="http://www.inaport4.co.id">www.inaport4.co.id</a>		
Jasa Tunda (Samarinda)			
GT	<b>Jenis Jasa</b>		
	Tarif Tetap (per kapal per jam)	Tarif Variabel (Per GT Per Kapal Per Jam)	
0	Rp -	Rp -	-
2001-3500	Rp 420,000	Rp 6	6
3501-8000	Rp 1,120,000	Rp 6	6

Pelabuhan	Jenis Pelayanan	Tarif	Keterangan
Paiton	<b>Jasa labuh Kapal dlm Negeri</b>		
	Kapal Niaga	Rp	53.00 /GT/Kunjungan
	Kapal Non Niaga	Rp	27.00 /GT/Kunjungan
	<b>Jasa Tambat Kapal dlm Negeri</b>	Rp	48.00 /GT/hari
	<b>Jasa Pandu Kapal dlm Negeri</b>		
	Tetap	Rp	40,000.00 / Kapal / Gerakan
PELINDO IV	Variable	Rp	48.00 / GT / Kapal / Gerakan
	<b>Jasa Tunda Kapal dlm Negeri</b>		
	2001 sd 3500 Tetap	Rp	120,000.00 /Kapal/Jam
	2001 sd 3500 Variabel	Rp	8.00 /GT/Kapal/Jam
	3501 sd 8000 GT Tetap	Rp	320,000.00 /Kapal/Jam
	3501 sd 8000 GT Variabel	Rp	8.00 /GT/Kapal/Jam
<b>Tarif Pelayanan Jasa Barang (Barang tidak dalam kemasan)</b>			
	Conveyor	Rp	1,650 Per Ton/m3
Sumber : PELINDO III	<a href="http://www.inaport4.co.id">www.inaport4.co.id</a>		
Jasa Tunda (Samarinda)			
GT	<b>Jenis Jasa</b>		
	Tarif Tetap (per kapal per jam)		Tarif Variabel (Per GT Per Kapal Per Jam)
0	Rp	-	Rp -
2001-3500	Rp	120,000	Rp 8
3501-8000	Rp	320,000	Rp 8

### Pengiriman kondisi saat ini:

Kideco – Paiton (tug barge)

Tug Boat			
L	=	29	m
B	=	8	m
H	=	4.8	m
T	=	3.7	m
GT	=	3,341	

Barge			
L	=	91.44	m
B	=	24.38	m
H	=	6.2	m
T	=	5.49	m
Payload	=	11,226.53	ton
DWT	=	12,349.18	ton

**Roundtrip Time :**

> Seatime	=	98.0 jam
	=	82.0
	=	8.00 hari
> Porttime		
Origin	=	18 jam
	=	0.75 hari
Destination	=	18 jam
	=	0.75 hari
Roundtrip Time	=	216.1 jam
	=	10.00 hari
Frekuensi	=	27 kali
Jumlah Kapal	=	11 Kapal
Frekuensi sebenarnya	=	297 kali

**VOYAGE COST :**

<b>Fuel Cost :</b>		<b>Towing Barge</b>	
1	> Main Engine	=	Rp 686,540,964 /roundtrip
		=	203,902,666,354.58 /tahun
2	> Aux. Engine	=	Rp 197,649 /roundtrip
		=	58,701,714.29 /tahun
<b>Total</b>		=	<b>Rp 203,961,368,069 /tahun</b>

**Port Charges :**

<b>Pelabuhan Tanah Merah</b>		tarif		total		
1	Jasa Labuh	=	Rp 51	Per GT/Kunjungan	Rp 50,606,127	/call
2	Jasa Tambat					
	Dermaga Beton	=	Rp 58	per GT/Etmal	Rp 43,243,573	/call
3	Jasa Pandu					
	Tarif Tetap	=	Rp 240,000	per GT/Kapal/Gerakan	Rp 71,280,000	/call
	Tarif Variable	=	Rp 48	per GT/Kapal/Gerakan	Rp 95,258,592	/call
4	Jasa Tunda Kapal	<=	3,341	GT		
	Tarif Tetap	=	Rp 420,000	per Kapal yang Ditunda/Jam	Rp 249,480,000	/call
	Tarif Variabel	=	Rp 6	per GT/Kapal yang Ditunda/Jam	Rp 12,720,991	/call
	total				Rp 522,589,283.41	/call
						/tahun

<b>Pelabuhan Paiton</b>		tarif		total		
1	Jasa Labuh	=	Rp 53	Per GT/Kunjungan	Rp 52,590,681	/call
2	Jasa Tambat					
	Dermaga Beton	=	Rp 48	per GT/Etmal	Rp 35,787,785	/call
3	Jasa Pandu					
	Tarif Tetap	=	Rp 40,000	per GT/Kapal/Gerakan	Rp 11,880,000	/call
	Tarif Variable	=	Rp 48	per GT/Kapal/Gerakan	Rp 95,258,592	/call
4	Jasa Tunda Kapal	<=	3,341	GT		
	Tarif Tetap	=	Rp 120,000	per Kapal yang Ditunda/Jam	Rp 71,280,000	/call
	Tarif Variabel	=	Rp 8	per GT/Kapal yang Ditunda/Jam	Rp 15,876,432	/call
	total				Rp 282,673,489.77	/call
						/tahun
<b>Total Port Charges</b>				=	<b>Rp 805,262,773.18</b>	



## Fresh Water Cost :

Consumsi FW	=	0.17	ton/orang . hari
Jumlah Crew	=	12	orang
<b>Parametric design chapter 11, hal. 11-24</b>			
$W_{FWtotal}$	=	20.40	ton
$W_{FW}$	=	$W_{FWtotal} + 4\% \cdot W_{FWtotal}$	; terdapat penambahan koreksi 4%
	=	21.216	ton
	=	21216.0	liter
<b>Total Biaya FW</b>	=	<b>Rp 75,613,824.0</b>	<b>/tahun</b>

## TCH Tug Barge

TCH/Bulan	Rp 1,500,000,000	/kapal
Kebutuhan Kapal	11	kapal
Lama charter	12	bulan
<b>Total TCH</b>	<b>Rp 198,000,000,000</b>	

## Pengiriman dengan BC:

L	=	179.88	m
B	=	28.8	m
H	=	14.6	m
T	=	9.83	m
Payload	=	26,700	ton
GT	=	22,520	
DWT	=	29,370	ton

## Roundtrip Time :

<b>&gt; Seatetime</b>			
	=	41.0 jam	
	=	38.0	
	=	4.00 hari	
<b>&gt; Porttime</b>			
Origin	=	37 jam	
	=	1.56 hari	
Destination	=	93 jam	
	=	3.88 hari	
Roundtrip Time	=	209.4 jam	
	=	10.00 hari	
Frekuensi	=	7 kali	
Jumlah Kapal	=	7 Kapal	
Frekuensi sebenarnya	=	49 kali	

		Rates updated Wednesday: <b>20 December 2017</b>				
		NB Rates may differentiate in Weekly Market Report sent out on Fridays				
<b>DRY TIME CHARTER ESTIMATES (\$/pdpr)</b>						
	SIZE	6 MOS		1 YR		2 YR
	PERIOD	ATL	PAC	ATL	PAC	ATL PAC
	HANDY (32k dwt)	9,750	8,500	9,250	8,250	8,250
	SUPRA (56k dwt)	13,000	10,000	12,000	10,750	10,750
	ULTRA (62k dwt)	13,250	10,500	12,300	11,000	11,000
	PANA/KMAX (76k-82k dwt)	14,500	11,000	12,000	11,000	10,500
	CAPE (170k dwt)	20,000	20,000	17,000	17,000	17,000

<b>Main Engine</b>	
Merk	MAN
Type	MAN 7L51/60DF
Daya yang digunakan (kW)	7200
Daya (HP)	9655.2

<b>Konsumsi Fuel Oil</b>		Keterangan
SFR (g/kwh)	235	
SFR (ton/kwh)	0.000235	
Margin	10%	
WFO' (ton)	75.84	$SFR \cdot MCR \cdot S / V_S \cdot (1 + Margin)$
WFO' (liter)	94,805	
WFO (ton)	86.22	$(W\_FO' + 8\% \cdot W\_FO') / \pi$
WFO (liter)	107,778	

<b>Auxiliary Engine</b>	
Merk	MAN
Type	8L28/32DF
Daya yang digunakan (kW)	1600
Daya (HP)	2175.36

<b>Konsumsi Fuel Oil</b>		Keterangan
SFR (g/kwh)	720	
SFR (ton/kwh)	0.00072	
Margin	10%	
WFO' (ton)	4.69	$SFR \cdot MCR \cdot S / V_S \cdot (1 + Margin)$
WFO' (liter)	5,868	
WFO (ton)	5.34	
WFO (liter)	6,671	

### **CARGO HANDLING COST:**

Tarif Bongkar | = Rp 5,650 /ton

>> Muat = Rp 7,391,895,000

**CHC** = Rp 7,391,895,000 /tahun

### Voyage Cost

<b>Fuel Cost :</b>					<b>BC</b>
1	> Main Engine	=	Rp		940,256,787 /roundtrip
		=			46,072,582,573.83 /tahun
2	> Aux. Engine	=	Rp		60,038,905 /roundtrip
		=			2,941,906,357.89 /tahun
<b>Total</b>		<b>=</b>	<b>Rp</b>		<b>49,014,488,932 /tahun</b>

### Port Charges :

<b>Pelabuhan Tanah Merah</b>				tarif			total
1	Jasa Labuh	=	Rp	51	Per GT/Kunjungan	Rp	56,277,480
2	Jasa Tambat						
	Dermaga Beton	=	Rp	58	per GT/Etmal	Rp	99,669,532
3	Jasa Pandu						
	Tarif Tetap	=	Rp	240,000	per GT/Kapal/Gerakan	Rp	11,760,000
	Tarif Variabel	=	Rp	48	per GT/Kapal/Gerakan	Rp	105,934,080
4	Jasa Tunda Kapal	<=		22,520	GT		
	Tarif Tetap	=	Rp	3,208,333	per Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	314,416,634
	Tarif Variabel	=	Rp	6	per GT/Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	1,845,625,642
	total					Rp	2,433,683,367.66

<b>Pelabuhan Paiton</b>				tarif			total
1	Jasa Labuh	=	Rp	53	Per GT/Kunjungan	Rp	58,484,440
2	Jasa Tambat						
	Dermaga Beton	=	Rp	48	per GT/Etmal	Rp	82,485,130
3	Jasa Pandu						
	Tarif Tetap	=	Rp	40,000	per GT/Kapal/Gerakan	Rp	1,960,000
	Tarif Variabel	=	Rp	48	per GT/Kapal/Gerakan	Rp	105,934,080
4	Jasa Tunda Kapal	<=		22,520	GT		
	Tarif Tetap	=	Rp	1,000,000	per Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	98,000,000
	Tarif Variabel	=	Rp	5	per GT/Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	490,000,000
	total					Rp	836,863,650.00
<b>Total Port Charges</b>						<b>=</b>	<b>Rp 3,270,547,017.66</b>

### Fresh Water Cost :

Consumsi FW	=	0.17	ton/orang . hari
Jumlah Crew	=	24	orang
<b>Parametric design chapter 11, hal. 11-24</b>			
$W_{FWtotal}$	=	40.80	ton
$W_{FW}$	=	$W_{FWtotal} + 4\% \cdot W_{FWtotal}$	; terdapat penambahan koreksi 4%
	=	42.432	ton
	=	42432.0	liter
<b>Total Biaya FW</b>	<b>=</b>	<b>Rp 509,184.0</b>	<b>/tahun</b>

### TCH BC

TCH/Bulan	Rp 4,050,000,000	/kapal
Kebutuhan Kapal		7 kapal
Lama charter		3 bulan
<b>Total TCH</b>	<b>Rp 85,050,000,000</b>	

Adaro – Paiton (tug barge)

Tug Boat

L	=	27.5	m
B	=	8.6	m
H	=	4.8	m
T	=	3.7	m
GT	=	3,276	

Barge

L	=	95.78	m
B	=	25.66	m
H	=	5.8	m
T	=	4.38	m
Payload	=	11,459.84	ton
DWT	=	12,605.83	ton

**Roundtrip Time :**

> Seatime

=	78.0 jam
=	65.0
=	6.00 hari

> Porttime

Origin	=	18 jam
	=	0.75 hari
Destination	=	18 jam
	=	0.75 hari

Roundtrip Time

=	179.1 jam
=	8.00 hari

Frekuensi

=	33 kali
---	---------

Jumlah Kapal

=	9 Kapal
---	---------

Frekuensi sebenarnya

=	297 kali
---	----------

### Berat Consumable

<b>Main Engine</b>	
Merk	Yanmar
Type	6RY17P-GW
Daya yang digunakan (kW)	2349
Daya (HP)	3150

<b>Konsumsi Fuel Oil</b>		Keterangan
SFR (g/kwh)	185	
SFR (ton/kwh)	0.000185	
Margin	10%	
WFO' (ton)	37.00	$SFR \cdot MCR \cdot S / V_S \cdot (1 + Margin)$
WFO' (liter)	46,248	
WFO (ton)	42.06	$(W\_FO' + 8\% \cdot W\_FO') / \pi$
WFO (liter)	52,577	

<b>Konsumsi Lubricating Oil</b>		Keterangan
SFR (g/kwh)	0.85	
SFR(ton/kwh)	0.00000085	
Margin	10%	
WLO' (ton)	0.015	$SFR \cdot MCR \cdot S / V_s \cdot (1 + Margin)$
WLO" (ton)	0.019	

### Perhitungan Tambahan LO

Lama Berlayar	77.40	jam
	3.23	hari
SFR+	0.000463	ton/jam
WLO"+	0.0358	ton
WLO	0.054	ton

<b>Auxiliary Engine</b>	
Merk	Yanmar
Type	226B
Daya yang digunakan (kW)	325
Daya (HP)	441.87

<b>Konsumsi Fuel Oil</b>		Keterangan
SFR (g/kwh)	245	
SFR (ton/kwh)	0.000245	
Margin	10%	
WFO' (ton)	0.02	$SFR \cdot MCR \cdot S / V_S \cdot (1 + Margin)$
WFO' (liter)	19	
WFO (ton)	0.02	
WFO (liter)	22	

**VOYAGE COST :**

	<b>Fuel Cost :</b>			<b>Towing Barge</b>	
1	> Main Engine	=	Rp	458,683,344	/roundtrip
2	> Aux. Engine	=	Rp	136,228,953,247.31	/tahun
		=	Rp	197,649	/roundtrip
		=	Rp	58,701,714.29	/tahun
<b>Total</b>		=	Rp	<b>136,287,654,962</b>	<b>/tahun</b>

**Port Charges :**

	<b>Pelabuhan Kelanis</b>		tarif			total	
1	Jasa Labuh	=	Rp	51	Per GT/Kunjungan	Rp	49,621,572 /call
2	Jasa Tambat	=	Rp	58	per GT/Etmal	Rp	42,402,259 /call
3	Dermaga Beton	=	Rp	240,000	per GT/Kapal/Gerakan	Rp	71,280,000 /call
	Jasa Pandu	=	Rp	48	per GT/Kapal/Gerakan	Rp	93,405,312 /call
	Tarif Tetap	=	Rp	3,276	GT	Rp	
	Tarif Variabel	=	Rp	420,000	per Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	249,480,000 /call
4	Jasa Tunda Kapal	<=	Rp	6	per GT/Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	12,473,501 /call
	Tarif Tetap	=	Rp			Rp	518,662,643.65 /call
	Tarif Variabel	=	Rp			Rp	
	total						/tahun

	<b>Pelabuhan Paiton</b>		tarif			total	
1	Jasa Labuh	=	Rp	53	Per GT/Kunjungan	Rp	51,567,516 /call
2	Jasa Tambat	=	Rp	48	per GT/Etmal	Rp	35,091,524 /call
3	Dermaga Beton	=	Rp	40,000	per GT/Kapal/Gerakan	Rp	11,880,000 /call
	Jasa Pandu	=	Rp	48	per GT/Kapal/Gerakan	Rp	93,405,312 /call
	Tarif Tetap	=	Rp	3,276	GT	Rp	
	Tarif Variabel	=	Rp	120,000	per Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	71,280,000 /call
4	Jasa Tunda Kapal	<=	Rp	8	per GT/Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	15,567,552 /call
	Tarif Tetap	=	Rp			Rp	278,791,904.37 /call
	Tarif Variabel	=	Rp			Rp	
	total						/tahun
<b>Total Port Charges</b>		=	Rp			<b>797,454,548.02</b>	

**Fresh Water Cost :**

Consumsi FW	=	0.17	ton/orang . hari
Jumlah Crew	=	12	orang
<b>Parametric design chapter 11, hal. 11-24</b>			
$W_{FWtotal}$	=	16.32	ton
$W_{FW}$	=	$W_{FWtotal} + 4\% \cdot W_{FWtotal}$	; terdapat penambahan koreksi 4%
	=	16.973	ton
	=	16972.8	liter
<b>Total Biaya FW</b>	=	Rp	<b>60,491,059.2 /tahun</b>

**TCH Tug Barge**

TCH/Bulan	Rp	1,500,000,000	/kapal
Kebutuhan Kapal		9	kapal
Lama charter		9	bulan
<b>Total TCH</b>	Rp	<b>121,500,000,000</b>	

Pengiriman dengan BC:

L	=	179.88	m
B	=	27.8	m
H	=	14.2	m
T	=	9.83	m
Payload	=	25,620	ton
GT	=	22,550	
DWT	=	28,182	

<b>Roundtrip Time :</b>			
> Seatime			
	=		33.0 jam
	=		30.0
	=		3.00 hari
> Porttime			
Origin	=		36 jam
	=		1.50 hari
Destination	=		89 jam
	=		3.73 hari
Roundtrip Time	=		188.4 jam
	=		9.00 hari
Frekuensi	=		7 kali
Jumlah Kapal	=		7 Kapal
Frekuensi sebenarnya	=		49 kali

<b>Main Engine</b>	
Merk	MAN
Type	MAN 6k41/60DF
Daya yang digunakan (kW)	7000
Daya (HP)	9387

<b>Konsumsi Fuel Oil</b>		Keterangan
SFR (g/kwh)	236	
SFR (ton/kwh)	0.000236	
Margin	10%	
WFO' (ton)	60.02	$SFR \cdot MCR \cdot S / V_S \cdot (1 + Margin)$
WFO' (liter)	75,030	
WFO (ton)	68.24	$(W\_FO' + 8\% \cdot W\_FO') / \pi$
WFO (liter)	85,297	

<b>Auxiliary Engine</b>	
Merk	MAN
Type	8L28/32DF
Daya yang digunakan (kW)	1600
Daya (HP)	2175.36

<b>Konsumsi Fuel Oil</b>		Keterangan
SFR (g/kwh)	720	
SFR (ton/kwh)	0.00072	
Margin	10%	
WFO' (ton)	3.72	$SFR \cdot MCR \cdot S / V_S \cdot (1 + Margin)$
WFO' (liter)	4,644	
WFO (ton)	4.22	
WFO (liter)	5,279	

### **CARGO HANDLING COST:**

Tarif Bongkar l = Rp 5,650 /ton

>> Muat = Rp 7,092,897,000

**CHC** = Rp 7,092,897,000 /tahun



**Voyage Cost**

<b>Fuel Cost :</b>				<b>BC</b>
1	> Main Engine	=	Rp	744,129,605 /roundtrip
		=		36,462,350,625.92 /tahun
2	> Aux. Engine	=	Rp	47,515,453 /roundtrip
		=		2,328,257,178.95 /tahun
<b>Total</b>		=	<b>Rp</b>	<b>38,790,607,805 /tahun</b>

**Port Charges :**

<b>Pelabuhan Tanah Merah</b>				tarif	total		
1	Jasa Labuh	=	Rp	51	Per GT/Kunjungan	Rp	56,352,450 /call
2	Jasa Tambat						
	Dermaga Beton	=	Rp	58	per GT/Etmal	Rp	96,197,407 /call
3	Jasa Pandu						
	Tarif Tetap	=	Rp	240,000	per GT/Kapal/Gerakan	Rp	11,760,000 /call
	Tarif Variable	=	Rp	48	per GT/Kapal/Gerakan	Rp	106,075,200 /call
4	Jasa Tunda Kapal	<=	Rp	22,550	GT		
	Tarif Tetap	=	Rp	3,208,333	per Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	314,416,634 /call
	Tarif Variabel	=	Rp	6	per GT/Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	1,845,625,642 /call
	total					Rp	2,430,427,332.98 /tahun

<b>Pelabuhan Paiton</b>				tarif	total		
1	Jasa Labuh	=	Rp	53	Per GT/Kunjungan	Rp	58,562,350 /call
2	Jasa Tambat						
	Dermaga Beton	=	Rp	48	per GT/Etmal	Rp	79,611,648 /call
3	Jasa Pandu						
	Tarif Tetap	=	Rp	40,000	per GT/Kapal/Gerakan	Rp	1,960,000 /call
	Tarif Variable	=	Rp	48	per GT/Kapal/Gerakan	Rp	106,075,200 /call
4	Jasa Tunda Kapal	<=	Rp	22,550	GT		
	Tarif Tetap	=	Rp	1,000,000	per Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	98,000,000 /call
	Tarif Variabel	=	Rp	5	per GT/Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	490,000,000 /call
	total					Rp	834,209,197.50 /tahun

**Total Port Charges = Rp 3,264,636,530.48**

**Fresh Water Cost :**

Consumsi FW	=	0.17	ton/orang . hari
Jumlah Crew	=	24	orang
<b>Parametric design chapter 11, hal. 11-24</b>			
$W_{FWtotal}$	=	36.72	ton
$W_{FW}$	=	$W_{FW total} + 4\% \cdot W_{FW total}$	; terdapat penambahan koreksi 4%
	=	38.189	ton
	=	38188.8	liter
<b>Total Biaya FW</b>	=	<b>Rp 458,265.6</b>	<b>/tahun</b>

TCH/Bulan	Rp 4,050,000,000	/kapal
Kebutuhan Kapal		7 kapal
Lama charter		3 bulan
<b>Total TCH</b>	<b>Rp 85,050,000,000</b>	

# Perhitungan Kapal Bangun Baru

## Kideco – Paiton

Payload (0)	=	13187.24 ton
DWT	=	13881.31 ton
LPP	=	117.88 m
B	=	36.27 m
H	=	8.02 m
T	=	5.03 m
GT	=	10161.84 m <sup>3</sup>
Tmax	=	7.9 m
> Seatetime	=	41 jam
	=	38
	=	4 hari
> Porttime		
Origin	=	19.48 jam
	=	0.81 hari
Destination	=	29.37 jam
	=	1.22 hari
Roundtrip Time	=	127.86 jam
	=	7 hari
Frekuensi	=	47 kali
Jumlah Kapal	=	7 kapal
Muatan per Kapal	=	92,311 ton
Muatan/kapal/tahun	=	4,338,603 ton
Muatan yang harus diangkut	=	4,337,763 ton
Selish Muatan diangkut & Supply	=	840 ton
Frekuensi tak terpakai	=	1 kali
Frekuensi sebenarnya	=	328 kali

			min	max
L/B	=	3.25	2.99	10
B/T	=	7.21	1.80	7.29
L/T	=	23.43	10	30
B/H	=	4.52	3.81	5.40
H/T	=	1.59	1.18	1.85
unit cost	=	Rp 180,381		

freeboard = 3.0 >= 2

### Batasan Kapasitas Ruang Muat

Input Data :

Volume ruang muat =	18,125 m <sup>3</sup>
Specific volume muatan =	1.350 m <sup>3</sup> /ton
Berat muatan =	13,187 ton
Volume muatan	17,803 m <sup>3</sup>

Perhitungan :

Selish Volume r.muat & Volume muatan=	322.636 m <sup>3</sup>
Selish dalam % =	1.812 %
Kondisi =	Accepted

Fn	Lpp (m)	B (m)	T (m)	H (m)	Cb	Cm	Cwp	Cp	LCB %	LCB (m)	LCB (m)	Lwl	▽ (m <sup>3</sup> )	Δ (ton)
0.163	117.88	36.27	5.03	8.02	0.8	0.994	0.884	0.817	1.876	2.211	60.737	122.60	18158.09	18612.04

Nama Kapal	BHP (kW)	BHP 2 Mesin (kW)	HP	Barge DWT	Loa (m)	Lpp (m)	B (m)	H (m)	T (m)	Harga
Rokko-maru	1600	3200	4291.2	12000	31.8	28	9.6	4.15	3.12	\$ 1,450,000.00
Sumiyoshi-maru	1600	3200	4291.2	12500	30.5	28.92	11	5.6	4.8	\$ 1,621,875.00
Sleipner	1600	3200	4291.2	13000	32	29.5	9.2	4.5	3.8	\$ 1,793,750.00
Taihozan-maru	1800	3600	4827.6	13500	33	34.691	11.4	4.95	3.85	\$ 1,965,625.00
Tosa	2200	4400	5900.4	14000	30	29.46	7.8	4.05	3.4	\$ 2,051,562.50
Mitsuko-maru	2200	4400	5900.4	14250	36	33.42	10.97	5	4.212	\$ 2,137,500.00
Genseki	2000	4000	5364	14500	33	30.87	9.6	4.3	3.336	\$ 2,309,375.00
Hachiko-maru	2300	4600	6168.6	15000	33.2	29.3	9.76	4.3	3.5	\$ 2,481,250.00
Hachiko-maru	2300	4600	6168.6	15250	33.7	31.39	10.6	4.96	3.7	\$ 2,653,125.00
Mega	2500	5000	6705	15625	29.5	27.8	10	4.8	4.3	\$ 2,739,062.50
Bilibino	2600	5200	6973.2	16000	32.1	29.613	9	4.2	3.612	\$ 2,825,000.00
Borsheretsk	2700	5400	7241.4	16500	32.1	29.627	9	4.1	3.616	\$ 2,996,875.00
Biryusinsk	2900	5800	7777.8	16750	34	31.55	9.14	4.21	4	\$ 3,082,812.50
Tembaga 4	3000	6000	8046	17000	35.3	33.46	10	4.4	3.9	\$ 3,168,750.00
Baykalsk	3000	6000	8046	17500	36.1	32.75	10.6	4.9	4	\$ 3,340,625.00
Norsul Vega	3250	6500	8716.5	18000	35.8	35.34	9	4.27	3	\$ 3,512,500.00
Norsul Vitoria	3250	6500	8716.5	18500	37.16	36.75	9.02	4.8	3.5	\$ 3,684,375.00
Valkyrien	3500	7000	9387	19000	38,25	37,6	10,5	4,9	3,4	\$ 3,770,312.50
Tembaga 3	3600	7200	9655.2	19250	38.22	37.5	11	4.9	3.5	\$ 3,856,250.00
Corona Borole	3650	7300	9789.3	19500	38,5	37,6	11,2	4,8	3,5	\$ 4,028,125.00
Sea Eagle	3700	7400	9923.4	20000	38.7	37.5	11.5	5	4.4	\$ 4,200,000.00

<b>MCR Mesin ME</b>			
BHP	=	4400 Kw	
		4340.106274 HP	
<b>Kapal</b>			
Nama Kapal:	=	Tosa	
L	=	29.46	
B	=	7.8	
T	=	3.4	
H	=	4.05	
DWT Barge	=	13881.31 ton	
<b>Mesin</b>			
Merk	=	CATERPILLAR	
Type	=	9M20C	
<b>Daya Mesin yang digunakan</b>			
Daya	=	3000 Kw	
	=	4023 HP	
<b>Konsumsi Bahan Bakar</b>			
SFOC	=	213 g/kw/hr	
	=	0.000213 ton/kw/hr	
<b>Konsumsi Pelumas (Oli)</b>			
Cylinder	=	1.026315789	

<b>MCR Mesin AE</b>			
BHP	=	1100 Kw	
	=	1085.026569 HP	
<b>Mesin</b>			
Merk	=	CATERPILLAR	
Type	=	C32	
<b>Daya Mesin Yang Digunakan</b>			
Daya	=	815 Kw	
	=	607.8 HP	
<b>Konsumsi Bahan Bakar</b>			
SFOC	=	217 g/kw/hr	
	=	0.000217 ton/kw/hr	
<b>Konsumsi Pelumas (Oil)</b>			
Cylinder	=	1.0	

Cost & Price Calculation			
Referensi : Practical Ship Design , David G. M. Watson		Harga Baja	= \$ 500.00 /ton
<b>Input Data :</b>			
	$W_{ST} =$	4730.73 ton	
<b>Perhitungan :</b>			
<b>Perhitungan Biaya ( Cost )</b>			
• Structural Cost			
	$C_{ST} =$	$W_{ST} \cdot \text{Harga Baja}$	Intercouple Conections= \$ 350,000.00
	$P_{ST} =$	\$2,365,365.47	Kebutuhan= 2 unit
			= \$ 700,000.00
• Non Weight Cost			
	$C_{NW} =$	10% (ditentukan 10% untuk kapal dengan galangan besar)	
		$P_{NW} = CNW \cdot (P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME}) =$	\$306,536.55
• Total Cost			
	$\text{Total Cost} = P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME} + P_{NW} =$		\$3,371,902.02
			Rp 45,520,677,232.95
<b>Perhitungan Harga ( Price )</b>			
• Koreksi :			
	Profit = 5%*cost =	\$236,033.14	
	Inflasi = 6%*cost =	\$202,314.12	
	Government = -9%*cost =	-\$303,471.18	
	• Price = cost + profit + inflasi + government =		\$5,644,278.10
			Rp 76,197,754,322.27
			Rp 21,335,371,210.24
Umur Ekonomis Kapal	25	tahun	

**VOYAGE COST :**

<b>Fuel Cost :</b>		<b>ATB</b>	
1	> Main Engine	=	Rp 1,376,817,731 /roundtrip
		=	Rp 451,596,215,847 /tahun
2	> Aux. Engine	=	Rp 636,242,164 /roundtrip
		=	Rp 208,687,429,942 /tahun
<b>Total</b>		<b>=</b>	<b>Rp 660,283,645,790 /tahun</b>

**Port Charges :**

<b>Pelabuhan Tanah Merah</b>		<b>tarif</b>		<b>total</b>	
1	Jasa Labuh	=	Rp 51 Per GT/Kunjungan	Rp	169,987,281 /call
2	Jasa Tambat Dermaga Be	=	Rp 58 per GT/Etmal	Rp	156,943,144 /call
3	Jasa Pandu				
	Tarif Tetap	=	Rp 240,000 per GT/Kapal/Gerakan	Rp	157,440,000 /call
	Tarif Variabl	=	Rp 48 per GT/Kapal/Gerakan	Rp	319,976,058 /call
4	a Tunda Ka	<=	10161.84128 GT		
	Tarif Teta	=	Rp 1,622,500 per Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	1,064,360,000 /call
	Tarif Variat	=	Rp 6 per GT/Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	42,730,136 /call
			total	Rp	1,911,436,619.25 /call
					/tahun

<b>Pelabuhan Paiton</b>		<b>tarif</b>		<b>total</b>	
1	Jasa Labuh	=	Rp 53 Per GT/Kunjungan	Rp	176,653,449 /call
2	Jasa Tambat Dermaga Be	=	Rp 48 per GT/Etmal	Rp	129,883,981 /call
3	Jasa Pandu				
	Tarif Tetap	=	Rp 40,000 per GT/Kapal/Gerakan	Rp	26,240,000 /call
	Tarif Variabl	=	Rp 48 per GT/Kapal/Gerakan	Rp	319,976,058 /call
4	a Tunda Ka	<=	10161.84 GT		
	Tarif Teta	=	Rp 500,000 per Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	328,000,000 /call
	Tarif Variat	=	Rp 8 per GT/Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	53,329,343 /call
			total	Rp	1,034,082,831.27 /call
					/tahun
<b>Total Port charges</b>		<b>=</b>	<b>Rp</b>	<b>2,945,519,451</b>	<b>/tahun</b>

**Fresh Water Cost :**

Consumsi FW	=	0.17	ton/orang . hari
Jumlah Crew	=	10	orang
<b>Parametric design chapter 11, hal. 11-24</b>			
$W_{FWtotal}$	=	11.90	ton
$W_{FW}$	=	$W_{FWtotal} + 4\% \cdot W_{FWtotal}$	; terdapat penambahan koreksi 4%
	=	12.376	ton
	=	12376.0	liter
<b>Total Biaya FW</b>	<b>=</b>	<b>Rp</b>	<b>48,711,936.0 /tahun</b>

Operating Cost

<b>Gaji Crew</b>	=	Rp	56,280,000,000.00 /tahun
Jumlah Crew	=		10 Orang
<b>Repair &amp; Maintenance</b>	=	3% dari harga kapal	
	=	Rp	2,285,932,630 /tahun
<b>Asuransi Kapal</b>	=	1,5% dari harga kapal	
	=	Rp	1,142,966,315 /tahun
<b>Supplies Crew</b>	=	Rp	75,000.00 /orang/hari
	=	Rp	1,732,500,000.00 /tahun
<b>Dokumen &amp; Administrasi</b>	=	Rp	5,000,000.00 /trip
	=	Rp	11,480,000,000.00
<b>Total Operational Cost</b>	=	<b>Rp</b>	<b>72,921,398,944.50 /tahun</b>

No	Jumlah	Jabatan	Gaji/bulan
1	1	Master/Captain	Rp 12,500,000.00
2	1	Chief Engineer	Rp 10,000,000.00
3	1	Second Engineer	Rp 7,500,000.00
4	1	Third Engineer	Rp 5,500,000.00
5	1	Chief Officer	Rp 10,000,000.00
6	1	Second Officer	Rp 5,500,000.00
7	1	Third Officer	Rp 4,500,000.00
8	1	A/B 1	Rp 3,500,000.00
9	1	A/B 2	Rp 3,500,000.00
10	1	Oilman	Rp 4,500,000.00
<b>Total</b>	<b>10</b>		<b>Rp 67,000,000.00</b>

**CARGO HANDLING COST:**

Tarif Bongkar muat = Rp 5,650 /ton

>> Muat = Rp 24,438,600,526

**CHC** = Rp 24,438,600,526 /tahun

**PENALTY COST**

Muatan Lebih = 840.108302

Penalty Cost = Rp 750,000.00

Total Penalty Cost = Rp 630,081,226.52

ADaro- Paiton:

Payload (0)	=	13145.13 ton
DWT	=	13836.98 ton
LPP	=	114.83 m
B	=	34.18 m
H	=	7.52 m
T	=	5.30 m
GT	=	8603.71 m3
Tmax	=	7.9 m
> Seatetime	=	33 jam
	=	30
	=	3 hari
> Porttime	=	
Origin	=	19.43 jam
	=	0.81 hari
Destination	=	29.29 jam
	=	1.22 hari
Roundtrip Time	=	111.72 jam
	=	6 hari
Frekuensi	=	55 kali
Jumlah Kapal	=	6 kapal
Muatan per Kapal	=	78,871 ton
Muatan/kapal/tahun	=	4,337,893 ton
Muatan yang harus diangkut	=	4,337,763 ton
Selisih Muatan diangkut & Supply	=	130 ton
Frekuensi tak terpakai	=	1 kali
Frekuensi sebenarnya	=	329 kali

			min	max
L/B	=	3.36	2.99	10
B/T	=	6.45	1.80	7.29
L/T	=	21.67	10	30
B/H	=	4.54	3.81	5.40
H/T	=	1.42	1.18	1.85
unit cost	=	Rp 150,145		

freeboard = 2.2 >= 2

Batasan Kapasitas Ruang Muat

Input Data :

Volume ruang muat =	17,919	m <sup>3</sup>
Spesific volume muatan =	1.350	m <sup>3</sup> /ton
Berat muatan =	13,145	ton
Volume muatan	17,746	m3

Perhitungan :

Selisih Volume r.muat & Volume muatan=	173.143	m <sup>3</sup>
Selisih dalam % =	0.976	%
Kondisi =	Accepted	

Fn	Lpp (m)	B (m)	T (m)	H (m)	Cb	Cm	Cwp	Cp	LCB %	LCB (m)	LCB (m)	Lwl	▽ (m <sup>3</sup> )	Δ (ton)
0.163	114.83	34.18	5.30	7.52	0.8	0.994	0.882	0.813	1.784	2.049	59.268	119.42	17470.33	17907.09

Nama Kapal	BHP (kW)	BHP 2 Mesin (kW)	HP	Barge DWT	Loa (m)	Lpp (m)	B (m)	H (m)	T (m)	Harga
Rokko-maru	1600	3200	4291.2	12000	31.8	28	9.6	4.15	3.12	\$ 1,450,000.00
Sumiyoshi-maru	1600	3200	4291.2	12500	30.5	28.92	11	5.6	4.8	\$ 1,621,875.00
Sleipner	1600	3200	4291.2	13000	32	29.5	9.2	4.5	3.8	\$ 1,793,750.00
Taihozan-maru	1800	3600	4827.6	13500	33	34.691	11.4	4.95	3.85	\$ 1,965,625.00
Tosa	2200	4400	5900.4	14000	30	29.46	7.8	4.05	3.4	\$ 2,051,562.50
Mitsuko-maru	2200	4400	5900.4	14250	36	33.42	10.97	5	4.212	\$ 2,137,500.00
Genseki	2000	4000	5364	14500	33	30.87	9.6	4.3	3.336	\$ 2,309,375.00
Hachiko-maru	2300	4600	6168.6	15000	33.2	29.3	9.76	4.3	3.5	\$ 2,481,250.00
Hachiko-maru	2300	4600	6168.6	15250	33.7	31.39	10.6	4.96	3.7	\$ 2,653,125.00
Mega	2500	5000	6705	15625	29.5	27.8	10	4.8	4.3	\$ 2,739,062.50
Bilibino	2600	5200	6973.2	16000	32.1	29.613	9	4.2	3.612	\$ 2,825,000.00
Borsheretsk	2700	5400	7241.4	16500	32.1	29.627	9	4.1	3.616	\$ 2,996,875.00
Biryusinsk	2900	5800	7777.8	16750	34	31.55	9.14	4.21	4	\$ 3,082,812.50
Tembaga 4	3000	6000	8046	17000	35.3	33.46	10	4.4	3.9	\$ 3,168,750.00
Baykalsk	3000	6000	8046	17500	36.1	32.75	10.6	4.9	4	\$ 3,340,625.00
Norsul Vega	3250	6500	8716.5	18000	35.8	35.34	9	4.27	3	\$ 3,512,500.00
Norsul Vitoria	3250	6500	8716.5	18500	37.16	36.75	9.02	4.8	3.5	\$ 3,684,375.00
Valkyrien	3500	7000	9387	19000	38,25	37,6	10,5	4,9	3,4	\$ 3,770,312.50
Tembaga 3	3600	7200	9655.2	19250	38.22	37.5	11	4.9	3.5	\$ 3,856,250.00
Corona Borole	3650	7300	9789.3	19500	38,5	37,6	11,2	4,8	3,5	\$ 4,028,125.00
Sea Eagle	3700	7400	9923.4	20000	38.7	37.5	11.5	5	4.4	\$ 4,200,000.00

Penentuan Mesin Utama dan Mesin Bantu:

<b>MCR Mesin ME</b>		
BHP	=	4400 Kw 4084,084176 HP
<b>Kapal</b>		
Nama Kapal:	=	Tosa
L	=	29,46
B	=	7,8
T	=	3,4
H	=	4,05
DWT Barge	=	13836,98 ton
<b>Mesin</b>		
Merk	=	CATERPILLAR
Type	=	9M20C
<b>Daya Mesin yang digunakan</b>		
Daya	=	3000 Kw 4023 HP
<b>Konsumsi Bahan Bakar</b>		
SFOC	=	213 g/kw/hr 0.000213 ton/kw/hr
<b>Konsumsi Pelumas (Oil)</b>		
Cylinder	=	1.026315789

<b>MCR Mesin AE</b>		
BHP	=	1100 Kw 1021.021044 HP
<b>Mesin</b>		
Merk	=	CATERPILLAR
Type	=	C32
<b>Daya Mesin Yang Digunakan</b>		
Daya	=	815 Kw 607.8 HP
<b>Konsumsi Bahan Bakar</b>		
SFOC	=	217 g/kw/hr 0.000217 ton/kw/hr
<b>Konsumsi Pelumas (Oil)</b>		
Cylinder	=	1.0

<b>Cost &amp; Price Calculation</b>		
Referensi : Practical Ship Design , David G. M. Watson	Harga Baja	= \$ 500.00 /ton
<b>Input Data :</b>		
$W_{ST} =$	4070.11 ton	
<b>Perhitungan :</b>		
<b>Perhitungan Biaya ( Cost )</b>		
• Structural Cost		
$C_{ST} =$	$W_{ST} \cdot \text{Harga Baja}$	Intercouple Conections= \$ 350,000.00
$P_{ST} =$	\$2,035,053.10	Kebutuhan= 2 unit
		= \$ 700,000.00
• Non Weight Cost		
$C_{NW} =$	10% (ditentukan 10% untuk kapal dengan galangan besar)	
	$P_{NW} = C_{NW} \cdot (P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME}) =$	\$273,505.31
• Total Cost		
Total Cost=	$P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME} + P_{NW} =$	\$3,008,558.41
		Rp 40,615,538,542.16
<b>Perhitungan Harga ( Price )</b>		
• Koreksi :		
Profit = 5%*cost =	\$210,599.09	
Inflasi = 6%*cost =	\$180,513.50	
Government = -9%*cost =	-\$270,770.26	
• Price= cost + profit + inflasi + government =	=	\$5,266,400.75
	=	Rp 71,096,410,083.84
	=	Rp 17,063,138,420.12
Umur Ekonomis Kapal	25 tahun	

**VOYAGE COST :**

<b>Fuel Cost :</b>			<b>ATB</b>		
1	> Main Engine	=	Rp	1,097,968,570	/roundtrip
		=	Rp	361,231,659,689	/tahun
2	> Aux. Engine	=	Rp	555,942,837	/roundtrip
		=	Rp	182,905,193,526	/tahun
<b>Total</b>			<b>=</b>	<b>Rp</b>	<b>544,136,853,215</b> /tahun

**Port Charges :**

<b>Pelabuhan Tanah Merah</b>		tarif		total				
1	Jasa Labuh	=	Rp	51	Per GT/Kunjungan	Rp	144,361,577	/call
2	Jasa Tambat							
	Dermaga Bet	=	Rp	58	per GT/Etmal	Rp	132,923,754	/call
3	Jasa Pandu							
	Tarif Tetap	=	Rp	240,000	per GT/Kapal/Gerakan	Rp	157,920,000	/call
	Tarif Variable	=	Rp	48	per GT/Kapal/Gerakan	Rp	271,739,439	/call
4	Jasa Tunda Kap	<=	8603.705638		GT			
	Tarif Tetap	=	Rp	1,622,500	per Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	1,067,605,000	/call
	Tarif Variable	=	Rp	6	per GT/Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	36,288,538	/call
<b>total</b>							<b>Rp</b>	<b>1,810,838,306.97</b> /call
								<b>/tahun</b>

<b>Pelabuhan Paiton</b>		tarif		total				
1	Jasa Labuh	=	Rp	53	Per GT/Kunjungan	Rp	150,022,815	/call
2	Jasa Tambat							
	Dermaga Bet	=	Rp	48	per GT/Etmal	Rp	110,005,865	/call
3	Jasa Pandu							
	Tarif Tetap	=	Rp	40,000	per GT/Kapal/Gerakan	Rp	26,320,000	/call
	Tarif Variable	=	Rp	48	per GT/Kapal/Gerakan	Rp	271,739,439	/call
4	Jasa Tunda Kap	<=	8603.71		GT			
	Tarif Tetap	=	Rp	500,000	per Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	329,000,000	/call
	Tarif Variable	=	Rp	8	per GT/Kapal yang Ditunda/Jam	Rp	45,289,906	/call
<b>total</b>							<b>Rp</b>	<b>932,378,025.63</b> /call
								<b>/tahun</b>
<b>Total Port charges</b>						<b>=</b>	<b>Rp</b>	<b>2,743,216,333</b> /tahun

**Fresh Water Cost :**

Consumsi FW	=	0.17	ton/orang . hari
Jumlah Crew	=	10	orang
<b>Parametric design chapter 11, hal. 11-24</b>			
$W_{FWtotal}$	=	10.20	ton
$W_{FW}$	=	$W_{FWtotal} + 4$	; terdapat penambahan koreksi 4%
	=	10.608	ton
	=	10608.0	liter
<b>Total Biaya FW</b>	<b>=</b>	<b>#####</b>	<b>/tahun</b>



Operating Cost

<b>Gaji Crew</b>	=	Rp	48,240,000,000.00 /tahun
Jumlah Crew	=		10 Orang
<b>Repair &amp; Maintenance</b>	=	3% dari harga kapal	
	=	Rp	2,132,892,303 /tahun
<b>Asuransi Kapal</b>	=	1,5% dari harga kapal	
	=	Rp	1,066,446,151 /tahun
<b>Supplies Crew</b>	=	Rp	75,000.00 /orang/hari
	=	Rp	1,485,000,000.00 /tahun
<b>Dokumen &amp; Administrasi</b>	=	Rp	5,000,000.00 /trip
	=	Rp	9,870,000,000.00
<b>Total Opersional Cost</b>	=	Rp	<b>62,794,338,453.77 /tahun</b>

No	Jumlah	Jabatan	Gaji/bulan
1	1	Master/Captain	Rp 12,500,000.00
2	1	Chief Engineer	Rp 10,000,000.00
3	1	Second Engineer	Rp 7,500,000.00
4	1	Third Engineer	Rp 5,500,000.00
5	1	Chief Officer	Rp 10,000,000.00
6	1	Second Officer	Rp 5,500,000.00
7	1	Third Officer	Rp 4,500,000.00
8	1	A/B 1	Rp 3,500,000.00
9	1	A/B 2	Rp 3,500,000.00
10	1	Oilman	Rp 4,500,000.00
<b>Total</b>	<b>10</b>		<b>Rp 67,000,000.00</b>

CARGO HANDLING COST:

Tarif Bongkar muat	=	Rp	5,650 /ton
>> Muat	=	Rp	24,434,827,065
<b>CHC</b>	=	Rp	<b>24,434,827,065 /tahun</b>

PENALTY COST

Muatan Lebih	=		130.1262802
Penalty Cost	=	Rp	750,000.00
<b>Total Penalty Cost</b>	=	Rp	<b>97,594,710.16</b>