TUGAS AKHIR – MS141501

MODEL TRANSPORTASI POME (*PALM OIL MILL EFFLUENT*) : STUDI KASUS PABRIK PENGOLAHAN KELAPA SAWIT – PLTBG, RIAU

NUR KHUMAIDAH
NRP. 4412 100 034

DOSEN PEMBIMBING
EKA WAHYU ARDHI, S.T., M.T.
HASAN IQBAL NUR, S.T., M.T.

JURUSAN TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

FINAL PROJECT – MS141501

TRANSPORTATION MODEL OF POME (PALM OIL MILL EFFLUENT) : CASE TUDY PALM OIL MANUFACTURE – PALM BIOGAS POWER PLANT, RIAU

NUR KHUMAIDAH
N.R.P. 4412 100 034

DOSEN PEMBIMBING
EKA WAHYU ARDHI, S.T., M.T.
HASAN IQBAL NUR, S.T., M.T.

MARINE TRANSPORTATION DEPARTMENT
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

LEMBAR PENGESAHAN

MODEL TRANSPORTASI POME (*PALM OIL MILL EFFLUENT*) : STUDI KASUS PABRIK PENGOLAHAN KELAPA SAWIT – PLTBG, RIAU

TUGAS AKHIR

Oleh:

NUR KHUMAIDAH
4412 100 034

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

Dosen Pembimbing I	**Dosen Pembimbing II**
Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.	**Hasan Iqbal Nur, S.T., M.T.**
NIP. 19790525 2014041 001	**NIP. 19900104 2015041 002**

SURABAYA, JULI 2016

LEMBAR REVISI

MODEL TRANSPORTASI POME (*PALM OIL MILL EFFLUENT*) : STUDI KASUS PABRIK PENGOLAHAN KELAPA SAWIT – PLTBG, RIAU

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 23 Juni 2016

Jurusan Transportasi Laut
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

NUR KHUMAIDAH
4412 100 034

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. **Dr. Ing. Setyo Nugroho** .....
2. **Ferdhi Zulkarnaen, S.T., M.Sc.** .....
3. **Pratiwi Wuryaningrum, S.T., M.T.** .....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. **Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.** .....
2. **Hasan Iqbal Nur, S.T., M.T** .....

SURABAYA, JULI 2016

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 **Model Transportasi POME (*Palm Oil Mill Effluent*)** ini dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak **Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.** dan **Hasan Iqbal Nur, S.T., M.T.** selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis, yang dengan sabar telah memberikan bimbingan, ilmu dan arahan dalam menyelesaikan tugas perencanaan transportasi ini. Selain itu penulis juga ingin mengucapkan terimah kasih kepada:

1. Orang tua tercinta (Ibu, Ayah dan Bapak), terimakasih atas dukungan dan doâ yang selalu mengalir tiada henti serta motivasinya selama ini.
2. Bapak Firmanto Hadi, S.T.,M.Sc. selaku dosen Jurusan Transportasi Laut atas saran dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama masa perkuliahan.
3. Seluruh keluarga besar yang telah memberikan semangat dan doa bagi penulis selama masa perkuliahan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember ITS Surabaya.
4. Bagus Chandra Mahardhika, yang selama ini telah banyak membantu dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Teman ï teman Seatrans 2012 (T10) dan Forecastle (P52) yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
6. Semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat, serta tidak lupa penulis memohon maaf apabila terdapat kekurangan dalam laporan ini.

Surabaya, 18 Juli 2016

Penulis

MODEL TRANSPORTASI POME (*PALM OIL MILL EFFLUENT*) : STUDI KASUS PABRIK PENGOLAHAN KELAPA SAWIT ï PLTBG, RIAU

Nama Mahasiswa	:	Nur Khumaidah
NRP	:	4412 100 034
Jurusan / Fakultas	:	Transportasi Laut / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing	:	1. Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.
		2. Hasan Iqbal Nur, S.T., M.T.

ABSTRAK

Dalam pemenuhan 78% kebutuhan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBG) Tandun, pasokan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dikirim dari Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Tanah Putih dan PKS Sei Pagar menuju PKS Sei Buatan sebagai pelabuhan tujuan melalui sungai. *Supply* dari masing ï masing PKS adalah 60.000 Ton/Tahun, dan 30.000 Ton/Tahun. Tujuan penelitian ini yaitu memberikan rekomendasi terkait rute, jenis kapal dan ukuran kapal paling optimum, analisis investasinya serta melakukan perbandingan antar moda menggunakan metode optimasi dengan batasan kondisi *existing* pada studi kasus dan kriteria minimum *total cost*. Hasil analisis menunjukkan bahwa untuk pengiriman POME rute yang optimum adalah *port to port* dengan menggunakan 1 unit kapal SPOB berkapasitas 1.500 ton untuk masing ï masing ruas. Jenis kapal yang optimum adalah *Self Propelled Oil Barge* (SPOB) jika dibandingkan dengan *Self Propelled Container Barge* (SPCB) dan *Landing Craft Tank* (LCT) dan Truk Tangki berkapasitas 8 ton. Didapatkan *total cost* untuk pengadaan kapal yaitu sebesar Rp 8.035 juta. Jumlah POME yang terkirim dapat menghasilkan daya listrik sebesar 9 juta kWh. Total pendapatan hasil penjualan listrik dan penghematan biaya listrik pabrik yaitu sebesar Rp 8.775 juta, sehingga menghasilkan *gross profit* sebesar Rp 739 juta.

Kata Kunci : *Model Transportasi, Palm Oil Mill Effluent, Pembangkit Listrik Tenaga Biogas*

TRANSPORTATION MODEL OF POME (*PALM OIL MILL EFFLUENT*) : CASE STUDY PALM OIL MANUFACTURE ï PALM BIOGAS POWER PLANT, RIAU

Author	:	Nur Khumaidah
ID No.	:	4412100034
Dept / Faculty	:	Marine Transportation / Marine Technology
Supervisors	:	1. Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.
		2. Hasan Iqbal Nur, S.T., M.T.

ABSTRACT

In order to fulfill 78% demand in a biogas powerplant in Riau named PLTBG Tandun, 90.000 tons *Palm Oil Mill Effluent* (POME) are suplied by Palm Oil Manufucturer (PKS) Tanah Putih and PKS Sei Pagar to PKS Sei Buatan as a hub port through inland waterways. Supply of each manufacture are 60.000 tons/year and 30.000 tons/year. The purpose of this research is giving a best recommendation about the optimum route, type of ship and ship sizes, investation analysis and vehicle comparation with optimization method subject to all the constraint and existing condition in order to reach minimum total cost. The optimization result show that to distribute POME the optimum route is port to port using 1 unit of SPOB with capacity 1.500 tons in every route alternative. The best type of ship is Self Propelled Oil Barge (SPOB) if its compared with Self Propelled Container Barge (SPCB) dan Landing Craft Tank (LCT). The minimum total cost that can be reach is around Rp 8.035 million. With 90.000 tons POME, the biogas powerplant can produce electricity 9 million kWh. The total revenue from selling 6 million kWh and not buying 3 million kWh is around Rp 8.775 million, so the *gross profit* is around Rp 739 million.

Key Word : *Transportation Model, Palm Oil Mill Effluent, Biogas Power Plant*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN iv
KATA PENGANTAR v
ABSTRAK vii
ABSTRACT viii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xiii
BAB 1. PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Perumusan Masalah 2
1.3. Tujuan Penelitian 2
1.4. Manfaat Penelitian 2
1.5. Batasan Masalah 2
1.6. Hipotesis 3
1.7. Sistematika Penulisan 3
BAB 2. STUDI LITERATUR 5
2.1. Dasar Teori 5
2.1.1. Riset Operasi 5
2.1.2. *Conceptual Design* 5
2.1.3. Kapal Yang Digunakan Pada Model (SPOB, SPCB, LCT) 6
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN 8
3.1. Diagram Alir Penelitian 9
3.1.1. Tahap Identifikasi Permasalahan 9
3.1.2. Tahap Analisis Kondisi Existing 9
3.1.3. Tahap Analisis dan Pembahasan 10
3.1.4. Kesimpulan dan Saran 10
3.2. Model Perhitungan 10
3.2.1. Model Matematis 12
BAB 4. GAMBARAN UMUM 15

4.1. *Palm Oil Mill Effluent* (POME) 15
4.2. Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBG) 16
4.3. Kondisi *Existing* 18
BAB 5. MODEL OPTIMASI 23
5.1. Perhitungan *Supply* dan *Demand* 23
5.2. Penentuan Alternatif Rute dan Kapal 24
5.3. Model Optimasi 27
5.3.1. Regresi Kapal Pembanding 27
5.3.2. *Time Charter Hire* 41
5.3.3. *Port Charges* 44
5.3.4. *Voyage Cost* 46
BAB 6. HASIL DAN PEMBAHASAN 47
6.1. Hasil Optimasi 47
6.2. Desain Konseptual KapalS 56
6.2.1. *Lines Plan* 56
6.2.2. *General Arrangement* 57
6.2.3. Analisis Investasi 59
BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN 61
7.1. Kesimpulan 61
7.2. Saran 62
DAFTAR PUSTAKA 63

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1. *Spiral Design* 6
Gambar II. 2. *General Arrangement* Kapal SPOB 7

Gambar III. 1. Diagram Alir Penelitian 9
Gambar III. 2. Diagram Alir Perhitungan 11

Gambar IV. 1. Peta Lokasi Pabrik Kelapa Sawit Milik PTPN V 19
Gambar IV. 2. Peta Sungai Riau 19
Gambar IV. 3. PLTBG Tandun 21
Gambar IV. 4. Proses Pengolahan Sawit di Pabrik Kelapa Sawit 21

Gambar V. 1. Peta Rute Pelayaran 25
Gambar V. 2. Alternatif Rute 25
Gambar V. 3. Kecepatan Bongkar Muat 26
Gambar V. 4 Ukuran ISO Tank 26
Gambar V. 5. ISO Liquid Tank 27
Gambar V. 6. Regresi DWT ï T (SPOB) 29
Gambar V. 7. Regresi DWT ï H (SPOB) 30
Gambar V. 8. Regresi DWT ï B (SPOB) 30
Gambar V. 9. Regresi DWT ï LPP (SPOB) 31
Gambar V. 10. Regresi DWT ï GT (SPOB) 31
Gambar V. 11. Regresi DWT ï B (SPCB) 33
Gambar V. 12. Regresi DWT ï LPP (SPCB) 33
Gambar V. 13. Regresi DWT ï H (SPCB) 34
Gambar V. 14. Regresi DWT ï GT (SPCB) 34
Gambar V. 15. Regresi DWT ï T (SPCB) 35
Gambar V. 16. Regresi DWT ï LPP (LCT) 36
Gambar V. 17. Regresi DWT ï B (LCT) 36

Gambar V. 18. Regresi DWT ï H (LCT) 37
Gambar V. 19. Regresi DWT ï GT (LCT)..... 37
Gambar V. 20. Regresi DWT ï T (LCT) 38
Gambar V. 21. Perhitungan *Time Charter Rate* via *Online* 41
Gambar V. 22. Regresi TCR (SPOB)..... 42
Gambar V. 23. Regresi TCR (SPCB)..... 43
Gambar V. 24. Regresi TCR (LCT) 44

Gambar VI. 1. Rute A1..... 47
Gambar VI. 2. Rute A2..... 48
Gambar VI. 3. Rute B..... 49
Gambar VI. 4. Grafik Perbandingan Biaya Antar Moda (Rp/Km) ï Rute A1..... 54
Gambar VI. 5. Grafik Perbandingan Biaya Antar Moda (Rp/Km) ï Rute A2..... 54
Gambar VI. 6. Grafik Perbandingan Antar Moda (Rp/Ton) ï Rute A1..... 55
Gambar VI. 7. Grafik Perbandingan Antar Moda (Rp/Ton) ï Rute A2..... 55
Gambar VI. 8. *Lines Plan*..... 57
Gambar VI. 9. *General Arrangement*..... 59

DAFTAR TABEL

Tabel IV. 1. Baku Mutu Limbah Cair Kelapa Sawit 16
Tabel IV. 2. Daftar Pabrik Kelapa Sawit Milik PTPN V 18
Tabel IV. 3. Data Sungai 20
Tabel IV. 4. Konversi Energi 22

Tabel V. 1. Perhitungan *Supply* 23
Tabel V. 2. Jarak Pelabuhan (Nm) 26
Tabel V. 3. Data Kapal Pembanding SPOB 28
Tabel V. 4. Data GT Kapal Pembanding 31
Tabel V. 5. Hasil Regresi SPOB 32
Tabel V. 6. Data Kapal Pembanding SPCB 32
Tabel V. 7. Hasil Regresi SPCB 35
Tabel V. 8. Data Kapal Pembanding LCT 35
Tabel V. 9. Hasil Regresi LCT 38
Tabel V. 10. Batasan Ukuran Utama Kapal 40
Tabel V. 12. Batasan Perbandingan Ukuran Utama Kapal 41
Tabel V. 13. Data Time Charter Rate Kapal SPOB 42
Tabel V. 14. Data Time Charter Rate Kapal SPCB 43
Tabel V. 15. Data Time Charter Rate Kapal LCT 43
Tabel V. 16. Tarif Pelabuhan Dumai 45

Tabel VI. 1. Hasil Optimasi 49
Tabel VI. 2. Perhitungan Moda Transportasi Darat (Rute A1) 50
Tabel VI. 3. Perhitungan Biaya Darat (Rute A1) 51
Tabel VI. 4. Perhitungan Moda Transportasi Darat (Rute A2) 51
Tabel VI. 5. Perhitungan Biaya Darat (Rute A2) 52
Tabel VI. 6. Ukuran Utama Kapal Hasil Optimasi 56
Tabel VI. 7. Ukuran Utama Koreksi 56

Tabel VI. 8. Perhitungan Investasi 59

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri kelapa sawit di Indonesia tahun ini diprediksi akan meningkat. Indonesia masuk dalam tiga negara pengekspor minyak kelapa sawit terbesar di dunia bersama Brunei Darussalam dan Malaysia. Hampir seluruh wilayah di Indonesia memiliki perkebunan kelapa sawit. Akan tetapi penghasil minyak kelapa sawit terbesar di Indonesia adalah Sumatera dan Kalimantan.

Peningkatan jumlah pabrik pengolahan kelapa sawit memiliki dampak positif maupun negatif. Selain produksi minyak kelapa sawit yang meningkat, limbah yang dihasilkan dari pengolahan kelapa sawit pun ikut meningkat. Limbah minyak kelapa sawit dikategorikan menjadi dua, yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah cair hasil pengolahan kelapa sawit ini lah yang disebut POME (*Palm Oil Mill Effluent*). POME bukan kategori limbah beracun, akan tetapi kandungan gas metana yang dihasilkan limbah ini menyebabkan emisi gas rumah kaca.

Penelitian mengenai POME ini sudah banyak di dunia. Dari hasil penelitian gas metana yang dikeluarkan dari limbah tersebut ternyata jika diproses dengan benar akan menghasilkan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang dapat dikonversikan menjadi listrik. Melalui beberapa tahapan proses pemurnian gas metana tersebut akan menjadi sumber energi terbarukan yang menghasilkan listrik.

Hasil penelitian tersebut mengilhami dibangunnya PLTBG atau Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Sawit yang ada di Sumatera Utara, Riau dan Jambi. Sampai saat ini sudah terbangun 5 PLTBG di Sumatera, 2 diantaranya di Riau. PLTBG tersebut dibangun oleh PT. Asian Agri Group yang merupakan perusahaan swasta. PTPN V Pekanbaru juga telah membangun beberapa PLTBG. Isu mengenai rencana pemanfaatan limbah cair dari kelapa sawit ini akan diterapkan di Indonesia tahun 2018 mendatang.

Riau memilihi beberapa pulau dan perkebunan sawit serta pabrik pengolahannya pun banyak tersebar di pulau-pulau. Hal tesebut melatarbelakangi penulis untuk membuat model transportasi untuk pengangkutan limbah cair kelapa sawit dari pabrik pengolahan menuju Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Sawit.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka beberapa permasalahan yang dapat dikaji adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi existing transportasi pengangkut POME (*Palm Oil Mill Effluent*) di PLTBG Riau?
2. Bagaimana rute operasi kapal yang optimum untuk pengangkutan POME (*Palm Oil Mill Effluent*) dari PKS ke PLTBG Riau?
3. Bagaimana desain konseptual kapal yang optimum untuk pengangkutan POME *(Palm Oil Mill Effluent*) dari PKS ke PLTBG Riau?
4. Bagaimana nilai investasi dari model transpotasi tersebut?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Mengetahui kondisi existing transportasi pengangkut POME (*Palm Oil Mill Effluent*) di PLTBG Riau.
2. Mengetahui rute operasi kapal yang optimum untuk pengangkutan POME (*Palm Oil Mill Effluent*) dari PKS ke PLTBG Riau.
3. Mengetahui desain konseptual kapal yang optimum untuk pengangkutan POME (*Palm Oil Mill Effluent*) dari PKS ke PLTBG Riau.
4. Mengetahui nilai investasi dari model transportasi terpilih.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana model transportasi pengangkutan POME (*Palm Oil Mill Effluent*) yang tepat dari Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit menuju PLTBG.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas perencanaan transportasi ini adalah sebagai berikut:

1. Pabrik yang menjadi studi kasus disini adalah pabrik yang terletak di tepi sungai dan laut di Riau
2. Moda transportasi yang digunakan untuk jalur darat adalah pipa dan truk tangki.
3. Opsi jenis kapal yang digunakan yaitu SPOB, SPCB dan LCT.

1.6. Hipotesis

Sungai Kampar adalah satu-satunya sungai yang terbesar di Riau dan dapat dilewati kapal. Sungai Kampar bercabang menjadi dua di wilayah Kabupaten Pelalawan. Sungai Kampar bermuara di Selat Malaka dengan kedalaman 7,7 meter. Dengan adanya keterbatasan kedalaman maka kapal-kapal yang digunakan relatif lebih kecil. Alat bongkar muat yang nantinya dapat digunakan adalah pipa karena limbah berupa cairan.

1.7. Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini terdiri atas lima bab dan diharapkan dapat menjelaskan secara jelas dan menyeluruh mengenai **MODEL TRANSPORTASI POME *(PALM OIL MILL EFFLUENT*) : STUDI KASUS PABRIK PENGOLAHAN KELAPA SAWIT ï PLTBG, RIAU**.

BAB 1 : Pendahuluan terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB 2 : Studi Literatur terdiri dari dasar teori tentang riset operasi, spiral desain, minyak kelapa sawit dan pembangkit listrik tenaga biogas, serta tinjauan pustaka mengenai kapal pengangkut limbah.

BAB 3 : Metodologi penelitian dan deskripsi setiap langkah dalam pengerjaan tugas akhir ini

BAB 4 : Gambara umum berisikan kondisi existing dan data yang didapatkan pada saat survey.

BAB 5 : Data dan model optimasi untuk pencarian payload optimal dan rute optimal.

BAB 6 : Hasil optimasi dan pembahasannya serta desain konseptual kapal beserta analisis investasinya.

BAB 7 : Kesimpulan dan saran terdiri dari kesimpulan model transportasi yang optimum serta analisis investasi yang telah dilakukan.

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

BAB 2. STUDI LITERATUR

2.1. Dasar Teori

2.1.1. Riset Operasi

Riset Operasi berusaha menetapkan arah tindakan terbaik (optimum) dari sebuah masalah keputusan di bawah pembatasan sumber daya yang terbatas. Istilah riset operasi sering kali diasosiasikan hampir secara eksklusif dengan penggunaan teknik-teknik matematis untuk membuat model dan menganalisis masalah keputusan. Proses pengambilan keputusan dalam riset operasi terdiri dari pengembangan sebuah model keputusan lalu memecahkannya untuk menentukan keputusan optimum. Model didefinisikan sebagai sebuah fungsi tujuan (*objective function*) dengan batasan-batasan (*constraint*) yang diekspresikan dalam bentuk variabel keputusan (*decision variable*) dari masalah tersebut.

Tahap-tahap utama yang harus dilakukan untuk melakukan studi riset operasi adalah sebagai berikut.

1. Pendifinisian masalah
2. Pengembangan model
3. Pemecahan model
4. Pengujian keabsahan model
5. Implementasi hasil akhir

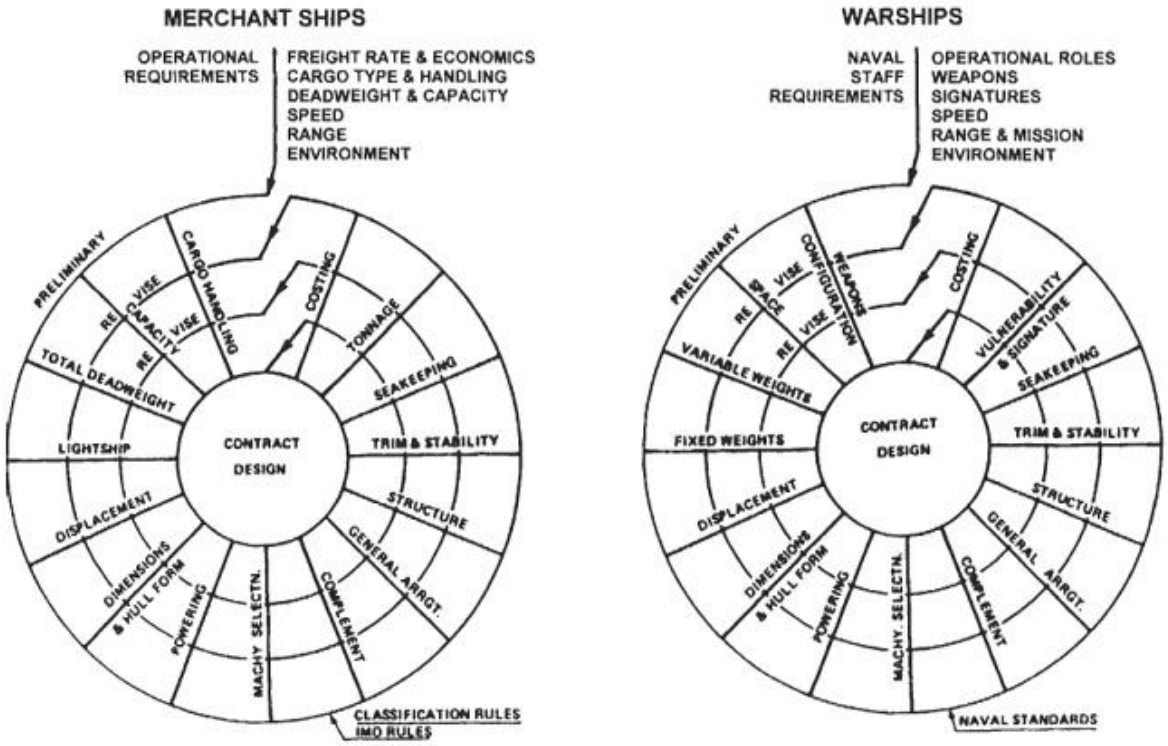
Kelima tahap tersebut lah yang nantinya akan dilakukan oleh penulis untuk menyelesaikan permasalahan penelitian tugas akhir ini.

2.1.2. *Conceptual Design*

Spiral design adalah sebuah konsep atau metodologi *design* dalam pembangunan kapal dimana semua variabel terkait satu sama lain yang digunakan untuk menciptakan sebuah konsep desain yang efektif dan efisien. Masing-masing tipe kapal memiliki acuan konsep desain yang berbeda-beda. Dalam tahapan *spiral design* ada beberapa tahapan yaitu *primary design, pleminary design, detail design* dan *contact design.*

Konsep desain ini yang nantinya akan digunakan oleh penulis untuk merancang desain kapal yang sesuai untuk studi kasus ini. Berikut ini adalah sedikit gambaran mengenai spiral

design.



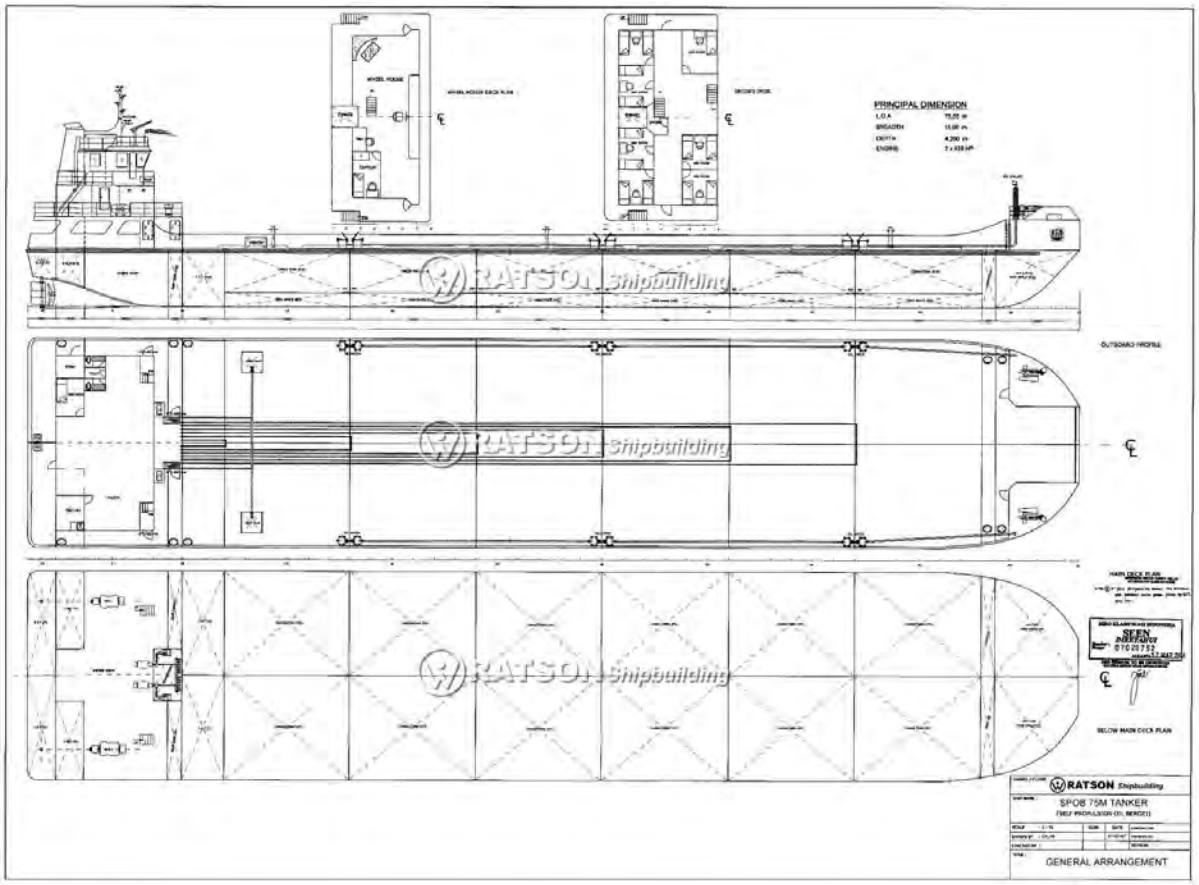
Gambar II. 1. *Spiral Design*

2.1.3. Kapal Yang Digunakan Pada Model (SPOB, SPCB, LCT)

a) Kapal SPOB (*Self Propelled Oil Barge*)

Kapal *self propelled oil barge* (SPOB) merupakan *barge* yang khusus direncanakan untuk membawa minyak. Kapal *self propelled oil barge* (SPOB) ini dirangcang dengan beberapa bentuk yang berbeda. Biasanya kapal SPOB yang dirancang dengan bentuk haluan yang lebih mendatar sehingga pada kapal ini mengalami kesulitan dalam bermaneuver dan gaya hambat dari gelombang laut sangat kuat sehingga tidak bisa penempuh kecepatan yang maksimal. Dan ada juga kapal SPOB dirancang dengan bentuk haluan yang lancip.

Kapal ini dimasukkan sebagai salah satu kapal yang nantinya digunakan untuk pengangkutan POME dikarenakan karakteristiknya yaitu dapat mengangkut muatan cair dan tergolong kapal dengan sarat yang rendah yang dapat melintasi sungai.



Gambar II. 2. *General Arrangement* Kapal SPOB

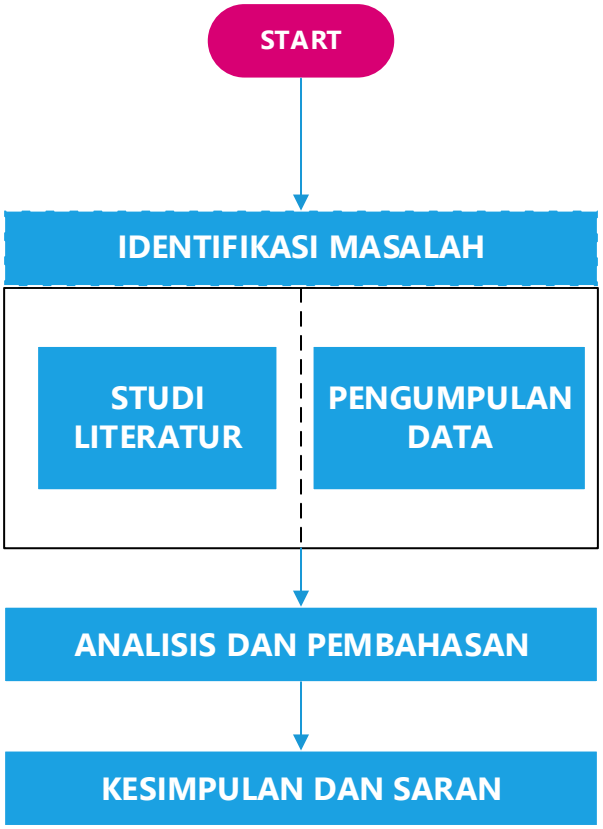
Sumber : Website Ratson Shipbuilding

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian pada tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar III. 1. Diagram Alir Penelitian

Berikut Penjelasan untuk masing-masing tahapan penelitian dalam tugas akhir ini sesuai dengan diagram alir diatas:

3.1.1. Tahap Identifikasi Permasalahan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi mengenai permasalahan yang melatarbelakangi penelitian dalam tugas akhir ini.

3.1.2. Tahap Analisis Kondisi Existing

Pada tahap ini akan dilakukan penjabaran mengenai kondisi objek pengamatan dalam hal ini adalah proses pengolahan buah kelapa sawit yang menghasilkan limbah cair, volume limbah cair yang dihasilkan, pemanfaatn limbah cair, armada kapal pengangkut muatan cair,

dan kondisi perairan. Sebelum dilakukan analisis kondisi eksisting terlebih dahulu dilakukan tahapan sebagai berikut:

A. Tahap Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang terkait dengan permasalahan pada tugas akhir ini. Materi yang dijadikan sebagai bahan tinjauan pustaka atau referensi sebagian besar berasal dari artikel dan sebagaian besar lainnya merupakan teori dasar seperti perhitungan komponen biaya logistik, biaya transportasi laut, biaya kepelabuhanan, penanganan muatan cair dan lain sebagainya.

B. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini akan dilakukan pengumpulan data yang dapat digunakan sebagai bahan analisis dalam penelitian, metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode pengumpulan data secara tidak langsung (sekunder). Data sekunder diperoleh dari data perusahaan maupun pabrik yang telah disurvey.

3.1.3. Tahap Analisis dan Pembahasan

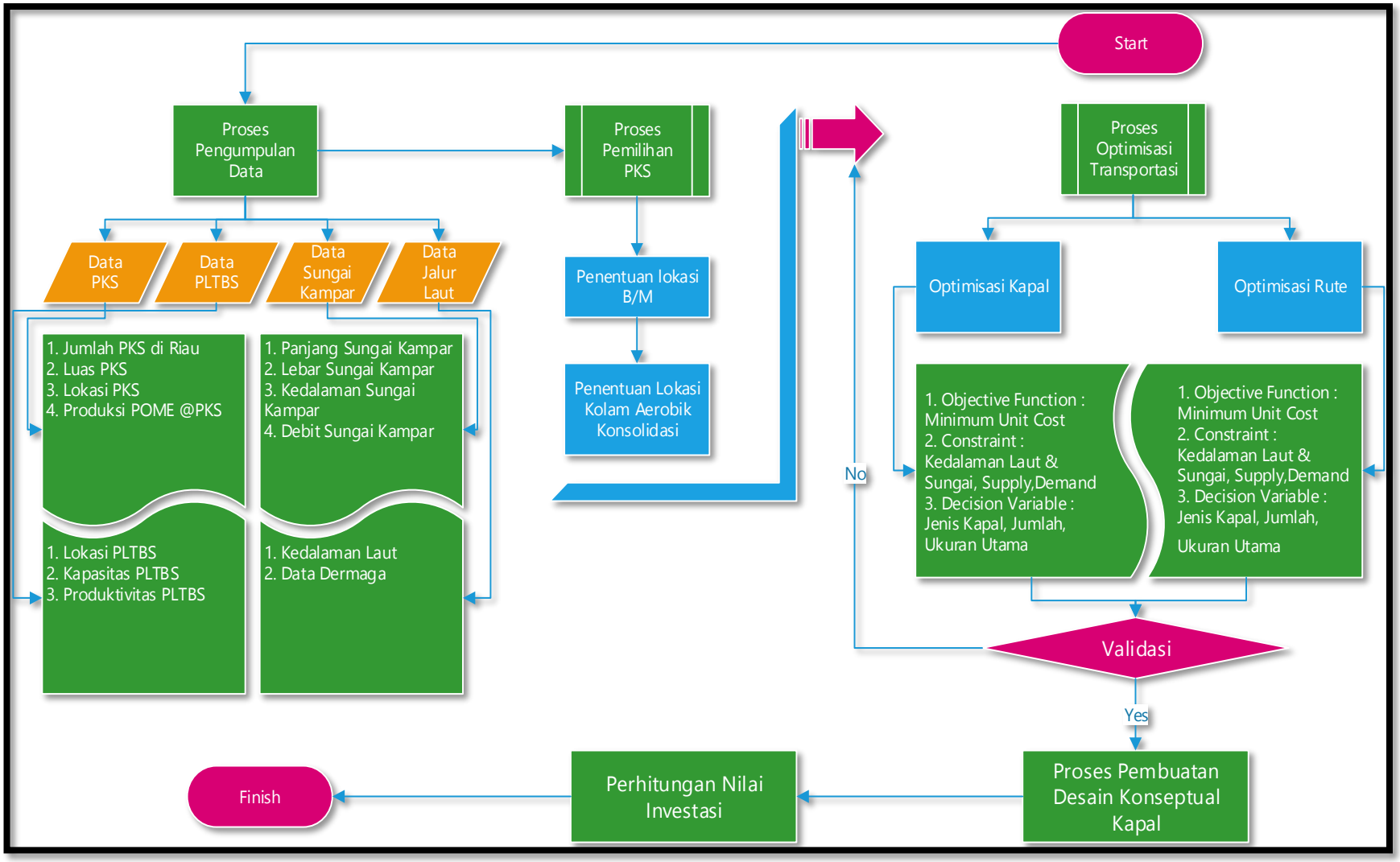
Pada tahap ini akan dilakukan analisis pendistribusian limbah serta rekomendasi yang paling optimum ditinjau dari segi ukuran kapal yang akan dioperasikan beserta rute pelayarannya. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai investasi pada model tersebut.

3.1.4. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini hasil analisis dan pembahasan akan diringkas sehingga didapatkan kesimpulan penelitian, rekomendasi dan saran baik untuk pengembangan penelitian maupun untuk pengangkutan limbah cair kelapa sawit khususnya di daerah Riau.

3.2. Model Perhitungan

Model perhitungan dalam pengerjaan penelitian ini, secara garis besar dibuat dalam beberapa tahapan sebagai berikut :



Gambar III. 2. Diagram Alir Perhitungan

3.2.1. Model Matematis

a. Objective Function

$$\text{Minimum TC} = \sum_{i=1}^{3} TC_i . X_i$$

Dimana,

TCi = Total *cost* kapal,

$TC_i = RT_i \, . VC_i + N_i \, . FC_i$

VCi = *Voyage cost* kapal,

$VC_1 = FOC_1 + PC_1$

$VC_2 = FOC_2 + PC_2 + ISO_2$

$VC_3 = FOC_3 + PC_3 + ISO_3$

FCi = Biaya tetap kapal selama 1 tahun (*time charter hire*),

PC_1 = Biaya jasa pelayanan kepelabuhan,

ISO_i = Biaya sewa ISO Tank (Peti kemas),

N_i= Jumlah kapal yang dibutuhkan

RT_i = Jumlah roundtrip kapal,

X_i = *binary* ; 0 atau 1

; i = 1, 2, 3 (1=SPOB, 2=SPCB, 3=LCT)

b. Decision Variable

P_i= Payload kapal i,

; i = 1, 2, 3 (1=SPOB, 2=SPCB, 3=LCT)

c. Constraint

$$\sum_{i=1}^{3} X_i = 1$$

DWTi =110%.Pi

; i = 1, 2, 3 (1=SPOB, 2=SPCB, 3=LCT)

- Rute A1

  500 ÒDWT1 Ò1650

  500 ÒDWT2 Ò1650

  500 ÒDWT3 Ò1300

- Rute A2

  500 ÒDWT1 Ò1650

  500 ÒDWT2 Ò1650

  500 ÒDWT3 Ò1300

- Rute B

  500 ÒDWT1 Ò1650

  500 ÒDWT2 Ò1650

  500 ÒDWT3 Ò1300

- Batasan Ukuran Utama Kapal
  - LOAi

    LOAi =110%*LPPi

    LPP1 = 0,0149.DWT1 + 33,81

    LPP2 = 0,0101.DWT2 + 37,145

    LPP3 = 0,019.DWT3 + 37,581
  - Bi

    B1 = 0,0023.DWT1 + 9,2732

    B2 = 0,0025.DWT2 + 9,0081

    B3 = 0,0026.DWT3 + 9,7316
  - Ti

    T1 = 0,0005.DWT1 + 2,9446

    T2 = 0,0005.DWT2 + 1,5445

    T3 = 0,0011.DWT3 + 1,5936
- Bi <= Bmaks

  LOAi <= LOAmaks

  Ti <= Tmaks

Dimana,

DWT = *Deadweight* kapal

Bmaks = Lebar maksimum kapal (Tabel V.10)

LOAmaks = Panjang total kapal maksimum (Tabel V.10)

Tmaks = Sarat kapal maksimum (Tabel V.10)

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

BAB 4. GAMBARAN UMUM

4.1. *Palm Oil Mill Effluent* (POME)

Kelapa sawit memiliki nama ilmiah *Elaeis guineensis* berasal dari Afrika Barat. Tanaman ini merupakan spesies tropis akan tetapi kini tumbuh sebagai hibrida. Kelapa sawit juga tumbuh di Amerikan dan Asia Tenggara. Minyak yang dihasilkan dari buah kelapa sawit adalah sumber bahan baku bakar nabati. Penggunaan minyak kelapa sawit untuk berbagai macam kebutuhan sehari-hari misal minyak goreng, sabun, dan juga produk-produk kosmetik.

Kelapa sawit memiliki buah dengan hasil produksi lebih banyak dibandingkan bijih minyak lainnya. Buah sawit terdiri dari dua macam saat dipanen yaitu Tandan Buah Segar (TBS) dan buah berondolan.

Tandan Buah Segar dengan mutu yang baik akan menghasilkan :

- Minyak sebanyak 20% - 25%
- Kernel sebanyak 4% - 6%
- Tandan kosong sebanyak 20% - 22%
- Serat sebanyak 12% - 14%

Sedangkan buah berondolan akan menghasilkan :

- Minyak sebanyak 30% - 34%
- Biji sebanyak 15% - 17%
- Serat sebanyak 14% - 30%
- Sampah sebanyak 2% - 10%

Biasanya untuk harga buah berondolan lebih tinggi Rp 100,- dibandingkan harga TBS. (Fricke, 2009)

Hasil pengolahan dari TBS (Tandan Buah Segar) dan buah berondolan di pabrik akan menghasilkan minyak kelapa sawit dan juga limbah dari pengolahan tersebut. Limbah pengolahan terdapat 2 macam yaitu limbah padat dan limbah cair.

POME merupakan limbah cair dari pengolahan minyak kelapa sawit. POME (*Palm Oil Mill Effluent*) termasuk jenis limbah minyak yang tidak beracun. Meskipun tergolong tidak beracun jika tidak diolah dengan dibiarkan menggenang di kolam, POME *(Palm Oil Mill Effluent*) akan mengeluarkan gas metana dan gas berbahaya lainnya yang menyebabkan emisi gas rumah kaca.

Semakin luasnya area perkebunan kelapa sawit membuat POME (*Palm Oil Mill Effluent*) yang dihasilkan dari pengolahan kelapa sawit pun ikut meningkat. Untuk mengurangi dampak negatif yang dihasilkan dari pabrik pengolahan kelapa sawit maka perlu dilakukan pengendalian dengan baik. Salah satu upaya yang dilakukan oleh pemerintah adalah dengan menetapkan standart baku mutu air limbah yang terdiri dari beberapa parameter yaitu total Nitrogen dan Amoniak. Batas maksimum dari totak Nitrogen yaitu 50 mg/l dan amoniak 20 mg/l.

Proses pengolahan kelapa sawit menghasilkan sejumlah limbah cair sebesar 55% - 67% yang dapat mencemari air karena mengandung BOD (*Biological Oxygen Demand*). Untuk mengurangi BOD yang ada pada POME (*Palm Oil Mill Effluent*) perlu dilakukan pemrosesan. Setelah dilakukan penelitian ternyata selain mengandung BOD, POME *(Palm Oil Mill Effluent*) juga mengandung COD (*Chemical Oxygen Demand*) dimana bisa dikonversikan menjadi listrik. (Indonesia, 2015)

Air limbah buangan pabrik pengolahan kelapa sawit dituntut untuk diolah supaya memenuhi standart atau norma yang ditentukan oleh pemerintah. Setiap industri memiliki standart baku mutu limbah yang berbeda-beda. Baku mutu limbah pabrik kelapa sawit dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel IV. 1. Baku Mutu Limbah Cair Kelapa Sawit

DEBIT LIMBAH MAKSIMAL	6 Mį / TON PRODUKSI	
PARAMETER	KADAR MAKSIMAL	BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM
B O D	250 mg / 1	1.5 kg / Ton
C O D	500 mg / 1	3,0 kg / Ton
Total padatan tersuspensi	300 mg / 1	1,8 kg / Ton
Minyak dan Lemak	30 mg / 1	0,18 kg /Ton
NH_3 ï N (amoniac total)	20 mg / 1	0,12 kg /Ton
pH	6 ï 9	-

Sumber : SK Menteri Negara KLH No: Kep ï 03 / Men KLH / 1991

4.2. Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBG)

Biogas merupakan salah satu jenis energi terbarukan. Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik, termasuk

diantaranya limbah domestik (rumah tangga), sampah *biodegradable* atau setiap limbah organik yang biodegradable dalam kondisi anaerobik. Kandungan utama biogas adalah metana dan karbon dioksida.

Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Sawit atau yang disingkat PLTBG menggunakan gas metana sebagai bahan bakarnya. Gas metana tersebut didawpat dari pengolahan limbah cair atau *Palm Oil Mill Effluent* (POME). Limbah cair kelapa sawit sisa hasil pengolahan dari PKS ditampung di *homogenization pond*. Kolam ini dilengkapi dengan filter mekanis yang berfungsi untuk mengurangi jumlah limbah padat (serat, sampah, dll) dan juga dengan agitator untuk menghomogenisasi atau menyetarakan kualitas POME sebelum masuk ke dalam reaktor. Kolam ini juga berfungsi untuk mengurangi suhu POME tersebut menjadi dibawah 500C. Sebelum dialirkan menuju *anaerobic capped pond* (kolam reaktor dengan membran HDPE yang dilengkapi fasilitas untuk mencampur, menangkap dan menekan biogas yang memiliki volume sekitar 27.000 m3), POME harus dimonitor dan dikontrol di POME *feeder and sludge handling station* untuk memastikan kualitas POME sebelum feeding sehingga mengoptimalkan produksi biogas dari reaktor. Biogas yang terdapat dalam kolam reaktor akan dimonitor dan dikontrol oleh *mixing and flare station*, sehinggan bila terdapat biogas yang berlebih akan dibawa ke *flare* untuk dibakar. (Butar-Butar, 2013)

Sebuah penelitian mengenai yang bertujuan untuk menghitung potensi energi listrik berbasis renewable energy khususnya limbah biomassa kelapa sawit yang berupa tandan kosong, cangkang dan serat dari pabrik kelapa sawit milik PTPN V di provinsi Riau.untuk memenuhi kebutuhan energi listrik alternatif di provinsi Riau yang nantinya akan bekerjasama dengan PT PLN hingga tahun 2021 mendatang. Berikut ini adalah proyeksi kebutuhan listrik provinsi Riau.

No	Tahun	Sales (GWh)	Produksi (Gwh)	Beban Puncak (MW)	Pelanggan
1	2012	2701	3035	501	837.833
2	2013	2973	3262	537	89.984
3	2014	3274	3562	585	974.247
4	2015	3600	3906	640	1.083.435
5	2016	3965	4294	701	1.140.423
6	2017	4371	4729	770	1.227.423
7	2018	4820	5209	846	1.314.423
8	2019	5322	5745	930	1.401.423
9	2020	5883	6344	1024	1.488.423
10	2021	6495	6987	1112	1.575.423

Sumber : RUPTL PT.PLN (Persero) 2011 ï 2020 Hal 171

4.3. Kondisi *Existing*

Tugas akhir ini mengambil studi kasus yaitu pabrik pengolahan kelapa sawit milik PT Perkebunan Nusantara V (PTPN V) di provinsi Riau. PTPN V memiliki 12 unit pabrik pengolahan kelapa sawit (PKS) yang tersebar di 4 kabupaten di provinsi Riau. Total kapasitas produksi PKS yaitu 570 Ton/Jam.

Tabel IV. 2. Daftar Pabrik Kelapa Sawit Milik PTPN V

No.	Kabupaten/Lokasi	Pabrik Kelapa Sawit	Kapasitas Terpasang (Ton TBS/Jam)
1	Kampar	Sei Galuh	60
2	Kampar	Sei Pagar	30
3	Kampar	Terantam	60
4	Kampar	Sei Garo	30
5	Kampar	Tandun	45
6	Rokan Hulu	Sei Rokan	60
7	Rokan Hulu	Sei Intan	30
8	Rokan Hulu	Sei Tapung	60
9	Rokan Hilir	Tanah Putih	60
10	Rokan Hilir	Tanjung Medan	30
11	Siak	Sei Buatan	60
12	Siak	Lubuk Dalam	45
Total Kapasitas			570

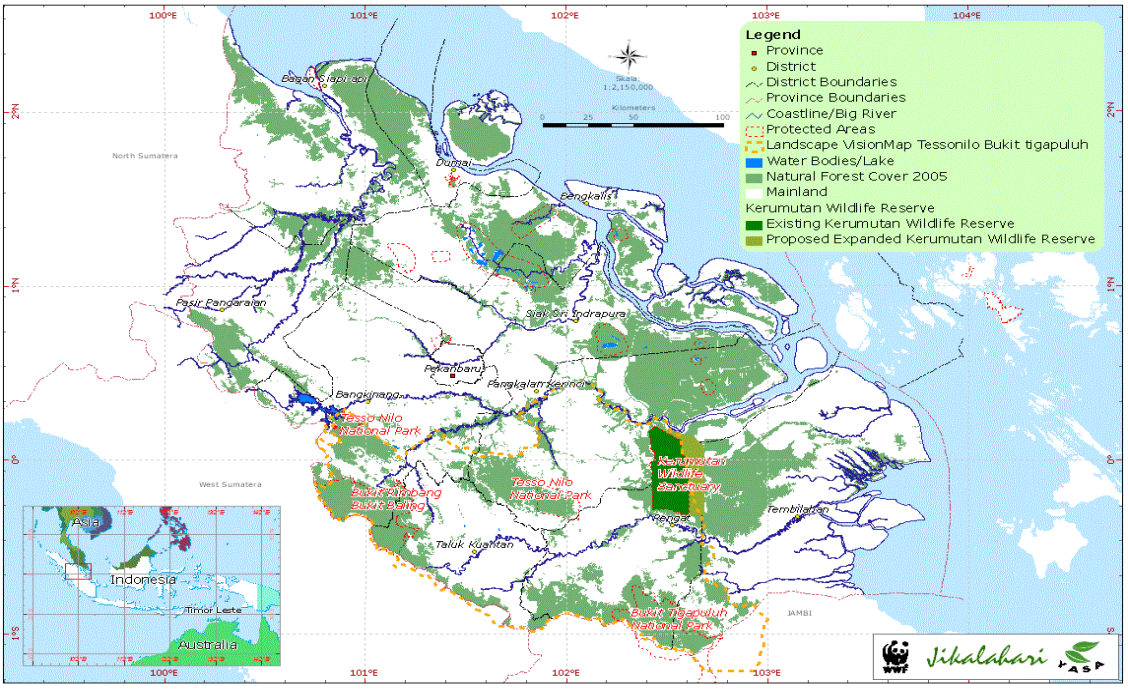
Sumber : Dinas Perkebunan Provinsi Riau 2015

Dari kedua belas pabrik pengolahan kelapa sawit yang dimiliki PTPN V terdapat 2 pabrik yang sudah dibangun PLTBG atau Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Sawit yaitu pabrik Tandun dan Sei Garo yang terletak di Kabupaten Kampar. Persebaran lokasi pabrik kelapa sawit (PKS) milik PTPN V banyak yang berada di dekat sungai. Berikut ini gambar peta persebaran PKS milik PTPN V.

Gambar IV. 1. Peta Lokasi Pabrik Kelapa Sawit Milik PTPN V

Sumber : Website Direktori Sawit

Terdapat 3 sungai besar yang ada di provinsi Riau diantaranya yaitu Sungai Rokan, Sungai Siak dan Sungai Kampar.



Gambar IV. 2. Peta Sungai Riau

Sumber : WWF (World Wildlife Fund) Indonesia

Sungai Rokan dan Sungai Siak bermuara di Selat Malaka sedangkan Sungai Kampar bermuara di Laut Cina Selatan. Berikut ini adalah data masing-masing sungai tersebut.

Tabel IV. 3. Data Sungai

Sungai Kampar		
	Panjang	: 413,5 km
	Lebar	: 143 m
	Kedalaman	: 7,7 m
Sungai Siak		
	Panjang	: 300 km
	Lebar	: 100 m
	Kedalaman	: 18 m
Sungai Rokan		
	Panjang	: 350 km
	Lebar	: 92 m
	Kedalaman	: 6 m

Sumber : Wikipedia

Pembangkit Listrik Tenaga Biogas yang dimiliki oleh PTPN V saat ini yaitu PLTBG Tandun dan PLTBG Sei Garo. PLTBG Tandun sudah beroperasi sejak tahun 2013 sedangkan PLTBG Sei Garo sedang dalam proyek pengerjaan dan belum dioperasikan.

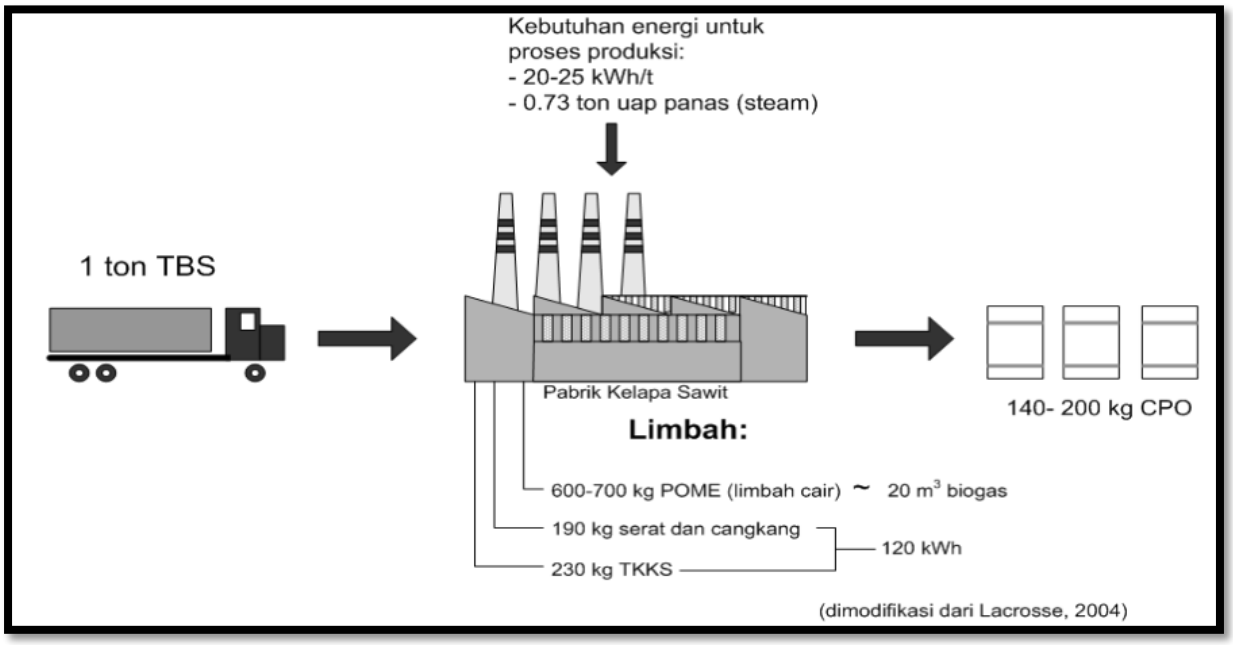
PLTBG Tandun memiliki kolam aerobik yang dapat menampung limbah hingga 24.000 m3 dengan pompa berkapasitan 20 m3/jam maka kebutuhan limbah PLTBG Tandun setiap harinya yaitu sebesar 420 m3. Untuk saat ini limbah untuk PLTBG Tandun hanya didapatkan dari PKS Tandun yang berjarak sekitar 2 km. Setiap minggunya pabrik beroperasi selama 6 hari. Sedangkan PLTBG beroperasi selama 7 hari dalam satu minggu dan 24 jam dalam sehari. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa selama 3 jam PLTBG tidak beroperasi dikarenakan pasokan limbah tidak mencukupi.

Limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik lain selama ini dibuang begitu saja ke sungai. Hal ini lah yang memicu pencemaran lingkungan. Karena sejauh ini hanya ada 1 PLTBG yang beroperasi maka akan lebih baik jika limbah dari setiap pabrik dibawa ke PLTBG Tandun. Perlu diketahui bahwa PLTBG Tandun dioperasikan oleh PT. Karya Mas Energi yang bekerjasama dengan PTPN V dan PLTBG Sei Garo merupakan proyek kerjasama kedua dengan PTPN V.

Gambar IV. 3. PLTBG Tandun

Sumber : Website PT. Karya Mas Energi

Proses pengolahan kelapa sawit menghasilkan 2 jenis limbah yaitu limbah padat dan cair. Presentase limbah saat pabrik sedang berproduksi dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar IV. 4. Proses Pengolahan Sawit di Pabrik Kelapa Sawit

Sumber : Jurnal Disprotek

Dapat dilihat pada gambar diatas, setiap proses pengolahan 1 ton TBS (Tandan Buah Segar) akan menghasilkan 600 ï 700 kg POME (limbah cair), 190 kg serat dan cangkang dan 230 kg TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit). Dari limbah cair tersebut akan dihasilkan biogas yang digunakan untuk PLTBG.

Tabel IV. 4. Konversi Energi

Keterangan	Jenis Limbah	Jumlah	Energi
1 ton CPO	Serat	120 Kg	2637 kkal/Kg
	Cangkang	60 Kg	4105 kkal/Kg
	TKKS	230 Kg	4492 kkal/Kg
	POME	600 Kg	60 kWh
600 Kg POME	20 m3 CH4 (Gas Metana)	1 m3 CH4	3 kWh

Sumber : Lacrosse (2004)

POME atau limbah cair kelapa sawit dapat dijadikan bahan baku PLTBG karena mengandung gas metana. Energi yang dihasilkan dari 600 kg POME yaitu sebesar 60 kWh.

BAB 5. MODEL OPTIMASI

Studi kasus Tugas Akhir ini yaitu mengenai tentang pengiriman POME (*Palm Oil Mill Effluent*) dari beberapa pabrik milik PT. Perkebunan Nusantara V (PTPN V) ke PLTBG miliki PTPN V yang terletak 2 kilometer dari pabrik Sei Tandun, oleh karena itu dilakukan perhitungan *supply* untuk memenuhi *demand* PLTBG. Perhitungan supply juga dilakukan untuk menetukan origin dari model pengiriman, sehingga perhitungan *supply* mempertimbangkan lokasi dari pabrik. Dalam hal ini hanya pabrik yang dapat dijangkau menggunakan moda laut.

5.1. Perhitungan *Supply* dan *Demand*

Berdasarkan data yang telah didapat yaitu data kapasitas masing ï masing pabrik dan data lokasi pabrik, berikut ini adalah perhitungan supply untuk demand PLTBG Tandun selama satu tahun.

Tabel V. 1. Perhitungan *Supply*

No	Kabupaten/ Lokasi	Pabrik Kelapa Sawit	Kapasitas (Ton TBS/Jam)	Produksi TBS (Ton/Hari)	Produksi POME (Ton/Hari)	Density (Ton/m3)	Volume (m3/hari)
1	Kampar	Sei Galuh	60				
2	Kampar	Sei Pagar	30	150	90	0,9	100
3	Kampar	Terantam	60				
4	Kampar	Sei Garo	30				
5	Kampar	Tandun	40	200	120	0,9	133
6	Rokan Hulu	Sei Rokan	60				
7	Rokan Hulu	Sei Intan	30				
8	Rokan Hulu	Sei Tapung	60				
9	Rokan Hilir	Tanah Putih	60	300	180	0,9	200
10	Rokan Hilir	Tanjung Medan	30				
11	Siak	Sei Buatan	60	300	180	0,9	200
12	Siak	Lubuk Dalam	45				
Total Kapasitas			565				

Sumber : PTPN V

Diketahui bahwa kebutuhan per hari dari PLTBG adalah sebesar 21 m3/jam. PLTBG Tandun beroperasi selama 24 jam setiap hari dalam setahun. Sehingga bisa dihitung bahwa

permintaan akan POME oleh PLTBG Tandun dalam setahun adalah sekitar 183.960 m3/tahun atau sekitar 165.564 ton/tahun. Saat ini PLTBG hanya di*supply* oleh PKS Tandun karena letaknya yang dekat yaitu sekitar 2 km.

PKS Tandun hanya memenuhi kebutuhan 22% dari PLTBG yaitu sekitar 36.000 ton/tahun POME yang disupply oleh PKS Tandun. Oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan PLTBG secara penuh dibutuhkan supply sekitar 129.564 ton/tahun.

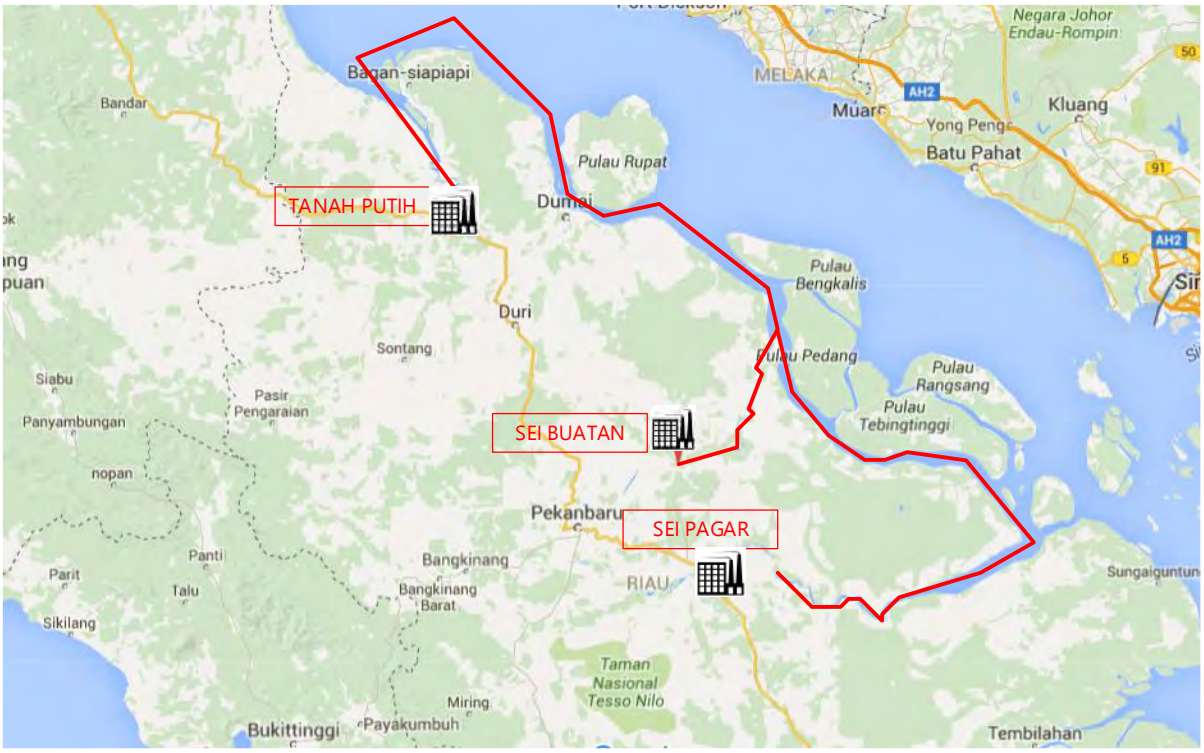
Berdasarkan lokasi persebaran pabrik yang dimiliki PTPN V terdapat 3 pabrik yang berlokasi di dekat sungai besar. Sesuai dengan kondisi *existing* pabrik kelapa sawit dibangun di daerah dekat sungai. Hal ini dikarenakan untuk pembuangan limbah sisa hasil produksi yang berupa limbah cair akan dibuang setelah ditampung selama beberapa di kolam limbah.

Ketiga pabrik tersebut adalah PKS Tanah Putih, PKS Sei Buatan dan PKS Sei Pagar. Ketiga pabrik tersebut terletak di daerah aliran sungai yang berbeda yaitu sungai Rokan, sungai Siak dan Sungai Kampar. Dalam tabel perhitungan telah diketahui bahwa PKS Sei Pagar, PKS Tanah Putih, PKS Sei Buatan secara berurutan menghasilkan POME sebesar 90 ton/hari, 180 ton/hari dan 180 ton/hari.

Pabrik Kelapa Sawit hanya bekerja 6 hari dalam seminggu, dan tidak bekerja pada hari libur nasional sehingga rata ï rata hari kerja pabrik dalam setahun yaitu 300 hari. Jumlah POME yang dihasilkan oleh ketiga pabrik tersebut dalam setahun yaitu 150.000 m3/tahun atau 135.000 ton/tahun. Dengan kebutuhan PLTBG, setelah disupply PKS tandun, yaitu sebesar 129.564 ton/tahun dan supply dari tiga pabrik yaitu sebesar 135.000 ton/tahun maka kebutuhan PLTBG akan terpenuhi.

5.2. Penentuan Alternatif Rute dan Kapal

Berdasarkan data yang telah didapatkan diantara ketiga sungai yaitu sungai Rokan, sungai Siak dan Sungai Kampar, sungai Siak memiliki lebar dan kedalaman yang paling besar. Selain itu sungai Siak selama ini sudah difungsikan sebagai rute oleh beberapa kapal penyeberangan. Letak PKS Sei Buatan adalah di daerah aliran sungai Siak, selain itu juga memiliki jarak terdekat dengan PLTBG kurang lebih sekitar 165 km. Oleh karena itu PKS Sei Buatan dalam pengiriman POME akan dijadikan dijadikan sebagai pelabuhan tujuan (*destination*). Berikut adalah gambar alur pelayaran yang digunakan dalam rute pengiriman POME dengan PKS Tanah Putih dan PKS Sei Pagar sebagai pelabuhan asal (*origin*).



Gambar V. 1. Peta Rute Pelayaran

Rute pelayaran untuk pengiriman POME dengan 2 *origin* dan 1 *destination* yaitu *port to port* dan *multiport*. Kedua alternatif rute tersebut yaitu sebagai berikut.

Macam rute alternatif:		
	Rute	**Kapal**
Rute A1	PKS Tanah Putih - PKS Sei Buatan - PKS Tanah Putih	SPOB/SPCB/LCT
Rute A2	PKS Sei Pagar - PKS Sei Buatan - PKS Sei Pagar	SPOB/SPCB/LCT
Rute B	PKS Tanah Putih - PKS Sei Pagar - PKS Sei Buatan	SPOB/SPCB/LCT

Gambar V. 2. Alternatif Rute

Dimana rute A1 adalah rute *port to port* yaitu dengan PKS Tanah Putih sebagai pelabuhan asal (*origin*) dan PKS Sei Buatan sebagai pelabuhan tujuan (*destination*). Begitu pula rute A2 adalah rute *port to port* yaitu dengan PKS Sei Pagar sebagai pelabuhan asal (*origin*) dan PKS Sei Buatan sebagai pelabuhan tujuan (*destination*). Sedangkan rute B adalah rute multiport dimana pengiriman akan melewati dua pelabuhan asal (*origin*) yaitu PKS Tanah Putih dan PKS Sei Pagar kemudian menuju pelabuhan tujuan (*destination*) yaitu PKS Sei Buatan. Kapal yang nantinya digunakan pada masing ï masing alternatif rute menggunakan perbandingan tiga jenis kapal yaitu SPOB, SPCB dan LCT. Jarak masing ï masing pelabuhan diketahui sebagai berikut.

Tabel V. 2. Jarak Pelabuhan (Nm)

Tabel Jarak Pelabuhan (nm)

	PKS Tanah Putih	PKS Sei Pagar	PKS Sei Buatan
PKS Tanah Putih		437	252
PKS Sei Pagar			291
PKS Sei Buatan			

Untuk masing ï masing alternatif kapal berikut ini adalah data kecepatan bongkar muat yang sama untuk ketiga pelabuhan. Pada SPOB, kegiatan bongkar muat menggunakan pompa, sedangkan SPCB dan LCT menggunakan *mobile crane*.

Kecepatan B/M

SPOB	500 m3/jam		
Unloading Rate		177	ton / hour
Loading Rate		177	ton / hour

SPCB		
Unloading Rate	15	teus / hour
Loading Rate	15	teus / hour

LCT		
Unloading Rate	15	teus / hour
Loading Rate	15	teus / hour

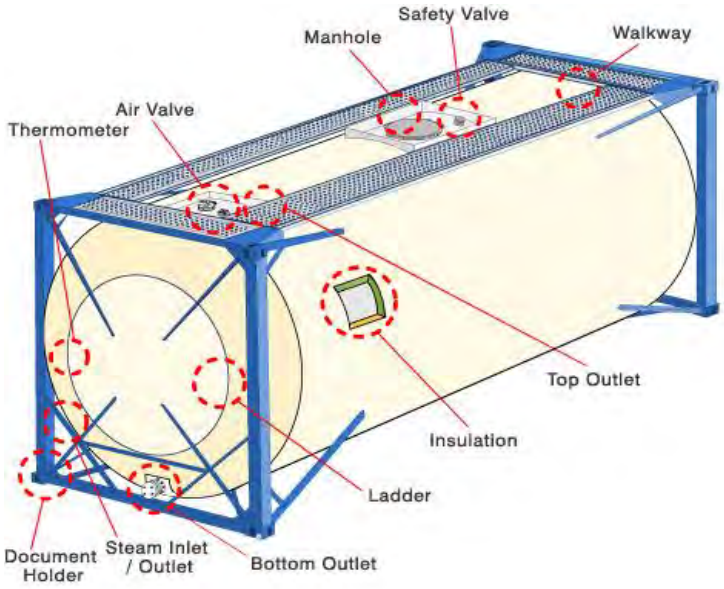
Gambar V. 3. Kecepatan Bongkar Muat

Penentuan alat bongkar muat tersebut berdasarkan metode pemuatan POME pada masing ï masing jenis kapal. Pada SPOB (*Self Propelled Oil Barge*) POME dimuat pada holding tank atau tangki muat. Sedangkan untuk SPCB (*Self Propelled Container Barge*) dan LCT (*Landing Craft Tank*) POME dimuat dalam peti kemas atau *container* terlebih dahulu kemudian dimuat pada kapal. Jenis *container* yang digunakan yaitu ISO Tank. Pada dasarnya ISO Tank sama dengan *container* standart hanya saja yg bentuk, berat bersih dan berat muatan yang dapat dimuat berbeda. Untuk ISO Tank berdasarkan IMO Standart memiliki maksimum berat total 30,48 ton. Sehingga maksimum payloadnya yaitu 26,53 ton karena berat kosong dari ISO Tank itu sendiri yaitu 3,95 ton.

Ukuran ISO Tank

Tank container (ISO Tank)	sesuai standart IMO	
Maks Berat total	30,48	ton
Berat kosong	3,95	ton
Maks payload	26,53	ton

Gambar V. 4 Ukuran ISO Tank



Gambar V. 5. ISO Liquid Tank

Sumber : NRS Corporation

5.3. Model Optimasi

Pada sub bab ini dilakukan pembuatan model optimasi untuk mendapatkan kapal dan rute yang optimal sesuai dengan studi kasus pada sub bab sebelumnya.

5.3.1. Regresi Kapal Pembanding

Dalam merencanakan suatu kapal langkah pertama yang dilakukan adalah dengan mencari terlebih dahulu ukuran-ukuran utama kapal yang dibutuhkan. Dalam Tugas Akhir ini harus dicari terlebih dahulu fungsi regresi dari ukuran utama kapal melalui data kapal-kapal pembanding. Adapun ukuran-ukuran utama yang perlu diperhatikan adalah :

1. Lpp (*length between perpendicular*)

   Jarak horizontal yang diukur antara dua garis tegak, yaitu garis tegak buritan (*after perpendicular* (AP)) dan garis tegak haluan (*fore perpendicular* (FP)).

2. Loa (*length of overall*)

   Jarak horizontal yang di ukur dari titik terluar depan sampai titik terluar belakang kapal.

3. Bm (*moulded breadth*)

   Lebar terbesar kapal diukur pada bidang tengah kapal (*midship*) di antara dua sisi dalam kulit kapal untuk kapal-kapal baja atau kapal yang terbuat dari logam. Untuk kulit kapal yang terbuat dari kayu atau bahan bukan logam, jarak diukur antara dua sisi terluar kulit kapal.

4. H (*height*)

   Jarak vertikal yang diukur pada bidang tengah kapal, dari atas lunas sampai sisi atas balok geladak di sisi kapal.

5. T (*draught*)

   Jarak vertikal yang diukur dari sisi atas lunas sampai ke permukaan air.

6. DWT (*dead weight ton*)

   Berat dalam ton dari muatan, perbekalan, bahan bakar, air tawar, penumpang dan awak kapal yang diangkut oleh kapal pada waktu dimuati sampai garis sarat.

7. GT (*Gross Tonnage*)

   Perhitungan volume semua ruang yang terletak dibawah geladak kapal ditambah dengan volume ruangan tertutup yang terletak di atas geladak ditambah dengan isi ruangan beserta semua ruangan tertutup yang terletak di atas geladak paling atas.

Regresi dari ukuran utama kapal ini digunakan untuk mencari ukuran utama kapal yang dapat memenuhi batasan dari kondisi alur pelayaran. Pada sungai tentunya terdapat batasan panjang, lebar serta sarat kapal. Oleh karena itu data kapal pembanding menggunakan DWT kapal maksimal pada SPOB dan SPCBsebesar 5000 ton, dan LCT sebesar 1500 ton.

a. Regresi Kapal SPOB

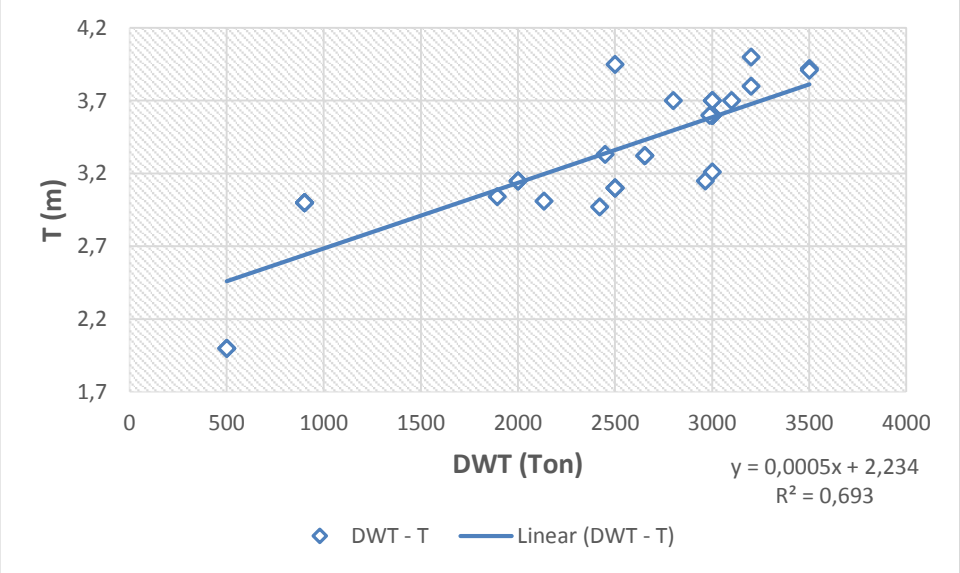
Tabel V. 3. Data Kapal Pembanding SPOB

No	DWT (Ton)	Lpp (m)	B (m)	H (m)	T (m)
1	2421	58,56	17,07	3,66	2,972
2	2965	69,49	16,48	3,96	3,15
3	2500	74,5	15,24	3,8	3,1
4	500	41	8,5	2,6	2
5	900	48	10,8	3,8	3
6	2448	58,53	17,07	4,27	3,332
7	2653	58,51	17,07	4,27	3,324
8	2653	58,51	17,07	4,27	3,324
9	3200	84,6	15	4,5	3,8
10	900	48	10,8	3,8	3
11	2134	59,14	15,24	3,97	3,01
12	2000	75,5	14,75	4,2	3,15
13	3000	83	15,6	4,4	3,6
14	3500	83,36	15,6	5,2	3,92
15	2500	74,5	15,24	3,8	3,1
16	3000	84,29	15	4,5	3,21
17	3000	83,16	15	4,6	3,7
18	3100	83,16	15,6	4,14	3,7

No	DWT (Ton)	Lpp (m)	B (m)	H (m)	T (m)
19	3500	83,36	15,6	4,4	3,91
20	3000	85,12	15	4,6	3,6
21	3200	83,54	15	4,8	4
22	900	48	10,8	3,8	3
23	2800	83	15,6	4,4	3,7
24	500	41	8,5	2,6	2
25	3000	83	15	4,4	3,6
26	3000	85	15,6	4,6	3,6
27	2500	76,2	17,06	4,87	3,95
28	3000	85,12	15,6	4,6	3,7
29	2000	75,5	14,75	4,2	3,15
30	2500	74,5	15,24	3,8	3,1
31	1892	52,67	17,04	3,66	3,042
32	2987	62,91	18,29	4,6	3,6
33	900	48	10,8	3,8	3

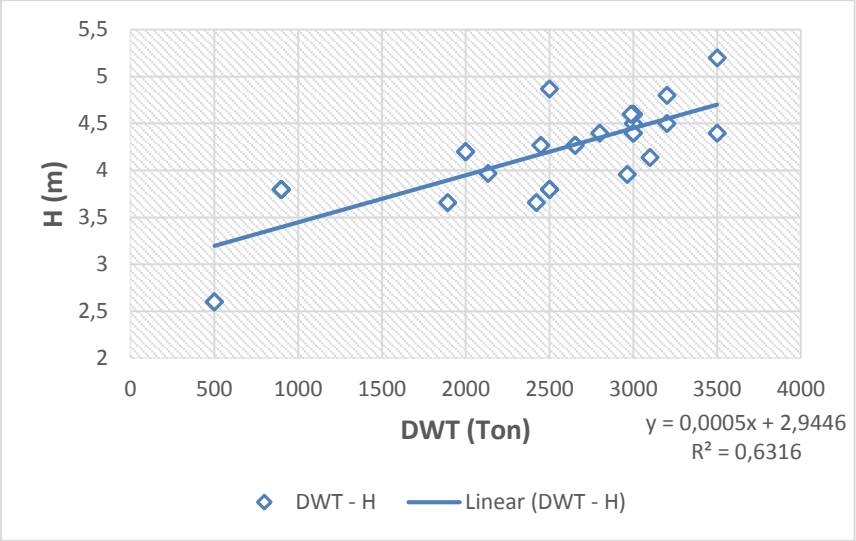
Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, www.globalchimaks.com

Dari data kapal pembanding yanag didapatkan kemudian dilakukan regresi linear untuk masing ï masing kriteria ukuran utama.



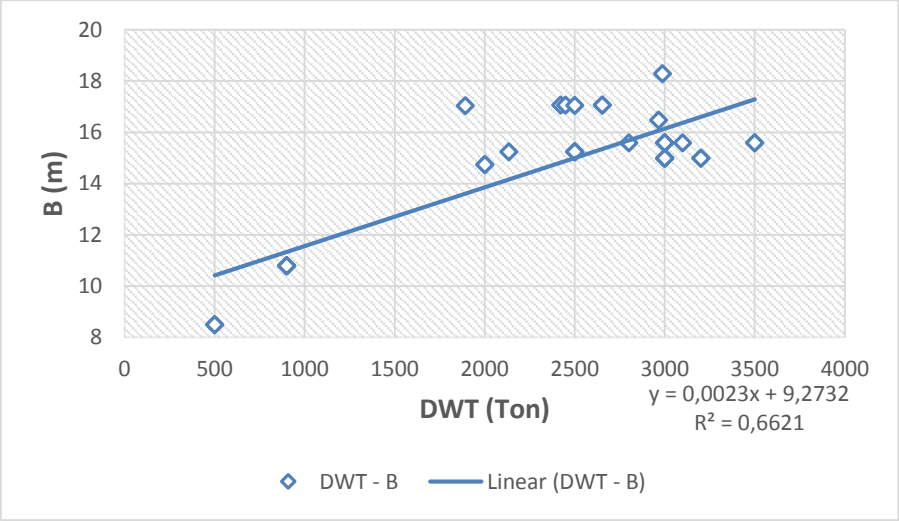
Gambar V. 6. Regresi DWT ï T (SPOB)

Pada regresi diatas yaitu T atau sarat kapal SPOB terhadap DWT kapal SPOB Sdidapatkan fungsi Y = 0,0005x + 2,234.



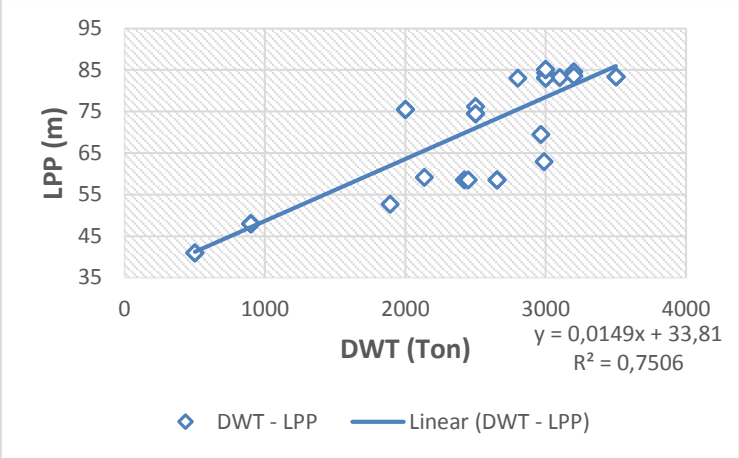
Gambar V. 7. Regresi DWT ï H (SPOB)

Pada regresi diatas yaitu H atau tinggi kapal SPOB terhadap DWT kapal SPOB Sdidapatkan fungsi Y = 0,0005x + 2,9446.



Gambar V. 8. Regresi DWT ï B (SPOB)

Pada regresi diatas yaitu B atau lebar kapal SPOB terhadap DWT kapal SPOB Sdidapatkan fungsi Y = 0,0023x + 9,2732.



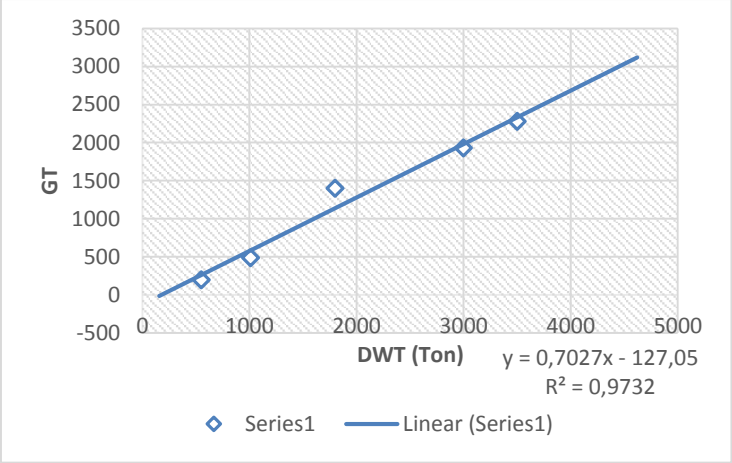
Gambar V. 9. Regresi DWT ï LPP (SPOB)

Pada regresi diatas yaitu LPP atau panjang kapal SPOB terhadap DWT kapal SPOB Sdidapatkan fungsi Y = 0,0149x + 33,81. Untuk regresi gross tonnage diperoleh data kapal pembanding yang berbeda dikarenakan keterbatasan data pada kapal pembanding SPOB sebelumnya. Akan tetapi *range* data DWT yang digunakan sama yaitu 500 ton sampai dengan 3500 ton.

Tabel V. 4. Data GT Kapal Pembanding

No	DWT (Ton)	GT
1	3500	2280
2	3000	1929
5	1012	489
6	1800	1399
7	550	198

Kemudian dilakukan regresi dengan langkah yang sama dengan ukuran utama lainnya sebagai berikut.



Gambar V. 10. Regresi DWT ï GT (SPOB)

Dari regresi ukuran utama kapal pembanding untuk jenis kapal SPOB didapatkan fungsi hasil regresi sebagai berikut.

Tabel V. 5. Hasil Regresi SPOB

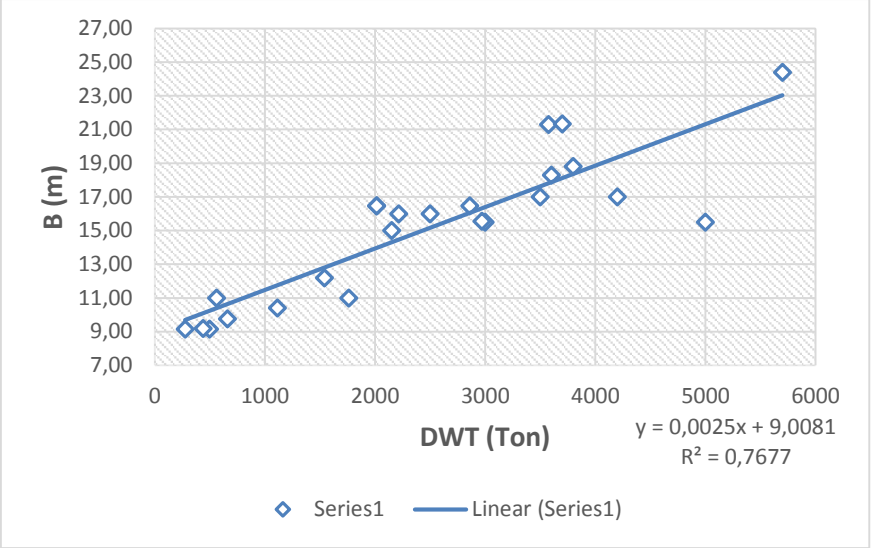
TABEL HASIL REGRESI SPOB							
Korelasi				Y			
DWT	-	LPP	=	0,0149	x	+	33,81
DWT	-	B	=	0,0023	x	+	9,2732
DWT	-	H	=	0,0005	x	+	2,9446
DWT	-	GT	=	0,7027	x	-	127,05
DWT	-	T	=	0,0005	x	+	2,234

b. Regesi Kapal SPCB

Tabel V. 6. Data Kapal Pembanding SPCB

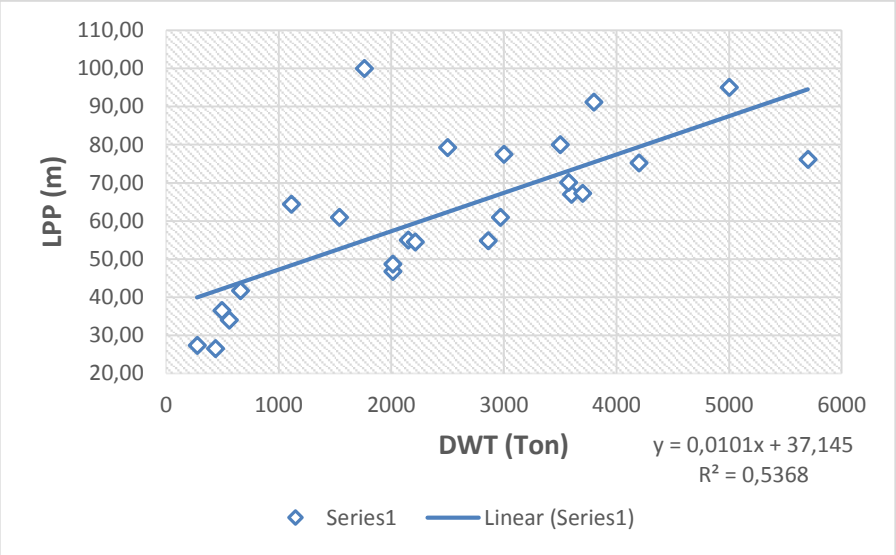
No	DWT (Ton)	Lpp (m)	B (m)	H (m)	T (m)	GT
1	3500	80,00	17,00	4,00	-	-
2	5000	95,10	15,50	4,00	-	-
3	3800	91,20	18,80	5,15	-	-
5	3000	77,50	15,50	3,50	-	-
4	2500	79,25	16,00	3,05	2,50	-
6	5700	76,20	24,38	4,88	3,96	-
7	3600	67,06	18,29	4,27	3,35	-
8	2970	60,96	15,54	3,32	3,00	-
9	1540	60,96	12,19	3,05	2,50	-
10	2860	54,86	16,46	4,27	3,47	-
11	2014	46,82	16,46	3,66	-	1048
12	2014	48,77	16,46	3,66	-	889
13	660	41,76	9,75	1,71	1,00	-
14	495	36,58	9,14	2,13	1,70	-
15	275	27,43	9,14	2,74	-	115
16	1760	100	11,000	-	2,2	
17	2150	55	15	-	4,16	811
18	3574	70,100	21,30	4	3,200	1624
19	2213,82	54,55	16	3,5	2,44	931
20	3700	67,3	21,34	4,27	3,42	1556
21	1112,1	64,44	10,4	2,5	1,4	628
22	4200	75,28	17	5,6	4,41	1813
23	437,83	26,6	9,18	-	1,91	-
24	559,64	34	11	2,5	2,5	284

Sumber : www.globalchimaks.com, www.maritimesales.com,www.sunmachinery.com



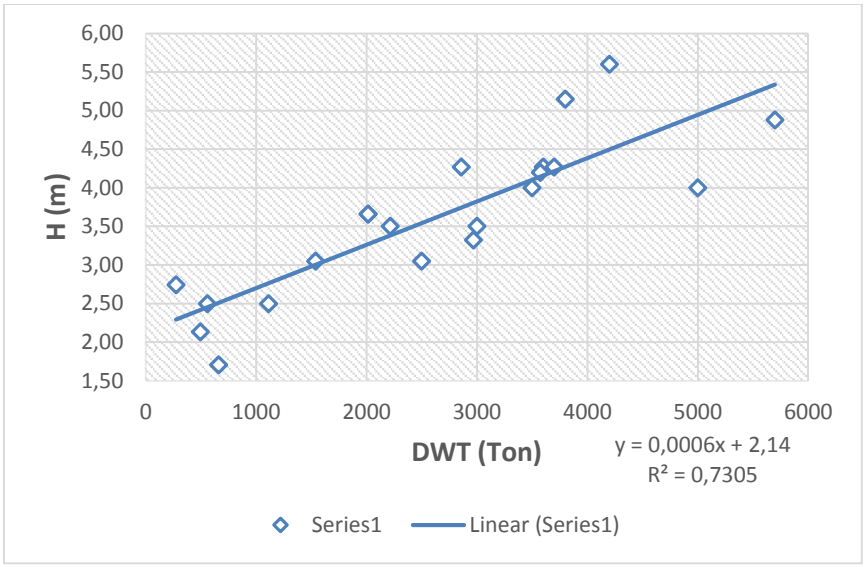
Gambar V. 11. Regresi DWT ï B (SPCB)

Pada regresi diatas yaitu B atau lebar kapal SPCB terhadap DWT kapal SPCB Sdidapatkan fungsi Y = 0,0025x + 9,0081.



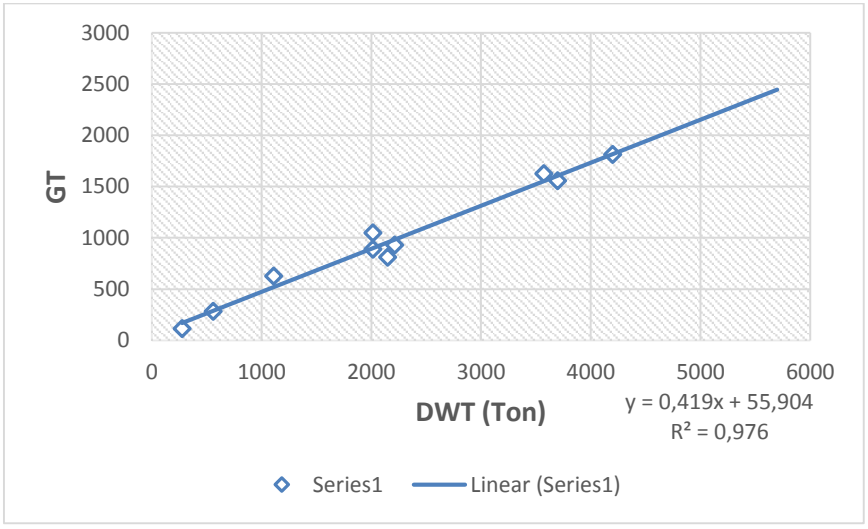
Gambar V. 12. Regresi DWT ï LPP (SPCB)

Pada regresi diatas yaitu LPP atau panjang kapal SPCB terhadap DWT kapal SPCB Sdidapatkan fungsi Y = 0,0101x + 37,145.



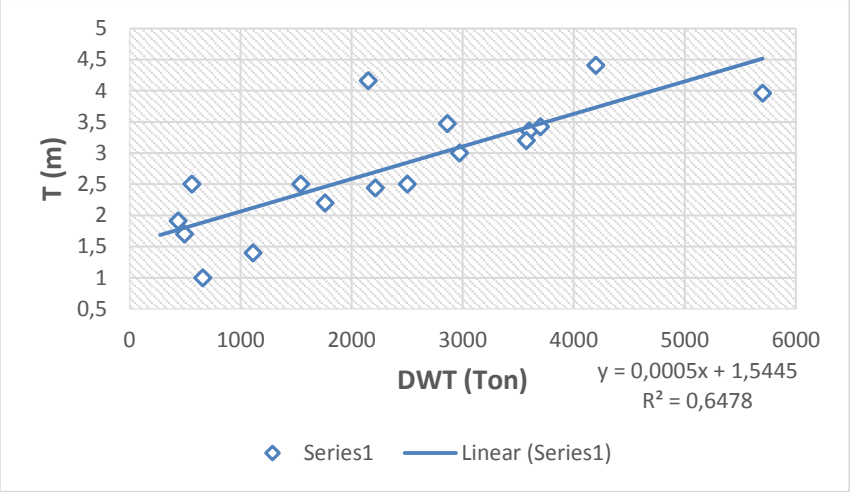
Gambar V. 13. Regresi DWT ï H (SPCB)

Pada regresi diatas yaitu H atau tinggi kapal SPCB terhadap DWT kapal SPCB Sdidapatkan fungsi Y = 0,0006x + 2,14.



Gambar V. 14. Regresi DWT ï GT (SPCB)

Pada regresi diatas yaitu GT atau *gross tonnage* kapal SPCB terhadap DWT kapal SPCB Sdidapatkan fungsi Y = 0,419x + 55,904.



Gambar V. 15. Regresi DWT ï T (SPCB)

Dari regresi ukuran utama kapal pembanding untuk jenis kapal SPCB didapatkan fungsi hasil regresi sebagai berikut.

Tabel V. 7. Hasil Regresi SPCB

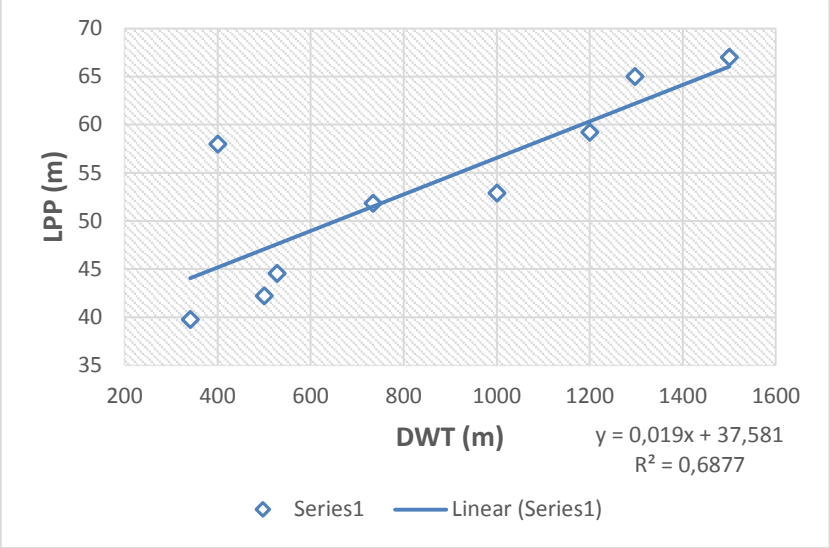
TABEL HASIL REGRESI SPCB							
Korelasi				Y			
DWT	-	LPP	=	0,0101	x	+	37,145
DWT	-	B	=	0,0025	x	+	9,0081
DWT	-	H	=	0,0006	x	+	2,14
DWT	-	GT	=	0,419	x	+	55,904
DWT	-	T	=	0,0005	x	+	1,5445

c. Regresi Kapal LCT

Tabel V. 8. Data Kapal Pembanding LCT

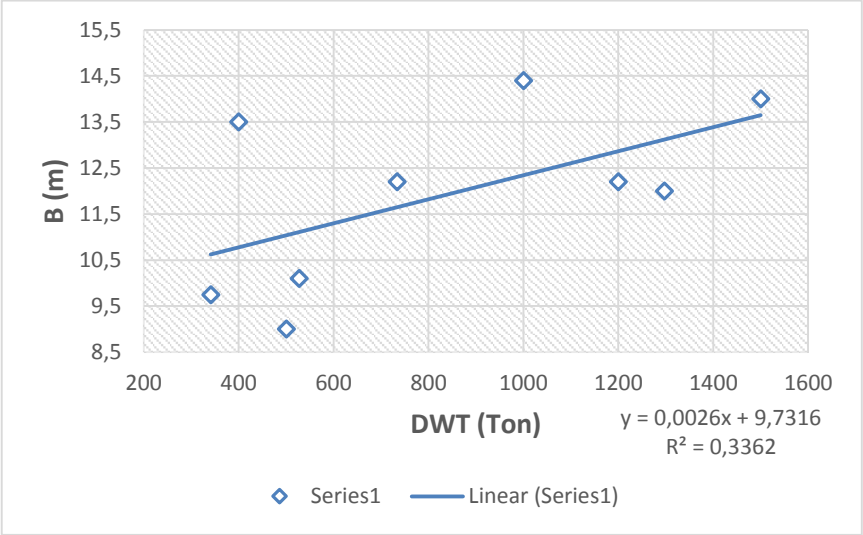
No.	DWT (Ton)	GT	Lpp (m)	B (m)	H (m)	T (m)
1	341	221	39,75	9,75	2,35	1,8
2	1000	876	52,9	14,4	3,5	2,57
3	734	536	51,83	12,2	2,9	1,95
4	1200	734	59,2	12,2	3,3	2,94
5	1297	865	65	12	4	3,4
6	500	308	42,2182	9	2,5	-
7	527,562	450	44,5455	10,1	3	2,4
8	1500	873	67	14	-	3
9	400	457,6	58	13,5	3	2,25

Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia & www.globalchimaks.com



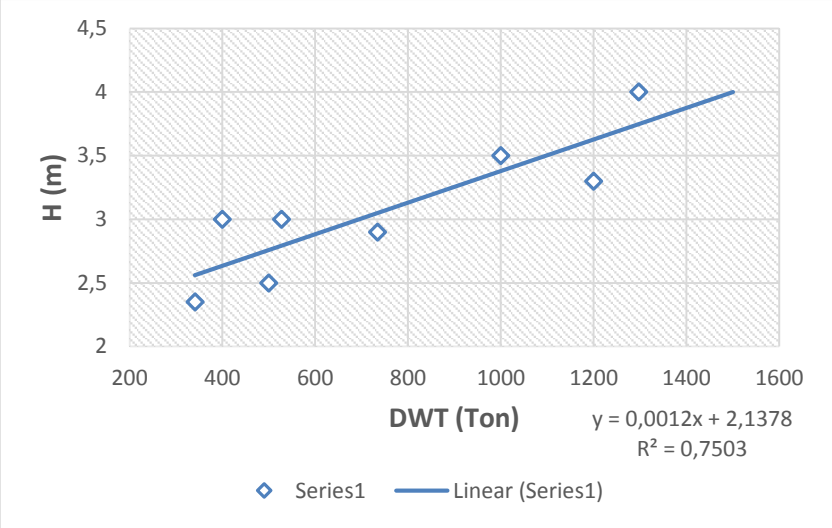
Gambar V. 16. Regresi DWT ï LPP (LCT)

Pada regresi diatas yaitu LPP atau panjang kapal LCT terhadap DWT kapal LCT Sdidapatkan fungsi Y = 0,019x + 37,581.



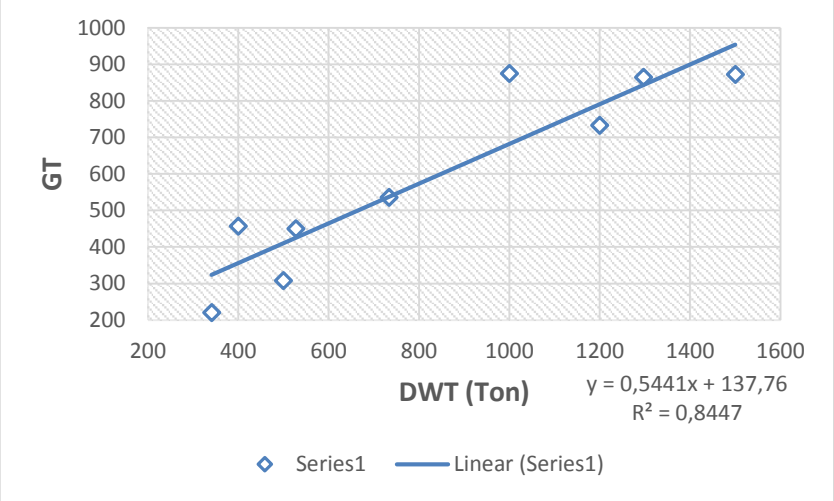
Gambar V. 17. Regresi DWT ï B (LCT)

Pada regresi diatas yaitu B atau lebar kapal LCT terhadap DWT kapal LCT Sdidapatkan fungsi Y = 0,0026x + 9,7316.



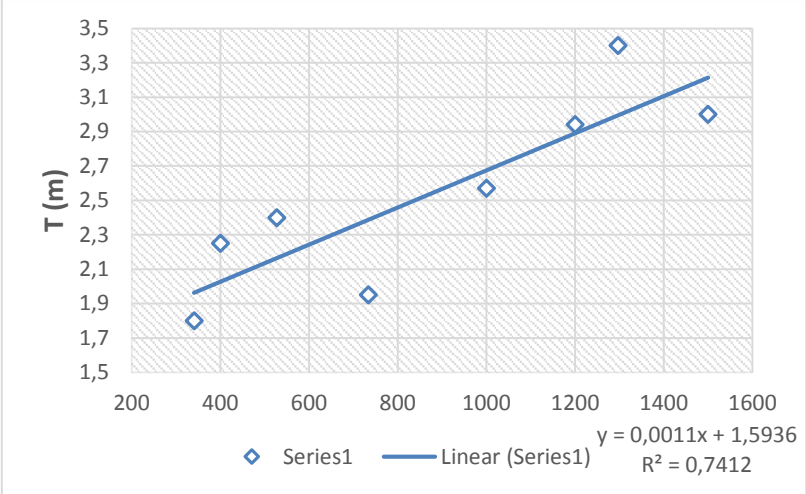
Gambar V. 18. Regresi DWT ï H (LCT)

Pada regresi diatas yaitu H atau tinggi kapal LCT terhadap DWT kapal LCT Sdidapatkan fungsi Y = 0,0012x + 2,1378.



Gambar V. 19. Regresi DWT ï GT (LCT)

Pada regresi diatas yaitu GT atau gross tonnage kapal LCT terhadap DWT kapal LCT Sdidapatkan fungsi Y = 0,5441x + 137,76.



Gambar V. 20. Regresi DWT ï T (LCT)

Dari regresi ukuran utama kapal pembanding untuk jenis kapal LCT didapatkan fungsi hasil regresi sebagai berikut.

Tabel V. 9. Hasil Regresi LCT

TABEL HASIL REGRESI LCT							
Korelasi				Y			
DWT	-	LPP	=	0,019	x	+	37,581
DWT	-	B	=	0,0026	x	+	9,7316
DWT	-	H	=	0,0012	x	+	2,1378
DWT	-	GT	=	0,5441	x	+	137,76
DWT	-	T	=	0,0011	x	+	1,5936

Dalam model optimasi ini fungsi hasil regresi digunakan sebagai *constraint* untuk menentukan ukuran utama kapal sesuai dengan *payload* yang paling optimum. Ukuran utama kapal tersebut juga dibatasi dengan kondisi dari alur pelayaran sungai. Batasan ï batasan untuk ukuran utama kapal yang melakukan pelayaran di sungai diantaranya adalah sebagai berikut :

- Sarat (T)

$$H = T + G + R + P + S + K$$

$$T \text{ Ò } H \text{ ï } (G + P + R + S + K)$$

Dimana,

H : Kedalaman yang dikeruk (m)

T : Draft kapal maksimum (m)

G : Gerak vertikal kapal karena gelombang (m)

; 10%D untuk alur tertutup

; 20%D untuk alur terbuka

R : Ruang kebebasan bersih

; 0,5 m untuk dasar berpasir

; 1,0 m untuk dasar berkarang

P : Ketelitian pengukuran (m)

S : Pengendapan sedimen antara dua pengerukan (m)

K : Toleransi pengerukan (m)

Apabila tidak dilakukan pengerukan pada sungai maka yang digunakan adalah kondisi *existing* dari sungai tersebut.

- Lebar (B)

  Untuk satu jalur

  $$L = 1{,}5B + 1{,}8B + 1{,}5B$$

  $$L = 4{,}8B$$

  B ÒL/4,8

  Untuk dua jalur

  $$L = 1{,}5B + 1{,}8B + B + 1{,}8B + 1{,}5B$$

  $$L = 7{,}6B$$

  B ÒL/7,6

  Dimana,

  L : Lebar alur pelayaran (m)

  B : Lebar kapal (m)

Pada sungai Rokan dan Kampar digunakan rumus untuk satu jalur sedangkan untuk sungai Siak menggunakan rumus untuk dua jalur. Sungai Siak selain memiliki lebar yang lebih dibandingkan Rokan dan Kampar juga digunakan untuk pelayaran penyeberangan kapal ferry.

- Panjang (LOA)

  $$W = 1 \text{ X } LOA$$

  $$LOA = W$$

  Dimana,

  W : Lebar alur masuk (m)

  LOA : Panjang total kapal (m)

Hasil perhitungan pengukaran batasan ukuran utama kapal berdasarkan kondisi *existing* sungai Rokan, Siak maupun Kampar. Hasil berikut ini menjadi batasan (*constraint*) dalam model untuk menentukan ukuran utama kapal.

Tabel V. 10. Batasan Ukuran Utama Kapal

PKS Tanah Putih (Rokan)			PKS Sei Pagar (Kampar)			PKS Sei Buatan (Siak)		
H =	6	m	H =	7,7	m	H =	18	m
d =	6	m	d =	7,7	m	d =	18	m
G =	10% d		G =	10% d		G =	10% d	
G =	0,6	m	G =	0,77	m	G =	1,8	m
R =	0,5	m	R =	0,5	m	R =	0,5	m
T <=	4,9	m	T <=	6,43	m	T <=	15,7	m
L =	92	m	L =	143	m	L =	100	m
B =	19,167	m	B =	29,792	m	B =	13,158	m
Ŭ> 35ę			Ŭ> 35ę			Ŭ> 35ę		
LOA	80	m	LOA	100	m	LOA	90	m

Pada batasan lebar (B) hanya digunakan satu batasan untuk semua alternatif rute yaitu lebar (B) sungai Siak karena PKS Sei Buatan adalah pelabuhan tujuan sehingga kapal pasti akan melewati sungai tersebut. Batasan lebar kapal untuk semua alternatif rute yaitu 13,158 meter.

Batasan sarat (T) kapal untuk Rute A1 digunakan sarat (T) sungai Rokan karena lebih rendah dibandingkan sungai Siak yaitu 4,9 meter begitu pula pada rute *multiport* atau Rute B. Untuk Rute A2 menggunakan sarat (T) sungai Kampar sedalam 6,43 meter dengan alasan yang sama. Penentuan batasan untuk LOA Kapal pada Rute A1 yaitu 92 meter, Rute A2 yaitu 100 meter dan untuk Rute B yaitu 92 meter. Diambil batasan yang terkecil di setiap alternatif rute yang ada.

Selain itu terdapat batasan perbandingan ukuran utama kapal, karena jenis kapal SPOB tergolong jenis kapal baru dan belum ada buku yang menyatakan perbandingan ukuran utama kapal maka syarat perbandingan ukuran utama kapal ditentukan dengan cara sebagai berikut.

Untuk menentukan syarat perbandingan ukuran utama kapal digunakan perbandingan ukuran utama kapal ï kapal SPOB yang telah beroperasi dan terdaftar dalam klasifikasi (BKI) kemudian dicari nilai maksimal dan minimal dari perbandingan ï perbandingan tersebut kemudian dijadikan sebagai batasan perbandingan ukuran utama kapal baik itu untuk SPOB, SPCB maupun LCT.

Dari data kapal (*Lampiran 2*) didapatkan nilai maksimal dan nilai minimal perbandingan ukuran utama kapal. Jadi untuk batasan perbandingan ukuran utama kapal digunakan batasan berikut ini.

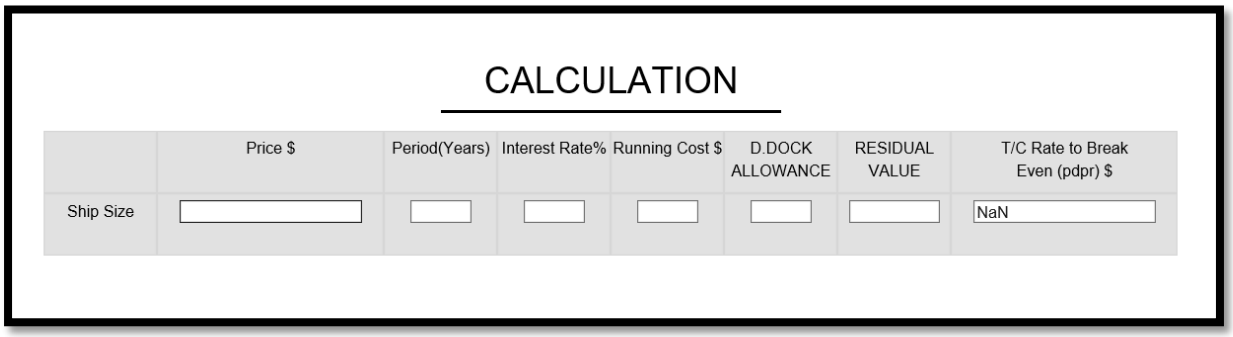
Tabel V. 11. Batasan Perbandingan Ukuran Utama Kapal

L/B = 2,83 < L/B < 8,32
B/T = 2,2 < B/T < 12,5
L/T = 7,54 < L/T < 70,24
L/H = 7,23 < L/H < 28,96
B/H = 1,85 < B/H < 4,97
T/H = 0,25 < T/H <0,99

Ukuran utama hasil optimasi dari model harus memenuhi batasan (*constraint*) diatas.

5.3.2. *Time Charter Hire*

Kapal yang digunakan pada model merupakan kapal *charter* selama satu tahun. Pada model optimasi ini biaya *charter* kapal didapatkan dari perhitungan menggunakan aplikasi perhitungan *time charter rate* kapal yang disediakan oleh lembaga *research* yaitu Alibra Shipping. Aplikasi tersebut berbasis PC, dapat diakses melalui alamat web berikut *http://www.alibrashipping.com/calculation.html*. Untuk menghitung time charter rate menggunakan aplikasi hitungan dibutuhkan beberapa data seperti dibawah ini.



Gambar V. 21. Perhitungan *Time Charter Rate* via *Online*

Sumber : Alibra Shipping

Data harga kapal pada lampiran kemudian dimasukkan pada template hitungan di atas. Time charter rate yang dihasilkan adalah *time charter rate* kapal selama waktu sewa kapal. Untuk mendapatkan *time charter rate* per hari dapat dibagi total jumlah hari sewa. Pada perhitungan diatas dibutuhkan data ï data lain selain harga kapal dan asumsi ï asumsi yaitu sebagai berikut.

- *Period* (*Years*) : lama waktu sewa kapal dalam satuan tahun, dalam studi kasus ini kapal disewa selama satu tahun.
- *Interest Rate* (%) : nilai bunga pada bank, menggunakan bunga sebesar 5%.

- *Running Cost* : biaya operasional kapal, yaitu 14% dari harga kapal.
- *D.Dock Allowance* : hari efektif kapal berlayar atau lama waktu sewa dikurangi lama waktu kapal naik dok, lama waktu kapal naik dok adalah 35 hari.
- *Residual Value* : nilai sisa yang dimiliki kapal berdasarkan umur kapal tersebut.

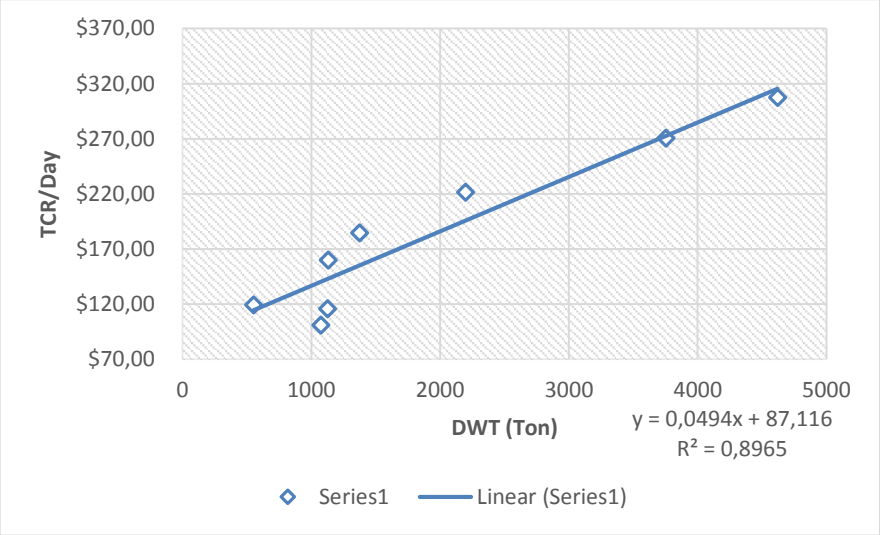
Dari hasil perhitungan tersebut kemudian dilakukan regresi pada *time charter rate* per hari untuk masing ï masing kapal. Fungsi dari hasil regresi tersebut pada model optimasi adalah untuk rumus perhitungan biaya *charter* kapal pada *payload* tertentu. Berikut ini adalah regresi *time charter rate* per hari untuk masing ï masing kapal.

a. Regresi TCR Untuk Kapal SPOB

Tabel V. 12. Data Time Charter Rate Kapal SPOB

DWT (ton)	T/C Rates ($/Day)
1130	$ 159,84
550	$ 119,08
1125	$ 115,61
3752	$ 270,44
4620	$ 307,30
2195,861	$ 221,28
1373	$ 184,42
1074	$ 100,86

Sumber : www.globalchimaks,com, www.maritimesales.com



Gambar V. 22. Regresi TCR (SPOB)

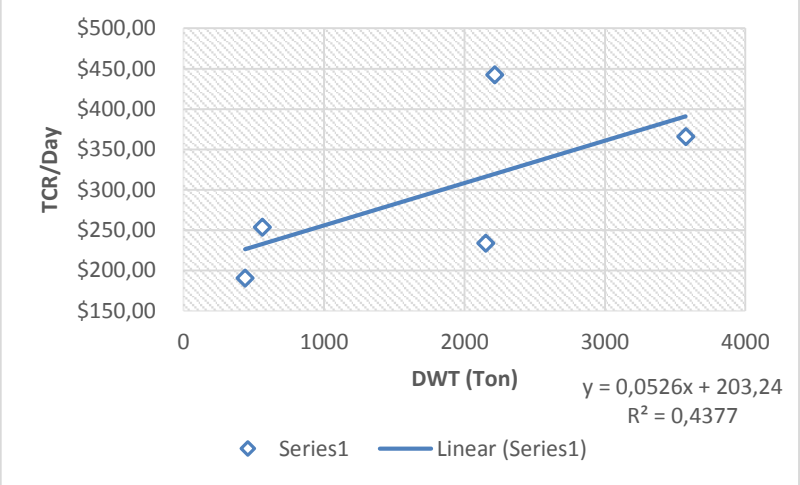
Dari hasil regresi didapatkan fungsi yaitu Y = 0,0494X + 87,116 dengan range DWT kapal SPOB yaitu 550 ton sampai dengan 4620 ton

b. Regresi TCR Untuk Kapal SPCB

Tabel V. 13. Data Time Charter Rate Kapal SPCB

DWT (ton)	T/C Rates ($/Day)
3574	$ 365,85
2150	$ 234
2213,82	$ 442,47
559,64	$ 253,48
437,83	$ 190,47

Sumber : www.globalchimaks.com, www.maritimesales.com



Gambar V. 23. Regresi TCR (SPCB)

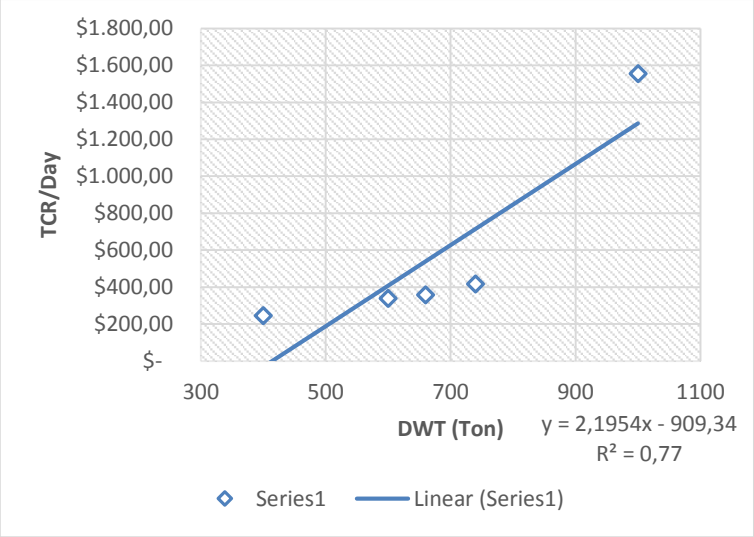
Dari hasil regresi didapatkan fungsi yaitu Y = 0,0526X + 203,24 dengan range DWT kapal SPCB yaitu 438 ton sampai dengan 3574 ton.

c. Regresi TCR Untuk Kapal LCT

Tabel V. 14. Data Time Charter Rate Kapal LCT

DWT (ton)	T/C Rates ($/Day)
660	$ 358,91
1000	$ 1.555,77
400	$ 245,86
740	$ 417,89
600	$ 339,25

Sumber : www.globalchimaks.com, www.maritimesales.com



Gambar V. 24. Regresi TCR (LCT)

Dari hasil regresi didapatkan fungsi yaitu Y = 2,1954X ï 909,34 dengan range DWT kapal LCT yaitu 400 ton sampai dengan 1000 ton.

5.3.3. *Port Charges*

Pelabuhan tujuan maupun pelabuhan asal dalam studi kasus ini merupakan pelabuhan khusus. Menurut Keputusan Menteri Perhubungan Nomor. KM 55 Tahun 2002, pelabuhan khusus adalah pelabuhan yang dikelola untuk kepentingan sendiri guna menunjang kegiatan tertentu. Pada BAB VIII Pasal 28 juga disebutkan bahwa kapal yang melakukan kegiatan dan barang yang dibongkar dan atau dimuat di pelabuhan khusus dikenakan tarif jasa kepelabuhan pada pelabuhan umum terdekat yang diselenggarakan oleh Pemerintah, Pemerintah Propinsi, dan Pemerintah Kabupaten/Kota terdekat dengan ketentuan sebagai berikut :

a. Untuk kapal yang mengangkut bahan baku, hasil produksi dan peralatan penunjang produksi untuk kepentingan sendiri, dikenakan tarif jasa labuh sesuai ketentuan yang berlaku, yang merupakan pendapatan pelabuhan umum terdekat yang bersangkutan.
b. Untuk kapal yang mengangkut bahan baku, hasil produksi dan peralatan penunjang produksi untuk kepentingan sendiri, tidak dikenakan tarif jasa tambat.
c. Untuk kapal yang mengangkut bahan baku, hasil produksi dan peralatan penunjang produksi untuk kepentingan sendiri, tidak dikenakan tarif jasa dermaga.

Pelabuhan umum yang terdekat dengan ketiga pelabuhan baik asal maupun tujuan adalah Pelabuhan Dumai yang dioperasikan oleh Pelindo I. Oleh karena itu sesuai dengan peraturan di atas untuk biaya jasa kepelabuhan disesuaikan dengan tarif pada terdekat yaitu Pelabuhan Dumai. Berikut ini adalah tarif jasa kepelabuhan yang berlaku di Pelabuhan Dumai.

Tabel V. 15. Tarif Pelabuhan Dumai

No.	Jasa Pelayanan Kepelabuhan		per	Tarif (Kapal Dalam Negeri)
1	Labuh	Niaga	/GT.Kunjungan	Rp 66
		Non Niaga	/GT.Kunjungan	Rp 33
		Rakyat	/GT.Kunjungan	Rp 60
		Kegiatan Tetap	/GT.Kunjungan	Rp 60
2	Pandu	In Out Perairan	/GT.Kunjungan	Rp 58
		Geser Dalam Perairan	/GT.Kunjungan	Rp 58
		In Out Shift Luar Perairan	/GT.Kunjungan	Rp 58
3	Tambat	Beton	/GT.Kunjungan	Rp 54
		Besi/Kayu	/GT.Kunjungan	Rp 54
		Pinggiran	/GT.Kunjungan	Rp 17
		Pelampung	/GT.Kunjungan	Rp 27
		Dolphin	/GT.Kunjungan	Rp 27
4	Tunda			
	<=	3500	GT	
		Tetap		Rp 794.860
		Variabel		Rp 3
	3500	8000	GT	
		Tetap		Rp 1.080.090
		Variabel		Rp 3
	8001	14000	GT	
		Tetap		Rp 1.583.450
		Variabel		Rp 3
	14001	18000	GT	
		Tetap		Rp 2.118.270
		Variabel		Rp 3
	18001	26000	GT	
		Tetap		Rp 2.851.230
		Variabel		Rp 3
	26001	40000	GT	
		Tetap		Rp 3.110.250
		Variabel		Rp 3
	40001	75000	GT	
		Tetap		Rp 3.511.750

No.	Jasa Pelayanan Kepelabuhan		per	Tarif (Kapal Dalam Negeri)
		Variabel		Rp 3
	>=	75000	GT	
		Tetap		Rp 4.207.280
		Variabel		Rp 3

Sumber : PT (Persero) Pelabuhan Indonesia I Cabang Dumai

Biaya jasa kepelabuhan untuk studi kasus ini diantaranya adalah biaya labuh untuk kegiatan tetap (kapal dalam negeri) dan biaya tunda yang bergantung pada besar *gross tonnage* (GT) kapal.

5.3.4. *Voyage Cost*

Perhitungan biaya voyage dilakukan sesuai total roundtrip dalam satu tahun per kapal. Perhitungan voyage cost lebih jelasnya dapat dilihat di Lampiran.(Lampiran 1.1)

BAB 6. HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1. Hasil Optimasi

Hasil model optimasi setelah dijalankan adalah untuk mendapatkan Payload optimal untuk setiap jenis kapal yang menghasilkan Total Cost paling minimum. Berikut hasil model optimasi untuk setiap alternatif rute.

a. Hasil Optimasi Rute A1 (*Port to Port*)

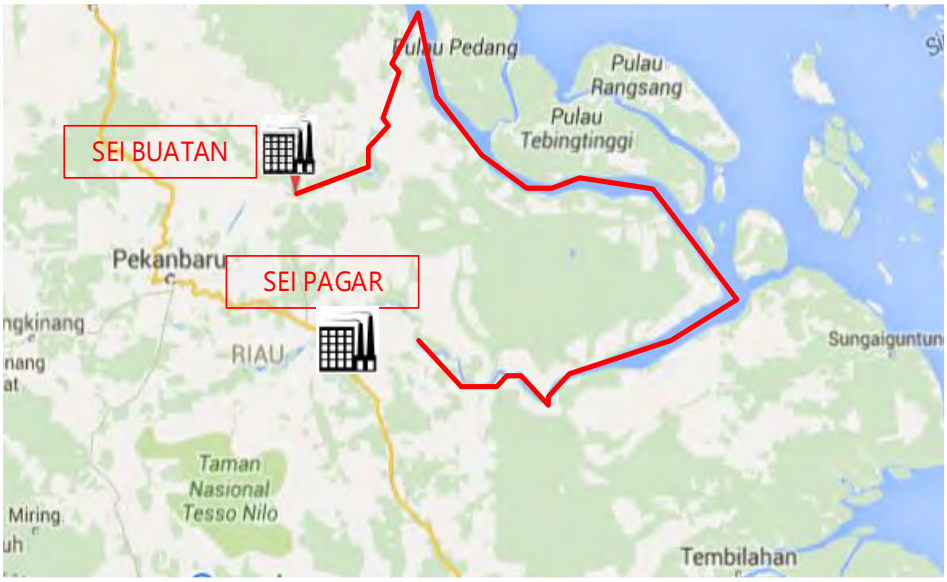
Rute A1 adalah rute dengan pelabuhan asal yaitu PKS Tanah Putih dan pelabuhan tujuan PKS Sei Buatan. Rute ini dalam satu kali trip ditempuh dengan jarak 252 nautical miles maka dengan kecepatan rata ï rata 50% dari 11 knot akan ditempuh selama 45,34 jam.

Gambar VI. 1. Rute A1

Payload kapal yang optimal untuk masing ï masing jenis kapal pada rute ini yaitu SPOB sebesar 1500 ton, SPCB sebesar 45 TEUs dan LCT sebesar 37 TEUs. Kapal yang memiliki total cost paling kecil yaitu SPOB (*Self Propelled Oil Barge*) dengan total cost sebesar Rp4.909.899.006,59. Jumlah kapal yang dibutuhkan yaitu 1 kapal.

b. Hasil Optimasi Rute A2 (*Port to Port*)

Rute A2 adalah rute dengan pelabuhan asal yaitu PKS Sei Pagar dan pelabuhan tujuan PKS Sei Buatan. Rute ini dalam satu kali trip ditempuh dengan jarak 291 nautical miles maka dengan kecepatan rata ï rata 50% dari 11 knot akan ditempuh selama 52,44 jam.



Gambar VI. 2. Rute A2

Payload kapal yang optimal untuk masing ï masing jenis kapal pada rute ini yaitu SPOB sebesar 1.500 ton, SPCB sebesar 49 TEUs dan LCT sebesar 37 TEUs. Kapal yang memiliki total cost paling kecil yaitu SPOB (*Self Propelled Oil Barge*) dengan total cost sebesar Rp 3.125.904.035,10. Jumlah kapal yang dibutuhkan yaitu 1 kapal.

c. Hasil Optimasi Rute B (*Multiport*)

Rute B adalah rute dengan dua pelabuhan asal yaitu PKS Tanah Putih dan PKS Sei Pagar dengan pelabuhan tujuan PKS Sei Buatan. Rute ini dalam satu kali trip ditempuh dengan jarak 728 nautical miles maka dengan kecepatan rata ï rata 50% dari 11 knot akan ditempuh selama 124,05 jam.

Payload kapal yang optimal untuk masing ï masing jenis kapal pada rute ini yaitu SPOB sebesar 1.500 ton, SPCB sebesar 49 TEUs dan LCT sebesar 37 TEUs. Kapal yang memiliki total cost paling kecil yaitu SPOB (*Self Propelled Oil Barge*) dengan total cost sebesar Rp 13.074.457.196,38. Jumlah kapal yang dibutuhkan yaitu 2 kapal.

Gambar VI. 3. Rute B

Dari hasil optimasi diperoleh hasil bahwa Rute yang menghasilkan *Total Cost* paling rendah adalah rute *port to port* dan kapal yang terpilih yaitu kapal SPOB (*Self Propelled Oil Barge*).

Tabel VI. 1. Hasil Optimasi

Rute	Cargo Flow (ton)	Jarak (Nm)	Jumlah Kapal	Payload (ton)	Frekuensi (RT)	Ship Cost / Year (Rp)
Port to Port	60.000	252	1	1.500	40	Rp4.909.899.006,59
Port to Port	30.000	291	1	1.500	20	Rp3.125.904.035,10
Multiport	90.850	728	2	1.500	60	Rp13.074.457.196,38

Kemudian hasil dari perhitungan di atas dibandingkan dengan perhitungan apabila menggunakan moda transportasi darat. Agar perbandingan yang dilakukan setara (*apple to apple*) maka perhitungan biaya untuk moda transportasi darat dilakukan dengan rute *Door to Door* yaitu PKS Tanah Putih ï PKS Sei Buatan ï PKS Tanah Putih (Rute A1) dengan supply 60.000 ton, dan PKS Sei Pagar ï PKS Sei Buatan ï PKS Sei Pagar (Rute A2) dengan supply 30.000 ton.

- Rute A1 dengan Truk

  Spesifikasi alat angkut untuk moda darat adalang dengan menggunakan Truk Tangki. Berikut adalah perhitungan biaya apabila menggunakan moda transportasi darat.

Tabel VI. 2. Perhitungan Moda Transportasi Darat (Rute A1)

SPESIFIKASI TRUK		
Jenis Truk		Truk Tangki (Toyota Dyna 130 HT)
Daya Angkut (JBI)	ton	8
Load Factor		1
Daya Angkut Rill	ton	8
ASUMSI OPERASIONAL		
Kecepatan Rata-rata	km/jam	22
Produktivitas B/M	ton/jam	6
Waktu Istirahat >100 Km	jam/100 km	2
Commision days	hari/tahun	300
Konsumsi BBM	liter/jam	11
ASUMSI FINANSIAL		
Harga BBM	Rp/liter	5.150
Gaji Supir	Rp/km.orang	700
Gaji Kernet	Rp/km.orang	350
Perbekalan	Rp/km	1.000
Perawatan	Rp/km	500
Overhead		10%
Pungli	Rp/km	260
OPERASIONAL		
Asal	PKS Tanah Putih	
Tujuan	PKS Sei Buatan	
Jarak	km	366
Lama Jalan	jam/trip	16,6
Istirahat	jam/trip	-
Waktu B/M	jam/trip	1,3
Total Waktu	jam/trip	17,9
	hari/trip	0,75
Roundtrip (PP)	hari	1,49
Frekuensi	kali/hari	25
	kali/tahun	7.500
Kebutuhan BBM	liter/pp	394

Pada perhitungan di atas diasumsikan bahwa jumlah truk tangki yang digunakan berjumlah 1, karena SPOB yang digunakan pada moda laut berjumlah 1. Dengan demikian perbandingan yang dilakukan dapat setara.

Tabel VI. 3. Perhitungan Biaya Darat (Rute A1)

PERHITUNGAN BIAYA		
CAPITAL COST (CC)		
Harga Sewa	Rp/bulan	8.000.000
	Rp/tahun	96.000.000
Total CC	Rp/tahun	96.000.000
	Rp/PP	12.800
OPERATING COST (OC)		
Gaji		
Supir	Rp/PP	512.400
Kernet	Rp/PP	256.200
Perbekalan	Rp/PP	732.000
Perawatan & Perbaikan	Rp/PP	366.000
Overhead	Rp/PP	186.660
Total OC	Rp/tahun	15.399.450.000
VOYAGE COST (VC)		
Biaya BBM	Rp/PP	2.027.491,1
Pungli	Rp/PP	190.320
Total VC	Rp/tahun	16.633.582.906
TOTAL BIAYA	Rp/tahun	32.129.032.906
Unit Biaya	Rp/km	87.784.243
Unit Biaya Rute A1	Rp/pp	4.283.871

Dari hasil perhitungan biaya di atas diketahui bahwa untuk mengirim 60.000 ton dari PKS Tanah Putih menuju PKS Sei Buatan dibutuhkan biaya sebesar Rp 32.129.032.906, jauh lebih mahal apabila dibandingkan menggunakan kapal yang hanya membutuhkan biaya sebesar Rp 4.909.899.006,59 .

- Rute A2 dengan Truk

  Pada Rute A2 juga menggunakan spesifikasi dan asumsi yang sama hanya berbeda pada jumlah supply POME dan jarak tempuhnya sehingga berpengaruh pada jumlah roundtrip truk.

Tabel VI. 4. Perhitungan Moda Transportasi Darat (Rute A2)

SPESIFIKASI TRUK		
Jenis Truk		Truk Tangki (Toyota Dyna 130 HT)
Daya Angkut (JBI)	ton	8
Load Factor		1
Daya Angkut Rill	ton	8
ASUMSI OPERASIONAL		
Kecepatan Rata-rata	km/jam	22

Produktivitas B/M	ton/jam	6
Waktu Istirahat >100 Km	jam/100 km	2
Commision days	hari/tahun	300
Konsumsi BBM	liter/jam	11
ASUMSI FINANSIAL		
Harga BBM	Rp/liter	5.150
Gaji Supir	Rp/km.orang	700
Gaji Kernet	Rp/km.orang	350
Perbekalan	Rp/km	1.000
Perawatan	Rp/km	500
Overhead		10%
Pungli	Rp/km	260
OPERASIONAL		
Asal	PKS Sei Pagar	
Tujuan	PKS Sei Buatan	
Jarak	km	91,1
Lama Jalan	jam/trip	4,1
Istirahat	jam/trip	-
Waktu B/M	jam/trip	1,3
Total Waktu	jam/trip	5,4
	hari/trip	0,22
Roundtrip (PP)	hari	0,45
Frekuensi	kali/hari	13
	kali/tahun	3.900
Kebutuhan BBM	liter/pp	119

Pada perhitungan di atas diasumsikan bahwa jumlah truk tangki yang digunakan berjumlah 1, karena SPOB yang digunakan pada moda laut berjumlah 1. Dengan demikian perbandingan yang dilakukan dapat setara.

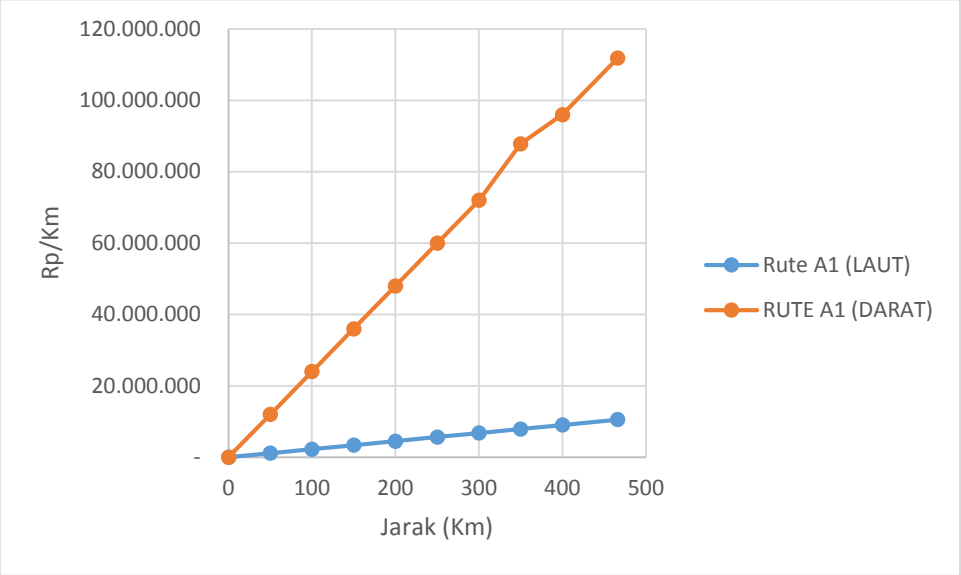
Tabel VI. 5. Perhitungan Biaya Darat (Rute A2)

PERHITUNGAN BIAYA		
CAPITAL COST (CC)		
Harga Sewa	Rp/bulan	8.000.000
	Rp/tahun	96.000.000
Total CC	Rp/tahun	96.000.000
	Rp/PP	24.615
OPERATING COST (OC)		
Gaji		
Supir	Rp/PP	127.540
Kernet	Rp/PP	63.770
Perbekalan	Rp/PP	182.200

Perawatan & Perbaikan	Rp/PP	91.100
Overhead	Rp/PP	46.461
Total OC	Rp/tahun	1.993.176.900
VOYAGE COST (VC)		
Biaya BBM	Rp/PP	611.756,1
Pungli	Rp/PP	47.372
Total VC	Rp/tahun	2.570.599.411
TOTAL BIAYA	Rp/tahun	4.659.776.311
Unit Biaya	Rp/km	51.150.124
Unit Biaya Rute A1	Rp/pp	1.194.814

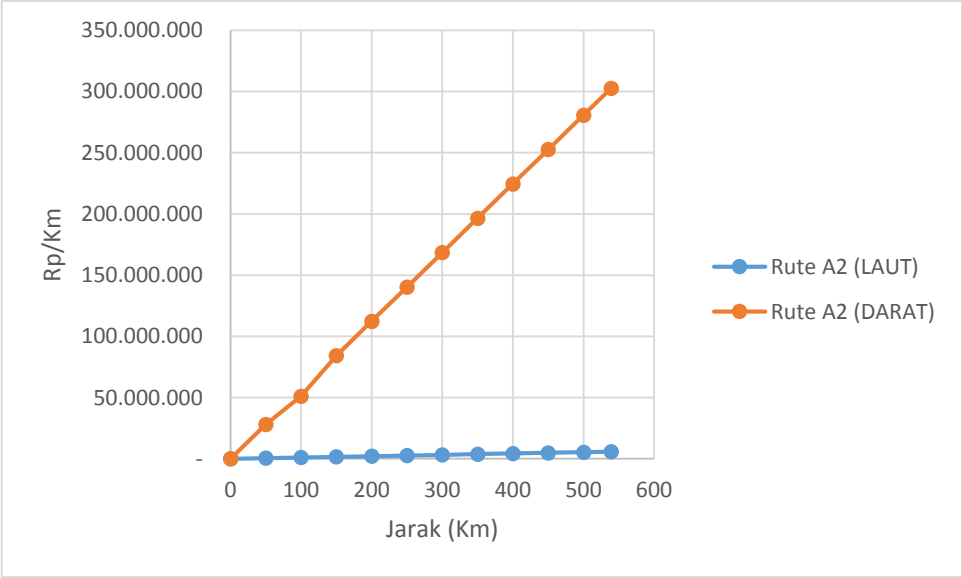
Dari hasil perhitungan biaya di atas diketahui bahwa untuk mengirim 30.000 ton dari PKS Sei Pagar menuju PKS Sei Buatan dibutuhkan biaya sebesar Rp 4.659.776.311, lebih mahal apabila dibandingkan menggunakan kapal yang hanya membutuhkan biaya sebesar Rp 3.125.904.035.

Untuk melihat perbandingan penggunaan moda pada setiap alternatif rute dibuatlah grafik perbandingan berikut.



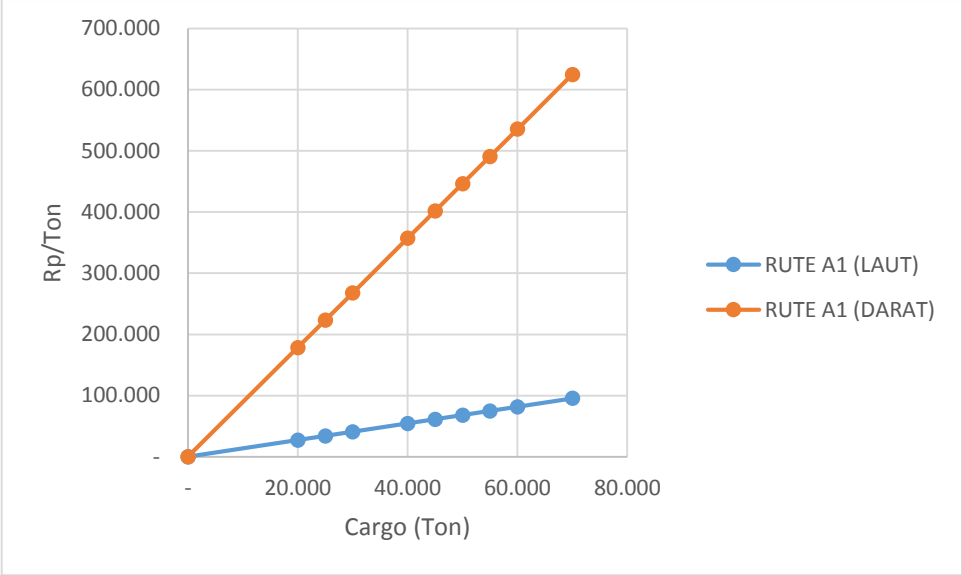
Gambar VI. 4. Grafik Perbandingan Biaya Antar Moda (Rp/Km) ï Rute A1

Pada grafik tersebut merupakan perbandingan total biaya per km yang dibutuhkan untuk mengirimkan ton POME dalam setahun pada jarak tempuh yaitu 366 km ditempuh melalui jalur darat (truk) dan 252 nm atau sekitar 466 km ditempuh melalui jalur laut.



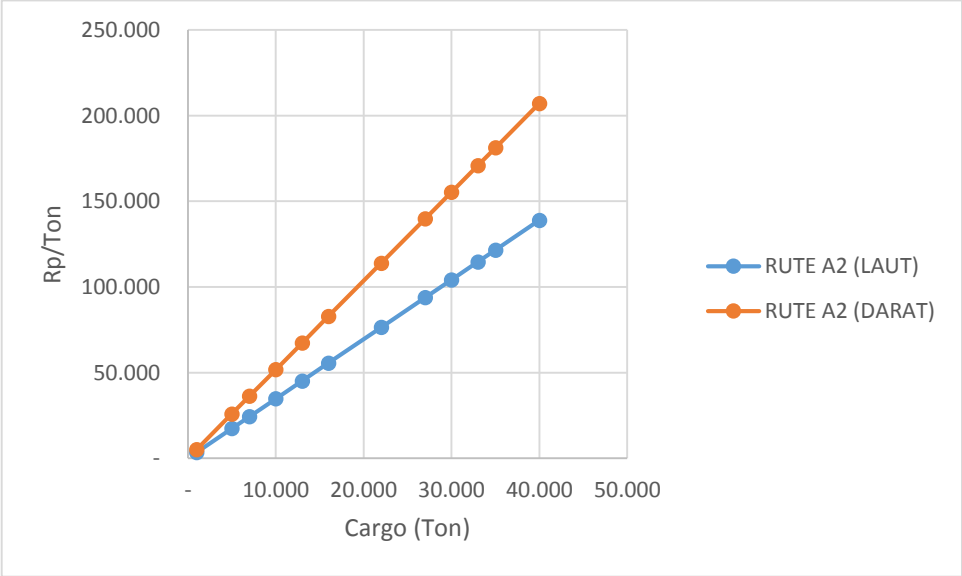
Gambar VI. 5. Grafik Perbandingan Biaya Antar Moda (Rp/Km) ï Rute A2

Pada grafik tersebut merupakan perbandingan total biaya per km yang dibutuhkan untuk mengirimkan ton POME dalam setahun pada jarak tempuh yaitu 91 km ditempuh melalui jalur darat (truk) dan 291 nm atau sekitar 539 km ditempuh melalui jalur laut.



Gambar VI. 6. Grafik Perbandingan Antar Moda (Rp/Ton) ï Rute A1

Pada grafik tersebut merupakan perbandingan total biaya per ton POME yang dibutuhkan dalam setahun pada jarak tempuh yaitu 366 km ditempuh melalui jalur darat (truk) dan 252 nm atau sekitar 466 km ditempuh melalui jalur laut (kapal).



Gambar VI. 7. Grafik Perbandingan Antar Moda (Rp/Ton) ï Rute A2

Pada grafik tersebut merupakan perbandingan total biaya per ton POME yang dibutuhkan dalam setahun pada jarak tempuh yaitu 91 km ditempuh melalui jalur darat (truk) dan 291 nm atau sekitar 539 km ditempuh melalui jalur laut (kapal).

6.2. Desain Konseptual Kapal

Kapal *Self Propelled Oil Barge* (SPOB) terpilih sebagai kapal yang optimum sebagai alat angkut POME (*Palm Oil Mill Effluent*) dari Pabrik Kelapa Sawit (PKS) menuju Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBG). Dari hasil optimasi didapatkan data *requirement* untuk kapal. Berikut ini adalah data ukuran utama kapal dari hasil optimasi.

Tabel VI. 6. Ukuran Utama Kapal Hasil Optimasi

Ukuran Kapal (m)		Payload (ton)	DWT (ton)	GT	BHP (Kw)	Vs Ladden (Knot)	Vs Ballast (Knot)
Lpp	58,40	1500	1650	1286	794,84	11	13
B	13,07						
H	3,77						
T	3,06						

Dari ukuran utama di atas kemudian dilakukan perhitungan koefisien, hambatan, LWT, DWT serta *displacement* seperti pada Lampiran. Karena tidak memenuhi perbandingan DWT + LWT dengan *displacement* maka dilakukan koreksi terhadap ukuran utama kapal dengan margin 1% serta tetap memenuhi persyaratan perbandingan ukuran utama maupun batasan optimasi tanpa merubah *Payload* hasil optimasi.

Tabel VI. 7. Ukuran Utama Koreksi

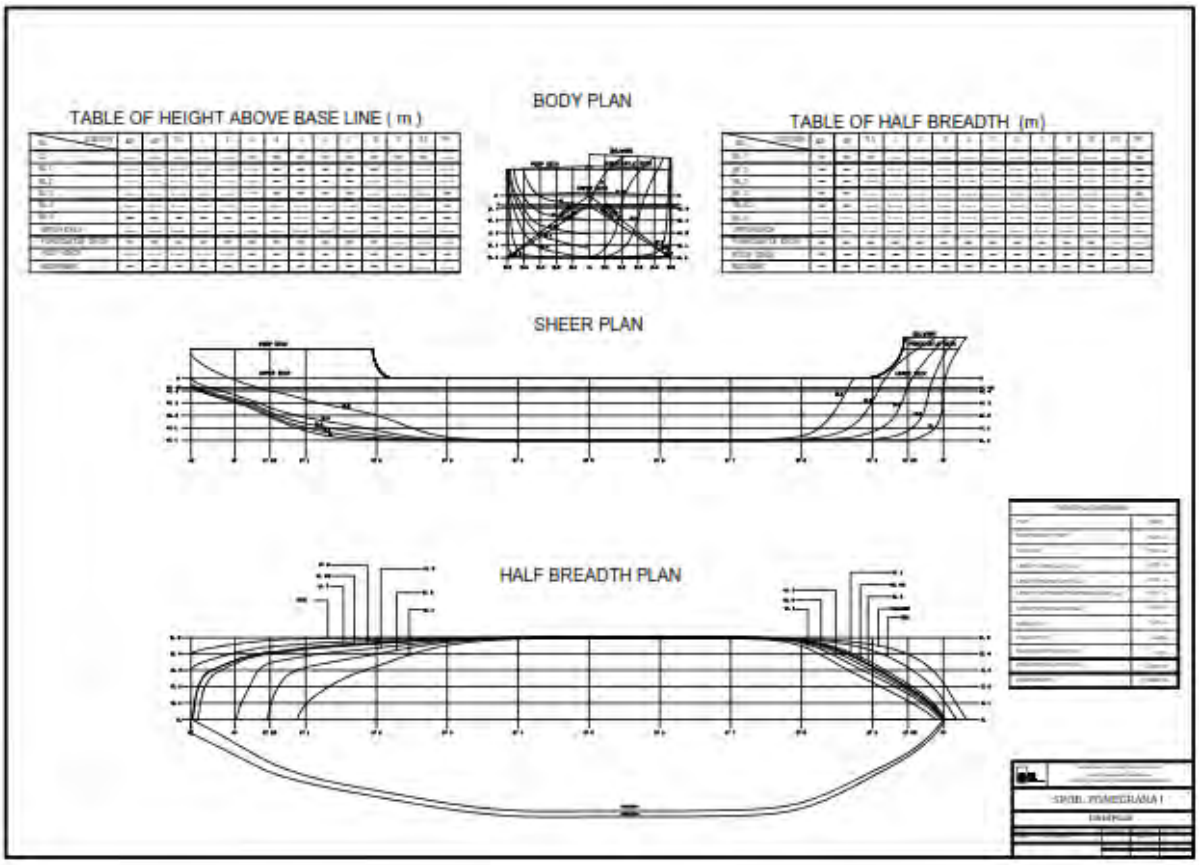
Ukuran Kapal (m)		Payload (ton)	DWT (ton)	GT	Daya Mesin (Kw)	Vs Ladden (Knot)	Vs Ballast (Knot)
Lpp	57,15	1500	1564,75	1197	670	11	13
B	13,16						
H	5						
T	4,2						

Ukuran utama hasil koreksi menjadi ukuran utama kapal yang di desain.

6.2.1. *Lines Plan*

Lines plan adalah gambar yang menyatakan bentuk potongan badan 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). *Lines plan* digunakan untuk mendapatkan desain yang optimum, terutama untuk desain ruang muat.

Ada berbagai cara membuat *lines plan*. Salah satu cara yang diterapkan pada Tugas Akhir ini yaitu menggunakan metode iterasi *sample design*. Sebagai langkah awal, dilakukan pembuatan *Lines Plan* berdasarkan data ukuran utama kapal. Menggambar *half breadth plan* dan *sheer plan* juga dibantu oleh kedua *software* tersebut. Berikut ini adalah *lines plan* dari kapal *Self Propelled Oil Barge* (SPOB).



Gambar VI. 8. *Lines Plan*

Gambar diatas merupakan rencana garis dari kapal SPOB dengan ukuran utama hasil dari optimasi.

6.2.2. *General Arrangement*

Rencana Umum / *General Arrangement* dalam ò*Ship Design and Cosntruction*ò didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. Ruangan-ruangan tersebut misalnya : ruang muat, ruang akomodasi, ruang mesin, superstructure (bangunan atas), dll. Disamping itu, juga meliputi perencanaan penempatan lokasi ruangan beserta aksesnya, untuk kapal barang dagang rencana umum juga mengatur tentang penempatan ruang muat agar muatan dapat diangkut ke tempat tujuan dengan aman, murah, serta proses bongkar muat yang ekonomis.

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. Satu hal yang menjadi pokok dalam penyusunan Rencana Umum adalah faktor ekonomis. Hubungannya adalah bahwa kapal dengan GT atau volume ruangan tertutup pada kapal yang akan menjadi patokan dalam pengenaan pajak pada kapal ketika bersandar di pelabuhan. Kapal dengan ruangan-ruangan besar pada kapal akan menyebabkan GT kapal menjadi besar sehingga pajak yang dikenakan juga besar. GT tersebut dikenakan pada kapal sepanjang umur kapal menjadikan kapal tersebut menjadi tidak efisien dari segi ekonomis. Efisiensi tersebut bisa didapatkan dari penyusunan ruangan yang tepat serta penempatan pintu-pintu yang efektif diantara ruangan-ruangan tersebut.

Penyusunan yang baik juga memperhatikan faktor manusia yang akan tinggal di kapal tersebut. Kebutuhan rohani dan jasmani awak kapal harus bisa terpenuhi. Unsur keindahan dan kenyamanan juga menjadi perhatian dalam membuat Rencana Umum. Faktor konstruksi juga menjadi perhatian dalam pembagian ruangan-ruangan tersebut.

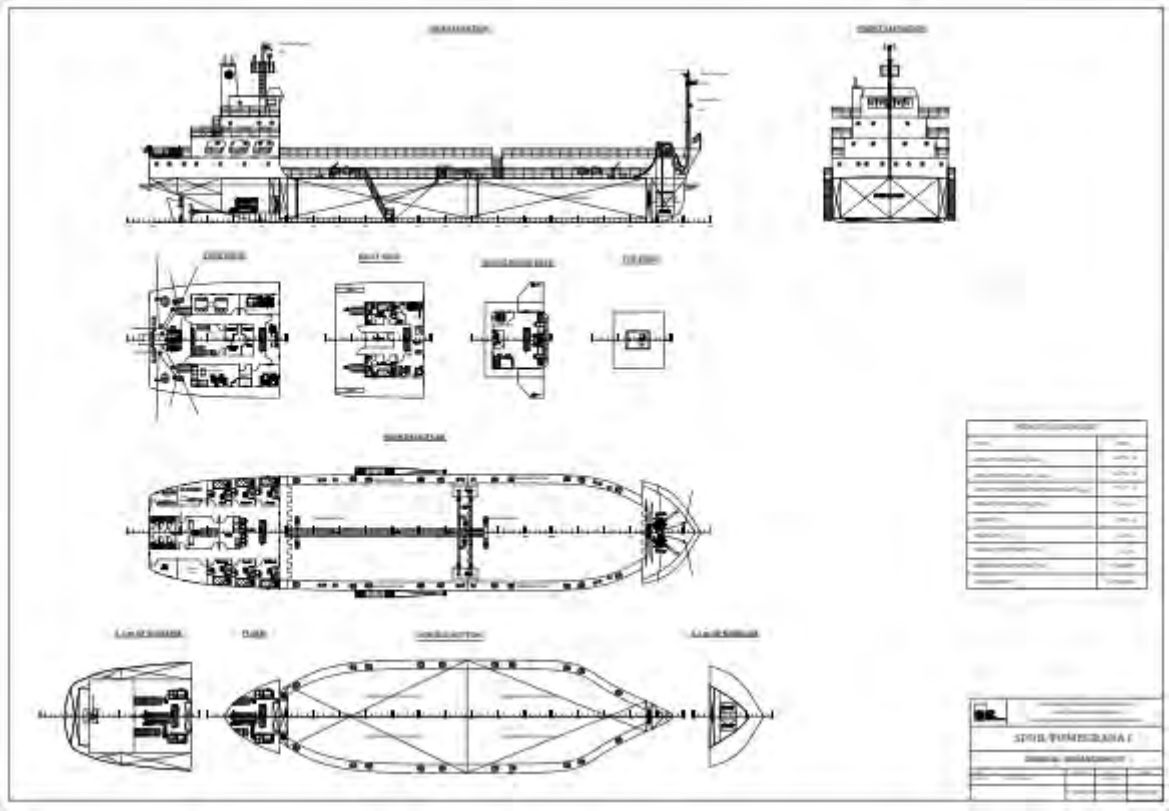
Menurut ò*Ship Design and Construstion*ò, karakteristik rencana umum dibagi menjadi 4 bagian antara lain :

a. Penentuan lokasi ruang utama
b. Penentuan batas-batas ruangan
c. Penentuan dan pemilihan perlengkapan yang tepat
d. Penentuan akses (jalan atau lintasan) yang cukup

Langkah pertama dalam menyelesaikan permasalahan rencana umum adalah menempatkan ruangan-ruangan utama beserta batas-batasnya terhadap lambung kapal dan bangunan atas. Adapun ruangan utama dimaksud adalah :

a. Ruang Muat
b. Kamar mesin
c. Ruangan untuk *crew* dan penumpang
d. Tangki-tangki (bahan bakar, *ballast*, air tawar, dll)
e. Ruangan-ruangan lainnya

Berikut ini adalah general arrangement dari kapal SPOB yang dibuat berdasarkan *lines plan* dan perhitungan.



Gambar VI. 9. *General Arrangement*

6.2.3. Analisis Investasi

Model pengiriman POME dengan rute *port to port* menggunakan kapal SPOB mengeluarkan biaya total sebesar Rp 8.035.803.042. Biaya tersebut sudah termasuk biaya *charter* kapal maupun biaya perjalanan kapal selama melakukan pengiriman POME dari pelabuhan asal menuju pelabuhan tujuan. Jumlah kapal yang dibutuhkan dalam model ini total ada 2 kapal.

Jumlah muatan terkirim menurut hasil optimasi adalah sebesar 90.000 ton. Setiap 600 kg atau 0,6 ton menghasilkan daya listrik sebesar 60 kWh. Jika dikonversikan dalam satu tahun PLTBG dapat menghasilkan listrik sebesar 9.000.000 kWh dari 90.000 ton POME.

Tabel VI. 8. Perhitungan Investasi

POME/Tahun	90.000	ton
Daya Listrik	9.000.000	kWh
Kebutuhan Listrik/ton TBS	20	kWh
TBS/Tahun	150.000	ton
Kebutuhan Pabrik	3.000.000	kWh
Sisa untuk dijual	6.000.000	kWh

Harga Listrik	Rp975	/kWh
Pendapatan Penjualan	Rp5.850.000.000	
Penghematan Biaya Pabrik	Rp2.925.000.000	
Total	Rp8.775.000.000	
Biaya Kapal	Rp8.035.803.042	
Laba Kotor	Rp739.196.958	

Menurut Peraturan Menteri ESDM Nomor 4 Tahun 2012 harga 1 kWh Rp 975/kWh x F. Nilai F untuk wilayah Jawa, Bali, dan Sumatra =1. Selain untuk memenuhi kebutuhan listrik dari pabrik itu sendiri, sisanya dapat dijual kepada PLN. Total pendapatan penjualan dan penghematan biaya yang dikeluarkan oleh pabrik selama satu tahun adalah Rp 8.775.000.000. Sehingga jika dikurangi biaya untuk charter kapal maupun biaya perjalanan kapal selama satu tahun terdapat selisih sebesar Rp 739.196.958.

Pemanfaatan limbah cair sawit sebagai energi listrik alternatif ramah lingkungan bermanfaat ganda, pertama untuk mencukupi kebutuhan pabrik, yang kedua mengatasi pencermaran lingkungan akibat pembuangan limbah cair sawit di area sungai. Selain itu dapat juga menutupi defisit listrik Propinsi Riau.

Kondisi existing saat ini PTPN V belum memiliki dermaga pelabuhan. Oleh karena itu dilakukan perhitungan biaya investasi yang dibutuhkan untuk membangun dermaga pelabuhan di masing ï masing origin dan destinasi. Menurut hasil perhitungan, untuk membangun Dermaga Tanah Putih dibutuhkan biaya sebesar Rp 13.526.657.698,85 dengan panjang dermaga yaitu sepanjang 112 meter. Untuk membangun Dermaga Sei Pagar dibutuhkan biaya sebesar Rp 16.411.132.025,42 dengan panjang dermaga yang sama. Selisih biaya ini disebabkan oleh kedalaman dari masing ï masing dermaga yang berbeda. Sedangkan untuk Dermaga Sei Buatan dibutuhkan biaya sebesar Rp 56.288.043.028,61 dengan panjang dermaga 190 meter. Jadi total biaya yang dibutuhkan untuk membangun ketiga dermaga yaitu Rp 86.225.832.752,88. Rincian perhitungan terlampir pada Lampiran 3.

LAMPIRAN 1. MODEL OPTIMASI

LAMPIRAN 1.1. DATA HARGA KAPAL

No	Jenis Kapal	Deadweight		Tahun Dibangun	Umur Kapal	Harga kapal	Dalam USD	TCH/tahun	TCH / Hari	Sumber
1	GC Barge	12844	ton	1986	30	$ 7.000.000	$ 7.000.000	$ 1.125.951	$ 3.085	www.sunmachinery.com
2	SPCB	10371	ton	1983	33	$ 5.800.000	$ 5.800.000	$ 932.937	$ 2.556	www.sunmachinery.com
3	SPOB	14000	barrel	1980	36					www.sunmachinery.com
4	SPOB	2500	KL							www.shipbrokerindonesia.com
5	LCT	500	TON							www.shipbrokerindonesia.com
6	LCT	140	MOBIL	2010	6	$ 11.500.000	$ 11.500.000	$ 1.849.754	$ 5.068	www.globalchimaks.com
7	LCT	528		2008	8					www.globalchimaks.com
8	LCT	1500	ton	2005	11					www.globalchimaks.com
9	LCT	660	ton	1974	42	$ 730.000	$ 814.242	$ 131.003	$ 359	www.globalchimaks.com
10	LCT	400	ton	1979	37	$ 500.000	$ 557.700	$ 89.739	$ 246	www.globalchimaks.com
11	LCT	740	ton	1977	39	$ 850.000	$ 948.090	$ 152.531	$ 418	www.globalchimaks.com
12	SPCB	17000	ton	2010	6					www.globalchimaks.com
13	SPCB	15000	ton	2007	9					www.globalchimaks.com
14	SPCB	560		2000	16	$ 575.000	$ 575.000	$ 92.522	$ 253	www.globalchimaks.com
15	SPCB	438		2002	14	$ 300.000	$ 432.000	$ 69.521	$ 190	www.globalchimaks.com
16	SPOB	5853	ton	1998	18					www.globalchimaks.com
17	SPCB	4200	ton	1998	18					www.globalchimaks.com
18	SPCB	1112	ton	1985	31					www.globalchimaks.com
19	SPCB	8047	ton	2006	10					www.globalchimaks.com
20	SPCB	10170	ton	2008	8					www.globalchimaks.com
21	SPOB	1012	ton	1997	19	$ 1.000.000	$ 1.115.400	$ 179.443	$ 492	www.globalchimaks.com
22	SPCB	3300	ton	1995	21					www.globalchimaks.com
23	SPOB	1800	ton	2006	10	$ 3.650.000	$ 4.071.210	$ 654.870	$ 1.794	www.globalchimaks.com
24	GC Barge	1280	ton	1958	58	$ 140.000	$ 140.000	$ 22.554	$ 62	www.globalchimaks.com
25	SPCB	3700	ton	2005	11					www.globalchimaks.com

No	Jenis Kapal	Deadweight		Tahun Dibangun	Umur Kapal	Harga kapal	Dalam USD	TCH/tahun	TCH / Hari	Sumber
26	SPCB			2007	9					www.globalchimaks.com
27	SPCB	2214		1996	20	$ 900.000	$ 1.003.860	$ 161.501	$ 442	www.globalchimaks.com
28	SPOB	550	ton	1987	29	$ 270.000	$ 270.000	$ 43.464	$ 119	www.globalchimaks.com
29	SPOB	3500	ton	2001	15					www.globalchimaks.com
30	SPOB	3595	ton	2000	16	$ 7.000.000	$ 7.807.800	$ 1.255.882	$ 3.441	www.globalchimaks.com
31	SPOB	2662	ton	2010	6					www.globalchimaks.com
32	SPOB	3752	ton	1972	44	$ 550.000	$ 613.470	$ 98.709	$ 270	www.globalchimaks.com
33	SPOB	4620	ton	1986	30	$ 625.000	$ 697.125	$ 112.165	$ 307	www.globalchimaks.com
34	SPOB	1372	ton	1996	20					www.globalchimaks.com
35	SPOB	2196	ton	1973	43	$ 450.000	$ 501.930	$ 80.769	$ 221	www.globalchimaks.com
36	SPOB	1130	ton	1958	58	$ 325.000	$ 362.505	$ 58.343	$ 160	www.globalchimaks.com
37	SPOB	1373	ton	1959	57	$ 375.000	$ 418.275	$ 67.313	$ 184	www.globalchimaks.com
38	SPOB	1074	ton	1960	56	$ 205.000	$ 228.657	$ 36.814	$ 101	www.globalchimaks.com
39	SPOB	1125	ton	1964	52	$ 235.000	$ 262.119	$ 42.196	$ 116	www.globalchimaks.com
40	SPCB	3574	ton	2014	2	$ 830.000	$ 830.000	$ 133.537	$ 366	www.maritimesales.com
41	SPCB	2150	ton	2005	11	$ 530.000	$ 530.000	$ 85.284	$ 234	www.maritimesales.com
42	SPOB	158	ton	1995	21	$ 90.000	$ 90.000	$ 14.512	$ 40	www.maritimesales.com
43	SPCB	1760	ton	2011	5	$ 2.630.000	$ 2.630.000	$ 423.059	$ 1.159	www.maritimesales.com
44	LCT	600		1972	44	$ 690.000	$ 769.626	$ 123.826	$ 339	www.globalchimaks.com

LAMPIRAN 1.2. ALTERNATIF RUTE A1 (*PORT TO PORT*)

Lampiran 1.2.1. *Decision Variables*, *Objective Function* & *Constraint*

Jenis Kapal	SPOB		SPBC		LCT	
Payload	1500	ton/trip	1500	ton/trip	1150	ton/trip
DWT	1650,0	ton/trip	1650,0	ton/trip	1265,0	ton/trip
Jumlah Kapal	1	unit	1	unit	1	unit
Supply/RT	1.500	ton/trip	1.306	ton/trip	1.004	ton/trip
Batas DWT	500	1650	275	1650	341	1300
Minimum Total Cost	Rp 4.928.644.541	SPOB	49	TEUs	37	TEUs
		0	193,55	Ton	146,15	Ton
		0	1306	Ton	1004	Ton

Dimensi Utama Kapal Awal :

SPOB										
DWT	**-**	**LPP**	=	0,0149	x	+	33,81	58,40	m	58 m
DWT	**-**	**B**	=	0,0023	x	+	9,2732	13,07	m	13,1 m
DWT	**-**	**H**	=	0,0005	x	+	2,9446	3,77	m	3,8 m
DWT	**-**	**GT**	=	0,7027	x	+	127,05	1286,51	ton	1287 ton
DWT	**-**	**T**	=	0,0005	x	+	2,234	3,06	m	3,1 m
							T maks	**4,90**	**m**	
Batasan Sarat								**ACCEPTED**		
							B maks	**13,16**	**m**	
Batasan Lebar								**ACCEPTED**		
							Loa	**64,23**	**m**	
Batasan Panjang							**Loa maks**	**80,00**	**m**	
								ACCEPTED		

SPCB										
DWT	**-**	**LPP**	=	0,0101	x	+	37,145	53,81	m	54	m
DWT	**-**	**B**	=	0,0025	x	+	9,0081	13,13	m	13,1	m
DWT	**-**	**H**	=	0,0006	x	+	2,14	3,13	m	3,1	m
DWT	**-**	**GT**	=	0,419	x	+	127,05	747,25	ton	747	ton
DWT	**-**	**T**	=	0,0005	x	+	2,234	2,37	m	2,4	m
							T maks	**4,90**	**m**		
Batasan Sarat								**ACCEPTED**			
							B maks	**13,16**	**m**		
Batasan Lebar								**ACCEPTED**			
							Loa	**59,19**	**m**		
Batasan Panjang							**Loa maks**	**80,00**	**m**		
								ACCEPTED			

SPOB										
DWT	**-**	**LPP**	=	0,019	x	+	37,581	61,62	m	62	m
DWT	**-**	**B**	=	0,0026	x	+	9,7316	13,02	m	13,0	m
DWT	**-**	**H**	=	0,0012	x	+	2,1378	3,66	m	3,7	m
DWT	**-**	**GT**	=	0,5441	x	+	137,76	826,05	ton	826	ton
DWT	**-**	**T**	=	0,0011	x	+	1,5936	2,99	m	3,0	m
							T maks	**4,90**	**m**		
Batasan Sarat								**ACCEPTED**			
							B maks	**13,16**	**m**		
Batasan Lebar								**ACCEPTED**			
							Loa	**64,23**	**m**		
Batasan Panjang							**Loa maks**	**80,00**	**m**		
								ACCEPTED			

Lampiran 1.2.2. Data Pendukung

KECEPATAN B/M			
SPOB	Unloading	177	ton/jam
	Loading	177	ton/jam
SPCB/LCT	Unloading	300	Ton/jam
	Loading	300	ton/jam
Biaya MDO	=	$ 434,50	/metrikton
Biaya HFO	=	$ 237,50	/metrikton
Biaya LO	=	$ 454,50	/metrikton
1 USD	=	Rp 15.000	
Vs isi	=	11,00	knot
Vs ballast	=	13,20	knot

Jarak Pelabuhan (nm)		
	PKS Tanah Putih	PKS Sei Buatan
PKS Tanah Putih	-	252
PKS Sei Buatan	-	-

Sea Time isi (Jam)		
	PKS Tanah Putih	PKS Sei Buatan
PKS Tanah Putih	-	45,75
PKS Sei Buatan	-	-

Sea Time ballast (Jam)		
	PKS Tanah Putih	PKS Sei Buatan
PKS Tanah Putih	-	38,1
PKS Sei Buatan	-	-

Port Time (Jam)		
	PKS Tanah Putih	PKS Sei Buatan
PKS Tanah Putih	-	6
PKS Sei Buatan	6	-

Berat Petikemas		
Tank container (ISO Tank)	sesuai standart IMO	
Maks Berat total	30,48	ton
Berat kosong	3,95	ton
Maks payload	26,53	Ton
Biaya Sewa ISO Tank	433.333	/Unit.hari

Hari Siap Kerja		
Total Hari 1 Tahun	365	Hari
Commision Days	330	Hari
	24	Jam/Hari

Lampiran 1.2.3. Voyage Calculation

	Voyage Calculation					
	SPOB					
Demand*	504	ton/hari	60000	ton/tahun		
*kebutuhan di PKS Sei Tandun	2370,132001	ton/RT	60000	ton/tahun		
Seatime						
PKS Tanah Putih - PKS Sei Buatan	45,7	jam	83,9	jam/RT	3,49	hari/RT
PKS Sei Buatan - PKS Tanah Putih	38,1	jam				
Portime						
Loading	8,5	jam	0,35	hari		
Unloading	8,5	jam	0,35	hari		
IT+WT+AT	12	jam	0,50	hari		
Total Time						
Roundtrip	4,7	hari/RT	40	RT/Tahun		
Roundtrip/Tahun	70	/ Tahun				
	SPOB					
Demand*	504	ton/hari	60000	ton/tahun		
*kebutuhan di PKS Sei Tandun	2370,132001	ton/RT	60000	ton/tahun		
Seatime						
PKS Tanah Putih - PKS Sei Buatan	45,7	jam	83,9	jam/RT	3,49	hari/RT
PKS Sei Buatan - PKS Tanah Putih	38,1	jam				
Portime						

Loading	5,0	jam	0,21	hari		
Unloading	5,0	jam	0,21	hari		
IT+WT+AT	12	jam	0,50	hari		
Total Time						
Roundtrip	4,4	hari/RT	46	RT/Tahun		
Roundtrip/Tahun	74	/ Tahun				
	LCT					
Demand*	504	ton/hari	60000	ton/tahun		
*kebutuhan di PKS Sei Tandun	2370,132001	ton/RT	60000	ton/tahun		
Seatime						
PKS Tanah Putih - PKS Sei Buatan	45,7	jam	83,9	jam/RT	3,49	hari/RT
PKS Sei Buatan - PKS Tanah Putih	38,1	jam				
Portime						
Loading	8,5	jam	0,35	hari		
Unloading	8,5	jam	0,35	hari		
IT+WT+AT	12	jam	0,50	hari		
Total Time						
Roundtrip	4,7	hari/RT	60	RT/Tahun		
Roundtrip/Tahun	70	/ Tahun				

Lampiran 1.2.4. Koreksi Ukuran Utama dan Perhitungan Koefisien

Ukuran Utama					**Perhitungan Froude Number**			
Lpp	=	58,4	m		Fn	=	Vs / √(g. L)	
B	=	13,1	m			=	0,236	
T	=	3,1	m		*Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 58*			
H	=	3,8	m		g	=	9,81	m/s^2
Vs	=	11,0	Knot		syarat Fn	=	0,15 ≤ Fn ≤ 0,3	
	=	5,7	m/s		ρ	=	1,025	ton/m^3
Perbandingan Ukuran Utama								
L/B	=	4,47	→	2,83 < L/B < 8,32	DITERIMA			
B/T	=	4,27	→	2,2 < B/T < 12,5	DITERIMA			
L/T	=	19,09	→	7,54 < L/T < 70,24	DITERIMA			
L/H	=	15,49	→	7,23 < L/H < 28,96	DITERIMA			
B/H	=	3,47	→	1,85 < B/H < 4,97	DITERIMA			
Ukuran Utama					**Perhitungan Froude Number**			
Lpp	=	53,8	m		Fn	=	Vs / √(g. L)	
B	=	13,1	m			=	0,246	0,15 ≤ Fn ≤ 0,3
T	=	2,4	m		*Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 58*			
H	=	3,1	m		g	=	9,81	m/s^2
Vs	=	11,0	Knot		syarat Fn	=	0,15 ≤ Fn ≤ 0,3	
	=	5,7	m/s		ρ	=	1,025	ton/m^3
Perbandingan Ukuran Utama								
L/B	=	4,10	→	2,83 < L/B < 8,32	DITERIMA			

B/T	=	5,54	→	2,2 < B/T < 12,5	DITERIMA			
L/T	=	22,71	→	7,54 < L/T < 70,24	DITERIMA			
L/H	=	17,19	→	7,23 < L/H < 28,96	DITERIMA			
B/H	=	4,20	→	1,85 < B/H < 4,97	DITERIMA			
Ukuran Utama					**Perhitungan Froude Number**			
Lpp	=	61,6	m		Fn	=	Vs / √(g. L)	
B	=	13,0	m			=	0,230	
T	=	3,0	m		*Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 58*			
H	=	3,7	m		g	=	9,81	m/s^2
Vs	=	11,0	Knot		syarat Fn	=	0,15 ≤ Fn ≤ 0,3	
	=	5,7	m/s		ρ	=	1,025	ton/m^3
Perbandingan Ukuran Utama								
L/B	=	4,73	→	2,83 < L/B < 8,32	DITERIMA			
B/T	=	4,36	→	2,2 < B/T < 12,5	DITERIMA			
L/T	=	20,64	→	7,54 < L/T < 70,24	DITERIMA			
L/H	=	16,85	→	7,23 < L/H < 28,96	DITERIMA			
B/H	=	3,56	→	1,85 < B/H < 4,97	DITERIMA			

Koefisien Blok (Watson & Gilfillan)							
C_B	=	$-4.22 + 27.8\sqrt{Fn} - 39.1\,Fn + 46.6\,Fn^3$			*(Parametric Ship Design hal. 11-12)*		
	=	0,67					
Koefisien Luas Midship (Series '60)							
C_M	=	$0.977 + 0.085\,(CB - 0.60)$			*(Parametric Ship Design hal. 11-12)*		
	=	0,98					
Koefisien Prismatik							
Cx	=	Cm			*(Parametric Ship Design hal. 11-10)*		
Cp	=	Cb/Cx					
	=	0,68					
Koefisien Bidang Garis Air					*(Parametric Ship Design hal. 11-16)*		
C_{WP}	=	Cb/(0.471+(0.551*Cb))					
	=	0,80					
Panjang Garis Air							
L_{WL}	=	104% · LPP					
	=	60,73	m				
Longitudinal Center of Bouyancy							
a. LCB (%)	=	$-13.5 + 19.4\,CP$		Volume Displasemen	=	Lwl . B . T .Cb	
	=	-0,30	m		=	1624,17	m^3
b. LCB dari M	=	LCB % / 100 . LPP		Displasemen	=	Lwl . B .T . Cb .ρ	
	=	-0,18	m dari M		=	1664,77	ton
c. LCB dari AP	=	0.5 · LPP - LCBM					
	=	30,54	m dari AP				
Koefisien Blok (Watson & Gilfillan)							
C_B	=	$-4.22 + 27.8\sqrt{Fn} - 39.1\,Fn + 46.6\,Fn^3$			*(Parametric Ship Design hal. 11-12)*		

	=	0,64					
Koefisien Luas Midship (Series '60)							
C_M	=	0.977 + 0.085 (CB – 0.60)			*(Parametric Ship Design hal. 11-12)*		
	=	0,98					
Koefisien Prismatik							
Cx	=	Cm			*(Parametric Ship Design hal. 11-10)*		
Cp	=	Cb/Cx					
	=	0,66					
Koefisien Bidang Garis Air					*(Parametric Ship Design hal. 11-16)*		
C_{WP}	=	Cb/(0.471+(0.551*Cb))					
	=	0,78					
Panjang Garis Air							
L_{WL}	=	104% · LPP					
	=	55,96	m				
Longitudinal Center of Bouyancy							
a. LCB (%)	=	– 13.5 + 19.4 CP		Volume Displasemen	=	Lwl . B . T .Cb	
	=	-0,78	m		=	1119,35	m^3
b. LCB dari M	=	LCB % / 100 . LPP		Displasemen	=	Lwl . B .T . Cb .ρ	
	=	-0,44	m dari M		=	1147,33	ton
c. LCB dari AP	=	0.5 · LPP - LCBM					
	=	28,42	m dari AP				
Koefisien Blok (Watson & Gilfillan)							
C_B	=	– 4.22 + 27.8 √Fn – 39.1 Fn + 46.6 Fn^3			*(Parametric Ship Design hal. 11-12)*		
	=	0,69					
Koefisien Luas Midship (Series '60)							

C_M	=	0.977 + 0.085 (CB – 0.60)			*(Parametric Ship Design hal. 11-12)*		
	=	0,98					
Koefisien Prismatik							
Cx	=	Cm			*(Parametric Ship Design hal. 11-10)*		
Cp	=	Cb/Cx					
	=	0,70					
Koefisien Bidang Garis Air					*(Parametric Ship Design hal. 11-16)*		
C_{WP}	=	Cb/(0.471+(0.551*Cb))					
	=	0,81					
Panjang Garis Air							
L_{WL}	=	104% · LPP					
	=	64,08	m				
Longitudinal Center of Bouyancy							
a. LCB (%)	=	– 13.5 + 19.4 CP		Volume Displasemen	=	Lwl . B . T .Cb	
	=	0,02	m		=	1708,56	m^3
b. LCB dari M	=	LCB % / 100 . LPP		Displasemen	=	Lwl . B .T . Cb .ρ	
	=	0,01	m dari M		=	1751,28	ton
c. LCB dari AP	=	0.5 · LPP - LCBM					
	=	32,03	m dari AP				

Lampiran 1.2.5. Perhitungan Hambatan

Ukuran Utama			
LPP	=	58,4	m
LWL	=	60,7	m
B	=	13,1	m
H	=	3,8	m
T	=	3,1	m
1. Viscous Resistance			
Rn	=	Angka reynolds	
	=	$(LWL \cdot Vs)/(1.18831 \times 10^{-6})$	
	=	303.550.500,32	
CF_O	=	Koefisien tahanan gesek	
	=	$0,075/(\log Rn - 2)^2$	
	=	0,002	
2. Resistance Appendages			
C	=	$1 + (0.011 \cdot Cstern)$	
	=	1	
			Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91
L_R/L	=	$(1 - C_P + 0,06.C_P.LCB)/ (4.C_P - 1)$	
	=	0,312	
			Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

L_{WL}^3/V	=	137,910	
			Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91
1+k1	=	$0,93 + 0,4871.C.(B/L)^{1,0681}.(T/L)^{0,4611}.(L/L_R)^{0,1216}(L^3/V)^{0,3649}(1–CP)^{-0,6042}$	
	=	1,280	
			Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91
1 + k2	=	lihat di tabel	
	=	1,4	
			Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92
Wetted Surface Area (S)			
A_{BT}	=	0,00	; tanpa bulb
	=	0,00	m^2
			Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92
S	=	Wetted Surface Area	
	=	$L(2T + B)C_m^{0.5}(0.453 + 0.4425\ C_b - 0.2862C_m - 0.003467\ B/T + 0.3696\ C_{wp}) + 2.38\ A_{BT}/C_b$	
	=	863,39	m^2
			Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91
Wetted Surface Area of Appendages (Sapp)			
Srudder	=	$c_1.c_2.c_3.c_4\,(1.75.L.T/100)$	
	=	6,25	m^2
			(BKI Vol. II hal 14-1)
Sbilgekeel	=	$4\cdot(0.6\cdot CB\cdot LPP\ )\cdot(0.18/(CB-0.2))$	
		35,98	
S_{app}	=	$S_{rudder} + S_{bilgekeel}$	

	=	42,24	m^2		
Stotal	=	S + Sapp			
	=	905,63			
1 + K	=	1 + k1 + [1 + k2 – (1 + k1)] . Sapp/Stot			
	=	1,29			
					Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92
3. Wave Making Resistance					
C_1					
B/LWL	=	0,215			
C_4	=	0,215	; karena 0.11 < B/LWL ≤ 0.25		
Ta	=	3,06	m		
Tf	=	3,06	m		
i_E	=	125.67 B/L - 162.25Cp² + 234.32 Cp³ + 0.1551 (LCB + 6.8 (Ta - Tf)/T)³			
	=	26,801			
d	=	-0,9	*; Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92*		
C_1	=	$2223105\ C_4^{3.7861}\ (T/B)^{1.0796}\ (90 - i_E)^{-1.3757}$			
	=	4,601			
m_1				;	untuk CP ≤ 0.8
C5	=	1.7301 – 0.7067 .CP			
		1,249			
$V^{1/3}/L$	=	0,195			
m_1	=	$0.01404\ L/T - 1.7525V^{1/3}/L - 4.7932\ B/L - C_5$			L/B < 16

	=	-2,344			
λ	=	1.446 Cp - 0.03 L/B			
	=	0,845			
m_2					
L^3/∇	=	137,910			
C_6	=	-1,694			*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92*
m_2	=	$C_6.0.4e^{-0.034Fn-3.29}$			
	=	-0,014			*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92*
				;	tanpa bulbous bow
C_2					
C_2	=	1			
C_3					
A_T	=	0			
C_3	=	$1 - 0.8\ A_T/(BTC_M)$			
	=	1			
RW/W					*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92*
RW/W	=	$C_1 . C_2 . C_3 . e^{(m1Fn^d + m2 \cos(\lambda . Fn^{-2}))}$			
		0,001			
4. Air Resistance					
C_A					*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93*
C_A	=	$0,006\ (LWL + 100)^{-0,16} - 0,00205$			
	=	0,001			
Bouyancy					
W	=	$D \cdot g$			
	=	16331,40			
Total Resistance				N	

R_{total}	=	½ . ρ . v^2 . S_{tot} [C_F (1 + k) + C_A] + RW/W . W			*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93*
	=	43210,85			
	=	43,21		kN	
R_{total} + 15% R_{total}	=	49,69			
(+15% margin akibat daerah pelayaran : kuliah perancangan kapal 1)					
1. Viscous Resistance					
Rn	=	Angka reynolds			*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91*
	=	(LWL . Vs)/(1.18831 x 10^{-6})			
	=	279.716.626,80			
CF_O	=	Koefisien tahanan gesek			
	=	0,075/(log Rn - 2)^2			
	=	0,002			
2. Resistance Appendages					
C	=	1 + (0.011 · Cstern)			
	=	1			
	Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91				
L_R/L	=	($1 – C_P + 0,06.C_P.LCB$)/ ($4.C_P – 1$)			
	=	0,326			
	Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91				
L_{WL}^3/V	=	156,576			
	Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91				
1+k1	=	$0,93 + 0,4871.C.(B/L)^{1,0681}.(T/L)^{0,4611}.(L/L_R)^{0,1216}(L^3/V)^{0,3649}(1–CP)^{-0,6042}$			
	=	1,283			
	Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91				
1 + k2	=	lihat di tabel			

	=	1,4		
				Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92
Wetted Surface Area (S)				
A_{BT}	=	0,00	; tanpa bulb	
	=	0,00	m^2	
				Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92
S	=	Wetted Surface Area		
	=	$L(2T + B)C_m^{0.5}(0.453 + 0.4425\ C_b - 0.2862C_m - 0.003467\ B/T + 0.3696\ C_{wp}) + 2.38\ A_{BT}/C_b$		
	=	718,50	m^2	
				Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91
Wetted Surface Area of Appendages (Sapp)				
Srudder	=	$c_1.c_2.c_3.c_4\ (1.75.L.T/100)$		
	=	4,46	m^2	
	(BKI Vol. II hal 14-1)			
Sbilgekeel	=	$4\cdot(0.6\cdot CB\cdot LPP\ )\cdot(0.18/(CB-0.2))$		
		33,75		
S_{app}	=	$S_{rudder} + S_{bilgekeel}$		
	=	38,21	m^2	
Stotal	=	S + Sapp		
	=	756,71		
1 + K	=	1 + k1 + [1 + k2 – (1 + k1)] . Sapp/Stot		

	=	1,29			
					Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92
3. Wave Making Resistance					
C_1					
B/LWL	=	0,235			
C_4	=	0,235	; karena 0.11 < B/LWL ≤ 0.25		
Ta	=	2,37	m		
Tf	=	2,37	m		
i_E	=	$125.67\ B/L - 162.25Cp^2 + 234.32\ Cp^3 + 0.1551\ (LCB + 6.8\ (Ta - Tf)/T)^3$			
	=	26,827			
d	=	-0,9			*; Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92*
C_1	=	$2223105\ C_4^{3.7861}\ (T/B)^{1.0796}\ (90 - i_E)^{-1.3757}$			
	=	4,826			
m_1				;	untuk CP ≤ 0.8
C5	=	$1.7301 – 0.7067\ .CP$			
		1,267			
$V^{1/3}/L$	=	0,187			
m_1	=	$0.01404\ L/T - 1.7525V^{1/3}/L - 4.7932\ B/L - C_5$			L/B < 16
	=	-2,388			
λ	=	1.446 Cp - 0.03 L/B			
	=	0,820			
m_2					
L^3/∇	=	156,576			

C_6	=	-1,694			*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92*
m_2	=	$C_6.0.4e^{-0.034Fn - 3.29}$			
	=	-0,022			*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92*
				;	tanpa bulbous bow
C_2					
C_2	=	1			
C_3					
A_T	=	0			
C_3	=	$1 - 0.8 A_T/(BTC_M)$			
	=	1			
RW/W					*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92*
RW/W	=	$C_1 . C_2 . C_3 . e^{(m1Fn^d + m2 \cos(\lambda . Fn-2))}$			
		0,001			
4. Air Resistance					
C_A					*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93*
C_A	=	$0,006 (LWL + 100)^{-0,16} – 0,00205$			
	=	0,001			
Bouyancy					
W	=	$D \cdot g$			
	=	11255,31			
Total Resistance				N	
R_{total}	=	$½ . \rho . v^2 . S_{tot} [C_F (1 + k) + C_A] + RW/W . W$		kN	*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93*
	=	36649,44			

	=	36,65		kN	
R_{total} + 15% R_{total}	=	42,15			
(+15% margin akibat daerah pelayaran : kuliah perancangan kapal 1)					
1. Viscous Resistance					
Rn	=	Angka reynolds			*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91*
	=	$(LWL \cdot Vs)/(1.18831 \times 10^{-6})$			
	=	320.293.991,40			
CF_O	=	Koefisien tahanan gesek			
	=	$0,075/(\log Rn - 2)^2$			
	=	0,002			
2. Resistance Appendages					
C	=	$1 + (0.011 \cdot Cstern)$			
	=	1			
					Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91
L_R/L	=	$(1 - C_P + 0,06.C_P.LCB)/ (4.C_P - 1)$			
	=	0,304			
					Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91
L_{WL}^3/V	=	154,010			
					Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91
1+k1	=	$0,93 + 0,4871.C.(B/L)^{1,0681}.(T/L)^{0,4611}.(L/L_R)^{0,1216}(L^3/V)^{0,3649}(1-CP)^{-0,6042}$			
	=	1,273			
					Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91
1 + k2	=	lihat di tabel			
	=	1,4			

			Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92
Wetted Surface Area (S)			
A_{BT}	=	0,00	; tanpa bulb
	=	0,00	m^2
			Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92
S	=	Wetted Surface Area	
	=	$L(2T + B)C_m^{0.5} (0.453 + 0.4425\ C_b - 0.2862C_m - 0.003467\ B/T + 0.3696\ C_{wp}) + 2.38\ A_{BT}/C_b$	
	=	915,61	m^2
			Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91
Wetted Surface Area of Appendages (Sapp)			
Srudder	=	$c_1.c_2.c_3.c_4\ (1.75.L.T/100)$	
	=	6,44	m^2
			(BKI Vol. II hal 14-1)
Sbilgekeel	=	$4\cdot(0.6\cdot CB\cdot LPP\ )\cdot(0.18/(CB-0.2))$	
		37,57	
S_{app}	=	$S_{rudder} + S_{bilgekeel}$	
	=	44,01	m^2
Stotal	=	S + Sapp	
	=	959,62	
1 + K	=	1 + k1 + [1 + k2 – (1 + k1)] . Sapp/Stot	
	=	1,28	
			Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92
3. Wave Making Resistance			
C_1			

B/LWL	=	0,203		
C_4	=	0,203	; karena 0.11 < B/LWL ≤ 0.25	
Ta	=	2,99	m	
Tf	=	2,99	m	
i_E	=	$125.67\ B/L - 162.25Cp^2 + 234.32\ Cp^3 + 0.1551\ (LCB + 6.8\ (Ta - Tf)/T)^3$		
	=	27,071		
d	=	-0,9	*; Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92*	
C_1	=	$2223105\ C_4^{3.7861}\ (T/B)^{1.0796}\ (90 - i_E)^{-1.3757}$		
	=	3,642		
m_1				untuk CP ≤ 0.8
C5	=	$1.7301 – 0.7067\ .CP$		
		1,238		
$V^{1/3}/L$	=	0,037		
m_1	=	$0.01404\ L/T - 1.7525V^{1/3}/L - 4.7932\ B/L - C_5$		L/B < 16
	=	-1,974		
λ	=	1.446 Cp - 0.03 L/B		
	=	0,860		
m_2				
L^3/∇	=	154,010		
C_6	=	-1,694		*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92*
m_2	=	$C_6.0.4e^{\ -\ 0.034Fn\ -3.29}$		
	=	-0,009		*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92*
				tanpa bulbous bow

C_2				
C_2	=	1		
C_3				
A_T	=	0		
C_3	=	$1 - 0.8\ A_T/(BTC_M)$		
	=	1		
RW/W				*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92*
RW/W	=	$C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{(m1Fn^d + m2 \cos(\lambda \cdot Fn-2))}$		
		0,002		
4. Air Resistance				
C_A				*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93*
C_A	=	$0{,}006\ (LWL + 100)^{-0{,}16} - 0{,}00205$		
	=	0,001		
Bouyancy				
W	=	$D \cdot g$		
	=	17180,01		
Total Resistance			N	
R_{total}	=	$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S_{tot} [\ C_F (1 + k) + C_A\ ] + RW/W \cdot W$	kN	*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93*
	=	45208,28		
	=	45,21	kN	
R_{total} + 15% R_{total}	=	51,99		
(+15% margin akibat daerah pelayaran : kuliah perancangan kapal 1)				

Lampiran 1.2.6. Perhitungan Propulsi dan Daya Mesin

Perhitungan Awal				
1+k	=	1,286		
CF	=	0,002		
CA	=	0,001		
CV	=	$(1+ k) C_F + C_A$		*; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 162*
	=	0,003		
w	=	0.3 Cb + 10 Cv Cb - 0.1		*; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163*
	=	0,120		
t	=	0,1		*; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163*
Va	=	V (1 - w)		; Speed of Advantages
	=	9,678		*(parametric design hal 11-27)*
Effective Horse Power (EHP)				
P_E	=	Rt x Vs		
	=	295,15	**KW**	
Thrust Horse Power				
THP	=	PE·(1−w)/(1−t)		
	=	288,54	**KW**	
Propulsive Coefficient Calculation				

η_H	=	Hull Efficiency		*(parametric design hal 11-29)*
	=	(1 - t)/(1 - w)		
	=	1,023		
η_O	=	Open Water Test Propeller Efficiency		
	=	(J/(2·n))·(KT/KQ)		(propeller B-series = 0.5 - 0.6)
	=	0,6		
η_r	=	Rotative Efficiency		; Ship Resistance and Propultion
	=	0,985		Modul 7 hal. 2
				(PNA vol 2 hal 163)
ηp	=	Quasi-Propulsive Coefficient		
	=	$\eta_o\eta_r$		(parametric design hal 11-27)
	=	0,591		
Delivered Horse Power				
DHP	=	Delivered Power at Propeller		*(parametric design hal 11-29)*
	=	PT/ηp		
	=	488,23	Kw	
Shaft Horse Power				
η_S	=	Shaft Efficiency ; (0.981 ~ 0.985)		
	=	0,98		; untuk mesin di after

PS	=	Shaft Power		*(parametric design hal 11-29)*
	=	PD/η_S		
	=	498,19	kw	
Brake Horse Power Calculation (BHP)				
η_R	=	Reduction Gear Efficiency		
	=	0,98		
PB_0	=	Brake Horse Power (BHP_0)		
	=	PS/η_R		
	=	508,36	Kw	
Koreksi MCR	=	15% · PB0		
PB	=	115% · PB0	= BHP	
BHP	=	584,61	Kw	
	=	BHP · 1.3596 HP		
	=	794,84	HP	
Perhitungan Awal				
1+k	=	1,289		
CF	=	0,002		
CA	=	0,001		
CV	=	(1+ k) C_F + C_A		*; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 162*
	=	0,003		
w	=	0.3 Cb + 10 Cv Cb - 0.1		*; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163*
	=	0,112		

t	=	0,1		*; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163*
Va	=	V (1 - w)		; Speed of Advantages
	=	9,770		*(parametric design hal 11-27)*
Effective Horse Power (EHP)				
P_E	=	Rt x Vs		
	=	250,33	**KW**	
Thrust Horse Power				
THP	=	PE·(1−w)/(1−t)		
	=	247,05	**KW**	
Propulsive Coefficient Calculation				
η_H	=	Hull Efficiency		*(parametric design hal 11-29)*
	=	(1 - t)/(1 - w)		
	=	1,013		
η_O	=	Open Water Test Propeller Efficiency		
	=	(J/(2·n))·(KT/KQ)		(propeller B-series = 0.5 - 0.6)
	=	0,6		
η_r	=	Rotative Efficiency		; Ship Resistance and Propultion
	=	0,985		Modul 7 hal. 2
				(PNA vol 2 hal 163)
ηp	=	Quasi-Propulsive Coefficient		
	=	$\eta_o\eta_r$		(parametric design hal 11-27)
	=	0,591		
Delivered Horse Power				
DHP	=	Delivered Power at Propeller		*(parametric design hal 11-29)*

	=	PT/ηp		
	=	418,02	Kw	
Shaft Horse Power				
η_S	=	Shaft Efficiency ; (0.981 ~ 0.985)		
	=	0,98		; untuk mesin di after
PS	=	Shaft Power		*(parametric design hal 11-29)*
	=	PD/η_S		
	=	426,56	kw	
Brake Horse Power Calculation (BHP)				
η_R	=	Reduction Gear Efficiency		
	=	0,98		
PB_0	=	Brake Horse Power (BHP_0)		
	=	PS/η_R		
	=	435,26	Kw	
Koreksi MCR	=	15% · PB0		
PB	=	115% · PB0	= BHP	
BHP	=	500,55	Kw	
	=	BHP · 1.3596 HP		
	=	680,55	HP	
Perhitungan Awal				
1+k	=	0,304		
CF	=	0,000		
CA	=	0,000		

CV	=	$(1+ k) C_F + C_A$		*; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 162*
	=	0,000		
w	=	0.3 Cb + 10 Cv Cb - 0.1		*; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163*
	=	0,106		
t	=	0,1		*; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163*
Va	=	V (1 - w)		; Speed of Advantages
	=	9,836		*(parametric design hal 11-27)*
Effective Horse Power (EHP)				
P_E	=	Rt x Vs		
	=	308,79	**KW**	
Thrust Horse Power				
THP	=	PE·(1−w)/(1−t)		
	=	306,80	**KW**	
Propulsive Coefficient Calculation				
η_H	=	Hull Efficiency		*(parametric design hal 11-29)*
	=	(1 - t)/(1 - w)		
	=	1,006		
η_O	=	Open Water Test Propeller Efficiency		
	=	(J/(2·n))·(KT/KQ)		(propeller B-series = 0.5 - 0.6)
	=	0,6		
η_r	=	Rotative Efficiency		; Ship Resistance and Propultion
	=	0,985		Modul 7 hal. 2
				(PNA vol 2 hal 163)
ηp	=	Quasi-Propulsive Coefficient		

	=	$\eta_o\eta_r$		(parametric design hal 11-27)
	=	0,591		
Delivered Horse Power				
DHP	=	Delivered Power at Propeller		*(parametric design hal 11-29)*
	=	PT/ηp		
	=	519,13	Kw	
Shaft Horse Power				
η_S	=	Shaft Efficiency ; (0.981 ~ 0.985)		
	=	0,98		; untuk mesin di after
PS	=	Shaft Power		*(parametric design hal 11-29)*
	=	PD/η_S		
	=	529,72	kw	
Brake Horse Power Calculation (BHP)				
η_R	=	Reduction Gear Efficiency		
	=	0,98		
PB_0	=	Brake Horse Power (BHP_0)		
	=	PS/η_R		
	=	540,53	Kw	
Koreksi MCR	=	15% · PB0		
PB	=	115% · PB0	= BHP	
BHP	=	621,61	Kw	
	=	BHP · 1.3596 HP		
	=	845,15	HP	

Lampiran 1.2.7. Penentuan *Main Engine* dan *Auxilliary Engine*

Spesifikasi Mesin Utama									
No	Merek	Tipe	Daya (kW)	SFOC (g/kW/hr)	Mesin yang memungkinkan	Oil Consumption/year (ton)		Biaya BBM ME	Total Biaya
						SFOC	(Seatime x sfoc x power)	**$ 237,50**	
1	YANMAR	4CHE3	57	250	**0**	0	0	$ -	$ -
2	YANMAR	4CHE3	63	320	**0**	0	0	$ -	$ -
3	YANMAR	6CHE3	85	240	**0**	0	0	$ -	$ -
4	YANMAR	6CHE3	96	300	**0**	0	0	$ -	$ -
5	YANMAR	6CH-HTE3	125	230	**0**	0	0	$ -	$ -
6	YANMAR	6CH-HTE3	140	290	**0**	0	0	$ -	$ -
7	YANMAR	6CH-DTE3	154	220	**0**	0	0	$ -	$ -
8	YANMAR	6CH-DTE3	169	260	**0**	0	0	$ -	$ -
9	YANMAR	6CH-UTE	188	220	**0**	0	0	$ -	$ -
10	YANMAR	6CH-UTE	206	260	**0**	0	0	$ -	$ -
11	YANMAR	6CX-GTYE	265	210	**0**	0	0	$ -	$ -
12	YANMAR	6CX-GTYE	294	240	**0**	0	0	$ -	$ -
13	YANMAR	6HA2M-HTE	204	217	**0**	0	0	$ -	$ -
14	YANMAR	6HA2M-HTE	257	230	**0**	0	0	$ -	$ -
15	YANMAR	6HA2M-DTE	298	205	**0**	0	0	$ -	$ -
16	YANMAR	6HYM-ETE	368	217	**0**	0	0	$ -	$ -
17	YANMAR	6HYM-ETE	441	238	**0**	0	0	$ -	$ -
18	YANMAR	6HYM-ETE	478	241	**0**	0	0	$ -	$ -
19	YANMAR	6HYM-ETE	515	243	**0**	0	0	$ -	$ -
20	YANMAR	6AYM-STE	485	247	**0**	0	0	$ -	$ -

21	YANMAR	6AYM-ETE	555	270	**0**	0	0	$ -	$ -	
22	YANMAR	6AYM-ETE	610	238	**1**	238	557	$ 132.229,44	$ 132.229	
23	YANMAR	6AYM-GTE	670	239	**1**	239	614	$ 145.845,85	$ 145.846	
24	MAN B&W	6L23/30A	960	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
25	MAN B&W	8L23/30A	1280	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
26	MAN B&W	5L27/38	1500	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
27	MAN B&W	5L27/38	1600	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
28	MAN B&W	6L27/38	1980	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
29	MAN B&W	7L27/38	2310	196	**0**	0	0	$ -	$ -	
30	MAN B&W	8L27/38	2640	196	**0**	0	0	$ -	$ -	
31	MAN B&W	9L27/38	2970	196	**0**	0	0	$ -	$ -	
32	MAN B&W	6L28/32A	1470	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
33	MAN B&W	7L28/32A	1715	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
34	MAN B&W	8L28/32A	1960	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
35	MAN B&W	9L28/32A	2205	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
36	MAN B&W		3000	189	**0**	0	0	$ -	$ -	
37	MAN B&W		3500	195	**0**	0	0	$ -	$ -	
38	MAN B&W		4000	195	**0**	0	0	$ -	$ -	
39	MAN B&W		4500	195	**0**	0	0	$ -	$ -	
40	MAN B&W		5000	195	**0**	0	0	$ -	$ -	
41	MAN B&W		5500	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
42	MAN B&W		6000	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
43	MAN B&W		6500	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
44	MAN B&W		7000	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
45	MAN B&W		7500	189	**0**	0	0	$ -	$ -	
46	MAN B&W		8000	192	**0**	0	0	$ -	$ -	
47	MAN B&W		8500	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
									$ 132.229	22

Spesifikasi Mesin Pembantu												
NO	CATERPILLAR	Type	BHP	bkW	rpm	U.S. g/h	SFOC (g/bkW-hr)	Mesin yang memungkinkan	Oil Consumption/year (ton)		Biaya BBM AE	Total Biaya
									SFOC	(Seatime x sfoc x power)	$ 434,50	
1	CATERPILLAR	C9	253	189	1800	13,7	228,8	**1**	228,8	195	$ 169.649	$ 169.649
2	CATERPILLAR	C9	311	232	1800	16,9	229,5	**1**	229,5	240	$ 208.883	$ 208.883
3	CATERPILLAR	C9	361	269	1800	17,9	211,7	**1**	211,7	257	$ 223.412	$ 223.412
4	CATERPILLAR	C9	217	162	1500	10,9	212,1	**1**	212,1	155	$ 134.800	$ 134.800
5	CATERPILLAR	C9	253	189	1500	12,9	209	**1**	209	178	$ 154.968	$ 154.968
6	CATERPILLAR	C9	288	215	1500	14,2	206,6	**1**	206,6	201	$ 174.262	$ 174.262
7	CATERPILLAR	C15	536	400	1800-2000	27,4	218,8	**0**	0	0	$ -	$ -
8	CATERPILLAR	C15	540	403	1800-2000	27,4	218,8	**0**	0	0	$ -	$ -
9	CATERPILLAR	C18	404	301	1500	19,9	210	**0**	0	0	$ -	$ -
10	CATERPILLAR	C18	514	383	1500	25,2	209	**0**	0	0	$ -	$ -
11	CATERPILLAR	C18	587	438	1500	28,7	208	**0**	0	0	$ -	$ -
12	CATERPILLAR	C18	660	492	1500	32,3	209	**0**	0	0	$ -	$ -
13	CATERPILLAR	C18	499	372	1800	25,4	217	**0**	0	0	$ -	$ -
14	CATERPILLAR	C18	624	465	1800	31,5	215	**0**	0	0	$ -	$ -

15	CATERPILLAR	C32	791	590	1500	37,9	203,8	**0**	0	0	$ -	$ -
16	CATERPILLAR	C32	923	688	1500	44	203	**0**	0	0	$ -	$ -
17	CATERPILLAR	C32	1172	874	1500	57	207	**0**	0	0	$ -	$ -
18	CATERPILLAR	C32	916	683	1800	45,3	210,8	**0**	0	0	$ -	$ -
19	CATERPILLAR	C32	1047	781	1800	51,8	210,4	**0**	0	0	$ -	$ -
20	CATERPILLAR	C32	1333	994	1800	64,9	207,2	**0**	0	0	$ -	$ -
21	CATERPILLAR	C33	1500	1161	1800	30,7	209	**0**	0	0	$ -	$ -
22	CATERPILLAR	C34	1700	1361	1500	34,3	206,6	**0**	0	0	$ -	$ -
23	CATERPILLAR	C35	2153	1814	1500	27,4	218,8	**0**	0	0	$ -	$ -
24	CATERPILLAR	C36	2337	1998	1500	33,5	218,8	**0**	0	0	$ -	$ -
25	CATERPILLAR	C37	2745	2406	1800	39,9	210	**0**	0	0	$ -	$ -
26	CATERPILLAR	C38	3000	2661	1800	46	209	**0**	0	0	$ -	$ -
27	CATERPILLAR	C39	3254	2915	1800	59	208	**0**	0	0	$ -	$ -
28	CATERPILLAR	C40	3559	3220	2000	47,3	209	**0**	0	0	$ -	$ -
29	CATERPILLAR	C41	3749	3410	2000	53,8	217	**0**	0	0	$ -	$ -
30	CATERPILLAR	C42	4000	3661	2000	66,9	215	**0**	0	0	$ -	$ -
												$ 134.800	4

MCR Mesin					
BHP	=	584,61	<= BHP <=	876,92	kW
	=	794,84	HP		
Mesin					
Merk	=	YANMAR			
Type	=	6AYM-ETE			
Daya Mesin yang digunakan					
Daya	=	610	kW		
	=	829	HP		
Konsumsi Fuel Oil					
	=	238	g/kWh		
	=	324	g/BHPh		
Biaya BBM ME	=	$ 132.229	/tahun		
	=	Rp 1.983.441.639	/tahun		

MCR Mesin					
BHP	=	146,15	<=BHP<=	292,31	kW
	=	198,71	HP		
Mesin					
Merk	=	CATERPILLAR			
Type	=	C9			
Daya Mesin yang digunakan					
Daya	=	162	kW		
	=	220	HP		
Jumlah AE	=	2			

Konsumsi Fuel Oil			
	=	212,1	g/kWh
	=	288	g/BHPh
Total Biaya			
Biaya BBM ME	=	$ 134.800	
	=	Rp 2.021.994.404	

Spesifikasi Mesin Utama									
No	Merek	Tipe	Daya (kW)	SFOC (g/kW/hr)	Mesin yang memungkinkan	Oil Consumption/year (ton)		Biaya BBM ME	Total Biaya
						SFOC	(Seatime x sfoc x power)	**$ 237,50**	
1	YANMAR	4CHE3	57	250	**0**	0	0	$ -	$ -
2	YANMAR	4CHE3	63	320	**0**	0	0	$ -	$ -
3	YANMAR	6CHE3	85	240	**0**	0	0	$ -	$ -
4	YANMAR	6CHE3	96	300	**0**	0	0	$ -	$ -
5	YANMAR	6CH-HTE3	125	230	**0**	0	0	$ -	$ -
6	YANMAR	6CH-HTE3	140	290	**0**	0	0	$ -	$ -
7	YANMAR	6CH-DTE3	154	220	**0**	0	0	$ -	$ -
8	YANMAR	6CH-DTE3	169	260	**0**	0	0	$ -	$ -
9	YANMAR	6CH-UTE	188	220	**0**	0	0	$ -	$ -
10	YANMAR	6CH-UTE	206	260	**0**	0	0	$ -	$ -
11	YANMAR	6CX-GTYE	265	210	**0**	0	0	$ -	$ -
12	YANMAR	6CX-GTYE	294	240	**0**	0	0	$ -	$ -
13	YANMAR	6HA2M-HTE	204	217	**0**	0	0	$ -	$ -
14	YANMAR	6HA2M-HTE	257	230	**0**	0	0	$ -	$ -
15	YANMAR	6HA2M-DTE	298	205	**0**	0	0	$ -	$ -
16	YANMAR	6HYM-ETE	368	217	**0**	0	0	$ -	$ -
17	YANMAR	6HYM-ETE	441	238	**0**	0	0	$ -	$ -
18	YANMAR	6HYM-ETE	478	241	**0**	0	0	$ -	$ -
19	YANMAR	6HYM-ETE	515	243	**1**	243	480	$ 113.981,63	$ 113.981
20	YANMAR	6AYM-STE	485	247	**0**	0	0	$ -	$ -
21	YANMAR	6AYM-ETE	555	270	**1**	270	575	$ 136.482,86	$ 136.482
22	YANMAR	6AYM-ETE	610	238	**1**	238	557	$ 132.229,44	$ 132.229

23	YANMAR	6AYM-GTE	670	239	**1**	239	614	$ 145.845,85	$ 145.846	
24	MAN B&W	6L23/30A	960	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
25	MAN B&W	8L23/30A	1280	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
26	MAN B&W	5L27/38	1500	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
27	MAN B&W	5L27/38	1600	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
28	MAN B&W	6L27/38	1980	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
29	MAN B&W	7L27/38	2310	196	**0**	0	0	$ -	$ -	
30	MAN B&W	8L27/38	2640	196	**0**	0	0	$ -	$ -	
31	MAN B&W	9L27/38	2970	196	**0**	0	0	$ -	$ -	
32	MAN B&W	6L28/32A	1470	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
33	MAN B&W	7L28/32A	1715	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
34	MAN B&W	8L28/32A	1960	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
35	MAN B&W	9L28/32A	2205	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
36	MAN B&W		3000	189	**0**	0	0	$ -	$ -	
37	MAN B&W		3500	195	**0**	0	0	$ -	$ -	
38	MAN B&W		4000	195	**0**	0	0	$ -	$ -	
39	MAN B&W		4500	195	**0**	0	0	$ -	$ -	
40	MAN B&W		5000	195	**0**	0	0	$ -	$ -	
41	MAN B&W		5500	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
42	MAN B&W		6000	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
43	MAN B&W		6500	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
44	MAN B&W		7000	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
45	MAN B&W		7500	189	**0**	0	0	$ -	$ -	
46	MAN B&W		8000	192	**0**	0	0	$ -	$ -	
47	MAN B&W		8500	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
									$ 113.981	19

Spesifikasi Mesin Pembantu												
NO	CATERPILLAR	Type	BHP	bkW	rpm	U.S. g/h	SFOC (g/bkW-hr)	Mesin yang memungkinkan	Oil Consumption/year (ton)		Biaya BBM AE	Total Biaya
									SFOC	(Seatime x sfoc x power)	$ 434,50	
1	CATERPILLAR	C9	253	189	1800	13,7	228,8	**1**	228,8	211	$ 183.013	$ 183.013
2	CATERPILLAR	C9	311	232	1800	16,9	229,5	**1**	229,5	259	$ 225.338	$ 225.338
3	CATERPILLAR	C9	361	269	1800	17,9	211,7	**0**	0	0	$ -	$ -
4	CATERPILLAR	C9	217	162	1500	10,9	212,1	**1**	212,1	167	$ 145.419	$ 145.419
5	CATERPILLAR	C9	253	189	1500	12,9	209	**1**	209	192	$ 167.175	$ 167.175
6	CATERPILLAR	C9	288	215	1500	14,2	206,6	**1**	206,6	216	$187.989	$187.989
7	CATERPILLAR	C15	536	400	1800-2000	27,4	218,8	**0**	0	0	$ -	$ -
8	CATERPILLAR	C15	540	403	1800-2000	27,4	218,8	**0**	0	0	$ -	$ -
9	CATERPILLAR	C18	404	301	1500	19,9	210	**0**	0	0	$ -	$ -
10	CATERPILLAR	C18	514	383	1500	25,2	209	**0**	0	0	$ -	$ -
11	CATERPILLAR	C18	587	438	1500	28,7	208	**0**	0	0	$ -	$ -
12	CATERPILLAR	C18	660	492	1500	32,3	209	**0**	0	0	$ -	$ -
13	CATERPILLAR	C18	499	372	1800	25,4	217	**0**	0	0	$ -	$ -
14	CATERPILLAR	C18	624	465	1800	31,5	215	**0**	0	0	$ -	$ -

15	CATERPILLAR	C32	791	590	1500	37,9	203,8	**0**	0	0	$ -	$ -
16	CATERPILLAR	C32	923	688	1500	44	203	**0**	0	0	$ -	$ -
17	CATERPILLAR	C32	1172	874	1500	57	207	**0**	0	0	$ -	$ -
18	CATERPILLAR	C32	916	683	1800	45,3	210,8	**0**	0	0	$ -	$ -
19	CATERPILLAR	C32	1047	781	1800	51,8	210,4	**0**	0	0	$ -	$ -
20	CATERPILLAR	C32	1333	994	1800	64,9	207,2	**0**	0	0	$ -	$ -
21	CATERPILLAR	C33	1500	1161	1800	30,7	209	**0**	0	0	$ -	$ -
22	CATERPILLAR	C34	1700	1361	1500	34,3	206,6	**0**	0	0	$ -	$ -
23	CATERPILLAR	C35	2153	1814	1500	27,4	218,8	**0**	0	0	$ -	$ -
24	CATERPILLAR	C36	2337	1998	1500	33,5	218,8	**0**	0	0	$ -	$ -
25	CATERPILLAR	C37	2745	2406	1800	39,9	210	**0**	0	0	$ -	$ -
26	CATERPILLAR	C38	3000	2661	1800	46	209	**0**	0	0	$ -	$ -
27	CATERPILLAR	C39	3254	2915	1800	59	208	**0**	0	0	$ -	$ -
28	CATERPILLAR	C40	3559	3220	2000	47,3	209	**0**	0	0	$ -	$ -
29	CATERPILLAR	C41	3749	3410	2000	53,8	217	**0**	0	0	$ -	$ -
30	CATERPILLAR	C42	4000	3661	2000	66,9	215	**0**	0	0	$ -	$ -
												$ 145.419	4

MCR Mesin					
BHP	=	500,55	<= BHP <=	750,83	kW
	=	680,55	HP		
Mesin					
Merk	=	YANMAR			
Type	=	6AYM-ETE			
Daya Mesin yang digunakan					
Daya	=	515	kW		
	=	700	HP		
Konsumsi Fuel Oil					
	=	243	g/kWh		
	=	330	g/BHPh		
Biaya BBM ME	=	$ 113.982	/tahun		
	=	Rp1.709.724.507	/tahun		

MCR Mesin					
BHP	=	125,14	<=BHP<=	250,28	kW
	=	170,14	HP		
Mesin					
Merk	=	CATERPILLAR			
Type	=	C9			
Daya Mesin yang digunakan					
Daya	=	162	kW		
	=	220	HP		
Jumlah AE	=	2			

Konsumsi Fuel Oil			
	=	212,1	g/kWh
	=	288	g/BHPh
Total Biaya			
Biaya BBM ME	=	$ 145.419	
	=	Rp 2.181.278.331	

Spesifikasi Mesin Utama									
No	Merek	Tipe	Daya (kW)	SFOC (g/kW/hr)	Mesin yang memungkinkan	Oil Consumption/year (ton)		Biaya BBM ME	Total Biaya
						SFOC	(Seatime x sfoc x power)	**$ 237,50**	
1	YANMAR	4CHE3	57	250	**0**	0	0	$ -	$ -
2	YANMAR	4CHE3	63	320	**0**	0	0	$ -	$ -
3	YANMAR	6CHE3	85	240	**0**	0	0	$ -	$ -
4	YANMAR	6CHE3	96	300	**0**	0	0	$ -	$ -
5	YANMAR	6CH-HTE3	125	230	**0**	0	0	$ -	$ -
6	YANMAR	6CH-HTE3	140	290	**0**	0	0	$ -	$ -
7	YANMAR	6CH-DTE3	154	220	**0**	0	0	$ -	$ -
8	YANMAR	6CH-DTE3	169	260	**0**	0	0	$ -	$ -
9	YANMAR	6CH-UTE	188	220	**0**	0	0	$ -	$ -
10	YANMAR	6CH-UTE	206	260	**0**	0	0	$ -	$ -
11	YANMAR	6CX-GTYE	265	210	**0**	0	0	$ -	$ -
12	YANMAR	6CX-GTYE	294	240	**0**	0	0	$ -	$ -
13	YANMAR	6HA2M-HTE	204	217	**0**	0	0	$ -	$ -
14	YANMAR	6HA2M-HTE	257	230	**0**	0	0	$ -	$ -
15	YANMAR	6HA2M-DTE	298	205	**0**	0	0	$ -	$ -
16	YANMAR	6HYM-ETE	368	217	**0**	0	0	$ -	$ -
17	YANMAR	6HYM-ETE	441	238	**0**	0	0	$ -	$ -
18	YANMAR	6HYM-ETE	478	241	**0**	0	0	$ -	$ -
19	YANMAR	6HYM-ETE	515	243	**0**	0	0	$ -	$ -
20	YANMAR	6AYM-STE	485	247	**0**	0	0	$ -	$ -
21	YANMAR	6AYM-ETE	555	270	**0**	0	0	$ -	$ -
22	YANMAR	6AYM-ETE	610	238	**0**	0	0	$ -	$ -

23	YANMAR	6AYM-GTE	670	239	**1**	239	921	$ 218.768,78	$ 218.769	
24	MAN B&W	6L23/30A	960	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
25	MAN B&W	8L23/30A	1280	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
26	MAN B&W	5L27/38	1500	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
27	MAN B&W	5L27/38	1600	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
28	MAN B&W	6L27/38	1980	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
29	MAN B&W	7L27/38	2310	196	**0**	0	0	$ -	$ -	
30	MAN B&W	8L27/38	2640	196	**0**	0	0	$ -	$ -	
31	MAN B&W	9L27/38	2970	196	**0**	0	0	$ -	$ -	
32	MAN B&W	6L28/32A	1470	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
33	MAN B&W	7L28/32A	1715	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
34	MAN B&W	8L28/32A	1960	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
35	MAN B&W	9L28/32A	2205	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
36	MAN B&W		3000	189	**0**	0	0	$ -	$ -	
37	MAN B&W		3500	195	**0**	0	0	$ -	$ -	
38	MAN B&W		4000	195	**0**	0	0	$ -	$ -	
39	MAN B&W		4500	195	**0**	0	0	$ -	$ -	
40	MAN B&W		5000	195	**0**	0	0	$ -	$ -	
41	MAN B&W		5500	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
42	MAN B&W		6000	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
43	MAN B&W		6500	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
44	MAN B&W		7000	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
45	MAN B&W		7500	189	**0**	0	0	$ -	$ -	
46	MAN B&W		8000	192	**0**	0	0	$ -	$ -	
47	MAN B&W		8500	194	**0**	0	0	$ -	$ -	
									$ 218.769	23

Spesifikasi Mesin Pembantu												
NO	CATERPILLAR	Type	BHP	bkW	rpm	U.S. g/h	SFOC (g/bkW-hr)	Mesin yang memungkinkan	Oil Consumption/year (ton)		Biaya BBM AE	Total Biaya
									SFOC	(Seatime x sfoc x power)	$ 434,50	
1	CATERPILLAR	C9	253	189	1800	13,7	228,8	**1**	228,8	275	$ 238.713	$ 238.713
2	CATERPILLAR	C9	311	232	1800	16,9	229,5	**1**	229,5	338	$ 293.919	$ 293.919
3	CATERPILLAR	C9	361	269	1800	17,9	211,7	**1**	211,7	362	$ 314.362	$ 314.362
4	CATERPILLAR	C9	217	162	1500	10,9	212,1	**1**	212,1	218	$ 189.676	$ 189.676
5	CATERPILLAR	C9	253	189	1500	12,9	209	**1**	209	251	$ 218.055	$ 218.055
6	CATERPILLAR	C9	288	215	1500	14,2	206,6	**1**	206,6	282	$ 245.203	$ 245.203
7	CATERPILLAR	C15	536	400	1800-2000	27,4	218,8	**0**	0	0	$ -	$ -
8	CATERPILLAR	C15	540	403	1800-2000	27,4	218,8	**0**	0	0	$ -	$ -
9	CATERPILLAR	C18	404	301	1500	19,9	210	**1**	0	402	$ 348.934	$ 348.934
10	CATERPILLAR	C18	514	383	1500	25,2	209	**0**	0	0	$ -	$ -
11	CATERPILLAR	C18	587	438	1500	28,7	208	**0**	0	0	$ -	$ -
12	CATERPILLAR	C18	660	492	1500	32,3	209	**0**	0	0	$ -	$ -
13	CATERPILLAR	C18	499	372	1800	25,4	217	**0**	0	0	$ -	$ -
14	CATERPILLAR	C18	624	465	1800	31,5	215	**0**	0	0	$ -	$ -

15	CATERPILLAR	C32	791	590	1500	37,9	203,8	**0**	0	0	$ -	$ -
16	CATERPILLAR	C32	923	688	1500	44	203	**0**	0	0	$ -	$ -
17	CATERPILLAR	C32	1172	874	1500	57	207	**0**	0	0	$ -	$ -
18	CATERPILLAR	C32	916	683	1800	45,3	210,8	**0**	0	0	$ -	$ -
19	CATERPILLAR	C32	1047	781	1800	51,8	210,4	**0**	0	0	$ -	$ -
20	CATERPILLAR	C32	1333	994	1800	64,9	207,2	**0**	0	0	$ -	$ -
21	CATERPILLAR	C33	1500	1161	1800	30,7	209	**0**	0	0	$ -	$ -
22	CATERPILLAR	C34	1700	1361	1500	34,3	206,6	**0**	0	0	$ -	$ -
23	CATERPILLAR	C35	2153	1814	1500	27,4	218,8	**0**	0	0	$ -	$ -
24	CATERPILLAR	C36	2337	1998	1500	33,5	218,8	**0**	0	0	$ -	$ -
25	CATERPILLAR	C37	2745	2406	1800	39,9	210	**0**	0	0	$ -	$ -
26	CATERPILLAR	C38	3000	2661	1800	46	209	**0**	0	0	$ -	$ -
27	CATERPILLAR	C39	3254	2915	1800	59	208	**0**	0	0	$ -	$ -
28	CATERPILLAR	C40	3559	3220	2000	47,3	209	**0**	0	0	$ -	$ -
29	CATERPILLAR	C41	3749	3410	2000	53,8	217	**0**	0	0	$ -	$ -
30	CATERPILLAR	C42	4000	3661	2000	66,9	215	**0**	0	0	$ -	$ -
												$ 189.676	4

MCR Mesin					
BHP	=	621,61	<= BHP <=	932,42	kW
	=	845,15	HP		
Mesin					
Merk	=	YANMAR			
Type	=	6AYM-ETE			
Daya Mesin yang digunakan					
Daya	=	670	kW		
	=	911	HP		
Konsumsi Fuel Oil					
	=	239	g/kWh		
	=	325	g/BHPh		
Biaya BBM ME	=	$ 218.769	/tahun		
	=	Rp 3.281.531.647	/tahun		

MCR Mesin					
BHP	=	155,40	<=BHP<=	310,81	kW
	=	211,29	HP		
Mesin					
Merk	=	CATERPILLAR			
Type	=	C9			
Daya Mesin yang digunakan					
Daya	=	162	kW		
	=	220	HP		
Jumlah AE	=	2			

Konsumsi Fuel Oil			
	=	212,1	g/kWh
	=	288	g/BHPh
Total Biaya			
Biaya BBM ME	=	$ 189.676	
	=	Rp2.845.145.649	

Lampiran 1.2.8. Perhitungan Biaya

Pelabuhan Khusus PTPN V						
No.	Jasa Pelayanan Kepelabuhan		per	Tarif (Kapal Dalam Negeri)	Tarif (Kapal Luar Negeri)	
1	Labuh	Niaga	/GT.Kunjungan	Rp 66		
		Non Niaga	/GT.Kunjungan	Rp 33		
		Rakyat	/GT.Kunjungan	Rp 60		
		Kegiatan Tetap	/GT.Kunjungan	Rp 60		
2	Pandu	In Out Perairan	/GT.Kunjungan	Rp 58		
		Geser Dalam Perairan	/GT.Kunjungan	Rp 58		
		In Out Shift Luar Perairan	/GT.Kunjungan	Rp 58		
3	Tambat	Beton	/GT.Kunjungan	Rp 54		
		Besi/Kayu	/GT.Kunjungan	Rp 54		
		Pinggiran	/GT.Kunjungan	Rp 17		
		Pelampung	/GT.Kunjungan	Rp 27		
		Dolphin	/GT.Kunjungan	Rp 27		
4	Tunda					
	<=	3500	GT			
		Tetap		Rp 794.860	$ 239,83	**1**
		Variabel		Rp 3	$ -	**1**
	3500	8000	GT			
		Tetap		Rp 1.080.090	$ 527,83	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**
	8001	14000	GT			
		Tetap		Rp 1.583.450	$ 794,43	**0**

		Variabel		Rp 3	$ -	**0**
	14001	18000	GT			
		Tetap		Rp 2.118.270	$ 1.073,93	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**
	18001	26000	GT			
		Tetap		Rp 2.851.230	$ 1.653,35	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**
	26001	40000	GT			
		Tetap		Rp 3.110.250	$ 1.677,00	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**
	40001	75000	GT			
		Tetap		Rp 3.511.750	$ 1.813,53	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**
	>=	75000	GT			
		Tetap		Rp 4.207.280	$ 2.337,05	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**

Pelabuhan Khusus PTPN V						
No.	Jasa Pelayanan Kepelabuhan		per	Tarif (Kapal Dalam Negeri)	Tarif (Kapal Luar Negeri)	
1	Labuh	Niaga	/GT.Kunjungan	Rp 66		
		Non Niaga	/GT.Kunjungan	Rp 33		
		Rakyat	/GT.Kunjungan	Rp 60		
		Kegiatan Tetap	/GT.Kunjungan	Rp 60		
2	Pandu	In Out Perairan	/GT.Kunjungan	Rp 58		

		Geser Dalam Perairan	/GT.Kunjungan	Rp 58		
		In Out Shift Luar Perairan	/GT.Kunjungan	Rp 58		
3	Tambat	Beton	/GT.Kunjungan	Rp 54		
		Besi/Kayu	/GT.Kunjungan	Rp 54		
		Pinggiran	/GT.Kunjungan	Rp 17		
		Pelampung	/GT.Kunjungan	Rp 27		
		Dolphin	/GT.Kunjungan	Rp 27		
4	Tunda					
	<=	3500	GT			
		Tetap		Rp 794.860	$ 239,83	**1**
		Variabel		Rp 3	$ -	**1**
	3500	8000	GT			
		Tetap		Rp 1.080.090	$ 527,83	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**
	8001	14000	GT			
		Tetap		Rp 1.583.450	$ 794,43	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**
	14001	18000	GT			
		Tetap		Rp 2.118.270	$ 1.073,93	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**
	18001	26000	GT			
		Tetap		Rp 2.851.230	$ 1.653,35	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**
	26001	40000	GT			
		Tetap		Rp 3.110.250	$ 1.677,00	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**

	40001	75000	GT			
		Tetap		Rp 3.511.750	$ 1.813,53	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**
	>=	75000	GT			
		Tetap		Rp 4.207.280	$ 2.337,05	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**

Pelabuhan Khusus PTPN V						
No.	Jasa Pelayanan Kepelabuhan		per	Tarif (Kapal Dalam Negeri)	Tarif (Kapal Luar Negeri)	
1	Labuh	Niaga	/GT.Kunjungan	Rp 66		
		Non Niaga	/GT.Kunjungan	Rp 33		
		Rakyat	/GT.Kunjungan	Rp 60		
		Kegiatan Tetap	/GT.Kunjungan	Rp 60		
2	Pandu	In Out Perairan	/GT.Kunjungan	Rp 58		
		Geser Dalam Perairan	/GT.Kunjungan	Rp 58		
		In Out Shift Luar Perairan	/GT.Kunjungan	Rp 58		
3	Tambat	Beton	/GT.Kunjungan	Rp 54		
		Besi/Kayu	/GT.Kunjungan	Rp 54		
		Pinggiran	/GT.Kunjungan	Rp 17		
		Pelampung	/GT.Kunjungan	Rp 27		
		Dolphin	/GT.Kunjungan	Rp 27		
4	Tunda					
	<=	3500	GT			
		Tetap		Rp 794.860	$ 239,83	**1**

		Variabel		Rp 3	$ -	**1**
	3500	8000	GT			
		Tetap		Rp 1.080.090	$ 527,83	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**
	8001	14000	GT			
		Tetap		Rp 1.583.450	$ 794,43	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**
	14001	18000	GT			
		Tetap		Rp 2.118.270	$ 1.073,93	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**
	18001	26000	GT			
		Tetap		Rp 2.851.230	$ 1.653,35	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**
	26001	40000	GT			
		Tetap		Rp 3.110.250	$ 1.677,00	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**
	40001	75000	GT			
		Tetap		Rp 3.511.750	$ 1.813,53	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**
	>=	75000	GT			
		Tetap		Rp 4.207.280	$ 2.337,05	**0**
		Variabel		Rp 3	$ -	**0**

TOTAL COST										
Time Charter Cost SPOB										
DWT	**-**	**TCH**	=	0,0494	x	+	87,116	=	Rp	834.698.700
Voyage Cost										
BBM	**ME**	**Fuel Oil**						=	Rp	1.983.441.639
	AE	**Fuel Oil**						=	Rp	2.021.994.404
Port Cost								=	Rp	69.764.264
							Total Cost / Tahun		**Rp**	**4.909.899.007**

TOTAL COST										
Time Charter Cost SPOB										
DWT	**-**	**TCH**	=	0,0526	x	+	203,24	=	Rp	1.435.648.500
BBM	**ME**	**Fuel Oil**						=	Rp	Rp1.709.724.507
	AE	**Fuel Oil**						=	Rp	Rp2.181.278.331
Sewa Kontainer									Rp	4.308.750.059
Port Cost								=	Rp	77.252.238
							Total Cost / Tahun		**Rp**	**9.712.653.634**

TOTAL COST										
Time Charter Cost SPOB										
DWT	**-**	**TCH**	=	2,1954	x	-	909,34	=	Rp	9.245.812.950
Voyage Cost										
BBM	**ME**	**Fuel Oil**						=	Rp	3.281.531.647
	AE	**Fuel Oil**						=	Rp	2.845.145.649
Sewa Kontainer									Rp	4.243.755.603
Port Cost								=	Rp	101.331.095
							Total Cost / Tahun		**Rp**	**19.717.576.943**

LAMPIRAN 2. DATA KAPAL UNTUK MENCARI BATASAN PERBANDINGAN UKURAN UTAMA KAPAL

No	Nama Kapal	DWT	Lpp	B	H	T	L/B	L/H	L/T	B/H	B/T	T/H
1	HAI HONG NO.79	2421	58,56	17,07	3,66	2,972	3,43	16,00	19,70	4,66	5,74	0,81
2	PERSADA XXVII	3500	84,29	15	4,8	4	5,62	17,56	21,07	3,13	3,75	0,83
3	SEROJA III	3500	83,36	15,6	4,4	3,91	5,34	18,95	21,32	3,55	3,99	0,89
4	SEROJA V	3500	83,36	13	5,2	3,92	6,41	16,03	21,27	2,50	3,32	0,75
5	SEROJA VII	3500	84,29	15	4,8	4,5	5,62	17,56	18,73	3,13	3,33	0,94
6	SRIKANDI 516	3200	85,7	15	4,8	2,6	5,71	17,85	32,96	3,13	5,77	0,54
7	SRIKANDI 518	3200	83,54	15	4,8	4	5,57	17,40	20,89	3,13	3,75	0,83
8	TIRTA SAMUDRA XIX	3000	83,16	10	4,6	3,6	8,32	18,08	23,10	2,17	2,78	0,78
9	MARU TRANS I	4900	83,1	15	5,4	4,2	5,54	15,39	19,79	2,78	3,57	0,78
10	JELITA NADIA	5391	71,85	18	5,4	4,05	3,99	13,31	17,74	3,33	4,44	0,75
11	OIL BARGE	3860	79	21,33	5,48	4,5	3,70	14,42	17,56	3,89	4,74	0,82
12	JEANITA	5391	71,85	18	5,4	4,05	3,99	13,31	17,74	3,33	4,44	0,75
13	KENCANA 3	2500	76,2	17,06	4,87	3,95	4,47	15,65	19,29	3,50	4,32	0,81
14	SEAHORSE TRADER	2965	69,49	16,48	3,96	3,15	4,22	17,55	22,06	4,16	5,23	0,80
15	SAMARA	2500	74,5	15,24	3,8	3,1	4,89	19,61	24,03	4,01	4,92	0,82
16	SEROJA X	4175	84,66	15	5,34	4,53	5,64	15,85	18,69	2,81	3,31	0,85
17	SEROJA XIII	4175	84,66	15	5,34	4,53	5,64	15,85	18,69	2,81	3,31	0,85
18	SD OCEANSPRAY	1444	42,5	15	4,2	3,2	2,83	10,12	13,28	3,57	4,69	0,76
19	SPOB BOJONEGORO VII	500	41	8,5	2,6	2	4,82	15,77	20,50	3,27	4,25	0,77
20	PETRO OCEAN VI	900	48	10,8	3,8	3	4,44	12,63	16,00	2,84	3,60	0,79
21	SPOB GRAHA TIGA	1200	54	10,8	5,75	4,6	5,00	9,39	11,74	1,88	2,35	0,80
22	OCEAN BRAVE 20517	2448	58,53	17,07	4,27	3,332	3,43	13,71	17,57	4,00	5,12	0,78
23	PRIMA 2055	2653	58,51	17,07	4,27	3,324	3,43	13,70	17,60	4,00	5,14	0,78
24	COASTWAY 2027	2653	58,51	17,07	4,27	3,324	3,43	13,70	17,60	4,00	5,14	0,78
25	BINTANG LIBRA	3500	70,2	15,5	6,5	4,58	4,53	10,80	15,33	2,38	3,38	0,70
26	RTC 330	2267	69,18	13,1	4,57	4,54	5,28	15,14	15,24	2,87	2,89	0,99
27	N/A	3200	84,6	15	4,5	3,8	5,64	18,80	22,26	3,33	3,95	0,84
28	PETRO OCEAN VI	900	48	10,8	3,8	3	4,44	12,63	16,00	2,84	3,60	0,79
29	IRVIN DOLPHIN	2134	59,14	15,24	3,97	3,01	3,88	14,90	19,65	3,84	5,06	0,76
30	LUCINDA	3000	84,29	15	4,8	1,2	5,62	17,56	70,24	3,13	12,50	0,25
31	MELISA 1	2000	75,5	14,75	4,2	3,15	5,12	17,98	23,97	3,51	4,68	0,75
32	TIRTA SAMUDRA XXIII	3000	83	15,6	4,4	3,6	5,32	18,86	23,06	3,55	4,33	0,82
33	SEROJA IV	3500	83,36	15,6	5,2	3,92	5,34	16,03	21,27	3,00	3,98	0,75
34	MARU TRANS I	4900	83,1	15	5,4	4,2	5,54	15,39	19,79	2,78	3,57	0,78
35	PERSADA XXVII	3500	84,29	15	4,8	4	5,62	17,56	21,07	3,13	3,75	0,83
36	SAMARA	2500	74,5	15,24	3,8	3,1	4,89	19,61	24,03	4,01	4,92	0,82

No	Nama Kapal	DWT	Lpp	B	H	T	L/B	L/H	L/T	B/H	B/T	T/H
37	LUCINDA	3000	84,29	15	4,5	3,21	5,62	18,73	26,26	3,33	4,67	0,71
38	SEROJA V	3500	83,36	13	5,2	3,92	6,41	16,03	21,27	2,50	3,32	0,75
39	SEROJA VII	3500	84,29	15	4,8	4,5	5,62	17,56	18,73	3,13	3,33	0,94
40	TIRTA SAMUDRA XVIII	3000	83,16	15	4,6	3,7	5,54	18,08	22,48	3,26	4,05	0,80
41	SEROJA I	3100	83,16	15,6	4,14	3,7	5,33	20,09	22,48	3,77	4,22	0,89
42	SEROJA II	3500	83,36	15,6	4,4	3,91	5,34	18,95	21,32	3,55	3,99	0,89
43	TIRTA SAMUDRA XX	3000	85,12	15	4,6	3,6	5,67	18,50	23,64	3,26	4,17	0,78
44	SRIKANDI 518	3200	83,54	15	4,8	4	5,57	17,40	20,89	3,13	3,75	0,83
45	PETRO OCEAN VI	900	48	10,8	3,8	3	4,44	12,63	16,00	2,84	3,60	0,79
46	TIRTA SAMUDRA IX	2800	83	15,6	4,4	3,7	5,32	18,86	22,43	3,55	4,22	0,84
47	SPOB BOJONEGORO VII	500	41	8,5	2,6	2	4,82	15,77	20,50	3,27	4,25	0,77
48	TIRTA SAMUDRA XXI	3000	83	15	4,4	3,6	5,53	18,86	23,06	3,41	4,17	0,82
49	TIRTA SAMUDRA XXV	3000	85	15,6	4,6	3,6	5,45	18,48	23,61	3,39	4,33	0,78
50	KENCANA 3	2500	76,2	17,06	4,87	3,95	4,47	15,65	19,29	3,50	4,32	0,81
51	TIRTA SAMUDRA XXII	3000	85,12	15,6	4,6	3,7	5,46	18,50	23,01	3,39	4,22	0,80
52	MELISA 1	2000	75,5	14,75	4,2	3,15	5,12	17,98	23,97	3,51	4,68	0,75
53	SAMARA	2500	74,5	15,24	3,8	3,1	4,89	19,61	24,03	4,01	4,92	0,82
54	EVER MERCURY	1892	52,67	17,04	3,66	3,042	3,09	14,39	17,31	4,66	5,60	0,83
55	DANUM 22	2987	62,91	18,29	4,6	3,6	3,44	13,68	17,48	3,98	5,08	0,78
56	PETRO OCEAN VI	900	48	10,8	3,8	3	4,44	12,63	16,00	2,84	3,60	0,79
57	TIRTA SAMUDRA XIX	3000	83,16	10	5,4	4,05	8,32	15,40	20,53	1,85	2,47	0,75
58	JELITA NADIA	5391	71,85	18	4,27	3,522	3,99	16,83	20,40	4,22	5,11	0,82
59	EVER GROWTH	2873	66,88	18	4,27	3,324	3,72	15,66	20,12	4,22	5,42	0,78
60	SRIKANDI 514	3200	83,54	15	4,8	1,2	5,57	17,40	69,62	3,13	12,50	0,25
61	SRIKANDI 516	3200	85,7	15	4,8	2	5,71	17,85	42,85	3,13	7,50	0,42
62	BINTANG LIBRA	3035	70,21	14,51	4,8	2,6	4,84	14,63	27,00	3,02	5,58	0,54
63	HAI HONG NO.73	2281	52,67	17,07	6,51	4,6	3,09	8,09	11,45	2,62	3,71	0,71
64	HAI HONG NO.79	2421	58,56	17,07	4,66	3,042	3,43	12,57	19,25	3,66	5,61	0,65
65	PASIFIC SUN	7870	106	18,2	3,66	2,972	5,82	28,96	35,67	4,97	6,12	0,81
66	OCEAN BRAVE 20517	2448	58,53	17,07	8,1	7,764	3,43	7,23	7,54	2,11	2,20	0,96
67	OCEAN BRAVE 20517	2448	58,53	17,07	3,66	3,042	3,43	15,99	19,24	4,66	5,61	0,83
68	PETRO OCEAN VI	900	48	10,8	4,27	3,332	4,44	11,24	14,41	2,53	3,24	0,78
69	MELISA 1	2000	75,5	14,75	4,2	3,15	5,12	17,98	23,97	3,51	4,68	0,75
70	SEROJA III	3500	83,36	15,6	4,4	3,91	5,34	18,95	21,32	3,55	3,99	0,89

No	Nama Kapal	DWT	Lpp	B	H	T	L/B	L/H	L/T	B/H	B/T	T/H
71	Ever carrier	2026	52,67	17,07	3,66	2,95	3,09	14,39	17,88	4,66	5,79	0,80
72	Ever Echo	2076	52,67	17,07	3,66	2,94	3,09	14,39	17,90	4,66	5,80	0,80
73	Coastway 1805C	2166	52,61	15,20	4,50	3,50	3,46	11,69	15,04	3,38	4,35	0,78
74	Coastway 1907C	2281	55,59	15,24	4,27	3,46	3,65	13,02	16,05	3,57	4,40	0,81
75	Haiheng 79	2421	58,56	17,07	3,66	2,972	3,43	16,00	19,70	4,66	5,74	0,81
76	Oceanbrave 20517	2448	58,52	17,07	4,27	3,33	3,43	13,70	17,56	4,00	5,12	0,78
77	Oceanbrave 20516	2443	58,53	17,07	4,27	3,32	3,43	13,71	17,63	4,00	5,14	0,78
78	Kencana 3	2500	76,2	17,06	4,87	3,95	4,47	15,65	19,29	3,50	4,32	0,81
79	Samara	2500	74,5	15,24	3,8	3,1	4,89	19,61	24,03	4,01	4,92	0,82
80	Ever Growth	2873	66,8	18	4,5	3,21	3,71	14,84	20,81	4,00	5,61	0,71
81	Prima 2055	2653	58,51	17,07	4,27	3,32	3,43	13,70	17,62	4,00	5,14	0,78
82	Danum 22	2987	62,91	18,29	4,27	3,522	3,44	14,73	17,86	4,28	5,19	0,82
83	Tirta Samudra XXII	3000	85,12	15,6	4,6	3,7	5,46	18,50	23,01	3,39	4,22	0,80
84	Tirta Samudra XVIII	3000	83,16	15	4,6	3,7	5,54	18,08	22,48	3,26	4,05	0,80
85	Lucinda	3000	84,29	16	4,8	4,51	5,27	17,56	18,69	3,33	3,55	0,94
86	Tirta Samudra XIX	3000	83,16	15,6	4,4	3,7	5,33	18,90	22,48	3,55	4,22	0,84
87	Bintang Libra	3035	70,2	14,5	6,5	4,58	4,84	10,80	15,33	2,23	3,17	0,70
88	Seroja I	3100	83,16	15,6	4,14	3,7	5,33	20,09	22,48	3,77	4,22	0,89
89	Srikandi 518	3200	83,54	15	4,8	4	5,57	17,40	20,89	3,13	3,75	0,83
90	Santiago	3400	76,4	17,2	5,9	4,5	4,44	12,95	16,98	2,92	3,82	0,76
91	Conception	3400	76,4	17,2	5,85	3,6	4,44	13,06	21,22	2,94	4,78	0,62
92	Santiago	3400	76,4	17,2	5,9	4,5	4,44	12,95	16,98	2,92	3,82	0,76
93	Victoria	3400	76,4	17,2	5,85	4,5	4,44	13,06	16,98	2,94	3,82	0,77
94	Trinidad	3400	76,4	17,2	5,9	4,5	4,44	12,95	16,98	2,92	3,82	0,76
95	Seroja II	3500	83,36	15,6	4,4	3,91	5,34	18,95	21,32	3,55	3,99	0,89
96	Seroja V	3500	83,36	13	5,2	3,92	6,41	16,03	21,27	2,50	3,32	0,75
97	Seroja VII	3500	84,29	15	4,8	4,5	5,62	17,56	18,73	3,13	3,33	0,94
98	Persada XXVII	3500	84,29	15,00	4,80	4,00	5,62	17,56	21,07	3,13	3,75	0,83
99	AS-SPOB-88-NB	3500	83,54	15	4,8	4	5,57	17,40	20,89	3,13	3,75	0,83
100	Ever Giant	3657	67,34	17,07	4,57	3,711	3,94	14,74	18,15	3,74	4,60	0,81
101	Seroja X	4175	84,66	15	5,34	4,53	5,64	15,85	18,69	2,81	3,31	0,85
102	Juneyao Maru 3	4900	83,1	15	5,4	4,2	5,54	15,39	19,79	2,78	3,57	0,78
103	Pagaddar	4580	85,3	16,8	5,4	5	5,08	15,80	17,06	3,11	3,36	0,93
104	Sloeber	4580	85,3	16,8	5,4	5	5,08	15,80	17,06	3,11	3,36	0,93
105	Jan Blanken	5097	88,45	18	5,9	5,1	4,91	14,99	17,34	3,05	3,53	0,86
106	Lintas XVII	5389	86,78	24	5,5	3,9	3,62	15,78	22,25	4,36	6,15	0,71
107	Jelita Nadia	5391	71,85	18	5,4	4,05	3,99	13,31	17,74	3,33	4,44	0,75
108	Jeanita	5391	71,85	18	5,4	4,05	3,99	13,31	17,74	3,33	4,44	0,75
109	Atmaniwedhana 88	6143	81,65	21,95	6,1	4,75	3,72	13,39	17,19	3,60	4,62	0,78

No	Nama Kapal	DWT	Lpp	B	H	T	L/B	L/H	L/T	B/H	B/T	T/H
110	Tran Dai Nghia	6310	92	19,4	6,3	5,85	4,74	14,60	15,73	3,08	3,32	0,93
111	Toll SPB 3213	7675	95,34	24,38	6,09	4,60	3,91	15,66	20,73	4,00	5,30	0,76
112	Pacific Sun	7870	113,7	18,20	8,10	6,76	6,25	14,04	16,81	2,25	2,69	0,84
		Nilai Maksimal =					8,32	28,96	70,24	4,97	12,50	0,99
		Nilai Minimal =					2,83	7,23	7,54	1,85	2,20	0,25

LAMPIRAN 3. INVESTASI DERMAGA PELABUHAN

Lampiran 3.1 Perhitungan Biaya Dermaga Tanah Putih

DERMAGA TANAH PUTIH						
KOLAM DERMAGA (BASIN)						
1 Kedalaman Nominal Kolam Dermaga						
	D =	1,1 x Draft Max. Kapal				
	D =		-4,62	meter		
	D =		-4,62	meter	=	-6 m LWS
	Jadi draft maksimum kapal =		-6,00	meter	BOLEH	
	draft kapal =		-4,2	meter		
2 Panjang Kolam Dermaga						
	P =	1,25 x LOA		meter		
	P =		78,125	meter		
	P =		79	meter		
2 Lebar Kolam Dermaga						
	L =	1,25 x B		meter		
	L =		16,45	meter		
	L =		17	meter		
3 Luas Kolam Pelabuhan						
	A =	P x L		meter^2		
	A =		1343	meter^2		
DERMAGA						
1 Panjang Dermaga						
	Lp =	(n x LOA) +((n-1) x 15) + (2 x 25)		meter		
			112,5	meter		
3 Lebar Dermaga						
	Lebar tepi dermaga + acces =		10	meter		
	Lebar pompa =		5	meter		
	=		15	meter		
4 Kedalaman Dermaga			-6	meter		

Harga Material		
Jenis Material	Satuan	Harga Total (Rp)
Pasir Cor	m^3	232.100,00
Sirtu	m^3	156.000,00
Batu Krikil Beton	m^3	238.500,00
Semen PC 50 Kg	sak	66.000,00
Kawat Bendrat	kg	20.000,00
Besi Tulangan	kg	21.000,00
Tiang Pancang	Batang	142.900,00
Pelat Baja	kg	25.000,00
Papan Plywood 12 mm	lembar	93.600,00
Kayu Meranti	m^3	3.200.000,00
Fender	Buah	60.000.000,00
Besi Tuang Boulder	Buah	24.000.000,00

Harga Upah		
Jenis Material	Satuan	Harga Total (Rp)
Mandor	org/hari	120.000,00
Pembantu Tukang	org/hari	99.000,00
Kepala Tukang	org/hari	110.000,00
Tukang	org/hari	105.000,00
Operator	org/hari	150.000,00
Pembantu Operator	org/hari	120.000,00
Sopir	org/hari	105.000,00

Harga Upah		
Jenis Material	Satuan	Harga Total (Rp)
Penyelam	org/hari	120.000,00
Tukang Las	org/hari	120.000,00

No	Pembangunan Dermaga	satuan	Jumlah
1	panjang dermaga	m	112,5
2	lebar dermaga yang direncanakan	m	15
3	estimasi kedalaman perairan	m	6
4	Volume pembangunan beton	m^3	10125
5	tiang pancang yang dibutuhkan	buah	38
6	estimasi penyelesaian dermaga	hari	60

Harga Sewa Peralatan		
Jenis Material	Satuan	Harga (Rp)
Pile-Driver Barge	jam	522.000,00
Ponton 1000 ton	jam	136.000,00
Crawler Crane 25 ton	jam	222.000,00
Sewa Dump Truk 5 Ton	jam	66.100,00
Anchor Boat	jam	287.000,00
Work Boat	jam	47.000,00
Generator 150 kVA	jam	84.000,00
Sewa Hammer Tiang Pancang	jam	188.100,00

No.	Uraian	Koefisien	satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	
1	1 m³ Beton K - 300					
a	Bahan :					
	Semen PC 40 Kg	10,325	zak	Rp 63.000,00	Rp 650.475,00	Rp 10.180.497.623,17
	Pasir Cor/Beton	0,426	m³	Rp 232.100,00	Rp 98.787,56	
	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,537	m³	Rp 466.000,00	Rp 250.413,68	
	Air Kerja	215	liter	Rp 27,00	Rp 5.805,00	
				Jumlah (m³)	**Rp 1.005.481,25**	
b	Upah :					
	Mandor	0,083	Orang / hari	Rp 120.000,00	Rp 9.960,00	
	Kepala Tukang	0,028	Orang / hari	Rp 110.000,00	Rp 3.080,00	
	Tukang	0,275	Orang / hari	Rp 105.000,00	Rp 28.875,00	Rp 12.315.900,00
	Pembantu Tukang	1,65	Orang / hari	Rp 99.000,00	Rp 163.350,00	
				Jumlah	**Rp 205.265,00**	
				Nilai HSPK	**Rp 1.210.746,25**	Rp 10.192.813.523,17
2	Bekisting					
a	Bahan :					
	Paku Triplek/Eternit	0,4	kg	Rp 22.000,00	Rp 8.800,00	
	Plywood Uk .122x244x9 mm	0,35	lembar	Rp 93.600,00	Rp 32.760,00	
	Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7	0,015	lembar	Rp 6.400.000,00	Rp 96.000,00	Rp 457.683.750,00
	Kayu Meranti Bekisting	0,04	m³	Rp 3.200.000,00	Rp 128.000,00	
	Minyak Bekisting	0,2	liter	Rp 28.300,00	Rp 5.660,00	
				Jumlah	**Rp 271.220,00**	
b	Upah :					
	Mandor	0,033	Orang / hari	Rp 120.000,00	Rp 3.960,00	
	Kepala Tukang	0,033	Orang / hari	Rp 110.000,00	Rp 3.630,00	
	Tukang	0,33	Orang / hari	Rp 105.000,00	Rp 34.650,00	Rp 6.454.800,00
	Pembantu Tukang	0,66	Orang / hari	Rp 99.000,00	Rp 65.340,00	
				Jumlah	**Rp 107.580,00**	
				Nilai HSPK	**Rp 378.800,00**	Rp 464.138.550,00

3	Saluran Beton Precast (fabrikasi) Penurunan dan Pemasangan							
a								
	Bahan :							
	U Gutter U1000/1000-2400 (K 350 ; Besi 130 Kg) (Fabrikasi)	0,417	Buah	Rp	2.719.200,00	Rp	1.133.000,00	Rp 87.030.291,67
	Cover 1000x1000x2400 (K 350 ; Besi 160 Kg) (Fabrikasi)	0,417	Buah	Rp	2.719.200,00	Rp	1.133.000,00	
	Crane 30 ton - Min 8 Jam (Mob/Demob/operator/BBM)	0,174	jam	Rp	139.800,00	Rp	24.270,83	
					Jumlah (m)	**Rp**	**2.290.270,83**	
b	Upah :							
	Mandor	0,004	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	457,14	Rp 1.503.714,29
	Pembantu Tukang	0,038	Orang / hari	Rp	99.000,00	Rp	3.771,43	
	Operator Alat Konstruksi (Excavator)	0,174	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	20.833,33	
					Jumlah	**Rp**	**25.061,90**	
					Nilai HSPK	**Rp**	**2.315.332,74**	Rp 88.534.005,96
4	1 M3 Beton Bertulang Balok Fender							
a	Bahan :							
	Beton	1	m^3	Rp	489.700,00	Rp	489.700,00	Rp 11.466.746,85
	Besi Beton	30,48	kg	Rp	9.482,50	Rp	289.026,60	
	Bekisting	3	m^2	Rp	118.450,00	Rp	355.350,00	
	Peralatan	1	set	Rp	42.000,00	Rp	42.000,00	
				Jumlah		**Rp**	**1.176.076,60**	
b	Upah :							
	Mandor	0,033	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	3.960,00	Rp 6.237.000,00
	Tukang	0,33	Orang / hari	Rp	105.000,00	Rp	34.650,00	
	Pembantu Tukang	0,66	Orang / hari	Rp	99.000,00	Rp	65.340,00	
				Jumlah		**Rp**	**103.950,00**	
				Nilai HSPK		**Rp**	**1.280.026,60**	Rp 17.703.746,85
5	Beton Bertulang Pengisi Tiang Pancang							
a	Bahan :							
	Beton	1	m^3	Rp	489.700,00	Rp	489.700,00	Rp 3.232.987,25
	Besi Beton	289,3	kg	Rp	9.482,50	Rp	2.743.287,25	
				Jumlah		**Rp**	**3.232.987,25**	

	Upah :					
	Mandor	0,033	Orang / hari	Rp 120.000,00	Rp 3.960,00	
b	Tukang	0,33	Orang / hari	Rp 105.000,00	Rp 34.650,00	Rp 6.237.000,00
	Pembantu Tukang	0,66	Orang / hari	Rp 99.000,00	Rp 65.340,00	
				Jumlah	**Rp 103.950,00**	
				Nilai HSPK	**Rp 3.336.937,25**	Rp 9.469.987,25
6	Pengadaan 1 Tiang d = 60 cm	6936	kg	Rp 3.600,00	Rp 24.969.600,00	Rp 948.844.800,00
7	Pemancangan Tiang Tegak Tiang Pancang					
	Alat :					
	Pile-Driver Barge	8	jam	Rp 522.000,00	Rp 4.176.000,00	
	Ponton 1000 ton	8	jam	Rp 136.000,00	Rp 1.088.000,00	
a	Work Boat	8	jam	Rp 47.000,00	Rp 376.000,00	Rp 253.536.000,00
	Generator 150 kVA	8	jam	Rp 84.000,00	Rp 672.000,00	
	Alat Bantu	1		Rp 360.000,00	Rp 360.000,00	
				Jumlah	**Rp 6.672.000,00**	
	Upah :					
	Mandor	6	Orang / hari	Rp 120.000,00	Rp 720.000,00	
	Tukang	1	Orang / hari	Rp 105.000,00	Rp 105.000,00	
b	Operator	5	Orang / hari	Rp 150.000,00	Rp 750.000,00	Rp 152.100.000,00
	Pembantu Operator	5	Orang / hari	Rp 120.000,00	Rp 600.000,00	
	Penyelam	3	Orang / hari	Rp 120.000,00	Rp 360.000,00	
				Jumlah	**Rp 2.535.000,00**	
				Nilai HSPK	**Rp 9.207.000,00**	Rp 405.636.000,00
8	Pengangkatan Tiang Pancang					
	Alat :					
	Crawler Crane 25 ton	0,2	jam	Rp 222.000,00	Rp 44.400,00	
	Ponton 1000 ton	0,5	jam	Rp 136.000,00	Rp 68.000,00	
a	Anchor Boat	0,2	jam	Rp 287.000,00	Rp 57.400,00	
	Work Boat	0,1	jam	Rp 47.000,00	Rp 4.700,00	Rp 60.714.880,00
	Sewa Dump Truk 5 Ton	0,2	jam	Rp 66.100,00	Rp 13.220,00	
	Alat Bantu	1	Unit	Rp 12.000,00	Rp 12.000,00	
				Jumlah	**Rp 199.720,00**	

	Upah :							
	Mandor	1	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	120.000,00	
	Operator	1	Orang / hari	Rp	150.000,00	Rp	150.000,00	
b	Pembantu Operator	1	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	120.000,00	Rp 29.700.000,00
	Sopir	1	Orang / hari	Rp	105.000,00	Rp	105.000,00	
				Jumlah		**Rp**	**495.000,00**	
				Nilai HSPK		**Rp**	**694.720,00**	Rp 90.414.880,00
9	Pembuatan 1 Buah Sepatu Tiang							
	Alat :							
a	Pelat Baja	100	kg	Rp	7.350,00	Rp	735.000,00	Rp 27.930.000,00
				Jumlah		**Rp**	**735.000,00**	
	Upah :							
	Mandor	1	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	120.000,00	
	Tukang	0,45	Orang / hari	Rp	105.000,00	Rp	47.250,00	
b	Tukang Las	1	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	120.000,00	Rp 28.035.000,00
	Peralatan	1	set	Rp	180.000,00	Rp	180.000,00	
				Jumlah		**Rp**	**467.250,00**	
				Nilai HSPK		**Rp**	**1.202.250,00**	Rp 55.965.000,00
10	Selimut Beton							
	Bahan :							
	Beton	1	m^3	Rp	489.700,00	Rp	489.700,00	
a	Besi Beton	0,74	kg	Rp	9.482,50	Rp	7.017,05	Rp 148.821.305,63
	Bekisting	6,62	m^2	Rp	118.450,00	Rp	784.139,00	
	Peralatan	1	set	Rp	42.000,00	Rp	42.000,00	
				Jumlah		**Rp**	**1.322.856,05**	
	Upah :							
	Mandor	0,083	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	9.960,00	
	Kepala Tukang	0,028	Orang / hari	Rp	110.000,00	Rp	3.080,00	
b	Tukang	0,275	Orang / hari	Rp	105.000,00	Rp	28.875,00	Rp 12.315.900,00
	Pembantu Tukang	1,65	Orang / hari	Rp	99.000,00	Rp	163.350,00	
				Jumlah		**Rp**	**205.265,00**	
				Nilai HSPK		**Rp**	**1.528.121,05**	Rp 161.137.205,63

11	Pekerjaan Pelengkap					
a	Fender	13	buah	Rp 60.000.000,00	Rp 780.000.000,00	Rp 1.092.000.000,00
	Boulder	13	Buah	Rp 24.000.000,00	Rp 312.000.000,00	
					TOTAL PEMBANGUNA	Rp 13.526.657.698,85

No.	Uraian	Jumlah (Rp)	
1	1 m³ Beton K - 300	Rp	10.192.813.523,17
2	Bekisting	Rp	464.138.550,00
3	Saluran Beton Precast (fabrikasi) Penurunan dan Pemasangan	Rp	88.534.005,96
4	1 M3 Beton Bertulang Balok Fender	Rp	17.703.746,85
5	Beton Bertulang Pengisi Tiang Pancang	Rp	9.469.987,25
6	Pengadaan 1 Tiang d = 60 cm	Rp	948.844.800,00
7	Pemancangan Tiang Tegak Tiang Pancang	Rp	405.636.000,00
8	Pengangkatan Tiang Pancang	Rp	90.414.880,00
9	Pembuatan 1 Buah Sepatu Tiang	Rp	55.965.000,00
10	Selimut Beton	Rp	161.137.205,63
11	Pekerjaan Pelengkap	Rp	1.092.000.000,00
Total		Rp	13.526.657.698,85

Lampiran 3.2 Perhitungan Biaya Dermaga Sei Pagar

DERMAGA SEI PAGAR						
KOLAM DERMAGA (BASIN)						
1 Kedalaman Nominal Kolam Dermaga						
	D =	1,1 x Draft Max. Kapal				
	D =		-4,62	meter		
	D =		-4,62	meter	=	-7,7 m LWS
	Jadi draft maksimum kapal =		-7,70	meter	BOLEH	
	draft kapal =		-4,2	meter		
2 Panjang Kolam Dermaga						
	P =	1,25 x LOA		meter		
	P =		78,125	meter		
	P =		79	meter		
2 Lebar Kolam Dermaga						
	L =	1,25 x B		meter		
	L =		16,45	meter		
	L =		17	meter		
3 Luas Kolam Pelabuhan						
	A =	P x L		meter^2		
	A =		1343	meter^2		
DERMAGA						
1 Panjang Dermaga						
	Lp =	(n x LOA) +((n-1) x 15) + (2 x 25)		meter		
			112,5	meter		
3 Lebar Dermaga						
	Lebar tepi dermaga + acces =		10	meter		
	Lebar pompa =		5	meter		
	=		15	meter		
4 Kedalaman Dermaga			-7,7	meter		

Harga Material		
Jenis Material	Satuan	Harga Total (Rp)
Pasir Cor	m^3	232.100,00
Sirtu	m^3	156.000,00
Batu Krikil Beton	m^3	238.500,00
Semen PC 50 Kg	sak	66.000,00
Kawat Bendrat	kg	20.000,00
Besi Tulangan	kg	21.000,00
Tiang Pancang	Batang	142.900,00
Pelat Baja	kg	25.000,00
Papan Plywood 12 mm	lembar	93.600,00
Kayu Meranti	m^3	3.200.000,00
Fender	Buah	60.000.000,00
Besi Tuang Boulder	Buah	24.000.000,00

Harga Upah		
Jenis Material	Satuan	Harga Total (Rp)
Mandor	org/hari	120.000,00
Pembantu Tukang	org/hari	99.000,00
Kepala Tukang	org/hari	110.000,00
Tukang	org/hari	105.000,00
Operator	org/hari	150.000,00
Pembantu Operator	org/hari	120.000,00
Sopir	org/hari	105.000,00

Harga Upah		
Jenis Material	Satuan	Harga Total (Rp)
Penyelam	org/hari	120.000,00
Tukang Las	org/hari	120.000,00

No	Pembangunan Dermaga	satuan	Jumlah
1	panjang dermaga	m	112,5
2	lebar dermaga yang direncanakan	m	15
3	estimasi kedalaman perairan	m	7,7
4	Volume pembangunan beton	m^3	10125
5	tiang pancang yang dibutuhkan	buah	38
6	estimasi penyelesaian dermaga	hari	60

Harga Sewa Peralatan		
Jenis Material	Satuan	Harga (Rp)
Pile-Driver Barge	jam	522.000,00
Ponton 1000 ton	jam	136.000,00
Crawler Crane 25 ton	jam	222.000,00
Sewa Dump Truk 5 Ton	jam	66.100,00
Anchor Boat	jam	287.000,00
Work Boat	jam	47.000,00
Generator 150 kVA	jam	84.000,00
Sewa Hammer Tiang Pancang	jam	188.100,00

No.	Uraian	Koefisien	satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	
1	1 m³ Beton K - 300					
a	Bahan :					Rp 13.064.971.949,73
	Semen PC 40 Kg	10,325	zak	Rp 63.000,00	Rp 650.475,00	
	Pasir Cor/Beton	0,426	m³	Rp 232.100,00	Rp 98.787,56	
	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,537	m³	Rp 466.000,00	Rp 250.413,68	
	Air Kerja	215	liter	Rp 27,00	Rp 5.805,00	
				Jumlah (m³)	**Rp 1.005.481,25**	
b	Upah :					
	Mandor	0,083	Orang / hari	Rp 120.000,00	Rp 9.960,00	Rp 12.315.900,00
	Kepala Tukang	0,028	Orang / hari	Rp 110.000,00	Rp 3.080,00	
	Tukang	0,275	Orang / hari	Rp 105.000,00	Rp 28.875,00	
	Pembantu Tukang	1,65	Orang / hari	Rp 99.000,00	Rp 163.350,00	
				Jumlah	**Rp 205.265,00**	
				Nilai HSPK	**Rp 1.210.746,25**	Rp 13.077.287.849,73
2	Bekisting					
a	Bahan :					
	Paku Triplek/Eternit	0,4	kg	Rp 22.000,00	Rp 8.800,00	Rp 457.683.750,00
	Plywood Uk .122x244x9 mm	0,35	lembar	Rp 93.600,00	Rp 32.760,00	
	Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7	0,015	lembar	Rp 6.400.000,00	Rp 96.000,00	
	Kayu Meranti Bekisting	0,04	m³	Rp 3.200.000,00	Rp 128.000,00	
	Minyak Bekisting	0,2	liter	Rp 28.300,00	Rp 5.660,00	
				Jumlah	**Rp 271.220,00**	
b	Upah :					
	Mandor	0,033	Orang / hari	Rp 120.000,00	Rp 3.960,00	Rp 6.454.800,00
	Kepala Tukang	0,033	Orang / hari	Rp 110.000,00	Rp 3.630,00	
	Tukang	0,33	Orang / hari	Rp 105.000,00	Rp 34.650,00	
	Pembantu Tukang	0,66	Orang / hari	Rp 99.000,00	Rp 65.340,00	
				Jumlah	**Rp 107.580,00**	
				Nilai HSPK	**Rp 378.800,00**	Rp 464.138.550,00

3	Saluran Beton Precast (fabrikasi) Penurunan dan Pemasangan								
	Bahan :								
a	U Gutter U1000/1000-2400 (K 350 ; Besi 130 Kg) (Fabrikasi)	0,417	Buah	Rp	2.719.200,00	Rp	1.133.000,00		
	Cover 1000x1000x2400 (K 350 ; Besi 160 Kg) (Fabrikasi)	0,417	Buah	Rp	2.719.200,00	Rp	1.133.000,00	Rp	87.030.291,67
	Crane 30 ton - Min 8 Jam (Mob/Demob/operator/BBM)	0,174	jam	Rp	139.800,00	Rp	24.270,83		
					Jumlah (m)	**Rp**	**2.290.270,83**		
	Upah :								
	Mandor	0,004	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	457,14		
b	Pembantu Tukang	0,038	Orang / hari	Rp	99.000,00	Rp	3.771,43	Rp	1.503.714,29
	Operator Alat Konstruksi (Excavator)	0,174	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	20.833,33		
					Jumlah	**Rp**	**25.061,90**		
					Nilai HSPK	**Rp**	**2.315.332,74**	Rp	88.534.005,96
4	1 M3 Beton Bertulang Balok Fender								
	Bahan :								
	Beton	1	m^3	Rp	489.700,00	Rp	489.700,00		
a	Besi Beton	30,48	kg	Rp	9.482,50	Rp	289.026,60		
	Bekisting	3	m^2	Rp	118.450,00	Rp	355.350,00	Rp	11.466.746,85
	Peralatan	1	set	Rp	42.000,00	Rp	42.000,00		
				Jumlah		**Rp**	**1.176.076,60**		
	Upah :								
	Mandor	0,033	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	3.960,00		
b	Tukang	0,33	Orang / hari	Rp	105.000,00	Rp	34.650,00	Rp	6.237.000,00
	Pembantu Tukang	0,66	Orang / hari	Rp	99.000,00	Rp	65.340,00		
				Jumlah		**Rp**	**103.950,00**		
				Nilai HSPK		**Rp**	**1.280.026,60**	Rp	17.703.746,85
5	Beton Bertulang Pengisi Tiang Pancang								
	Bahan :								
	Beton	1	m^3	Rp	489.700,00	Rp	489.700,00		
a	Besi Beton	289,3	kg	Rp	9.482,50	Rp	2.743.287,25	Rp	3.232.987,25
				Jumlah		**Rp**	**3.232.987,25**		

	Upah :								
	Mandor	0,033	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	3.960,00		
b	Tukang	0,33	Orang / hari	Rp	105.000,00	Rp	34.650,00	Rp	6.237.000,00
	Pembantu Tukang	0,66	Orang / hari	Rp	99.000,00	Rp	65.340,00		
				Jumlah		**Rp**	**103.950,00**		
				Nilai HSPK		**Rp**	**3.336.937,25**	Rp	9.469.987,25
6	Pengadaan 1 Tiang d = 60 cm	6936	kg	Rp	3.600,00	Rp	24.969.600,00	Rp	948.844.800,00
7	Pemancangan Tiang Tegak Tiang Pancang								
	Alat :								
	Pile-Driver Barge	8	jam	Rp	522.000,00	Rp	4.176.000,00		
	Ponton 1000 ton	8	jam	Rp	136.000,00	Rp	1.088.000,00		
a	Work Boat	8	jam	Rp	47.000,00	Rp	376.000,00	Rp	253.536.000,00
	Generator 150 kVA	8	jam	Rp	84.000,00	Rp	672.000,00		
	Alat Bantu	1		Rp	360.000,00	Rp	360.000,00		
				Jumlah		**Rp**	**6.672.000,00**		
	Upah :								
	Mandor	6	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	720.000,00		
	Tukang	1	Orang / hari	Rp	105.000,00	Rp	105.000,00		
b	Operator	5	Orang / hari	Rp	150.000,00	Rp	750.000,00	Rp	152.100.000,00
	Pembantu Operator	5	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	600.000,00		
	Penyelam	3	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	360.000,00		
				Jumlah		**Rp**	**2.535.000,00**		
				Nilai HSPK		**Rp**	**9.207.000,00**	Rp	405.636.000,00
8	Pengangkatan Tiang Pancang								
	Alat :								
	Crawler Crane 25 ton	0,2	jam	Rp	222.000,00	Rp	44.400,00		
	Ponton 1000 ton	0,5	jam	Rp	136.000,00	Rp	68.000,00		
a	Anchor Boat	0,2	jam	Rp	287.000,00	Rp	57.400,00		
	Work Boat	0,1	jam	Rp	47.000,00	Rp	4.700,00	Rp	60.714.880,00
	Sewa Dump Truk 5 Ton	0,2	jam	Rp	66.100,00	Rp	13.220,00		
	Alat Bantu	1	Unit	Rp	12.000,00	Rp	12.000,00		
				Jumlah		**Rp**	**199.720,00**		

	Upah :								
	Mandor	1	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	120.000,00		
	Operator	1	Orang / hari	Rp	150.000,00	Rp	150.000,00		
b	Pembantu Operator	1	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	120.000,00	Rp	29.700.000,00
	Sopir	1	Orang / hari	Rp	105.000,00	Rp	105.000,00		
				Jumlah		**Rp**	**495.000,00**		
				Nilai HSPK		**Rp**	**694.720,00**	Rp	90.414.880,00
9	Pembuatan 1 Buah Sepatu Tiang								
	Alat :								
a	Pelat Baja	100	kg	Rp	7.350,00	Rp	735.000,00	Rp	27.930.000,00
				Jumlah		**Rp**	**735.000,00**		
	Upah :								
	Mandor	1	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	120.000,00		
	Tukang	0,45	Orang / hari	Rp	105.000,00	Rp	47.250,00		
b	Tukang Las	1	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	120.000,00	Rp	28.035.000,00
	Peralatan	1	set	Rp	180.000,00	Rp	180.000,00		
				Jumlah		**Rp**	**467.250,00**		
				Nilai HSPK		**Rp**	**1.202.250,00**	Rp	55.965.000,00
10	Selimut Beton								
	Bahan :								
	Beton	1	m^3	Rp	489.700,00	Rp	489.700,00		
	Besi Beton	0,74	kg	Rp	9.482,50	Rp	7.017,05		
a	Bekisting	6,62	m^2	Rp	118.450,00	Rp	784.139,00	Rp	148.821.305,63
	Peralatan	1	set	Rp	42.000,00	Rp	42.000,00		
				Jumlah		**Rp**	**1.322.856,05**		
	Upah :								
	Mandor	0,083	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	9.960,00		
	Kepala Tukang	0,028	Orang / hari	Rp	110.000,00	Rp	3.080,00		
b	Tukang	0,275	Orang / hari	Rp	105.000,00	Rp	28.875,00	Rp	12.315.900,00
	Pembantu Tukang	1,65	Orang / hari	Rp	99.000,00	Rp	163.350,00		
				Jumlah		**Rp**	**205.265,00**		
				Nilai HSPK		**Rp**	**1.528.121,05**	Rp	161.137.205,63

11	Pekerjaan Pelengkap					
a	Fender	13	buah	60000000	780000000	1092000000
	Boulder	13	Buah	24000000	312000000	
				TOTAL PEMBANGUNAN DERMAGA		Rp 16.411.132.025,42

No.	Uraian	Jumlah (Rp)	
1	1 m³ Beton K - 300	Rp	13.077.287.849,73
2	Bekisting	Rp	464.138.550,00
3	Saluran Beton Precast (fabrikasi) Penurunan dan Pemasangan	Rp	88.534.005,96
4	1 M3 Beton Bertulang Balok Fender	Rp	17.703.746,85
5	Beton Bertulang Pengisi Tiang Pancang	Rp	9.469.987,25
6	Pengadaan 1 Tiang d = 60 cm	Rp	948.844.800,00
7	Pemancangan Tiang Tegak Tiang Pancang	Rp	405.636.000,00
8	Pengangkatan Tiang Pancang	Rp	90.414.880,00
9	Pembuatan 1 Buah Sepatu Tiang	Rp	55.965.000,00
10	Selimut Beton	Rp	161.137.205,63
11	Pekerjaan Pelengkap	Rp	1.092.000.000,00
Total		Rp	16.411.132.025,42

Lampiran 3.3 Perhitungan Biaya Dermaga Sei Buatan

DERMAGA SEI BUATAN						
KOLAM DERMAGA (BASIN)						
1 Kedalaman Nominal Kolam Dermaga						
	D =	1,1 x Draft Max. Kapal				
	D =		-4,62	meter		
	D =		-4,62	meter	=	-18 m LWS
	Jadi draft maksimum kapal =		-18,00	meter	BOLEH	
	draft kapal =		-4,2	meter		
2 Panjang Kolam Dermaga						
	P =	1,25 x LOA		meter		
	P =		78,125	meter		
	P =		79	meter		
2 Lebar Kolam Dermaga						
	L =	1,25 x B		meter		
	L =		16,45	meter		
	L =		17	meter		
3 Luas Kolam Pelabuhan						
	A =	P x L		meter^2		
	A =		1343	meter^2		
DERMAGA						
1 Panjang Dermaga						
	Lp =	(n x LOA) +((n-1) x 15) + (2 x 25)		meter		
			190	meter		
3 Lebar Dermaga						
	Lebar tepi dermaga + acces =		10	meter		
	Lebar pompa =		5	meter		
	=		15	meter		
4 Kedalaman Dermaga			-18	meter		

Harga Material		
Jenis Material	Satuan	Harga Total (Rp)
Pasir Cor	m^3	232.100,00
Sirtu	m^3	156.000,00
Batu Krikil Beton	m^3	238.500,00
Semen PC 50 Kg	sak	66.000,00
Kawat Bendrat	kg	20.000,00
Besi Tulangan	kg	21.000,00
Tiang Pancang	Batang	142.900,00
Pelat Baja	kg	25.000,00
Papan Plywood 12 mm	lembar	93.600,00
Kayu Meranti	m^3	3.200.000,00
Fender	Buah	60.000.000,00
Besi Tuang Boulder	Buah	24.000.000,00

Harga Upah		
Jenis Material	Satuan	Harga Total (Rp)
Mandor	org/hari	120.000,00
Pembantu Tukang	org/hari	99.000,00
Kepala Tukang	org/hari	110.000,00
Tukang	org/hari	105.000,00
Operator	org/hari	150.000,00
Pembantu Operator	org/hari	120.000,00
Sopir	org/hari	105.000,00

Harga Upah		
Jenis Material	Satuan	Harga Total (Rp)
Penyelam	org/hari	120.000,00
Tukang Las	org/hari	120.000,00

No	Pembangunan Dermaga	satuan	Jumlah
1	panjang dermaga	m	190
2	lebar dermaga yang direncanakan	m	15
3	estimasi kedalaman perairan	m	18
4	Volume pembangunan beton	m^3	51300
5	tiang pancang yang dibutuhkan	buah	64
6	estimasi penyelesaian dermaga	hari	60

Harga Sewa Peralatan		
Jenis Material	Satuan	Harga (Rp)
Pile-Driver Barge	jam	522.000,00
Ponton 1000 ton	jam	136.000,00
Crawler Crane 25 ton	jam	222.000,00
Sewa Dump Truk 5 Ton	jam	66.100,00
Anchor Boat	jam	287.000,00
Work Boat	jam	47.000,00
Generator 150 kVA	jam	84.000,00
Sewa Hammer Tiang Pancang	jam	188.100,00

No.	Uraian	Koefisien	satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	
1	1 m³ Beton K - 300					
a	Bahan :					
	Semen PC 40 Kg	10,325	zak	Rp 63.000,00	Rp 650.475,00	Rp 51.581.187.957,38
	Pasir Cor/Beton	0,426	m³	Rp 232.100,00	Rp 98.787,56	
	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,537	m³	Rp 466.000,00	Rp 250.413,68	
	Air Kerja	215	liter	Rp 27,00	Rp 5.805,00	
				Jumlah (m³)	**Rp 1.005.481,25**	
b	Upah :					
	Mandor	0,083	Orang / hari	Rp 120.000,00	Rp 9.960,00	
	Kepala Tukang	0,028	Orang / hari	Rp 110.000,00	Rp 3.080,00	
	Tukang	0,275	Orang / hari	Rp 105.000,00	Rp 28.875,00	Rp 12.315.900,00
	Pembantu Tukang	1,65	Orang / hari	Rp 99.000,00	Rp 163.350,00	
				Jumlah	**Rp 205.265,00**	
				Nilai HSPK	**Rp 1.210.746,25**	Rp 51.593.503.857,38
2	Bekisting					
a	Bahan :					
	Paku Triplek/Eternit	0,4	kg	Rp 22.000,00	Rp 8.800,00	
	Plywood Uk .122x244x9 mm	0,35	lembar	Rp 93.600,00	Rp 32.760,00	
	Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7	0,015	lembar	Rp 6.400.000,00	Rp 96.000,00	Rp 772.977.000,00
	Kayu Meranti Bekisting	0,04	m³	Rp 3.200.000,00	Rp 128.000,00	
	Minyak Bekisting	0,2	liter	Rp 28.300,00	Rp 5.660,00	
				Jumlah	**Rp 271.220,00**	
b	Upah :					
	Mandor	0,033	Orang / hari	Rp 120.000,00	Rp 3.960,00	
	Kepala Tukang	0,033	Orang / hari	Rp 110.000,00	Rp 3.630,00	
	Tukang	0,33	Orang / hari	Rp 105.000,00	Rp 34.650,00	Rp 6.454.800,00
	Pembantu Tukang	0,66	Orang / hari	Rp 99.000,00	Rp 65.340,00	
				Jumlah	**Rp 107.580,00**	
				Nilai HSPK	**Rp 378.800,00**	Rp 779.431.800,00

3	Saluran Beton Precast (fabrikasi) Penurunan dan Pemasangan								
	Bahan :								
a	U Gutter U1000/1000-2400 (K 350 ; Besi 130 Kg) (Fabrikasi)	0,417	Buah	Rp	2.719.200,00	Rp	1.133.000,00		
	Cover 1000x1000x2400 (K 350 ; Besi 160 Kg) (Fabrikasi)	0,417	Buah	Rp	2.719.200,00	Rp	1.133.000,00	Rp	146.577.333,34
	Crane 30 ton - Min 8 Jam (Mob/Demob/operator/BBM)	0,174	jam	Rp	139.800,00	Rp	24.270,83		
					Jumlah (m)	**Rp**	**2.290.270,83**		
	Upah :								
	Mandor	0,004	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	457,14		
b	Pembantu Tukang	0,038	Orang / hari	Rp	99.000,00	Rp	3.771,43	Rp	1.503.714,29
	Operator Alat Konstruksi (Excavator)	0,174	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	20.833,33		
					Jumlah	**Rp**	**25.061,90**		
					Nilai HSPK	**Rp**	**2.315.332,74**	Rp	148.081.047,63
4	1 M3 Beton Bertulang Balok Fender								
	Bahan :								
	Beton	1	m^3	Rp	489.700,00	Rp	489.700,00		
a	Besi Beton	30,48	kg	Rp	9.482,50	Rp	289.026,60		
	Bekisting	3	m^2	Rp	118.450,00	Rp	355.350,00	Rp	11.466.746,85
	Peralatan	1	set	Rp	42.000,00	Rp	42.000,00		
				Jumlah		**Rp**	**1.176.076,60**		
	Upah :								
	Mandor	0,033	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	3.960,00		
b	Tukang	0,33	Orang / hari	Rp	105.000,00	Rp	34.650,00	Rp	6.237.000,00
	Pembantu Tukang	0,66	Orang / hari	Rp	99.000,00	Rp	65.340,00		
				Jumlah		**Rp**	**103.950,00**		
				Nilai HSPK		**Rp**	**1.280.026,60**	Rp	17.703.746,85
5	Beton Bertulang Pengisi Tiang Pancang								
	Bahan :								
	Beton	1	m^3	Rp	489.700,00	Rp	489.700,00		
a	Besi Beton	289,3	kg	Rp	9.482,50	Rp	2.743.287,25	Rp	3.232.987,25
				Jumlah		**Rp**	**3.232.987,25**		

	Upah :								
	Mandor	0,033	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	3.960,00		
b	Tukang	0,33	Orang / hari	Rp	105.000,00	Rp	34.650,00	Rp	6.237.000,00
	Pembantu Tukang	0,66	Orang / hari	Rp	99.000,00	Rp	65.340,00		
				Jumlah		**Rp**	**103.950,00**		
				Nilai HSPK		**Rp**	**3.336.937,25**	Rp	9.469.987,25
6	Pengadaan 1 Tiang d = 60 cm	6936	kg	Rp	3.600,00	Rp	24.969.600,00	Rp	1.598.054.400,00
7	Pemancangan Tiang Tegak Tiang Pancang								
	Alat :								
	Pile-Driver Barge	8	jam	Rp	522.000,00	Rp	4.176.000,00		
	Ponton 1000 ton	8	jam	Rp	136.000,00	Rp	1.088.000,00		
a	Work Boat	8	jam	Rp	47.000,00	Rp	376.000,00	Rp	427.008.000,00
	Generator 150 kVA	8	jam	Rp	84.000,00	Rp	672.000,00		
	Alat Bantu	1		Rp	360.000,00	Rp	360.000,00		
				Jumlah		**Rp**	**6.672.000,00**		
	Upah :								
	Mandor	6	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	720.000,00		
	Tukang	1	Orang / hari	Rp	105.000,00	Rp	105.000,00		
b	Operator	5	Orang / hari	Rp	150.000,00	Rp	750.000,00	Rp	152.100.000,00
	Pembantu Operator	5	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	600.000,00		
	Penyelam	3	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	360.000,00		
				Jumlah		**Rp**	**2.535.000,00**		
				Nilai HSPK		**Rp**	**9.207.000,00**	Rp	579.108.000,00
8	Pengangkatan Tiang Pancang								
	Alat :								
	Crawler Crane 25 ton	0,2	jam	Rp	222.000,00	Rp	44.400,00		
	Ponton 1000 ton	0,5	jam	Rp	136.000,00	Rp	68.000,00		
a	Anchor Boat	0,2	jam	Rp	287.000,00	Rp	57.400,00		
	Work Boat	0,1	jam	Rp	47.000,00	Rp	4.700,00	Rp	102.256.640,00
	Sewa Dump Truk 5 Ton	0,2	jam	Rp	66.100,00	Rp	13.220,00		
	Alat Bantu	1	Unit	Rp	12.000,00	Rp	12.000,00		
				Jumlah		**Rp**	**199.720,00**		

	Upah :								
	Mandor	1	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	120.000,00		
	Operator	1	Orang / hari	Rp	150.000,00	Rp	150.000,00		
b	Pembantu Operator	1	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	120.000,00	Rp	29.700.000,00
	Sopir	1	Orang / hari	Rp	105.000,00	Rp	105.000,00		
				Jumlah		**Rp**	**495.000,00**		
				Nilai HSPK		**Rp**	**694.720,00**	Rp	131.956.640,00
9	Pembuatan 1 Buah Sepatu Tiang								
	Alat :								
a	Pelat Baja	100	kg	Rp	7.350,00	Rp	735.000,00	Rp	47.040.000,00
				Jumlah		**Rp**	**735.000,00**		
	Upah :								
	Mandor	1	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	120.000,00		
	Tukang	0,45	Orang / hari	Rp	105.000,00	Rp	47.250,00		
b	Tukang Las	1	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	120.000,00	Rp	28.035.000,00
	Peralatan	1	set	Rp	180.000,00	Rp	180.000,00		
				Jumlah		**Rp**	**467.250,00**		
				Nilai HSPK		**Rp**	**1.202.250,00**	Rp	75.075.000,00
10	Selimut Beton								
	Bahan :								
	Beton	1	m^3	Rp	489.700,00	Rp	489.700,00		
	Besi Beton	0,74	kg	Rp	9.482,50	Rp	7.017,05		
a	Bekisting	6,62	m^2	Rp	118.450,00	Rp	784.139,00	Rp	251.342.649,50
	Peralatan	1	set	Rp	42.000,00	Rp	42.000,00		
				Jumlah		**Rp**	**1.322.856,05**		
	Upah :								
	Mandor	0,083	Orang / hari	Rp	120.000,00	Rp	9.960,00		
	Kepala Tukang	0,028	Orang / hari	Rp	110.000,00	Rp	3.080,00		
b	Tukang	0,275	Orang / hari	Rp	105.000,00	Rp	28.875,00	Rp	12.315.900,00
	Pembantu Tukang	1,65	Orang / hari	Rp	99.000,00	Rp	163.350,00		
				Jumlah		**Rp**	**205.265,00**		
				Nilai HSPK		**Rp**	**1.528.121,05**	Rp	263.658.549,50

11	Pekerjaan Pelengkap					
a	Fender	13	buah	Rp 60.000.000,00	Rp 780.000.000,00	Rp 1.092.000.000,00
	Boulder	13	Buah	Rp 24.000.000,00	Rp 312.000.000,00	
				TOTAL PEMBANGUNAN DERMAGA		Rp 56.288.043.028,61

No.	Uraian	Jumlah (Rp)	
1	1 m³ Beton K - 300	Rp	51.593.503.857,38
2	Bekisting	Rp	779.431.800,00
3	Saluran Beton Precast (fabrikasi) Penurunan dan Pemasangan	Rp	148.081.047,63
4	1 M3 Beton Bertulang Balok Fender	Rp	17.703.746,85
5	Beton Bertulang Pengisi Tiang Pancang	Rp	9.469.987,25
6	Pengadaan 1 Tiang d = 60 cm	Rp	1.598.054.400,00
7	Pemancangan Tiang Tegak Tiang Pancang	Rp	579.108.000,00
8	Pengangkatan Tiang Pancang	Rp	131.956.640,00
9	Pembuatan 1 Buah Sepatu Tiang	Rp	75.075.000,00
10	Selimut Beton	Rp	263.658.549,50
11	Pekerjaan Pelengkap	Rp	1.092.000.000,00
Total		Rp	56.288.043.028,61

LAMPIRAN 4. *LINES PLAN*

LAMPIRAN 5. *GENERAL ARRANGEMENT*

BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Dalam analisis dan pembahasan Tugas Akhir dapat disimpulkan bahwa :

1. Kebutuhan PLTBG Tandun saat ini hanya terpenuhi sebesar 22% oleh PKS Tandun.
2. Model Transportasi dengan menggunakan moda laut terpilih dengan selisih biaya sebesar Rp 28.753.006.175 lebih kecil dibandingkan moda darat.
3. Rute pengiriman yang menghasilkan minimum total biaya adalah dengan pola *port to port* dengan menggunakan 1 buah kapal jenis SPOB dengan payload sebesar 1.500 ton berdimensi *length between perpendicular* (LPP) = 57,15 meter, *Breadth* (B) = 13,16 meter, *Height* (H) = 5 meter dan *Draught* (T) = 4,2 meter.pada masing ï masing ruas.
   a. Pada Rute A1 yaitu dari PKS Tanah Putih ke PKS Sei Buatan kapal melakukan 40 roundtrip per tahun dengan jumlah cargo terkirim sebesar 60.000 ton dan membutuhkan total biaya sebesar Rp 4.909.899.006,59.
   b. Pada Rute A2 yaitu dari PKS Sei Pagar ke PKS Sei Buatan kapal melakukan 20 roundtrip per tahun dengan jumlah cargo terkirim sebesar 30.000 ton dan membutuhkan total biaya sebesar Rp 3.125.904.035,10.
4. Biaya investasi untuk pengadaan kapal pada model transportasi ini sebesar Rp 8.035.803.042, dan biaya investasi pembangunan dermaga sebesar Rp 86.225.832.752,88. Total pendapatan yang diperoleh dari hasil penjualan listrik dan penghematan biaya listrik pabrik adalah sebesar Rp 8.775.000.000. Laba kotor dari pendapatan pabrik dikurangi dengan total biaya kapal yaitu Rp 739.196.958.

7.2. Saran

1. Dalam penelitian ini perhitungan biaya transportasi di darat dari depo menuju PLTBG tidak diperhitungkan sehingga laba yang didapatkan adalah laba kotor oleh karena itu pengembangan penelitian ini dapat dilanjutkan untuk perhitungan dari hulu ke hilir untuk komoditi limbah cair kelapa sawit.
2. Dalam penelitian ini tidak dilakukan analisis kelayakan investasi, hanya dilakukan perhitungan biaya investasi oleh karena itu pengembangan penelitian ini dapat dilanjutkan untuk perhitungan kelayakan investasi.
3. Penelitian ini dapat menjadi saran untuk Perusahaan yang bersangkutan yaitu PT Perkebunan Nusantara V, Riau.

DAFTAR PUSTAKA

(Persero), P. P. (2016, May 1). *PELINDO I Cabang Dumai*. Diambil kembali dari Tarif Jasa Kepelabuhan: dumai.inaport1.co.id

Diah Indarti, S. (2014). *Outlook Komoditi Kelapa Sawit.* Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian - Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.

Dr. Cynthia Henny, M. (2012). *Kajian Pengolahan Limbah Olahan Kelapa Sawit dengan Sistem Lahan Basah Buatan untuk Pengendalian Pencemaran di Riau.* Jakarta: LIPI.

Energi, P. K. (2016, April 1). *PT Karya Mas Energi*. Diambil kembali dari Pembangkit Listrik Tenaga Biogas: www.karyamasenergi.co.id

Global Chima. (2016, May 1). Diambil kembali dari Barge For Sale: www.globalchimaks.com

Indonesia, M. P. (2012). *Keputusan Menteri Perhubungan KM. 55* . Jakarta: Direktorat Jenderal Perhubungan.

Indonesia, W. (2016, April 1). *WWF Indonesia*. Diambil kembali dari Peta Sungai Riau: www.wwf.co.id

Maritime Sales. (2016, May 1). Diambil kembali dari Barge For Sale: www.maritimesales.com

NRS Corporation. (2016, June 15). Diambil kembali dari NRS Group: http://www.nrsgroup.co.jp/english/service/menu/transport_container/liquid/index.html

Perkebunan, D. J. (2014). *Statistik Perkebunan Indonesia (Kelapa Sawit 2013-2015).* Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.

Perkebunan, D. S. (2014). *Statistik Kelapa Sawit Indonesia.* Jakarta: Badan Pusat Statistik Indonesia.

PLN, R. (2014). *RUPTL PLN 2011-2020.* Riau: PLN Indonesia.

Ratson Shipbuilding. (2016, March 1). Diambil kembali dari Self Propelled Oil Barge: www.rastonshipbuilding.com

Research, A. S. (2016, May 1). *Alibra Shipping*. Diambil kembali dari Time Charter Rate Calculation: www.alibrashipping.com

Robert Taggart. (1980). *Ship Design and Construction.* New York: The Society of Naval Architect and Marine Engineer.

Safrizal. (2014). Small Renewable Energy Biomassa Limbah Sawit Sumber Listrik Alternatif Kajian Di PT Perkebunan Nusantara V Provinsi Riau. *Jurnal DISPROTEK Volume 5* , 63-68.

Sun Machinery. (2016, May 1). Diambil kembali dari Barge For Sale: www.sunmachinery.com

Syahza, A. (2012). *Potensi Pengembangan Industri Kelapa Sawit.* Riau: Lembaga Penelitian Universitas Riau.

V, P. P. (2011-2015). *Annual Report.* Riau: PT Perkebunan Nusantara V.

BIOGRAFI PENULIS

Nama lengkap penulis adalah Nur Khumaidah, dilahirkan di Mojokerto, Jawa Timur, pada tanggal 22 Februari 1994 merupakan putri tunggal dari pasangan Bapak Dadang Latif dan Ibu Nurul Khotimah. Riwayat pendidikan formal penulis dimulai dari TK Zahrotul Mujahidin (1999 - 2000), MI Mujahidin (2000 - 2006), SMP Negeri 1 Sooko (2006 - 2009), RSBI SMA Negeri 1 Sooko (2009 - 2012) ketika program RSBI (Rintisan Sekolah Bertaraf Internasional) belum dihapuskan oleh pemerintah, kemudian penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Jurusan Transportasi Laut Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (2012 - 2016). Saat menempuh pendidikan sarjana penulis mendapatkan beasiswa Bidikmisi dari dikti selama 3 tahun dan beasiswa dari ABS (*American Berau of Shipping*) selama 1 tahun. Bagi pembaca yang ingin menghubungi penulis bisa melalui alamat email: *nurkhumaidah.xi.ia.4@gmail.com*