



TUGAS AKHIR - MS184801

MODEL PERENCANAAN TRANSPORTASI ANGKUTAN CANGKANG SAWIT

Teja Kusuma
NRP. 0441154 000 0021

Dosen Pembimbing
Dr.-Ing Ir. Setyo Nugroho
Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



TUGAS AKHIR - MS 184801

MODEL PERENCANAAN TRANSPORTASI ANGKUTAN CANGKANG SAWIT

Teja Kusuma
NRP. 0441154 000 0021

Dosen Pembimbing
Dr.-Ing Ir. Setyo Nugroho
Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



FINAL PROJECT - MS 184801

**MARINE TRANSPORTATION MODEL FOR PALM
KERNEL SHELL COMMODITY**

Teja Kusuma
NRP. 0441154 000 0021

Supervisors
Dr.-Ing Ir. Setyo Nugroho
Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.

DEPARTMENT OF MARINE TRANSPORTATION ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN
MODEL PERENCANAAN TRANSPORTASI ANGKUTAN
CANGKANG SAWIT

TUGAS AKHIR

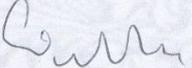
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program S1 Departemen Teknik Transportasi Laut
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

TEJA KUSUMA
NRP. 0441154 000 0021

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing I


Dr.-Ing. Ir. Setyo Nugroho
NIP. 196510201996011001



Dosen Pembimbing II


Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.
NIP. 1987201912083

SURABAYA, JANUARI 2020

LEMBAR REVISI

MODEL PERENCANAAN TRANSPORTASI ANGKUTAN CANGKANG SAWIT

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai hasil sidang Ujian Tugas Akhir

Tanggal 21 Januari 2020

Program S1 Departemen Teknik Transportasi Laut

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

TEJA KUSUMA

N.R.P 0441154000021

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Dr.Eng. I.G.N. Sumanta Buana, S.T., M.Eng.

2. Achmad Mustakim, S.T., M.T., MBA.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr.-Ing. Ir. Setyo Nugroho

2. Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.



SURABAYA, JANUARI 2020

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “**Model Perencanaan Transportasi Angkutan Cangkang Sawit**” ini dapat terselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan kali ini, perkenankan penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, untuk :

1. Ibu Samilah yang selalu mendukung dan mendoakan penulis hingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir. Bapak Rahmat Sudaryo selaku penyokong dana dan pemberi dukungan penulis selama proses perkuliahan serta penyusunan Tugas Akhir. Serta Ratna Ningrum yang selalu memberi dukungan moril pada penulis.
2. Bapak Dr.-Ing Setyo Nugroho. selaku dosen pembimbing 1 yang telah dengan sabar membimbing dan memberikan masukan kepada penulis selama dalam proses penyusunan Tugas Akhir.
3. Ibu Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing 2 yang telah dengan sabar membimbing dan memberikan masukan kepada penulis selama dalam proses penyusunan Tugas Akhir.
4. Yustika Athiya Hasna yang senantiasa memberikan doa dan semangat selama proses penyusunan Tugas Akhir.
5. Teman-teman Kontrakan Manja yakni Dian, Bagas, Bowo, dan Idham yang selalu menghibur di sepanjang waktu.
6. Teman-teman BRIGANTINE seatrans 2015/T13, seatrans 2016/T14, dan seatrans 2017/T15 yang seringkali memberikan semangat kepada penulis dan teman-teman seperjuangan Tugas Akhir.
7. Serta semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa disebutkan satu per satu..

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

MODEL PERENCANAAN TRANSPORTASI ANGKUTAN CANGKANG SAWIT

Nama Mahasiswa : Teja Kusuma
NRP : 0441154000021
Departemen / Fakultas : Teknik Transportasi Laut / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Dr.-Ing Ir. Setyo Nugroho
2. Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.

ABSTRAK

Produksi CPO Provinsi Kalimantan Barat mengalami rata-rata pertumbuhan sebesar 16% setiap tahunnya. Hal ini berdampak kepada dari produksi limbah cangkang sawit yang dihasilkan. Salah satu bentuk pemanfaatan kembali limbah cangkang sawit adalah dijadikan sebagai bahan biomassa untuk membangkitkan listrik. Hal ini dimanfaatkan oleh PLN selaku perusahaan penghasil listrik di Indonesia. Sejalan dengan Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional dan *Paris Agreement*, pemerintah berencana untuk menerakan bauran Energi Baru Terbarukan (EBT) 23% di tahun 2025 dan 31% di tahun 2050. Salah satu cara untuk mencapai target tersebut adalah dengan dibangunnya PLTBm di Kalimantan Barat. Dengan mengacu kepada RUPTL PLN 2019-2028 bahwa akan dibangun 2 PLTBm baru yang memanfaatkan cangkang sawit sebagai bahan bakunya. Sehingga diperlukan model pengiriman yang optimal untuk mengirim cangkang sawit dari pabrik pengolahan sawit menuju PLTBm. Metode yang digunakan adalah metode optimasi untuk mencari moda transportasi yang menghasilkan biaya satuan terendah. Didapatkan bahwa kapal yang optimal untuk digunakan untuk pengiriman cangkang sawit adalah moda kapal curah kering menggunakan skenario *port to port* didapatkan biaya total sebesar Rp 68.800.386.050/tahun dan biaya satuan sebesar Rp 201.342/ton. Rute yang dilalui kapal CK-1 adalah Pel. Pontianak – PLTBm RPSL, kapal CK-3 adalah PT. PS 3 – PLTBm Sungai Tebelian, PT. PS 6 – PLTBm Sungai Tebelian, PT. PS 5 – PLTBm Sekadau Hilir, PT. PS 9 – PLTBm Sekadau Hilir, PT. PS 13 – PLTBm Sekadau Hilir, dan Pel. Pontianak – PLTBm RPSL. Rute kapal CK-4 adalah Pel. Pontianak – PLTBm Sungai Tebelian, PT. PS 9 – PLTBm Sekadau Hilir, Pel. Pontianak – PLTBm Sekadau Hilir.

Kata Kunci — Cangkang Sawit, Kapal Tunda & tongkang, Kapal Curah Kering, Port To Port, Mulitport, Metode Optimasi.

MARINE TRANSPORTATION MODEL FOR PALM KERNEL SHELL COMMODITY

Author : Teja Kusuma
ID No. : 04411540000021
Dept. / Faculty : Marine Transportation Engineering / Marine Technology
Supervisors : 1. Dr.-Ing Ir. Setyo Nugroho
2. Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.

ABSTRACT

CPO production in West Kalimantan Province increases growth by an average of 16% every year. This has an impact on the production of palm oil waste produced. One form of reuse of palm shell waste is made as biomass material to make electricity. This is used by PLN as an electricity-producing company in Indonesia. In line with Government Regulation No. 79 of 2014 concerning the National Energy Policy and Paris Agreement, the government plans to impose a 23% Renewable Energy (EBT) mix in 2025 and 31% in 2050. One way to achieve this target is to build a PLTBm in West Kalimantan. By agreeing to the RUPTL, 2019-2028 PLN will build 2 new PLTBm that utilize palm shells as raw material. Requires an optimal delivery model for sending palm shells from palm oil processing plants to PLTBm. The method used is an optimization method to find the mode of transportation that produces the lowest shipping costs. It was found that the optimal ship to be used for shipping palm shells was a dry bulk ship mode using the *port to port* scenario, the total cost was Rp 68.800.386.050/year and the unit cost was Rp 201.342/ ton. The route taken by CK-1 is Pel. Pontianak – PLTBm RPSL. The route taken by CK-3 is PT. PS 3 – PLTBm Sungai Tebelian, PT. PS 6 – PLTBm Sungai Tebelian, PT. PS 5 – PLTBm Sekadau Hilir, PT. PS 9 – PLTBm Sekadau Hilir, PT. PS 13 – PLTBm Sekadau Hilir, dan Pel. Pontianak – PLTBm RPSL.. The Route taken by CK-4 is Pel. Pontianak – PLTBm Sungai Tebelian, PT. PS 9 – PLTBm Sekadau Hilir, Pel. Pontianak – PLTBm Sekadau Hilir.

Keywords: *Palm Shells, Tug & Barge Vessels, Dry Bulk Vessels, Port To Port, Multiport, Optimization Methods.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR REVISI.....	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Hipotesis.....	3
1.6 Batasan Masalah.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Cangkang Sawit	5
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm).....	6
2.3 Moda Transportasi Angkutan Cangkang Sawit	9
2.3.1 Kapal Tunda.....	9
2.3.2 Kapal <i>Barge</i>	11
2.3.3 Kapal Curah Kering	12
2.4 Logistik	13
2.5 Persoalan Transportasi	17
2.6 Teori Optimasi	17
2.7 Komponen Biaya Transportasi Laut	19
2.7.1 Biaya Pokok (Capital Cost)	19
2.7.2 Biaya Operasional (<i>Operating Cost</i>)	19
2.7.3 Biaya Pelayaran	21
2.7.4 Biaya Bongkar Muat.....	22
2.7.5 Biaya Satuan Per Unit.....	22

2.8	Sewa Kapal Berdasarkan Waktu (Time Charter Hire).....	23
2.9	Perbandingan Penelitian Sebelumnya	23
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1	Diagram Alir	25
3.2	Tahap Pendahuluan	26
3.3	Tahap Pengumpulan Data	26
3.3.1	Pengumpulan Data Secara Langsung (Primer)	26
3.3.2	Pengumpulan Data Secara Tidak Langsung (Sekunder)	26
3.4	Tahap Pengolahan Data.....	26
3.4.1	Tahapan Analisis Kondisi Saat Ini.....	26
3.4.2	Tahapan Analisis Waktu Pengiriman.....	27
3.4.3	Tahapan Analisis Biaya Transportasi	27
3.4.4	Tahapan Pembuatan Model Optimasi.....	27
3.4.5	Analisis Data Dan Pembahasan	27
3.5	Model Matematis.....	27
3.6	Kesimpulan Dan Saran.....	28
BAB 4	GAMBARAN UMUM.....	29
4.1	Daerah Provinsi Kalimantan Barat.....	29
4.2	PLTBm Rezeki Perkasa Sejahtera Lestari (RPSL)	30
4.3	Gambaran Umum Kondisi Saat Ini	32
4.4	Konsumsi Cangkang Sawit Untuk PLTBm	35
4.5	Proses Distribusi Cangkang Sawit	37
BAB 5	ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	39
5.1	Tujuan Pengiriman Cangkang sawit	39
5.2	Analisis Kondisi Saat Ini	41
5.3	Alternatif Moda Transportasi	43
5.3.1	Kapal Tunda & Tongkang	43
5.3.2	Kapal Curah Kering	44
5.4	Perhitungan Menggunakan Masing-Masing Moda	44
5.4.1	Kapal Tunda & tongkang.....	44
5.4.2	Kapal Curah Kering	47
5.5	Pemilihan Moda Transportasi Menggunakan Model Optimasi	50
5.6	Analisis Perbandingan Biaya Masing-Masing Moda.....	51
5.6.1	Skenario 1 (Port to Port)	51

5.6.2	Skenario 2 (Multiport)	57
5.7	Analisis Perbandingan Seluruh Biaya.....	68
5.8	Analisis Sensitivitas	70
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN	73
6.1	Kesimpulan	73
6.2	Saran.....	74
	DAFTAR PUSTAKA	75
	LAMPIRAN.....	77
	BIODATA PENULIS	97

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Perbandingan Persentase CPO, Cangkang Sawit, Tankos, dan Fiber Kelapa Sawit per Berat TBS yang Dihasilkan	34
Tabel 4.2 Pabrik Pengolahan Sawit di Kalimantan Barat.....	35
Tabel 4.3 Kebutuhan Kalori per Jam dari PLTBm RPSL, Siantan	35
Tabel 4.4 Kebutuhan Cangkang sawit PLTBm 10 MW	36
Tabel 4.5 Data Spesifikasi Tongkang	38
Tabel 4.6 Spesifikasi Kapal Tunda	38
Tabel 5.1 Tarif Pelabuhan Asal Dan Tujuan	40
Tabel 5.2 Tarif Pelabuhan Asal Dan Tujuan	41
Tabel 5.3 Muatan Terkirim Kondisi Saat Ini	41
Tabel 5.4 Kebutuhan Unit Dan Jumlah Hari Terpakai Truk	42
Tabel 5.5 Biaya Total Penggunaan Truk	42
Tabel 5.6 Spesifikasi Kapal Tunda	43
Tabel 5.7 Spesifikasi Tongkang.....	43
Tabel 5.8 Kombinasi Kapal Tunda & Tongkang.....	44
Tabel 5.9 Spesifikasi Kapal-Kapal Curah Kering	44
Tabel 5.10 Besar Nilai Time Charter Rate Kapal Tunda & Tongkang	45
Tabel 5.11 Daya Mesin Utama dan Mesin Bantu Kapal A	45
Tabel 5.12 Lama Perjalanan Kapal A Dengan Rute PT. PS 3 – PLTBm Sungai Tebelian	45
Tabel 5.13 Biaya Total BBM Kapal A Dengan Rute PT. PS 1 – PLTBm Sungai Tebelian	46
Tabel 5.14 Biaya Kepelabuhanan Kapal A Pada Rute PT. PS 1 – PLTBm Sungai Tebelian	46
Tabel 5.15 Biaya Tidak Tetap Kapal A Pada Rute PT. PS 1 – PLTBm Sungai Tebelian	47
Tabel 5.16 Besar Nilai Time Charter Rate Kapal Curah Kering	47
Tabel 5.17 Daya Mesin Utama dan Mesin Bantu Kapal CK-1	48
Tabel 5.18 Lama Perjalanan Kapal CK-1 Pada Rute PT. PS 3 – PLTBm Sungai Tebelian	48
Tabel 5.19 Biaya Total BBM Kapal CK-1 Dengan Rute PT. PS 1 – PLTBm Sungai Tebelian	49

Tabel 5.20 Biaya Pelabuhan Kapal CK-1 Pada Rute PT. PS 1 – PLTBm Sungai Tebelian	49
Tabel 5.21 Biaya Pelayaran	50
Tabel 5.22 Hasil Pemilihan Kapal Tunda & Tongkang Menggunakan Solver	51
Tabel 5.23 Tabel Batas Sarat Kapal Terpilih.....	52
Tabel 5.24 Jumlah Muatan Yang Terangkut Pada Masing-Masing Kapal.....	52
Tabel 5.25 Muatan Terangkut Pada Kapal B.....	52
Tabel 5.26 Muatan Terangkut Pada Kapal D.....	52
Tabel 5.27 Jumlah Hari Yang Digunakan Pada Masing-Masing Kapal	52
Tabel 5.28 Hasil Perhitungan Kapal Tunda&Tongkang Menggunakan Solver	53
Tabel 5.29 Muatan Terangkut Dari Pabrik – Pelabuhan Pontianak.....	53
Tabel 5.30 Rekapitulasi Kebutuhan Dan Biaya Total Truk.....	54
Tabel 5.31 Rekapitulasi Biaya Menggunakan Kapal Tunda & Tongkang	54
Tabel 5.32 Kapal Curah Kering Terpilih	54
Tabel 5.33 Sarat Kapal Curah Kering Terpilih.....	54
Tabel 5.34 Jumlah Muatan Terangkut Kapal Curah Kering.....	55
Tabel 5.35 Jumlah Hari Terpakai Kapal Curah Kering	55
Tabel 5.36 Besar Biaya Total Kapal Curah Kering	56
Tabel 5.37 Muatan Terangkut Dari Pabrik – Pelabuhan Pontianak.....	56
Tabel 5.38 Rekapitulasi Kebutuhan Unit Dan Biaya Total Truk.....	57
Tabel 5.39 Rekapitulasi Biaya Pengiriman Kapal Curah Kering	57
Tabel 5.40 Pembagian Muatan Masing-Masing Kapal.....	57
Tabel 5.41 Lama Waktu Berlayar dan Pelabuhan Rute PT. PS 9 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 9	58
Tabel 5.42 Lama Waktu Berlayar dan Pelabuhan Rute PT. PS 3 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 3	58
Tabel 5.43 Muatan Terangkut dan Frekuensi Terpakai Rute PT. PS 9 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 9.....	58
Tabel 5.44 Muatan Terangkut dan Frekuensi Terpakai Rute PT. PS 3 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 3.....	59
Tabel 5.45 Hasil Optimasi Rute PT. PS 9 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 9	59
Tabel 5.46 Hasil Optimasi Rute PT. PS 3 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 3	59

Tabel 5.47 Besar Biaya Total Hasil Optimasi	59
Tabel 5.48 Hasil Pemilihan Kapal Tunda & tongkang Menggunakan Solver.....	60
Tabel 5.49 Tinggi Sarat Kapal Terpilih.....	60
Tabel 5.50 Jumlah Muatan Yang Terangkut Pada Masing-Masing Kapal.....	60
Tabel 5.51 Muatan Terangkut Pada Kapal B.....	60
Tabel 5.52 Muatan Terangkut Pada Kapal D	60
Tabel 5.53 Jumlah Hari Yang Digunakan Pada Masing-Masing Kapal.....	61
Tabel 5.54 Hasil Perhitungan Kapal Tunda&Tongkang Menggunakan Solver	61
Tabel 5.55 Biaya Total Dan Biaya Satuan Skenario Multiport Kapal Tunda & Tongkang	61
Tabel 5.56 Muatan Terangkut Dari Pabrik – Pelabuhan Pontianak	62
Tabel 5.57 Rekapitulasi Kebutuhan Truk Dan Biaya Total.....	62
Tabel 5.58 Rekapitulasi Biaya Menggunakan Kapal Tunda & Tongkang	62
Tabel 5.59 Pembagian Muatan Masing-Masing Kapal	63
Tabel 5.60 Lama Waktu Berlayar dan Pelabuhan Rute PT. PS 9 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 9	63
Tabel 5.61 Lama Waktu Berlayar dan Pelabuhan Rute PT. PS 3 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 3	63
Tabel 5.62 Muatan Terangkut dan Frekuensi Terpakai Rute PT. PS 9 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 9.....	64
Tabel 5.63 Muatan Terangkut dan Frekuensi Terpakai Rute PT. PS 3 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 3.....	64
Tabel 5.64 Hasil Optimasi Rute PT. PS 9 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 9	64
Tabel 5.65 Hasil Optimasi Rute PT. PS 3 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 3	64
Tabel 5.66 Besar Biaya Total Hasil Optimasi	65
Tabel 5.67 Hasil Pemilihan Kapal Tunda & tongkang Menggunakan Solver.....	65
Tabel 5.68 Tinggi Sarat Kapal Terpilih.....	65
Tabel 5.69 Jumlah Muatan Yang Terangkut Pada Masing-Masing Kapal.....	65
Tabel 5.70 Muatan Terangkut Pada Kapal CK-1	66
Tabel 5.71 Muatan Terangkut Pada Kapal CK-4	66
Tabel 5.72 Jumlah Hari Yang Digunakan Pada Masing-Masing Kapal.....	66
Tabel 5.73 Hasil Perhitungan Kapal Tunda&Tongkang Menggunakan Solver	66

Tabel 5.74 Biaya Total Dan Biaya Satuan Skenario Multiport Kapal Curah Kering.....	67
Tabel 5.75 Muatan Terangkut Dari Pabrik – Pelabuhan Pontianak.....	67
Tabel 5.76 Rekapitulasi Kebutuhan Dan Biaya Total Truk.....	67
Tabel 5.77 Rekapitulasi Biaya Pengiriman Menggunakan Kapal Curah Kering	68
Tabel 5.78 Rekapitulasi Biaya Port To Port	68
Tabel 5.79 Rekapitulasi Biaya Multiport.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Besar Produksi CPO dan Cangkang Sawit Provinsi Kalimantan Barat.....	1
Gambar 2.1 Cangkang Sawit	5
Gambar 2.2. Proses Pengolahan Sawit	6
Gambar 2.3. Cara Kerja PLTU dan PLTBm	7
Gambar 2.4 Kapal Tunda.....	10
Gambar 2.5 Visualisasi Kapal Tunda Menarik Tongkang	11
Gambar 2.6 Tongkang	12
Gambar 2.7 Kapal Curah Kering	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi	25
Gambar 4.1 Provinsi Kalimantan Barat.....	29
Gambar 4.2 Sungai Kapuas	30
Gambar 4.3 Survei Penulis Di PLTBm RPSL.....	31
Gambar 4.4 PLTBm RPSL	32
Gambar 4.5 Survei Penulis Di Kantor Wilayah PLN Kalimantan Barat.....	32
Gambar 4.6 Proporsi Luas Lahan Sawit Indonesia.....	33
Gambar 4.7 Produksi Cangkang Sawit di Kalimantan Barat Tahun 2019	33
Gambar 4.8 Perbandingan Produksi CPO dan Cangkang Sawit Provinsi Kalimantan Barat	34
Gambar 4.9 Kapasitas Pembangkit PLTBm	36
Gambar 4.10 Kebutuhan Cangkang Sawit Untuk PLTBm.....	37
Gambar 4.11 Pola Pengiriman Cangkang Sawit di PLTBm RPSL	37
Gambar 5.1 Peta Persebaran Pabrik Pengelolaan Sawit dan PLTBm Baru di Kalimantan Barat.....	39
Gambar 5.2 Tampilan Solver pada Ms. Excel	50
Gambar 5.3 Perbandingan Biaya Total Masing-Masing Moda	69
Gambar 5.4 Perbandingan Biaya Satuan Masing-Masing Moda.....	69
Gambar 5.5 Perbandingan Biaya Satuan Kondisi Saat Ini (Truk) Dengan Kapal Curah Kering Dengan Skenario Port To Port.....	70
Gambar 5.6 Sensitivitas Biaya Satuan Skenario.....	71

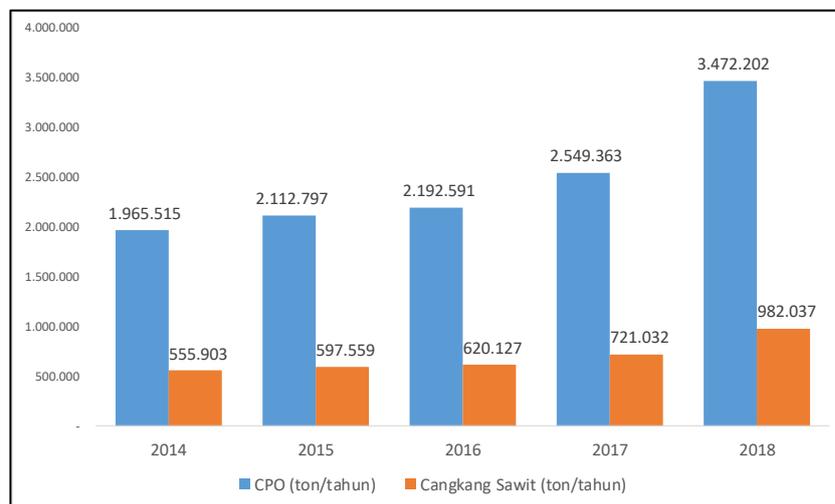
BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara terbesar yang memproduksi minyak sawit (Crude Palm Oil/CPO) di dunia. Pada tahun 2017, Indonesia memproduksi minyak CPO sebanyak 12,3 juta ton dari luas lahan perkebunan sawit seluas 34,47 juta hektar. Salah satu daerah penghasil CPO di Indonesia adalah Provinsi Kalimantan Barat. Pada tahun 2018, Provinsi Kalimantan Barat berhasil memproduksi CPO sebesar 3.472.202 ton. Meningkatnya produksi minyak sawit didasari oleh beberapa hal, seperti banyaknya negara-negara yang mengimpor minyak sawit dari Indonesia untuk menggantikan bahan bakar yang kurang ramah lingkungan. Selain itu kebutuhan bahan bakar, minyak sawit juga digunakan untuk bahan pembuatan makanan, pakan ternak, dan kebutuhan farmasi.

Dengan meningkatnya produksi minyak sawit tersebut, limbah yang dihasilkan dari pengolahan kelapa sawit juga meningkat. Limbah yang dihasilkan dari pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) menjadi minyak sawit ada 2 jenis, limbah padat dan limbah cair. Salah satu limbah padat yang dihasilkan adalah cangkang sawit (Palm Kernel Shell/PKS). Pada tahun 2018, besar produksi cangkang sawit diperkirakan sebanyak 982.037 ton.



Sumber: BPS Kalimantan Barat, 2018

Gambar 1.1 Besar Produksi CPO dan Cangkang Sawit Provinsi Kalimantan Barat

Cangkang sawit ini merupakan limbah dari pengolahan TBS yang bisa dimanfaatkan kembali untuk kebutuhan lain. Salah satu upaya pemanfaatan kembali limbah ini adalah dijadikannya cangkang sawit sebagai biomassa. Manfaat sebagai

biomassa ini bisa dijadikan sebagai energi terbarukan (renewable energy) sebagai bahan baku dari PLTBm, menggantikan batubara yang biasa digunakan di PLTU. Seperti yang sudah diketahui, penggunaan batu bara sebagai sumber energi di PLTU mengakibatkan banyak permasalahan, salah satunya adalah emisi yang dihasilkan menyebabkan polusi udara.

Pemerintah melalui Peraturan Menteri ESDM No. 50 Tahun 2017, mengeluarkan peraturan dimana PT. PLN (Persero) wajib membeli tenaga listrik dari pembangkit tenaga listrik yang memanfaatkan Sumber Energi Terbarukan. Selain melalui peraturan menteri tersebut, pemerintah juga mulai mengambil tindakan untuk mengurangi penggunaan batu bara dengan cara mendukung Paris Agreement, dimana Indonesia memiliki target Energi Baru Terbarukan (EBT) sebesar 23% di tahun 2025, dan 31% di tahun 2050. Dari 2 kebijakan inilah PLN berencana untuk membangun PLTBm untuk mencapai target tersebut. Sehingga penggunaan cangkang sawit sebagai bahan baku PLTBm sangat memungkinkan untuk diterapkan.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk menentukan model transportasi angkutan cangkang sawit yang optimum untuk memenuhi kebutuhan PLTBm dan memenuhi bauran EBT yang ditargetkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Bagaimana model transportasi untuk kebutuhan PLTBm di Kalimantan Barat saat ini?
2. Bagaimana skenario pemilihan moda dan pola distribusi cangkang sawit dari pabrik pengolahan sawit di Kalimantan Barat untuk kebutuhan PLTBm?
3. Bagaimana besar biaya satuan dari pengiriman cangkang sawit untuk kebutuhan PLTBm?

1.3 Tujuan

Sesuai dengan rumusan masalah pada subbab sebelumnya, maka tujuan dalam penelitian dalam tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Mengetahui model transportasi untuk kebutuhan PLTBm di Kalimantan Barat.
2. Mengetahui skenario pemilihan moda dan pola distribusi cangkang sawit dari pabrik pengolahan sawit di Kalimantan Barat untuk kebutuhan PLTBm.

3. Mengetahui besar biaya satuan dari pengiriman cangkang sawit untuk kebutuhan PLTBm.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini bagi penulis adalah untuk mendapatkan gambaran proses distribusi cangkang sawit untuk keperluan pembangkit listrik, dikarenakan cangkang sawit merupakan inovasi terbaru. Selain itu manfaat penelitian ini adalah bisa menjadi referensi untuk pemerintah, khususnya PLN sebagai penyedia energi listrik, yang akan membangun PLTBm dan akan mengirimkan cangkang sawit untuk kebutuhan PLTBm namun terkendala di biaya transportasi, sehingga diharapkan bisa menemukan skenario pemilihan moda yang tepat.

1.5 Hipotesis

Dugaan awal dari Tugas Akhir ini adalah, sebagai berikut :

1. Pengiriman cangkang sawit dengan sistem port to port akan menghasilkan biaya unit lebih rendah bila dibandingkan dengan sistem multiport.
2. Pengiriman cangkang sawit menggunakan kapal curah kering akan menghasilkan biaya unit lebih rendah bila dibandingkan dengan kapal tunda & tongkang.
3. Semakin besar jarak tempuh kapal akan mempengaruhi pemilihan kapal dengan ukuran yang semakin besar juga.

1.6 Batasan Masalah

Agar dalam melakukan penelitian dalam tugas akhir ini lebih fokus, dilakukan pembatasan :

1. Moda yang digunakan kapal *tunda & tongkang*, dan kapal curah kering.
2. Sistem sewa kapal yang digunakan adalah sistem *time charter hire*.
3. Ruang lingkup penelitian di Provinsi Kalimantan Barat.
4. Optimasi yang akan digunakan adalah optimasi port to port dan multiport

Lembar Ini Sengaja Dikosongkan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cangkang Sawit

Dalam pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) sawit menjadi minyak sawit menghasilkan limbah yang terbagi menjadi dua, yakni limbah cair dan limbah padat. Salah satu limbah padat yang dihasilkan adalah cangkang sawit. Cangkang sawit, atau tempurung sawit, adalah bagian keras yang terdapat pada buah kelapa sawit yang berfungsi untuk melindungi isi atau kernel dari sebuah sawit. Cangkang sawit merupakan limbah dari pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) yang sulit untuk diuraikan secara alami di lingkungan.



Sumber: cangkangsawit.id

Gambar 2.1 Cangkang Sawit

Cangkang sawit memiliki nilai yang bisa digunakan kembali. Beberapa pemanfaatan dari cangkang sawit antara lain:

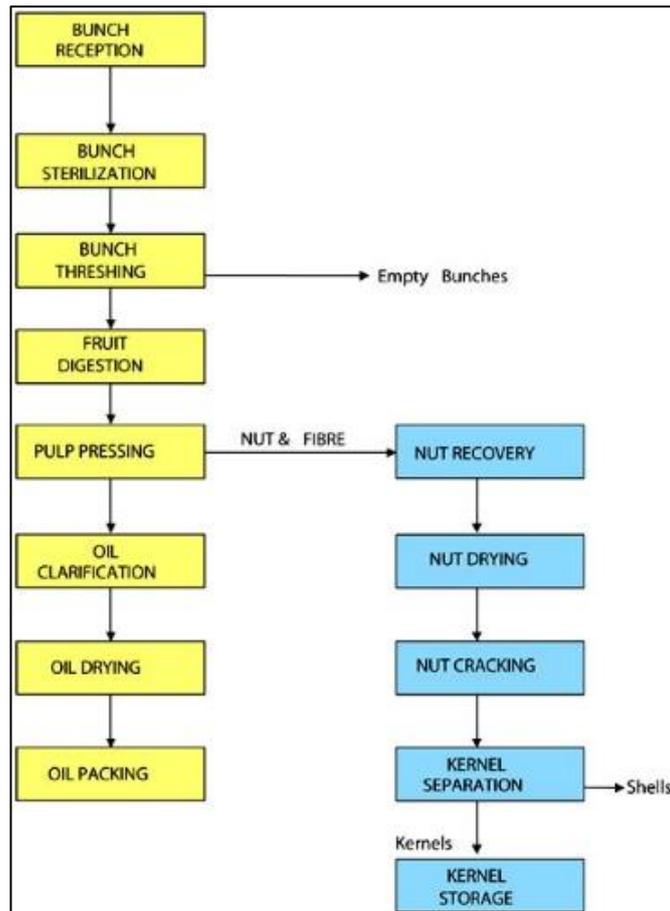
1. Pemanfaatan cangkang sawit sebagai arang aktif/karbon

Karbon/arang aktif adalah arang yang diaktifkan dengan cara perendaman dalam bahan kimia atau dengan cara mengalirkan uap panas ke dalam bahan, sehingga pori – pori bahan menjadi lebih terbuka dengan luas permukaan berkisar antara 300 hingga 2000 m²/g.

2. Pemanfaatan cangkang sawit sebagai bahan bakar

Cangkang buah kelapa sawit merupakan turunan dari Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit yang kalau diolah dapat berfungsi sebagai bahan bakar untuk pengganti BBM. Biasanya cangkang ini digunakan untuk briket sejenis briket batubara.

Cangkang sawit diperoleh dari hasil pengolahan Tandan Buah Segara menjadi minyak kelapa sawit. Dari 1 ton TBS yang diolah, 20% - 23% menjadi minyak kelapa sawit, sedangkan 7 – 9% dihasilkan limbah cangkang sawit.



Sumber: www.fao.org

Gambar 2.2. Proses Pengolahan Sawit

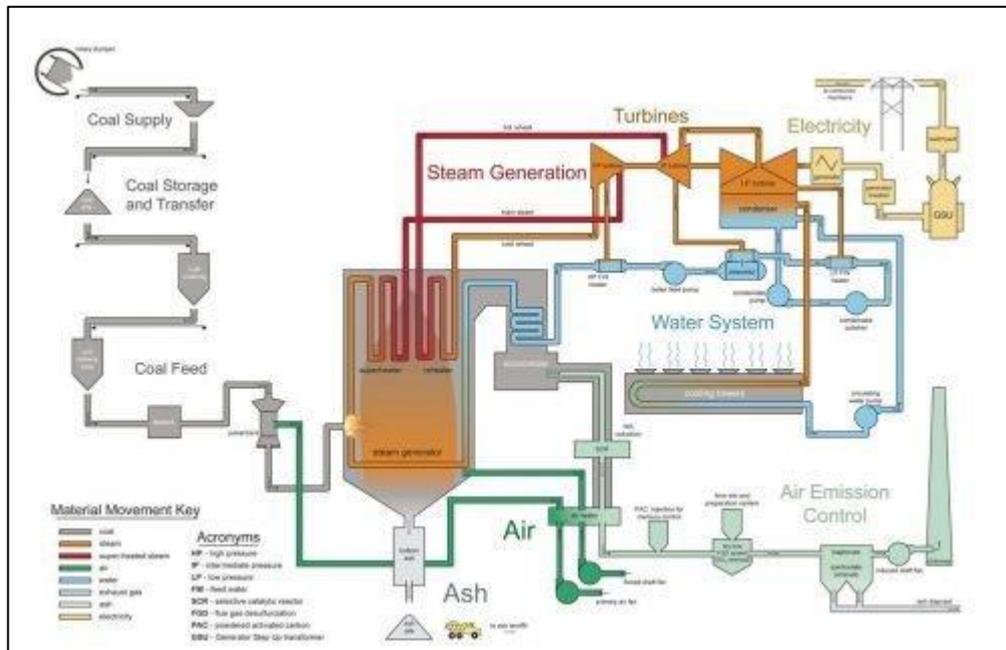
Ada beberapa kandungan didalam cangkang sawit yang bisa dimanfaatkan sebagai energi terbarukan, antara lain kadar air lembab 7-8%, kadar abu 2-3%, kadar yang menguap 69-70%, dan karbon aktif murni 20-22%.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm)

Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa atau PLTBm merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan biomassa dalam proses menghasilkan energi listrik untuk kebutuhan masyarakat. Sedangkan biomassa merupakan bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun berupa buangan (limbah). Biomassa biasanya dimanfaatkan sebagai bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, dan sebagai sumber energi (bahan bakar). Pada umumnya, yang digunakan sebagai bahan bakar adalah biomassa yang nilai ekonomisnya rendah atau bersifat buangan/limbah.

Sumber energi biomassa memiliki beberapa kelebihan, antara lain merupakan sumber energi yang bisa diperbaharui (renewable), sehingga pemanfaatan sumber energi biomassa ini bersifat berkesinambungan (sustainable). Dengan menipisnya cadangan

bahan bakar fosil dan meningkatnya populasi penduduk yang membutuhkan energi bagi kelangsungan hidupnya, maka biomassa merupakan salah satu solusi yang bisa ditawarkan untuk memenuhi kebutuhan sumber energi/bahan bakar untuk manusia.



Sumber: www.alphapay.id

Gambar 2.3. Cara Kerja PLTU dan PLTBm

Cara kerja dari PLTBm ini mirip dengan cara kerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap atau PLTU. Yang membedakan antara PLTBm dan PLTU hanya dari bahan bakunya saja, di mana PLTBm memanfaatkan biomassa sedangkan PLTU menggunakan batubara. Biomassa dan batubara ini akan dimasukkan ke dalam boiler untuk dibakar dan menghasilkan panas tertentu, sesuai kebutuhan boiler, untuk memanaskan air hingga menghasilkan uap. Secara singkat, penjelasan cara kerja dari PLTBm adalah:

1. Air diisikan ke boiler hingga mengisi penuh seluruh luas permukaan pemisah panas. Di dalam boiler ini dipanaskan dengan gas panas hasil pembakaran bahan bakar dengan udara sehingga berubah menjadi uap.
2. Hasil produksi boiler ini dengan tekanan dan temperatur tertentu diarahkan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan daya mekanik berupa putaran.
3. Generator yang dikopel langsung dengan turbin berputar menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan magnet di dalam kumparan, sehingga ketika turbin berputar dihasilkan energi dari terminal output generator.
4. Uap bekas keluar turbin akan masuk ke kondensor untuk didinginkan dengan air pendingin agar berubah kembali menjadi air yang disebut sebagai kondensat hasil kondensasi uap da, kemudian akan digunakan kembali sebagai air pengisi boiler.

Dalam pembangunan dan pengoperasian pembangkit listrik, khususnya pembangkit milik PLN, dikenal berbagai macam komponen biaya untuk membangkitkan listrik. Komponen biaya tersebut dikenal dengan komponen A, komponen B, komponen C, dan komponen D. Penjelasan dari masing-masing komponen biaya tersebut adalah:

1. Komponen A

Komponen biaya A merupakan komponen biaya tetap atau *fixed cost*, yakni biaya yang harus tetap dikeluarkan terlepas dari beroperasi atau tidak beroperasinya pembangkit listrik tersebut. Komponen ini biasanya terkait dengan biaya konstruksi pembangkit listrik, seperti biaya pekerja sipil, investasi pembelian turbin dan generator, dan biaya-biaya lainnya. Cara perhitungan komponen biaya A ini adalah:

$$\text{Komponen A} = \frac{\text{capital cost} \times \text{CRF}}{\text{Kapasitas} \times 8760 \times \text{CF}}$$

Dimana:

- Capital cost adalah biaya konstruksi pembangkit listrik, meliputi biaya turbin, generator, switchgear, BOP (Balance of Plant), dan biaya-biaya lain.
- CRF atau Capital Recovery Factor atau faktor pengembalian investasi biasanya direpresentasikan oleh persamaan:

$$\text{CRF} = \frac{i \times (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Dimana *i* adalah tingkat suku bunga, dan *n* adalah masa manfaat pembangkit listrik

- Kapasitas merupakan kapasitas total pembangkit
- 8760 merupakan waktu 1 tahun yang dinyatakan ke dalam satuan jam
- CF atau Capacity Factor merupakan faktor kesediaan pembangkit listrik dalam memproduksi listrik. Nilai CF ini biasanya bervariasi, antara 0,8 – 0,9.

2. Komponen B

Komponen B ini dikenal sebagai komponen biaya tidak tetap atau biaya variabel dan biasanya bernilai kecil. Biaya komponen ini juga sering disebut sebagai *OM cost* yang berarti biaya yang dikeluarkan untuk operasi (*operating*) dan juga untuk perawatan (*maintenance*) dari pembangkit listrik. Yang termasuk ke dalam komponen biaya ini adalah biaya tetap OM atau *fixed OM cost*, seperti gaji pegawai, biaya manajemen, dan biaya-biaya lainnya.

3. Komponen C

Komponen ini merupakan komponen fuel cost atau biaya bahan bakar. Bahan bakar dari masing-masing pembangkit akan berbeda, bergantung dari jenis pembangkitnya (uap, biomassa, surya, dan lain-lain). Selain itu, biaya ini juga bergantung dari banyaknya konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan, lama waktu beroperasinya pembangkit, dan beberapa hal lainnya. Besarnya komponen biaya C ini dipengaruhi oleh harga bahan bakar per satuan misalnya rupiah per ton untuk PLTU.

4. Komponen D

Untuk penjelasan komponen biaya D ini sama dengan penjelasan komponen biaya B, yakni sering disebut sebagai biaya OM. Hal yang membedakan antara kedua komponen biaya ini adalah komponen biaya B adalah biaya tetap OM, sedangkan komponen biaya D adalah biaya tidak tetap OM atau *variable OM cost*. Salah satu biaya yang termasuk ke dalam komponen ini adalah biaya pelumas. Semakin sering dan berat kerja pembangkit, maka semakin besar konsumsi pelumas yang dibutuhkan, dan sebaliknya.

5. Komponen E

Komponen biaya ini merupakan komponen yang bersifat *optional* atau tidak wajib. Komponen biaya ini biasanya akan turut diperhitungkan apabila pembangkit listrik tersebut berada dalam posisi IPP atau Independent Power Producer, artinya pembangkit listrik sebagai penyedia listrik yang bukan berasal dari PLN (non-PLN). Komponen biaya E ini merupakan komponen biaya saluran dari trafo set-up yang ada di pembangkit ke gardu induk PLN terdekat.

2.3 Moda Transportasi Angkutan Cangkang Sawit

2.3.1 Kapal Tunda

Kapal *tugboat* atau kapal tunda adalah kapal yang digunakan untuk menarik atau mendorong kapal-kapal lainnya, biasanya ukurannya lebih besar daripada kapal tunda itu sendiri. Selain itu, kapal tunda memiliki fungsi lain seperti memandu kapal besar pada jalur yang berbahaya, memperbaiki kapal di laut, dan memadamkan api. Medan yang dilalui kapal tunda biasanya lebih menyulitkan dibandingkan dengan kapal-kapal biasanya, seperti sungai yang berkelok-kelok, hingga laut atau sungai yang dangkal sehingga tidak bisa dilalui oleh kapal-kapal yang memiliki ukuran besar.



Sumber: <http://kapal-cargo.blogspot.com>

Gambar 2.4 Kapal Tunda

Kapal tunda dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan tempat dan kinerjanya, yakni:

1. *Seagoing tug*

Fungsi dari jenis kapal tunda ini adalah untuk pelayaran bebas, yaitu menarik atau mendorong kapal yang tidak memiliki penggerak sendiri.

2. *Escort tug*

Fungsi dari jenis kapal tunda ini adalah untuk mengawal kapal besar disepanjang jalur perairan yang berbahaya.

3. *Harbour tug*

Fungsi dari jenis kapal tunda ini adalah untuk kebutuhan di pelabuhan, perairan dalam, dan daerah pesisir.

Di dalam kapal tunda sering dikenal dengan istilah *bollard pull*. *Bollard pull* adalah daya dorong pada tenaga maksimum dengan kapal yang terikat pada dok. (Mulyatno, A, & Alan, 2012) Perhitunganbollard pull sebenarnya tidak bisa dilakukan secara akurat dengan menggunakan rumus pendekatan. Nilai dari *bollard pull* baru bisa didapatkan dengan akurat dengan melakukan uji coba *bollard pull*. Salah satu cara perhitungan pendekatan adalah berdasarkan dari BHP mesin yang terpasang di kapal. Perhitungan konversi dari BHP ke nilai *bollard pull* (t) tersebut adalah:

1. *Tug equipped with fixed pitch propeller (freewheeling)*

$$t = (BHP \times 0,9 \times 1,10) / 100 \quad 2.1$$

2. *Tug equipped with fixed pitch propeller and kort-nozzle*

$$t = (BHP \times 0,9 \times 1,20) / 100 \quad 2.2$$

3. *Tug equipped with controllable pitch propeller*

$$t = (BHP \times 0,9 \times 1,25) / 100 \quad 2.3$$

4. *Tug equipped with controllable pitch propeller and kort-nozzle*

$$t = (BHP \times 0,9 \times 1,40) / 100$$

2.4

Berdasarkan perhitungan beban tunda ini di asumsikan dengan beban tongkang (barge) yang ditarik oleh tugboat. Diberikan nilai rata – rata, tinggi, dan rendah pada tongkang yang ditarik, dalam *deadweight tons* (DWT). Batas rata – rata sesungguhnya mewakili pada kapasitas rata – rata dalam kondisi biasa. Batas tertinggi DWT mewakili DWT maximum yang biasanya dapat ditarik dengan BHP dalam kondisi dekat pantai yang wajar (*fair inshore conditions*). (Mulyatno, A, & Alan, 2012). Berikut adalah persamaan hubungan antara BHP mesin kapal dengan beban saat tunda pada tongkang dalam DWT:

1. Rumus beban tunda untuk DWT tongkang yang rendah:

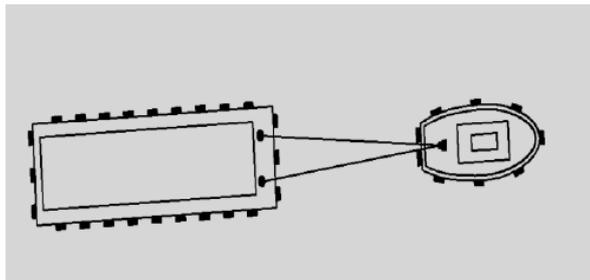
$$\text{Low DWT} = (1,32 \times \text{BHP Kapal Tunda}) - 255,25 \quad 2.5$$

2. Rumus beban tunda untuk DWT tongkang yang rata-rata:

$$\text{Average DWT} = (3,43 \times \text{BHP Kapal Tunda}) - 599,18 \quad 2.6$$

3. Rumus beban tunda untuk DWT tongkang yang tinggi:

$$\text{High DWT} = (5,57 \times \text{BHP Kapal Tunda}) - 943,10 \quad 2.7$$



Sumber: Nofia, Imam, Wilma, 2015

Gambar 2.5 Visualisasi Kapal Tunda Menarik Tongkang

2.3.2 Kapal Barge

Kapal *barge* atau biasa disebut sebagai tongkang atau *ponton*, adalah suatu jenis moda pengiriman dengan lambung datar seperti sebuah kotak yang mengapung, digunakan untuk mengangkut barang dan ditarik dengan kapal tunda atau digunakan untuk mengakomodasi pasang-surut seperti pada dermaga apung. Tongkang tidak memiliki sistem propulsi sendiri seperti kapal pada umumnya. Pembuatan kapal tongkang juga berbeda karena hanya konstruksi saja, tanpa sistem seperti kapal pada umumnya. Tongkang sendiri umum digunakan untuk mengangkut muatan dalam jumlah besar seperti kayu, batubara, pasir dan lain-lain. Menurut Panunggal (2006) besar nilai payload dari sebuah tongkang adalah sebesar 90% dari DWT nya.



Sumber: *Tribun Jateng*

Gambar 2.6 Tongkang

Berdasarkan fungsinya, Tongkang (Barge) dibagi dalam :

1. *Flat Top Barge.*

Adalah tongkang yang berbentuk paling sederhana (seperti kotak korek api) dan dibagian atasnya berbentuk flat atau datar.

2. *Cargo Barge.*

Adalah tongkang yang berbentuk seperti kapal biasa, akan tetapi tidak ada kamar untuk mesin, karena kapal ini tidak bermesin induk. Dikatakan sama dengan kapal biasa karena mempunyai kamar kargo atau palka.

3. *Oil Barge.*

Adalah jenis tongkang yang digunakan khusus untuk mengangkut minyak. Tongkang jenis ini ada juga yang bersifat ganda, yaitu dibagian bawahnya digunakan untuk membawa minyak, sedangkan diatas deck untuk jenis cargo lainnya.

4. *Construction Barge.*

Adalah jenis tongkang Flat Top yang digunakan untuk menunjang pekerjaan erection di lepas pantai. Di atas deck biasanya dilengkapi juga dengan kamar akomodasi (Living Quarter) untuk para pekerja.

5. *Self-Propelled Barge*

Tongkang ini berbeda karena memiliki tenaga penggerak sendiri, dengan bentuk kapal yang basisnya sama dengan tongkang. Self-Propelled Barge biasanya dioperasikan pada perairan dangkal maupun sungai.

2.3.3 Kapal Curah Kering

Kapal curah kering adalah jenis kapal yang digunakan untuk mengangkut barang dalam jumlah besar dan tanpa kemasan. Kapal curah kering biasanya mengangkut muatan

yang homogen saja, artinya muatan yang dimuat di dalam ruang muat (*cargo hold*) hanya terdiri dari satu jenis saja.

Kapal curah kering dibagi menjadi beberapa kategori, yakni:

1. Handy size : Ukuran DWT kapal berkisar 10.000 – 50.000 ton.
2. Lakesizes : Ukuran DWT kapal berkisar 20.000 – 27.000 ton.
3. Panamax : Ukuran DWT kapal berkisar 27.000 – 80.000 ton.
4. Over-Panamax : Ukuran DWT kapal berkisar 80.000 – 120.000 ton.
5. Capesize : Ukuran DWT kapal berkisar lebih dari 100.000 ton.
6. Dunkermuas : Ukuran DWT kapal berkisar 170.000 ton.



Sumber: marinetraffic.com

Gambar 2.7 Kapal Curah Kering

Selain kapal curah kering dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan ukuran DWT kapalnya, kapal curah kering juga memiliki karakteristik yang membedakan kapal curah kering dengan jenis kapal lainnya, antara lain:

1. Memiliki *single deck*, hal ini dikarenakan muatan yang dimuat langsung ditumpahkan ke dalam ruang muat sehingga tidak perlu menambahkan deck tambahan di ruang muat,
2. Memiliki *top side tank* dan *hopper side tank*, hal ini bertujuan untuk mengurangi pergeseran muatan.

2.4 Logistik

Konteks logistik identik dengan organisasi, pergerakan, dan penyimpanan dari material dan manusia. Domain dari aktivitas logistik sendiri adalah menyediakan sistem dengan produk yang tepat, di lokasi yang tepat, pada waktu yang tepat (*right product, in the right place, at the right time*) dengan mengoptimasikan pengukuran performansi yang diberikan contohnya meminimalisir Biaya Total operasional dan memenuhi kualifikasi yang diberikan sesuai dengan kemampuan dari klien dan sesuai dengan kualitas

pelayanan. Logistik, menurut Council of Supply Chain Management Professionals, adalah bagian dari manajemen rantai pasok (supply chain) dalam perencanaan, pengimplementasian, dan pengontrolan aliran dan penyimpanan barang, informasi, dan pelayanan yang efektif dan efisien dari titik asal ke titik tujuan sesuai dengan permintaan konsumen. Untuk mengalirkan barang dari titik asal menuju titik tujuan akan membutuhkan beberapa aktivitas yang dikenal dengan “*aktivitas kunci dalam logistik*” diantaranya:

1. *customer service*,
2. *demand forecasting/planning*,
3. *inventory management*,
4. *logistics communications*,
5. *material handling*,
6. *traffic and transportation*, dan
7. *warehousing and storage*.

Adapun yang menjadi obyek dari sistem logistik dapat berupa barang jadi, barang ½ jadi, maupun bahan baku. Untuk memaksimalkan nilai sistem logistik yang diupayakan, diperlukan variasi rencana mengenai pengambilan keputusan untuk setiap tahapan aktivitasnya. Perencanaan sistem logistik yang mendukung juga mempengaruhi desain dan operasional sistem logistik yang akan diberlakukan guna menciptakan efisiensi dan efektifitas produksi suatu barang dan jasa

Dalam pembahasan mengenai sistem logistik, perlu diketahui bahwa obyek logistik tidak terbatas hanya pada logistik barang, melainkan termasuk logistik penumpang, logistik bencana, dan logistik militer (pertahanan keamanan) yang dilakukan oleh setiap pelaku bisnis dan industri baik pada sektor primer, sekunder maupun tersier dalam rangka menunjang kegiatan operasionalnya. Lebih lanjut dalam ini diuraikan bahwa aktivitas logistik juga melibatkan berbagai pemangku kepentingan yang dapat dikategorisasikan kedalam dalam lima kelompok, diantaranya:

1. Konsumen, yaitu pengguna logistik yang membutuhkan barang untuk penggunaan proses produksi maupun untuk konsumsi. Konsumen berkewenangan untuk menentukan sendiri jenis dan jumlah barang yang akan dibeli, dari siapa dan dimana barang tersebut ingin dibeli dan kemana tujuan barang tersebut diantarkan.
2. Pelaku Logistik (PL), yaitu sebagai pemilik dan penyedia barang yang dibutuhkan oleh para konsumen, dibagi menjadi dua diantaranya:

- Produsen, pelaku logistik yang bertindak sebagai penghasil/ pembuat barang.
 - Penyalur (intermediare) yang bertindak sebagai perantara perpindahan kepemilikan barang dari produsen menuju ke konsumen melalui sarana distribusi (pedagang besar/wholesaler, grosir, distributor, agen, pasar, pengecer, warung, dan sebagainya) dalam suatu mekanisme tata niaga.
3. Penyedia Jasa Logistik (Logistics Service Provider), merupakan institusi penyedia jasa yang bertugas mengirimkan barang (transporter, freight forwarder, shipping liner, EMKL, dsb) dari lokasi asal barang (shipper), seperti produsen, pemasok, atau penyalur; menuju tempat tujuannya (consignee), seperti konsumen, penyalur, atau produsen; dan jasa penyimpanan barang (pergudangan, fumigasi, dan sebagainya).
 4. Pendukung Logistik, yaitu institusi mendukung efektivitas dan efisiensi kegiatan logistik, dan turut berkontribusi dalam penyelesaian jika terjadi permasalahan selama aktivitas logistik berlangsung. Adapun aktor-aktor yang termasuk dalam kategori ini diantaranya asosiasi, konsultan, institusi pendidikan dan pelatihan serta lembaga penelitian.
 5. Pemerintah, peran pemerintah dalam aktivitas logistik diantaranya, sebagai:
 - Regulator yang menyiapkan peraturan perundangan dan kebijakan.
 - Fasilitator yang menyediakan dan membangun infrastruktur logistik yang diperlukan untuk terlaksananya proses logistik.
 - Integrator yang mengkoordinasikan dan mensinkronkan aktivitas logistik sesuai dengan visi yang ingin dicapai, dan pemberdayaan baik kepada pelaku logistik, penyedia jasa logistik maupun pendukung logistik.

Ada 3 (tiga) komponen yang bergabung untuk membentuk sistem logistik, yaitu:

1. Struktur Lokasi Fasilitas Jaringan fasilitas yang dipilih oleh suatu perusahaan adalah fundamental bagi hasil-hasil akhir logistiknya. Jumlah, besar, dan pengaturan geografis dari fasilitas-fasilitas yang dioperasikan atau digunakan itu mempunyai hubungan langsung dengan kemampuan pelayanan terhadap nasabah perusahaan dan terhadap biaya logistiknya. Jaringan fasilitas suatu perusahaan merupakan serangkaian lokasi ke mana dan melalui mana material dan produk-produk diangkut. Untuk tujuan perencanaan, fasilitas-fasilitas tersebut meliputi pabrik, gudang-gudang, dan toko-toko pengecer. Seleksi serangkaian lokasi yang unggul (superior) dapat memberikan banyak keuntungan yang kompetitif.

Tingkat efisiensi logistik yang dapat dicapai itu berhubungan langsung dengan dan dibatasi oleh jaringan fasilitas.

2. Transportasi. Pada umumnya, satu perusahaan mempunyai 3 (tiga) alternatif untuk menetapkan kemampuan transportasinya. Pertama, armada peralatan swasta dapat dibeli atau disewa. Kedua, kontrak khusus dapat diatur dengan spesialis transport untuk mendapatkan kontrak jasa-jasa pengangkutan. Ketiga, suatu perusahaan dapat memperoleh jasa-jasa dari suatu perusahaan transport berijin (legally authorized) yang menawarkan pengangkutan dari suatu tempat ke tempat lain dengan biaya tertentu. Ketiga bentuk transport ini dikenal sebagai private (swasta), contract (kontrak) dan common carriage (angkutan umum). Dilihat dari sudut pandang sistem logistik, terdapat 3 (tiga) faktor yang memegang peranan utama dalam menentukan kemampuan pelayanan transport, yaitu biaya, kecepatan, dan konsistensi. Dalam merancang suatu sistem logistik, hendaklah dimantapkan suatu keseimbangan yang teliti antara biaya transportasi itu dengan mutu pelayanannya. Mendapatkan keseimbangan transportasi yang tepat merupakan salah satu tujuan utama dari analisa sistem logistik. Ada 3 (tiga) aspek transportasi yang harus diperhatikan karena berhubungan dengan sistem logistik. Pertama, seleksi fasilitas mentapkan suatu struktur atau jaringan yang membatasi ruanglingkup alternatif-alternatif transport dan menentukan sifat dari usaha pengaangkutan yang hendak diselesaikan. Kedua, biaya dari pengangkutan fisik itu menyangkut lebih daripada ongkos pengangkutan saja diantara 2 lokasi. Ketiga, seluruh usaha untuk mengintegrasikan kemampuan transport ke dalam suatu sistem yang terpadu mungkin akan sia-sia saja jika pelayanan tidak teratur (sporadic) dan tidak konsisten.
3. Pengadaan persediaan,kebutuhan akan transport di antara berbagai fasilitas itu didasarkan atas kebijaksanaan persediaan yang dilaksanakan oleh suatu perusahaan. Secara teoritis, suatu perusahaan dapat saja mengadakan persediaan setiap barang yang ada dalam persediaannya pada setiap fasilitas dalam jumlah yang sama. Tujuan dari integrasi persediaan ke dalam sistem logistik adalah untuk mempertahankan jumlah item yang serendah mungkin yang sesuai dengan sasaran pelayanan untuk nasabah.

2.5 Persoalan Transportasi

Persoalan transportasi membahas cara pendistribusian barang dari sejumlah titik asal (*supplier*) menuju titik akhir (konsumen), dengan cara meminimalkan biaya yang dikeluarkan. Persoalan transportasi ini memiliki karakteristik:

- Terdapat titik asal dan titik akhir,
- Jumlah barang yang didistribusikan tidak boleh kurang dari jumlah permintaan barang di titik akhir/tujuan, dan
- Biaya pengangkutan barang dari titik sumber ke titik tujuan besarnya tertentu

2.6 Teori Optimasi

Optimasi berasal dari kata optimalisasi. Namun, seiring perkembangan zaman, kata optimasi lebih sering digunakan daripada optimalisasi. Dalam permasalahan optimasi biasanya terdiri dari dua tujuan, yaitu memaksimalkan dan meminimumkan. Dengan adanya optimasi, desain sistem akan menghasilkan profit yang lebih banyak, biaya yang lebih murah, dan mempercepat proses. Optimasi ini dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan di berbagai bidang dengan aplikasi pengambilan keputusan.

Saat ini, permasalahan optimasi memerlukan dukungan software dalam penyelesaiannya sehingga menghasilkan solusi yang optimal dengan waktu perhitungan yang lebih cepat. Untuk menyelesaikan suatu permasalahan biasanya dilakukan dengan mengubah masalah tersebut ke dalam model matematis terlebih dahulu untuk memudahkan penyelesaiannya. Keberhasilan penerapan teknik optimasi, paling tidak memerlukan tiga syarat, yaitu kemampuan membuat model, matematika dari permasalahan yang dihadapi, pengetahuan teknik optimasi, dan pengetahuan akan program komputer.

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

menggunakan teknik optimasi linear programming dan persoalan combinatorial yang juga merupakan teknik optimasi linear programming dan non-linear programming.

1. Linear Programming

Linear Programming adalah suatu teknis matematika yang dirancang untuk membantu manajer dalam merencanakan dan membuat keputusan dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk mencapai tujuan perusahaan. Tujuan perusahaan pada umumnya adalah memaksimalkan keuntungan, namun karena terbatasnya sumber daya, maka dapat juga perusahaan meminimalkan biaya.

Linear Programming memiliki empat ciri khusus, yaitu:

- Penyelesaian masalah mengarah pada pencapaian tujuan memaksimalkan atau meminimalkan.
- Kendala yang ada membatasi tingkat pencapaian tujuan.
- Ada beberapa alternatif penyelesaian.
- Hubungan matematis bersifat linear.

Dalam melakukan suatu proses optimasi, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain; variabel parameter, konstanta, batasan, dan fungsi objektif.

Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut:

- Variabel merupakan nilai-nilai yang akan dicari dalam proses optimasi.
- Parameter adalah harga yang tidak berubah besarnya selama satu kali proses optimasi karena adanya syarat-syarat tertentu. Data tersebut dapat diubah setelah satu kali proses untuk menyelidiki kemungkinan terdapatnya hasil yang lebih baik.
- Batasan adalah nilai-nilai batas yang telah ditentukan baik oleh perencana, pemesan, peraturan, atau syarat-syarat yang lain.
- Fungsi objektif merupakan hubungan dari keseluruhan atau beberapa variabel serta parameter yang harganya akan dioptimalkan. Fungsi tersebut dapat berbentuk linear, non linear, atau gabungan dari keduanya dengan fungsi yang lain.
- Secara umum, fungsi atau persamaan dari suatu optimasi dapat dituliskan seperti berikut:

$$\text{Max/Min } (Z) = X + Y \rightarrow \text{Fungsi Objektif}$$

Subject to:

$$\left. \begin{array}{l} x_1 + x_2 \leq a \\ x_2 \leq b \end{array} \right\} \text{ Batasan}$$

Dalam menyelesaikan permasalahan dengan menggunakan *Linear Programming*, ada dua pendekatan yang bisa digunakan, yaitu metode grafik dan metode simpleks. Metode grafik hanya bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dimana variabel keputusan sama dengan dua. Sedangkan metode simpleks bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dimana variabel keputusan dua atau lebih.

2.7 Komponen Biaya Transportasi Laut

Dalam perhitungan biaya transportasi laut, terdiri dari beberapa komponen biaya. Komponen biaya tersebut adalah biaya pokok, biaya operasional, biaya bahan bakar, biaya kepelabuhanan, dan biaya penanganan muatan.

2.7.1 Biaya Pokok (Capital Cost)

Biaya pokok adalah harga kapal pada saat dibeli atau dibangun. Biaya pokok disertakan dalam kalkulasi biaya untuk menutup pembayaran bunga pinjaman dan pengembalian modal tergantung pada bagaimana pengadaan kapal tersebut. Pengembalian pinjaman ini direfleksikan sebagai pembayaran tahunan.

2.7.2 Biaya Operasional (*Operating Cost*)

Biaya operasional adalah biaya-biaya tetap yang dikeluarkan sehari-hari untuk mempersiapkan kapal sebelum berlayar. Komponen dari biaya operasional adalah gaji ABK, perawatan dan perbaikan, bahan makanan, stores, minyak pelumas, asuransi dan administrasi. Dapat dituliskan sebagai berikut:

$$OC = M + ST + MN + I + A \quad 2.8$$

Keterangan:

OC : Operating Cost

M : Manning

ST : Stores

MN : Maintenance and Repair

I : Insurance

AD : Administrasi

a) Manning Cost

Manning Cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk anak buah kapal. Biaya-biaya tersebut termasuk gaji pokok, tunjangan, asuransi sosial, dan uang pensiun.

Besarnya *manning cost* ditentukan oleh peraturan pemberian bayaran yang diatur pemerintah, dan jumlah & struktur pembagian kerja. Jumlah & struktur pembagian kerja bergantung pada ukuran teknis kapal.

b) *Stores Cost*

Sering disebut juga sebagai biaya perbekalan atau persediaan. *Stores cost* dikategorikan menjadi 2 macam yaitu untuk keperluan kapal (cadangan perlengkapan dan peralatan kapal) dan keperluan crew (bahan makanan).

c) *Maintenance and Repair Cost*

Merupakan biaya perawatan dan perbaikan untuk menjaga kondisi kapal sesuai dengan standar perusahaan maupun persyaratan dari biro klasifikasi. Untuk jenis dari biaya ini dibagi menjadi 3 kategori yaitu:

- *Survey Klasifikasi*
Kapal harus melakukan *regular dry docking* setiap dua tahun dan *special survey* tiap empat tahun sekali, hal ini dimaksudkan untuk mempertahankan kelas untuk tujuan asuransi.
- *Perawatan rutin*
Meliputi perawatan mesin induk dan mesin bantu cat, bangunan atas dan pengedokan. Besar dari biaya perawatan ini semakin bertambah seiring bertambahnya umur kapal.
- *Perbaikan*
Adanya kerusakan bagian kapal yang harus segera diperbaiki.

d) *Insurance Cost*

Merupakan biaya asuransi yang dikeluarkan sehubungan dengan resiko pelayaran yang dilimpahkan kepada perusahaan asuransi, komponen biaya ini berbentuk pembayaran premi asuransi kapal yang besarnya tergantung dari umur kapal. Makin tinggi resiko yang mungkin didapatkan kapal selama beroperasi maka semakin besar pula premi yang dikenakan. Ada dua jenis asuransi yang dipakai oleh perusahaan pelayaran terhadap kapalnya yaitu:

- *Hull and machinery insurance*
Perlindungan terhadap badan kapal dan permesinannya.
- *P&I insurance*

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

e) Administrasi

Biaya administrasi diantaranya adalah biaya untuk surat-surat kapal, sertifikat, ijin kepelabuhanan maupun fungsi administrative lainnya.

2.7.3 Biaya Pelayaran

Biaya pelayaran adalah biaya-biaya variable yang dikeluarkan kapal untuk kebutuhan selama pelayaran. Komponen-komponennya adalah:

$$VC = FC + PD \quad 2.9$$

Keterangan:

VC : Voyage Cost (biaya pelayaran)

PD : Port Dues (biaya kepelabuhanan)

FC : Fuel Cost (biaya bahan bakar)

1. Fuel Cost

Biaya bahan bakar tergantung dari konsumsi bahan bakar kapal selama berlayar di laut dan di pelabuhan, serta harga dari bahan bakar itu sendiri. Banyaknya konsumsi bahan bakar kapal bergantung pada ukuran kapal, bentuk dan kondisi lambung, rute yang ditempuh, kecepatan, cuaca, jenis dan kapasitas dari mesin induk dan mesin bantu, dan kualitas dari bahan bakar.

2. Port Cost

Biaya kepelabuhanan adalah biaya yang dikeluarkan oleh kapal pada saat di pelabuhan meliputi port dues dan service charges. Port dues adalah biaya yang dikenakan atas penggunaan fasilitas pelabuhan seperti dermaga, tambatan, kolam labuh dan infrastruktur lainnya. Besarnya biaya port dues bergantung pada GRT kapal dan NRT kapal, volume muatan dan berat muatan. Service charges meliputi jasa yang dipakai kapal selama di pelabuhan termasuk pandu dan tunda.

- Jasa labuh

Jasa labuh dikenakan terhadap kapal yang menggunakan perairan pelabuhan. Tariff yang dikenakan berdasarkan GRT dari kapal per 10 hari.

- Jasa tambat

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

- Jasa pemanduan

Setiap kapal yang berlayar dalam perairan pelabuhan waktu masuk, keluar atau pindah tambatan wajib menggunakan jasa pandu. Terdapat 2 jenis jasa pandu:

- Pandu laut

Pandu laut adalah pemanduan di perairan antara batas luar perairan hingga batas pandu.

- Pandu bandar

Pandu bandar adalah pandu yang bertugas dari perairan bandar hingga kapal masuk ke kolam pelabuhan dan sandar di dermaga.

2.7.4 Biaya Bongkar Muat

Biaya bongkar muat bergantung pada jumlah, volume, atau berat muatan.

Kegiatan bongkar muat terdiri dari:

1. Stevedoring, adalah pekerjaan membongkar barang dari kapal ke dermaga atau tongkang atau truk atau memuat barang dari dermaga atau tongkang atau truk ke kapal sampai dengan tersusun dalam palka kapal dengan menggunakan crane kapal maupun di dermaga pelabuhan.
2. Cargodooring, adalah pekerjaan melepaskan barang dari tali-tali atau jala-jala di dermaga dan mengangkat dari dermaga ke gudang atau lapangan penumpukan untuk selanjutnya disusun ataupun sebaliknya
3. Receiving/delievery, adalah kegiatan memindahkan barang dari timbunan atau tempat penumpukan, untuk selanjutnya diserahkan ke pemilik barang ataupun sebaliknya.

$$CHC = P \times C \quad 2.10$$

2.7.5 Biaya Satuan Per Unit

Biaya satuan (*unit cost*) adalah biaya yang dikeluarkan atau diperlukan untuk produksi satu barang. Dalam penelitian ini produksi yang dimaksud adalah pengiriman, sehingga unit cost dalam penelitian ini adalah besar biaya (cost) yang dibutuhkan untuk mengirim satu barang (kendaraan) dari asal (origin) ke tujuan (destination). Untuk menentukan unit cost perlu diketahui Biaya Total-biaya (TC) yang mempengaruhi pengiriman ini.

$$UC = TC/TO \quad 2.11$$

$$TC = VC + CC + CHC \quad 2.12$$

Keterangan:

UC : unit cost
TC : total cost
TO : total output (jumlah barang keseluruhan yang dikirim)
VC : voyage cost
CC : capital cost
CHC : cargo handling cost

2.8 Sewa Kapal Berdasarkan Waktu (Time Charter Hire)

Transportasi laut sebagai sarana perhubungan antar pulau, menyediakan peluang bagi penyedia jasa angkutan laut untuk tidak seharusnya membeli kapal berstatus milik dan dioperasikan. Apabila pelaku bisnis menghadapi keadaan kekurangan moda angkutan, maka salah satu solusinya adalah penyewa kapal untuk kemudian dioperasikan. Ada 2 jenis sewa kapal, yakni sewa menurut waktu (time charter) dan sewa menurut perjalanan (voyage charter). Time Charter Hire (TCH) adalah persetujuan di mana pihak pemilik kapal menyediakan kapal tertentu kepada pihak penyewa yang kemudian akan menjadi operator kapal untuk memenuhi kepentingannya. Sewa ini dihitung menurut lamanya waktu (misal 3 bulan, 6 bulan, atau 1 tahun). Jenis sewa ini tergolong paling banyak dilakukan untuk kepentingan liner service. Kapal disewa selama jangka waktu tertentu dalam keadaan lengkap bersama awak kapal dan perlengkapan berlayar, sedangkan biaya bahan bakar dan air tawar ditanggung oleh penyewa kapal.

2.9 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis juga meninjau dari penelitian lainnya, agar dalam proses pengerjaan dapat dilakukan dengan sempurna. Diantara penelitian sebelumnya yang dijadikan referensi adalah sebagai berikut :

1. “Desain Distribusi Pupuk Untuk Wilayah Kepulauan : Studi Kasus Nusa Tenggara Barat.”

Penelitian ini dilakukan oleh Aditya Dharma pada tahun 2017. Pada tugas akhir ini dilakukan penelitian mengenai distribusi pupuk untuk daerah Nusa Tenggara Barat. Latar belakang dari penelitian tugas akhir ini adalah adanya perbedaan harga penjualan pupuk di Pulau Jawa dan di Pulau Nusa Tenggara Barat dengan pola distribusi pada saat penelitian dilakukan. Metode yang digunakan oleh peneliti adalah dengan metode optimasi 3 skenario demand, yakni dengan demand 100 ton, 500 ton dan 1000 ton. Dari hasil penelitian didapatkan hasil biaya pengiriman minimum di daerah Lembar sebesar (1) Rp 845.631/ton, (2) Rp

580.366/ton, (3) Rp 545.555/ton, daerah Bima sebesar (1) Rp 798.481/ton, (2) Rp 735.028/ton, (3) Rp 723.750/ton, daerah Badas sebesar (1) Rp 722.485/ton, (2) Rp 656.550/ton, (3) Rp 647.836/ton.

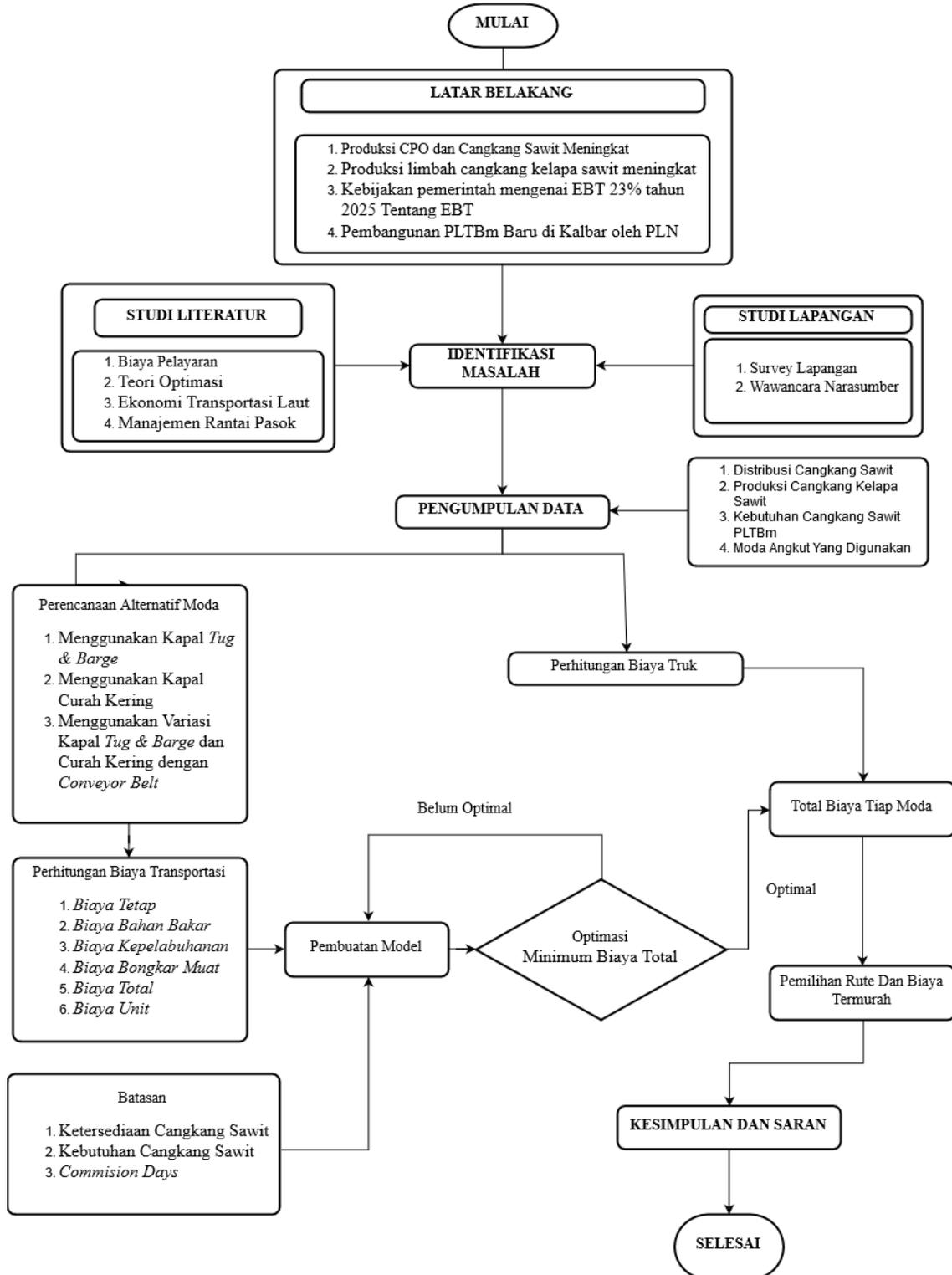
2. “Model Transportasi Laut Untuk Mendukung Manajemen Rantai Pasok: Studi Kasus Komoditas Ayam Beku Dari Surabaya Ke Indonesia Timur.”

Penelitian ini dilakukan oleh Fitroh Annur Isnantoyo pada tahun 2016. Latar belakang dari penelitian tugas akhir ini adalah biaya pengiriman yang cukup mahal berakibat pada harga jual ayam beku yang mempengaruhi nilai jual pasar wilayah Indonesia Timur. Metode yang digunakan oleh peneliti adalah dengan metode optimasi dengan minimum Biaya Satuan sebagai kriteria utama. Dari hasil optimasi, didapatkan hasil Biaya Satuan pengiriman ayam tujuan Ambon sebesar Rp 3.846/kg atau turun 11,6% dari harga jual pada saat itu. Pengiriman tujuan Sorong dengan Biaya Satuan Rp 4.826/kg, atau turun 3,4%. Pengiriman tujuan Nabire dengan Biaya Satuan sebesar Rp 4.962/kg atau turun sebesar 4,1%. Pengiriman tujuan Jayapura dengan Biaya Satuan sebesar Rp 4.635 atau turun sebesar 11,9%

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi

3.2 Tahap Pendahuluan

Dalam bab ini menjelaskan mengenai metodologi dari pengerjaan Tugas Akhir. Metodologi berisi langkah-langkah yang direncanakan penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir. Selain itu, terdapat kerangka berpikir penulis dalam menyelesaikan masalah di Tugas Akhir. Penjelasan detail mengenai pengumpulan data dan jenisnya juga akan dijelaskan pada bab ini.

3.3 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dalam mengerjakan tugas akhir ini dilakukan dengan dua cara, yakni pengumpulan data primer, dan pengumpulan data sekunder.

3.3.1 Pengumpulan Data Secara Langsung (Primer)

Pengumpulan data secara langsung ini dilakukan dengan 2 cara, yakni melalui wawancara langsung dan melalui survey lapangan

1. Wawancara langsung

Wawancara ini dilakukan terhadap semua narasumber yang berkepentingan dengan tugas akhir ini. Narasumber yang diwawancarai antara lain Manager Umum Pembangkit Listrik RPSL Pontianak, Manager Operasional Pembangkit Listrik PLN Kalimantan Barat, Manager UPGK Kapuas PLN Kalimantan Barat.

2. Survey lapangan

Survey lapangan dilakukan dengan cara terjun ke lapangan secara langsung untuk mengetahui kondisi lapangan saat ini. Survey lapangan dilakukan di Pembangkit Listrik Biomassa (PLTBM) RPSL, Pontianak.

3.3.2 Pengumpulan Data Secara Tidak Langsung (Sekunder)

Peneliti mengumpulkan data secara tidak langsung melalui instansi-instansi terkait, dan juga melalui internet.

3.4 Tahap Pengolahan Data

Ada beberapa tahap pengolahan data yang dilakukan peneliti dalam pengerjaan tugas akhir ini, antara lain:

3.4.1 Tahapan Analisis Kondisi Saat Ini

Dalam tahap ini harus dilakukan identifikasi permasalahan pada pola pengiriman cangkang sawit untuk keperluan PLTBM. Permasalahan yang terjadi adalah pada saat

musim liburan panjang terjadi kendala dalam pengiriman cangkang sawit, sementara PLN memiliki rencana untuk membangun PLTBm baru di Kalimantan Barat untuk memenuhi RUPTL 2019-2028.

3.4.2 Tahapan Analisis Waktu Pengiriman

Tahap ini dilakukan analisis waktu yang digunakan oleh berbagai macam angkutan moda transportasi.

3.4.3 Tahapan Analisis Biaya Transportasi

Tahap ini biaya pada setiap penggunaan Transportasi di analisis untuk mengetahui seluruh biaya transportasi pada setiap angkutan moda pengiriman barang.

3.4.4 Tahapan Pembuatan Model Optimasi

Penelitian ini dilakukan perencanaan beberapa alternatif rute pengiriman dan satu model terpilih.

3.4.5 Analisis Data Dan Pembahasan

Tahap ini hasil dari perbandingan antar moda transportasi yang didapat akan dianalisa untuk mengetahui ukuran kapal yang paling efisien dan rute yang optimal untuk keperluan domestik dan ekspor.

3.5 Model Matematis

Model matematis adalah suatu cara sederhana untuk menerjemahkan suatu masalah ke dalam bahasa matematika dengan menggunakan persamaan, pertidaksamaan atau fungsi. Dalam kasus masalah distribusi di penelitian ini, fungsi tujuan dari model matematis adalah meminimalkan biaya pengiriman (minimum cost) dalam bentuk pemilihan rute yang sesuai dengan batasan muatan yang teangkut tidak melebihi kapasitas pabrik, dan tidak kurang dari kebutuhan masing-masing tujuan.

Dalam optimasi yang dilakukan dalam penelitian ini, *objective function* atau tujuan dari optimasi yang akan dilakukan adalah mencari biaya yang paling minimum dari semua rute. Berikut persamaan model optimasi dari *objective function* adalah:

Objective function:

$$\text{Min } Z = \frac{\sum_{k=1}^4 (TCH_k \cdot F_{ijk} RT_{ijk} \cdot y_k) + \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 (F_{ijk} \cdot VC_{ijk})}{\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 X_{ijk}}$$

Decision variable:

$$F_{ijk} \geq 0$$

Dimana:

- F_{ijk} : Frekuensi terpakai dalam satu tahun (kali)
 X_{ijk} : Muatan terangkut di kapal k dari asal i ke j (ton)
 P_k : Payload kapal k (ton)
 VC_{ijk} : Biaya tidak tetap kapal k dari asal i ke tujuan j (Rp/R.trip)
 TCH_k : Biaya sewa TCH kapal k dari asal i ke tujuan j (Rp/hari)
 RT_{ijk} : Lama hari yang ditempuh kapal k dengan rute asal i ke tujuan j selama 1 kali frekuensi (hari)

Untuk *constraint* atau batasan permasalahan dari model optimasi yang digunakan adalah:

Constraint:

$$\sum_{i=1}^7 X_{ijk} \leq S_i$$

$$\sum_{i=1}^3 X_{ij} \geq D_j$$

$$\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 F_{ijk} \cdot RT_{ijk} \leq 330$$

$$X_{ijk} \geq 0$$

$$y_k \begin{cases} 1, & \text{jika kapal terpilih} \\ 0, & \text{jika kapal tidak terpilih} \end{cases}$$

$$i = 1,2,3$$

$$j = 1,2,3,4,5,6,7$$

Dimana:

- S_i : Jumlah produksi maksimal titik asal (ton/tahun)
 D_j : Jumlah kebutuhan cangkang sawit di titik tujuan (ton/tahun)
 i : Titik asal yaitu TUKS pabrik pengolahan sawit
 j : Titik tujuan yaitu PLTBm
 k : Kapal yaitu alternatif moda kapal yang digunakan (kapal curah kering, kapal *tug & barge*)

3.6 Kesimpulan Dan Saran

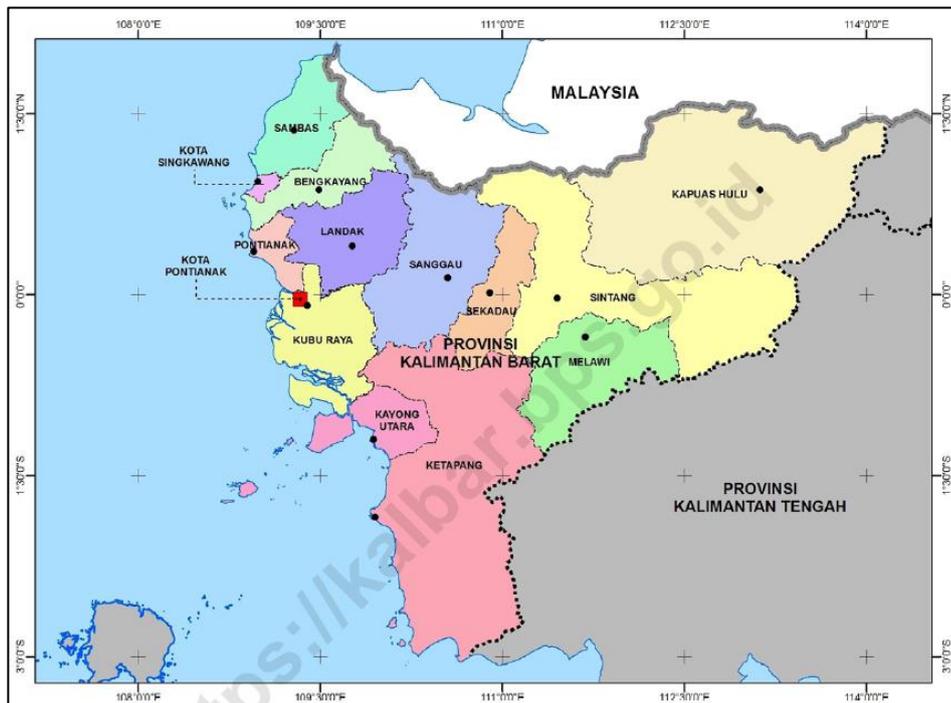
Tahap ini merupakan akhir dari penelitian, dirangkum berbagai hasil penelitian dan evaluasi dari penelitian ini. Selain itu penyertaan saran sebagai acuan pengembangan pelayanan kesehatan terapung lebih lanjut.

BAB 4

GAMBARAN UMUM

4.1 Daerah Provinsi Kalimantan Barat

Lokasi Provinsi Kalimantan Barat secara astronomis terletak di 2008' LU – 3002' LS, serta 108030' BT – 114010'BT. Berdasarkan letak astronomis ini, daerah di Kalimantan Barat tepat dilalui garis khatulistiwa sehingga daerah ini merupakan daerah tropik dengan suhu udara dan kelembaban yang cukup tinggi. Untuk letak secara geografis, Provinsi Kalimantan Barat berbatasan langsung dengan Sarawak, Malaysia Timur di sebelah utara, berbatasan dengan Laut Jawa dan Kalimantan Tengah di sebelah selatan, berbatasan dengan Kalimantan Timur di sebelah timur, dan berbatasan dengan Laut Natuna dan Selat Karimata di sebelah Barat. Provinsi Kalimantan Barat merupakan satu-satunya provinsi di Indonesia yang secara resmi memiliki akses jalan darat untuk masuk dan keluar dari negara asing. Akses jalan tersebut melintasi Pontianak – Entikong – Kuching (Malaysia) sepanjang 400 km.



Sumber: Provinsi Kalimantan Barat Dalam Angka 2019

Gambar 4.1 Provinsi Kalimantan Barat

Provinsi Kalimantan Barat merupakan provinsi terbesar keempat di Indonesia. Sebagian besar wilayah Kalimantan Barat merupakan daerah dataran rendah dengan luas sekitar 146.807 km² atau 7,53% dari luas Indonesia. Untuk luas wilayah berdasarkan kota/kabupaten, maka wilayah yang terbesar adalah Kabupaten Ketapang dengan luas

wilayah 31.240,74 km² atau sebesar 21,28%. Daratan Kalimantan Barat merupakan dataran rendah dengan ratusan sungai yang aman untuk pelayaran. Sungai besar utama adalah Sungai Kapuas dengan panjang 1.086 km yang merupakan sungai terpanjang di Indonesia. Sungai Kapuas ini sering digunakan sebagai lalu lintas moda transportasi air seperti kapal penumpang dan kapal barang untuk mengirim barang atau sebagai penyeberangan orang dikarenakan memiliki sarat yang cukup yakni sedalam 6 meter. Sungai besar berikutnya adalah Sungai Melawi (471 km), Sungai Sambas (233 km), dan Sungai Sekayam (221 km).



Sumber: news.okezone.com

Gambar 4.2 Sungai Kapuas

Sumber: news.okezone.com

Selama tahun 2018, suhu udara tertinggi tercatat sampai suhu 37,8°C, sedangkan suhu terendah yang tercatat adalah 19,8°C. Untuk curah hujan, tercatat paling tinggi di bulan Oktober dengan curah sebesar 701 mm, dan curah hujan terendah tercatat di bulan Juli yakni sekitar 21 mm.

Jumlah penduduk di Kalimantan Barat pada tahun 2018 sebanyak 5.001.664 jiwa. Dengan luas wilayah Kalimantan Barat sebesar 146.807 km², maka kepadatan penduduk Kalimantan Barat baru sebesar 34 jiwa per km². Kondisi ini kurang menguntungkan dalam rangka percepatan pembangunan wilayah.

4.2 PLTBm Rezeki Perkasa Sejahtera Lestari (RPSL)

Dalam melakukan proses penghimpunan data mengenai distribusi, penulis melakukan survei lapangan ke Pontianak, Kalimantan Barat. Penulis melakukan survei dari tanggal 10 – 17 November 2019. Dalam kegiatan surevinya, penulis mendatangi salah satu PLTBm yang sudah beroperasi, yakni PLTBm Rezeki Perkasa Sejahtera Lestari (RPSL), dan penulis juga mendatangi kantor PLN Wilayah Kalimantan Barat.



Gambar 4.3 Survei Penulis Di PLTBm RPSL

PLTBm RPSL merupakan pembangkit listrik swasta atau biasa disebut IPP (*Independent Power Producer*) yang menggunakan bahan limbah atau biomassa untuk menghasilkan energi listrik. PLTBm ini mulai beroperasi pada tahun 2018. Pembangkit ini berlokasi di Kabupaten Mempawah, Kota Pontianak, Kalimantan Barat. Pembangkit listrik ini memiliki kapasitas terpasang sebesar 15 megawatt (MW). Listrik yang dihasilkan nantinya akan disalurkan melalui jaringan 20 kilo Volt (kV) milik PLN sepanjang 5,6 kilometer sirkuit (kms) dari titik interkoneksi antar Gardu Induk (GI) Siantan ke Sistem Khatulistiwa. Saat ini, Sistem Khatulistiwa melayani pelanggan PLN di Pontianak, Kubu Raya, Mempawah, Singkawang, Pemangkat, Sambas dan Bengkayang, dengan daya mampu rata-rata 341 MW dan beban puncak rata-rata mencapai 294 MW.

PLTBm ini merupakan pembangkit listrik tenaga biomassa pertama di Kalimantan Barat. Pada tahun 2025-2050, pemerintah Indonesia menargetkan 23-31 persen bauran energi dari energi terbarukan, serta menurunkan 29-41 persen total emisi nasional tahun 2030. Dengan adanya pembangunan PLTBm ini menjadi pembangkit listrik terbarukan yang menjadi prioritas dalam mendukung ketahanan energi nasional sekaligus menjawab permasalahan lingkungan khususnya terkait dengan upaya penurunan emisi. Proyek pembangunan PLTBm ini juga direncanakan akan dibangun di daerah 3T yakni terdepan, terluar, dan tertinggal di berbagai kawasan di Indonesia. Hal ini juga dikuatkan dengan adanya Rencana Umum Penyaluran Tenaga Listrik 2019-2028 yang menjelaskan rencana pembangunan berbagai jenis pembangkit listrik, terutama pembangkit listrik tenaga biomassa ini di berbagai daerah.



Sumber: Google Earth

Gambar 4.4 PLTBm RPSL

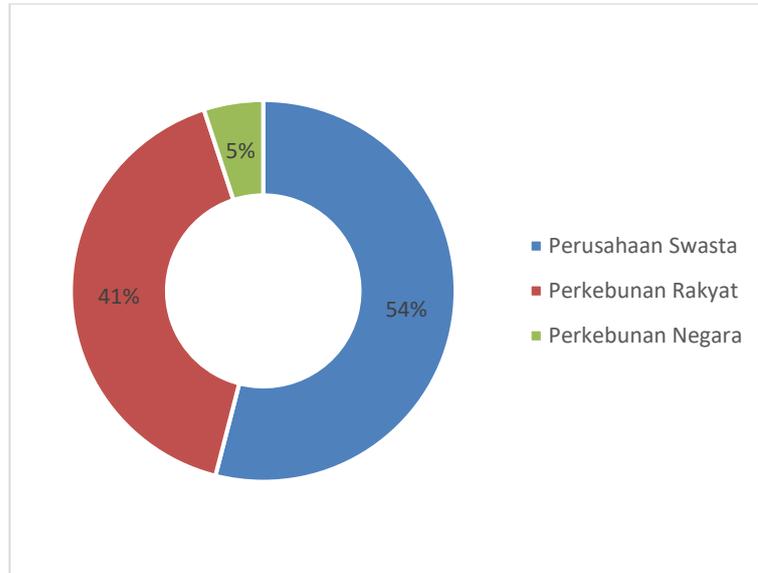
Selain melakukan survei di PLTBm, penulis juga melakukan survei ke Kantor UPPK Kapuas di Kantor Wilayah PLN Kalimantan Barat. Penulis melakukan wawancara untuk mengetahui kondisi kebutuhan cangkang sawit untuk PLTBm RPSL dengan kondisi kapasitas sebesar 10 MW. Penulis juga mendapatkan informasi mengenai RUPTL PLN, yakni rencana penyaluran listrik di seluruh wilayah Indonesia, khususnya di Provinsi Kalimantan Barat.



Gambar 4.5 Survei Penulis Di Kantor Wilayah PLN Kalimantan Barat

4.3 Gambaran Umum Kondisi Saat Ini

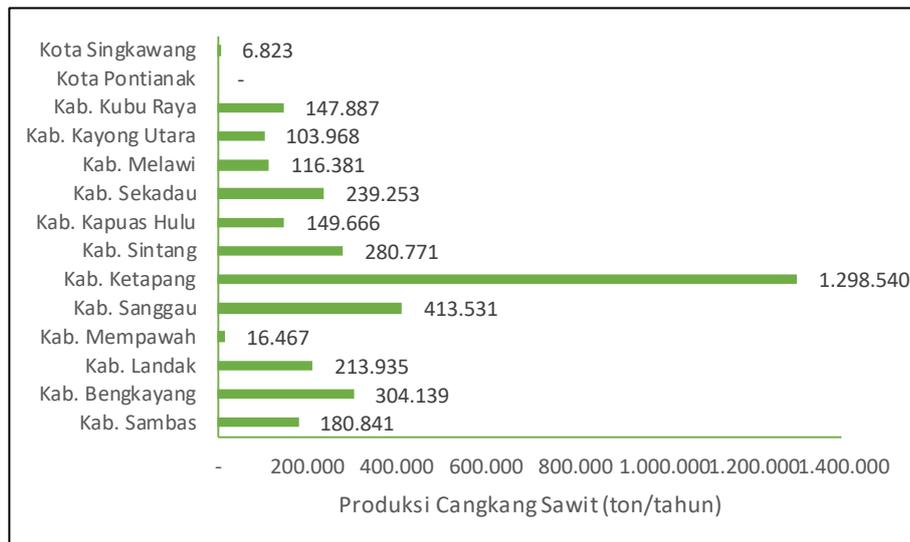
Luas lahan perkebunan sawit di Indonesia pada tahun 2018 mencapai 14,3 juta hektar, dimana pembagiannya adalah 54% atau 7,7 juta hektar dikuasi oleh perkebunan swasta, perkebunan rakyat mencapai 41% atau 5,8 juta hektar, dan perkebunan milik negara mencapai 715 ribu hektar atau 5%. (Katadata, 2019) Hal ini menunjukkan bahwa perkebunan swasta menguasai lebih dari separuh luas total perkebunan sawit di Indonesia.



Sumber: Katadata, 2019

Gambar 4.6 Proporsi Luas Lahan Sawit Indonesia

Perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Barat dari tahun 2014-2018 mengalami peningkatan. Luas tanaman kelapa sawit pada tahun 2018 seluas 1.193.581 ha, atau mengalami peningkatan sebesar 11,8% dari tahun sebelumnya. Untuk produksinya, tahun 2018 mengalami peningkatan sebesar 66,9% dari tahun sebelumnya, menjadi 2.498.760 ton. Untuk perkebunan rakyat, luas lahan perkebunan sawit mengalami peningkatan 34,4% menjadi 564.338 ha, dan produksinya meningkat 25,9% menjadi 973.442 ton. (Badan Pusat Statistik, 2019)



Sumber: BPS Kalimantan Barat, 2019

Gambar 4.7 Produksi Cangkang Sawit di Kalimantan Barat Tahun 2019

Sebagai hasil limbah dari pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) menjadi minyak sawit (*Crude Palm Oil/CPO*), besar produksi cangkang sawit mengikuti banyaknya CPO yang dihasilkan. Menurut data yang dihimpun PLN dari beberapa perusahaan sawit di

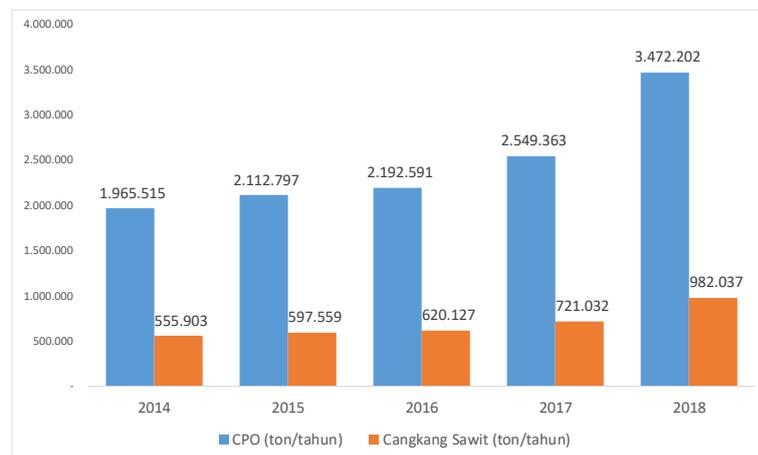
Provinsi Jambi dan Sumatera, persentase produksi cangkang sawit diketahui sebesar 5,6% per berat dari Tandan Buah Segar (TBS) yang dihasilkan. Untuk persentase produksi CPO diketahui sebesar 19,8% per ton TBS.

Tabel 4.1 Perbandingan Persentase CPO, Cangkang Sawit, Tankos, dan Fiber Kelapa Sawit per Berat TBS yang Dihasilkan

No.	Perusahaan	CPO (%)	Cangkang Sawit (%)	Tandan Kosong (%)	Fiber (%)	Keterangan
1	PT. 1 A	20	4,5	23	12,5	Prov. Jambi
2	PT. 2 A	22	7	22,8	12,5	Prov. Jambi
3	PT. 3 A	20	4	22,8	12,5	Prov. Jambi
4	PT. 4 A	20	4,5	22,5	12,5	Pro. Jambi
5	PT. 5 B	24	6	21	14	Prov. Sumut
6	PT. 6 B	16	6	22	12	Prov. Sumut
7	PT. 7 B	16	6	21	12	Prov. Sumut
8	PT. 8 B	20	7	22	11	Prov. Sumut
Rata-Rata		19,8	5,6	22,1	12,4	

Sumber: Hasil Survei Tim LPEM FEUI, 2012

Dari perbandingan persentase tersebut, bisa diketahui besar produksi cangkang sawit di tahun 2014-2018. Besar produksi cangkang sawit tahun 2014-2018 bisa pada gambar di bawah ini.



Sumber: BPS Kalimantan Barat, 2018

Gambar 4.8 Perbandingan Produksi CPO dan Cangkang Sawit Provinsi Kalimantan Barat

Berdasarkan hasil perhitungan yang berdasarkan hasil survey, estimasi produksi cangkang sawit di Provinsi Kalimantan Barat tahun 2018 sebesar 982.037 ton.

Di Provinsi Kalimantan Barat terdapat pabrik-pabrik pengolahan kelapa sawit menjadi CPO yang tersebar di beberapa daerah. Sebagaimana yang sudah diketahui

bahwa cangkang sawit dihasilkan di pabrik pengolahan kelapa sawit sebagai hasil limbah dari pengolahannya. Nama-nama pabrik pengolahan kelapa sawit terdata di organisasi yang bernama Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI). GAPKI ini memiliki beberapa cabang di daerah-daerah di Indonesia, terutama daerah yang berperan sebagai produsen CPO. Berdasarkan data yang dihimpun dari GAPKI cabang Kalimantan Barat, terdapat sejumlah pabrik pengolahan kelapa sawit menjadi CPO di Kalimantan Barat. Pabrik-pabrik tersebut antara lain:

Tabel 4.2 Pabrik Pengolahan Sawit di Kalimantan Barat

Kode Pabrik	Kapasitas Produksi (ton TBS/jam)	Jumlah Produksi (ton/tahun)	Produksi Cangkang Sawit (ton/tahun)
PT. PS 1	85	744.600	41.698
PT. PS 2	68	595.680	33.358
PT. PS 3	68	595.680	33.358
PT. PS 4	68	595.680	33.358
PT. PS 5	60	525.600	29.434
PT. PS 6	60	525.600	29.434
PT. PS 7	60	525.600	29.434
PT. PS 8	60	525.600	29.434
PT. PS 9	60	525.600	29.434
PT. PS 10	60	525.600	29.434
PT. PS 11	60	525.600	29.434
PT. PS 12	50	438.000	24.528
PT. PS 13	48	420.480	23.547
PT. PS 14	45	394.200	22.075
Total		7.643.520	417.957

Sumber: GAPKI Cabang Kalimantan Barat

Dari data-data produksi masing-masing pabrik pengolahan sawit dan juga menggunakan persentase produksi cangkang sawit sebesar 5,6% berat TBS (Tabel 4.2), maka banyaknya produksi cangkang sawit yang dihasilkan pabrik-pabrik tersebut adalah sebanyak 417.957 ton/tahun.

4.4 Konsumsi Cangkang Sawit Untuk PLTBm

Dari survei yang dilakukan di PLTBm RPSL dan di PLN Induk Wilayah Kalimantan Barat, untuk kebutuhan biomassa untuk periode satu tahun dengan pembangkitan 10.000 kW adalah:

Tabel 4.3 Kebutuhan Kalori per Jam dari PLTBm RPSL, Siantan

Pembangkitan Listrik	10.000	kW
Heat Rate	4.414,7	kCal/kWh
Kebutuhan kalori per jam	44.147.000	kCal/jam

Sumber: Studi Kelayakan PLTBm RPSL, 2015

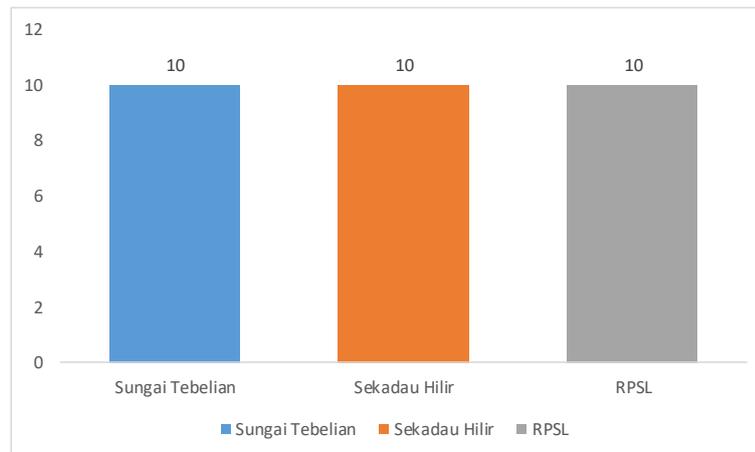
Apabila diketahui kebutuhan kalor yang diperlukan untuk mengoperasikan PLTBm berkapasitas 10 MW, maka bisa diketahui kebutuhan cangkang sawit yang dibutuhkan. Banyaknya cangkang sawit yang dibutuhkan adalah:

Tabel 4.4 Kebutuhan Cangkang sawit PLTBm 10 MW

Kebutuhan kCal/jam	44.147.000	kCal/jam
Efektif kCal/kg	3.565	kCal/kg
Total kebutuha/jam	12.383	kg/jam
Total kebutuhan/hari	297.203	kg/hari
Total kebutuhan/tahun	108.479.024	kg/tahun
Cadangan 5%	5.423.951	kg/tahun
Total kebutuhan/tahun + Cadangan 5%	113.902.975	kg/tahun
	113.903	ton/tahun

Sumber: Studi Kelayakan PLTBm RPSL, 2015

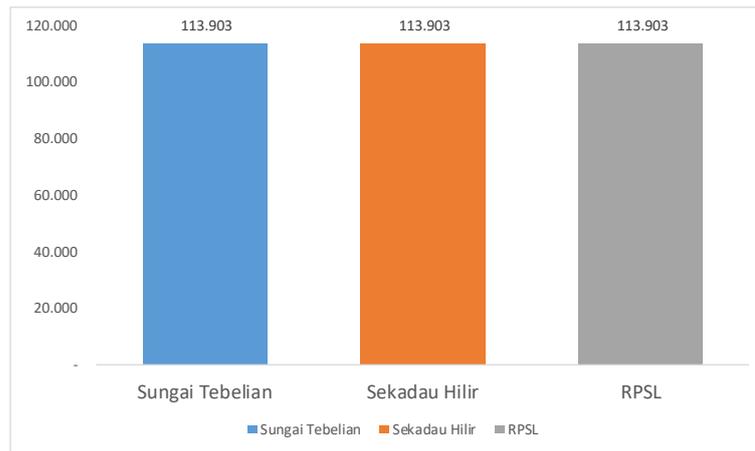
Di dalam Rencana Umum Penyaluran Tenaga Listrik (RUPTL) 2019-2028 yang dikeluarkan oleh PLN, PLN Kalimantan Barat memiliki rencana untuk membangun 2 PLTBm dengan kapasitas masing-masing, juga ditambah dengan adanya PLTBm RPSL yang sudah dibangun:



Sumber: RUPTL PLN 2019-2028

Gambar 4.9 Kapasitas Pembangkit PLTBm

Berdasarkan perhitungan konsumsi cangkang sawit pada Gambar 4.9, maka kebutuhan cangkang sawit untuk masing-masing PLTBm yang akan dibangun sebanyak 341.709 ton, dengan rincian konsumsi PLTBm Sungai Tebelian sebanyak 113.903 ton/tahun, Sekadau Hilir sebanyak 113.903 ton/tahun, dan PLTBm RPSL sebanyak 113.903 ton/tahun. Sesuai dengan besar produksi cangkang sawit per tahunnya sebesar 417.957 ton/tahun dan konsumsi per tahunnya sebesar 341.709 ton/tahun, maka sangat memungkinkan jika semua kebutuhan cangkang sawit dipasok dari pabrik pengolahan sawit di Provinsi Kalimantan Barat.

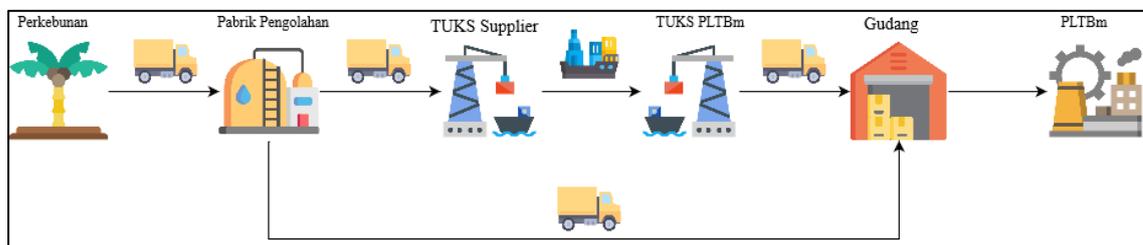


Sumber: PLN, 2019

Gambar 4.10 Kebutuhan Cangkang Sawit Untuk PLTBm

4.5 Proses Distribusi Cangkang Sawit

Dalam proses pendistribusian cangkang sawit yang diamati dari PLTBm RPSL Pontianak, dilakukan dengan 2 moda, yakni truk engkel dan tongkang. Truk engkel didatangkan langsung dari supplier cangkang sawit ke PLTBm RPSL. PT RPSL memiliki Terminal Untuk Kepentingan Sendiri (TUKS) di PLTBm untuk melakukan proses bongkar dari supplier cangkang sawit.



Sumber: Dokumen Penulis

Gambar 4.11 Pola Pengiriman Cangkang Sawit di PLTBm RPSL

Dalam tahapan pengolahan sawit menjadi CPO dan cangkang sawit diawali dengan proses penerimaan Tandan Buah Segar (TBS) di pabrik kelapa sawit menggunakan jembatan timbang. Proses di jembatan timbang ini adalah truk melewati jembatan timbang dan berhenti di jembatan selama 5 menit untuk dicatat berat awal truk. Setelah truk melakukan bongkar muatan TBS, berat truk kembali dicatat. Selisih berat awal dan akhir truk ini menunjukkan TBS yang diterima di pabrik. Setelah TBS diterima, TBS kemudian akan diproses menjadi CPO dan menghasilkan limbah berupa cangkang sawit (Gambar 4.11). Setelah limbah cangkang sawit dipisahkan, selanjutnya akan dikumpulkan di suatu tempat sebelum dikirim ke pelabuhan untuk dikirim ke PLTBm. Cangkang sawit dikirim ke TUKS menggunakan truk engkel yang berkapasitas 8 ton dalam satu kali perjalanan.

Cangkang sawit dikirim dalam bentuk tanpa kemasan (curah). Untuk pengiriman cangkang sawit saat ini masih dominan menggunakan moda transportasi darat atau menggunakan truk engkel. Selain menggunakan moda transportasi darat, cangkang sawit juga dikirim melalui moda kapal tunda dan tongkang. Titik asal terjauh dengan moda pengiriman tongkang berasal dari Ketapang, 364 km dari PLTBm RPSL. Menurut keterangan wawancara dengan manager PLTBm RPSL, lama perjalanan dari Ketapang menuju PLTBm memakan waktu selama 2 hari. Untuk spesifikasi tongkang yang digunakan dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 4.5 Data Spesifikasi Tongkang

Nama Kapal	TAMA 2716
Jenis Kapal	TONGKANG
Tahun Pembuatan	2012
GT	2200
NT	660 ton
Payload	1.000 ton
Panjang	79,01 m
Lebar	21,95 m
Tinggi	4,88 m
Sarat	4,85 m
Jumlah Mesin Utama	2 unit
Daya Mesin Utama	28 kW

Untuk spesifikasi kapal tunda yang digunakan pada saat ini adalah:

Tabel 4.6 Spesifikasi Kapal Tunda

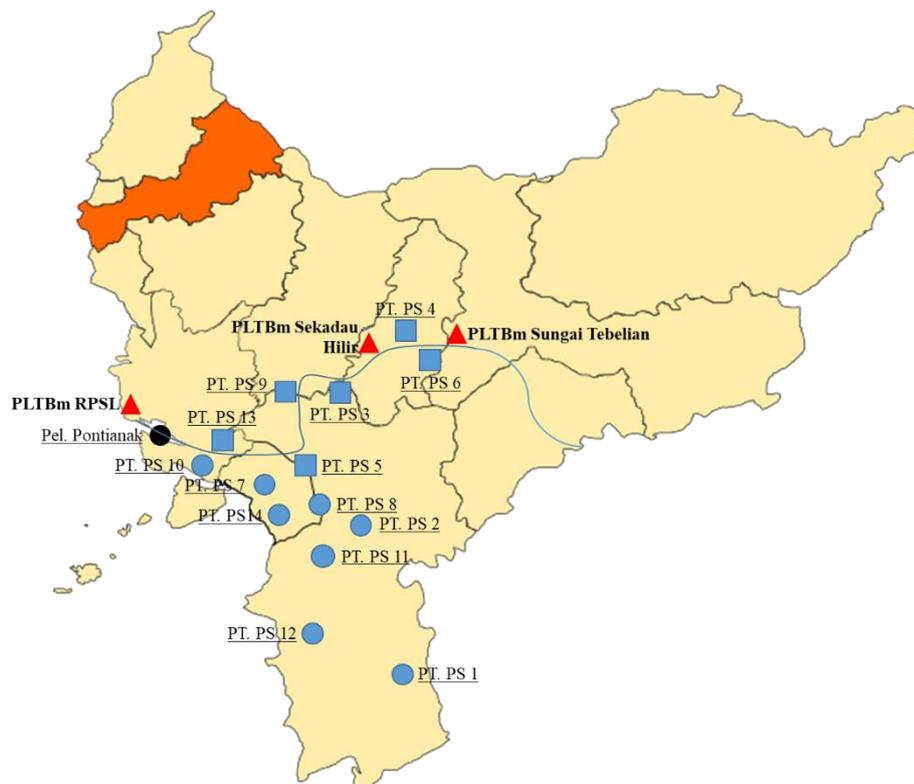
Nama Kapal	BAHAR - 27
Nomor IMO	9456020
Jenis Kapal	TUNDA
Tahun Pembuatan	2007
GT	197
NT	60 ton
Panjang	26,00 m
Lebar	8,00 m
Tinggi	3,65 m
Sarat	3,00 m
Tipe Mesin Utama	YANMAR 6 AYM-ETE
Jumlah Mesin Utama	2 unit
Daya Mesin Utama	829 BHP
Tipe Mesin Bantu	mitsubishi 34 K - T
Jumlah Mesin Bantu	2 unit
Daya Mesin Bantu	54 BHP

BAB 5

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tujuan Pengiriman Cangkang sawit

Bab sebelumnya telah menjelaskan bahwa penelitian ini hanya bertujuan untuk menganalisis pengiriman cangkang sawit dalam bentuk curah dengan batasan pelayaran domestik melalui daerah sungai. Proses pengiriman dimulai dari pemilihan posisi pabrik pengolahan sawit sebagai produsen cangkang sawit dan melakukan pengiriman ke titik-titik PLTBm yang akan dibangun di Provinsi Kalimantan Barat melalui daerah perairan sungai. Peta persebaran pabrik pengolahan sawit dan PLTBm di Kalimantan Barat:



Sumber: RUPTL PLN 2019-2028, dengan pengolahan

Gambar 5.1 Peta Persebaran Pabrik Pengelolaan Sawit dan PLTBm Baru di Kalimantan Barat

- Titik tujuan:
 1. PLTBm Sungai Tebelian
 2. PLTBm Sekadau Hilir
 3. PLTBm RPSL

- Titik asal:
 1. PT. PS 1,
 2. PT. PS 2,
 3. PT. PS 3
 4. PT. PS 4
 5. PT. PS 5
 6. PT. PS 6
 7. PT. PS 7
 8. PT. PS 8
 9. PT. PS 9
 10. PT. PS 10
 11. PT. PS 11
 12. PT. PS 12
 13. PT. PS 13
 14. PT. PS 14

Dalam penelitian ini, titik yang dijadikan sebagai titik asal adalah 6 TUKS dan 1 pelabuhan umum, yakni Pelabuhan Pontianak. Pabrik yang memiliki TUKS antara lain, yakni PT. PS 3, PT. PS 4, PT. PS 5, PT. PS 6, PT. PS 9, dan PT. PS 13, sedangkan untuk pabrik yang tidak memiliki TUKS akan mengumpulkan muatannya di Pelabuhan Pontianak. Pelabuhan-pelabuhan tersebut memiliki tarif pelabuhan dan juga produktivitas dari masing-masing pelabuhan. Tarif-tarif pelabuhan tersebut antara lain:

Tabel 5.1 Tarif Pelabuhan Asal Dan Tujuan

Pelabuhan	Labuh (Rp/GT/call)	Sandar (Rp/GT/etmal)	Pandu	
			Tetap (Rp/gerakan)	Variabel (Rp/GT/gerakan)
PT. PS 3	119	114	163.389	70
PT. PS 4	119	114	163.389	70
PT. PS 5	119	114	163.389	70
PT. PS 6	119	114	163.389	70
PT. PS 9	119	114	163.389	70
PT. PS 13	119	114	163.389	70
PLTBm Sungai Tebelian	108	104	148.535	64
PLTBm Sekadau Hilir	108	104	148.535	64
PLTBm RPSL	108	104	148.535	64
Pelabuhan Pontianak	76	80	114.258	49

**tarif dalam rupiah*

Tabel 5.2 Tarif Pelabuhan Asal Dan Tujuan

Pelabuhan	Tunda				Tarif B/M (Rp/Ton)
	2001 - 3500 GT		2001 - 3500 GT		
	Tetap (Rp)	Variabel (Rp/GT)	Tetap (Rp)	Variabel (Rp/GT)	
PT. PS 3	851.744	19	1.331.688	19	2.231
PT. PS 4	851.744	19	1.331.688	19	2.231
PT. PS 5	851.744	19	1.331.688	19	2.231
PT. PS 6	851.744	19	1.331.688	19	2.231
PT. PS 9	851.744	19	1.331.688	19	2.231
PT. PS 13	851.744	19	1.331.688	19	2.231
PLTBm Sungai Tebelian	774.313	17	1.210.625	17	2.028
PLTBm Sekadau Hilir	774.313	17	1.210.625	17	2.028
PLTBm RPSL	774.313	17	1.210.625	17	2.028
Pelabuhan Pontianak	595.625	13	931.250	13	1.485

**tarif dalam rupiah*

Data tarif dan produktivitas dari berbagai TUKS pada tabel di atas, akan digunakan untuk menghitung besar biaya kepelabuhanan yang merupakan bagian dari perhitungan biaya pelayaran (*voyage cost*). Biaya pelayaran ini merupakan bagian untuk menghitung Biaya Total yang dikeluarkan dan juga biaya per unit dari pengiriman cangkang sawit.

5.2 Analisis Kondisi Saat Ini

Dalam kondisi saat ini, moda yang lebih sering digunakan adalah menggunakan truk engkel berkapasitas 10 ton dibandingkan menggunakan tongkang. Cangkang sawit langsung dikirimkan dari pabrik pengelolaan sawit menuju pembangkit listrik.

Tabel 5.3 Muatan Terkirim Kondisi Saat Ini

Asal	Tujuan	Jarak (km)	Muatan Terangkut (ton)
PT. PS 3	PLTBm Sungai Tebelian	223	31.700
PT. PS 4	PLTBm Sungai Tebelian	354	23.335
PT. PS 6	PLTBm Sungai Tebelian	34	29.434
PT. PS 11	PLTBm Sungai Tebelian	125	29.434
PT. PS 2	PLTBm Sekadau Hilir	183	33.358
PT. PS 3	PLTBm Sekadau Hilir	178	1.658
PT. PS 7	PLTBm Sekadau Hilir	104	29.434
PT. PS 9	PLTBm Sekadau Hilir	266	29.434
PT. PS 14	PLTBm Sekadau Hilir	148	20.020
PT. PS 5	PLTBm RPSL	151	29.434
PT. PS 8	PLTBm RPSL	202	29.434

Asal	Tujuan	Jarak (km)	Muatan Terangkut (ton)
PT. PS 10	PLTBm RPSL	41	29.434
PT. PS 13	PLTBm RPSL	177	23.547
PT. PS 14	PLTBm RPSL	169	2.055
Total Muatan Terkirim (Ton)			341.709

Berdasarkan Tabel 5.3, dari 14 titik asal yang disediakan, kebutuhan cangkang sawit untuk 3 pembangkit listrik dapat dipenuhi oleh 11 titik asal. Kebutuhan banyaknya jumlah truk dan hari yang terpakai untuk melayani masing-masing rute adalah:

Tabel 5.4 Kebutuhan Unit Dan Jumlah Hari Terpakai Truk

Asal	Tujuan	Kebutuhan Truk (Unit)	Jumlah Hari Terpakai (Hari)
PT. PS 3	PLTBm Sungai Tebelian	6	326
PT. PS 4	PLTBm Sungai Tebelian	7	318
PT. PS 6	PLTBm Sungai Tebelian	2	190
PT. PS 11	PLTBm Sungai Tebelian	4	268
PT. PS 2	PLTBm Sekadau Hilir	6	286
PT. PS 3	PLTBm Sekadau Hilir	1	83
PT. PS 7	PLTBm Sekadau Hilir	3	304
PT. PS 9	PLTBm Sekadau Hilir	7	306
PT. PS 14	PLTBm Sekadau Hilir	3	283
PT. PS 5	PLTBm RPSL	4	317
PT. PS 8	PLTBm RPSL	6	276
PT. PS 10	PLTBm RPSL	2	217
PT. PS 13	PLTBm RPSL	4	293
PT. PS 14	PLTBm RPSL	1	98

Banyaknya jumlah truk yang digunakan ditentukan berdasarkan banyaknya jumlah hari yang terpakai dan hari yang terpakai tidak melebihi maksimal jumlah hari kerja dalam satu tahun (330 hari) masing-masing truk.

Tabel 5.5 Biaya Total Penggunaan Truk

Jumlah truk (Unit)	56
Biaya Total (Rp/Tahun)	79.028.876.758
Muatan Terangkut (Ton)	341.709
Biaya Satuan (Rp/Tahun)	231.275

Berdasarkan Tabel 5.5, besarnya biaya total yang dikeluarkan untuk mengoperasikan truk pada kondisi saat ini adalah sebesar Rp 79.028.876.758/tahun. Dengan banyaknya muatan yang diangkut sebanyak 341.709 ton dalam satu tahun, maka besarnya biaya satuan dari kondisi saat ini adalah Rp 231.275/ton.

5.3 Alternatif Moda Transportasi

Dalam penelitian ini, alternatif moda yang digunakan untuk perhitungan adalah kapal *tunda & tongkang*, kapal curah kering.

5.3.1 Kapal Tunda & Tongkang

Dalam perhitungan yang dilakukan, kapal tunda & tongkang dipilih sebagai alternatif mengingat muatan cangkang sawit dikirim tidak dalam kemasan (curah). Dengan menggunakan Persamaan Untuk spesifikasi kapal tunda yang akan digunakan dalam perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5.6 Spesifikasi Kapal Tunda

Kode TB	LOA (m)	B (m)	H (m)	T (m)	Bollard Pull (ton)	Daya Tarik Tunda (ton)
TB-1	24	7	3	3	38	5918
TB-2	32	9	4	3	36	5575
TB-3	33	10	2	2	27	4031
TB-4	25	8	3	2	24	3517

Berdasarkan Tabel 5.6 diketahui spesifikasi dari masing-masing kapal tunda yang akan digunakan ke dalam perhitungan. Kapal tunda dengan kemampuan menarik tongkang terbesar adalah kapal TB-1, dengan beban maksimal tongkang sebesar 5.918 ton, sedangkan kapal dengan kemampuan menarik tongkang terkecil adalah kapal TB-4, yaitu sebesar 3.517 ton. Untuk spesifikasi dari alternatif tongkang yang digunakan dalam perhitungan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 5.7 Spesifikasi Tongkang

Kode TK	LOA (m)	B (m)	H (m)	T (m)	Payload (ton)	DWT (ton)
TK-1	67	18	4	3	2182	2297
TK-2	70	18	4	3	2781	2928
TK-3	70	20	4	3	2976	3133
TK-4	92	24	6	3	4832	5086

Dari tabel Tabel 5.7 diketahui spesifikasi dari masing-masing tongkang yang digunakan. Tongkang dengan kapasitas *payload* terbesar adalah kapal TK-4 yaitu 4.832 ton. Tongkang dengan kapasitas *payload* terkecil adalah kapal TK-1 yaitu 2.182 ton.

Untuk mengetahui kombinasi kapal tunda dan tongkang yang akan digunakan, dapat menggunakan Persamaan 2.6, untuk mengetahui besar daya tarik dari kapal tunda. Besar dari daya tarik kapal tunda dapat dilihat pada Tabel 5.6. Dengan dipasangkan dengan tongkang yang memiliki besar berat deadweight (Tabel 5.7) lebih kecil dari daya tarik masing-masing kapal tunda, maka kombinasi yang digunakan adalah:

Tabel 5.8 Kombinasi Kapal Tunda & Tongkang

Kode	Kode TB	Kode TK	Bollard Pull (ton)	Payload (ton)
A	TB-4	TK-1	24	2182
B	TB-3	TK-2	27	2781
C	TB-2	TK-3	36	2976
D	TB-1	TK-4	38	4832

5.3.2 Kapal Curah Kering

Dalam perhitungan yang dilakukan, kapal curah kering juga dipilih sebagai alternatif mengingat muatan cangkang sawit dikirim tidak dalam kemasan (curah). Dalam melakukan pencarian data mengenai kapal curah kering, penulis menggunakan data kapal yang berasal dari Berau Veritas dengan menentukan DWT yang tidak berbeda jauh dan juga memenuhi sarat Sungai Kapuas (Sarat Kapal < 6 meter). Untuk spesifikasi kapal curah kering yang akan digunakan dalam perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5.9 Spesifikasi Kapal-Kapal Curah Kering

Kode Kapal	LOA (m)	B (m)	H (m)	T (m)	GT	DWT (ton)	Payload (ton)
CK-1	80	14	7	4	1.970	2.803	2.523
CK-2	80	14	7	4	1.983	2.600	2.340
CK-3	81	14	7	4	1.997	3.375	3.038
CK-4	72	14	7	4	2.044	3.679	3.311

Dari data pada Tabel 5.9 diketahui spesifikasi dari masing-masing kapal yang digunakan untuk mengangkut cangkang sawit. Kapal curah kering dengan kapasitas payload terbesar adalah kapal CK-4 dengan kapasitas sebesar 3.311 ton, dan kapal curah kering yang dengan kapasitas payload terkecil adalah kapal CK-2 dengan kapasitas payload sebesar 2.523 ton.

5.4 Perhitungan Menggunakan Masing-Masing Moda

Dalam sub bab ini akan ditampilkan perhitungan biaya tetap, dan biaya tidak tetap dari masing-masing kapal, yakni kapal *tunda & tongkang* dan kapal curah kering.

5.4.1 Kapal Tunda & tongkang

a. Biaya tetap

Dalam penentuan biaya tetap dengan sistem penguasaan kapal time charter hire.

Untuk besar biaya TCH dari masing-masing kapal adalah sebesar:

Tabel 5.10 Besar Nilai Time Charter Rate Kapal Tunda & Tongkang

Kapal	A	B	C	D
Besar Sewa (Rp/Hari)	14.122.709	15.299.850	15.299.850	23.425.926

Dalam perhitungan dengan kapal tunda & tongkang, digunakan satuan penyewaan per hari. Besarnya TCH yang berbeda-beda ini disebabkan oleh ukuran tongkang yang berbeda-beda.

b. Biaya tidak tetap

Besar biaya tidak tetap bergantung kepada banyaknya konsumsi bahan bakar yang diperlukan, besar tarif pelabuhan di pelabuhan asal dan tujuan, dan juga dari banyaknya muatan yang dimuat di atas kapal.

- **Biaya Bahan Bakar**

Untuk melakukan perhitungan besar biaya bahan bakar pada kapal A dengan rute PT. PS 3 – PLTBm Sungai Tebelian, perlu diketahui banyaknya konsumsi bahan bakar yang diperlukan. Banyaknya konsumsi bahan bakar per tahun dipengaruhi oleh daya mesin utama dan mesin bantu pada kapal. Besar daya mesin utama dan bantu pada kapal A adalah:

Tabel 5.11 Daya Mesin Utama dan Mesin Bantu Kapal A

Kode Kapal	TB-4
Total Daya ME (HP)	2.400
Total Daya AE (HP)	41
Kecepatan (Knot)	4

Banyaknya bahan bakar yang digunakan juga dipengaruhi oleh lama perjalanan kapal pada rute yang dipilih. Lama perjalanan dipengaruhi oleh jarak antara pelabuhan asal dengan pelabuhan tujuan, kecepatan yang digunakan oleh kapal, dan lama waktu yang dihabiskan oleh kapal di pelabuhan asal dan tujuan. Berdasarkan data yang didapat tersebut, didapatkan lama waktu yang dihabiskan kapal A untuk menempuh PT. PS 3 – PLTBm Sungai Tebelian adalah:

Tabel 5.12 Lama Perjalanan Kapal A Dengan Rute PT. PS 3 – PLTBm Sungai Tebelian

Jarak (nm)	120
Lawa Waktu Berlayar (jam/R.trip)	60
Lama Waktu di Pel. Asal (jam/R.trip)	34

Lama Waktu di Pel. Tujuan (jam/R.trip)	34
Jumlah Lama Waktu di Pelabuhan (jam/R.trip)	68
Jumlah Waktu Keseluruhan (jam/R.Trip)	129
	5
Frekuensi Maksimal (kali)	62
Kapasitas Payload Terpasang (ton)	134.449

Dari tabel di atas, diketahui lama waktu berlayar sebesar 60 jam per round trip dan lama waktu di pelabuhan asal dan tujuan sebesar 68 jam per round trip. Sehingga banyaknya waktu yang dibutuhkan dalam satu kali perjalanan pulang pergi adalah selama 129 jam. Dengan diketahui lama waktu yang dibutuhkan untuk berlayar, maka bisa mengetahui banyaknya konsumsi BBM utama. Total lama waktu berlayar dan di pelabuhan digunakan untuk mengetahui banyaknya konsumsi BBM bantu.

Tabel 5.13 Biaya Total BBM Kapal A Dengan Rute PT. PS 1 – PLTBm Sungai Tebelian

Konsumsi BBM Utama (liter/Roundtrip)	27.200
Konsumsi BBM Bantu (liter/Roundtrip)	2.957
Biaya BBM Utama (Rp/Roundtrip)	261.118.111
Biaya BBM Bantu (Rp/Roundtrip)	35.778.251
Biaya Total Bahan Bakar (Rp/Roundtrip)	296.896.363

Sehingga diketahui untuk besar biaya bahan bakar yang dibutuhkan kapal A untuk menempuh rute PT. PS 1 – PLTBm Sungai Tebelian adalah sebesar Rp 296.896.363 per *round trip*.

- Biaya Kepelabuhanan

Biaya kepelabuhanan dipengaruhi oleh tarif yang diterapkan di masing-masing pelabuhan asal dan pelabuhan tujuan. Tarif pelabuhan juga dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti adanya biaya tetap dan biaya variabel, dan juga bergantung kepada besar GT kapal. Untuk biaya kepelabuhanan kapal A untuk rute PT. PS 3 – PLTBm Sungai Tebelian berdasarkan tabel tarif pelabuhan (Tabel 5.1) adalah:

Tabel 5.14 Biaya Kepelabuhanan Kapal A Pada Rute PT. PS 1 – PLTBm Sungai Tebelian

Jenis Biaya	Pelabuhan Asal	Pelabuhan Tujuan
Biaya Labuh (Rp)	259.708	235.701
Biaya Sandar (Rp)	354.300	323.221
Biaya Pandu		
Biaya Tetap (Rp)	163.389	148.535
Biaya Variabel (Rp)	305.539	279.350

Jenis Biaya	Pelabuhan Asal	Pelabuhan Tujuan
Biaya Tunda		
Biaya Tetap (Rp)	851.744	774.313
Biaya Variabel (Rp)	41.466	37.101
Jumlah (Rp)	1.976.145	1.798.221

Sehingga diketahui besarnya biaya kepelabuhanan di pelabuhan asal sebesar Rp 1.976.145 per round trip, sedangkan untuk biaya kepelabuhanan dipelabuhan tujuan sebesar Rp 1.798.221 per round trip. Biaya Total kepelabuhanan untuk kapal A dengan rute PT. PS 3 – PLTBm Sungai Tebelian adalah sebesar Rp 3.774.366 per round trip.

Tabel 5.15 Biaya Tidak Tetap Kapal A Pada Rute PT. PS 1 – PLTBm Sungai Tebelian

Biaya Bahan Bakar (/R.trip)	296.896.363
Biaya Kepelabuhanan (/R.trip)	3.774.366
Biaya Total (/R.trip)	300.670.729

Dengan mengetahui biaya untuk konsumsi BBM dan juga biaya kepelabuhanan, maka diketahui besar biaya variabel kapal A dengan rute PT. PS 3 – PLTBm Sungai Tebelian adalah sebesar Rp 300.670.729 per round trip.

5.4.2 Kapal Curah Kering

Dalam penyusunan suatu permintaan dari pengguna, sebelumnya yang dilakukan adalah penentuan suatu masalah yang dihadapi saat ini. Diantara permasalahan yang dihadapi saat ini adalah :

a. Biaya tetap

Dalam penentuan biaya tetap dengan sistem penguasaan kapal time charter hire, maka biaya tetap bergantung pada time charter rate yang berlaku. Besar time charter hire rate yang digunakan adalah:

Tabel 5.16 Besar Nilai Time Charter Rate Kapal Curah Kering

Kapal	CK-1	CK-2	CK-3	CK-4
Besar Sewa (Rp/Hari)	380.929	380.929	380.929	380.929

Besar TCH dari masing-masing kapal bernilai sama dikarenakan ukuran kapal curah kering yang sama, yakni ukuran Handysize (DWT Kapal Curah Kering < 28.000 Ton). Besar TCH yang digunakan dalam satuan per hari.

b. Biaya Tidak Tetap

Besar biaya tidak tetap bergantung kepada banyaknya konsumsi bahan bakar yang diperlukan, besar tarif pelabuhan di pelabuhan asal dan tujuan, dan juga dari banyaknya muatan yang dimuat di atas kapal.

- Biaya Bahan Bakar

Besar biaya bahan bakar kapal curah kering dengan rute PT. PS 3 – PLTBm Sungai Tebelian dipengaruhi oleh konsumsi bahan bakar yang diperlukan. Dimana dipengaruhi oleh konsumsi bahan bakar per tahun dipengaruhi oleh daya mesin utama dan mesin bantu pada kapal. Besar daya mesin utama dan bantu pada kapal CK-1 adalah:

Tabel 5.17 Daya Mesin Utama dan Mesin Bantu Kapal CK-1

Kode Kapal	CK-1
Total Daya ME (HP)	1.648
Total Daya AE (HP)	376
Kecepatan (Knot)	4

Banyaknya bahan bakar yang digunakan juga dipengaruhi oleh lama perjalanan kapal pada rute yang dipilih. Lama perjalanan dipengaruhi oleh jarak antara pelabuhan asal dengan pelabuhan tujuan, kecepatan yang digunakan oleh kapal, dan lama waktu yang dihabiskan oleh kapal di pelabuhan asal dan tujuan. Berdasarkan data yang didapat tersebut, didapatkan lama waktu yang dihabiskan kapal CK-1 untuk menempuh rute PT. PS 3 – PLTBm Sungai Tebelian adalah:

Tabel 5.18 Lama Perjalanan Kapal CK-1 Pada Rute PT. PS 3 – PLTBm Sungai Tebelian

Jarak (nm)	120
Lawa Waktu Berlayar (jam/R.trip)	60
Lama Waktu di Pel. Asal (jam/R.trip)	39
Lama Waktu di Pel. Tujuan (jam/R.trip)	39
Jumlah Lama Waktu di Pelabuhan (jam/R.trip)	78
Jumlah Waktu Keseluruhan (jam/R.Trip)	138
Jumlah Waktu Keseluruhan (hari/R.Trip)	6
Frekuensi Maksimal (kali)	57

Dari tabel di atas, diketahui lama waktu berlayar sebesar 60 jam per round trip dan lama waktu di pelabuhan asal 39 jam per round trip dan pelabuhan tujuan sebesar 39 jam per round trip. Sehingga banyaknya waktu yang dibutuhkan dalam satu kali perjalanan pulang pergi adalah selama 138 jam.

Dengan diketahui lama waktu yang dibutuhkan untuk berlayar, maka bisa mengetahui banyaknya konsumsi BBM utama. Total lama waktu berlayar dan di pelabuhan digunakan untuk mengetahui banyaknya konsumsi BBM bantu.

Tabel 5.19 Biaya Total BBM Kapal CK-1 Dengan Rute PT. PS 1 – PLTBm Sungai

Tebelian	
Konsumsi BBM Utama (liter/Roundtrip)	18.677
Konsumsi BBM Bantu (liter/Roundtrip)	3.180
Biaya BBM Utama (Rp/Roundtrip)	179.301.103
Biaya BBM Bantu (Rp/Roundtrip)	38.483.971
Biaya Total Bahan Bakar (Rp/Roundtrip)	217.785.075

Sehingga diketahui untuk besar biaya bahan bakar yang dibutuhkan kapal CK-1 untuk menempuh rute PT. PS 3 – PLTBm Sungai Tebelian adalah sebesar Rp 217.785.075 per *round trip*.

- Biaya Kepelabuhanan

Biaya kepelabuhanan dipengaruhi oleh tarif yang diterapkan di masing-masing pelabuhan asal dan pelabuhan tujuan. Tarif pelabuhan juga dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti adanya biaya tetap dan biaya variabel, dan juga bergantung kepada besar GT kapal. Untuk biaya kepelabuhanan kapal CK-1 untuk rute PT. PS 3 – PLTBm Sungai Tebelian berdasarkan tabel tarif pelabuhan (Tabel 5.1) adalah:

Tabel 5.20 Biaya Pelabuhan Kapal CK-1 Pada Rute PT. PS 1 – PLTBm Sungai Tebelian

Jenis Biaya	Pelabuhan Asal	Pelabuhan Tujuan
Biaya Labuh	234.430	212.760
Biaya Sandar	365.303	333.259
Biaya Pandu		
Biaya Tetap	163.389	148.535
Biaya Variabel	275.800	252.160
Biaya Tunda		
Biaya Tetap	851.744	774.313
Biaya Variabel	37.430	33.490
Jumlah	1.928.096	1.754.517

Sehingga diketahui banyaknya biaya kepelabuhanan di pelabuhan asal sebesar Rp 1.928.096 per round trip, sedangkan untuk biaya kepelabuhanan di pelabuhan tujuan sebesar Rp 1.754.517 per round trip. Biaya Total

kepelabuhanan untuk kapal CK-1 dengan rute PT. PS 1 – PLTBm Sungai Tebelian adalah sebesar Rp 3.682.614 per round trip.

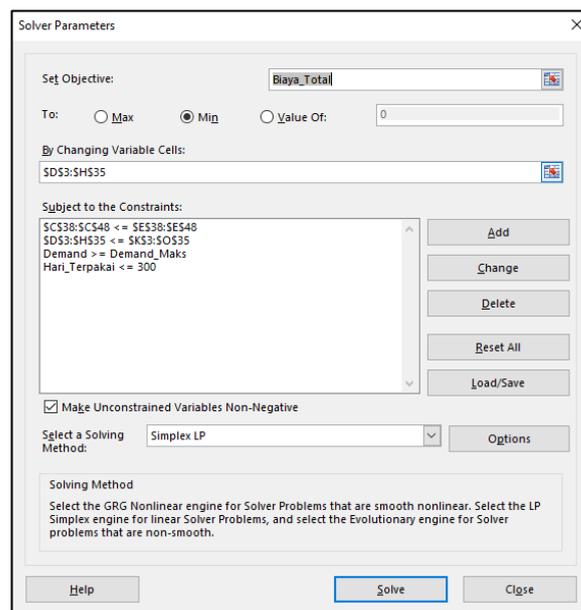
Tabel 5.21 Biaya Pelayaran

Biaya Bahan Bakar (Rp/Roundtrip)	Rp	217.785.075
Biaya Kepelabuhanan (Rp/Roundtrip)	Rp	3.682.614
Biaya Total (Rp/Roundtrip)	Rp	221.467.688

Dengan mengetahui biaya untuk konsumsi BBM dan juga biaya kepelabuhanan, maka diketahui besar biaya variabel kapal CK-1 dengan rute PT. PS 3 – PLTBm Sungai Tebelian adalah sebesar Rp 221.467.688 per round trip.

5.5 Pemilihan Moda Transportasi Menggunakan Model Optimasi

Dalam menentukan moda transportasi yang dipilih, penulis menggunakan bantuan *solver* yang merupakan *add ins* dalam perangkat lunak *Microsoft Excel*. Model ini digunakan untuk masing-masing moda yang digunakan, yakni kapal tunda & tongkang, dan kapal curah kering.



Gambar 5.2 Tampilan Solver pada Ms. Excel

Hal-hal yang perlu dimasukkan ke dalam *solver* adalah:

1. *Objective function*: Meminimalkan Biaya Total yang dikeluarkan untuk mengirimkan cangkang sawit dari masing-masing pabrik menuju PLTBm yang akan dibangun.
2. *Decision variable*: Muatan terangkut oleh masing-masing kapal dalam 1 tahun. Muatan terangkut dipilih sebagai decision variable dikarenakan akan

mempengaruhi dari frekuensi kapal yang digunakan, dan akhirnya berpengaruh kepada besarnya biaya yang dikeluarkan untuk mengirim cangkang sawit.

3. *Constraint*: Batasan yang digunakan di dalam model. Batasan-batasan tersebut antara lain: 1) Banyak muatan terangkut harus lebih kecil dibandingkan kapasitas muatan terpasang pada kapal, 2) Jumlah hari kerja yang terpakai harus lebih kecil dibandingkan dengan jumlah hari kerja dalam satu tahun, 3) Banyaknya produksi cangkang sawit oleh pabrik pengolahan sawit yang dipakai harus lebih kecil dari banyaknya produksi cangkang sawit maksimal dalam 1 tahun, 4) Banyaknya kebutuhan cangkang sawit oleh PLTBm bisa lebih besar dari kebutuhan 1 tahun PLTBm.
4. Metode: Pada optimasi kali ini digunakan metode *Simplex LP*. Simplex LP dipilih dikarenakan perhitungan yang digunakan adalah perhitungan yang linear, dan apabila menggunakan metode ini dapat ditemukan jawaban yang akan optimal secara menyeluruh (*global optimum*)

Setelah objective function, decision variable, constraint, dan metode dipilih, solver ini bisa dijalankan dengan mengklik “Solve.” Setelah solver menyelesaikan proses perhitungan, akan didapatkan hasil yang optimal

5.6 Analisis Perbandingan Biaya Masing-Masing Moda

5.6.1 Skenario 1 (Port to Port)

a. Kapal Tunda & Tongkang

Dari proses perhitungan menggunakan solver, didapatkan kapal mana saja yang digunakan untuk mengirimkan cangkang sawit. Kapal-kapal tersebut antara lain:

Tabel 5.22 Hasil Pemilihan Kapal Tunda & Tongkang Menggunakan Solver

A	B	C	D
0	1	0	1

Berdasarkan tabel Tabel 5.22, angka 1 menunjukkan bahwa kapal terpilih dan angka 0 menunjukkan bahwa kapal tidak terpilih. Sehingga tabel di atas menunjukkan bahwa kapal yang terpilih untuk diggunakan adalah kapal B & D.

Selain itu, kapal yang terpilih harus dipastikan bahwa kapal memiliki sarat yang tidak melebihi kedalaman dari sungai yang akan dilalui, yakni kedalaman sungai sedalam 6 meter.

Tabel 5.23 Tabel Batas Sarat Kapal Terpilih

A (m)	B (m)	C (m)	D (m)
0,0	4,3	0,0	5,0

Dari tabel di atas diketahui bahwa sarat kapal terpilih tidak melebihi kedalaman sungai yang dilalui, yaitu sedalam 6 meter. Sarat dari kapal B sebesar 4,3 meter dan sarat dari kapal D sebesar 5,0 m. Maka, batasan sarat kapal terpenuhi.

Jumlah muatan yang terangkut dari kapal tunda & tongkang yang terpilih untuk mengirim cangkang sawit adalah:

Tabel 5.24 Jumlah Muatan Yang Terangkut Pada Masing-Masing Kapal

A (ton)	B (ton)	C (ton)	D (ton)
-	182.650	-	159.059

Berdasarkan Tabel 5.24 diketahui bahwa jumlah muatan yang diangkut kapal terpilih yakni kapal B sebanyak 182.650 ton & D sebanyak 159.059 ton/tahun. Rincian muatan terangkut dari masing-masing rute:

1. Kapal B :

Tabel 5.25 Muatan Terangkut Pada Kapal B

Asal	Tujuan	Muatan Terangkut (ton)
PT. PS 3	PLTBm Sungai Tebelian	9.879
PT. PS 6	PLTBm Sungai Tebelian	29.434
PT. PS 5	PLTBm Sekadau Hilir	29.434
Pelabuhan Pontianak	PLTBm RPSL	113.903

2. Kapal D :

Tabel 5.26 Muatan Terangkut Pada Kapal D

Asal	Tujuan	Muatan Terangkut (ton)
PT. PS 3	PLTBm Sungai Tebelian	23.479
Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sungai Tebelian	51.111
PT. PS 9	PLTBm Sekadau Hilir	29.434
PT. PS 13	PLTBm Sekadau Hilir	23.547
Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sekadau Hilir	31.489

Jumlah hari kerja dari kapal-kapal yang terpilih tidak boleh melebihi dari 330 hari dalam 1 tahun. Sehingga harus dipastikan bahwa jumlah hari yang terpakai harus benar. Jumlah hari terpakai dari masing-masing kapal adalah:

Tabel 5.27 Jumlah Hari Yang Digunakan Pada Masing-Masing Kapal

A (hari)	B (hari)	C (hari)	D (hari)
-	278	-	319

Berdasarkan Tabel 5.27, jumlah hari yang digunakan oleh kapal B sebanyak 278 hari & D sebanyak 319 hari dari 330 hari kerja yang tersedia. Besar biaya total dari pengiriman cangkang sawit menggunakan kapal tunda dan tongkang dari masing-masing pabrik dan Pelabuhan Pontianak menuju pembangkit listrik yang akan di bangun adalah sebesar:

Tabel 5.28 Hasil Perhitungan Kapal Tunda&Tongkang Menggunakan Solver

Biaya Variabel (Rp/tahun)	26.160.722.954
Biaya Tetap (Rp/tahun)	11.728.656.251
Biaya B/M (Rp/tahun)	1.308.746.951
Biaya Total (Rp/tahun)	39.198.126.156

Berdasarkan Tabel 5.28, didapatkan besar Biaya Total yang dikeluarkan untuk pengoperasian kapal *tunda & tongkang* selama 1 tahun adalah sebesar Rp 39.198.126.156.

- Biaya Truk

Perhitungan truk dilakukan untuk menghitung biaya yang dikeluarkan untuk mengirim cangkang sawit dari pabrik yang tidak memiliki TUKS dan cangkang sawit harus dikirim ke Pelabuhan Pontianak sebagai titik pengumpulannya.

Tabel 5.29 Muatan Terangkut Dari Pabrik – Pelabuhan Pontianak

Pabrik	Pelabuhan	Muatan Terangkut (ton)	Produksi Maks (ton)	Kebutuhan Truk (Unit)	Jumlah Hari Terpakai (Hari)
PT. PS 1	Pelabuhan Pontianak	0	41.698	0	0
PT. PS 2	Pelabuhan Pontianak	33.358	33.358	7	321
PT. PS 7	Pelabuhan Pontianak	29.434	29.434	5	299
PT. PS 8	Pelabuhan Pontianak	29.434	29.434	6	298
PT. PS 10	Pelabuhan Pontianak	29.434	29.434	2	281
PT. PS 11	Pelabuhan Pontianak	29.434	29.434	7	319
PT. PS 12	Pelabuhan Pontianak	23.335	24.528	9	308
PT. PS 14	Pelabuhan Pontianak	22.075	22.075	4	289

Berdasarkan Tabel 5.29 total jumlah muatan yang terangkut dari masing-masing pabrik menuju Pelabuhan Pontianak sebanyak 196.503 ton. Banyaknya jumlah truk yang digunakan ditentukan berdasarkan jumlah hari kerja terbanyak dan tidak melebihi maksimal jumlah hari kerja dalam satu tahun (330 hari) masing-masing truk.

Berdasarkan banyaknya jumlah truk yang digunakan, maka akan diketahui juga besarnya biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan seluruh truk. Besarnya biaya total dari pengoperasian truk adalah:

Tabel 5.30 Rekapitulasi Kebutuhan Dan Biaya Total Truk

Jumlah truk (unit)	40
Biaya Total (Rp/Tahun)	48.417.915.866

Berdasarkan perhitungan, besarnya biaya untuk mengoperasikan 40 truk adalah sebesar Rp. 48.417.915.866/tahun. Dengan didapatkan besar biaya dari kapal tunda & tongkang dan juga truk, maka besarnya biaya total untuk pengiriman cangkang sawit menggunakan kapal tunda & tongkang dan juga truk adalah:

Tabel 5.31 Rekapitulasi Biaya Menggunakan Kapal Tunda & Tongkang

Biaya Total Kapal Tunda & Tongkang (Rp/Tahun)	39.198.126.156
Biaya Total Truk (Rp/Tahun)	48.417.915.866
Biaya Total Pengiriman (Rp/Tahun)	87.616.042.022
Muatan terangkut (Ton)	341.709
Biaya Satuan (Rp/Ton)	256.405

Didapatkan besar biaya total sebesar Rp 87.616.042.022 /tahun. Dengan muatan terangkut sebanyak 341.709 ton per tahun, maka didapatkan biaya satuan sebesar Rp 256.405/ton.

b. Kapal Curah Kering

Berdasarkan proses perhitungan menggunakan *solver*, didapatkan kapal mana saja yang digunakan untuk mengirimkan cangkang sawit. Kapal-kapal tersebut antara lain:

Tabel 5.32 Kapal Curah Kering Terpilih

CK-1	CK-2	CK-3	CK-4
1	0	1	1

Berdasarkan Tabel 5.33, angka 1 menunjukkan bahwa kapal terpilih dan angka 0 menunjukkan bahwa kapal tidak terpilih. Sehingga tabel di atas menunjukkan bahwa kapal yang terpilih untuk digunakan adalah kapal CK-1, CK-3 dan CK-4.

Selain itu, kapal yang terpilih harus dipastikan bahwa kapal memiliki sarat yang tidak melebihi kedalaman dari sungai yang akan dilalui, yakni kedalaman sungai sedalam 6 meter.

Tabel 5.33 Sarat Kapal Curah Kering Terpilih

CK-1 (m)	CK-2 (m)	CK-3 (m)	CK-4 (m)
4,0	0,0	4,2	4,0

Dari tabel di atas diketahui bahwa sarat kapal terpilih tidak melebihi kedalaman sungai yang dilalui, yakni sedalam 6 meter (kapal CK-1 memiliki sarat 4,0 m, CK-3 memiliki sarat 4,2 m dan CK-4 memiliki sarat 4,0 m). Maka, batasan sarat kapal terpenuhi.

Untuk banyaknya jumlah muatan yang terangkut selama satu tahun dari masing-masing kapal terpilih adalah:

Tabel 5.34 Jumlah Muatan Terangkut Kapal Curah Kering

CK-1 (ton)	CK-2 (ton)	CK-3 (ton)	CK-4 (ton)
42.345	-	189.720	109.644

Berdasarkan Tabel 5.34 diketahui bahwa jumlah muatan yang diangkut pada kapal CK-1 adalah sebanyak 42.345 ton, CK-3 adalah sebanyak 189.720 ton, dan pada kapal CK-4 adalah sebanyak 109.644 ton, dengan rincian per rute kapal adalah:

1. Kapal CK-1 :

Asal	Tujuan	Muatan Terangkut (Ton)
Pelabuhan Pontianak	PLTBm RPSL	42.344

2. Kapal CK-3:

Asal	Tujuan	Muatan Terangkut (Ton)
PT. PS 3	PLTBm Sungai Tebelian	33.358
PT. PS 6	PLTBm Sungai Tebelian	29.434
PT. PS 5	PLTBm Sekadau Hilir	29.434
PT. PS 9	PLTBm Sekadau Hilir	2.390
PT. PS 13	PLTBm Sekadau Hilir	23.547
Pelabuhan Pontianak	PLTBm RPSL	71.558

3. Kapal CK-4:

Asal	Tujuan	Muatan Terangkut (Ton)
Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sungai Tebelian	51.111
PT. PS 9	PLTBm Sekadau Hilir	27.043
Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sekadau Hilir	31.489

Jumlah hari kerja dari kapal-kapal yang terpilih tidak boleh melebihi dari 330 hari dalam 1 tahun. Sehingga harus dipastikan bahwa jumlah hari yang terpakai harus benar. Jumlah hari terpakai dari masing-masing kapal adalah:

Tabel 5.35 Jumlah Hari Terpakai Kapal Curah Kering

CK-1 (Hari)	CK-2 (Hari)	CK-3 (Hari)	CK-4 (Hari)
52	-	318	327

Berdasarkan Tabel 5.35, jumlah hari yang digunakan oleh kapal CK-1 sebanyak 52 hari, CK-3 adalah sebanyak 318 hari, dan kapal CK-4 sebanyak 327 hari dari 330 hari tersedia.

Dari proses perhitungan menggunakan solver, didapatkan besar biaya per unit dari pengiriman cangkang sawit menggunakan kapal curah kering dari pabrik pengolahan sawit menuju pembangkit listrik yang akan di bangun adalah sebesar:

Tabel 5.36 Besar Biaya Total Kapal Curah Kering

Biaya Tetap (Rp/Tahun)	265.696.182
Biaya Variabel (Rp/Tahun)	18.808.027.051
Biaya B/M (Rp/Tahun)	1.308.746.951
Biaya Total (Rp/Tahun)	20.382.470.184
Muatan Terangkut (Ton)	341.709

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *solver*, besar biaya total yang harus dikeluarkan selama satu tahun adalah sebesar Rp 20.382.470.184/tahun.

- Biaya Truk

Perhitungan truk dilakukan untuk menghtiung biaya yang dikeluarkan untuk mengrim cangkang sawit dari pabrik yang tidak memiliki TUKS dan harus mengirim cangkang sawit ke Pelabuhan Pontianak sebagai titik pengirimannya.

Tabel 5.37 Muatan Terangkut Dari Pabrik – Pelabuhan Pontianak

Pabrik	Pelabuhan	Muatan Terangkut (Ton)	Kebutuhan Truk (Unit)	Jumlah Hari Terpakai (Hari)
PT. PS 1	Pelabuhan Pontianak	0	0	0
PT. PS 2	Pelabuhan Pontianak	33358	7	321
PT. PS 7	Pelabuhan Pontianak	29434	5	299
PT. PS 8	Pelabuhan Pontianak	29434	6	298
PT. PS 10	Pelabuhan Pontianak	29434	2	281
PT. PS 11	Pelabuhan Pontianak	29434	7	319
PT. PS 12	Pelabuhan Pontianak	23335	9	308
PT. PS 14	Pelabuhan Pontianak	22075	4	289

Berdasarkan tabel Tabel 5.37, banyaknya jumlah muatan yang terangkut menggunakan truk tidak boleh melebihi kapasitas produksi masing-masing pabrik. Muatan terangkut pada truk harus sesuai dengan jumlah muatan yang dimuat ke kapal curah kering terpilih dari Pelabuhan Pontianak. Tabel tersebut juga menjelaskan banyaknya jumlah truk yang digunakan untuk melayani masing-masing rute. Banyaknya jumlah truk yang digunakan ditentukan berdasarkan jumlah hari kerja terbanyak dan tidak melebihi maksimal jumlah hari kerja dalam satu tahun (330 hari) masing-masing truk.

Sesuai dengan Tabel 5.37, didapatkan banyaknya jumlah truk yang digunakan untuk melayani seluruh rute dan besarnya biaya total yang dikeluarkan dari seluruh truk adalah:

Tabel 5.38 Rekapitulasi Kebutuhan Unit Dan Biaya Total Truk

Jumlah truk (Unit)	40
Biaya Total (Rp/Tahun)	Rp 48.417.915.866
Muatan Terangkut (Ton)	196.503

Berdasarkan perhitungan, besarnya biaya untuk mengoperasikan 40 truk adalah sebesar Rp. 48.417.915.866/tahun. Dengan didapatkan besar biaya dari kapal curah kering dan juga truk, maka besarnya biaya total untuk pengiriman cangkang sawit menggunakan kapal curah kering dan juga truk adalah:

Tabel 5.39 Rekapitulasi Biaya Pengiriman Kapal Curah Kering

Biaya Total Kapal Curah Kering (Rp/Tahun)	20.382.470.184
Biaya Total Truk (Rp/Tahun)	48.417.915.866
Biaya Total Pengiriman (Rp/Tahun)	68.800.386.050
Muatan terangkut (Ton)	341.709
Biaya Satuan (Rp/Ton)	201.342

Didapatkan besar Biaya Total sebesar Rp 68.800.386.050/tahun. Dengan muatan terangkut sebanyak 341.709 ton per tahun, maka didapatkan biaya satuan sebesar Rp 201.342/ton.

5.6.2 Skenario 2 (Multiport)

a. Kapal Tunda & Tongkang

Dalam perhitungan skenario menggunakan multiport, penulis menentukan rute yang akan dilayani dengan skenario ini. Optimasi yang dilakukan adalah memilih kapal yang menghasilkan biaya total terendah ketika melayani rute dengan skenario multiport ini. Rute yang ditentukan adalah PT. PS 9 – PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 9, dan rute PT. PS 3 – PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 3.

Besarnya muatan yang diangkut di dalam kapal diasumsikan sebesar 100% *load factor* atau dalam keadaan penuh. Muatan yang diangkut tersebut akan dibongkar di PLTBm dengan jumlah yang sama besar (50% dari payload kapal untuk PLTBm Sekadau Hilir dan 50% dari payload kapal untuk PLTBm Sungai Tebelian). Besarnya pembagian muatan tersebut adalah:

Tabel 5.40 Pembagian Muatan Masing-Masing Kapal

Kapal	Payload	Muat		Bongkar	
		PT. PS 3	PT. PS 9	PLTBm Sungai Tebelian	PLTBm Sekadau Hilir
A	2.182	2182	2182	1091	1091
B	2.781	2781	2781	1391	1391

Kapal	Payload	Muat		Bongkar	
		PT. PS 3	PT. PS 9	PLTBm Sungai Tebelian	PLTBm Sekadau Hilir
C	2.976	2976	2976	1488	1488
D	4.832	4832	4832	2416	2416

Dengan menggunakan kecepatan kapal, kecepatan B/M yang sama dengan skenario 1, maka lamanya waktu yang digunakan untuk 1 kali frekuensi dan banyaknya frekuensi maksimal untuk rute tersebut adalah:

Tabel 5.41 Lama Waktu Berlayar dan Pelabuhan Rute PT. PS 9 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 9

Kapal	Waktu Berlayar (Jam)	Waktu Di Pelabuhan (Jam)	Total Waktu (Jam)	Total Waktu (Hari)	Frekuensi Maksimal (Kali)
A	199	71	270	11	29
B	199	88	287	12	28
C	199	94	293	12	27
D	199	147	346	14	23

Tabel 5.42 Lama Waktu Berlayar dan Pelabuhan Rute PT. PS 3 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 3

Kapal	Waktu Berlayar (Jam)	Waktu Di Pelabuhan (Jam)	Total Waktu (Jam)	Total Waktu (Hari)	Frekuensi Maksimal (Kali)
A	147	71	218	9	36
B	147	88	235	10	34
C	147	94	241	10	33
D	147	147	294	12	27

Dalam perhitungan mutiport ini, banyaknya frekuensi yang digunakan adalah frekuensi maksimal sampai muatan terangkut tidak melebihi kapasitas produksi tahunan dari masing-masing TUKS. Berdasarkan hal tersebut maka banyaknya frekuensi yang digunakan adalah:

Tabel 5.43 Muatan Terangkut dan Frekuensi Terpakai Rute PT. PS 9 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 9

Kapal	Frekuensi Terpakai (kali)	Muatan Terangkut (ton)	Kapasitas Produksi Maksimal (ton)
A	13	28.371	29.434
B	10	27.814	29.434
C	9	26.787	29.434
D	6	28.989	29.434

Tabel 5.44 Muatan Terangkut dan Frekuensi Terpakai Rute PT. PS 3 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 3

Kapal	Frekuensi Terpakai (kali)	Muatan Terangkut (ton)	Kapasitas Produksi Maksimal (ton)
A	15	32.736	33.358
B	11	30.596	33.358
C	11	32.740	33.358
D	6	28.989	33.358

Setelah diketahui banyaknya muatan yang terangkut dalam satu tahun dari masing-masing rute dengan menggunakan kapal yang berbeda, hal yang dilakukan selanjutnya adalah melakukan optimasi kapal yang akan digunakan. Optimasi yang dilakukan adalah dengan mencari biaya total terendah. Hasil dari optimasi yang dilakukan adalah:

Tabel 5.45 Hasil Optimasi Rute PT. PS 9 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 9

Kapal	PT. PS 9	PLTBm Sekadau Hilir	PLTBm Sungai Tebelian
A	1	1	1
B	0	0	0
C	0	0	0
D	0	0	0

Tabel 5.46 Hasil Optimasi Rute PT. PS 3 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 3

Kapal	PT. PS 3	PLTBm Sekadau Hilir	PLTBm Sungai Tebelian
A	1	1	1
B	0	0	0
C	0	0	0
D	0	0	0

Hasil optimasi menunjukkan angka 1 dan 0. Angka 1 menunjukkan bahwa kapal terpilih untuk melayani masing-masing rute, dan sebaliknya. Berdasarkan hasil optimasi, diketahui bahwa kapal A sebagai kapal terpilih yang menghasilkan biaya total terendah. Besarnya biaya total yang dihasilkan dalam melayani 2 rute tersebut adalah:

Tabel 5.47 Besar Biaya Total Hasil Optimasi

Biaya Tetap Total (Rp/Tahun)	3.989.702.028
Biaya Variabel Total (Rp/Tahun)	12.787.628.274
Biaya B/M Total (Rp/Tahun)	227.063.238
Biaya Total (Rp/Tahun)	17.004.393.540

Kebutuhan cangkang sawit yang belum terpenuhi dengan sistem *mutiport* ini, akan dipenuhi dengan sistem *port to port* dikarenakan kapal D sudah digunakan untuk

sistem mutiport, maka kapal D tidak bisa digunakan untuk sistem *port to port*. Kapal tunda & tongkang yang terpilih untuk melayani sistem *port to port* ini adalah:

Tabel 5.48 Hasil Pemilihan Kapal Tunda & tongkang Menggunakan Solver

A	B	C	D
0	1	0	1

Berdasarkan tabel Tabel 5.48, angka 1 menunjukkan bahwa kapal terpilih dan angka 0 menunjukkan bahwa kapal tidak terpilih. Sehingga tabel di atas menunjukkan bahwa kapal yang terpilih untuk digunakan adalah kapal B & D. Selain itu, kapal yang terpilih harus dipastikan bahwa kapal memiliki sarat yang tidak melebihi kedalaman dari sungai yang akan dilalui, yakni kedalaman sungai sedalam 6 meter.

Tabel 5.49 Tinggi Sarat Kapal Terpilih

A (m)	B (m)	C (m)	D (m)
0,0	4,3	0,0	5,0

Berdasarkan Tabel 5.49 diketahui bahwa sarat kapal terpilih tidak melebihi kedalaman sungai yang dilalui, yaitu sedalam 6 meter. Sarat dari kapal B sebesar 4,3 meter dan sarat dari kapal D sebesar 5,0 m. Maka, batasan sarat kapal terpenuhi.

Jumlah muatan yang terangkut dari kapal tunda & tongkang yang terpilih untuk mengirim cangkang sawit adalah:

Tabel 5.50 Jumlah Muatan Yang Terangkut Pada Masing-Masing Kapal

A (Ton)	B (Ton)	C (Ton)	D (Ton)
-	147.088	-	149.882

Berdasarkan Tabel 5.50 diketahui bahwa jumlah muatan yang diangkut kapal terpilih yakni kapal B sebanyak 147.088 ton & D sebanyak 149.882 ton/tahun. Rincian muatan terangkut dari masing-masing rute:

Kapal B:

Tabel 5.51 Muatan Terangkut Pada Kapal B

Asal	Tujuan	Muatan Terangkut
PT. PS 6	PLTBm Sungai Tebelian	29.434
PT. PS 5	PLTBm Sekadau Hilir	3.751
Pelabuhan Pontianak	PLTBm RPSL	113.903

Kapal D

Tabel 5.52 Muatan Terangkut Pada Kapal D

Asal	Tujuan	Muatan Terangkut
PT. PS 3	PLTBm Sungai Tebelian	622

Asal	Tujuan	Muatan Terangkut
Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sungai Tebelian	69.662
PT. PS 5	PLTBm Sekadau Hilir	25.683
PT. PS 9	PLTBm Sekadau Hilir	1.062
PT. PS 13	PLTBm Sekadau Hilir	23.547
Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sekadau Hilir	29.306

Jumlah hari kerja dari kapal-kapal yang terpilih tidak boleh melebihi dari 330 hari dalam 1 tahun. Sehingga harus dipastikan bahwa jumlah hari yang terpakai harus benar. Jumlah hari terpakai dari masing-masing kapal adalah:

Tabel 5.53 Jumlah Hari Yang Digunakan Pada Masing-Masing Kapal

A (Hari)	B (Hari)	C (Hari)	D (Hari)
-	209	-	315

Besar biaya total dari pengiriman cangkang sawit menggunakan kapal tunda dan tongkang dari pabrik pengolahan sawit menuju pembangkit listrik yang akan di bangun adalah sebesar:

Tabel 5.54 Hasil Perhitungan Kapal Tunda&Tongkang Menggunakan Solver

Biaya Variabel (Rp/Tahun)	10.566.397.030
Biaya Tetap (Rp/Tahun)	22.328.319.809
Biaya B/M (Rp/Tahun)	1.105.990.404
Biaya Total (Rp/Tahun)	34.000.707.243

Berdasarkan hasil perhitungan ini, didapatkan besar Biaya Total yang dikeluarkan untuk pengoperasian kapal *tunda & tongkang* selama 1 tahun adalah sebesar Rp 34.000.707.243. Dengan adanya hasil perhitungan dari *mulitport* kapal D dan *port to port* kapal A dan B, maka besar biaya total dan biaya satuan adalah sebesar:

Tabel 5.55 Biaya Total Dan Biaya Satuan Skenario Multiport Kapal Tunda & Tongkang

Biaya Variabel (Rp/Tahun)	14.556.099.058
Biaya Tetap (Rp/Tahun)	35.115.948.082
Biaya Total (Rp/Tahun)	1.333.053.643
Muatan Terangkut (Ton)	51.005.100.783

Didapatkan besar biaya total sebesar Rp 51.005.100.783/tahun, dengan muatan terangkut sebanyak 341.709 ton per tahun.

- Biaya Truk

Perhitungan truk dilakukan untuk menghtiung biaya yang dikeluarkan untuk mengrim cangkang sawit dari pabrik yang tidak memiliki TUKS dan harus mengirim cangkang sawit ke Pelabuhan Pontianak sebagai titik pengirimannya.

Tabel 5.56 Muatan Terangkut Dari Pabrik – Pelabuhan Pontianak

Pabrik	Pelabuhan	Muatan Terangkut (Ton)	Kebutuhan Truk (Unit)	Jumlah Hari Terpakai (Hari)
PT. PS 1	Pelabuhan Pontianak	15176	7	289
PT. PS 2	Pelabuhan Pontianak	33358	7	321
PT. PS 7	Pelabuhan Pontianak	29434	5	299
PT. PS 8	Pelabuhan Pontianak	29434	6	298
PT. PS 10	Pelabuhan Pontianak	29434	2	281
PT. PS 11	Pelabuhan Pontianak	29434	7	319
PT. PS 12	Pelabuhan Pontianak	24528	8	364
PT. PS 14	Pelabuhan Pontianak	22075	4	289

Berdasarkan Tabel 5.56, didapatkan banyaknya jumlah truk yang digunakan untuk melayani masing-masing rute. Banyaknya jumlah truk yang digunakan ditentukan berdasarkan jumlah hari kerja terbanyak dan tidak melebihi maksimal jumlah hari kerja dalam satu tahun (330 hari) masing-masing truk. Dengan diketahui banyaknya jumlah truk yang digunakan, maka akan diketahui juga besarnya biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan seluruh truk. Besarnya biaya total dari pengoperasian truk adalah:

Tabel 5.57 Rekapitulasi Kebutuhan Truk Dan Biaya Total

Jumlah truk (Unit)	46
Biaya Total (Rp/Tahun)	48.993.480.561
Muatan Terangkut (Ton)	212.871

Berdasarkan perhitungan, besarnya biaya untuk mengoperasikan 40 truk adalah sebesar Rp. 48.993.480.561/tahun. Dengan didapatkan besar biaya dari kapal tunda & tongkang dan juga truk, maka besarnya biaya total untuk pengiriman cangkang sawit menggunakan kapal tunda & tongkang dan juga truk adalah:

Tabel 5.58 Rekapitulasi Biaya Menggunakan Kapal Tunda & Tongkang

Biaya Total Kapal Tunda & Tongkang (Rp/Tahun)	51.005.100.783
Biaya Total Truk (Rp/Tahun)	48.993.480.561
Biaya Total Pengiriman (Rp/Tahun)	99.998.581.344
Muatan terangkut (Ton)	341.709
Biaya Satuan (Rp/Ton)	292.643

Didapatkan besar Biaya Total sebesar Rp 99.998.581.344/tahun. Dengan muatan terangkut sebanyak 341.709 ton per tahun, maka didapatkan Biaya Satuan sebesar Rp 292.643/ton.

b. Kapal Curah Kering

Dalam perhitungan skenario menggunakan multiport, penulis menentukan rute yang akan dilayani dengan skenario ini. Optimasi yang dilakukan adalah memilih kapal

yang menghasilkan biaya total terendah ketika melayani rute dengan skenario multiport ini. Rute yang ditentukan adalah PT. PS 9 – PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 9, dan rute PT. PS 3 – PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 3.

Besarnya muatan yang diangkut di dalam kapal diasumsikan sebesar 100% *load factor* atau dalam keadaan penuh. Muatan yang diangkut tersebut akan dibongkar di PLTBm dengan jumlah yang sama besar (50% dari payload kapal untuk PLTBm Sekadau Hilir dan 50% dari payload kapal untuk PLTBm Sungai Tebelian). Besarnya pembagian muatan tersebut adalah:

Tabel 5.59 Pembagian Muatan Masing-Masing Kapal

Kapal	Payload	Muat		Bongkar	
		PT. PS 3	PT. PS 9	PLTBm Sungai Tebelian	PLTBm Sekadau Hilir
A	2523	2523	2523	1261	1261
B	2340	2340	2340	1170	1170
C	3038	3038	3038	1519	1519
D	3311	3311	3311	1656	1656

Dengan menggunakan kecepatan kapal, kecepatan B/M yang sama dengan skenario 1, maka lamanya waktu yang digunakan untuk 1 kali frekuensi dan banyaknya frekuensi maksimal untuk rute tersebut adalah:

Tabel 5.60 Lama Waktu Berlayar dan Pelabuhan Rute PT. PS 9 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 9

Kapal	Waktu Berlayar (Jam)	Waktu Di Pelabuhan (Jam)	Total Waktu (Jam)	Total Waktu (Hari)	Frekuensi Maksimal (Kali)
CK-1	199	81	280	12	28
CK-2	199	76	275	11	29
CK-3	199	96	294	12	27
CK-4	199	104	302	13	26

Tabel 5.61 Lama Waktu Berlayar dan Pelabuhan Rute PT. PS 3 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 3

Kapal	Waktu Berlayar (Jam)	Waktu Di Pelabuhan (Jam)	Total Waktu (Jam)	Total Waktu (Hari)	Frekuensi Maksimal (Kali)
CK-1	147	81	228	9	35
CK-2	147	76	222	9	36
CK-3	147	96	242	10	33
CK-4	147	104	250	10	32

Dalam perhitungan mutiport ini, banyaknya frekuensi yang digunakan adalah frekuensi maksimal sampai muatan terangkut tidak melebihi kapasitas produksi tahunan dari masing-masing TUKS. Berdasarkan hal tersebut maka banyaknya frekuensi yang digunakan adalah:

Tabel 5.62 Muatan Terangkut dan Frekuensi Terpakai Rute PT. PS 9 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 9

Kapal	Frekuensi Terpakai (kali)	Muatan Terangkut (ton)	Kapasitas Produksi Maksimal (ton)
CK-1	11	27.750	29.434
CK-2	12	28.080	29.434
CK-3	9	27.338	29.434
CK-4	8	26.489	29.434

Tabel 5.63 Muatan Terangkut dan Frekuensi Terpakai Rute PT. PS 3 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 3

Kapal	Frekuensi Terpakai (kali)	Muatan Terangkut (ton)	Kapasitas Produksi Maksimal (ton)
CK-1	15	32.795	33.358
CK-2	11	32.760	33.358
CK-3	11	30.375	33.358
CK-4	6	33.111	33.358

Setelah diketahui banyaknya muatan yang terangkut dalam satu tahun dari masing-masing rute dengan menggunakan kapal yang berbeda, hal yang dilakukan selanjutnya adalah melakukan optimasi kapal yang akan digunakan. Optimasi yang dilakukan adalah dengan mencari biaya total terendah. Hasil dari optimasi yang dilakukan adalah:

Tabel 5.64 Hasil Optimasi Rute PT. PS 9 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 9

Kapal	PT. PS 9	PLTBm Sekadau Hilir	PLTBm Sungai Tebelian
CK-1	0	0	0
CK-2	1	1	1
CK-3	0	0	0
CK-4	0	0	0

Tabel 5.65 Hasil Optimasi Rute PT. PS 3 -PLTBm Sekadau Hilir – PLTBm Sungai Tebelian – PT. PS 3

Kapal	PT. PS 3	PLTBm Sekadau Hilir	PLTBm Sungai Tebelian
CK-1	0	0	0
CK-2	1	1	1
CK-3	0	0	0

Kapal	PT. PS 3	PLTBm Sekadau Hilir	PLTBm Sungai Tebelian
CK-4	0	0	0

Hasil optimasi menunjukkan angka 1 dan 0. Angka 1 menunjukkan bahwa kapal terpilih untuk melayani masing-masing rute, dan sebaliknya. Berdasarkan hasil optimasi, diketahui bahwa kapal A sebagai kapal terpilih yang menghasilkan biaya total terendah. Besarnya biaya total yang dihasilkan dalam melayani 2 rute tersebut adalah:

Tabel 5.66 Besar Biaya Total Hasil Optimasi

Biaya Tetap Total (Rp/Tahun)	52.294.141
Biaya Variabel Total (Rp/Tahun)	30.217.430.995
Biaya B/M Total (Rp/Tahun)	259.117.560
Biaya Total (Rp/Tahun)	30.528.842.697

Kebutuhan cangkang sawit yang belum terpenuhi dengan sistem *mutiport* ini, akan dipenuhi dengan sistem *port to port* dikarenakan kapal D sudah digunakan untuk sistem mutiport, maka kapal D tidak bisa digunakan untuk sistem *port to port*. Kapal tunda & tongkang yang terpilih untuk melayani sistem *port to port* ini adalah:

Tabel 5.67 Hasil Pemilihan Kapal Tunda & tongkang Menggunakan Solver

CK-1	CK-2	CK-3	CK-4
1	0	0	1

Berdasarkan tabel Tabel 5.48, angka 1 menunjukkan bahwa kapal terpilih dan angka 0 menunjukkan bahwa kapal tidak terpilih. Sehingga tabel di atas menunjukkan bahwa kapal yang terpilih untuk diggunakan adalah kapal CK-1 & CK-4. Selain itu, kapal yang terpilih harus dipastikan bahwa kapal memiliki sarat yang tidak melebihi kedalaman dari sungai yang akan dilalui, yakni kedalaman sungai sedalam 6 meter.

Tabel 5.68 Tinggi Sarat Kapal Terpilih

CK-1	CK-2	CK-3	CK-4
4,1	0,0	0,0	5,0

Berdasarkan Tabel 5.49 diketahui bahwa sarat kapal terpilih tidak melebihi kedalaman sungai yang dilalui, yaitu sedalam 6 meter. Sarat dari kapal CK-1 sebesar 4,0 meter dan sarat dari kapal CK-4 sebesar 5,0 m. Maka, batasan sarat kapal terpenuhi.

Jumlah muatan yang terangkut dari kapal tunda & tongkang yang terpilih untuk mengirim cangkang sawit adalah:

Tabel 5.69 Jumlah Muatan Yang Terangkut Pada Masing-Masing Kapal

CK-1	CK-2	CK-3	CK-4
123.133	-	-	157.736

Berdasarkan Tabel 5.50 diketahui bahwa jumlah muatan yang diangkut kapal terpilih yakni kapal CK-1 sebanyak 123.133 ton & CK-4 sebanyak 157.736 ton/tahun. Rincian muatan terangkut dari masing-masing rute:

Kapal CK-1:

Tabel 5.70 Muatan Terangkut Pada Kapal CK-1

Asal	Tujuan	Muatan Terangkut
PT. PS 6	PLTBm Sungai Tebelian	9.230
Pelabuhan Pontianak	PLTBm RPSL	113.903

Kapal CK-4

Tabel 5.71 Muatan Terangkut Pada Kapal CK-4

Asal	Tujuan	Muatan Terangkut
PT. PS 3	PLTBm Sungai Tebelian	598
PT. PS 6	PLTBm Sungai Tebelian	20.203
PT. PS 9	PLTBm Sungai Tebelian	1.354
Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sungai Tebelian	52.098
PT. PS 5	PLTBm Sekadau Hilir	29.434
PT. PS 13	PLTBm Sekadau Hilir	23.547
Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sekadau Hilir	30.502

Jumlah hari kerja dari kapal-kapal yang terpilih tidak boleh melebihi dari 330 hari dalam 1 tahun. Sehingga harus dipastikan bahwa jumlah hari yang terpakai harus benar. Jumlah hari terpakai dari masing-masing kapal adalah:

Tabel 5.72 Jumlah Hari Yang Digunakan Pada Masing-Masing Kapal

CK-1	CK-2	CK-3	CK-4
179	-	-	316

Besar biaya total dari pengiriman cangkang sawit menggunakan kapal tunda dan tongkang dari pabrik pengolahan sawit menuju pembangkit listrik yang akan di bangun adalah sebesar:

Tabel 5.73 Hasil Perhitungan Kapal Tunda&Tongkang Menggunakan Solver

Biaya Variabel (Rp/Tahun)	9.927.759.242
Biaya Tetap (Rp/Tahun)	19.950.764.348
Biaya B/M (Rp/Tahun)	1.049.629.391
Biaya Total (Rp/Tahun)	30.928.152.981

Berdasarkan hasil perhitungan ini, didapatkan besar Biaya Total yang dikeluarkan untuk pengoperasian kapal *tunda & tongkang* selama 1 tahun adalah sebesar Rp

30.928.152.981. Dengan adanya hasil perhitungan dari *mulitport* kapal CK-2 dan *port to port* kapal CK-1 dan CK-4, maka besar biaya total dan biaya satuan adalah sebesar:

Tabel 5.74 Biaya Total Dan Biaya Satuan Skenario Multiport Kapal Curah Kering

Biaya Variabel (Rp/Tahun)	9.980.053.383
Biaya Tetap (Rp/Tahun)	50.168.195.344
Biaya Total (Rp/Tahun)	1.308.746.951
Muatan Terangkut (Ton)	61.456.995.678

Didapatkan besar biaya total sebesar Rp 61.456.995.678/tahun, dengan muatan terangkut sebanyak 341.709 ton per tahun.

- Biaya Truk

Perhitungan truk dilakukan untuk menghtiung biaya yang dikeluarkan untuk mengrim cangkang sawit dari pabrik yang tidak memiliki TUKS dan harus mengirim cangkang sawit ke Pelabuhan Pontianak sebagai titik pengirimannya.

Tabel 5.75 Muatan Terangkut Dari Pabrik – Pelabuhan Pontianak

Pabrik	Pelabuhan	Muatan Terangkut (Ton)	Kebutuhan Truk (Unit)	Jumlah Hari Terpakai (Hari)
PT. PS 1	Pelabuhan Pontianak	0	0	0
PT. PS 2	Pelabuhan Pontianak	33.358	7	321
PT. PS 7	Pelabuhan Pontianak	29.434	5	299
PT. PS 8	Pelabuhan Pontianak	29.434	6	298
PT. PS 10	Pelabuhan Pontianak	29.434	2	281
PT. PS 11	Pelabuhan Pontianak	29.434	7	319
PT. PS 12	Pelabuhan Pontianak	23.335	9	308
PT. PS 14	Pelabuhan Pontianak	22.075	4	289

Berdasarkan Tabel 5.75, didapatkan banyaknya jumlah truk yang digunakan untuk melayani masing-masing rute. Banyaknya jumlah truk yang digunakan ditentukan berdasarkan jumlah hari kerja terbanyak dan tidak melebihi maksimal jumlah hari kerja dalam satu tahun (330 hari) masing-masing truk.

Dengan diketahui banyaknya jumlah truk yang digunakan, maka akan diketahui juga besarnya biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan seluruh truk. Besarnya biaya total dari pengoperasian truk adalah:

Tabel 5.76 Rekapitulasi Kebutuhan Dan Biaya Total Truk

Jumlah truk (Unit)	40
Biaya Total (Rp/Tahun)	48.417.915.866
Muatan Terangkut (Ton)	196.503

Berdasarkan perhitungan, besarnya biaya untuk mengoperasikan 40 truk adalah sebesar Rp. 48.417.915.866/tahun. Dengan didapatkan besar biaya dari kapal curah kering dan juga truk, maka besarnya biaya total untuk pengiriman cangkang sawit menggunakan kapal curah kering dan juga truk adalah:

Tabel 5.77 Rekapitulasi Biaya Pengiriman Menggunakan Kapal Curah Kering

Biaya Total Kapal Curah Kering (Rp/Tahun)	61.456.995.678
Biaya Total Truk (Rp/Tahun)	48.417.915.866
Biaya Total Pengiriman (Rp/Tahun)	109.874.911.544
Muatan terangkut Ton)	341.709
Biaya Satuan (Rp/Ton)	321.545

Didapatkan besar Biaya Total sebesar Rp 109.874.911.544/tahun. Dengan muatan terangkut sebanyak 341.709 ton per tahun, maka didapatkan biaya satuan sebesar Rp 321.545/ton.

5.7 Analisis Perbandingan Seluruh Biaya

Biaya total meliputi biaya sewa kapal (*rate* TCH) sebagai biaya tetap, biaya bahan bakar, biaya kepelabuhanan, dan biaya bongkar muat sebagai biaya tidak tetap. Setelah dilakukan perhitungan biaya masing-masing moda transportasi, besar biaya total dari masing-masing moda adalah:

Tabel 5.78 Rekapitulasi Biaya Port To Port

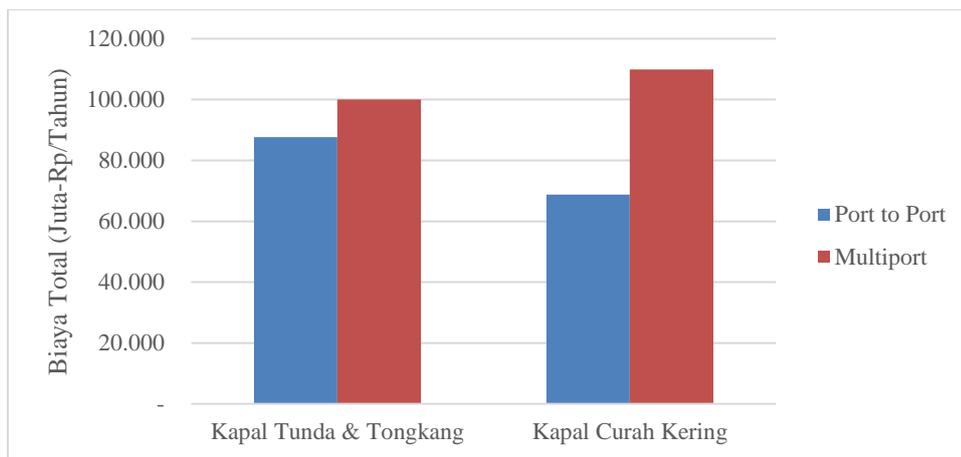
Jenis Kapal	Kapal Tunda & Tongkang	Kapal Curah Kering
Biaya Tetap (Rp/Tahun)	11.728.656.251	265.696.182
Biaya Variabel (Rp/Tahun)	26.160.722.954	18.808.027.051
Biaya B/M (Rp/Tahun)	1.308.746.951	1.308.746.951
Biaya Total (Rp/Tahun)	39.198.126.156	20.382.470.184
Kebutuhan Truk (Unit)	40	40
Biaya Truk (Rp/Tahun)	48.417.915.866	48.417.915.866
Muatan Terangkut (Ton/Tahun)	341.709	341.709
Total Biaya Transportasi Laut + Truk (Rp/Tahun)	87.616.042.022	68.800.386.050
Biaya Satuan (Rp/Ton)	256.405	201.342

Tabel 5.79 Rekapitulasi Biaya Multiport

Jenis Kapal	Kapal Tunda & Tongkang	Kapal Curah Kering
Biaya Tetap (Rp/Tahun)	14.556.099.058	9.980.053.383
Biaya Variabel (Rp/Tahun)	35.115.948.082	50.168.195.344
Biaya B/M (Rp/Tahun)	1.333.053.643	1.308.746.951
Biaya Total (Rp/Tahun)	51.005.100.783	61.456.995.678
Kebutuhan Truk (Unit)	46	40
Biaya Truk (Rp/Tahun)	48.993.480.561	48.417.915.866

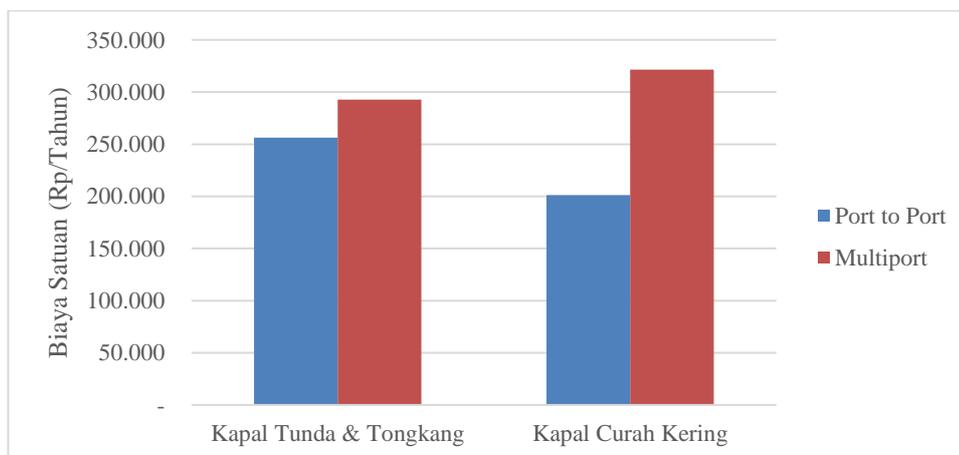
Jenis Kapal	Kapal Tunda & Tongkang	Kapal Curah Kering
Muatan Terangkut (Ton/Tahun)	341.709	341.709
Total Biaya Transportasi Laut + Truk (Rp/Tahun)	99.998.581.344	109.874.911.544
Biaya Satuan (Rp/Ton)	292.643	321.545

Berdasarkan Tabel 5.78 dan , biaya total terbesar adalah biaya total menggunakan kapal tunda & tongkang dengan skenario *multoport*, yakni sebesar Rp 99.828.635.724/tahun. Biaya satuan terendah adalah biaya satuan menggunakan kapal curah kering yakni sebesar Rp 202.988/ton.



Gambar 5.3 Perbandingan Biaya Total Masing-Masing Moda

Berdasarkan Gambar 5.3, besar biaya total untuk kapal *tunda & tongkang* dengan skenario 1 (*port to port*) sebesar Rp 87.616.042.022/tahun, sedangkan untuk skenario 2 (*multoport*) sebesar Rp 99.998.581.344/tahun. Untuk biaya total untuk kapal curah kering dengan skenario 1 (*port to port*) sebesar Rp 68.800.386.050/tahun, sedangkan untuk skenario 2 (*multoport*) sebesar Rp 109.874.911.544/tahun.

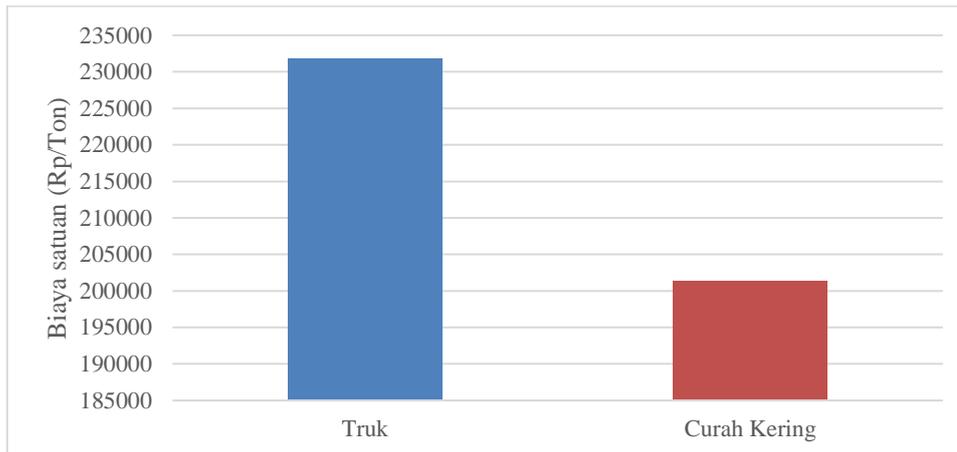


Gambar 5.4 Perbandingan Biaya Satuan Masing-Masing Moda

Berdasarkan gambar Gambar 5.4 besar biaya satuan untuk skenario *port to port*, kapal *tunda & tongkang* sebesar Rp 256.405/ton, untuk kapal curah kering sebesar Rp

201.342/ton. Untuk skenario *multiport*, besar biaya satuan kapal tunda & tongkang sebesar Rp 292.643/ton dan untuk kapal curah kering sebesar Rp 321.545/ton. Dengan perbandingan biaya satuan tersebut, pengiriman cangkang sawit akan menghasilkan biaya terendah dengan menggunakan kapal curah kering dan skenario *port to port*.

Besar biaya satuan yang didapatkan dengan menggunakan kapal curah kering dengan skenario *port to port* memiliki nilai yang lebih rendah dari biaya satuan menggunakan truk pada saat kondisi saat ini.

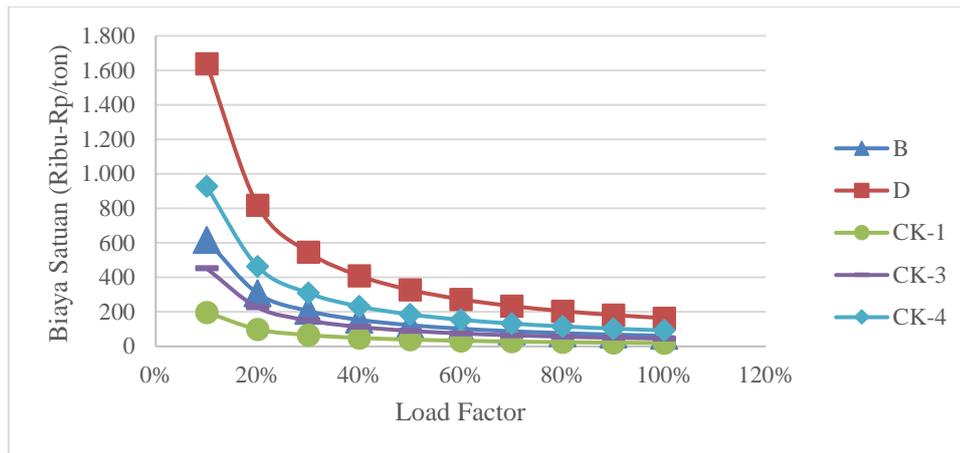


Gambar 5.5 Perbandingan Biaya Satuan Kondisi Saat Ini (Truk) Dengan Kapal Curah Kering Dengan Skenario Port To Port

Berdasarkan saat kondisi saat ini, besar biaya satuan adalah sebesar Rp 231.275/ton, sedangkan menggunakan kapal curah kering dengan skenario *port to port* menghasilkan biaya satuan sebesar Rp 202.988/ton. Dengan adanya selisih ini, kapal curah kering dengan skenario *port to port*.

5.8 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas pada penelitian ini digunakan untuk melihat variabel yang paling signifikan yang mempengaruhi besar dari nilai biaya satuan (*unit cost*). Analisis sensitivitas kali ini dilakukan dengan cara merubah load factor dari masing-masing kapal dengan variasi 0% sampai 100%.



(A)

Gambar 5.6 Sensitivitas Biaya Satuan Skenario

Variasi 0% berarti tidak adanya muatan yang dimuat ke atas kapal, sedangkan variasi sampai 100% berarti adanya muatan yang dimuat hingga 100% dari kapasitas payload kapal. Ketika load factor kapal lebih rendah dari 100% akan menghasilkan biaya per unit yang lebih mahal dibandingkan dengan kondisi load factor 100% payload kapal. Hal ini bisa dilihat pada Gambar 5.6 pada saat skenario *port to port* menggunakan kapal tunda & tongkang D, pada saat kondisi load factor 10%, besar biaya satuan yang dihasilkan adalah sebesar Rp 1.679.664/ton, pada saat kondisi load factor 50%, maka besar biaya satuan sebesar Rp 335.933/ton, dan pada saat kondisi load factor 100%, maka besar biaya satuan dari kapal tunda & tongkang D sebesar Rp 167.966/ton

Lembar Ini Sengaja Dikosongkan

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam kondisi pada saat ini pola pengiriman cangkang sawit yang sudah dilakukan adalah dengan menggunakan truk engkel dan kapal tunda & tongkang. Pengiriman menggunakan jalur darat dengan menggunakan truk engkel berkapasitas 10 ton, sedangkan pengiriman perairan sungai yang ada di sekitar di Kalimantan Barat, utamanya melalui perairan Sungai Kapuas. Sungai Kapuas memiliki kedalaman 6 meter dan lebar sungai mencapai 600 m. Ada 2 pembangkit baru yang akan dibangun yakni PLTBm Sungai Tebelian dan PLTBm Sekadau Hilir dengan masing-masing kapasitas pembangkit sebesar 10 MW.
2. Pemilihan moda yang optimal untuk pengiriman cangkang sawit dari 7 titik asal un menuju 3 titik pembangkit listrik yang memiliki kebutuhan cangkang sawit sebanyak 341.709 ton/tahun adalah menggunakan curah kering CK-3 dan CK-4 yang memiliki sarat kapal kurang dari kedalaman sungai 6 meter, yakni sebesar 5 meter. Hal ini disebabkan oleh kondisi geografis dari Sungai Kapuas.
3. Besar dari biaya per unit terendah didapatkan dari skenario *port to port* menggunakan moda kapal curah kering dengan biaya total Rp 68.800.386.050 /tahun dan Biaya Satuan sebesar Rp 201.342/ton dengan rute yang dilayani:
 - Kapal CK-1:
 1. Pel. Pontianak – PLTBm RPSL : 42.344 ton
 - Kapal CK-3:
 2. PT. PS 3 – PLTBm Sungai Tebelian : 33.358 ton
 3. PT. PS 6 – PLTBm Sungai Tebelian : 29.434 ton
 4. PT. PS 5 – PLTBm Sekadau Hilir : 29.434 ton
 5. PT. PS 9 - PLTBm Sekadau Hilir : 2.390 ton
 6. PT. PS 13 - PLTBm Sekadau Hilir : 23.547 ton
 7. Pel. Pontianak - PLTBm RPSL : 71.558 ton
 - Kapal CK-4:
 1. Pel. Pontianak – PLTBm Sungai Tebelian : 51.111 ton
 2. PT. PS 9 – PLTBm Sekadau Hilir : 27.043 ton

3. Pel. Pontianak - PLTBm Sekadau Hilir : 31.489 ton

6.2 Saran

Berdasarkan pengamatan penulis selama pengambilan data, pengolahan data, analisis perhitungan serta perancangan desain, terdapat beberapa saran yang dapat menjadi rekomendasi untuk penelitian selanjutnya. Saran-saran tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Perlu adanya analisis data yang lebih mendalam, dikarenakan pada saat ini cangkang sawit masih dalam keadaan dirintis. Analisis data tersebut bisa berupa kemasan muatan, atau ukuran utama kapal yang optimal untuk mengirim cangkang sawit.
2. Perlunya analisis lebih lanjut untuk skenario perhitungan *hub & spoke*.
3. Perlu dilakukannya analisis lebih rinci mengenai perhitungan biaya tambahan, contohnya seperti biaya asuransi muatan cangkang sawit apabila menggunakan sistem multiport

DAFTAR PUSTAKA

- Arimad, D. D., Susilo, B., & Sumarlan, S. H. (2015). *Analisis Efisiensi Pada Belt Conveyor Untuk Meningkatkan Efisiensi Proses Pengangkutan Tebu Di Pabrik Gula Kebonagung*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Badan Pusat Statistik . (2014). *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2013*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2016). *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2015*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2018). *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2017*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Provinsi Kalimantan Barat Dalam Angka 2019*. Pontianak: Badan Pusat Statistika.
- Gerr, D. (2001). *Propeller Handbook*. New York: International Marine/Ragged Mountain Press.
- Katadata. (2019). *Pemain Kelapa Sawit Indonesia Berdasarkan Jumlah Area*. Jakarta: Katadata. Retrieved Januari Selasa, 2020, from <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2019/08/08/54-area-kelapa-sawit-dikuasai-swasta>
- Maranata, N., Mulyatno, I. P., & Amiruddin, W. (2015). *ANALISA KEKUATAN KONSTRUKSI KAPAL TUGBOAT ARI 400 HP DENGAN METODE ELEMEN HINGGA*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Mulyatno, I. P., A, B. A., & Alan, M. (2012). *ANALISA KEKUATAN KONSTRUKSI BRACKET TOWING HOOK PADA TB. BONTANG DENGAN METODE ELEMEN HINGGA DAN RULES BKI. KAPAL- Vol. 9, 1-5*.
- Perusahaan Listrik Negara. (2015). *Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) 10 MW Unit No. 1 Energi Baru Terbarukan*. Pontianak: Perusahaan Listrik Negara.
- PT. Perusahaan Listrik Negara. (2019). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN (Persero) 2019 - 2028*. Jakarta: Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral.
- USAID. (2018). *Panduan Evaluasi Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm)*. Jakarta: USAID.

Lembar Ini Sengaja Dikosongkan

LAMPIRAN

- 1. SPESIFIKASI KAPAL**
- 2. PERHITUNGAN BIAYA KAPAL TUNDA & TONGKANG**
- 3. PERHITUNGAN BIAYA KAPAL CURAH KERING**
- 4. PERHITUNGAN BIAYA PORT TO PORT**
- 5. PERHITUNGAN BIAYA MULTIPORT**
- 6. REKAPITULASI BIAYA**

Kebutuhan Masing-Masing PLTBm

Nama PLTBm	Kapasitas PLTBm (MW)	Kebutuhan per Tahun (ton)	Cadangan 5% (ton)	Kebutuhan per tahun + Cadangan (ton)
PLTBm Sungai Tebelian	10	108.479	5.424	113.903
PLTBm Sekadau Hilir	10	108.479	5.424	113.903
PLTBm RPSL	10	108.479	5.424	113.903
			Total	341.709

Kapasitas Produksi Masing-Masing Pabrik

No.	Kode Pabrik	Kapasitas Produksi (ton TBS/jam)	Jumlah Produksi (ton/tahun)	Produksi Cangkang Sawit (ton/tahun)
1	PT. PS 1	85	744.600	41.698
2	PT. PS 2	68	595.680	33.358
3	PT. PS 3	68	595.680	33.358
4	PT. PS 4	68	595.680	33.358
5	PT. PS 5	60	525.600	29.434
6	PT. PS 6	60	525.600	29.434
7	PT. PS 7	60	525.600	29.434
8	PT. PS 8	60	525.600	29.434
9	PT. PS 9	60	525.600	29.434
10	PT. PS 10	60	525.600	29.434
11	PT. PS 11	60	525.600	29.434
12	PT. PS 12	50	438.000	24.528
13	PT. PS 13	48	420.480	23.547
14	PT. PS 14	45	394.200	22.075
	Total		6.210.840	347.807

Data Ukuran Tongkang

Kode TK	LOA (m)	B (m)	H (m)	T (m)	GT	Payload (ton)	DWT (ton)
TK-1	67	18	4,1	3,3	1150	2182	2297
TK-2	70	18	4,3	3,4	1367	2781	2928
TK-3	70	20	4,3	3,4	1416	2976	3133
TK-4	92	24	5,0	3,4	3079	4832	5086

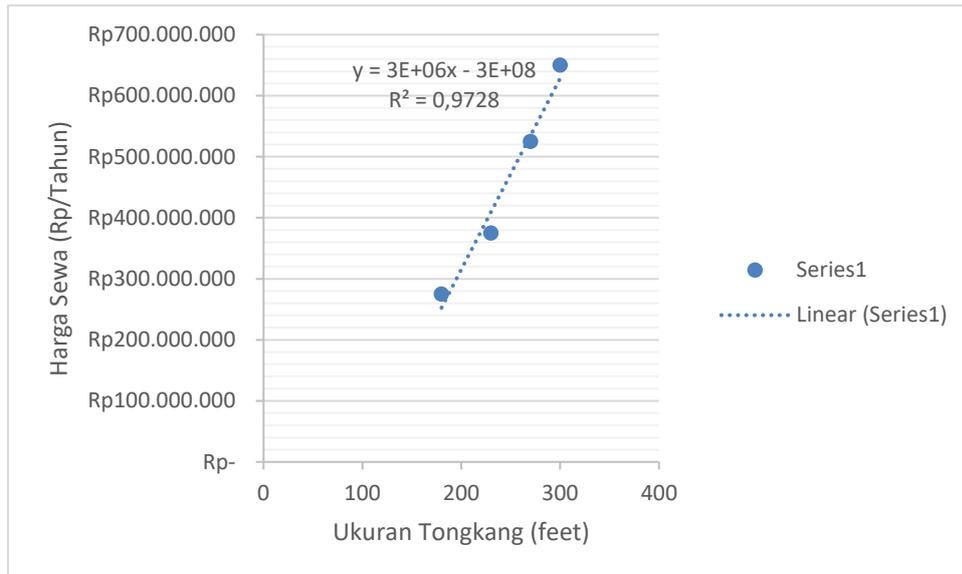
Data Ukuran Kapal Tunda

Kode TB	LOA (m)	B (m)	H (m)	T (m)	GT	NT (ton)	Bollard Pull (ton)	Daya ME (HP)	Daya AE (HP)
TB-1	24	7	3	3	139	42	38	3800	202
TB-2	32	9	4	3	354	107	36	3600	244
TB-3	33	10	2	2	79	24	27	2700	228
TB-4	25	8	3	2	72	22	24	2400	82

Harga Sewa Tug & Barge

TUG BOAT & BARGE		
Ukuran (feet)	Harga Sewa (Rp/Bulan)	Harga Sewa (Rp/Tahun)
180	Rp 275.000.000	Rp 3.300.000.000
230	Rp 375.000.000	Rp 4.500.000.000
270	Rp 525.000.000	Rp 6.300.000.000
300	Rp 650.000.000	Rp 7.800.000.000

Grafik Regresi Sewa Kapal Tunda & Tongkang



Harga Sewa Tunda dan Tongkang

Kode	Kode TB	Kode TK	Harga Sewa (/tahun)	Harga Sewa (/hari)
A	TB-4	TK-1	Rp 4.660.493.827	Rp 14.122.709
B	TB-3	TK-2	Rp 5.048.950.617	Rp 15.299.850
C	TB-2	TK-3	Rp 5.048.950.617	Rp 15.299.850
D	TB-1	TK-4	Rp 7.730.555.556	Rp 23.425.926

Data Ukuran Tongkang

Kode	Kode TB	Kode TK	Bollard Pull (ton)	Payload (ton)	DWT TK (ton)	GT
A	TB-4	TK-1	24	2182	2297	1222
B	TB-3	TK-2	27	2781	2928	1446
C	TB-2	TK-3	36	2976	3133	1770
D	TB-1	TK-4	38	4832	5086	3218

Data Ukuran Kapal Curah kering

Kode Kapal	LOA (m)	B (m)	H (m)	T (m)	GT	DWT (ton)	Payload (ton)
CK-1	80	14	7	4,00	1970	2803	2523
CK-2	80	14	7	4,00	1983	2600	2340
CK-3	81	14	7	4,20	1997	3375	3038
CK-4	72	14	7	4,00	2044	3679	3311

Daya Mesin Kapal Curah Kering

Kode Curah Kering	Total Daya ME		Total Daya AE	
	HP	kW	HP	kW
CK-1	1648	1229	376	280
CK-2	1467	1094	318	237
CK-3	1800	1342	522	389
CK-4	1710	1275	494	368

Harga Pasar Sewa Kapal Curah Kering

Ukuran Kapal	TCH Rate					
	6 Bulan		1 Tahun		2 Tahun	
	USD	Rupiah	USD	Rupiah	USD	Rupiah
Handysize	8.750	129.403.750	8.500	125.706.500	8.250	122.009.250
Supramax	12.750	188.559.750	11.750	173.770.750	10.500	155.284.500
Ultramax	13.250	195.954.250	12.750	188.559.750	11.250	166.376.250
Panamax	13.250	195.954.250	12.250	181.165.250	12.000	177.468.000
Capesize	23.500	347.541.500	18.500	273.596.500	15.750	232.926.750

Harga Sewa Kapal Curah Kering

Kode Kapal	Harga Sewa (/tahun)	Harga sewa (/hari)
CK-1	Rp 125.706.500	Rp 380.929
CK-2	Rp 125.706.500	Rp 380.929
CK-3	Rp 125.706.500	Rp 380.929
CK-4	Rp 125.706.500	Rp 380.929

Asumsi

Kebutuhan Air Tawar	200	liter/orang.hari
	0,2	ton/orang.hari
Hari Kerja	330	hari

Harga Consumables

MFO	Rp	9.600	/liter
HSD	Rp	12.100	/liter
Air Tawar	Rp	40.500	/ton

UMP Kalbar

UMP Kalbar	Rp 2.399.698
------------	--------------

Waktu di Pelabuhan (Kapal Tunda&Tongkang)

Waktu Pelabuhan		
AT	2	jam
WT	1	jam

IT	1	jam
Total	4	jam

Waktu di Pelabuhan (Kapal Curah Kering)

Waktu Pelabuhan		
AT	1	jam
WT	1	jam
IT	1	jam
Total	3	jam

Konsumsi Pelumas

SLOC	0,95	g/BHP.h
------	------	---------

Pelabuhan

Pelabuhan	Labuh (GT/call)	Sandar (per GT/etmal)	Pandu	
			Tetap (/gerakan)	Variabel (/GT/gerakan)
PT. PS 3	119	114	163.389	70
PT. PS 4	119	114	163.389	70
PT. PS 5	119	114	163.389	70
PT. PS 6	119	114	163.389	70
PT. PS 9	119	114	163.389	70
PT. PS 13	119	114	163.389	70
Pelabuhan Pontianak	76	80	114.258	49
PLTBm Sungai Tebelian	108	104	148.535	64
PLTBm Sekadau Hilir	108	104	148.535	64
PLTBm RPSL	108	104	148.535	64

Pelabuhan (2)

Pelabuhan	Tunda				Tarif B/M (/ton)	Produktivitas (ton/jam)
	2001 - 3500 GT		2001 - 3500 GT			
	Tetap	Variabel	Tetap	Variabel		
PT. PS 3	851.744	19	1.331.688	19	2.231	70
PT. PS 4	851.744	19	1.331.688	19	2.231	70
PT. PS 5	851.744	19	1.331.688	19	2.231	70
PT. PS 6	851.744	19	1.331.688	19	2.231	70
PT. PS 9	851.744	19	1.331.688	19	2.231	70
PT. PS 13	851.744	19	1.331.688	19	2.231	70
Pelabuhan Pontianak	595.625	13	931.250	13	1.485	70
PLTBm Sungai Tebelian	774.313	17	1.210.625	17	2.028	70
PLTBm Sekadau Hilir	774.313	17	1.210.625	17	2.028	70
PLTBm RPSL	774.313	17	1.210.625	17	2.028	70

Biaya Variabel Kapal Tunda

No.	Asal	Tujuan	Jarak
1	PT. PS 3	PLTBm Sungai Tebelian	120
2	PT. PS 4	PLTBm Sungai Tebelian	191
3	PT. PS 5	PLTBm Sungai Tebelian	104
4	PT. PS 6	PLTBm Sungai Tebelian	18
5	PT. PS 9	PLTBm Sungai Tebelian	177
6	PT. PS 13	PLTBm Sungai Tebelian	157
7	Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sungai Tebelian	180
8	PT. PS 3	PLTBm Sekadau Hilir	96
9	PT. PS 4	PLTBm Sekadau Hilir	193
10	PT. PS 5	PLTBm Sekadau Hilir	71
11	PT. PS 6	PLTBm Sekadau Hilir	88
12	PT. PS 9	PLTBm Sekadau Hilir	144
13	PT. PS 13	PLTBm Sekadau Hilir	123
14	Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sekadau Hilir	146
15	PT. PS 3	PLTBm RPSL	192
16	PT. PS 4	PLTBm RPSL	249
17	PT. PS 5	PLTBm RPSL	82
18	PT. PS 6	PLTBm RPSL	218
19	PT. PS 9	PLTBm RPSL	166
20	PT. PS 13	PLTBm RPSL	96
21	Pelabuhan Pontianak	PLTBm RPSL	11

Kode	Bollard Pull (ton)	Payload (ton)	GT	Daya ME (HP)	Daya AE (HP)	Kecepatan (knot)
A	24	2182	1222	2400	82	4
B	27	2781	1446	2700	228	4
C	36	2976	1770	3600	244	4
D	38	4832	3218	3800	202	4

Perhitungan Biaya Variabel

Input Kapal	A
Input Rute	1

Nama Kapal	TB-4
Nama Tongkang	TK-1
P. Asal	PT. PS 3
P. Tujuan	PLTBm Sungai Tebelian

Jarak	120	nm
Lawa Waktu Berlayar	60	jam/Rtrip
Lama Waktu di Pelabuhan Asal	34	jam/Rtrip

Lama Waktu di Pelabuhan Tujuan	34	jam/Rtrip
Jumlah Lama Waktu di Pelabuhan	68	jam/Rtrip
Jumlah Waktu Berlayar dan Pelabuhan	129	jam/Rtrip
	5	hari/R.trip
Frekuensi Maksimal	62	kali
Kapasitas Payload Terpasang	134.449	ton

Biaya Bahan Bakar		
Konsumsi BBM Utama	26.240	liter/R.trip
Konsumsi BBM Bantu	2.957	liter/R.trip
Biaya BBM Utama	Rp 251.902.178	R.trip
Biaya BBM Bantu	Rp 35.778.251	R.trip
Total Biaya Bahan Bakar	Rp 287.680.430	R.trip

Biaya Kepelabuhanan			
Biaya Pelabuhan Asal		Biaya Pelabuhan Tujuan	
Jenis Biaya	Besar Biaya	Jenis Biaya	Besar Biaya
Biaya Labuh	Rp 145.468	Biaya Labuh	Rp 132.021
Biaya Sandar	Rp 198.451	Biaya Sandar	Rp 181.043
Biaya Pandu		Biaya Pandu	
Biaya Tetap	Rp 163.389	Biaya Tetap	Rp 148.535
Biaya Variabel	Rp 171.139	Biaya Variabel	Rp 156.470
Biaya Tunda		Biaya Tunda	
Biaya Tetap	Rp 851.744	Biaya Tetap	Rp 774.313
Biaya Variabel	Rp 23.226	Biaya Variabel	Rp 20.781
Jumlah	Rp 1.553.417	Jumlah	Rp 1.413.163

Biaya Bahan Bakar	Rp 287.680.430	/R.trip
Biaya Kepelabuhanan	Rp 2.966.580	/R.trip
Total Biaya	Rp 290.647.009	/R.trip

Hasil Perhitungan

Kapasitas Muat Terpasang				
Rute	A	B	C	D
1	134.449	151.220	155.860	187.349
2	105.442	121.678	126.321	159.697
3	143.489	160.122	164.678	195.085
4	222.931	232.744	235.215	249.739
5	110.159	126.586	131.258	164.516
6	117.865	134.517	139.210	172.107
7	109.219	125.612	130.279	163.567
8	148.480	164.979	169.473	199.197
9	104.752	120.957	125.594	158.980

Kapasitas Muat Terpasang				
10	166.645	182.303	186.485	213.286
11	153.832	170.139	174.555	203.487
12	123.314	140.058	144.749	177.273
13	133.052	149.831	154.481	186.119
14	122.137	138.866	143.559	176.171
15	105.096	121.317	125.956	159.337
16	89.519	104.800	109.251	142.372
17	158.399	174.505	178.845	207.054
18	97.568	113.393	117.959	151.341
19	114.288	130.849	135.537	168.626
20	148.826	165.313	169.802	199.478
21	234.356	242.425	244.434	256.055

Frekuensi Maksimal				
Rute	A	B	C	D
1	62	54	52	39
2	48	44	42	33
3	66	58	55	40
4	102	84	79	52
5	50	46	44	34
6	54	48	47	36
7	50	45	44	34
8	68	59	57	41
9	48	43	42	33
10	76	66	63	44
11	70	61	59	42
12	57	50	49	37
13	61	54	52	39
14	56	50	48	36
15	48	44	42	33
16	41	38	37	29
17	73	63	60	43
18	45	41	40	31
19	52	47	46	35
20	68	59	57	41
21	107	87	82	53

RTD				
Rute	A	B	C	D
1	5,4	6,1	6,3	8,5
2	6,8	7,5	7,8	10,0
3	5,0	5,7	6,0	8,2
4	3,2	3,9	4,2	6,4

RTD				
Rute	A	B	C	D
5	6,5	7,3	7,5	9,7
6	6,1	6,8	7,1	9,3
7	6,6	7,3	7,5	9,7
8	4,9	5,6	5,8	8,0
9	6,9	7,6	7,8	10,0
10	4,3	5,0	5,3	7,5
11	4,7	5,4	5,6	7,8
12	5,8	6,6	6,8	9,0
13	5,4	6,1	6,4	8,6
14	5,9	6,6	6,8	9,1
15	6,9	7,6	7,8	10,0
16	8,0	8,8	9,0	11,2
17	4,5	5,3	5,5	7,7
18	7,4	8,1	8,3	10,5
19	6,3	7,0	7,2	9,5
20	4,8	5,6	5,8	8,0
21	3,1	3,8	4,0	6,2

BBM				
Rute	A	B	C	D
1	Rp 287.680.430	Rp 323.931.086	Rp 419.944.633	Rp 455.687.899
2	Rp 445.501.523	Rp 500.249.481	Rp 651.754.931	Rp 699.829.731
3	Rp 251.538.194	Rp 283.552.828	Rp 366.858.305	Rp 399.777.556
4	Rp 59.984.349	Rp 69.548.060	Rp 85.500.768	Rp 103.452.737
5	Rp 414.178.252	Rp 465.254.990	Rp 605.746.780	Rp 651.374.100
6	Rp 368.398.088	Rp 414.109.196	Rp 538.504.099	Rp 580.554.332
7	Rp 420.201.958	Rp 471.984.700	Rp 614.594.502	Rp 660.692.491
8	Rp 233.467.077	Rp 263.363.699	Rp 340.315.142	Rp 371.822.384
9	Rp 450.320.487	Rp 505.633.248	Rp 658.833.108	Rp 707.284.443
10	Rp 176.844.242	Rp 200.104.428	Rp 257.146.561	Rp 284.229.513
11	Rp 215.395.959	Rp 243.174.570	Rp 313.771.978	Rp 343.867.212
12	Rp 339.484.300	Rp 381.806.590	Rp 496.035.036	Rp 535.826.057
13	Rp 293.704.135	Rp 330.660.796	Rp 428.792.354	Rp 465.006.289
14	Rp 345.508.006	Rp 388.536.300	Rp 504.882.758	Rp 545.144.448
15	Rp 447.911.005	Rp 502.941.365	Rp 655.294.020	Rp 703.557.087
16	Rp 575.613.569	Rp 645.611.210	Rp 842.865.711	Rp 901.106.966
17	Rp 200.939.065	Rp 227.023.267	Rp 292.537.447	Rp 321.503.075
18	Rp 504.533.840	Rp 566.200.636	Rp 738.462.600	Rp 791.149.958
19	Rp 388.878.688	Rp 436.990.209	Rp 568.586.351	Rp 612.236.860
20	Rp 232.262.336	Rp 262.017.757	Rp 338.545.597	Rp 369.958.706
21	Rp 43.117.972	Rp 50.704.872	Rp 60.727.149	Rp 77.361.243

Pelabuhan						
Rute	A	B	C	D		
1	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
2	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
3	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
4	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
5	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
6	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
7	Rp 2.490.903	Rp 2.742.726	Rp 3.029.233	Rp 4.825.540		
8	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
9	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
10	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
11	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
12	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
13	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
14	Rp 2.490.903	Rp 2.742.726	Rp 3.029.233	Rp 4.825.540		
15	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
16	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
17	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
18	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
19	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
20	Rp 2.966.580	Rp 3.267.103	Rp 3.609.694	Rp 5.751.966		
21	Rp 2.490.903	Rp 2.742.726	Rp 3.029.233	Rp 4.825.540		

Perhitungan Biaya Variabel Kapal Curah Kering

Input Kapal	A
Input Rute	1

Nama Kapal	CK-1
P. Asal	PT. PS 3
P. Tujuan	PLTBm Sungai Tebelian

Jarak	120	nm
Lawa Waktu Berlayar	60	jam/Rtrip
Lama Waktu di Pelabuhan Asal	36	jam/Rtrip
Lama Waktu di Pelabuhan Tujuan	36	jam/Rtrip
Jumlah Lama Waktu di Pelabuhan	72	jam/Rtrip
Jumlah Waktu Berlayar dan Pelabuhan	132	jam/Rtrip
	6	hari/R.trip
Frekuensi Maksimal	60	kali
Kapasitas Payload Terpasang	151.039	ton

Biaya Bahan Bakar		
Konsumsi BBM Utama	18.018	liter/R.trip
Konsumsi BBM Bantu	3.042	liter/R.trip
Biaya BBM Utama	Rp 172.972.829	R.trip
Biaya BBM Bantu	Rp 36.814.171	R.trip
Total Biaya Bahan Bakar	Rp 209.787.000	R.trip

Biaya Kepelabuhanan			
Biaya Pelabuhan Asal		Biaya Pelabuhan Tujuan	
Jenis Biaya	Besar Biaya	Jenis Biaya	Besar Biaya
Biaya Labuh	Rp 132.021	Biaya Labuh	Rp 212.760
Biaya Sandar	Rp 337.231	Biaya Sandar	Rp 190.902
Biaya Pandu		Biaya Pandu	
Biaya Tetap	Rp 163.389	Biaya Tetap	Rp 148.535
Biaya Variabel	Rp 275.800	Biaya Variabel	Rp 252.160
Biaya Tunda		Biaya Tunda	
Biaya Tetap	Rp 851.744	Biaya Tetap	Rp 774.313
Biaya Variabel	Rp 37.430	Biaya Variabel	Rp 33.490
Jumlah	Rp 1.797.615	Jumlah	Rp 1.612.160

Biaya Bahan Bakar	Rp 209.787.000	/R.trip
Biaya Kepelabuhanan	Rp 3.409.775	/R.trip
Total Biaya	Rp 213.196.775	/R.trip

Hasil Perhitungan

Kapasitas Muat Terpasang				
Rute	CK-1	CK-2	CK-3	CK-4
1	151.039	145.856	163.663	169.396
2	119.176	114.098	131.922	137.893
3	160.890	155.786	173.207	178.748
4	245.886	243.736	250.685	252.682
5	124.384	119.251	137.203	143.178
6	132.870	127.680	145.730	151.674
7	123.347	118.224	136.155	142.131
8	166.313	161.276	178.409	183.822
9	118.413	113.344	131.145	137.115
10	185.955	181.295	196.942	201.769
11	172.115	167.168	183.933	189.193
12	138.853	133.645	151.684	157.579
13	149.513	144.323	162.174	167.932
14	137.563	132.357	150.403	156.311
15	118.793	113.719	131.532	137.503
16	101.520	96.733	113.736	119.562
17	177.057	172.200	188.605	193.721

Kapasitas Muat Terpasang				
Rute	CK-1	CK-2	CK-3	CK-4
18	110.460	105.505	122.999	128.925
19	128.935	123.766	141.788	147.752
20	166.688	161.656	178.767	184.171
21	257.881	256.486	260.964	262.233

Frekuensi Maksimal				
60	CK-1	CK-2	CK-3	CK-4
1	60	62	54	51
2	47	49	43	42
3	64	67	57	54
4	97	104	83	76
5	49	51	45	43
6	53	55	48	46
7	49	51	45	43
8	66	69	59	56
9	47	48	43	41
10	74	77	65	61
11	68	71	61	57
12	55	57	50	48
13	59	62	53	51
14	55	57	50	47
15	47	49	43	42
16	40	41	37	36
17	70	74	62	59
18	44	45	40	39
19	51	53	47	45
20	66	69	59	56
21	102	110	86	79

RTD				
Rute	CK-1	CK-2	CK-3	CK-4
1	5,4	6,1	6,3	8,5
2	6,8	7,5	7,8	10,0
3	5,0	5,7	6,0	8,2
4	3,2	3,9	4,2	6,4
5	6,5	7,3	7,5	9,7
6	6,1	6,8	7,1	9,3
7	6,6	7,3	7,5	9,7
8	4,9	5,6	5,8	8,0
9	6,9	7,6	7,8	10,0
10	4,3	5,0	5,3	7,5
11	4,7	5,4	5,6	7,8

RTD				
Rute	CK-1	CK-2	CK-3	CK-4
12	5,8	6,6	6,8	9,0
13	5,4	6,1	6,4	8,6
14	5,9	6,6	6,8	9,1
15	6,9	7,6	7,8	10,0
16	8,0	8,8	9,0	11,2
17	4,5	5,3	5,5	7,7
18	7,4	8,1	8,3	10,5
19	6,3	7,0	7,2	9,5
20	4,8	5,6	5,8	8,0
21	3,1	3,8	4,0	6,2

BBM								
Rute	CK-1		CK-2		CK-3		CK-4	
1	Rp	209.787.000	Rp	189.336.652	Rp	229.834.200	Rp	222.563.380
2	Rp	321.241.525	Rp	289.631.138	Rp	350.660.691	Rp	337.840.680
3	Rp	184.263.063	Rp	166.368.449	Rp	202.164.012	Rp	196.163.998
4	Rp	48.986.197	Rp	44.636.973	Rp	55.512.011	Rp	56.247.274
5	Rp	299.120.780	Rp	269.725.362	Rp	326.679.861	Rp	314.961.216
6	Rp	266.790.460	Rp	240.632.305	Rp	291.630.955	Rp	281.521.999
7	Rp	303.374.769	Rp	273.553.396	Rp	331.291.559	Rp	319.361.113
8	Rp	171.501.095	Rp	154.884.347	Rp	188.328.917	Rp	182.964.307
9	Rp	324.644.717	Rp	292.693.565	Rp	354.350.050	Rp	341.360.598
10	Rp	131.513.594	Rp	118.900.829	Rp	144.978.955	Rp	141.605.276
11	Rp	158.739.126	Rp	143.400.246	Rp	174.493.823	Rp	169.764.616
12	Rp	246.371.310	Rp	222.257.743	Rp	269.494.804	Rp	260.402.493
13	Rp	214.040.990	Rp	193.164.686	Rp	234.445.899	Rp	226.963.277
14	Rp	250.625.300	Rp	226.085.777	Rp	274.106.502	Rp	264.802.390
15	Rp	322.943.121	Rp	291.162.352	Rp	352.505.370	Rp	339.600.639
16	Rp	413.127.698	Rp	372.316.669	Rp	450.273.371	Rp	432.878.454
17	Rp	148.529.552	Rp	134.212.965	Rp	163.425.748	Rp	159.204.863
18	Rp	362.930.622	Rp	327.145.870	Rp	395.855.333	Rp	380.959.670
19	Rp	281.254.024	Rp	253.647.620	Rp	307.310.729	Rp	296.481.649
20	Rp	170.650.297	Rp	154.118.741	Rp	187.406.578	Rp	182.084.328
21	Rp	37.075.027	Rp	33.918.478	Rp	42.599.257	Rp	43.927.563

Pelabuhan								
Rute	CK-1		CK-2		CK-3		CK-4	
1	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943
2	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943
3	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943
4	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943
5	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943

Pelabuhan								
Rute	CK-1		CK-2		CK-3		CK-4	
6	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943
7	Rp	2.909.387	Rp	2.884.603	Rp	3.010.371	Rp	3.081.612
8	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943
9	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943
10	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943
11	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943
12	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943
13	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943
14	Rp	2.909.387	Rp	2.884.603	Rp	3.010.371	Rp	3.081.612
15	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943
16	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943
17	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943
18	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943
19	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943
20	Rp	3.409.775	Rp	3.378.947	Rp	3.534.239	Rp	3.621.943
21	Rp	2.909.387	Rp	2.884.603	Rp	3.010.371	Rp	3.081.612

Hasil Optimasi Skenario Port To Port Kapal Tunda & Tongkang

Asal	Tujuan	A	B	C	D
PT. PS 3	PLTBm Sungai Tebelian	-	9.879	-	23.479
PT. PS 4	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	-
PT. PS 5	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	-
PT. PS 6	PLTBm Sungai Tebelian	-	29.434	-	-
PT. PS 9	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	-
PT. PS 13	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	-
Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	51.111
PT. PS 3	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	-
PT. PS 4	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	-
PT. PS 5	PLTBm Sekadau Hilir	-	29.434	-	-
PT. PS 6	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	-
PT. PS 9	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	29.434
PT. PS 13	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	23.547
Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	31.489
PT. PS 3	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 4	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 5	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 6	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 9	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 13	PLTBm RPSL	-	-	-	-
Pelabuhan Pontianak	PLTBm RPSL	-	113.903	-	-

Rekapitulasi Biaya Masing-Masing Kapal Tunda & Tongkang

	A	B	C	D
Muatan Terangkut (ton)	-	182.650	-	159.059
Commision Days (Hari)	-	278	-	319
Biaya Tetap (Rp/Tahun)	-	4.257.590.991	-	7.471.065.260
Biaya Bahan Bakar (Rp/Tahun)	-	6.340.801.472	-	19.437.881.878
Biaya Pelabuhan (Rp/Tahun)	-	197.396.452	-	184.643.153
Biaya B/M (Rp/Tahun)	-	692.933.038	-	615.813.913
Biaya Total (Rp/Tahun)	-	11.488.721.953	-	27.709.404.203
Jarak Tempuh (nm)	-	1.462	-	5.225
Biaya unit (Rp/ton)	-	62.900	-	174.208

Rekapitulasi Biaya Port To Port Kapal Tunda & Tongkang

Biaya Variabel	Rp	26.160.722.954	/tahun
Biaya Tetap	Rp	11.728.656.251	/tahun
Biaya B/M	Rp	1.308.746.951	/tahun
Biaya Total	Rp	39.198.126.156	/tahun
Biaya Unit	Rp	114.712	/ton

Hasil Optimasi Skenario Port To Port Kapal Curah Kering

Asal	Tujuan	CK-1	CK-2	CK-3	CK-4
PT. PS 3	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	33.358	-
PT. PS 4	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	-
PT. PS 5	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	-
PT. PS 6	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	29.434	-
PT. PS 9	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	-
PT. PS 13	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	-
Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	51.111
PT. PS 3	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	-
PT. PS 4	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	-
PT. PS 5	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	29.434	-
PT. PS 6	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	-
PT. PS 9	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	2.390	27.043
PT. PS 13	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	23.547	-
Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	31.489
PT. PS 3	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 4	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 5	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 6	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 9	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 13	PLTBm RPSL	-	-	-	-
Pelabuhan Pontianak	PLTBm RPSL	42.345	-	71.558	-

Rekapitulasi Biaya Masing-Masing Kapal Curah Kering

	CK-1	CK-2	CK-3	CK-4
Muatan Terangkut (ton)	42.345	-	189.720	109.644
Commision Days (Hari)	52	-	318	327
Biaya Tetap (Rp/Tahun)	19.900.748	-	121.073.249	124.722.186
Biaya Bahan Bakar (Rp/Tahun)	630.275.456	-	7.700.530.025	10.101.424.149
Biaya Pelabuhan (Rp/Tahun)	49.459.587	-	213.618.446	112.719.388
Biaya B/M (Rp/Tahun)	148.757.715	-	754.637.300	405.351.935
Biaya Total (Rp/Tahun)	848.393.506	-	8.789.859.020	10.744.217.658
Jarak Tempuh (km)	184	-	3.603	5.633
Biaya Unit (Rp/ton)	109	-	46.331	97.992

Rekapitulasi Biaya Port To Port Kapal Curah kering

Biaya Tetap	Rp	265.696.182	/tahun
Biaya Variabel	Rp	18.808.027.051	/tahun
Biaya B/M	Rp	1.308.746.951	/tahun
Biaya Total	Rp	20.382.470.184	/tahun
Biaya Unit	Rp	59.649	/ton

Hasil Optimasi Skenario Multiport Titik Asal PT. PS 9 ,Kapal Tunda & Tongkang

Kapal	PT. PS 9	PLTBm Sekadau Hilir	PLTBm Sungai Tebelian
A	1	1	1
B	0	0	0
C	0	0	0
D	0	0	0

Hasil Optimasi Skenario Multiport Titik Asal PT. PS 3 ,Kapal Tunda & Tongkang

Kapal	PT. PS 3	PLTBm Sekadau Hilir	PLTBm Sungai Tebelian
A	1	1	1
B	0	0	0
C	0	0	0
D	0	0	0

Rekapitulasi Biaya Multiport Kapal Tunda & Tongkang

Biaya Tetap Total	Rp	3.989.702.028
Biaya variabel Tottal	Rp	12.787.628.274
Biaya B/M Total	Rp	227.063.238
Biaya total	Rp	17.004.393.540

Hasil Optimasi Skenario Port To Port (Lanjutan Skenario Multiport)

Asal	Tujuan	Muatan Terangkut			
		A	B	C	D
PT. PS 3	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	622

Asal	Tujuan	Muatan Terangkut			
		A	B	C	D
PT. PS 4	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	-
PT. PS 5	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	-
PT. PS 6	PLTBm Sungai Tebelian	-	29.434	-	-
PT. PS 9	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	-
PT. PS 13	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	-
Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	69.662
PT. PS 3	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	-
PT. PS 4	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	-
PT. PS 5	PLTBm Sekadau Hilir	-	3.751	-	25.683
PT. PS 6	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	-
PT. PS 9	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	1.062
PT. PS 13	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	23.547
Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	29.306
PT. PS 3	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 4	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 5	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 6	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 9	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 13	PLTBm RPSL	-	-	-	-
Pelabuhan Pontianak	PLTBm RPSL	-	113.903	-	-

Rekapitulasi Biaya Masing-Masing Kapal

	A	B	C	D
Muatan Terangkut (ton)	-	147.088	-	149.882
Commision Days (Hari)	-	209	-	315
Biaya Tetap (Rp/Tahun)	-	3.192.834.386	-	7.373.562.643
Biaya Bahan Bakar (Rp/Tahun)	-	3.244.137.276	-	18.748.320.978
Biaya Pelabuhan (Rp/Tahun)	-	154.924.106	-	180.937.448
Biaya B/M (Rp/Tahun)	-	541.474.146	-	564.516.258
Biaya Variabel (Rp/Tahun)	-	3.399.061.383	-	18.929.258.426
Biaya Total	-	6.591.895.769	-	26.302.821.069
Jarak Tempuh (km)	-	343	-	5.025

Biaya Multiport + Port To Port (Kapal Tunda & Tongkang)

Biaya Tetap	14.556.099.058	/tahun
Biaya Variabel	35.115.948.082	/tahun
Biaya B/M	1.333.053.643	/tahun
Biaya Total	51.005.100.783	/tahun

Hasil Optimasi Multiport Kapal Curah Kering, Rute PT. PS 9

Kapal	PT. PS 9	PLTBm Sekadau Hilir	PLTBm Sungai Tebelian
A	0	0	0
B	1	1	1
C	0	0	0
D	0	0	0

Hasil Optimasi Multiport Kapal Tunda & Tongkang, Rute PT. PS 3

Kapal	PT. PS 3	PLTBm Sekadau Hilir	PLTBm Sungai Tebelian
A	0	0	0
B	1	1	1
C	0	0	0
D	0	0	0

Rekapitulasi Biaya Multiport Kapal Curah Kering

Biaya Tetap Total	52.294.141
Biaya variabel Tottal	30.217.430.995
Biaya B/M Total	259.117.560
Biaya total	30.528.842.697

Hasil Optimasi Port To Port Kapal Curah Kering (Lanjutan Multiport)

Asal	Tujuan	Muatan Terangkut			
		CK-1	CK-2	CK-3	CK-4
PT. PS 3	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	598
PT. PS 4	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	-
PT. PS 5	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	-
PT. PS 6	PLTBm Sungai Tebelian	9.230	-	-	20.203
PT. PS 9	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	1.354
PT. PS 13	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	-
Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sungai Tebelian	-	-	-	52.098
PT. PS 3	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	-
PT. PS 4	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	-
PT. PS 5	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	29.434
PT. PS 6	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	-
PT. PS 9	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	-
PT. PS 13	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	23.547
Pelabuhan Pontianak	PLTBm Sekadau Hilir	-	-	-	30.502
PT. PS 3	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 4	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 5	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 6	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 9	PLTBm RPSL	-	-	-	-
PT. PS 13	PLTBm RPSL	-	-	-	-
Pelabuhan Pontianak	PLTBm RPSL	113.903	-	-	-

Rekapitulasi Biaya Masing-Masing Kapal

	CK-1	CK-2	CK-3	CK-4
Muatan Terangkut (ton)	123.133	-	-	157.736
Commision Days (Hari)	179	267	-	316
Biaya Tetap (Rp/Tahun)	2.528.349.385	-	-	7.399.409.857
Biaya Bahan Bakar (Rp/Tahun)	2.585.174.271	-	-	17.022.592.254
Biaya Pelabuhan (Rp/Tahun)	146.850.738	-	-	196.147.085
Biaya B/M (Rp/Tahun)	439.453.415	-	-	610.175.976
Biaya Variabel (Rp/Tahun)	2.732.025.009	-	-	17.218.739.340
Biaya Total	5.260.374.394	-	-	24.618.149.197
Jarak Tempuh (km)	92	-	-	4.502

Biaya Multiport + Port To Port (Kapal Curah Kering)

Biaya Tetap	9.980.053.383	/tahun
Biaya Variabel	50.168.195.344	/tahun
Biaya B/M	1.308.746.951	/tahun
Biaya Total	61.456.995.678	/tahun

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Teja Kusuma, dilahirkan di Jakarta Pusat, DKI Jakarta pada tanggal 10 Agustus 1997. Penulis adalah anak bungsu dari 2 bersaudara. Orang tua penulis Ayahanda Rahmat Sudaryo dan Ibunda Samilah. Penulis telah menempuh pendidikan formal dimulai dari TK Abdi Bangsa, Bekasi 2001 - 2003, SDS Angkasa IX, Jakarta 2003 - 2009, SMPN 81 Jakarta 2009 - 2012, berlanjut ke SMAN 14 Surabaya 2012 - 2015, dan pada tahun 2015 Penulis diterima di Departemen Teknik Transportasi Laut, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan NRP 4415.100.021 melalui jalur SNMPTN. Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi di dalam dan luar kampus, menjabat sebagai *steering committee* Big Event “METAFORE 2016” di HIMASEATRANS (2016/2017) dan berlanjut sebagai *Marketing Manager* di departemen *Business to Customer* di AIESEC (2017/2018). Bagi pembaca yang ingin menghubungi penulis bisa melalui alamat email: tejasudaryo@gmail.com.

