

# Model Transportasi Palm Oil Mill Effluent (POME) : Studi Kasus Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit – PLTBG, Riau

Nur Khumaidah, Eka Wahyu Ardhi dan Hasan Iqbal Nur

Jurusan Transportasi Laut, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail:* ekawahyu@seatrans.its.ac.id

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

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

## I. PENDAHULUAN

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

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

Penelitian mengenai POME ini sudah banyak di dunia. Dari

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

Hasil penelitian tersebut mengilhami dibangunnya PLTBG atau Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Sawit yang ada di Sumatera Utara, Riau dan Jambi. Sampai saat ini sudah terbangun 5 PLTBG di Sumatera. Isu mengenai rencana pemanfaatan limbah cair dari kelapa sawit ini akan diterapkan di Indonesia tahun 2018 mendatang.

Riau memiliki beberapa pulau dan perkebunan sawit serta pabrik pengolahannya pun banyak tersebar di pulau-pulau. Hal tersebut melatarbelakangi penulis untuk membuat model transportasi untuk pengangkutan limbah cair kelapa sawit dari pabrik pengolahan menuju Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Sawit. Penelitian ini menghasilkan rute pengangkutan yang optimal, desain konseptual kapal pengangkutnya serta analisis investasi untuk model transportasi tersebut.

## II. METODE PENELITIAN

Metode pengumpulan data dalam penelitian adalah metode pengumpulan data secara langsung (primer), dan tidak langsung (sekunder). Pengumpulan data ini dilakukan dengan mengambil data terkait dengan permasalahan dalam penelitian.

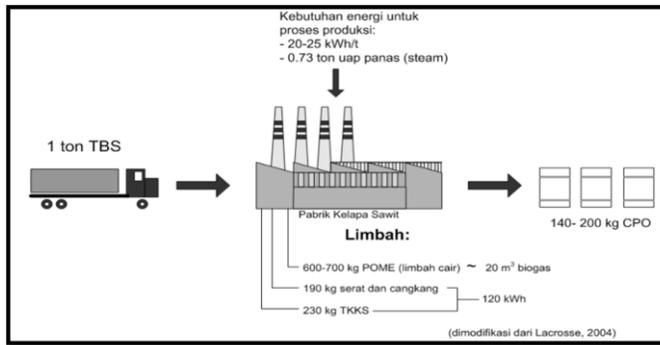
Tahap optimasi dalam penelitian ini adalah optimasi setiap komponen yang berhubungan dengan total biaya yaitu biaya tetap maupun biaya variabel dari pengadaan model transportasi ini.

Tahap analisis dalam penelitian ini meliputi analisis mengenai kondisi *Existing*, pemilihan rute dan moda laut serta perbandingan biaya dari penggunaan moda darat dan laut hingga analisis investasi model transportasi ini. Dari analisis ini akan dihasilkan model transportasi pengangkutan POME yang optimal berdasarkan minimum total biaya. Model transportasi ini meliputi rute dan desain konseptual alternatif moda terpilih.

### III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### A. Kondisi Existing

Proses pengolahan kelapa sawit menghasilkan 2 jenis limbah yaitu limbah padat dan cair. Dapat dilihat pada gambar dibawah, setiap proses pengolahan 1 ton TBS (Tandan Buah Segar) akan menghasilkan 600 – 700 kg POME (limbah cair), 190 kg serat dan cangkang dan 230 kg TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit). Dari limbah cair tersebut akan dihasilkan biogas yang digunakan untuk PLTBG. [7]



Gambar 1. Proses Pengolahan Sawit di Pabrik [2]

Dalam penelitian ini studi kasus adalah Pabrik Kelapa Sawit (PKS) milik PT Perkebunan Nusantara V dan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBG) Tandun milik PT Perkebunan Nusantara V.

#### 1) Analisis Supply dan Demand

Berdasarkan data yang telah didapat PTPN V memiliki 12 PKS tersebar di 4 Kabupaten dengan kapasitas masing – masing PKS yaitu,

Tabel 1. Lokasi dan Kapasitas PKS PT Perkebunan Nusantara V [3] – [4]

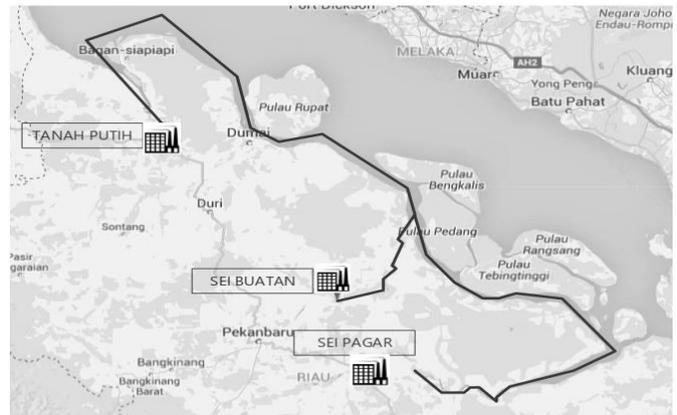
No	Kabupaten/ Lokasi	Pabrik Kelapa Sawit	Kapasitas (Ton TBS/Jam)	Produksi TBS (Ton/Hari)	Produksi POME (Ton/Hari)
1	Kampar	Sei Galuh	60		
2	Kampar	Sei Pagar	30	150	90
3	Kampar	Terantam	60		
4	Kampar	Sei Garo	30		
5	Kampar	Tandun	40	200	120
6	Rokan Hulu	Sei Rokan	60		
7	Rokan Hulu	Sei Intan	30		
8	Rokan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

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

Berdasarkan lokasi dan kapasitas PKS, terdapat 3 PKS yang diperhitungkan dapat memenuhi kebutuhan PLTBG Tandun sebesar 78% yaitu PKS Sei Pagar, PKS Sei Buatun dan PKS Tanah Putih.[1]

#### 2) Alternatif Rute dan Kapal

Model Transportasi pengangkutan POME pada penelitian ini menggunakan jalur sungai. Sungai yang dilalui pada jalur pengangkutan yaitu sungai Rokan Hilir, Siak dan Kampar. Berikut ini adalah penentuan alternatif rute dan kapal.



Gambar 2. Peta Alternatif Rute

Sebelum POME didistribusikan ke PLTBG Tandun melalui jalur darat maka POME akan ditampung di PKS Sei Buatun. Oleh karena itu PKS Sei Buatun berperan sebagai transshipment dari moda laut ke moda darat.

- Rute A1 :  
PKS Tanah Putih (O) – PKS Sei Buatun (D)
- Rute A2 :  
PKS Sei Pagar (O) – PKS Sei Buatun (D)
- Rute B :  
PKS Tanah Putih (O) – PKS Sei Pagar (O/D) – PKS Sei Buatun (D)

Alternatif kapal yang digunakan ada 3 yaitu Self Propelled Oil Barge (SPOB), Self Propelled Container Barge (SPCB) dan Landing Craft Tank (LCT).

#### B. Model Optimasi

Pada penelitian ini optimasi dilakukan untuk mendapatkan ukuran utama kapal yang optimal dengan total biaya yang paling minimum. Hasil dari optimasi menentukan alternatif kapal yang akan digunakan serta alternatif rute yang akan dilewati.

##### 1) Model Matematis

##### a. Objective Function

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

Dimana,

$TC_i$  = Total cost kapal,

$$TC_i = RT_i \cdot VC_i + N_i \cdot FC_i$$

$VC_i$  = Voyage cost kapal,

$$VC_1 = FOC_1 + PC_1$$

$$VC_2 = FOC_2 + PC_2 + ISO_2$$

$$VC_3 = FOC_3 + PC_3 + ISO_3$$

$FC_i$  = Biaya tetap kapal selama 1 tahun (time charter hire),

$PC_1$  = Biaya jasa pelayanan kepelabuhan,

$ISO_i$  = Biaya sewa ISO Tank (Peti kemas),

$N_i$  = Jumlah kapal yang dibutuhkan

$RT_i$  = Jumlah roundtrip kapal,

$X_i$  = binary ; 0 atau 1

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

b. Decision Variable

$P_i$  = Payload kapal  $i$ ,

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

c. Constraint

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

$DWT_i = 110\% \cdot P_i$

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

▪ Rute A1

$500 \leq DWT1 \leq 1650$

$500 \leq DWT2 \leq 1650$

$500 \leq DWT3 \leq 1300$

▪ Rute A2

$500 \leq DWT1 \leq 1650$

$500 \leq DWT2 \leq 1650$

$500 \leq DWT3 \leq 1300$

▪ Rute B

$500 \leq DWT1 \leq 1650$

$500 \leq DWT2 \leq 1650$

$500 \leq DWT3 \leq 1300$

• Batasan Ukuran Utama Kapal

○ LOAi

$LOA_i = 110\% \cdot LPP_i$

$LPP1 = 0,0149 \cdot DWT1 + 33,81$

$LPP2 = 0,0101 \cdot DWT2 + 37,145$

$LPP3 = 0,019 \cdot DWT3 + 37,581$

○ Bi

$B1 = 0,0023 \cdot DWT1 + 9,2732$

$B2 = 0,0025 \cdot DWT2 + 9,0081$

$B3 = 0,0026 \cdot DWT3 + 9,7316$

○ Ti

$T1 = 0,0005 \cdot DWT1 + 2,9446$

$T2 = 0,0005 \cdot DWT2 + 1,5445$

$T3 = 0,0011 \cdot DWT3 + 1,5936$

•  $B_i \leq B_{maks}$

$LOA_i \leq LOA_{maks}$

$T_i \leq T_{maks}$

Dimana,

$DWT$  = Deadweight kapal

$B_{maks}$  = Lebar maksimum kapal

$LOA_{maks}$  = Panjang total kapal maksimum

$T_{maks}$  = Sarat kapal maksimum

### C. Hasil Optimasi

#### 1) Hasil Optimasi Rute A1

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

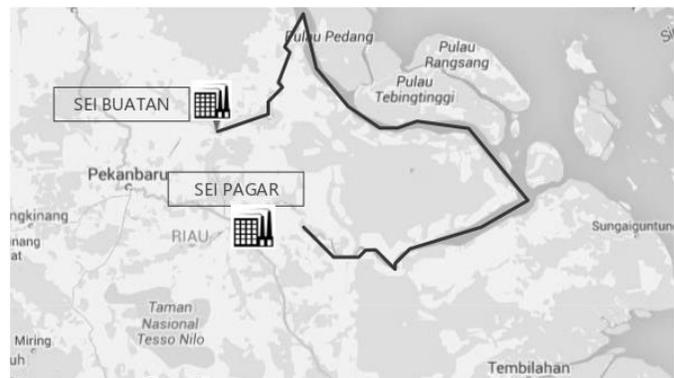


Gambar 3. Rute A1 (Port to Port)

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

#### 2) Hasil Optimasi Rute A2

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



Gambar 4. Rute A2 (Port to Port)

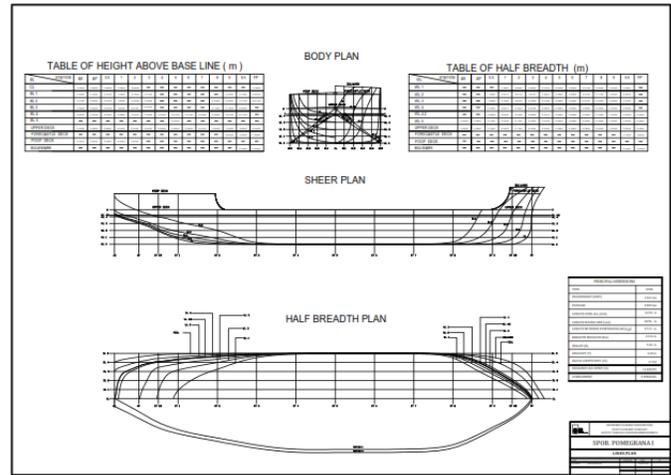
Payload kapal yang optimal untuk masing – masing jenis kapal pada rute ini yaitu SPOB sebesar 1.500 ton, SPCB sebesar 49 TEUs dan LCT sebesar 37 TEUs. Kapal yang

memiliki total cost paling kecil yaitu SPOB (*Self Propelled Oil Barge*) dengan total cost sebesar Rp 3.125.904.035. Jumlah kapal SPOB yang dibutuhkan yaitu 1 kapal.

Hasil optimasi menunjukkan bahwa kapal yang optimal untuk mengangkut POME adalah Self Propelled Oil Barge (SPOB). Dengan alternatif rute port to port akan menghasilkan total biaya yang minimum.

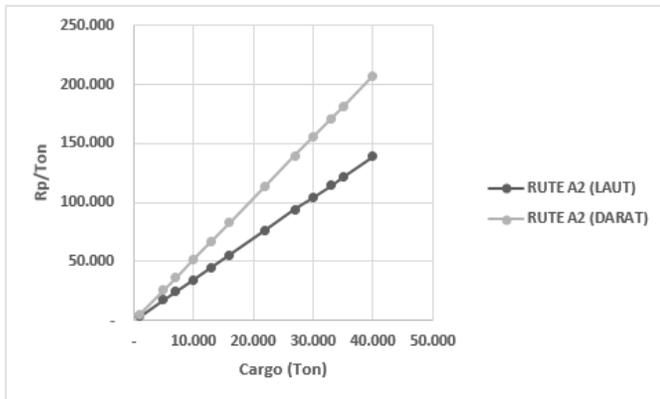
Tabel 2. Hasil Optimasi

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



Gambar 6. Linesplan

Setelah dilakukan perbandingan antar moda yaitu moda darat (Truk) dan moda laut (Kapal SPOB) didapatkan hasil bahwa pengiriman POME lebih optimal menggunakan moda laut.



Gambar 5. Grafik Perbandingan

Pada grafik tersebut merupakan perbandingan total biaya per ton POME yang dibutuhkan dalam setahun pada Rute A2 dengan jarak tempuh yaitu 91 km ditempuh melalui jalur darat (truk) dan 291 nm atau sekitar 539 km ditempuh melalui jalur laut (kapal).

D. Desain Konseptual Kapal

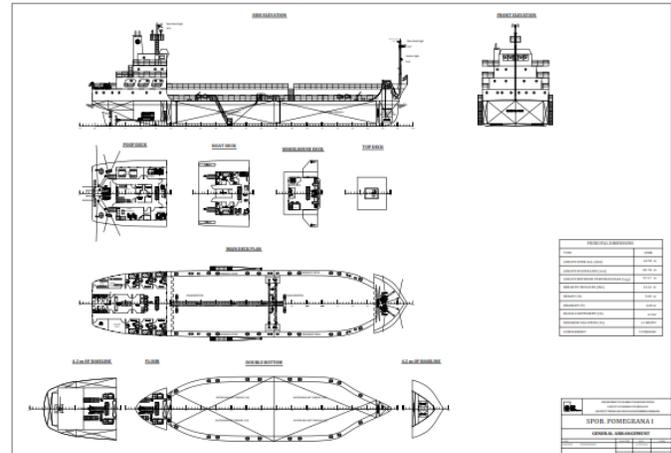
Payload kapal SPOB terpilih adalah sebesar 1.500 ton menurut hasil optimasi. Setelah dilakukan perhitungan kapal SPOB 1.500 ton memiliki dimensi kapal sebagai berikut.

Tabel 3. Ukuran Utama Kapal

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

Dari ukuran utama di atas kemudian dibuatlah *linesplan* (rencana garis) dan *General Arrangement* kapal tersebut.[6]

Kapal di atas memiliki koefisien bentuk ( $C_b$ ) sebesar 0,732 dengan deadweight yaitu 1565 ton. Ukuran utama kapal ini telah memenuhi persyaratan batasan ukuran utama dari sungai Rokan Hilir, Siak dan Kampar.



Gambar 7. General Arrangement

Kapal di atas didesain dapat menampung 9 orang crew dan telah memenuhi persyaratan stabilitas IMO.

E. Analisis Investasi

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

Tabel 4. Konversi Energi [8]

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

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

Tabel 5. Perhitungan Pendapatan

POME/Tahun	90.000	ton
Daya Listrik	9.000.000	kWh
Kebutuhan Listrik/ton TBS	20	kWh
TBS/Tahun	150.000	ton
Kebutuhan Pabrik	3.000.000	kWh
Sisa untuk dijual	6.000.000	kWh
Harga Listrik [5]	Rp975	/kWh
Pendapatan Penjualan	Rp5.850.000.000	
Penghematan Biaya Pabrik	Rp2.925.000.000	
Total	Rp8.775.000.000	
Biaya Kapal	Rp8.035.803.042	
Laba Kotor	Rp739.196.958	

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

#### IV. KESIMPULAN

Dalam analisis dan pembahasan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Kebutuhan PLTBG Tandun saat ini hanya terpenuhi sebesar 22% oleh PKS Tandun.
2. Model Transportasi dengan menggunakan moda laut terpilih dengan selisih biaya sebesar Rp 28.753.006.175 lebih kecil dibandingkan moda darat.
3. Rute pengiriman yang menghasilkan minimum total biaya adalah dengan pola port to port dengan menggunakan 1 buah kapal jenis SPOB dengan payload sebesar 1.500 ton berdimensi length between perpendicular (LPP) = 57,15 meter, Breadth (B) = 13,16 meter, Height (H) = 5 meter dan Draught (T) = 4,2 meter.pada masing – masing ruas.
  - a. Pada Rute A1 yaitu dari PKS Tanah Putih ke PKS Sei Buatan kapal melakukan 40 roundtrip per tahun dengan jumlah cargo terkirim sebesar 60.000 ton dan membutuhkan total biaya sebesar Rp 4.909.899.006.
  - b. Pada Rute A2 yaitu dari PKS Sei Pagar ke PKS Sei Buatan kapal melakukan 20 roundtrip per tahun

dengan jumlah cargo terkirim sebesar 30.000 ton dan membutuhkan total biaya sebesar Rp 3.125.904.035.

4. Biaya investasi untuk pengadaan kapal pada model transportasi ini sebesar Rp 8.035.803.042, dan biaya investasi pembangunan dermaga sebesar Rp 86.225.832.752,88. Total pendapatan yang diperoleh dari hasil penjualan listrik dan penghematan biaya listrik pabrik adalah sebesar Rp 8.775.000.000. Laba kotor dari pendapatan pabrik dikurangi dengan total biaya kapal yaitu Rp 739.196.958.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah membantu proses penelitian ini. Kepada Allah SWT, kepada keluarga, kepada Bapak Eka Wahyu Ardhi, ST., M.T. selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Hasan Iqbal Nur, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2, dosen Program Studi Transportasi Laut, serta teman-teman SEATRANS 2012 atas semua bantuan dan dukungan yang diberikan terkait penyelesaian artikel ilmiah ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Diah Indarti, S. (2014). Outlook Komoditi Kelapa Sawit. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian - Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.
- [2] Dr. Cynthia Henny, M. (2012). Kajian Pengolahan Limbah Olahan Kelapa Sawit dengan Sistem Lahan Basah Buatan untuk Pengendalian Pencemaran di Riau. Jakarta: LIPI.
- [3] Perkebunan, D. J. (2014). Statistik Perkebunan Indonesia (Kelapa Sawit 2013-2015). Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- [4] Perkebunan, D. S. (2014). Statistik Kelapa Sawit Indonesia. Jakarta: Badan Pusat Statistik Indonesia.
- [5] PLN, R. (2014). RUPTL PLN 2011-2020. Riau: PLN Indonesia.
- [6] Robert Taggart. (1980). Ship Design and Construction. New York: The Society of Naval Architect and Marine Engineer.
- [7] Safrizal. (2014). Small Renewable Energy Biomassa Limbah Sawit Sumber Listrik Alternatif Kajian Di PT Perkebunan Nusantara V Provinsi Riau. Jurnal DISPROTEK Volume 5 , 63-68.
- [8] Syahza, A. (2012). Potensi Pengembangan Industri Kelapa Sawit. Riau: Lembaga Penelitian Universitas Riau.
- V, P. P. (2011-2015). Annual Report. Riau: PT Perkebunan Nusantara V.