JRL	Vol.7	No.3	Hal. 233 - 239	Jakarta, November 2011	ISSN : 2085.3866 No.376/AU1/P2MBI/07/2011

ANALISIS KELAYAKAN PEMANFAATAN BIOGAS KOLAM LIMBAH PABRIK KELAPA SAWIT

Subiyanto [1] , Rohmadi Ridlo [2]

[1] Pusat Audit Teknologi-BPPT; Email : biyan_to2003@yahoo.com
[2] Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi-BPPT; Email : rridlo@yahoo.com

Abstrak

Peningkatan produksi minyak sawit mentah (CPO) di Indonesia diikuti oleh meningkatnya limbah pabrik kelapa sawit. Namun, pengolahan limbah cair dengan sistem terbuka yang dilakukan oleh sebagian besar industri kelapa sawit, berpotensi menghasilkan emisi gas metana dan meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Penelitian ini bertujuan penggunaan kembali metana gas untuk alternatif pembakaran dan menghasilkan listrik, dan menganalisisnya dalam kerangka CDM. Sampel efluen diambil dari tiga Industri pengolahan kelapa sawit (60, 40, dan 30 ton per jam tandan kosong segar) di Sumatera Utara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penangkapan gas metana dari limbah industri kelapa sawit dan penggunaan biogas untuk menghasilkan listrik, dan pembakaran sisanya akan mengurangi emisi karbon dan juga menghasilkan pendapatan tambahan untuk bisnis pabrik kelapa sawit.
kata kunci: POME, metana, emisi karbon, pembangkit listrik, analisis kelayakan usaha

FEASIBILITY ANALYSIS OF USING BIOGAS RECOVERY FROM PALM OIL MILL EFFLUENT

Abstract

The increasing of crude palm oil (CPO) production in Indonesia is followed by the increasing of palm oil mill effluent. Unfortunately, the open system effluent treatment carried out by most of the palm oil mills potentially generates methane gas emission and increases greenhouse gas concentration in the atmosphere. This study proposes of using methane gas recovery for alternatively flaring and generating electricity, and analyze it in the framework of Clean Development Mechanism. Samples of effluent were taken from the three size of palm oil mills (60, 40, and 30 tonnes per hour of empty fresh bunch) in north Sumatra. The results indicate that capturing methane gas from the palm oil mill effluent and using the biogas for generating electricity mainly and flaring the rest will reduce carbon emissions as well as generate the additional income for the palm oil mill business.
keywords : *POME, methane, carbon emission, generating electricity, feasibility analysis of business*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada periode 1999-2008, produksi minyak sawit (CPO) Indonesia meningkat dari 6,25 juta ton tahun 1999 menjadi 19,33 juta ton tahun 2008, atau tumbuh rata-rata 13 % per tahun (Oil World Annual Report : 1999 - 2009). Saat ini Indonesia menjadi produsen CPO nomor satu dunia dengan pangsa sekitar 46%, sementara Malaysia merupakan produsen terbesar kedua dengan pangsa sekitar 39% (ICDX dalam Bisnis Indonesia, 2010). Jumlah pabrik pengolahan sawit (PKS) juga meningkat dari 205 unit tahun 1998 menjadi 320 unit tahun 2004, dan 477 unit tahun 2006 (Deptan, 2005).

Pada saat yang bersamaan, pesatnya peningkatan jumlah PKS dan buah sawit yang diolah berdampak pada peningkatan jumlah limbah cair pabrik *(palm oil mill effluent=POME)*. Limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit berasal dari air kondensat pada proses sterilisasi, air dari proses klarifikasi, air *hydrocyclone*, dan air pencucian pabrik. Jumlah air buangan tergantung pada sistem pengolahan, kapasitas olah pabrik, dan keadaan peralatan klarifikasi. Berbagai referensi menunjukkan bahwa volume limbah cair PKS berkisar antara 0,6 – 1,0 ton per ton tandan buah sawit segar (TBS) yang diolah.

Limbah cair pabrik kelapa sawit mengandung bahan organik yang relatif tinggi dan tidak bersifat toksik karena tidak menggunakan bahan kimia dalam proses ekstraksi minyak. Limbah cair pabrik kelapa sawit umumnya bersuhu tinggi, berwarna kecoklatan, mengandung padatan terlarut dan tersuspensi berupa koloid dan residu minyak dengan kandungan *biological oxygen demand* (BOD) dan *chemical oxygen demand* (COD) yang tinggi. Bila larutan tersebut langsung dibuang ke perairan sangat berpotensi mencemari lingkungan, sehingga harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang.

Sistem pengolahan POME yang ada di Indonesia, pada umumnya menggunakan teknik fermentasi anaerob pada kolam terbuka, sehingga emisi biogas yang ada sangat berpotensi menjadi sumber utama gas rumah kaca (GRK). Dengan adanya peraturan (lingkungan) dari pemerintah yang semakin ketat serta komitmen bersama dunia untuk mengurangi sumber GRK, PKS di Indonesia menghadapi tantangan untuk melestarikan lingkungan dengan tetap menjaga kesinambungan perekonomian. Salah satu solusi yang diusulkan adalah menangkap gas metana yang ada, kemudian memanfaatkan gas tersebut sebagai pembangkit tenaga listrik. Teknik ini sudah banyak digunakan di negara lain tetapi keberhasilannya sangat ditentukan oleh kecermatan dalam perhitungan keekonomian karena investasi alatnya relatif mahal. Untuk itu Badan PBB telah menyediakan mekanisme *Clean Development Mechanism* (CDM) dalam bentuk perdagangan karbon, dimana negara maju (industri) yang meratifikasi Protocol Kyoto memberikan kompensasi kepada negara berkembang yang secara teruji telah melakukan upaya pengurangan emisi karbon di udara.

1.2 Tujuan

Tujuan penulisan ini adalah menganalisa kelayakan teknis dan ekonomis pemanfaatan biogas POME, dengan mengambil kasus pada beberapa PKS di sentra produksi di Propinsi Sumatera Utara. Diharapkan hasilnya dapat bermanfaat sebagai masukan dalam kebijakan pengembangan teknologi pemanfaatan POME untuk meningkatkan nilai tambah dan minimalisasi dampak negatif terhadap lingkungan.

II. METODOLOGI

2.1 Penarikan Sampel

Sebagian besar dari PKS yang beroperasi di Indonesia berkapasitas

sekitar 30, 40-45, dan 60 ton TBS per jam. Varian kapasitas PKS tersebut selanjutnya digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini. Setiap varian kapasitas akan diambil sampel PKS sebanyak 2 unit, sehingga secara total terdapat enam sampel PKS. Berkaitan dengan ijin pengambilan sampel limbah, pemilihan sampel PKS dilakukan secara purposive.

2.2 Skenario Pemanfaatan Biogas

Terkait dengan pertimbangan ekonomi dan kebutuhan riil di lapangan, perhitungan kelayakan dilakukan dalam tiga skenario pemanfaatan, yaitu :

1) Skenario 1 :

Seluruh biogas yang dihasilkan dibakar *(flaring)*.

2) Skenario 2 :

Pemanfaatan sebagian biogas menjadi listrik sesuai dengan kebutuhan operasional pabrik, dan sisanya dibakar *(flaring)*. Listrik yang dihasilkan akan menggantikan bahan bakar minyak diesel genset yang biasa digunakan.

3) Skenario 3 :

Pemanfaatan biogas secara maksimal untuk pembangkit listrik, dan sisanya (kalau ada) dibakar *(flaring)*. Seluruh produksi listrik yang dihasilkan disalurkan (dijual) ke PT PLN.

2.3 Kelayakan Teknis

Kelayakan teknis dianalisis dengan mengevaluasi apakah jumlah produksi biogas (metana) yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan teknis dari mesin biogas yang ada dipasaran. Sementara tingkat produksi gas metana di estimasi dari kandungan senyawa BOD dan COD sample limbah cair yang diambil dari kolam *de-oiling*. Kandungan senyawa BOD dan COD dihitung di laboratorium terakreditasi di Jakarta, dengan menggunakan metode APHA (2005): 5220 D.

2.4 Kelayakan Ekonomi

Perhitungan keekonomian proyek dilakukan dengan menggunakan kerangka CDM, dimana perhitungan reduksi emisi dihitung secara ex-ante (sesuai metodologi yang telah disahkan oleh Badan Eksekutif UNFCCC) dengan formula :

$$ER_{y,ex\ ante} = BEy,_{ex\ ante} - (PE_{y,ex\ ante} + LEy_{,ex\ ante})$$

Dimana :

$ER_{y,ex\ ante}$: reduksi emisi dalam tahun y (tCO_2-e)

$BE_{y,ex\ ante}$: emisi baseline dalam tahun y (tCO_2-e)

$PE_{y,ex\ ante}$: emisi proyek dalam tahun y (tCO_2-e)

$LE_{y,ex\ ante}$: emisi kebocoran (leakage) dalam tahun y (tCO_2-e)

Karena tidak terjadi pemindahan alat, maka kebocoran diabaikan sehingga $LE_{y,ex\ ante} = 0$.

Selanjutnya kelayakan ekonomi dihitung menggunakan parameter standar dalam mengevaluasi keekonomian proyek, meliputi *Internal Rate of Return* (IRR), *Net Present Value* (NPV), *Benefit Cost Ratio* (BC Ratio), dan *Payback Period* (PP).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Potensi Gas Metana dan Daya Listrik

Karakteristik limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit sampel disajikan pada Tabel 1.

Tampak pada Tabel 1 bahwa volume POME berkorelasi dengan kapasitas PKS dan jumlah TBS yang diolah, tetapi kandungan COD dan BOD yang merupakan unsur utama pembentuk gas metana, tidak berkorelasi langsung dengan kapasitas PKS, volume dan/atau pH POME. Studi yang dilakukan oleh Yeoh, 2004 mengungkapkan bahwa produksi metana pada POME lebih dipengaruhi oleh temperatur, dimana produksinya meningkat secara signifikan dalam fermentasi secara *thermophilic* dibandingkan dengan *mesophilic*.

Tabel 1. Kondisi operasi pks sampel dan hasil analisis laboratorium kolam limbah

Kode PKS Sampel	Kondisi Operasi			Hasil Analisis Laboratorium		
	Kapasitas (ton/jam)	TBS diolah (ton/tahun)	POME (m^3/ tahun)	pH	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
60 - 1	60	249.922	149.953	4,72	24.802	14.610
60 - 2	60	206.872	124.123	3,95	25.322	14.280
40 - 1	40	185.193	111.116	3,79	23.371	15.920
40 - 2	40	169.761	101.857	3,78	21.723	12.690
30 - 1	30	136.513	81.908	3,78	25.149	14.620
30 - 2	30	185.887	111.532	3,97	23.897	12.640

Peningkatan substansial terjadi pada temperatur 55°C. Tabel 2 menunjukkan bahwa perolehan gas metana meningkat sebesar 42% apabila temperatur reaksi fermentasi dinaikkan dari 45°C menjadi 55°C, dan peningkatannya lebih besar lagi (53%) apabila kenaikan temperaturnya dari 50°C ke 55°C. Dibandingkan dengan fermentasi *mesophilic*, perolehan gas metana hampir mencapai dua kali lipat, dengan kenaikan sebesar 96%.

Tabel 2. Perolehan gas dari pome pada berbagai temperatur fermentasi anaerob.

Temperatur Reaksi (0C)	Biogas Yield (m^3kg-1-BOD)	Rata-rata Kandungan CH_4 (%)	CH_4 yield (m^3kg-1-BOD)
35	0,78	60	0,47
45	0,92	65	0,60
50	0,99	65	0,65
55	1,41	65	0,90

Sumber : Yeoh, 2004

Berdasarkan volume POME serta kandungan COD dan BOD, maka potensi gas metana yang dapat ditangkap serta daya listrik potensial (tenaga biogas) yang dapat dibangkitkan dihitung dan hasil terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan potensi gas metana dan daya pembangkit listrik pome

Kode PKS Sampel	Potensi Gas Metana (t CH_4/thn)	Potensi Daya Listrik (kW)	Daya Mesin Gas Tersedia* (kW)
60 - 1	1.194	592	526
60 - 2	1.168	579	526
40 - 1	1.009	500	330
40 - 2	883	437	330
30 – 1	1.055	520	330
30 - 2	1.044	517	330

**menggunakan mesin Jenbacher*

Daya mesin gas pada Tabel 3 menggunakan mesin yang banyak tersedia di pasaran dan sudah banyak digunakan di berbagai proyek, yaitu GE *Jenbacher.* Untuk daya 526 menggunakan mesin tipe 3 No. 312 yang mempunyai efisiensi 40,4%, sedangkan untuk daya 330 menggunakan mesin tipe 2 No. J208 GS dengan efisiensi 38,7 % *(GE Energy, Jenbacher)*. Dari Tabel 3 terlihat bahwa PKS dengan kapasitas 60 ton TBS/jam berpotensi membangkitkan tenaga listrik yang lebih besar dibanding dengan PKS berkapasitas 40 dan 30 ton, tetapi antara PKS berkapasitas 40 dan 30 relatif tidak berbeda.

3.2 Potensi *Certified Emission Reduction (CER)*

Potensi CER dari masing-masing pabrik kelapa sawit yang dihitung dengan asumsi produksi tandan buah sawit yang diolah tetap, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4, dengan indikasi sebagai berikut :

1) PKS dengan kapasitas 60 (PKS 60) mempunyai potensi CER paling besar untuk ketiga skenario pemanfaatan;

2) CER pada PKS 30 lebih tinggi dibanding PKS 40. Hal ini terjadi karena kandungan COD dan BOD pada sampel PKS 30 lebih tinggi dari PKS 40, sementara perbedaan volume POME antar kedua kelompok kapasitas tersebut tidak terlalu nyata;

3) CER untuk skenario 1 lebih kecil dibanding dengan skenario 2 dan 3;

4) CER untuk skenario 2 sedikit lebih besar dibanding dengan skenario 3;

Tabel 4. Hasil perhitungan pengurangan emisi gas rumah kaca (grk) pome

Kode PKS	Pengurangan Emisi GRK (tCO2-e/ thn)		
	Flaring (Sken.1)	Listrik PKS (Sken. 2)	Listrik PLN (Sken. 3)
60 - 1	16,822	20,312	20,099
60 - 2	16,527	19,942	19,733
40 - 1	13,964	16,912	16,732
40 - 2	11,937	14,517	14,359
30 - 1	14,875	17,959	17,770
30 - 2	14,546	17,597	17,410

3.3 Pendapatan Proyek

Proyeksi keuangan proyek disusun berdasarkan asumsi-asumsi sebagai berikut :

- Sumber modal : sendiri
- Produksi gas : 365 hari/tahun
- Umur proyek : 7 tahun
- Produksi listrik : 315 hari/tahun
- Biaya Investasi :
  - Skenario 1 : Rp 6.250 juta
  - Skenario 2 & 3 : Rp 11.250 juta
- Biaya Opersional :
  - Skenario 1 : Rp 638 juta/tahun
  - Skenario 2 & 3 : Rp 830 juta/tahun
  - Eskalasi gaji : 5 %/tahun :
- Harga jual karbon : US$ 12 per ton CO_2-e
- Harga jual listrik : Rp 787 per kWh
- Rasio minyak diesel-listrik : 0,3 liter/kwh listrik
- Harga minyak diesel : Rp 4.500,- per liter

Rincian biaya investasi dan biaya operasional disampaikan pada lampiran. Perbedaan biaya investasi pada skenario 1 terhadap skenario 2 & 3 timbul karena pada skenario 1 tidak ada investasi untuk mesin biogas. Sedangkan perbedaan biaya operasional terjadi karena untuk sistem pembangkit listrik menggunakan bahan bakar biogas (skenario 2 dan 3) ada tambahan pengeluaran untuk gaji karyawan sebesar Rp 192 juta per tahun. Penetapan harga jual listrik disesuaikan dengan Peraturan Menteri ESDM No.31 Tahun 2009 untuk pembelian listrik energi terbarukan oleh PT PLN yang disambungkan pada tegangan menengah. Berdasarkan asumsi tersebut, pendapatan proyek untuk ke-tiga skenario dapat dihitung dan hasilnya disampaikan pada Tabel 5.

Pendapatan proyek sebagaimana pada Tabel 5 dirancang bahwa pendapatan skenario 1 diperoleh hanya dari penjualan karbon (CER-*Certified Emission Reduction*), sedangkan untuk skenario 2 ditambah dengan potensi penghematan minyak diesel, dan untuk skenario 3 dengan tambahan hasil penjualan listrik ke PLN dengan harga Rp 787 per kWh.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pemanfaatan biogas untuk listrik pada penggunaan sendiri akan memberikan manfaat berupa penghematan penggunaan minyak diesel, yaitu sebesar Rp 1.500,- per kWh. Penghematan minyak diesel dihitung berdasaran asumsi bahwa produksi 1 kWh listrik akan memerlukan bahan bakar minyak diesel sebesar 0,3 liter (sumber : Statistik PT PLN 2008).

Tabel 5. Estimasi pendapatan proyek (juta rupiah)

Kode PKS	Skenario 1	Skenario 2		Skenario 3	
	CER	CER	Pengganti- an Minyak	CER	Penjualan Listrik
60 - 1	2,091	2,565	6,721	2,536	3,918
60 - 2	2,621	3,198	8,283	3,162	4,828
40 - 1	2,842	3,420	8,283	3,385	4,828
40 - 2	1,665	2,036	5,421	2,013	3,160
30 - 1	1,883	2,274	5,421	2,250	3,160
30 - 2	2,046	2,474	6,097	2,448	3,554

3.4 Kelayakan Bisnis

Analisis kelayakan bisnis disusun dengan asumsi bahwa proyek dinyatakan layak apabila NPV positif, BC ratio >1, dan IRR ≥ 16,5%. Berdasarkan hasil perhitungan terhadap parameter kelayakan bisnis yang disampaikan pada Tabel 6, tingkat kelayakan proyek dapat dinyatakan sebagai berikut :

1) Untuk skenario 1, hanya 2 dari 6 sampel PKS yang layak, yaitu PKS 60-2 dan PKS 40-1;

2) Untuk skenario 2, semua sampel PKS layak secara bisnis dengan rerata IRR untuk PKS 60, 40, dan 30 secara berurutan masing-masing sebesar 63,8%, 60,5%, dan 56,0%;

3) Untuk skenario 3, semua sampel PKS layak secara bisnis dengan rerata IRR untuk PKS 60, 40, dan 30 secara berurutan masing-masing sebesar 39,6%, 37,2%, dan 33,8%;

4) Pengembalian modal (*Payback Period*=PP) dan BC Ratio untuk skenario 2 secara umum lebih baik dibanding dengan skenario 1 maupun 2;

IV. KESIMPULAN

1) Jumlah gas metana yang terbentuk dari limbah cair ditentukan oleh jumlah volume limbah cair (m^3) dan kualitas limbah cairnya (besaran COD). Makin besar volume dan besaran COD limbah cair akan membuat makin besarnya gas metana yang terbentuk.

2) Sesuai dengan jumlah limbah cair dan nilai CODnya, PKS dengan kapasitas 60 ton TBS/jam mempunyai potensi CER paling besar.

Tabel 6. Indikator kelayakan proyek biogas POME

Kode PKS	Skenario 1				Skenario 2				Skenario 3			
	NPV (Rp jt)	BC ratio	PP (thn)	IRR (%)	NPV (Rp jt)	BC ratio	PP (thn)	IRR (%)	NPV (Rp jt)	BC ratio	PP (thn)	IRR (%)
60 - 1	(646)	0.897	5	12.8	19,877	2.47	2	60.0	8,606	1.637	3	36.6
60 – 2	1,466	1.235	4	24.3	26,810	2.75	2	67.5	12,922	1.845	3	42.6
40 – 1	2,344	1.375	3	28.7	27,696	2.81	2	69.0	13,808	1.903	3	44.3
40 - 2	(2.338)	0.626	7	2.2	14,095	2.17	2	51.9	5,009	1.417	3	30.0
30 – 1	(1.474)	0.764	6	7.8	15,043	2.25	2	54.1	5,951	1.496	3	32.4
30 - 2	(825)	0.868	5	11.8	17,751	2.38	2	57.8	7,527	1.589	3	35.2

Keterangan : *NPV = Net present value, BC ratio = benefit cost ratio, PP = payback period, IRR = internal rate of return*

3) Pemanfaatan gas metana dengan cara dibakar (flaring/skenario 1) mempunyai potensi CER lebih kecil dibanding dengan pembangkitan listrik (skenario 2 dan 3).

4) Proyek biogas dengan skenario pamanfaatan untuk pembangkitan listrik dan sisanya dibakar, dan dikelola melalui mekanisme CDM, secara umum layak dilaksanakan, baik secara teknis maupun bisnis.

DAFTAR PUSTAKA

Bisnis Indonesia, 31 Desember 2010. Saatnya RI *Menentukan Harga CPO Dunia*.

Deptan., 2005. *Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Kelapa Sawit Indonesia.* Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.

GE Energy. Jenbacher Gas Engines (Brosur). . Jenbach, Austria.

Oil World. *Annual Report* :1999-2008.

PLN. *Statistik PLN* 2008.

Yeoh B.G., 14-16 January 2004. *A Technical and Economic Analysis of Heat and Power Generation from Biomethanation of Palm Oil Mill Effluent. Electricity Supply Industry in Transition: Issues and Prospect for Asia*

LAMPIRAN

Tabel 1. Estimasi biaya investasi skenario 1

No	Uraian Biaya	Nilai (Rp)
A	Peralatan	
1	*HDPE, covers dll*	1.500.000.000
2	*Flare, Igniters, Electroda*	150.000.000
3	*Flow Meter*	50.000.000
4	Perpipaan	1.500.000.000
5	Pengaduk, Motor, *Frame* dll	200.000.000
6	*Blower*	250.000.000
7	*Remote Monitoring*	75.000.000
8	Kelistrikan	200.000.000
9	*Contingency,* Pengangkutan, Asuransi	175.000.000
10	Peralatan lainnya	150.000.000
11	Persiapan lapangan	1.750.000.000
	Sub Total	6.000.000.000
B.	Biaya Lain-Lain	
1	Biaya Pengembangan	250.000.000
	Sub Total	250.000.000
	Grand Total	6.250.000.000

Tabel 2. Estimasi biaya investasi skenario 2 dan 3

No	Uraian Biaya	Biaya (Rp)
A.	Peralatan	
1	*HDPE, covers dll*	1.500.000.000
2	*Flare, Igniters, Electroda*	150.000.000
3	*Flow Meter*	50.000.000
4	Perpipaan	1.500.000.000
5	Pengaduk, Motor, Frame dll	200.000.000
6	*Blower*	250.000.000
7	*Remote Monitoring*	75.000.000
8	Kelistrikan	200.000.000
9	*Contingency,* Pengangkutan, Asuransi	175.000.000
10	Peralatan lainnya	150.000.000
11	Persiapan lapangan	1.750.000.000
12	Biogas engine (500 kW)	5.000.000.000*
	Sub Total	11.000.000.000
B.	Biaya Lain-Lain	
1	Biaya Pengembangan	250.000.000
	Sub Total	250.000.000
	Grand Total	11.250.000.000

*) nilainya tergantung dengan kapasitas yang digunakan

Tabel 3. Estimasi biaya operasional

No	Item	Biaya (Rp)
1	Gaji 2 karyawan di lokasi/ bulan @ Rp 4 juta x 16 bulan	128.000.000
2	Gaji pegawai kantor	80.000.000