POTENSI ENERGI LISTRIK PADA PABRIK KELAPA SAWIT MELALUI PEMBANGUNAN PLTBG

Stieven N. Rumokoy¹ dan Dezetty Monika²

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta

E-mail: ¹rumokoy@polimdo.ac.id, ²dezetty.monika@elektro.pnj.ac.id

ABSTRACT

Palm oil mills will produce liquid waste which is often called POME (Palm Oil Mill Effluent). This waste if not handled properly will disrupt the environment, even though POME stores a large potential of energy that can be used to support energy needs. With special processing, POME can produce biogas. Then biogas can be used as fuel for generators and ultimately can produce electricity. The process of processing from POME to biogas can be formed in a Biogas Power Plant (PLTBg). The amount of electrical energy that can be generated depends on the amount of biogas formed, while the amount of biogas that will be obtained generally depends on the volume of POME and the content of COD (Chemical Oxygen Demand) in POME. In the sample factory, one year of data has been taken. From the results of the analysis of the prediction of the calculation of electricity energy in palm oil mills through the construction of Biogas Power Plants, the average predicted monthly biogas that can be obtained based on data is 279023,248 Nm³CH₄/month and maximum biogas that can be obtained based on the maximum processing of coconut mills oil palm is 506153.34 Nm³CH₄/month. The average predictable generating capacity based on data is 1.3 MWe and the maximum capacity that can be built should be around 2.37 MWe.

Keywords : Palm Oil Waste, POME, Biogas, Renewable Energy, Metane

ABSTRAK

Pabrik kelapa sawit akan menghasilkan limbah cair yang sering disebut POME (Palm Oil Mill Effluent). Limbah ini jika tidak ditangani dengan baik akan mengganggu lingkungan, padahal POME menyimpan potensi energi yang besar yang dapat dipergunakan untuk mendukung kebutuhan energi. Dengan proses pengolahan khusus, POME dapat menghasilkan biogas. Biogas kemudian dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk genset biogas yang akhirnya dapat menghasilkan listrik. Proses pengolahan dari POME menjadi biogas dapat dibentuk dalam suatu Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg). Jumlah energi listrik yang dapat dihasilkan bergantung pada jumlah biogas yang terbentuk, sedangkan jumlah biogas yang akan diperoleh pada umumnya bergantung dari volume POME dan kandungan COD (Chemical Oxygen Demand) pada POME. Pada pabrik sampel, data satu tahun telah diambil. Dari hasil analisis prediksi perhitungan pendapatan energi listrik pada pabrik kelapa sawit melalui pembangunan PLTBg, rata-rata prediksi tiap bulan biogas yang dapat diperoleh berdasarkan data adalah 279023.248 Nm³CH₄/bulan dan maksimum biogas yang dapat diperoleh berdasarkan maksimum pengolahan pabrik kelapa sawit adalah 506153.34 Nm³CH₄/bulan. Rata-rata kapasitas pembangkit yang dapat diprediksi berdasarkan data adalah 1.3 MWe dan maksimum kapasitas yang dapat dibangun sebaiknya sekitar 2.37 MWe.

Kata kunci : Limbah, POME, Biogas, Energi Baru dan Terbarukan, Metana

PENDAHULUAN

Kelapa sawit masih menjadi salah satu motor penggerak perekonomian nasional. Sampai Desember 2014 diperkirakan total nilai ekspor mencapai USD\$ 20,8 miliar, meningkat 8% dibandingkan dengan total nilai ekspor

tahun 2013 yaitu USD\$ 19,23 miliar. Dengan jumlah produksi 31 juta ton pada tahun 2014 potensi limbah yang dihasilkan juga sangat besar [1]. Limbah cair kelapa sawit dikenal dengan POME (Palm Oil Mill Effluent) tidak boleh langsung dibuang ke sungai. Melalui Keputusan Menteri Negara Lingkungan

Hidup Nomor 51/1995, Pemerintah mengatur tingkat kandungan yang diperbolehkan dalam POME yang telah diolah untuk dibuang langsung ke sungai. Untuk memenuhi standar peraturan tersebut, pabrik kelapa sawit harus mengolah POME sebelum dibuang ke sungai. Proses pengolahan ini akan menghasilkan biogas, yang jika dilepaskan begitu saja akan menyebabkan pencemaran udara. Oleh karena itu, PLTBg memanfaatkan biogas dari pengolahan POME selain mengurangi pelepasan biogas ke udara juga menghasilkan listrik sebagai sumber energi yang dapat dimanfaatkan [2].

Ketika limbah cair kelapa sawit (POME) teruraikan maka secara alami akan menghasilkan biogas. Biogas biasanya terdiri dari 50-75% metana (CH_4), 25-45% karbon dioksida (CO_2), dan sejumlah kecil gas-gas lainnya. Jika gas metana di dalam biogas terlepas langsung ke atmosfer, maka akan menimbulkan gas rumah kaca. Hal ini dikarenakan, gas metana mempunyai efek 21 kali lebih besar dibandingkan dengan gas CO_2 . Mengubah POME menjadi biogas untuk dibakar dapat menghasilkan energi sekaligus mengurangi dampak perubahan iklim dari proses produksi minyak kelapa sawit dan hal ini belum banyak dimanfaatkan di Indonesia. Tabel 1 menunjukkan potensi daya dari konversi POME menjadi biogas yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit.[3]

Tabel 1. Proyeksi potensi daya dari POME berdasarkan kapasitas PKS

Kapasitas PKS (ton TBS/jam)	POME yang Dihasilkan		Potensi Daya (MWe)
	m^3/jam	m^3/hari	
30	21	400	1,1
45	31,5	600	1,6
60	42	800	2,1
90	63	1200	3,2
Total Potensi di Indonesia			
34.280	23.996	479.920	1.280

Berdasarkan proyeksi tersebut, pemakalah memprediksi potensial energi yang didapatkan dari limbah cair kelapa sawit (POME) yang dapat digunakan untuk mendukung kebutuhan energi pabrik kelapa sawit.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, metode penelitian yang dilakukan adalah observasi lapangan dan kajian lapangan. Tinjauan lapangan dan data output adalah data satu tahun pada salah satu sampel Pabrik Kelapa Sawit (PKS). Studi *literature* yang dilakukan dengan mempelajari pembentukan biogas dan mengenai *engine* biogas.

a. Pabrik Kelapa sawit

Pabrik kelapa Sawit (PKS) adalah tempat pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) sawit untuk menghasilkan minyak mentah sawit atau sering disebut CPO (*Crude Palm Oil*). Pada proses pengolahan TBS menjadi CPO melalui beberapa tahap. Secara garis besar proses pengolahan dibagi tahap demi tahap disetiap stasiun yang ada pada PKS. Pada pabrik kelapa sawit pada umumnya terdapat stasiun *loading ramp* tempat pengumpulan, pemilahan dan persiapan untuk TBS yang akan diolah. Stasiun *sterilizer* sebagai tempat perebusan TBS. Stasiun *tipper* dan *thresher* adalah tempat pemipilan buah dari tandan buah sawit, stasiun press untuk pemisahan minyak sawit dari daging buah dan stasiun klarifikasi

sebagai tempat pemurnian untuk mendapatkan CPO. Saat proses inilah menghasilkan limbah cair/POME.

Gambar 1. Pabrik kelapa sawit

b. POME

Pada Pabrik Kelapa Sawit yang menghasilkan Minyak Mentah atau *Crude Palm Oil* (CPO) akan menghasilkan limbah cair. Limbah cair hasil produksi disebut POME (*Palm Oil Mill Effluent*). POME yang dihasilkan ini terjadi pada Proses sterilisasi Tandan Buah Segar (TBS) sawit dan proses penjernihan minyak sawit mentah. POME yang dihasilkan dari Pabrik Kelapa Sawit (PKS) pada umumnya memiliki suhu sekitar 60° sampai 80° memiliki pH sekitar 3.3 – 4.6, warnanya coklat.

Gambar 2. POME (Palm Oil Mill Effluent)

Gambar 3. Sampel POME di gelas ukur

c. Biogas

Pada Biogas pada umumnya terkandung sekitar 50% sampai 75% metana (CH_4), sekitar 25% sampai 45% adalah karbon dioksida (CO_2) dan sejumlah kecil gas lain seperti uap air (H_2O), Nitrogen (

N_2) dan lainnya. Dibandingkan dengan udara, biogas lebih ringan sekitar 20%. Temperatur nyala biogas ada pada berkisar 650°C sampai 750°C . Volume biogas biasanya diukur dalam Normal Meter kubik (Nm^3) yang berarti volume

gasnya diukur pada tekanan atmosfer dengan suhu 0°C.

Pada pembentukan biogas melalui proses anaerobik, terdapat beberapa tahap penguraian. Tahap penguraian meliputi:

1). Hidrolisis

Pada tahap ini, air akan bereaksi dengan polimer organik rantai panjang yang seperti lemak, polisakarida dan protein kemudian akan membentuk polimer berantai pendek yang dapat larut. Polimer berantai pendek yang dapat larut berupa asam lemak, asam amino, gula dan lainnya. Mikroorganisme menghasilkan enzim selulose, amylase, lipase atau protease pada tahap ini.

2). Asidogenesis

Pada fase asidogenesis akan terjadi oksidasi anaerobik dengan menggunakan gula, asam lemak rantai panjang dan asam amino yang terbentuk dari proses sebelumnya. Ada banyak bakteri yang berbeda pada proses asidogenesis ini. Seringkali tahap ini adalah tahap tercepat dalam mengkonversi zat organik kompleks selama penguraian dalam fase cair. Bakteri yang ada akan bereaksi terhadap meningkatnya konsentrasi hydrogen pada cairan dengan menghasilkan laktat, etanol, propionate, butiran dan asam lemak volatile (VFA), yang kemudian digunakan oleh mikroorganisme metanogen sebagai substrat.

3). Asetogenesis

Pada tahap ini, bakteri asetogenik yang menghasilkan hydrogen akan mengkonversi asam lemak dan etanol/alkohol menjadi asetat, karbondioksida juga hydrogen. Asetogen yang ada akan bertumbuh lambat dan bergantung pada tekanan parsial hydrogen yang rendah sebagai pendegradasi asetogenik yang menghasilkan energi. Asetogen

termasuk sensitif terhadap perubahan lingkungan.

4). Metanogenesis

Pembentukan gas metana melalui dua bagian utama yaitu bagian primer dan sekunder. Pada bagian primer fermentasi dari produk utama dari tahap pembentukan asam yakni asam asetat berubah menjadi metana dan karbon dioksida. Bakteri yang berperan dalam proses ini adalah bakteri asetoklastik (asetofilik). Bagian sekunder adalah penguraian yang menggunakan hydrogen untuk mengurangi CO₂ dan kemudian menghasilkan CH₄ dengan metanogen hidrogenofilik.

Gambar 4 Tahapan pembentukan biogas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, tahap demi tahap yang dilakukan untuk mendapatkan hasil yang ingin diketahui adalah dengan melakukan langkah seperti pada gambar berikut:

Gambar 7. Tahapan energi listrik yang dapat dibangkitkan

a. Produksi POME dan kandungan COD

Pada pabrik kelapa sawit dengan kapasitas 60 ton/jam pengolahan tandan buah sawit, pada umumnya dapat menghasilkan 0.7% m^3 POME dari perbandingan total tonase pengolahan pengolahan tandan buah sawit. Maksudnya jika tandan buah sawit yang diolah adalah 1000 ton, maka POME yang dihasilkan berkisar $700m^3$. Jumlah POME yang dihasilkan dari pabrik kelapa sawit bergantung pada teknologi yang digunakan pabrik kelapa sawit. Teknologi pengolahan minyak mentah sawit atau *Crude Palm Oil* yang menghasilkan limbah POME yang lebih sedikit dipandang lebih efisien karena penggunaan air untuk proses produksi akan lebih sedikit. Dari data yang ada pada pabrik sample ini, data hasil POME yang diperoleh setiap bulannya dibandingkan dengan rata-rata COD yang diukur adalah:

Tabel 2. Data *sample* POME dan COD

Bulan	Data POME produksi (m^3)	Data COD Terukur (ppm)
Januari	13060	74809
Februari	9912	76383
Maret	14523	75412
April	11246	91053
Mei	13128	88511
Juni	10712	73111
Juli	12241	74443
Agustus	9821	77479
September	11682	75558
Oktober	10653	68115
November	10112	71678
Desember	11525	71647
Total/ <i>Average</i>	138615	76516.58

Dari data diatas jumlah POME yang dihasilkan dapat dikatakan tidak banyak. Jika pabrik kelapa sawit dengan kapasitas 60 ton/jam beroperasi 20 jam setiap hari, maka total pengolahan akan mencapai 1200 ton tandan buah sawit yang dapat diolah. Jika dalam 1 bulan hari efektif pengolahan ditargetkan 25 hari, maka dalam satu bulan tandan buah sawit yang dapat diolah adalah 30000 ton tandan buah sawit. Jika perbandingan tandan buah segar dengan POME yang dihasilkan adalah 0.7, maka jumlah POME yang dapat dihasilkan oleh Pabrik Kelapa Sawit (PKS) mencapai $21000 m^3$ tiap bulannya. Jika data hasil POME dengan pengolahan efektif dibandingkan dengan POME *real*, maka pada kondisi diatas diperoleh keterangan bahwa pabrik tidak memproduksi seperti pada umumnya. Kondisi ini dapat terjadi karena hasil buah dari kebun yang masuk ke Pabrik Kelapa Sawit sedang menurun. COD yang terkandung pada POME menunjukkan angka yang baik untuk bahan baku penghasil biogas. Pada rata-

rata COD dalam produksi tiap bulan dalam satu tahun adalah 76516 ppm.

b. Total COD per bulan

Untuk memprediksi total biogas yang dapat dihasilkan untuk digunakan sebagai bahan bakar *engine* biogas yang kemudian dapat menghasilkan listrik, dibutuhkan prediksi Total COD yang diperoleh. Jika menggunakan data dari produksi POME dan data COD-nya, maka total COD tiap bulannya dengan prediksi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Total perkiraan COD yang dihasilkan

Bulan	Perkiraan Total COD/bulan
Januari	977005.5
Februari	757108.3
Maret	1095208
April	1023982
Mei	1161972
Juni	783165
Juli	911256.8
Agustus	760921.3
September	882668.6
Oktober	725629.1
November	724807.9
Desember	825731.7
Total/Average	10629457.1

Jika dibandingkan dengan kemampuan maksimum pengolahan Pabrik Kelapa Sawit (PKS) menghasilkan POME tiap bulannya yaitu 21000 m³ dan prediksi COD tiap bulannya menggunakan data rata-rata dari hasil pengolahan yang ada yaitu 76516.58 ppm, maka dapat diprediksi total COD tiap bulannya mencapai 1606836 COD/bulan.

c. Prediksi Hasil Biogas

Untuk mendapatkan prediksi Biogas yang dapat dihasilkan, persamaan yang dapat digunakan adalah[3]:

$$CH_4Prod = COD \times \mu_{COD} \times \alpha$$

Dimana, CH_4Prod adalah total perkiraan biogas yang dapat dihasilkan (Nm³CH₄/bulan), μ_{COD} adalah efisiensi penguraian COD pada pengolahan limbah cair pada PLTBg atau dapat dikatakan perbandingan antara COD input dan COD output (%), α adalah rasio CH₄ terhadap COD sebesar 0.35.

Dengan menggunakan efisiensi penguraian COD pada umumnya mencapai sekitar 90%, maka prediksi total biogas yang dapat diperoleh baik berdasarkan data yang ada dan prediksi maksimum dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Prediksi total biogas yang dapat dihasilkan.

Bulan	Biogas prod	Biogas Max Prod	%
Januari	307756.745	506153.34	60.80307
Februari	238489.113	506153.34	47.11796
Maret	344990.67	506153.34	68.15932
April	322554.342	506153.34	63.72661
Mei	366021.309	506153.34	72.31431
Juni	246696.985	506153.34	48.73957
Juli	287045.88	506153.34	56.71125
Agustus	239690.197	506153.34	47.35525
September	278040.595	506153.34	54.93209
Oktober	228573.165	506153.34	45.15888
November	228314.5	506153.34	45.10777
Desember	260105.478	506153.34	51.38867
Average	279023.248	506153.34	55.12623

Perbandingan dari total prediksi produksi biogas yang dapat dihasilkan dengan maksimum biogas yang dapat diperoleh sekitar 55.13%, ini menjelaskan bahwa hasil prediksi Biogas memang tergantung pada pengolahan yang dilakukan Pabrik Kelapa Sawit. Untuk lebih jelasnya perbandingan data, dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 8. Prediksi biogas yang dapat dihasilkan

d. Prediksi Hasil Energi Listrik

Dengan mendapatkan prediksi biogas yang dapat diperoleh, Prediksi untuk energi listrik yang dapat dihasilkan dapat dilakukan. Untuk menghitung jumlah energi listrik yang diperoleh dan kapasitas pembangunan PLTBg yang dapat dilakukan dapat dihitung dengan persamaan:[3]

$$\text{Kapasitas Pembangkit} = \frac{CH_4\text{Prod} \times CH_{4,ev} \times Gen_{eff}}{24 \times 60 \times 60 \times 30}$$

Dimana, kapasitas pembangkit adalah kapasitas PLTBg yang dapat dibangun dari hasil energi yang dapat diperoleh (MWe), $CH_4\text{Prod}$ adalah total biogas yang dapat diperoleh dalam 1 bulan (Nm^3CH_4/bulan), $CH_{4,ev}$ adalah nilai energi metana ($35.7 \text{ MJ}/m^3$) dan Gen_{eff} adalah efisiensi generator biogas (34%). Prediksi perolehan energi yang dapat dihasilkan adalah:

Tabel 5. Prediksi jumlah energi yang dapat diperoleh

Bulan	Mwe	Max Mwe	%
Januari	1.44118494	2.370250479	60.80307
Februari	1.1168136	2.370250479	47.11796
Maret	1.61554659	2.370250479	68.15932
April	1.51048017	2.370250479	63.72661
Mei	1.71403034	2.370250479	72.31431
Juni	1.15525	2.370250479	48.73957
Juli	1.34419865	2.370250479	56.71125
Agustus	1.12243812	2.370250479	47.35525
September	1.30202806	2.370250479	54.93209
Oktober	1.0703785	2.370250479	45.15888
November	1.06916721	2.370250479	45.10777
Desember	1.21804023	2.370250479	51.38867
Average	1.3066297	2.370250479	55.12623

Dari data diatas, prediksi rata-rata kapasitas yang dapat dibangkitkan berdasarkan data yang diperoleh adalah 1.3 MWe dan Maksimumnya adalah 2.37 MWe. Perbandingan jumlah kapasitas energi yang dapat diperoleh dapat dilihat pada gambar 9.

Gambar 9. Perbandingan kapasitas pembangkit yang dapat diperoleh.

KESIMPULAN

Dari hasil prediksi perhitungan pendapatan energi listrik pada pabrik kelapa sawit melalui pembangunan PLTBg dapat diambil kesimpulan:

1. Rata-rata prediksi tiap bulan biogas yang dapat diperoleh berdasarkan data adalah 279023.248 Nm³CH₄/bulan dan maksimum biogas yang dapat diperoleh berdasarkan maksimum pengolahan pabrik kelapa sawit adalah 506153.34 Nm³CH₄/bulan.
2. Rata-rata kapasitas pembangkit yang dapat diprediksi berdasarkan data adalah 1.3 MWe dan maksimum kapasitas yang dapat dibangun sebaiknya sekitar 2.37 MWe.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afif, "BIOGAS KELAPA SAWIT," 2015.
- [2] *Pembiayaan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas*. 2016.
- [3] A. S. Rahayu, D. Karsiwulan, H. Yuwono, and I. Trisnawati, *Konversi POME Menjadi Biogas*. Winrock International, 2015.