

## **ANALISIS KELAYAKAN POTENSI PEMBANGUNAN PLTBg POME DI WILAYAH PERKEBUNAN SAWIT**

**Arif Zulkifli**

Universitas Mercu Buana Jakarta

E-mail : bangazul@gmail.com

### **ABSTRAK**

Pabrik Kelapa Sawit (PKS) yang dimiliki PT. Grahacipta Bangko Jaya (GBJ) memiliki kapasitas terpasang sebesar 52 ton TBS (Tandan Buah Segar)/jam. PKS PT. GBJ terletak di Desa Karang Anyar, Kecamatan Pemenang Barat, Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi. Pabrik beroperasi selama 20 jam sehari selama 330 hari per tahun. Sumber sawit diperoleh dari perkebunan milik sendiri seluas 600 hektar dan beberapa perkebunan plasma milik rakyat. Pabrik ini menghasilkan CPO sebanyak 10 ton/jam. Laju alir limbah POME selama Agustus 2016 sebesar 34.000 m<sup>3</sup>. Limbah cair sawit (Palm Oil Mill Effluent/POME) diambil dari keluaran fat pit menuju cooling pond 1 dengan kandungan COD rata-rata sebesar 49.500 ppm, TSS 19.750 ppm, FOG 118,57 ppm, pH 4-5 dan suhu 55°C.. Dari kolam tersebut POME dialirkan menuju lokasi pembangkit listrik biogas (PLTBg) yang terletak sejauh ±300 m dari lokasi pengambilan limbah POME di lokasi pabrik. Lahan pembangunan PLTBg memiliki kondisi tanah berupa lempung sedang yang cukup baik untuk pembangunan PLTBg POME. Dengan mengetahui sifat kepadatan lempung sedang, perlu diperhatikan daya dukung tanah agar struktur tidak mengalami kegagalan. Listrik yang dihasilkan akan didistribusikan secara on-grid ke jaringan PLN dengan jarak ke jaringan tegangan menengah dekat dari lokasi yang disediakan. PLTBg di Kabupaten Merangin akan menggunakan teknologi konversi COD berupa modified covered lagoon yang dilengkapi dengan peralatan gas treatment untuk mempersiapkan biogas memasuki gas engine. Gas engine yang digunakan memiliki kapasitas 2x600 MWe.

**Kata Kunci :** PLTBg, CPO

### **ABSTRACT**

Palm Oil Factory (PKS) owned by PT. Grahacipta Bangko Jaya (GBJ) has an installed capacity of 52 tons FFB (Fresh Fruit Bunches) / hour. PKS PT. GBJ is located in Karang Anyar Village, District of West Winner, Merangin District, Jambi Province. The plant operates for 20 hours a day for 330 days per year. The source of palm is obtained from its own 600 hectare plantation and several smallholder plasma estates. This factory produces CPO of 10 tons / hour. POME's waste flow rate during August 2016 was 34,000 m<sup>3</sup>. Palm Oil Mill Effluent (POME) is taken from fat pit output to cooling pond 1 with average COD content of 49.500 ppm, TSS 19.750 ppm, FOG 118.57 ppm, pH 4-5 and temperature 55oC .. From The pool is piped to the location of biogas power plant (PLTBg) located ± 300 m from the location of POME waste at the factory site. The land of PLTBg development has good soil clay condition which is good enough for PLTBg POME development. By knowing the properties of medium clay density, it is necessary to note the carrying capacity of the soil so that the structure does not fail. The electricity generated will be distributed on-grid to the PLN network with the distance to the near medium voltage network from the provided location. PLTBG in Merangin District will use COD conversion technology in the form of modified

*covered lagoon equipped with gas treatment equipment to prepare biogas entering gas engine. The gas engine used has a capacity of 2x600 MWe.*

**Keywords:** PLTBg, CPO

## **PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia dengan tingkat produksi sebesar 32 juta ton pada tahun 2016. Dimana 27 juta ton minyak kelapa sawit di ekspor ke RRC, India, Malaysia, Singapura dan Belanda. Produksi minyak kelapa sawit diikuti dengan tingginya produksi limbah yang merupakan produk sampingan yang masih mempunyai nilai ekonomi dan energi yang tinggi apabila dimanfaatkan. Sebagai contoh, untuk pabrik sawit yang berkapasitas 30 ton tandan buah segar per jam, akan dihasilkan 6 ton minyak sawit, 6 ton limbah serabut, 10 ton cangkang dan limbah cair yang dapat menghasilkan listrik 1 MW.

Pemanfaatan limbah industri sawit berupa fiber dan kernel sudah umum dipergunakan di pabrik sawit sebagai sumber panas untuk pengolahan dan juga pembangkit listrik. Dengan memanfaatkan bahan baku ini, pabrik sawit sudah dapat swasembada dalam kebutuhan energinya. Limbah tandan kosong saat ini mulai dilirik sumber energi pada pembangkit listrik dan juga sudah mulai banyak diekspor ke beberapa negara Asia sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Yang masih belum banyak dimanfaatkan baik oleh pemilik pabrik sawit, pengembangan listrik maupun masyarakat adalah limbah cairnya. Limbah cair ini selain harus diolah supaya memenuhi baku mutu lingkungan sebelum dibuang ke sungai, juga mengeluarkan gas methana yang berkontribusi pada pemanasan global. Methana sebagai bagian dari gas rumah kaca memiliki efek lebih besar 23 kali dibanding dengan CO<sub>2</sub>.

Pembangunan pembangkit listrik tenaga biomassa limbah cair sawit sangat strategis dan mendesak untuk dilakukan dalam rangka target penyediaan listrik kepada masyarakat, khususnya masyarakat di sekitar pabrik kelapa sawit. Pembangunan PLTBg POME di wilayah perkebunan sawit penting dilakukan untuk menginisiasi PLTBg POME serta sebagai unit percontohan yang akan menjadi sarana pembelajaran bagi industri sejenis.

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 21 Tahun 2016 tentang Pembelian Tenaga Listrik Dari Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa dan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas oleh PT Perusahaan Listrik Negara membuka peluang PLTBg bekerjasama dengan PLN dalam hal jual beli listrik. Pemanfaatan limbah cair sawit sebagai sumber energi biogas merupakan upaya alternatif untuk menghasilkan listrik.

Berikut Tabel harga pembelian tenaga listrik dari PLTBg oleh PLN sebagaimana diatur pada lampiran Permen ESDM no 21/2016.

Tabel 1. Harga Pembelian Tenaga Listrik dari PLTBg oleh PLN

No.	Lokasi/Wilayah PLTBg	Harga Pembelian (sen USD/kWh)				Faktor F
		Kapasitas s.d 20 MW		20 MW < Kapasitas ≤ 50 MW	Kapasitas > 50 MW	
		Tegangan Rendah	Tegangan Menengah atau Tinggi	Tegangan Tinggi	Tegangan Tinggi	
1.	Pulau Jawa	13,14 x F	10,64 x F	9,05 x F	8,51 x F	1,00
2.	Pulau Sumatera	13,14 x F	10,64 x F	9,05 x F	8,51 x F	1,15
3.	Pulau Sulawesi	13,14 x F	10,64 x F	9,05 x F	8,51 x F	1,25
4.	Pulau Kalimantan	13,14 x F	10,64 x F	9,05 x F	8,51 x F	1,30
5.	Pulau Bali, Pulau Bangka Belitung, dan Pulau Lombok	13,14 x F	10,64 x F	9,05 x F	8,51 x F	1,50
6.	Kepulauan Riau, Nusa Tenggara, dan Pulau Lainnya	13,14 x F	10,64 x F	9,05 x F	8,51 x F	1,60
7.	Pulau Maluku dan Pulau Papua	13,14 x F	10,64 x F	9,05 x F	8,51 x F	1,70

Berdasarkan paparan diatas, maka penelitian ini akan mengambil judul “Analisis Kelayakan Potensi Pembangunan PLTBg Pome Di Wilayah Perkebunan Sawit”. Analisis akan berguna untuk membangun PLTBg di Jambi dalam rangka mengurangi deficit energi di wilayah tersebut.

**Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian pada latar belakang, rumusan masalah dapat disusun sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik limbah cair kelapa sawit (POME) di Pabrik kelapa Sawit Jambi?
2. Bagaimana analisis kelayakan Pembuatan PLTBg di PKS Jambi?

**Tujuan**

1. Menganalisis proses pengelolaan POME di PKS Jambi?
2. Menganalisis Pembuatan PLTBg di PKS Jambi?

**Batasan Masalah**

Dalam memberikan penjelasan dari permasalahan guna memudahkan dalam menganalisis, maka terdapat pembatasan masalah antara lain :

- 1) Penelitian ini dilakukan pada PKS Jambi.
- 2) Analisis dilakukan hanya pada aspek proses dan teknologi yang digunakan
- 3) Analisis hanya studi kelayakan belum sampai pada Desain Engineering Detail (DED).

**TINJAUAN PUSTAKA**

**Biogas**

Biogas adalah zat organik sebagai hasil pencernaan atau degradasi biomassa oleh konsorsium bakteri dalam kondisi bebas oksigen/udara atau lebih dikenal dengan anaerobic digestion. Sebagaimana diketahui biomassa adalah bahan-bahan organik berumur relatif muda dan berasal dari tumbuhan dan hewan.

Tabel 2. Komposisi Biogas

Unsur	Rumus	Konsentrasi (% Volume)
Metana	CH <sub>4</sub>	50-75
Karbon dioksida	CO <sub>2</sub>	25-45
Uap Air	H <sub>2</sub> O	2-7
Oksigen	O <sub>2</sub>	<2
Nitrogen	N <sub>2</sub>	<2
Hidrogen Sulfida	H <sub>2</sub> S	<2
Amonia	NH <sub>3</sub>	<1
Hidrogen	H <sub>2</sub>	<1

Sumber: nachwaschende-rohstoffe.de

Karakteristik Biogas adalah Biogas < 20% Udara; Temperatur nyala 650 – 750<sup>0</sup> C; Gas tidak berbau dan tidak berwarna; Api berwarna sama dengan LPG; Tungku gas konvensional, efisiensi biogas 60%; Nilai kalori 20 MJ/Nm<sup>3</sup>

Tujuan Pendirian Pabrik Biogas: 1) Bahan bakar burner maupun boiler sehingga mengganti sebagian penggunaan cangkang dan serat; 2) Menghasilkan listrik untuk keperluan pabrik sehingga mengurangi biaya bahan bakar, dan 3) Menghasilkan listrik untuk dijual ke jaringan PLN sehingga menambah pendapatan

Tabel 3. Proyeksi Potensi Daya dari POME berdasarkan Kapasitas PKS

Kapasitas PKS (ton TBS/jam)	POME yang dihasilkan		Potensi Daya (MWe)
	M3/jam	M3/hari	
30	21	400	1,1
45	31,5	600	1,6
60	42	800	2,1
90	63	1200	3,2
<b>Total Potensi di Indonesia</b>			
43.280	23,996	479.920	1.280

Asumsi: Setiap ton TBS menghasilkan 0,7 m<sup>3</sup> limbah cair, PKS beroperasi 20 jam per hari, konsentrasi COD 55.000 mg/l

Karakteristik POME adalah Suhu POME yang dihasilkan 60<sup>0</sup>- 80<sup>0</sup> C; pH 3,3-4,6; Kental; Berwarna kecoklatan; dan Kandungan padatan, minyak dan lemak, COD dan BOD yang tinggi. Pabrik kelapa sawit menghasilkan 0,7-1 m<sup>3</sup> POME untuk setiap ton tandan buah segar

POME mengandung sejumlah besar Nitrogen, Kalium, Magnesium dan Kalsium sehingga dapat digunakan sebagai pupuk. Untuk dijadikan pupuk, POME harus diolah terlebih dahulu karena dapat menyebabkan vegetasi mati dan mengkontaminasi tanah

### Potensi Limbah Cair Sawit

Limbah olahan sawit yang menjadi masalah dalam pencemaran perairan adalah air limbah efluen dari olahan minyak sawit atau yang dikenal dengan palm oil-mill effluent (POME). POME merupakan campuran dari air, serpihan kulit sawit dan residu lemak yang dihasilkan pada proses awal crude palm oil CPO dari buah sawit. POME bersuhu panas, pH asam berkisar 4-5, berwarna coklat, suspensi koloid mengandung bahan organik dan padatan yang sangat tinggi. Produksi 6,6 triliun kg CPO menghasilkan 16,5 triliun kg POME setiap tahunnya di Indonesia.

Tabel 4. Karakteristik POME

Parameter	Unit	Range
pH	-	4-5
Biological Oxygen Demand (BOD)	mg/L	25,000-65,714
Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/L	44,300-102,696
Total solids (TS)	mg/L	40,500-72,058
Suspended solids (SS)	mg/L	18,000-46,011
Volatile solids (VS)	mg/L	34,000-49,300
Oil and grease (OG)	mg/L	4,000-9,341
Ammoniacal nitrogen (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	35-103
Total nitrogen (TN)	mg/L	750-770

Masalah pokok dari limbah cair pabrik minyak sawit atau POME adalah tingginya kadar COD. Adapun rata-rata kadar COD dalam limbah cair tersebut berkisar antara 45.000 – 103.000 mg/L. Sedangkan peraturan pemerintah mengenai baku mutu limbah cair untuk industri ini adalah Kepmen Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri untuk industri kelapa sawit menyarankan nilai maksimum sebesar 500 mg/l dengan beban pencemaran maksimal 3.0 kg COD per ton produk minyak sawit.

Jika limbah cair ini tidak dikelola dengan baik dengan treatment tertentu sebelum dikeluarkan dibuang ke lingkungan, tentu POME akan menjadi salah satu faktor yang menyebabkan pencemaran lingkungan pada badan air. Faktanya sebagian besar POME tidak diolah secara benar bahkan tidak diolah sama sekali. Perusahaan pabrik kelapa sawit umumnya membuang POME langsung ke badan air. Akibatnya badan air menjadi coklat, sangat bau dan berlendir sehingga menyebabkan kematian ikan dan hewan akuatik lainnya. Disamping itu, air tidak bisa digunakan lagi untuk air baku air minum, mandi dan pemancingan. Praktek aplikasi pembuangan POME langsung pada lahan sawit (*land application*) tidak direkomendasikan mengingat tingginya kandungan organik dan nutrisi sehingga menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan penyerapan nutrisi oleh tanaman sawit. Selain itu, aliran permukaan (*run off*) juga bisa menyebabkan pencemaran bagi sistem perairan. Untuk menangani hal ini, pengolahan limbah POME dapat dilakukan secara biologis dengan menggunakan sistem kolam anaerobik.

Masalah lain yang terjadi pada penggunaan sistem kolam anaerobik adalah pengolahan dengan cara ini menghasilkan gas biologis dengan kandungan terbesar berupa

gas metana yang merupakan salah satu sumber emisi gas rumah kaca terbesar dan penyebab pemanasan global. Penggunaan kolam anaerobik untuk mengurangi beban limbah walau murah dan cukup efektif namun belum berwawasan lingkungan. Untuk mengurangi dampak pemanasan global, sering kali biogas yang dihasilkan dibakar langsung tanpa pengolahan lebih lanjut. Pengolahan limbah yang berwawasan lingkungan, efektif dan efisien sangat dibutuhkan untuk pabrik kelapa sawit.

Dewasa ini, pembangunan kolam anaerobik kemudian diintegrasikan dengan boiler sebagai bahan bakar atau dengan gas engine untuk menghasilkan listrik dapat bermanfaat baik bagi pabrik kelapa sawit ataupun dijual sebagai suplai listrik bagi masyarakat.

Untuk kepentingan pembangunan infrastruktur pengolahan limbah POME yang terkait dengan penyediaan tenaga listrik, beberapa parameter yang perlu diperhatikan dari komposisi POME yang dikeluarkan PKS, antara lain pH, COD, BOD, TSS, VSS, FOG, dan total nitrogen. Penjelasan untuk masing-masing parameter adalah:

#### 1. Temperatur

Temperatur POME penting untuk menentukan apakah diperlukan alat pendingin berkapasitas besar sebelum POME memasuki reaktor. Temperatur POME juga menentukan jenis proses dan jenis bakteri yang akan digunakan dalam reaktor. Temperatur POME biasanya memiliki hubungan dengan kadar COD, semakin tinggi temperature POME, semakin COD yang terkandung dalam POME.

#### 2. pH

Nilai pH adalah derajat keasaman (asiditas) atau alkalinitas aliran effluent POME. Bakteri yang digunakan pada reaktor memiliki kadar pH tertentu untuk tumbuh optimum. Bakteri asidogen baik tumbuh pada pH 6, dan bakteri asetogen dan metanogen baik tumbuh pada pH 7. Untuk itu seringkali limbah POME yang memiliki nilai pH awal 4-5 harus dikondisikan pada pH dengan rentang 6,5-7,5 untuk mengakomodasi hal itu. Sistem buffering dengan menggunakan sodium bikarbonat, kapur, atau sodium hidroksida secara umum digunakan untuk mengatur pH POME sebelum masuk ke reaktor.

#### 3. Chemical Oxygen Demand (COD)

COD merupakan ukuran mengenai banyaknya komponen organik di dalam aliran effluent. COD memiliki satuan mg/L merupakan gambaran dari berapa massa oksigen yang dibutuhkan per liter larutan yang diuji. Semakin tinggi COD yang terkandung dalam POME semakin banyak biogas yang dapat dihasilkan, setara dengan berapa besar kapasitas listrik yang mampu diproduksi. Nilai COD yang diharapkan adalah lebih besar dari 50.000 mg/L.

#### 4. Biological Oxygen Demand (BOD)

BOD merupakan ukuran seberapa besar oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme biologis aerobik untuk memecah material organik dalam larutan pada temperatur dan jangka waktu tertentu. BOD sama dengan COD juga menunjukkan seberapa besar biogas yang dapat dihasilkan dari proses biological digestion dalam reaktor. BOD membutuhkan waktu lama dalam pengujian, biasanya 5 hari inkubasi, daripada COD, sehingga data COD lebih sering dipakai sebagai ukuran kapasitas pabrik biogas yang akan dibuat.

#### 5. Total Suspended Solids (TSS)

Dari keseluruhan total padatan yang terdapat pada aliran effluent, TSS adalah bagian padatan yang tertahan oleh filter. Kadar TSS menunjukkan berapa banyak sludge yang

perlu ditangani selama proses, sehingga dapat menentukan ukuran reaktor. Nilai TSS yang diharapkan terkandung dalam POME adalah 30.000 – 40.000 mg/L.

#### 6. Volatile Suspended Solids(VSS)

Nilai VSS menunjukkan bahan padatan organik yang teruapkan di bawah suhu 500°C. Banyaknya VSS juga terkait dengan TSS menentukan ukuran dalamnya reaktor yang diperlukan. Nilai rasio VSS/TSS yang diharapkan berkisar sekitar 80%.

#### 7. Fat, Oil, and Grease (FOG)

Nilai FOG menunjukkan kadar minyak yang terkandung dalam POME. Sebaiknya nilai FOG yang terdapat dalam POME tidak terlalu tinggi karena menyulitkan untuk proses pemisahannya sebelum memasuki proses digester. Nilai FOG menentukan di titik mana aliran POME akan diambil dari PKS. Nilai FOG yang diharapkan sebaiknya di bawah 10.000 mg/L.

#### 8. Total Nitrogen

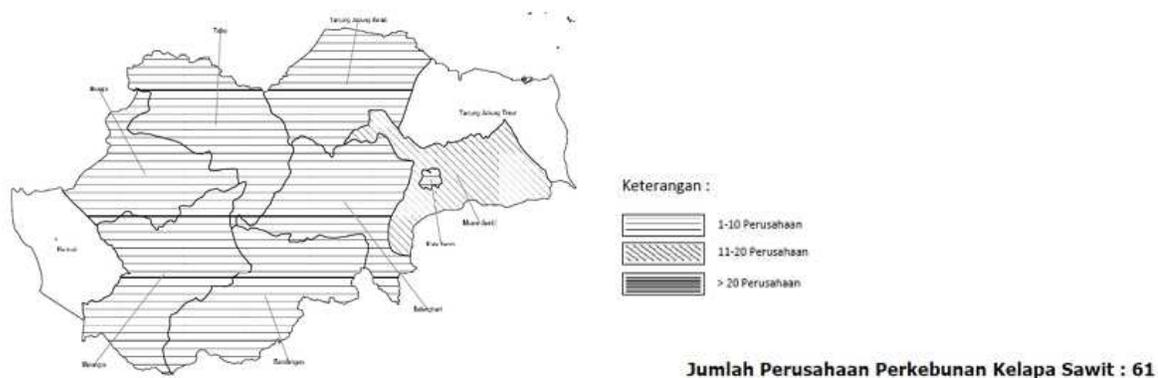
Total Nitrogen menunjukkan seberapa banyak kandungan nitrogen dalam POME. Nitrogen adalah salah satu nutrient utama yang dibutuhkan oleh bakteri anaerobik dalam reaktor. Selain data-data mengenai karakteristik POME, terkait dengan pabrik biogas terintegrasi dengan infrastruktur kelistrikan diperlukan juga data-data berikut dari PKS yang akan disurvei:

- Laju alir POME
- Produksi TBS per hari dan per tahun
- Waktu kerja pabrik per hari per tahun
- Rasio POME/TBS
- Konsumsi air PKS per hari

## METODOLOGI

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi.



Gambar 1. Sebaran pabrik kelapa sawit di Jambi

Penduduk Jambi mencapai 3 juta jiwa dan yang memperoleh aliran listrik dari PT. PLN (Persero) hanya mencapai 37% dengan total pelanggan 219 ribu. Sebagai provinsi ketujuh terbesar di Indonesia dalam penghasilan kelapa sawit, Jambi juga memiliki potensi untuk melistriki pemukiman masyarakatnya dengan menggunakan pembangkit listrik biogas yang berbahan baku limbah POME.

PT. GBJ memiliki pabrik dengan kapasitas terpasang sebesar 50 ton TBS/jam. Pabrik beroperasi selama 20 jam sehari selama 330 hari per tahun. Total TBs yang diolah selama 2015 adalah 200.000 ton, cukup untuk menghasilkan listrik sebesar 1 MW. Sumber sawit diperoleh dari perkebunan milik sendiri seluas 600 hektar dan beberapa perkebunan plasma milik rakyat. Pabrik ini menghasilkan CPO sebanyak 10 ton/jam. Laju alir limbah POME selama Agustus 2015 sebesar 34.000 m<sup>3</sup>.

Pabrik ini mengolah limbah dengan menggunakan kolam terbuka dengan 5 jenis kolam, dengan rincian 2 cooling pond, 1 seeding pond, 5 anaerobic pond, 1 sedimentation pond, dan 1 outlet pond.



Gambar 2. Foto survey PT. GBJ

#### 1.1. Waktu Penelitian

Waktu Penelitian 2 bulan yaitu Februari-April 2016.

#### 1.2. Cara Pelaksanaan Metode yang digunakan

Metode yang digunakan:

1. Survey ke wilayah rencana Pembangunan PLTBg Kabupaten Merangin Provinsi Jambi
2. Uji Lab Limbah POME
3. Studi dan Analisis Teknologi PLTBg

### PEMBAHASAN

#### 1. Uji Laboratorium Limbah POME

Sampling POME dilakukan untuk mengetahui karakteristik parameter fisika-kimia dari limbah cair sawit dan melihat kesesuaiannya dengan kebutuhan proses biogas.

Hal-hal yang harus diperhatikan saat pengambilan sample :

- a. Titik-titik pengambilan sample biasanya diambil di open trench (parit terbuka) penghubung antar kolam atau di pipa-pipa penghubung. Pada pengambilan sampel kali ini, diambil sebanyak 40 sampel selama 4 hari di tiga titik pengambilan.
- b. Titik pengambilan sample di kolam limbah PT. GBJ sesuai dengan skema pengolahan limbah dalam pabrik tersebut adalah:
  - Pipa/saluran setelah fat pit menuju cooling pond 1. Intinya, pengambilan sampel dilakukan di titik dimana kemungkinan nilai COD masih tinggi dan suhu tidak terlalu panas (sekitar 50-60°C) →3 sample per hari
  - Aliran keluaran cooling pond 1 menuju cooling pond 2 →3 sample per hari

- Aliran keluaran cooling pond 2 menuju kolam anaerobic →3 sample per hari
  - Sampel random dari ketiga titik tersebut
- c. Suhu dan pH dari POME yang diambil segera diukur dan dicatat.

Parameter yang diuji adalah :

- COD lab
- TSS lab
- FOG (Minyak & Lemak) lab
- pH di tempat
- suhu di tempat

Hasil dari waste audit tersebut sebagai berikut

Tabel 5. Rekap Hasil Waste Audit PT. GB

	Fat Pit - Cooling Pond 1	Cooling Pond 1 - Cooling Pond 2	Cooling Pond 2 - Anaerobic Pond
COD (mg/L)	49671.3	46459.5	37965.4
TSS (mg/L)	19322.75	20977.35	15976.854
FOG (mg/L)	113.42	151.92	130.45
pH	5	5	5
T (°C)	55.12	50.33	42.94

Dari hasil tersebut maka limbah POME untuk keperluan PLTBg POME akan diambil dari kolam pertama, yakni keluaran fat pit menuju cooling pond 1, karena memiliki nilai COD yang dianggap paling mencukupi untuk pembangunan PLTBg POME dengan kapasitas 1 MW. Titik tersebut memiliki COD rata-rata sebesar 49.600 ppm, TSS 19.300 ppm, FOG 113, ppm, pH 5 dan suhu 55°C.

## 2. Studi dan Analisis Teknologi PLTBg

Diagram sederhana proses konversi biogas menjadi energi



### Pre-Treatment

Dalam reaksi konversi biogas dari limbah POME terdapat beberapa parameter dan kondisi yang perlu dipenuhi aliran effluent POME sebelum memasuki reaktor. Pre Treatment pada sistem konversi biogas dari limbah POME adalah bagian yang dikhususkan untuk menangani limbah POME sebelum masuk ke reaktor agar memiliki kondisi yang sesuai dengan yang dibutuhkan oleh reaktor untuk beroperasi secara optimum. Parameter-parameter tersebut adalah

#### 1. Temperatur

Proses anaerobic digestion dapat dilangsungkan dalam temperatur yang berbeda-beda, tergantung dari jenis bakteri yang digunakan. Terdapat tiga jenis bakteri yang bisa digunakan dalam proses ini, yaitu psychrophilic (< 25°C), mesophilic (25-45°C), dan thermophilic (45-70°C). Jenis bakteri dan proses yang digunakan juga berpengaruh pada HRT sistem.

Tabel 6. Tipe proses dan HRT minimumnya

Tipe Proses	Temperatur	HRT Minimum
Psychrophilic	< 25°C	70-80 hari
Mesophilic	25-45°C	30-40 hari
Thermophilic	45-70°C	15-20 hari

Kebanyakan pabrik biogas saat ini beroperasi menggunakan tipe thermopilic, karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan tipe mesophilic dan psychrophilic, yaitu:

- Efektif dalam menghancurkan pathogen
- Rasio pertumbuhan bakteri metanogenesis lebih baik pada temperatur tinggi
- HRT yang rendah, proses lebih efisien dan cepat
- Peningkatan performa digestibilitas dan kemampuan substrat
- Substrat padat lebih mudah terdegradasi
- Lebih mudah memisahkan antara fraksi cair dan padat

Walaupun demikian, proses thermophilic masih memiliki beberapa kekurangan, antara lain derajat ketidaksetimbangan yang besar, kebutuhan energy yang besar untuk menyuplai temperatur yang tinggi, dan pengotor amoniak lebih mudah terbentuk pada temperatur tinggi. Untuk mengatasi terbentuknya amoniak yang nantinya sulit ditangani pada bagian gas handling, maka seringkali tipe mesophilic digunakan sebagai kondisi operasi.

## 2. pH dan Alkalinitas

Nilai pH dihitung berdasarkan derajat keasaman (asiditas) atau alkalinitas aliran effluent POME. Bakteri yang digunakan pada reaktor memiliki kadar pH tertentu untuk tumbuh optimum. Bakteri asidogen baik tumbuh pada pH 6, dan bakteri asetogen dan metanogen baik tumbuh pada pH 7. Untuk itu seringkali limbah POME dikondisikan pada pH dengan rentang 6,5-7,5 untuk mengakomodasi hal itu. Untuk itu seringkali digunakan sistem buffering dengan menggunakan sodium bikarbonat, kapur, atau sodium hidroksida untuk mengatur pH POME sebelum masuk ke reaktor.

## 3. Nutrien

Proses biodegradasi yang baik memerlukan asupan nutrisi untuk bakteri yang digunakan, biasanya berupa nitrogen dan fosfor. Untuk itu biasanya rasio COD:N:P harus dijaga pada kondisi yang tetap dan baik untuk proses pada reaktor, tetapi pada limbah POME umumnya kandungan N dan P sudah mencukup sehingga tidak diperlukan adanya penambahan lebih lanjut.

## 4. Toksisitas

Bakteri yang digunakan dapat teracuni apabila terdapat komponen-komponen pengotor dalam limbah POME, apabila limbah POME berada pada kondisi yang tidak tepat. Bakteri metanogen adalah bakteri yang paling sensitif terhadap pengotor, terutama amoniak. Amoniak dapat muncul apabila pH berada pada kondisi lebih besar dari 7, maka dari itu pengaturan pH sangat dibutuhkan.

Dari parameter-parameter di atas, maka proses utama yang ada di bagian ini adalah pendinginan dan pengadukan bagi aliran effluent yang akan masuk ke reaktor.

### 1. Pendinginan

Pendinginan dimaksudkan agar aliran limbah POME yang masuk ke reaktor berada pada temperatur yang baik bagi bakteri dalam reaktor untuk bekerja mengonversikan COD dalam limbah menjadi kandungan biogas. Kandungan COD pada

limbah POME secara umum memiliki hubungan yang setara dengan tingginya temperatur. Limbah POME yang baru saja dihasilkan dari proses PKS memiliki COD yang tinggi pada temperatur yang juga tinggi, tetapi setelah melalui proses pengolahan limbah sederhana pada kolam-kolam WWTP di PKS perlahan temperatur POME menurun diiringi juga berkurangnya kadar COD.

Untuk proses generasi biogas yang baik diperlukan POME dengan kadar COD yang tinggi, tetapi akibatnya temperatur POME juga tinggi. Untuk menyesuaikan kondisi limbah POME yang akan masuk ke reaktor diperlukan proses pendinginan.

Proses pendinginan dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu menggunakan heat exchanger(HE) yang umumnya bertipe shell and tubed dan menggunakan direct cooling tower. Penggunaan HE memiliki hasil keluaran temperatur yang lebih stabil dan dapat diatur dengan menaikkan atau menurunkan laju alir cooling water yang dialirkan ke dalam HE jika diperlukan tetapi sistem ini memiliki biaya investasi dan operasional yang lebih besar daripada penggunaan direct cooling tower. Untuk selisih temperatur yang diperlukan besar, disarankan menggunakan HE karena kapasitasnya penurunan suhunya lebih baik. Perbandingan antara kedua sistem tersebut disajikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 7. Perbandingan HE dan Direct Cooling Tower

Parameter	Heat Exchanger	Cooling Tower
Unjuk kerja proses	Penurunan temperatur terkontrol	Penurunan temperatur besar tapi sulit terkontrol; ada penurunan COD
Ukuran peralatan	Total area 5m x 5m, tinggi max 3 m	Total area 5m x 5m, tinggi max 4 m
Jangka waktu pengadaan	1,5 bulan	2 bulan
Kebutuhan pengoperasian	Listrik total 7 HP (fan, pompa)	Listrik total 7 HP (fan)
Perawatan	Flushing berkala, cleaning fan, ganti seal pompa	Cleaning fan, ganti seal Pompa
Biaya pengadaan	Sebanding	Sebanding

## 2. Covered Lagoon

Sistem ini berupa kolam penampung limbah dengan kedalaman sekitar 6 meter atau lebih yang ditutupi dengan cover di atasnya. Jenis cover yang umum digunakan adalah high density polyethylene (HDPE) atau polyvinyl chloride (PVC). Biogas yang dihasilkan terperangkap di bawah cover kemudian dialirkan dengan menggunakan pipa yang terpasang pada jaringan lagoon. Covered lagoon membutuhkan area yang luas dan iklim yang hangat karenanya sistem ini tidak memerlukan pemanasan sebelumnya. Sistem ini murah tetapi tidak cocok bagi iklim yang dingin dan lokasi dengan permukaan air tanah yang tinggi.

Kolam anaerobik atau kolam tertutup merupakan kolam yang dilengkapi dengan membran penutup yang kuat untuk menyimpan gas. Kolam anaerobik memiliki kontak bakteri ke substrak yang kurang baik dengan tingkat pengolahan yang rendah.

HTR antara 20-90 hari. HTR adalah Waktu Retensi Hidrolik atau HRT (Hydraulic Retention Time) adalah lama waktu rata-rata suatu senyawa yang mudah larut untuk tetap berada di dalam bio-digester. Membutuhkan area yang besar. Sebelum proses penguraian dilakukan perlu dihilangkan padatan berserat di dalam limbah.

Sebelum proses konstruksi kolam anaerobik dilakukan uji tanah dan pengeboran untuk mengetahui kondisi tanah. Uji tanah untuk mengetahui; Jenis tanah; Pengelompokan tanah; Kedalaman muka air tanah; Kedalaman tanah; Warna; Tekstur; dan Lapisan tanah organik

yang mungkin menghasilkan gas dibagian bawah kolam. Hasil uji tanah digunakan untuk mengkaji stabilitas lereng tanah dan menentukan desain pondai yang paling sesuai untuk sistem pengolahan gas

Pada pembangunan kolam, perlu memperhatikan Parit angkur untuk menahan liner dan cover kolam. Freeboard di kolam berfungsi untuk menampung air pada saat hujan maupun air yang berasal dari kegiatan lain seperti pembersihan peralatan. Kemiringan kolam memiliki rasio jarak vertikal ke horisontal 1:2. Jika tanah rawan longsor, maka rasio kemiringan kolam bisa menjadi 1:3 atau perlu dilakukan penguatan pada lereng Standar teknik pembuatan kolam mengacu pada American Society of Civil Engineers (ASCE).



Gambar 2. Penampang Kolam



Gambar 3. Covered Lagoon

## Gas Handling

Sistem gas handling merupakan proses penghilangan pengotor dalam biogas dan mengondisikan biogas agar siap diproses dalam gas engine. Gas engine biasanya memiliki syarat-syarat yang perlu dipenuhi oleh kondisi biogas agar dapat diproses dengan baik. Sistem ini terdiri dari 4 bagian utama, yakni Scrubber, pemurnian/purifier, blower, dan flare

### 1. Scrubber

Scrubber adalah alat untuk desulfurisasi, proses penghilangan kadar  $H_2S$  dalam biogas. Gas  $H_2S$  tidak boleh ada dalam biogas karena sifatnya yang korosif, sehingga dapat merusak bagian-bagian pabrik yang terbuat dari besi, terutama gas engine dan pipa.

Proses desulfurisasi dapat dilakukan dengan dua cara, baik biological maupun kimiawi. Proses yang digunakan tergantung pada seberapa banyak gas  $H_2S$  yang masuk dan seberapa kecil hasil konsentrasi  $H_2S$  yang diharapkan. Proses desulfurisasi dapat dilakukan di dalam reaktor atau di luarnya.

Desulfurisasi secara biologis dilakukan dengan menggunakan bakteri *Sulfobacter oxydans* yang bekerja secara aerobik, membutuhkan udara 2-8% dari jumlah biogas yang ditangani. Karena sifatnya yang aerobik, proses ini tidak begitu cocok dilakukan di dalam

reaktor yang beroperasi secara anaerobik. Proses ini dapat mengoversikan gas  $H_2S$  menjadi sulfur elemental (padat) maupun cairan  $H_2SO_3$ .

Desulfurisasi secara kimiawi dilakukan dengan menambahkan sejumlah bahan kimia pada aliran biogas. Cara ini dapat dilakukan di dalam reaktor maupun di luar. Bila reaktor yang digunakan adalah jenis covered lagoon, disarankan cara ini dilakukan di luar bagian reaktor karena tidak mudah menambahkan bahan kimia lain pada reaktor yang tertutup rapat sepanjang waktu. Untuk itu digunakan scrubber berupa kolom dengan unggun berisikan bahan kimia untuk menyerap kandungan  $H_2S$  dari aliran biogas.

## 2. Dehumidifier/Unit Pengeringan

Dehumidifier atau unit pengeringan adalah unit yang digunakan untuk menghilangkan kandungan air dalam biogas. Air bersama dengan  $CO_2$  adalah kombinasi yang sangat korosif, oleh karena biogas memiliki kandungan  $CO_2$  yang banyak, kehadiran air sangat tidak diharapkan.

Cara yang paling umum dilakukan adalah dengan mendinginkan aliran biogas sehingga kandungan air dalam biogas akan terkondensasi dan terpisahkan dari gas. Untuk itu, hal yang paling umum adalah mengondensasikan gas melalui pengaturan perpipaan aliran biogas menuju ke gas engine sehingga air yang terkondensasi sepanjang aliran dapat dikumpulkan di titik terendah pipa. Apabila pipa berada di bawah tanah, efektifitas kondensasi akan meningkat. Tetapi cara ini membutuhkan pengaturan perpipaan dan jarak pipa yang cukup untuk mengondensasikan air dalam gas dalam jumlah yang mencukupi, sehingga dibutuhkan lahan yang cukup luas. Apalagi jika pipa berada di dalam tanah, biaya yang dibutuhkan akan bertambah.

Cara lain adalah dengan menggunakan HE yang terkombinasi dengan chiller sehingga dapat menurunkan suhu biogas sampai pada kondisi yang tepat untuk mengondensasikan air dalam jumlah yang tepat. Penggunaan cara ini tepat digunakan jika memiliki keterbatasan lahan.

## 3. Blower

Blower digunakan untuk mendorong biogas agar memiliki tekanan yang cukup saat memasuki gas engine. Gas engine biasanya memiliki tekanan minimum untuk bekerja, tugas blower adalah mendorong gas agar mencapai tekanan tersebut. Blower yang dapat digunakan biasanya berupa kompresor udara atau fan. Secara umum tipe kompresor dibagi menjadi 2 tipe utama, positive displacement dan dynamic.

Tipe positive displacement meningkatkan tekanan dengan menekan volume gas yang dialirkan sedangkan tipe dynamic meningkatkan tekanan menggunakan kerja dan momentum dari putaran impeller yang ada dalam bagian utama kompresor. Tipe dynamic biasa digunakan pada pabrik dengan skala besar, laju alir dan selisih tekanan masuk dan keluar yang besar. Tipe positive displacement lebih fleksibel untuk menangani baik laju alir besar maupun kecil dan tingkat tekanan yang bervariasi. Tipe reciprocating menggunakan piston dan crankshaft sebagai bagian utama yang bekerja untuk menekan gas, sedangkan tipe rotary menggunakan kerja dua mesin yang bekerja bersamaan untuk menekan gas. Tipe reciprocating tidak didesain untuk kerja yang kontinu dan terus menerus, sedangkan tipe rotary dapat digunakan pada proses yang membutuhkan kontinuitas. Dari beberapa tipe rotary, yang paling cocok digunakan pada proses pengaliran biogas ke gas engine adalah tipe lobe yang memang secara umum digunakan untuk menekan fuel gas ke internal combustion engine. Tipe lobe yang secara umum digunakan adalah root blower.



Gambar 4. Gas Handling; Scrubber H<sub>2</sub>S (kiri), Dehumidifier (tengah), Blower (kanan)

#### 4. Flare

Suar bakar/flare berfungsi sebagai sarana keselamatan untuk mitigasi biogas ketika syarat-syarat yang diperlukan oleh gas engine tidak tercapai gas dapat dibakar agar tidak merusak gas engine. Biogas tidak dapat dilepas langsung ke atmosfer karena masalah-malasan lingkungan dan keselamatan kerja di sekitar pabrik, untuk itu sistem pembakaran melalui flare dibutuhkan.

Terdapat dua jenis flare yang dapat digunakan yaitu open flare dan enclosed flare. Open flare adalah burner sederhana, seringkali terbuka ke lingkungan (open pit) dengan pelindung angin (windshield) sederhana untuk melindungi api burner, tidak memiliki insulasi, radiasi panas yang terbuka, dan hasil pembakaran yang terpapar langsung ke lingkungan. Enclosed flare adalah sistem pembakaran umum yang terdapat di pabrik-pabrik kimia, permanen dengan stack tinggi sehingga hasil pembakaran tidak terpapar langsung ke lingkungan.

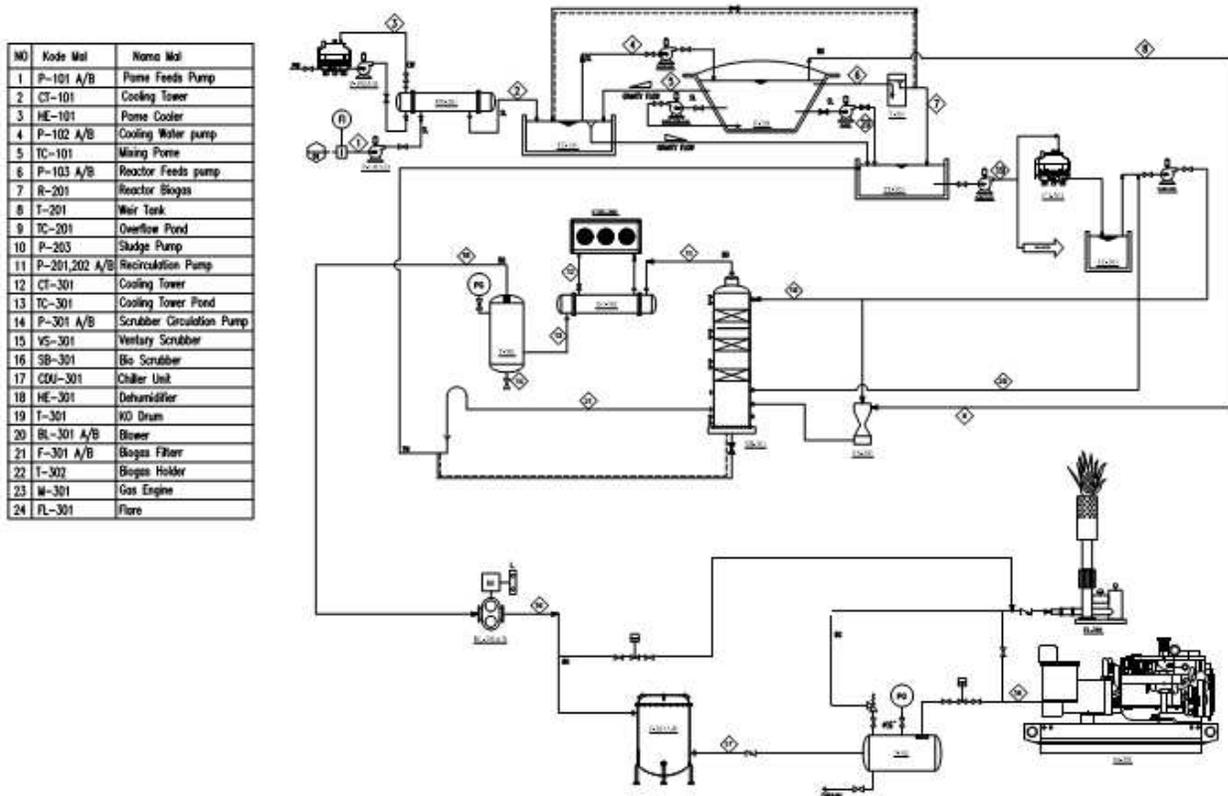
#### Gas Engine

Gas engine adalah internal combustion engine yang bekerja menggunakan piston yang bergerak naik turun akibat siklus kerja mesin otto berupa kompresi pembakaran-ekspansi yang menghasilkan tenaga bagi piston untuk bekerja naik dan turun. Kerja piston tersebut terintegrasi dengan generator magnet yang menghasilkan listrik. Biogas yang dihasilkan digunakan bersama udara untuk dibakar dalam ruang bakar engine yang hasil ekspansi dan pembakarannya digunakan sebagai tenaga bagi piston untuk bergerak.



Gambar 5. Flare (kiri), Gas Engine (kanan)

Berikut Flow Diagram Process PLTBg



Gambar 6. Flow Diagram Process PLTBg di Kabupaten Merangin

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

1. Limbah POME untuk keperluan PLTBg POME diambil dari kolam pertama, yakni keluaran fat pit menuju cooling pond 1. Titik tersebut memiliki COD rata-rata sebesar 49.600 ppm, TSS 19.300 ppm, FOG 113, ppm, pH 5 dan suhu 55°C.
2. Teknologi yang digunakan untuk konversi COD menjadi biogas adalah modified covered lagoon yang dilengkapi dengan peralatan gas Handling seperti Scrubber, Dehumidifier, Blower, dan Flare untuk mempersiapkan biogas memasuki gas engine

**Rekomendasi**

1. Volume minimum yang harus dipenuhi oleh PT. GBJ untuk menghasilkan listrik minimal 1 MW adalah 6,930,000 kg COD per tahun (setara dengan pengolahan 190.000 ton TBS/tahun selama 6.600 jam per tahun dan kandungan COD 50.000 mg/L).
2. Laju alir POME yang diambil dari kolam pengolahan limbah PT. GBJ (outlet fat pit menuju cooling pond 1) adalah maksimal 25 m<sup>3</sup>/jam, sisanya masih merupakan tanggung jawab pabrik untuk diolah.
3. POME yang telah mengalami pengolahan dalam kolam reaktor PLTBg akan dikembalikan ke wilayah kolam pengolahan limbah PT. GBJ dengan sisa kandungan COD sebanyak 15% (menurut basis desain) yang masih perlu pengolahan lebih lanjut sebelum dibuang ke lingkungan dalam kolam pengolahan limbah PT. GBJ.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Al Seadi, Teodorita, et.al. 2008. Biogas Handbook. Denmark: University of Southern Denmark Esbjerg
- Bloomberg. 2012. The Cost of Meeting a 30% Emission Reduction Target in Europe. Bloomberg New Energy Finance, 16 Maret 2012
- Ernst & Young. 2012. The Future of Global Carbon Markets, Ernst & Young, 2012. EYGM Limited EYG No. AU1365.
- Feasibility Study. 2007. Anaerobic Digester and Gas Processing Facility in the Fraser Valley. British Columbia: Electrigaz.
- Indonesia Palm Oil Advocacy Team. 2010. Facts of Indonesian Oil Palm First Edition. Jakarta: Indonesian Palm Oil Board (TAMSI-DMSI).
- Justice, Sophia. 2009. Private Financing of Renewable Energy, UK's Department for International Development. UNEP: Catham House Energy.
- Lauwers, Joost. et al. 2012. Anaerobic Co-digestion of Fats, Oils and Grease (FOG) with Waste Activated Sludge. AIDIC 10.3303/CET1229119.
- Pauss. 1990. Liquid to Mass Transfer in Anaerobic Processes.
- Suharto, Rosediana. ISPO Certification and GHG Criteria. ISPO: Workshop,, Sustainable Palm Oil", 23 Oktober 2013.
- UNEP. 2011. Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. UNEP.
- UNFCCC. 2012. AMS.I.A Version 16: Electricity Generation by the User. [cdm.unfccc.int](http://cdm.unfccc.int). diakses pada 26 Januari 2015.
- UNFCCC. 2014. AMS. I.D Version 18: Grid Connected Renewable Energy Generation. [cdm.unfccc.int](http://cdm.unfccc.int). diakses pada 26 Januari 2015.
- UNFCCC. 2014. AMS.I.F Version 3: Renewable Electricity Generation for Captive Use and Mini Grid. [cdm.unfccc.int](http://cdm.unfccc.int). diakses pada 26 Januari 2015.