

**EFISIENSI ENERGI PRODUKSI BIOGAS****AIR LIMBAH PABRIK KELAPA SAWIT PADA SUHU TERMOFILIK**

[Energy Efficiency On Biogas Production From Palm Oil Mill Effluent  
at Thermophilic Temperatures]

**Fiqih Pertiwi<sup>1)</sup>, Saroni<sup>2)</sup>, Udin Hasanudin<sup>3)</sup>, dan Tanto Pratondo Utomo<sup>3)</sup>**

- 1) Alumni Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung
- 2) Alumni Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor
- 3) Dosen Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung

**ABSTRACT**

Palm oil mill effluent treatment using anaerobic pond system was not effective because it needs large area and causes greenhouse gas emission. Thermophilic anaerobic digestion system can make hydraulic retention time of palm oil mill effluent becomes shorter. The purposes of this research were to determine the optimum temperature, net energy balance of the utilization from palm oil mill effluent at thermophilic temperature, and study the possibility of its application on palm oil mill. Palm oil mill effluent and sludge characterization were determined by analyzing pH and COD (Chemical Oxygen Demand), then 40 L palm oil mill effluent and 10 L sludge were fermented in the bioreactor stirred at temperature 45°C and 55°C. The data were presented in tables and graphs then analyzed descriptively. The Results showed that for 50 L palm oil mill effluent at 45°C needed 113,906 J/57 days and produced net energy value 22,078 MJ/57 days, while at 55°C needed 113,934 J/43 days and produced net energy value 23,622 MJ/43 days. Based on the calculation palm oil mill with capacity of 60 tonnes FFB/hour, will produce electrical energy equivalent to 1,654 MW and produce extra energy value 13.699,32 MJ/hour in the processing of FFB into CPO.

Diterima : 23 Des 2013  
Disetujui : 24 Januari 2014

Korespondensi Penulis :  
[udinha@unila.ac.id](mailto:udinha@unila.ac.id)

*Keywords : Energy efficiency, thermophilic anaerobic digestion system*

**PENDAHULUAN**

Proses pengolahan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit menjadi minyak kelapa sawit kasar (CPO) menghasilkan rendemen sekitar 21,5-23 %, sisanya berupa hasil samping berbentuk limbah padat, air limbah dan gas. Limbah padat terdiri atas tandan buah kosong (16-23%), serat perasan buah (11-26%), bungkil inti

sawit (4%), cangkang (4-6%), dan limbah padat lain (16,5%) (Utomo, 2001). Pemanfaatan limbah padat kelapa sawit umumnya dilakukan dengan cara pembakaran sabut dan cangkang secara langsung di dalam unit boiler untuk menghasilkan *steam*, sedangkan tandan kosong kelapa sawit dan abu boiler dapat dimanfaatkan melalui proses pembuatan kompos (KEMEN LH, 2009).

Pabrik pengolahan kelapa sawit juga menghasilkan air limbah dalam jumlah yang besar. Hasil penelitian pusat penelitian kelapa sawit menunjukkan bahwa pabrik kelapa sawit (PKS) yang cukup efisien menghasilkan 0,6-0,8 m<sup>3</sup> air limbah per ton tandan buah segar (Naibaho, 1996). Proses pengolahan air limbah kelapa sawit dengan menggunakan sistem anaerobik kolam terbuka saat ini dirasakan tidak efektif karena lahan yang dibutuhkan untuk kolam-kolam penampungan dan pengolahan limbah tersebut cukup besar, selain itu proses tersebut melepaskan gas metana yang merupakan gas rumah kaca. Oleh karena itu air limbah tersebut harus dikelola untuk mengurangi efek rumah kaca yang ditimbulkan. Salah satunya adalah pemanfaatannya menjadi biogas (Fatimah, 2012).

Pada air limbah pabrik kelapa sawit banyak terdapat senyawa organik yang sulit untuk didegradasi secara alamiah, misalnya minyak lemak (Irmawati, 2011). Proses pengolahan air limbah pabrik kelapa sawit secara anaerobik termofilik tertutup dapat mengurangi waktu tinggal dan lahan untuk mengolah air limbah (Fatimah, 2012) karena suhu merupakan faktor penting yang mempengaruhi aktivitas mikroorganisme. Suhu optimal proses biofermentasi dibedakan menjadi tiga macam yaitu suhu termofilik 40-60°C proses perombakan cepat dan produksi tinggi, suhu mesofilik 27-40°C proses perombakan lebih lambat, dan suhu kryptofilik 5-25°C proses perombakan berjalan lambat (Tchobanoglous *et al.*, 2003)

Penelitian yang dilakukan pada perlakuan suhu termofilik 45°C dan 55°C di dalam bioreaktor. Hal tersebut tentu akan mempengaruhi dekomposisi bahan

organik pada air limbah dan membutuhkan energi untuk menaikkan suhu. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan suhu optimum produksi biogas dari air limbah pabrik kelapa sawit pada sistem anaerobik termofilik, menentukan neraca energi netto pemanfaatan air limbah pabrik kelapa sawit pada perlakuan suhu termofilik, dan mempelajari kemungkinan penerepannya di pabrik kelapa sawit. Perlakuan suhu termofilik pada air limbah pabrik kelapa sawit ini diharapkan akan menghasilkan potensi energi yang lebih tinggi dan dekomposisi bahan organik menjadi biogas yang lebih singkat.

## **BAHAN DAN METODE**

### **Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan pada penelitian adalah air limbah kelapa sawit, *sludge*, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, HgSO<sub>4</sub>, Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, buffer 4 dan 6, gas Helium, aquades, tisu, dan label. Peralatan yang digunakan dalam penelitian skala laboratorium adalah bioreaktor anaerobik dengan kapasitas 50 L yang dilengkapi dengan pengaduk, *gas sampler bag*, pH meter HM-20P, *reactor unit* DRB200, HACH spektrofotometer DR/4000U, *gas chromatography*, pipet mikro, labu takar, *vial*, pipet tetes, botol semprot, dan sarung tangan.

### **Pelaksanaan Penelitian**

Air limbah industri kelapa sawit dan *sludge* ditentukan karakterisasinya dengan menganalisis nilai pH dan COD (*Chemical Oxygen Demand*). Selanjutnya air limbah dan *sludge* tersebut dijadikan substrat pada proses fermentasi anaerobik termofilik. Sebanyak 40 L air limbah segar kelapa sawit dan 10 L *sludge* dimasukkan dalam bioreaktor berpengaduk pada perlakuan suhu 45°C dan 55°C. Setiap hari Senin

dan Kamis dikeluarkan air limbah dari dalam bioreaktor sebanyak 150 ml untuk dianalisis pH dan COD tanpa ada penggantian air limbah segar, sementara komposisi biogas dianalisis sekali dalam satu minggu hingga. Data hasil pengamatan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik kemudian dianalisis secara deskriptif dengan melihat kecenderungan pada tiap parameter selama waktu tinggal air limbah. Neraca energi netto dihitung dari potensi energi yang dihasilkan dari kedua perlakuan suhu termofilik dikurangi dengan input energi yang diperlukan pada masing masing perlakuan.

### Pengamatan pH

Pengukuran pH limbah dilakukan dengan menggunakan alat pH meter HM-20P produksi Jepang secara langsung setelah sampel air limbah dikeluarkan dari dalam bioreaktor. Caranya dengan memasukkan pH meter HM-20P ke dalam sampel limbah sambil diaduk kemudian catat nilai pH pada alat (DKK-TOA Corporation, 2004).

### Pengukuran COD

Larutan pencerna terdiri dari 10,216 g  $K_2Cr_2O_7$  yang telah dikeringkan pada suhu  $150^\circ C$  selama 2 jam. Kemudian ditambahkan 167 mL  $H_2SO_4$  pekat dan 33,3 g  $H_2SO_4$ . Dilarutkan dan didinginkan pada suhu ruang kemudian diencerkan sampai 1000 mL. Larutan pereaksi asam sulfat dibuat dengan cara menambahkan 10,12 g kristal  $Ag_2SO_4$  ke dalam 1000 mL  $H_2SO_4$  pekat. Dibiarkan selama 1 jam

hingga larut. Reagen COD disiapkan dengan memasukkan 1,5 mL larutan pencerna dan 3,5 mL larutan pereaksi asam sulfat ke dalam *vial* berkapasitas 10 mL (HACH Company, 2004).

Sampel limbah keluaran dari metana reaktor dihomogenkan dengan cara diaduk. Sebanyak 0,2 mL atau 200  $\mu L$  sampel limbah diambil dengan menggunakan mikropipet, dan dimasukkan ke dalam *vial* yang berisi reagen COD lalu dipanaskan menggunakan *reactor unit* DRB200 pada suhu  $150^\circ C$  selama 2 jam. Setelah dipanaskan, *vial* dikeluarkan dan dibiarkan sampai suhu ruang kemudian dilakukan pengukuran nilai COD dengan menggunakan HACH spektrofotometer DR/4000U pada panjang gelombang 620 nm (HACH Company, 2004).

### Pengukuran Komposisi Biogas

Pengukuran komposisi biogas dilakukan dengan cara menampung gas yang terbentuk pada metan reaktor ke dalam *gas sampler* kemudian sampel gas dianalisa dengan menggunakan *Gas Chromathography* (GC) untuk mengetahui jenis gas yang ada serta konsentrasinya pada temperatur  $200^\circ C$ , *current* 80 mA, dan *slope test* di bawah 30 (Shimadzu Corporation, 2004).

### Perhitungan Efisiensi Potensi Energi Air Limbah Kelapa Sawit

Tahapan dalam menghitung energi air limbah kelapa sawit pada perlakuan suhu termofilik adalah sebagai berikut :

#### 1. Energi Yang Digunakan Untuk Fermentasi Termofilik $45^\circ C$ dan $55^\circ C$

$Q$	=	$W$
$m \cdot c_p \cdot \Delta T$	=	$P \cdot t$

Keterangan :

Q = Kalor yang diterima (J)

W = Energi<sub>in</sub> (J)

m = Massa air limbah kelapa sawit (Kg)

c<sub>p</sub> = Kalor jenis air limbah kelapa sawit (J/Kg. °K)

ΔT = T<sub>1</sub> – T<sub>0</sub> (°K), (T<sub>1</sub> = suhu termofilik ( 45°C dan 55°C ) , T<sub>0</sub> = suhu ruang (27°C ) )

P = Daya (watt)

t = Waktu (s)

a. COD removal

$$\text{COD}_r = (\text{COD}_{in} - \text{COD}_{out}) \cdot 50 \text{ L}$$

Keterangan :

COD<sub>r</sub> = Penyisihan COD

COD<sub>in</sub> = COD inlet (mg/L)

COD<sub>out</sub> = COD outlet (mg/L)

b. Potensi gas metana

$$\text{CH}_4 = \text{COD}_r \times 0,35^*$$

Keterangan :

CH<sub>4</sub> = Potensi metana (m<sup>3</sup>/hari)

COD<sub>r</sub> = Penyisihan COD (g/hari)

\*) 1 kg COD<sub>r</sub> = 0,35 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> (Tchobanoglous *et al.*, 2003)

c. Biogas

$$\text{Biogas} = \text{CH}_4 / \text{Konsentrasi gas metana}$$

Keterangan :

Biogas = Potensi biogas (m<sup>3</sup>/hari)

CH<sub>4</sub> = Potensi metana (m<sup>3</sup>/hari)

d. Energi<sub>out</sub>

$$\text{a. Energi}_{out} = \text{CH}_4 \times \text{nilai kalor gas metana}$$

Keterangan :

CH<sub>4</sub> = Potensi metana (m<sup>3</sup>/hari)

1 m<sup>3</sup> gas CH<sub>4</sub> mengandung energi sebesar 35,9 MJ/m<sup>3</sup> (Nakamura (2006) dalam Hasanudin *et al.*, (2007))

## 2. Energi Netto

$$\text{Energi Netto} = \text{Energi}_{\text{out}} - \text{Energi}_{\text{in}}$$

Keterangan :

$\text{Energi}_{\text{out}}$	=	Potensi energi (J/hari)
$\text{Energi}_{\text{in}}$	=	Energi yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu termofilik
Energi Netto	=	Energi bersih yang dihasilkan (MJ/hari)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik awal air limbah kelapa sawit

Karakterisasi awal dilakukan pada sampel hasil pencampuran 80% air limbah pabrik kelapa sawit dan 20% *sludge*. Hasil karakterisasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi awal air limbah pabrik kelapa sawit

Parameter	Satuan	jumlah
Ph	-	6,29
COD	mg/l	44.000

Tabel 1. menunjukkan nilai COD sebesar 44.000 mg/L sedangkan nilai COD baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah RI melalui KEPMEN LH No.03 tahun 2010 sebesar 100 mg/L. *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah oksigen yang diperlukan untuk merombak bahan organik dan anorganik. Parameter pH pada karakterisasi awal ini menunjukkan nilai yang mendekati netral yaitu sebesar 6,29 karena telah dilakukan penambahan *sludge* sebanyak 20%. Menurut Atikalidia (2011), nilai COD yang tinggi dan kisaran pH yang rendah dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan bila limbah cair minyak sawit langsung dibuang ke lingkungan. Pembuangan limbah tanpa pengolahan dapat meningkatkan COD dan mengurangi jumlah oksigen yang ada di badan air penerima. selain itu, derajat keasaman badan air akan semakin rendah

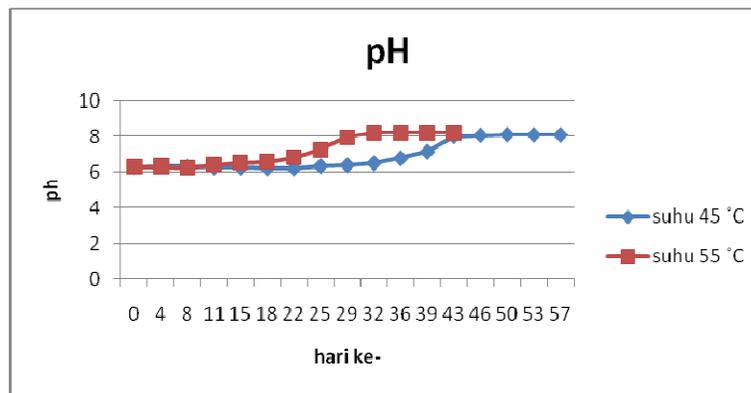
sehingga mengakibatkan ekosistem lingkungan menjadi rusak.

Air limbah pabrik kelapa sawit berwarna kecoklatan, mengandung padatan terlarut dan tersuspensi berupa koloid dan residu minyak dengan kandungan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang tinggi (Siregar, (2009). *Sludge* merupakan lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah sebagai sumber mikroorganisme yang akan mengkonversi bahan organik pada air limbah menjadi biogas. *Sludge* yang digunakan berasal dari kolam anaerobik di pabrik kelapa sawit PTPN VII Unit Usaha Bekri, berwarna hitam pekat dan mengandung material padat yang lebih banyak dibandingkan dengan air limbah kelapa sawit. Hasil pencampuran tersebut mengandung senyawa kompleks yang akan terdekomposisi secara anaerobik menjadi produk yang lebih sederhana,

kemudian dikonversi menjadi biogas oleh bakteri metanogenik. Menurut Khanal (2008), senyawa organik kompleks seperti protein, karbohidrat, dan lemak didekomposisi menjadi produk-produk yang lebih sederhana seperti asam amino, gula-gula sederhana, dan asam lemak berantai panjang serta gliserin, melalui aktivitas enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh bakteri fermentatif. Bakteri lain yang mengkonsumsi produk hasil dekomposisi tersebut kemudian memproduksi asam organik dan dirombak menjadi molekul kecil seperti asetat, format, hidrogen dan CO<sub>2</sub>. Menurut Grover dan Hogland (2002), bakteri khusus lainnya, bakteri metanogenik, menggunakan molekul hasil perombakan tersebut untuk menghasilkan metana

**Nilai pH Limbah**

Nilai pH merupakan salah satu parameter yang penting dalam proses anaerobik karena akan mempengaruhi aktivitas mikroorganisme baik dalam mendegradasi bahan organik maupun dalam memproduksi gas metana. Menurut Hasanudin (1993), beberapa penelitian menunjukkan bahwa pH optimum untuk proses pengolahan secara anaerobik adalah berkisar antara 6,0-8,0. Nilai pH perlakuan suhu 45°C dan 55°C pada awal proses fermentasi hanya sebesar 6,29 dan berangsur angsur naik. Hasil pengukuran pH selama fermentasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh perlakuan suhu termofilik terhadap nilai pH

Gambar 1. menunjukkan bahwa suhu 45°C terjadi peningkatan nilai pH hingga mencapai 8,08 pada hari ke-57, sedangkan pada suhu 55°C peningkatan nilai pH hingga 8,2 pada hari ke-43. Perbedaan nilai pH dan waktu tinggal air limbah tersebut akibat perbedaan perlakuan suhu pada substrat. Suhu yang lebih tinggi menyebabkan nilai pH dan waktu tinggal air limbah menjadi lebih singkat. Kenaikkan nilai pH disebabkan karena awal proses fermentasi, asam-asam

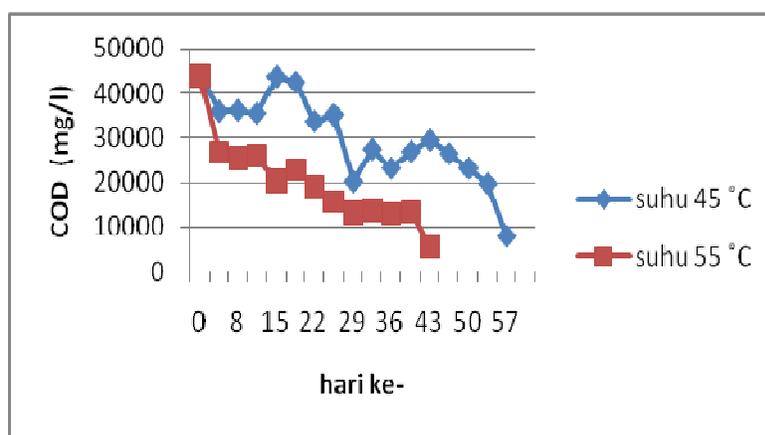
organik yang dihasilkan oleh bakteri-bakteri pembentuk asam (*Acidogenic*) cenderung menurunkan pH substrat kemudian diimbangi dengan adanya degradasi asam-asam organik tersebut menjadi buffer bikarbonat selama fermentasi metana oleh bakteri metanogenik. Hal tersebut terjadi karena dalam fermentasi metana juga dihasilkan karbondioksida. Bila proses tidak berada dalam kesetimbangan, bakteri pembentuk asam akan jauh lebih banyak dari bakteri

metanogenik dan asam organik dalam sistem akan bertambah, jika buffer tidak mampu mengatasi perubahan ini, maka pH substrat akan turun. Nilai pH yang turun akan menghentikan aktivitas bakteri metanogenik sehingga waktu tinggal air limbah akan semakin lama (Grady dan Lim, 1980).

#### Nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) Air Limbah

Nilai COD menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan untuk

mendegradasi bahan organik dan anorganik yang terkandung dalam air limbah secara kimiawi. Berdasarkan karakterisasi awal air limbah kelapa sawit bahwa nilai COD dengan pencampuran 80% air limbah kelapa sawit dan 20% *sludge* menghasilkan COD sebesar 44.000 mg/L. Hasil analisis COD pada perlakuan suhu 45°C dan 55°C dapat dilihat pada Gambar 2. Pengaruh peningkatan suhu substrat dapat mempercepat proses perombakan.



Gambar 2. Pengaruh perlakuan suhu termofilik terhadap nilai COD air limbah kelapa sawit dan waktu tinggal air limbah

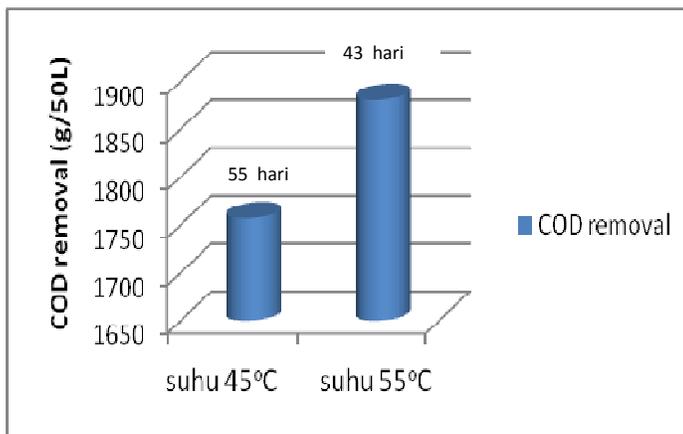
Gambar 2. menunjukkan bahwa nilai COD air limbah kelapa sawit pada perlakuan suhu 45°C memiliki nilai COD akhir yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan suhu 55°C. Nilai COD akhir pada suhu 45°C sebesar 8.000 mg/L dengan waktu tinggal 57 hari dan nilai COD akhir pada suhu 55°C sebesar 5.700 mg/L dengan waktu tinggal 43 hari. Suhu yang lebih tinggi dapat memicu perombakan kimiawi menjadi lebih baik, perombakan yang lebih cepat akan dimanfaatkan oleh bakteri metanogenik untuk menghasilkan gas metana, untuk bakteri termofilik dengan perombakan

optimal pada 55°C (NAS (1981) dan Bitton (1999)), namun dampak negatif dapat terjadi pada suhu lebih tinggi dari 60°C. Hal ini disebabkan oleh toksisitas ammonia meningkat dengan meningkatnya suhu, sedangkan pada suhu di bawah 50°C laju pertumbuhan bakteri termofilik rendah (Wellinger, 1999).

Perombakan senyawa kompleks menjadi senyawa lebih sederhana memudahkan bakteri metanogenik membentuk biogas. Proses perombakan bahan organik menjadi lebih cepat dengan peningkatan suhu substrat dan mengakibatkan penurunan COD yang

lebih cepat sehingga mengurangi waktu tinggal air limbah. Hasil pengukuran COD

removal pada perlakuan suhu 45°C dan 55°C disajikan pada Gambar 3.



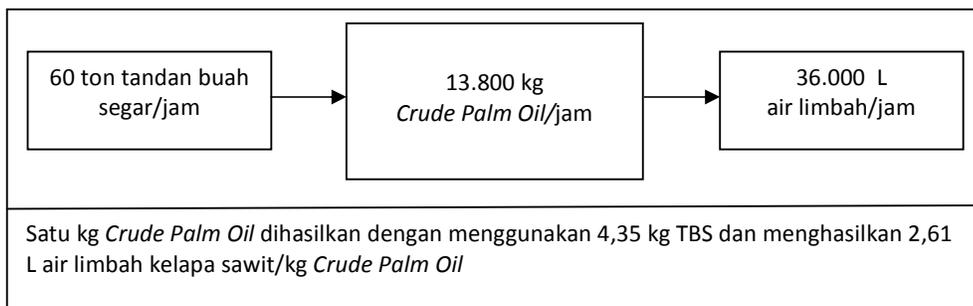
Gambar 3. Hasil pengukuran COD removal air limbah kelapa sawit selama waktu tinggal air limbah

COD removal atau penyisihan COD adalah kemampuan mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik per satuan waktu di dalam bioreaktor. Hasil pengukuran COD out pada suhu 45°C diperoleh COD removal sebesar 1.756,8 g/57 hari sedangkan dari hasil pengukuran COD out pada suhu 55°C maka diperoleh COD removal 1.880,5 g/43 hari. Jumlah COD removal pada perlakuan suhu 55°C lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan suhu 45°C karena suhu yang tinggi dapat memicu perombakan secara kimiawi akan lebih mudah dimanfaatkan

oleh bakteri metanogenik untuk menghasilkan gas metana.

**Kajian Produksi Energi Pada Perlakuan Suhu Termofilik Dari Air limbah Industri Kelapa Sawit**

Menurut Paepatung *et al.*, (2006), satu unit pabrik kelapa sawit (PKS) berkapasitas olah 60 ton tandan buah segar (TBS)/jam menghasilkan air limbah sebanyak 36-48 m<sup>3</sup> atau setara dengan 36.000-48.000 L dan menghasilkan 13.080 kg CPO. Diagram alir konversi dari air limbah kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir konversi dari proses produksi *Crude Palm Oil* menjadi air limbah kelapa sawit (diolah dari Paepatung *et al.*, (2006)).

Pemanfaatan air limbah kelapa sawit menjadi biogas didukung oleh besarnya jumlah air limbah yang dihasilkan serta tingginya nilai COD air limbah. Berdasarkan perhitungan, perlakuan suhu 55°C membutuhkan input energi yang lebih besar dibandingkan dengan suhu 45°C (asumsi nilai kalor jenis air limbah 3,94 kJ/kg.°K pada appendix A.4-1 Heat Capacities of foods (Geankoplis, 1993)). Perlakuan suhu 45°C membutuhkan input energi sebesar 113,906 J/57 hari dan perlakuan suhu 55°C membutuhkan input energi sebesar 113,934 J/43 hari. Nilai input energi tersebut diperoleh dari perhitungan bahwa

jumlah kalor yang dihasilkan sama dengan banyak energi yang digunakan.

Gas metana merupakan gas yang mengandung satu atom C dan 4 atom H dan memiliki sifat mudah terbakar. Gas metana yang terkandung di dalam biogas berkisar 55-75%. Hasil pengukuran gas metana dari air limbah kelapa sawit pada perlakuan suhu 45°C dengan jumlah air limbah sebesar 50 L dan masa tinggal air limbah selama 57 hari menghasilkan konsentrasi gas metana sebesar 48,968 % dan air limbah kelapa sawit dengan perlakuan 55°C dengan jumlah air limbah sebesar 50 L dan masa tinggal air limbah selama 43 hari menghasilkan konsentrasi gas metana sebesar 54,682 %.

Tabel 2. Perbandingan antara input energi, output energi, dan energi netto yang dihasilkan dari 50 L air limbah kelapa sawit

Jenis Energi	Suhu 45 <sup>0</sup> C (J/50 L)	Suhu 55 <sup>0</sup> C (J/50 L)
Input energi	113,906	113,934
Output energi	22.078.500	23.622.000
Energi netto	22.078.386	23.621.886

Keterangan : Suhu 45<sup>0</sup>C : 57 hari

Suhu 55<sup>0</sup>C : 43 hari

Tabel 2. menunjukkan berdasarkan perhitungan secara teoritis pada perlakuan suhu 45°C dengan jumlah air limbah kelapa sawit 50 L, nilai COD<sub>in</sub> sebesar 44.000 mg/l, COD<sub>out</sub> 8.000 mg/l, dan COD<sub>r</sub> 1.756,8 g/ 57 hari, maka dapat diperhitungkan bahwa potensi biogas yang dihasilkan adalah 1,256 m<sup>3</sup>/57, dengan energi yang dapat dihasilkan dari biogas tersebut adalah 22.078.500 J/57 hari dengan efisiensi sebesar 22.078.386,09 J/57 hari. Pada perlakuan suhu 55°C dengan jumlah air limbah 50 L, nilai COD<sub>in</sub> sebesar 44.000 mg/l, COD<sub>out</sub> 5.700 mg/l, dan COD<sub>r</sub> 1.880,5 g/ 43 hari, maka besarnya potensi biogas adalah 1,203 m<sup>3</sup>/43hari dan energi yang dapat dihasilkan dari biogas tersebut adalah

23.622.000 J/43 hari dengan efisiensi sebesar 23.621.886,07 J/43 hari. Perhitungan tersebut didasarkan bahwa satu mol metana memerlukan dua mol oksigen untuk dapat mengoksidasi menjadi CO<sub>2</sub> dan air, akibatnya setiap produksi 16 gram metana dapat menurunkan COD air limbah sebanyak 64 gram. Setiap 1 kg COD akan menghasilkan 0,34 sampai 0,36 m<sup>3</sup> metana (Grady dan Lim, 1980).

#### Penerapan Pemanfaatan Biogas Dari Air Limbah Industri Kelapa Sawit

*Crude Palm Oil* (CPO) merupakan salah satu hasil pengolahan kelapa sawit. CPO digunakan untuk bahan baku

berbagai industri diantaranya industri pangan dan industri sabun. Beragam industri yang menggunakan bahan CPO tersebut akan meningkatkan permintaan

terhadap CPO. Berikut ini merupakan peningkatan produksi CPO di Indonesia dari tahun 2009 sampai 2012.

Tabel 3. Peningkatan produksi CPO di Indonesia dari tahun 2009 sampai 2012.

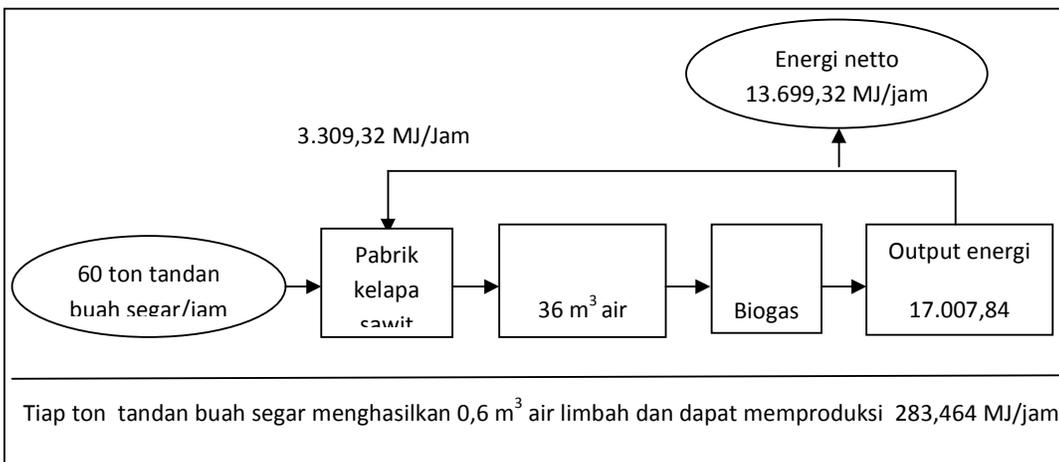
Tahun	Produksi (Juta ton)
2009*	18,6
2010	20,4
2011	21,9
2012	23,5

Keterangan : Tahun 2009 \*) : Angka Sementara dari Ditjen Perkebunan  
 Tahun 2010 – 2012 : Angka hasil proyeksi

Sumber : Kementerian Pertanian (2010).

Meningkatnya permintaan terhadap CPO, menyebabkan proses produksi harus berjalan optimal untuk mencapai produktivitas yang tinggi. Salah satu upaya untuk mengurangi biaya energi melalui pemanfaatan air limbah kelapa sawit menjadi biogas sebagai sumber energi. Menurut Rahmat (2002), kebutuhan energi pada kegiatan pengolahan TBS menjadi CPO

memerlukan energi listrik sebesar 0,2530 MJ/kg CPO. Tahapan kegiatan pengolahan yang paling besar mengkonsumsi energi yaitu pengolahan biji sebesar 0,1076 MJ/kg CPO atau sebesar 43,11 % dari total konsumsi energi untuk pengolah TBS menjadi CPO. Pabrik kelapa sawit dengan kapasitas 60 ton/jam akan menghasilkan 13.080 kg CPO dan air limbah sebanyak 36 m<sup>3</sup>/jam.



Produksi biogas pada suhu 55°C dengan jumlah air limbah 50 L menghasilkan efisiensi energi sebesar 23,623 MJ/43 hari. Berdasarkan pembuatan biogas skala laboratorium

tersebut, Energi yang dibutuhkan untuk mengolah TBS menjadi CPO pada pabrik kelapa sawit dengan kapasitas 60 ton TBS/jam sebesar 3.309,24 MJ dan menghasilkan air limbah sebanyak 36 m<sup>3</sup>,

maka biogas yang dapat dihasilkan dari 36 m<sup>3</sup> air limbah kelapa sawit yaitu sebesar 17.008,56 MJ/jam atau sebanding dengan 4,7244 MW dan memiliki energi setara listrik sebesar 1,654 MW (efisiensi konversi biogas menjadi energi listrik sebesar 0,35) sehingga penerapan pemanfaatan biogas dari air limbah kelapa sawit ini menghasilkan kelebihan energi sebesar 13.699,32 MJ/jam.

### KESIMPULAN

Suhu 55°C lebih baik untuk produksi biogas dibandingkan dengan suhu 45°C. Neraca energi netto pemanfaatan air limbah kelapa sawit menjadi biogas pada perkuan suhu termofilik 45°C dan 55°C dengan jumlah air limbah kelapa sawit 50 L, membutuhkan input energi masing masing 113,906 J/57 hari dan 113,934 J/43 hari, dan menghasilkan produksi energi netto sebesar 22,078 MJ/57 hari dan 23,623 MJ/43hari.

Pemanfaatan air limbah pabrik kelapa sawit menjadi biogas dengan perlakuan suhu 55°C apabila diterapkan dengan kapasitas 60 ton TBS/jam dapat menghasilkan energi setara listrik sebesar 1,654 MW dan menghasilkan kelebihan energi sebesar 13.699,32 MJ/jam.

### DAFTAR PUSTAKA

Atikalidia, M. 2011. Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) dan produksi biogas limbah cair pabrik kelapa sawit dengan bioreaktor hibrid anaerob bermedia cangkang sawit. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia. Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia. ISSN 1693 – 4393.

DKK-TOA Corporation. 2004. G Series pH meter HM-306/506/606 Instruction Manual DKK-TOA Corporation. Japan.

Fatimah, N. F. 2012. Pengaruh Pengurangan Konsentrasi Trace Metal (Nikel Dan Kobal) Pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Secara Anaerobik Termofilik Terhadap Produksi Biogas. (Tesis). Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.

Geankoplis, C. J. 1993. Transport Processes And Unit Operations 3<sup>rd</sup> ed. Prentice Hall. USA.

Grady, C.P.L., H.C. Lim. 1980. Biological Wastewater Treatment – Theory and Application. Marcel Dekker. Inc. New York.

Grover, V.K., W. Hogland. 2002. Recovering Energy from Waste : Various Aspects (Eds). Enfield. Science Publishers Inc.

HACH Company. 2004. DR/4000 Spectrophotometer Models 48000 and user manual 08/04 3ed. HACH Company World Headquarters. Colorado. 115 hlm.

Hasanudin, U. 1993. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Dengan Bioreaktor Unggun Fluidisasi Anaerobik Dua Tahap. (Tesis). Program Studi Teknik Kimia. Program Pasca Sarjana. ITB. Bandung. 197 hlm.

Hasanudin, U., E. Suroso, Risfaheri, dan Misgiyarta. 2007. Optimasi Fermentasi Air Limbah Tapioca Sebagai Sumber Biogas. Laporan Hasil Penelitian. Universitas Lampung.

- Irmawati, F.P. 2011. penyisihan minyak lemak yang terkandung dalam limbah cair industri minyak sawit dengan bioreaktor hibrid anaerob bermedia cangkang sawit. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia. Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia. ISSN 1693 – 4393.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2009. Pedoman Pemanfaatan Dan Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit. Program Agroindustry Towards Zero Waste. Jakarta Timur.
- Kementrian Pertanian. 2010. Outlook Komoditas Pertanian Perkebunan. Pusat Pusat Data Dan Informasi Pertanian Kementerian Pertanian. ISSN 1507-1907. 189 hal.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2010. Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri nomor : KEP-03/MENLH/18/2010. Baku Mutu Limbah Cair untuk Industri Minyak Sawit.
- Khanal, S. K. 2008. Anaerobic Biothecnology for Bioenergy Production : Principles and Appilcation. USA . Blackwell Publishing. Hlm. 43-63.
- Naibaho, P.M. 1996. Tekhnologi pengolahan Kelap Sawit. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan
- National Academy of Sciences (NAS). 1981. Methane Generation from Human, Animal, and Agricultural Wastes. 2nd ed. National Academy of Sciences. Washington, D.C.
- Paepatung, N., P. Kullavanijaya, O. Loapitinan, W. Songkasiri, A., Noppharatana, P. Chiprasert. 2006. Assessment of Palm Oil Mill Effluent of As Biogas Energy Source in Thailand.
- Rahmat, T. A. 2002. Audit Energi Pada Produksi Crude Palm Oil (CPO) Di PTP. Nusantara VII (PERSERO) Unit Usaha Rejosari-Lampung Selatan. (Skripsi). Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Shimadzu Corporation. 2004. GC-2014 Gas Chromathography Instruction Manual. Shimadzu Corporation Analytical And Measuring Instrument Division. Kyoto. Japan.
- Siregar, P. 2009. Produksi Biogas Melalui Pemanfaatan Limbah Cair PKS dengan Digester Anaerob. <http://uwityangyoyo.wordpress.com/20.09/04/11/produksi-biogas-melalui-pemanfaatanlimbah-cair-pabrik-minyak-kelapa-sawit-dengandigester-anaerob/>. Diakses tanggal 2 februari 2013.
- Tchobanoglous, G., F. L. Burton, dan H. D. Stensel. 2003. Waste Water Engineering: Treatment and Reuse. Metcalf & Eddy Inc. New York.
- Utomo, N.U. 2001. Limbah Padat Pengolahan Minyak Sawit sebagai Sumber Nutrisi TernakRuminansia. MSc. (Tesis). <http://Aivww.pustakadepan.go.id/publikasilp/3231044.pdf>. Diakses tanggal 9 Oktober 2012.
- Wellinger A, and A. Lindeberg. 1999. Biogas Upgrading and Utilization. Task 24. Dublin: IEA Bioenergy.