

# PRODUKSI BIOGAS DARI AIR LIMBAH INDUSTRI MINYAK KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN DIGESTER ANAEROBIK MODIFIKASI DENGAN PENAMBAHAN PENGADUKAN

## BIOGAS PRODUCTION FROM PALM OIL MILL EFFLUENT USING MODIFIED ANAEROBIC DIGESTER WITH AGITATOR

Martha Aznury<sup>1</sup>, Indah Purnamasari<sup>1</sup>, Silva Anggraini<sup>1</sup>, Yeni Khusnul Fatimah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jalan Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139, Telp. 0711-353414 / Fax. 0711-355918

e-mail : <sup>a)</sup>[martha\\_aznury@polsri.ac.id](mailto:martha_aznury@polsri.ac.id)

### ABSTRACT

*Biogas produced from Palm Oil Mill Effluent (POME) can provide several benefits for the environment, such as can reduce environmental pollution and produce new energy sources. The purpose of this research was to determine the ratio of methane was produced from batch and fed batch processes, and to determine the optimal agitation speed for biogas formation from POME as the main ingredient and cow dung as starter. This research used ratio 50:50 of POME:starter and variations of agitation speed are 95 rpm and 100 rpm. Biogas was formed will be taken on days 4th, 8th, 12th, and 16th. The highest yield of biogas by fed batch system was on day 16th with 100 rpm agitation speed produced methane of 9,67%. While the lowest result was on day 4th at 95 rpm agitation speed with 0%. For batch system, the highest yield of biogas was produced on day 16th at 100 rpm with 7,927%. And the lowest yield was on day 4th at 95 rpm agitation speed with 0,93%. From this research, it can be concluded that fed batch system can produce higher methane from the result of the anaerobic fermentation process of POME than batch system. In addition, a higher agitation speed will also produce higher amount of methane.*

*Key words: Biogas, POME, Batch, Fed Batch, Agitation, Methane*

## 1. PENDAHULUAN

Peningkatan produksi minyak kelapa sawit yang terus dilakukan di Indonesia menyebabkan produksi air limbah industri minyak kelapa sawit (POME) yang ikut meningkat. POME yang langsung dibuang di kolam terbuka tanpa pengolahan terlebih dahulu berpotensi untuk menyebabkan pencemaran bagi perairan disekitarnya karena mengandung kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* yang tinggi. Selain dapat mencemari lingkungan perairan, POME juga dapat mencemari udara karena POME dapat melepaskan gas-gas berbahaya seperti CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Untuk pengolahan Pome dapat dilakukan dengan metode fermentasi anaerobik dalam tangki tertutup, karena tingginya bahan organik yang dapat diuraikan menjadi senyawa baru yang lebih bermanfaat seperti biogas (Fitria, 2011).

Dalam pembentukan biogas, kotoran ternak merupakan bahan baku potensial karena mengandung pati dan lignoselulosa (Deublein dan Stenhauser, 2008). Salah satu kotoran ternak yang biasa digunakan dalam pembentukan biogas adalah kotoran sapi. Kotoran sapi lebih potensial digunakan dalam pembentukan biogas daripada kotoran ternak lainnya dikarenakan dalam kotoran sapi telah terdapat bakteri metanogen alami yang berasal dari rumen hewan ruminansia (Agustine,

2011). Bakteri metanogen tersebut diantaranya *Methanobacterium ruminantium* dan *Methanobacterium formicicum*. Produksi biogas dari POME secara anaerob biasanya menggunakan kotoran sapi segar sebagai *starter* karena masih rendahnya produksi biogas dari POME jika dilakukan tanpa penambahan *starter*.

Rangkaian proses penguraian bahan-bahan organik untuk pembuatan biogas oleh mikroorganisme anaerob terdiri dari tahapan hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Salah satu faktor yang mempengaruhi proses penguraian tersebut adalah proses pengadukan bahan umpan dalam digester. Proses pengadukan yang ditambahkan selama proses fermentasi berperan penting dalam mengontrol pH dan untuk menjaga lingkungan yang seragam. Tanpa proses pengadukan yang memadai, dapat menyebabkan lingkungan mikro yang tidak memadai. Pengadukan yang ditambahkan selama proses berfungsi untuk mendistribusikan larutan penyangga ke seluruh area digester, selain itu pengadukan juga berfungsi untuk mencegah penumpukan produk metabolisme berkonsentrasi tinggi yang dapat menghambat. Pada proses fermentasi yang menggunakan POME sebagai bahan baku, Pengadukan biasanya dilakukan dengan menggunakan pengaduk mekanis, yaitu pengadukkan cairan dengan memasukkan POME melalui pipa

distribusi atau dilakukan dengan menggunakan biogas yang diresirkulasi (Rahayu, 2015). Pengadukkan yang digunakan dalam proses ini adalah tipe *impeller paddled* dengan variasi kecepatan 95 rpm dan 100 rpm.

Digester yang digunakan dalam penelitian ini adalah digester modifikasi dengan tangki berbentuk limas dan balok. Tangki A yang berfungsi sebagai tangki sedimentasi dibuat berbentuk limas karena tangki berbentuk limas lebih efisien dalam proses sedimentasi dibandingkan dengan digester berbentuk balok (Aznury dkk, 2018). Tujuan dari proses sedimentasi ini adalah untuk memisahkan air dan lumpur pada bahan baku sehingga hanya bagian air saja yang digunakan dalam proses fermentasi sedangkan endapan lumpurnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan bau pupuk organik cair. Bagian air yang terpisah selanjutnya dialirkan ke tangki fermentasi B dan C yang berbentuk balok, tangki fermentasi berbentuk balok ini dipilih karena lebih efektif dalam proses produksi biogas dengan cara fermentasi anaerob (Aznury dkk, 2018).

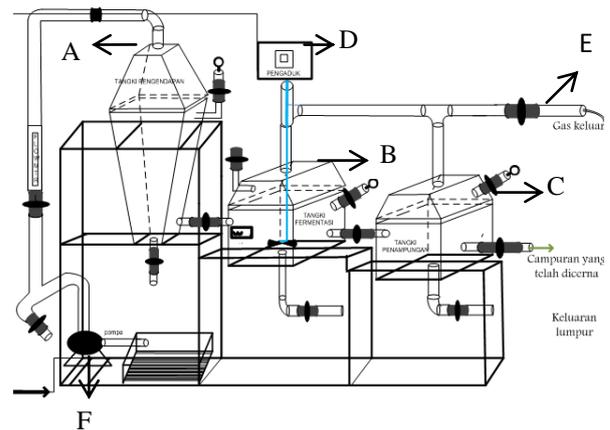
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan hasil gas metan yang dihasilkan dari proses *batch* dan *fed batch*. Selain itu untuk mengetahui kecepatan pengaduk yang optimal untuk pembentukan biogas dari air limbah industri minyak kelapa sawit.

Pengolahan anaerobik dengan sistem *batch* adalah proses yang dilakukan dengan memasukkan media dan inokulum bersama ke dalam bioreaktor dan mengambil produk pada akhir fermentasi (Rusmana, 2008). Sedangkan pengolahan anaerobik dengan sistem *fed batch* dilakukan dengan sistem yang menambahkan media baru secara teratur pada kultur tertutup tanpa mengeluarkan sisa substrat yang ada di dalam digester sehingga volume kultur semakin lama semakin bertambah. Pada sistem *fed batch* nutrisi dimasukkan ke dalam biodigester dengan perbandingan tertentu hingga diperoleh produk yang maksimal (Firdausiyah, 2015).

## 2. METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah POME yang diambil dari PT Perkebunan Mitra Ogan di desa Karang Dapo, Ogan Komering Ulu, sedangkan untuk bahan baku *starter* berupa kotoran sapi diambil dari peternakan sapi Rujito di KM 7 Palembang. *Starter* dibuat dalam proses pembibitan aklimatisasi dengan mencampurkan kotoran sapi segar dengan POME dengan perbandingan 80:20 menggunakan jerigen berkapasitas 25 liter. Sedangkan untuk proses fermentasi anaerob digunakan digester dengan tiga buah tangki, terdiri dari sebuah tangki sedimentasi berbentuk limas, dan dua buah tangki fermentasi berbentuk balok. Masing-masing tangki memiliki kapasitas sebesar 60 liter.

Sebelum digunakan dalam proses fermentasi anaerob, POME perlu dilakukan analisis awal. Analisis POME dilakukan terhadap parameter COD, BOD, dan TSS. Pengecekan ini bertujuan untuk mengetahui potensi POME dalam pengolahan menjadi biogas.



Gambar 1. Digester Anaerobik Modifikasi

- A : Tangki Sedimentasi
- B : Tangki Fermentasi
- C : Tangki Fermentasi
- D : Motor Pengaduk
- E : Penampung Hasil Biogas
- F : Pompa Umpan

Pada Gambar 1 merupakan perangkat digester yang digunakan dalam proses pembentukan biogas. Pada tahap pertama penelitian, POME dialirkan ke dalam tangki sedimentasi melalui pompa umpan untuk selanjutnya dibiarkan selama 24 jam hingga terpisah anatar cairan dan lumpurnya. Cairan yang sudah terpisah kemudian dialirkan ke dalam tangki fermentasi B dan C dan ditambahkan *starter* kedalam tangki tersebut. Perbandingan antara limbah POME dan *starter* adalah yang digunakan 50:50. Pada sistem *fed batch* dilakukan penambahan substrat pada setiap 4 hari sekali sebanyak 4 liter dengan perbandingan POME : *starter* adalah 50:50. Sedangkan pengadukan yang dilakukan pada sistem *batch* dan *fed batch* adalah selama 15 menit setiap hari dengan variasi kecepatan 95 rpm dan 100 rpm. Fermentasi dilakukan selama 16 hari, dan pengambilan hasil biogas dilakukan pada hari ke-4, ke-8, ke-12, dan ke-16.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

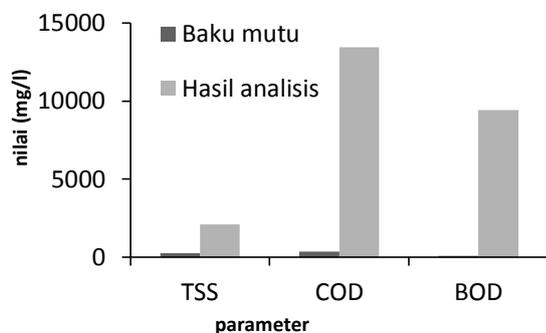
Data hasil analisis awal (Tabel 1) menunjukkan bahwa nilai pada parameter COD, BOD, dan TSS yang terkandung dalam POME tersebut memiliki kadar diatas baku mutu yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014, sehingga POME tersebut berpotensi untuk mencemari lingkungan apabila tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menurunkan nilai pencemar pada parameter tersebut salah satunya yaitu dengan proses fermentasi anaerobik.

Tabel 1. Hasil Analisis Awal POME

Parameter	Nilai	Baku Mutu*
COD (mg/L)	13.450	350
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	9.412	100
TSS (mg/L)	2.110,5	250

\*(KepMen LH, 2014)

Kandungan COD dan BOD<sub>5</sub> yang tinggi pada POME menyatakan tingginya senyawa organik yang dapat diubah menjadi gas CH<sub>4</sub> oleh bakteri metanogen. Proses pembentukan biogas dari POME ini dilakukan dengan penambahan kotoran sapi sebagai *starter*, karena kotoran sapi mengandung karbohidrat, protein, dan lemak yang dapat dikonversi menjadi *volatile fatty acids* (VFA) untuk menjadi gas metana. Selain itu, kotoran sapi memiliki mikroba pembentuk metana yang secara alami telah ada di rumen yang merupakan salah satu bagian pencernaan hewan ruminansia (Agustine, 2011).

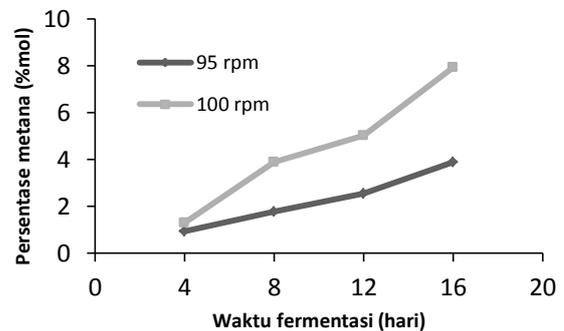


Gambar 2. Perbandingan Nilai Hasil Analisis Awal Bahan Baku dengan Standar Baku Mutu

Gambar 2 menunjukkan perbandingan antara parameter COD, BOD, dan TSS pada analisis awal POME yang akan digunakan sebagai bahan baku biogas. Hasil analisis pada ketiga parameter menunjukkan nilai yang sangat tinggi dengan COD = 13.450 mg/L, BOD = 9.412 mg/L, dan TSS = 2.110,5 mg/L. Dengan nilai yang sangat tinggi tersebut memungkinkan proses penguraian limbah POME menjadi biogas dengan proses fermentasi anaerobik karena tingginya senyawa organik yang terkandung dalam limbah POME tersebut.

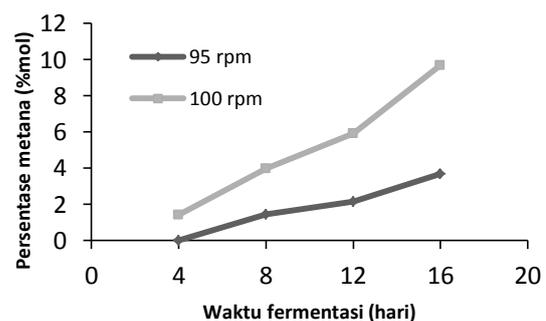
Proses pembentukan biogas dengan sistem *batch* dan *fed batch* pada penelitian ini menghasilkan hasil biogas yang belum optimal. Pada umumnya, proses pembentukan biogas dari air limbah POME secara fermentasi anaerobik membutuhkan waktu fermentasi anatar 20-90 hari. Sedangkan pada penelitian ini hanya

dilakukan fermentasi selama 16 hari, sehingga menyebabkan proses degradasi yang tidak tuntas dan hasil biogas kurang maksimal (Rahayu, 2015).



Gambar 3. Grafik perbandingan hasil persentase gas CH<sub>4</sub> pada sistem *batch*

Gambar 3 menunjukkan hasil biogas yang diperoleh pada proses fermentasi anaerobik dengan sistem *batch* Grafik tersebut menunjukkan hasil perolehan biogas terendah pada kecepatan 95 rpm adalah pada hari ke-4 dengan persentase gas metana sebesar 0,94% dan hasil tertingginya 3,88%. Sedangkan untuk kecepatan 100 rpm hasil terendah gas metana adalah sebesar 1,3% pada hari ke-4 dan tertingginya adalah sebesar 7,29% pada hari ke-16.



Gambar 4. Grafik perbandingan hasil persentase gas CH<sub>4</sub> pada sistem *fed batch*

Gambar 4 diatas menunjukkan hasil biogas yang diperoleh dari proses fermentasi anaerobik dengan sistem *fed batch*. Dari grafik tersebut terlihat bahwa pada kecepatan 95 rpm kadar biogas terendah yang diperoleh adalah pada hari ke-4 dengan 0% sedangkan kadar tertingginya adalah 3,69% pada hari ke-16. Sedangkan untuk kecepatan 100 rpm, kadar biogas tertinggi yang dihasilkan adalah pada hari ke-16 yaitu sebesar 9,67%, sedangkan kadar terendahnya adalah pada hari ke-4 sebesar 1,43% .

Dari hasil biogas yang diperoleh menunjukkan bahwa pada kedua perbandingan kecepatan menghasilkan bentuk grafik yang terus meningkat dari hari ke-4 sampai hari ke-16. Ini menunjukkan bahwa adanya aktivitas mikroorganisme anaerobik dalam merombak substrat yang dalam hal ini adalah limbah POME menjadi gas  $\text{CH}_4$  selama fermentasi. Kenaikan kandungan metan salah satunya didukung oleh peran pengadukan yang dilakukan secara rutin selama proses fermentasi dengan lamanya waktu pengadukan yaitu 15 menit perhari. Pengadukan berfungsi untuk mendistribusikan larutan penyangga ke seluruh area digester dan mencegah penumpukkan produk metabolisme berkonsentrasi tinggi yang dapat menyebabkan terhambatnya pembentukan bakteri metanogen (Rahayu dkk, 2015). Menurut Mahajoeno (2008), apabila kondisi di dalam substrat lebih homogen maka proses degradasi oleh bakteri metanogen selama fermentasi anaerobik akan berlangsung lebih sempurna.

Dari hasil yang diperoleh kecepatan agitator 100 rpm menghasilkan jumlah gas yang lebih tinggi baik pada sistem *fed batch* maupun sistem *batch* daripada pada kecepatan 95 rpm. Kecepatan pengadukan yang lebih cepat mengakibatkan proses homogenisasi berlangsung lebih baik sehingga dapat menyebabkan proses degradasi lebih optimal dan menghasilkan gas  $\text{CH}_4$  lebih banyak.

Selain gas  $\text{CH}_4$  di dalam biogas juga terdapat komponen gas lain yang terbentuk. Dari hasil yang telah diperoleh pada kedua perbandingan komposisi, gas  $\text{N}_2$  merupakan kandungan gas yang dominan dalam biogas yang dihasilkan. Kandungan  $\text{N}_2$  dalam biogas dapat diakibatkan karena ikut masuknya udara luar selama proses pemompaan POME kedalam digester. Selain itu, besarnya kandungan gas  $\text{N}_2$  disebabkan karena banyaknya jumlah bakteri metanogen yang berperan sebagai agen degradasi bahan organik, ini mengakibatkan nilai total gas  $\text{N}_2$  sebagai hasil degradasi bahan organik akan semakin meningkat pula (Kurniawan dkk, 2013).

Jika dilihat dari persentase gas  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan pada sistem *batch* dan *fed batch*, sistem *fed batch* menghasilkan persentase jumlah gas  $\text{CH}_4$  yang lebih besar. Ini disebabkan karena pada sistem *fed batch* dilakukan penambahan substrat sebanyak 4 liter yang terdiri dari 50 POME : 50% setiap 4 hari sekali. Penambahan substrat dalam sistem *fed batch* ini mengakibatkan kandungan senyawa organik yang dapat didegradasi oleh bakteri metanogen selama proses fermentasi menjadi lebih banyak.

#### 4. SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dengan perbandingan 50 POME : 50 starter dan dilakukan variasi kecepatan pengadukan 95 rpm dan 100 rpm secara *batch* dan *fed batch* menunjukkan bahwa pada sistem *fed batch* dapat menghasilkan kadar gas  $\text{CH}_4$  yang lebih besar jika dibandingkan dengan sistem *batch*. Penambahan substrat yang dilakukan secara

teratur pada sistem *fed batch* menyebabkan kandungan senyawa organik yang dapat didegradasi menjadi gas  $\text{CH}_4$  menjadi lebih banyak. Selain itu, kecepatan pengadukan yang diberikan selama proses juga mempengaruhi kandungan gas  $\text{CH}_4$ . Pengadukan dengan kecepatan 100 rpm menghasilkan kadar gas  $\text{CH}_4$  yang lebih tinggi baik secara *batch* maupun *fed batch*. Ini menunjukkan bahwa pengadukan dengan kecepatan 100 rpm merupakan perlakuan pengadukan optimum untuk proses pengolahan air limbah industri minyak kelapa sawit menjadi biogas.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agustine, R. 2011. *Produksi Biogas dari Palm Oil Mill Effluent (POME) dengan Penambahan Kotoran Sapi Potong Sebagai Aktivator*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Aznury, M., Amin, J.M., Hasan, A., dan Hutomo, T. 2018. *The Digester Modification for Biogas Production from Palm Oil Mill Effluent by Batch System*. Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Deublein, D., dan Steinhauser, A. 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resources*. New Jersey : Wiley-VCH.
- Firdausiyah, N. 2015. *Variasi Perbandingan Bahan Baku Kompos dan Kotoran Sapi serta Waktu Fermentasi dalam Produksi Biogas dengan Penambahan Konsorsium Bakteri Hidrolitik*. Fakultas Sains Teknologi. Surabaya : Universitas Airlangga.
- Fitria, A. 2011. *Produksi Biogas dari Limbah Cair Minyak Kelapa Sawit dengan Menggunakan Digester Dua Tahap*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Kurniawan, D., Sri, K., dan Nimas, M.S. 2013. *Pengaruh Volume Penambahan  $\text{EM}_4$  1% dan Lamanya Fermentasi Terhadap Kualitas Pupuk Bokashi dari Kotoran Kelinci dan Limbah Nangka*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Mahajoeno, E. 2008. *Pengembangan Energi Terbarukan dari Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Menteri Lingkungan Hidup. 2014 . Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 “ *Baku Mutu untuk Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit*”.
- Rahayu, A.S., Karsiwulan, D., Yuwono, H., Trisnawati, I., Mulyasari, S., Rahardjo, S.,

Hokermin, S., dan Paramita, V. 2015. *Buku Panduan Konversi POME Menjadi Biogas Pengembangan Proyek di Indonesia*. Amerika Serikat : Winrock Internasional.

Rusmana, I. 2008. *Sistem Operasi Fermentasi*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.