

## Pengaruh Penambahan EM (Effective Microorganism) Terhadap Produksi Biogas dari Air Limbah Industri Makanan

Mubarokah Nuriaini Dew<sup>1,a)</sup>, Rinette Visca,<sup>2)</sup> Ahmad Mustopa,<sup>3)</sup>

Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya

Jalan Raya Bogor Km. 28,8 Jakarta Timur

a)Corresponding author: mubi@fti-jayabaya.ac.id

b)Rinette.visca@yahoo.com

c)[ahmadmustopa95@yahoo.co.id](mailto:ahmadmustopa95@yahoo.co.id)

### Abstract

*Fuel is a basic requirement for humans, however the availability of fossil fuel reducing rapidly Biogas can be an alternative fuel for the future. In this study biogas was produced from food waste industrial processing. The biogas synthesis was carried out in a 2.5 liters anaerobic digester which operated in batch system at room temperature. 2 liters mixture of food waste, water and effective microorganism 4 (EM-4) was fed into an anaerobic digester, where pH, COD, and gas volume were observed periodically every day. This study reported that the pH ranged from 6 – 7, The COD decreased when EM-4 increased. The biogas volume increased as EM-4 increased. The largest biogas volume produced was 9.7 L where the composition of biogas was methane (84.376%), carbon dioxide (11.697%), nitrogen (3.945%).*

### Abstrak

Bahan bakar merupakan kebutuhan pokok bagi manusia, Namun ketersediaan bahan bakar fosil semakin lama semakin berkurang. Biogas merupakan solusi alternatif untuk memenuhi kebutuhan manusia akan bahan bakar. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan *Effektive Mikroorganisme 4* (EM-4) terhadap kualitas biogas yang dihasilkan dari limbah industri makan. Proses pembuatan biogas dilakukan secara *batch* di dalam *digester anaerobic* berukuran 2,5 Liter pada suhu ruangan. Dua liter campuran yang terdiri dari limbah, air dan *Effektive Mikroorganisme 4* (EM-4) dimasukkan ke dalam *digester anaerobic*, dimana pH, COD, dan volume gas diamati setiap hari secara periodik. Pada penelitian ini Nilai pH yang dihasilkan berkisar antara 6 - 7,2. Nilai COD menurun dengan meningkatnya penambahan EM-4. Volume biogas yang dihasilkan semakin besar dengan meningkatnya penambahan EM-4. Volume biogas Terbesar yang dihasilkan sebesar 9,7 L dengan konsentrasi gas metana ( 84,376 %), karbon dioksida (11,679 %), nitrogen (3,945%).

**Keywords :** *Methane, Biogas, Digester, Anaerobic, EM-4.*

### 1. Pendahuluan

Ketergantungan manusia terhadap bahan bakar fosil menyebabkan cadangan sumber energi tersebut semakin lama semakin berkurang. Di tengah persoalan tersebut, pengembangan energi baru dan terbarukan menjadi solusi alternatif. Salah satu pengembangan bioenergi sebagai energi alternatif adalah biogas yang sudah ditemukan sejak

tahun 1770 oleh Alessandro Volta [1].

Biogas merupakan bahan bakar gas (*biofuel*) dan bahan bakar yang dapat diperbaharui (*renewable fuel*) yang dihasilkan secara *anaerobic digestion* atau fermentasi anaerob dari bahan organik dengan bantuan bakteri *methane* seperti *Methanobacterium sp*[4]. Terdapat beberapa komposisi kandungan dari biogas yaitu gas *methane* (CH<sub>4</sub>), Karbondioksida (CO<sub>2</sub>), Nitrogen (N), Hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), dan Oksigen (O<sub>2</sub>). Biogas merupakan salah satu bahan bakar yang mengandung nilai kalor yang cukup tinggi yaitu 4500 – 6300 kkal/ m<sup>3</sup>. Volume biogas 1 m<sup>3</sup> setara dengan 0.8 liter bensin, 0.52 liter solar, 0.62 liter minyak tanah, 0.46 kg elpiji dan 3.5 kg kayu bakar.

Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi *methane* (CH<sub>4</sub>). Semakin tinggi kandungan *methane* maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas. Biogas dihasilkan dari proses penguraian bahan organik seperti limbah buah-buahan oleh bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara (*anaerob*) [5].

Komposisi kandungan biogas yang paling besar adalah *methane* (CH<sub>4</sub>) yaitu sebesar 40-70% [2]. Beberapa penelitian sama telah dihasilkan dengan bahan baku sampah organik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi biogas 450 L/kg dapat menghasilkan *methane* (CH<sub>4</sub>) sebesar 44% [3].

Untuk menghasilkan biogas ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu kandungan limbah tersebut dan ketersediaanya yang mudah didapat. Salah satu limbah yang memiliki potensi untuk dijadikan biogas adalah limbah industri makanan yang berasal dari proses pengolahan limbah. Limbah yang dihasilkan adalah limbah organik berasal dari sayur-sayuran, sereal, daging, tepung, saos, kecap, bumbu, rempah-rempah. Dari data yang diperoleh setiap bulan, limbah yang dibuang ke PPLI ± 50.000 kg dengan membayar per kg Rp 1.410.

Ditinjau dari pasokan limbah, hal ini dapat dijadikan peluang untuk mengatasi kebutuhan energi yang semakin krisis serta dapat mengurangi biaya pembuangan limbah dan dapat dikembangkan atau dimanfaatkan. Salah satu cara pengembangan pemanfaatan limbah adalah dengan menjadikan limbah sebagai substrat fermentasi yang dapat diolah menjadi biogas. Dalam penelitian ini, bahan produksi biogas menggunakan limbah organik yang berasal dari limbah hasil proses *treatment*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui persentase kandungan biogas khususnya *methane* CH<sub>4</sub> dan nilai kalor dari limbah industri makanan yang difermentasi dengan menggunakan starter yaitu *Effektive Mikroorganisme* 4. Dari penelitian ini, diharapkan dapat menjadi rujukan kepada masyarakat atau perusahaan untuk memanfaatkan limbah organik contohnya limbah yang dihasilkan dari proses *treatment* yang difungsikan sebagai substrat untuk menghasilkan gas bio sebagai sumber energi alternatif dalam mengatasi keterbatasan cadangan energi fosil, misalnya dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar konvensional seperti minyak tanah, gas LPG yang sering digunakan sampai saat ini, serta sekaligus dapat mengurangi pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup.

## 2. Teori

### 2.1 Biogas

Biogas merupakan produk konversi materi organik dengan bantuan dari mikroorganisme dan enzim seperti pada gambar 1 [6]. Proses produksi biogas dilakukan secara fermentasi anaerob melalui 4 tahapan, antara lain : hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis.

### a. Hidrolisis

Selama hidrolisis polimer seperti karbohidrat, protein dan lemak didekomposisi menjadi gula sederhana, asam amino dan asam lemak. Pada tahapan ini, enzim ekstraseluler seperti amilase, protease, lipase membantu jalannya reaksi hidrolisa.

Reaksi Hidrolisa senyawa selulosa menjadi glukosa :



Sementara polimer-polimer yang sulit didekomposisi, seperti selulosa dan *cellucottons* dianggap sebagai tahap yang membatasi laju pencernaan limbah. Selama pencernaan limbah padat, hanya 50 % dari senyawa organik mengalami biodegradasi. Senyawa-senyawa tersebut masih tersisa seperti kondisi awal akibat kurangnya enzim untuk mendegradasi [7]. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengetahui jumlah enzim yang sesuai agar proses hidrolisa dapat berjalan dengan baik.

### b. Acidogenesis

Dalam tahapan ini, produk hidrolisis rantai pendek seperti asam organik (format, asetat, propionat, butirrat, pentanoik), alkohol (metanol, etanol), aldehyd, karbon dioksida dan hydrogen akan dikonversi oleh bakteri pengasam. Sementara dari dekomposisi protein, asam amino dan peptida dapat dijadikan sumber makanan yang akan dirubah menjadi sumber energi bagi mikroorganisme anaerobik.

Acidogenesis akan berlangsung secara dua arah karena efek dari berbagai populasi mikroorganisme. Proses ini dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu hidrogenasi dan dehidrogenasi. Jalur dasar transformasi perombakan bahan organik akan menghasilkan asetat, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>, sedangkan produk acidogenesis lainnya berperan untuk meningkatkan proses perombakan bahan organik kembali. Sebagian hasil dari transformasi oleh bakteri metanogen dapat langsung menghasilkan produk baru (metana) dan sebagian lagi dapat dijadikan sumber energi.

Acidogenesis (Fermentasi) menjadi :

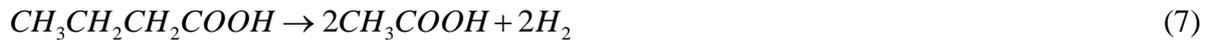


Akumulasi elektron oleh senyawa, seperti laktat, etanol, propionat, butirrat, asam lemak volatil yang lebih tinggi adalah respon bakteri terhadap peningkatan konsentrasi hydrogen dalam larutan. Substrat yang baru masuk dalam sistem tidak dapat digunakan secara langsung oleh bakteri metanogen dan harus dikonversi oleh bakteri obligatif yang memproduksi hydrogen dalam proses yang disebut acetogenesis. Diantara produk acidogenesis, amonia dan hydrogen sulfida memberikan bau yang tidak sedap [8-10].

### c. Acetogenesis

Dalam proses ini, bakteri asetat termasuk dari genera *Syntrophomonas* dan *Syntrophobacter* yang mengkonversi produk asam ke fase asetat dan hydrogen yang dapat digunakan oleh bakteri metanogen [11]. Bakteri *Methanobacterium suboxydans* berfungsi untuk dekomposisi

asam pentanoat menjadi asam propionat, sedangkan *Methanobacterium propionicum* menyumbang dekomposisi asam propionat menjadi asam asetat. Akibat dari acetogenesis, hidrogen akan dilepaskan sehingga menimbulkan efek beracun pada mikroorganisme yang melaksanakan proses dekomposisi. Oleh karena itu, suatu simbiosis diperlukan untuk bakteri acetogenik dengan bakteri metana autotrof menggunakan hidrogen, selanjutnya disebut syntrophy [11, 12]. Reaksi Asetogenesis :



Acetogenesis adalah fase yang menggambarkan efisiensi produksi biogas, karena sekitar 70 % dari metana muncul diproses reduksi asetat. Akibatnya, asetat yang merupakan produk setengah jadi menjadi kunci utama dari proses pembentukan metana. Dalam fase acetogenesis sekitar 25 % dari asetat terbentuk dan sekitar 11 % hidrogen yang dihasilkan dalam proses degradasi dijadikan limbah[13].

#### d. Metanogenesis

Metanogenesis ialah proses pembentukan gas metan dengan bantuan bakteri Metanogen seperti *Mathanobacterium*, *Mathanobacillus*, *Methanosacaria*, dan *Methanococcus*. Tahap ini mengubah asam-asam lemak rantai pendek menjadi  $H_2$ ,  $CO_2$ , dan asetat. Asetat akan mengalami dekarboksilasi dan reduksi  $CO_2$ , kemudian bersama-sama dengan  $H_2$  dan  $CO_2$  menghasilkan produk akhir, yaitu metan ( $CH_4$ ) dan karbondioksida ( $CO_2$ ). Reaksi Methanogenesis [14]:



Bakteri Metanogen adalah kelompok yang sangat beragam. Mereka menggunakan sumber karbon, seperti karbon dioksida atau asetat, untuk mendorong metabolisme mereka, yang disebut metanogenesis, bersama dengan hidrogen sebagai agen pereduksi [15]. Oleh karena itu, mereka memiliki manfaat ekologis membuang kelebihan hidrogen dan karbon dari lingkungan anaerobik.

Beberapa jenis metanogen termasuk dari genus *Methanopyrus* adalah *extremophiles* organisme yang berkembang dalam kondisi yang paling ekstrim, seperti mata air panas, ventilasi hidrotermal, tanah gurun yang panas, dan lingkungan bawah tanah yang mendalam. Lainnya, seperti dari genus *Methanocaldococcus*, adalah *mesophiles*, berkembang terbaik di suhu sedang. *Methanobrevibacter smithii* adalah metanogen yang dominan yang terdapat dalam usus manusia, bakteri tersebut membantu mencerna polisakarida, atau gula kompleks. Hanya 30 % gas metana yang dihasilkan berasal dari dalam proses ini, sedangkan pengurangan  $CO_2$  dilakukan oleh bakteri metan autotrofik. Selama proses ini  $H_2$  habis, yang menciptakan kondisi yang baik untuk pengembangan bakteri asam yang menghasilkan rantai pendek asam organik pada fase pengasaman dan produksi  $H_2$  yang terlalu rendah di fase asetogenik. Sebuah konsekuensi dari konversi tersebut mungkin gas yang kaya  $CO_2$ , karena hanya bagian kecil yang akan diubah menjadi metan[16,17].



Gambar 1. Skema Pembentukan Biogas

## 2.2. Komposisi Biogas

Kandungan terbesar dari biogas adalah metana dan karbondioksia. Sementara sebagian kecil kandungannya terdiri dari hidrogen sulfida, ammonia, hidrogen dan nitrogen. Pada tabel 1 ditampilkan kandungan biogas dari sumber [18].

**Tabel 1. Komposisi biogas :**

Komponen	%
Metana (CH <sub>4</sub> )	55-75
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	25-45
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	0-0.3
Hidrogen (H <sub>2</sub> )	1-5
Hidrogen sulfida (H <sub>2</sub> S)	0-3
Oksigen (O <sub>2</sub> )	0.1-0.5

## 2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas

Dalam proses produksi biogas secara anaerobik, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi diantaranya yaitu derajat keasaman (pH), temperatur, keadaan hampa udara, kandungan air, bahan baku, pengadukan.

### a. Derajat Keasaman (pH)

Tingkat derajat keasaman (pH) sangat berpengaruh terhadap proses penguraian limbah organik pada produksi biogas. Dalam proses metanasi terdapat bakteri yang berperan dalam proses penghasil *methane*, bakteri tersebut sangat sensitif terdapat perubahan pH. Rentang pH maksimum untuk jenis bakteri penghasil metana adalah 6.4 – 7.4 [19].

### b. Temperatur

Proses pembentukan *methane* (CH<sub>4</sub>) bekerja pada rentang temperatur 20 -40 °C dan temperatur dijaga konstan. Reaksi yang terjadi selama proses degradasi bahan organik tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap peningkatan suhu substrat, karena energi yang dihasilkan oleh fermentasi anaerobik sangat kecil, oleh karena itu perubahan suhu lebih dominan dipengaruhi oleh perubahan suhu lingkungan[20].

### **c. Keadaan Hampa Udara**

Mikroorganisme penghasil biogas sangat peka terhadap keberadaan oksigen. Dengan adanya oksigen, pemecahan bahan-bahan organik akan menghasilkan karbondioksida. Oleh karena itu, kondisi reaktor yang digunakan sebagai tempat berlangsungnya fermentasi harus kedap udara, karena apabila bocor atau terdapat lubang kecil saja hal ini akan berakibat gagalnya pembentukan biogas.

### **d. Kandungan Air**

Air memiliki peran penting dalam proses metabolisme. Kandungan air untuk menghasilkan biogas biasanya mencapai 50-80% dari berat substrat. Kelebihan air menyebabkan penurunan pembentukan biogas dan menghambat pengoptimalan kinerja mikroorganisme, dan jika kandungan air terlalu sedikit maka substrat akan mudah terkumpul dan mengeras di dalam reaktor dan menghambat pembentukan gas. Jadi kandungan air terhadap substrat harus seimbang.

### **e. Bahan Baku**

Biogas akan terbentuk apabila bahan bakunya berupa padatan yang berbentuk bubur halus atau butiran kecil. Agar pembentukan biogas berlangsung dengan sempurna, maka bahan baku yang masih berupa padatan harus dihaluskan atau digiling terlebih dahulu.

### **f. Pengadukan**

Dalam proses anaerobik, bahan baku yang ada di dalam apabila tidak diaduk maka bahan baku pasti akan mengendap atau terapung terpisah dengan air, ini akan menyebabkan penguraian tidak akan sempurna.

## **2.4 Limbah Industri Makanan**

Limbah adalah bahan buangan padat atau semi padat yang dihasilkan dari aktifitas manusia atau hewan yang dibuang dan tidak digunakan lagi [21]. Berdasarkan jenis senyawa, limbah dikelompokkan menjadi dua yaitu limbah organik dan limbah anorganik. Limbah organik merupakan limbah yang mengandung unsur carbon (C) sehingga meliputi limbah dari makhluk hidup dan bersifat cepat busuk, sedangkan limbah anorganik merupakan limbah yang tidak mengandung unsur carbon (C) dan tidak dapat terurai atau busuk secara alami oleh mikroorganisme pengurai [22]. Limbah industri makanan adalah limbah yang dihasilkan dari proses produksi, berasal dari sayur-sayuran, *sereal*, daging, tepung, saos, kecap, bumbu, rempah-rempah (Gambar 2).



Gambar 2. Limbah yang Dihasilkan

## 2.5 Effektive Mikroorganismen 4

Untuk mempercepat proses fermentasi pada pembuatan biogas maka digunakan starter yaitu Effektive Mikroorganismen 4 (EM-4) seperti pada Gambar 3. EM-4 merupakan kultur campuran dari mikroorganismen yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman, mampu meningkatkan dekomposisi limbah dan sampah organik, mempercepat proses pengomposan sampah atau kotoran hewan, meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman, serta menekan aktivitas serangan dari mikroorganismen patogen. EM-4 terdiri dari bakteri *genus lactobacillus* (bakteri penghasil asam laktat) dalam jumlah besar, serta dalam jumlah sedikit bakteri fotosintesis *streptomyces sp*, dan ragi yang dikulturkan dalam medium cair pada pH 4,5. Mikroorganismen yang terdapat dalam larutan tersebut berjumlah  $10^9$ /liter[23].



Gambar 3. Effektive Mikroorganismen 4

### 3 METODE PENELITIAN

#### 3.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu: Limbah hasil proses *treatment* (Waste Water Treatment PT INDOFOOD CBP FID Purwakarta), Air, Effektive Mikroorganisme 4.

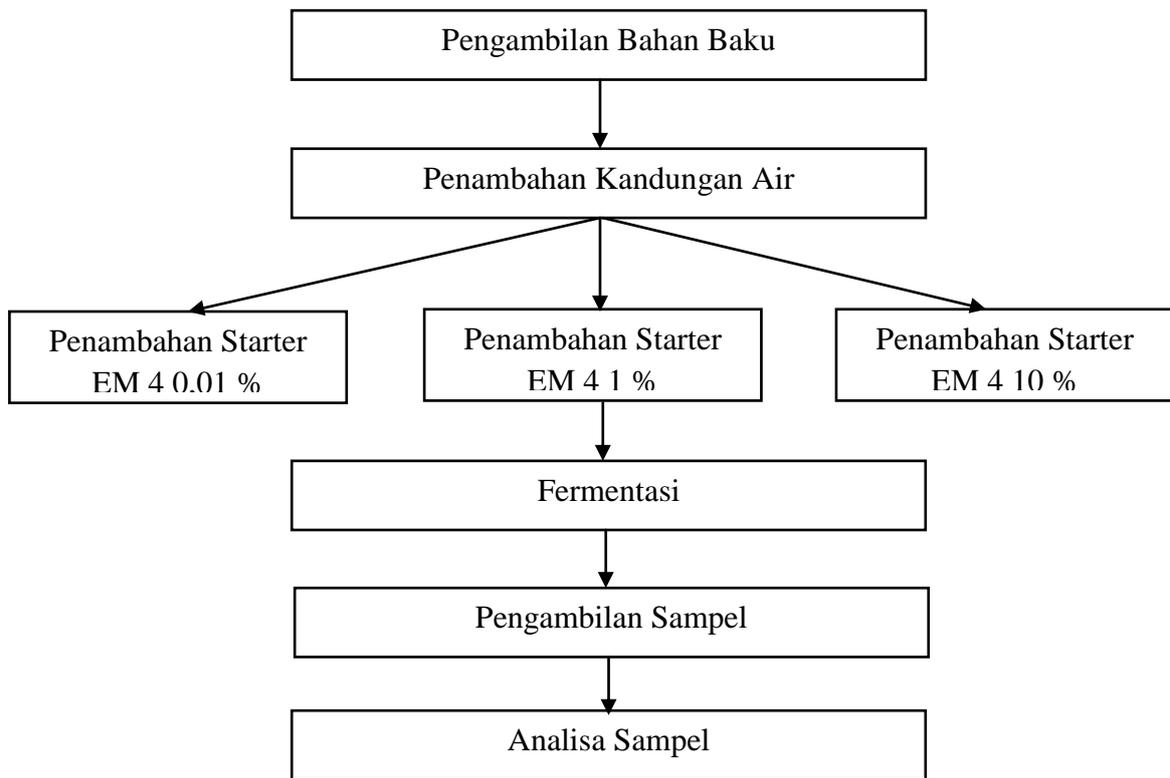
#### 3.2 Metode Pembuatan Biogas

Percobaan dilakukan secara *batch* dalam digester anaerobik (volume 2.5 liter) pada suhu lingkungan dengan rangkai alat dapat dilihat pada Gambar 4. Dua liter bahan dimasukkan ke dalam Digester anaerobik dengan komposisi sebagai berikut :

1. Limbah + Air perbandingan 1: 1 dengan ditambahkan EM-4 0,01%
2. Limbah + Air perbandingan 1: 1 dengan ditambahkan EM-4 1%
3. Limbah + Air perbandingan 1: 1 dengan ditambahkan EM-4 10%
4. Limbah + Air perbandingan 1 : 1 tidak ditambahkan apa-apa

Parameter-parameter yang diamati pada penelitian ini yaitu pH, COD, Karbohidrat, Protein, Lemak, kadar air, dan volume biogas, komposisi biogas, dan uji nyala biogas. Periode pengamatan dilakukan setiap hari. Diagram alir proses pembuatan biogas dijelaskan pada Gambar 5.





Gambar 5. Diagram Alir Pembuatan Biogas

### 3.3 Metode Analitik

Biogas yang dihasilkan dianalisa dengan menggunakan alat GC di Laboratorium Teknik Kimia X ITB Bandung.

## 4. HASIL dan PEMBAHASAN

### 4.1 Karakteristik Limbah

Berdasarkan hasil pengujian dilaboratorium, karakteristik limbah dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

No	Parameter	Limbah industri makanan
1.	Karbohidrat %	65
2.	Protein %	20
3.	Lemak %	14
4.	Kadar air %	80
5.	pH	6.5

Tabel 3. Analisa Limbah

Perlakuan	Hari ke 0		Hari ke 6		Hari ke 12		Hari ke 18	
	pH	COD	pH	COD	pH	COD	pH	COD
		(mg/l)		(mg/l)		(mg/l)		(mg/l)
Limbah + EM4 0.01%	6,5	>1500	7,2	>1500	7,1	>1500	7,0	12100
Limbah + EM4 1%	6,5	>1500	7,2	>1500	7,1	>1500	7,1	11900
Limbah + EM4 10%	6,5	>1500	7,2	>1500	7,1	>1500	7,0	10300
Limbah saja	6,5	>1500	7,0	>1500	7,1	>1500	7,0	14800

#### 4.2 Laju Pembentukan Biogas

Produksi biogas diambil setelah hari ke 3 , dengan volume biogas pada setiap periode waktu pengukuran ditunjukkan pada Tabel 4-7.

Tabel 4. Produksi Biogas Dengan EM-4 0.01 %

HARI	VOLUME ( L )
3	1,5
6	2,2
9	3,2
12	3,1
15	3,0

Tabel 5. Produksi Biogas Dengan EM-4 1%

HARI	VOLUME ( L )
3	4,8
6	6,9
9	8,7
12	7,5
15	6,1

Tabel 6. Produksi Biogas Dengan EM-4 10 %

HARI	VOLUME ( L )
3	5,8
6	7,9
9	9,7
12	8,5
15	7,1

Tabel 7. Produksi Biogas Tidak Ditambahkan Apa-Apa

HARI	VOLUME ( L )
3	1,1
6	2,2
9	3,1
12	4,5
15	5,7

### 4.3 Uji Komposisi Biogas

Dari hasil pengujian didapat komposisi biogas menggunakan EM-4 dan tidak menggunakan apa-apa ditunjukkan pada Tabel 8-11 :

Tabel 8. Komposisi Biogas Dengan EM-4 0.01%

KOMPONEN	%
Metana (CH <sub>4</sub> )	80,469
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	16,710
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	2,812
Oksigen (O <sub>2</sub> )	-

Tabel 9. Komposisi Biogas Dengan EM-4 1%

KOMPONEN	%
Metana (CH <sub>4</sub> )	81,569
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	15,610
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	2,921
Oksigen (O <sub>2</sub> )	-

Tabel 10. Komposisi Biogas Dengan EM-4 10%

KOMPONEN	%
Metana (CH <sub>4</sub> )	84,376
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	11,679
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	3,945
Oksigen (O <sub>2</sub> )	-

Tabel 11. Produksi Biogas Tidak Ditambahkan Apa-Apa

KOMPONEN	%
Metana (CH <sub>4</sub> )	80,563
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	15,903
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	3,534
Oksigen (O <sub>2</sub> )	-

#### 4.4 Uji Nyala

Dari hasil uji pembakaran, nyala api terjadi pada hari ke 3 sampai ke 6 masih belum sempurna dan hanya menyala sebentar. Sedangkan nyala api setelah hari ke 12 sudah cukup baik, pada saat katup pengaturan gas dibuka dan dikenakan api maka api langsung menyala dan menyembur cukup kuat dengan nyala api berwarna biru seperti LPG (Gambar 6).



Gambar 6. Uji Nyala

#### 5. Kesimpulan

Dari ketiga hasil penelitian dapat disimpulkan :

- Dengan menggunakan EM-4 10% didapat kandungan metan yang sangat tinggi yaitu sebesar 84.376 %.
- Dengan menggunakan EM-4 gas yang dihasilkan terjadi lebih awal
- Limbah industri makanan ini dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif ditengah keterbatasan energi saat ini.
- Perbandingan hasil gas yang diperoleh khususnya metana antara referensi, dengan cara ini gas metana yang dihasilkan cukup besar.
- Harus diuji ulang kandungan biogasnya dengan alat yang lebih bagus agar hasil yang didapat lebih spesifik

## Daftar Pustaka

- [1] Nurkholis, H., ING,W., Denny,W. Peningkatan Kualitas Bahan Bakar Biogas Melalui Proses Pemurnian dengan Zeolit Alam, 2011.
- [2] Sunaryo, Rancang Bangun Reaktor Biogas Untuk Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Sapi Di Desa Limbangan Kabupaten Banjarnegara, 2014.
- [3] N. Agung, P, Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Alternatif , 2008.
- [4] Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien, Biogas technology in Sangli, 1999.
- [5] Budiman R. S., Analisis Potensi Biogas Untuk Menghasilkan Energi Listrik Dan Termal Pada Gedung Komersil Di Daerah Perkotaan (Studi Kasus Pada Mal Metropolitan Bekasi), (2010) .
- [6] Sri. W, Biogas: Energi Alternatif Pengganti BBM, Gas Dan Listrik, 2013
- [7] Zainal, Z, Biogas from Anaerobic Digestion, 2013.
- [8] Ntaikou, I., Antonopoulou, G., Lyberatos, G, Biohydrogen production from biomass and wastes via dark fermentation: a review. Jurnal Waste Biomass Valor, 2010, 1: 21-39.
- [9] Classen, P., Van, L. J, Lopez, C. A., Van, N. E., Sittsma, L., Stams, A., De, V. S., Westhuis, R. Utilisation of biomass for the supply of energy carries. Jurnal Appl. Microbiol. Biotechnol, Vol:52, 1999, 741-755,.
- [10] Conrad, R ., Contribution of hydrogen to methane production and control of hydrogen concentration in methanogenic soils and sediments. FEMS Microbiol. Ecol. 1999 28: 193-202..
- [11] Schink B., Energetics of syntrophic cooperation in methano-genic degradation. Jurnal Microbiol Mol Biol,1997, Rev 61:262–280.
- [12] De, B. F, Harmsen, H., Plugge, C., De, V, Akkermans, A, De, V.W., Stams, A. The first true obligatory syntrophic propionate-oxidizing bacterium, *Pelotomaculum Schinkii* sp. nov., co-culture with *Methanospirillum hungatei*, and emended description of the genus *Pelotomaculum*. Int. Jurnal Syst. Evolut. Microbiol. 2005, Vol.55: 1697-1703.
- [13] Supriyanto., Produksi Biogas Dari Campuran Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dan Kotoran Sapi Menggunakan Bioreaktor CSTR. Tesis, Universitas Lampung, 2016
- [14] Deublein, D. and Steinhauser, A. Biogas from waste and renewable resources: An introduction. Wiley-V CH, Weinheim, Germany, 2008.
- [15] TCHOBANOGLOUS, Wastewater Engineering, 2008.

- [16] Griffin, M., McMahon, K., Mackie, R., Raskin, L., Methanogenic population dynamics during start-up of anaerobic digesters treating municipal solid waste and biosolids. *Biotechnol. Eng.* 2000, *57*: 342-355.
- [17] Karakashe, D., Batstone, D., Angelidaki, I., Influence of environmental conditions on methanogenic compositions in anaerobic biogas reactors. *Jurnal Appl. Environ. Microbiol.* 2005. *71*: 331-338.
- [18] Wikipedia, Biogas, 13 Mei 2017 [Online], Tersedia : <https://id.wikipedia.org/wiki/Biogas>. [diakses 16, September 2017]
- [19] Sanjib, G., Petrin, M., Maki, A. H., Spin-lattice relaxation of the quinoxaline triplet state in nalkane matrices measured in zero magnetic field, *Jurnal Chem. Phys.*, Vol :87. 1987.
- [20] Gerardi, M.H., *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. Wiley, Hoboken, 89-92, 2003.
- [21] Thahir. R. M. Pemanfaatan Limbah Sayur Untuk dijadikan Biogas sebagai Energi Alternatif yang Dapat Diperbaharui, Laporan Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2007. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November. 2007.
- [22] Hermawan, B. Pemanfaatan Sampah Organik sebagai Sumber Biogas Untuk Mengatasi Krisis Energi Dalam Negeri. Karya Tulis Ilmiah Mahasiswa Universitas Lampung. Bandar Lampung., 2007.
- [23] Anthon dan Inneke. Pembuatan Biogas dari Ampas Tahu. Laporan Penelitian. Palembang , Universitas Sriwijaya., 2008.