

# KOMBINASI FEEDING BIOSTARTER DAN AIR DALAM ANAEROBIK DIGESTER

Mochamad Arief Budihardjo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP, Jl. Prof. H. Sudarto, SH., Tembalang - Semarang

## ABSTRACT

*The research was conducted to investigate how much biostarter and water adding influence to biogas which is produced from organic waste degradation process of market and restaurant organic waste by anaerobic process. In this research, biostarter acts as catalyst to quicken organic waste degradation process while water addition function as moisturizer substrates factor in digester. Contribution of biostarter and water combination addition, be able to yield a lot of biogas which contains methane gas is significant. Research was set as laboratory scale experiment using batch system with fifth variations of treatment observed. The variations aim to determine a most effective variation which has capabilities to yield a lot of volume biogas, methane gas and the high efficiency of quality slurry reduction on a brief HRT (Hydraulic Retention Time). The result of the research indicates that methane gas percentage in biogas at every variant range from 21.89 - 30.78 %, acid substrate level 5.47 - 7.41, which still at a preferable range for bacteria to live and efficiency of slurry quality reduction at every variant especially at its organic content range from 15.29 - 93.92 %.*

**Key words:** *organic waste, biogas and methane gas, anaerobic digester, bio-starter*

## PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi dalam bentuk biogas merupakan salah satu alternatif penggunaan sumber energi terbarukan (*renewable*) yang ramah lingkungan. Biogas terbentuk dari degradasi materi organik secara anaerobik dan menghasilkan energi yang kaya akan metana. Sampah organik dari perkotaan, industri dan pertanian berpotensi untuk dijadikan sumber energi. Di masa yang akan datang, potensi energi ini seharusnya dieksploitasi dengan cara yang lebih efisien, yang memberi keuntungan secara ekonomi. Diharapkan juga dengan cara ini dapat mengurangi volume sampah dan meningkatkan produksi pupuk alami (*bio fertiliser*). Jika metan dibiarkan terbentuk dalam kondisi tidak terkontrol pada lingkungan anaerobik, kemungkinan akan terurai ke atmosfer. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa 18% penyebab pemanasan global adalah emisi metan. (Bjornsson, 2000).

Teknologi yang dikembangkan adalah teknologi pengolahan sampah melalui proses Anaerob untuk menghasilkan biogas sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan. Teknologi pengolahan ini dipadukan dengan penambahan mikrobiologi sebagai starter untuk proses anerob dalam upaya mempercepat proses dekomposisi material organik

dalam sampah. Dengan metode ini, pengelolaan limbah tidak hanya bersifat "penanganan" namun juga memiliki nilai guna/manfaat. Dengan teknologi ini nilai COD dapat diturunkan berkisar 75-90% (Anonim, 2002). Selain itu, dengan metode Anaerob, teknologi yang digunakan sederhana, mudah dipraktikkan dengan peralatan yang relatif murah dan mudah didapat.

Proses anaerob yang dimanfaatkan untuk mengolah sampah organik dan untuk menghasilkan energi biogas yang ramah lingkungan adalah teknologi anaerob menggunakan *digester*/tangki pencerna. *Digester* atau tangki pencerna merupakan sebuah tangki pencerna kedap udara yang digunakan untuk memproses sampah organik secara anaerob dengan menguraikan material organik sehingga menghasilkan gas *methane* (CH<sub>4</sub>) yang dikenal dengan biogas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian pembuatan biogas dengan mencampurkan sampah organik pasar dan sampah organik restoran, air dan kotoran sapi dengan komposisi tertentu untuk mengetahui efektifitas dan pengaruh operasional kombinasi feeding biostarter dan feeding air terhadap kuantitas biogas, kecepatan pembentukan biogas, nilai kalor

biogas serta kuantitas dan kualitas *slurry* yang dihasilkan dalam teknologi anaerobik digester skala kecil.

**METODOLOGI**

Metodologi penelitian untuk studi pengaruh operasional kombinasi feeding biostarter dan air dalam reaktor (*pilot plant*) anaerobik digester skala kecil dilakukan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Studi literatur mengenai proses pembentukan biogas secara anaerob dari bahan baku sampah organik dengan melibatkan feeding biostarter dan air dalam reaktor anaerobik *digester*.
2. Persiapan bahan dan alat meliputi pengumpulan sampah restoran dan pasar serta starter dan mempersiapkan alat-alat yang diperlukan sebagai reaktor.
3. Identifikasi profil substrat (sampah organik) yang berpotensi menghasilkan biogas dan nilai CH<sub>4</sub> yang tinggi dalam reaktor anaerobik digester.
4. Pengujian pendahuluan reaktor menggunakan metode *batch* untuk menentukan variasi paling optimal dalam pembentukan volume biogas sebagai acuan variasi pada saat running penelitian.
5. Running penelitian dengan melibatkan variasi feeding biostarter dan variasi feeding air dengan mengetahui nilai parameter awal COD, TSS, VSS, pH dan N-total hingga diperoleh data sampling biogas dan data sampling substrat.
6. Analisis Laboratorium untuk data sampling biogas dan data sampling substrat akhir.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

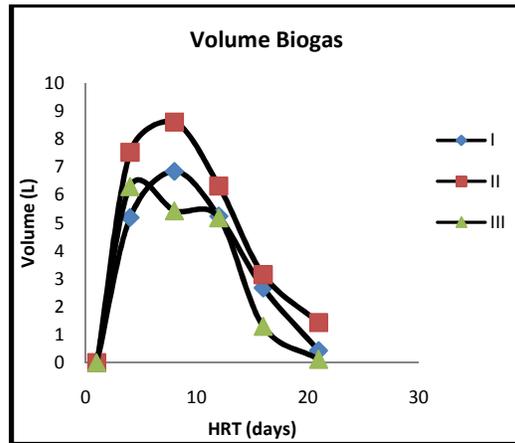
**Analisis Uji Pendahuluan Sampah Organik (Penelitian 1)**

Uji pendahuluan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kotoran sapi sebagai starter dan air yang ditambahkan pada sampah organik terhadap HRT pengolahan sampah organik dengan proses anaerob. Konsentrasi optimal ini dinyatakan dalam perbandingan yang paling optimal antara sampah organik dengan kotoran sapi dan air yang digunakan untuk mempercepat proses dekomposisi material organik yang terkandung dalam sampah organik. Pada pengujian pendahuluan yang dilakukan diperoleh data sebagai berikut:

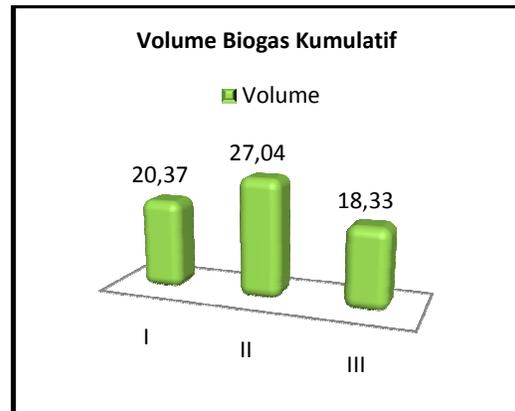
**Tabel 1.** Volume Biogas yang Dihasilkan Setiap HRT Pada Penelitian I

HRT	Parameter	I	II	III
1	Volume	0	0	0
4	Volume	5.19	7.53	6.3
8	Volume	6.84	8.61	5.43
12	Volume	5.24	6.32	5.18
16	Volume	2.67	3.15	1.3
21	Volume	0.43	1.43	0.12
<b>Total</b>		<b>20.37</b>	<b>27.04</b>	<b>18.33</b>

Uji pendahuluan ini hanya difokuskan pada volume produksi biogas yang dihasilkan. Volume biogas yang dihasilkan semakin banyak merupakan suatu indikasi bahwa sistem telah berjalan dengan baik dan stabil. Pada penelitian pendahuluan ini dimaksudkan untuk menentukan komposisi substrat paling optimum dalam memproduksi biogas sebagai variasi acuan pada penelitian 2.



**Gambar 1.** Grafik Volume Biogas Setiap HRT Pada Penelitian I



**Gambar 2.** Grafik Volume Biogas Kumulatif

### Analisis Running Penelitian (Penelitian 2)

Penelitian ini dilakukan dengan metode anaerob menggunakan *bioreactor* tumpak/*batch*. Variabel yang diperiksa dalam tiap HRT yang telah ditentukan adalah volume biogas, nilai CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> dan pH. Selain itu dilakukan pemeriksaan effluent berupa *slurry* yang dihasilkan pada awal (HRT 0 hari) dan akhir (HRT 40 hari) yang meliputi nilai parameter COD, TSS, VSS dan N-total.

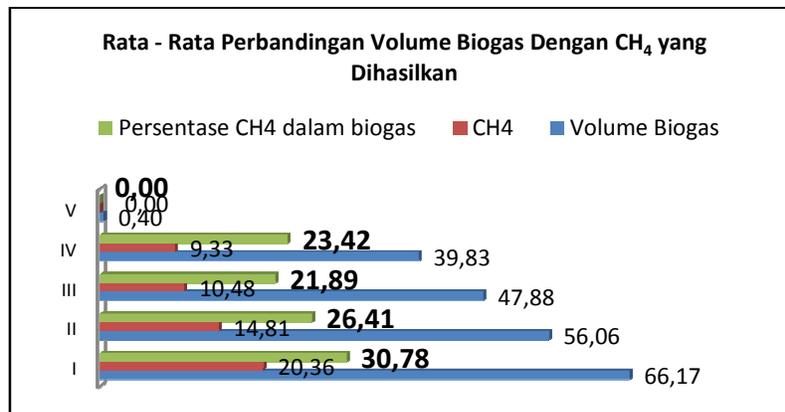
Penelitian II ini dilakukan dengan 14 kombinasi perlakuan antara HRT (4 hari, 7 hari, 10 hari, 12 hari, 15 hari, 18 hari, 22 hari, 25 hari, 28 hari, 31 hari, 34 hari, 37 hari dan 40 hari) dengan konsentrasi kotoran sapi terhadap substrat (untuk sampah basah) adalah 31.25 % dan 18.75 %.

### Analisis Data Sampling Biogas Volume Biogas, Gas metana (CH<sub>4</sub>) dan HRT

Komponen gas – gas yang terkandung dalam biogas adalah gas metana (CH<sub>4</sub>), gas karbon-dioksida (CO<sub>2</sub>), Nitrogen (N<sub>2</sub>), Hidrogen (H<sub>2</sub>), Hidrogen Sulfida (H<sub>2</sub>S), Oksigen (O<sub>2</sub>) dan Karbon Monoksida (CO) (Ostrem, 2004). Pengukuran nilai CH<sub>4</sub> dalam penelitian ini menggunakan alat *Gas Analyser* sedangkan pengukuran volume biogas menggunakan alat *flowmeter*. Nilai CH<sub>4</sub> dan volume biogas diukur pada masing – masing variasi pada setiap HRT-nya.

**Tabel 2.** Rata – Rata Perbandingan Volume Biogas dan CH<sub>4</sub> yang Dihasilkan Pada Setiap HRT

HRT	I		II		III		IV		V	
	Vol (L)	CH <sub>4</sub> (L)	Vol (L)	CH <sub>4</sub> (L)						
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6.70	0	5.97	0	6.29	0	3.94	0	0	0
7	8.66	0.45	9.07	0.48	7.89	0.29	5.18	0.18	0	0
10	8.27	1.26	8.26	1.02	8.34	0.90	5.66	0.58	0	0
12	9.87	2.78	8.11	2.00	6.86	1.60	5.52	1.18	0	0
15	8.27	3.34	7.09	2.72	5.69	2.03	5.91	1.99	0	0
18	6.23	2.76	6.26	2.56	5.31	2.00	5.63	2.03	0.34	0
22	8.34	4.60	4.65	2.45	3.90	1.89	3.56	1.64	0.06	0
25	5.68	4.03	4.31	2.91	2.59	1.54	2.29	1.21	0	0
28	2.94	1.01	2.07	0.64	0.73	0.21	1.90	0.49	0	0
31	0.83	0.12	0.23	0.03	0.28	0.03	0.26	0.02	0	0
34	0.38	0	0.06	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	<b>66.17</b>	<b>20.36</b>	<b>56.06</b>	<b>14.81</b>	<b>47.88</b>	<b>10.48</b>	<b>39.83</b>	<b>9.33</b>	<b>0.40</b>	<b>0</b>
effisiensi		<b>30.78</b>		<b>26.41</b>		<b>21.89</b>		<b>23.42</b>		<b>0</b>



**Gambar 3.** Grafik Rata – Rata Perbandingan Volume Biogas Dengan CH<sub>4</sub> yang Dihasilkan

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 3, dapat dilihat bahwa laju pembentukan biogas maksimum terjadi pada hari ke 12 dari variasi I dengan pencapaian volume biogas rata – rata pada angka 9,87 L. Sedangkan konsentrasi CH<sub>4</sub> yang dihasilkan pada kondisi volume biogas maksimum (HRT 12 hari) hanya 2.78 L. Apabila dipersentasekan per-bandingsan antara konsentrasi CH<sub>4</sub> dengan total volume biogas adalah 28.2 %. Persen tersebut belum menunjukkan angka maksimum dari nilai CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari proses anaerobik yang berasal dari sampah organik.

Berdasarkan data yang ada, persentase CH<sub>4</sub> maksimum terjadi pada HRT 25 hari. Pada HRT 25 hari nilai CH<sub>4</sub> maksimum mencapai angka 71,2 % yang dihasilkan dari variasi I. Tiap variasi menghasilkan volume biogas dan persentase CH<sub>4</sub> yang berbeda pada tiap HRT-nya, sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan kotoran sapi sebagai starter dan air mempengaruhi pembentukan biogas dan persentase CH<sub>4</sub>. Indikasinya adalah perban-dingan masing-masing variasi dengan kondisi blanko. *Digester* blanko hanya berisi sampah organik sebagai substrat tanpa adanya penambahan kotoran sapi sebagai starter dan air. Dan hasil yang terjadi adalah biogas dan persentase CH<sub>4</sub> yang diproduksi sangat sedikit dan jauh dari hasil volume biogas yang diharapkan. Hal ini meng-indikasikan adanya pengaruh yang

besar dari starter dan air. Kondisi kandungan organik dan kelembaban dalam *digester* yang berasal dari sampah organik murni masih sangat kurang dan sedikit. Walaupun sedikit dan kurang, hal tersebut merupakan suatu indikasi adanya bakteri yang bekerja dalam mendegradasikan sampah organik. Hanya saja untuk mengon-disikan suasana yang kondusif bagi bakteri dalam bekerja untuk memperoleh volume biogas dan persentase CH<sub>4</sub> yang optimal membutuhkan waktu yang lama.

Mulai pada HRT ke 34 hari secara kompre-hensif persentase CH<sub>4</sub> dan mayoritas biogas berada pada angka 0. Kondisi tersebut meng-artikan bahwa bakteri telah berhenti bekerja dan memasuki masa kematian.

### Analisis Data Sampling Substrat

Setelah diuji coba untuk mengetahui nilai CH<sub>4</sub> dan volume biogasnya telah melewati masa optimalnya hingga habis, effluent dalam *digester* yang berupa *slurry* diukur dan dianalisis kandungan COD, TSS, VSS, N-total dan pH di laboratorium. Pengukuran ini dilakukan pada awal penelitian II (influent) dan akhir penelitian II (effluent). Berdasarkan hasil analisis laboratorium diketahui kualitas influent dan effluent berupa *slurry* dari masing-masing variasi adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.** Kuantitas dan Kualitas *Slurry* Setiap Variasi

Variasi	COD (mg/L)			VSS (mg/L)			TSS (mg/L)			N-Total (mg/L)		
	Awal	Akhir	η (%)	Awal	Akhir	η (%)	Awal	Akhir	η (%)	Awal	Akhir	η (%)
I	21,596	1,312	93.92	5,098	358	92.97	6,877	5,115	25.62	3,602	1,054	70.72
II	20,313	1,329	93.45	4,632	365	92.12	7,138	6,435	9.85	3,283	1,067	67.50
III	18,243	3,205	82.43	3,866	372	90.37	5,716	4,361	23.70	3,109	967	68.89
IV	17,612	3,612	79.49	3,485	379	89.11	5,175	4,751	8.18	2,987	823	72.44
V	12,332	10,447	15.29	1,193	743	37.65	3,559	2,372	33.34	1,804	1,307	27.52

Dari Tabel 3 juga dapat dilihat bahwa seluruh konsentrasi parameter *slurry* mengalami penurunan. Variasi dengan penambahan biostarter dan air terbanyak (variasi I) menghasilkan efisiensi penurunan konsentrasi COD dan VSS (material organik) lebih besar daripada variasi lainnya. Sedangkan pada variasi yang tidak ditambahkan biostarter dan air (blanko) memiliki efisiensi penurunan terendah. Namun demikian, pada konsentrasi TSS masing – masing variasi memiliki nilai efisiensi yang sangat beragam. Hal tersebut disebabkan karena kondisi air yang notabene

penyebab kenaikan konsentrasi TSS pada HRT – HRT akhir dalam *digester* yang berbeda – beda.

Begitupula halnya dengan konsentrasi N-Total. Efisiensi penurunan konsentrasi N-Total menunjukkan bahwa nutrisi telah dimanfaatkan dengan baik. Dengan demikian, dapat ditarik kesimpulan bahwa konsentrasi COD dan VSS menurun seiring dengan penambahan biostarter. Penurunan COD dan VSS terjadi akibat adanya proses biodegradasi sampah organik oleh mikroorganisme, baik yang berasal dari sampah itu sendiri maupun

yang berasal dari kotoran sapi (biostarter). Mikroorganisme tersebut mampu menguraikan dengan baik bahan organik kompleks menjadi senyawa organik yang lebih sederhana. Menurunnya konsentrasi COD dan VSS juga dikarenakan semakin berkurangnya bahan organik yang terdapat dalam sampah karena digunakan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan dan pembentukan mikroorganisme.

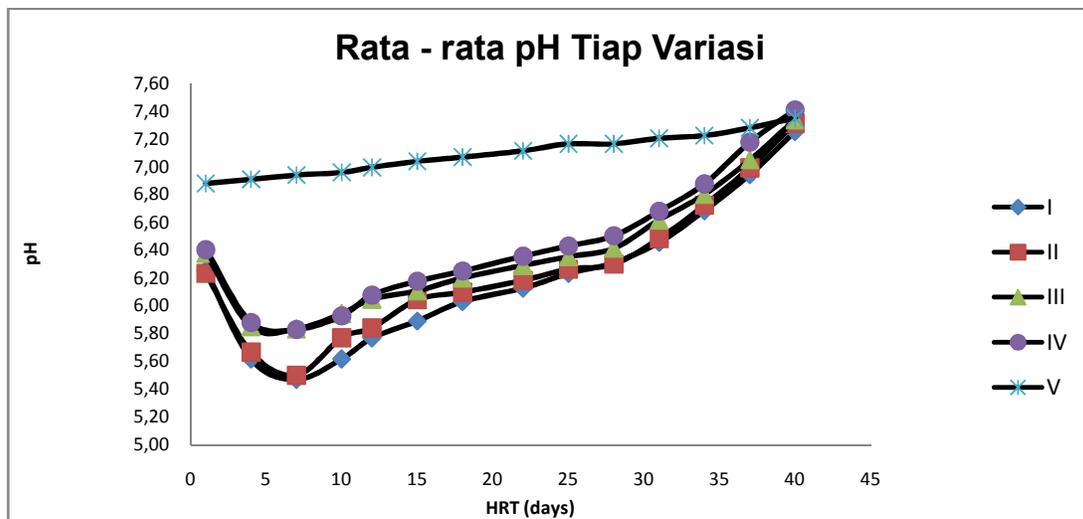
### pH (Derajat Keasaman)

Dalam penelitian ini, derajat keasaman (pH) menjadi variabel kontrol terjadinya proses fermentasi sampah organik yang dikonversi menjadi biogas dan gas metana dalam sistem anaerobik. Derajat keasaman ini menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan pembentukan biogas dari sampah organik. Secara natural derajat keasaman ini dimonitor setiap HRT pengambilan sampel untuk mengetahui kondisi substrat dalam *digester*. Kondisi substrat yang termonitor dapat menjadi indikasi baik buruk-

nya kinerja bakteri dalam mendegradasi sampah organik.

Tabel 4. Rata – rata pH setiap Variasi

HRT	I	II	III	IV	V
1	6.26	6.23	6.38	6.40	6.88
4	5.62	5.67	5.85	5.88	6.91
7	5.47	5.50	5.83	5.83	6.94
10	5.62	5.77	5.94	5.93	6.96
12	5.77	5.84	6.05	6.08	7.00
15	5.89	6.04	6.11	6.18	7.04
18	6.03	6.10	6.20	6.25	7.07
22	6.13	6.18	6.29	6.36	7.12
25	6.23	6.26	6.35	6.43	7.17
28	6.31	6.30	6.41	6.50	7.17
31	6.46	6.48	6.62	6.68	7.21
34	6.68	6.72	6.80	6.88	7.23
37	6.94	6.99	7.05	7.18	7.28
40	7.25	7.31	7.34	7.41	7.35



Gambar 4. Grafik Rata – Rata pH Tiap Variasi pada Setiap HRT

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa pada HRT awal pH berada pada kondisi asam tapi mendekati normal. Dan pada HRT 4 hari pH menurun secara signifikan dengan spesifikasi berada pada kisaran angka 5,60 – 5,90. Kondisi ini mengindikasikan bahwa dalam *digester* terjadi proses asidifikasi. Pada HRT – HRT selanjutnya trend nilai pH semakin meningkat mendekati kondisi normal dan basa. Selama pH masih dalam keadaan asam produksi biogas dan CH<sub>4</sub> akan terus berlangsung. Proses *methanogenesis* dengan bakteri yang

menggunakan CO<sub>2</sub>, CO, format sebagai substrat sangat sensitif terhadap perubahan pH, range pH yang mampu ditolerir oleh bakteri jenis ini adalah 6,4-7,4 (Grady and Lim, 1980).

### Analisis Hubungan Antar Variabel Kontrol Tiap Variasi

Dalam penelitian ini dilakukan 5 perlakuan variasi terhadap sampah organik sebagai substrat, kotoran sapi sebagai starter dan air sebagai pelembab. Variasi – variasi ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui

pengaruh feeding biostarter (kotoran sapi) dan feeding air terhadap HRT pengolahan sampah organik dengan proses anaerob berdasarkan produksi biogas dan gas metana terbanyak. Variabel kontrol yang digunakan adalah volume biogas, konsentrasi gas metana dan pH. Hal ini dilakukan sebab data – data dari variabel – variabel tersebut menjadi perwakilan untuk menggambarkan kelangsungan proses anaerobik dalam *digester*.

**Blanko**

**Tabel 5.** Perbandingan data volume biogas, konsentrasi CH<sub>4</sub> dan nilai pH pada variasi V

HRT	V		
	Volume	CH <sub>4</sub>	pH
1	0	0	6.88
4	0	0	6.91
7	0	0	6.94
10	0	0	6.96
12	0	0	7.00
15	0	0	7.04
18	0.34	0	7.07
22	0.06	0	7.12
25	0	0	7.17
28	0	0	7.17
31	0	0	7.21
34	0	0	7.23
37	0	0	7.28
40	0	0	7.35

Ket. Variasi V (8 kg sampah organik : 0 kg kotoran sapi : 0 L air)

Berdasarkan Tabel 5 bahwa hampir selama penelitian (HRT 40 hari) volume biogas yang dihasilkan hanya sedikit sekali bahkan untuk gas metana tidak dihasilkan sama sekali. Volume biogas yang sedikit tersebut mengindikasikan proses tetap berlangsung hanya saja prosesnya sangat lambat sehingga memungkinkan volume biogas dan gas metana dapat seterusnya dihasilkan . Hal ini dikarenakan tahap hidrolisis yang terjadi sangat lama. Mengakibatkan penurunan COD, TSS, VSS dan N-Total sangat sedikit. Produksi biogas dan gas metana yang dihasilkan serta nilai pH dan penurunan konsentrasi parameter *slurry* pada variasi V selanjutnya digunakan sebagai pembanding untuk variasi – variasi lainnya.

**Perbandingan Variasi I (Kombinasi Variasi A1, A2 dan A3)**

Berikut ini diketengahkan Tabel 6.

**Tabel 6.** Perbandingan data volume biogas, konsentrasi CH<sub>4</sub> dan nilai pH pada variasi I

HRT	I		
	Volume	CH <sub>4</sub>	pH
1	0	0	6.26
4	6.70	0	5.62
7	8.66	0.4	5.47
10	8.27	1.3	5.62
12	9.87	2.8	5.77
15	8.27	3.3	5.89
18	6.23	2.8	6.03
22	8.34	4.6	6.13
25	5.68	4.0	6.23
28	2.94	1.0	6.31
31	0.83	0.1	6.46
34	0.38	0	6.68
37	0	0	6.94
40	0	0	7.25

Ket. Variasi I (8 kg sampah organik : 2.5 kg kotoran sapi : 5 L air)

Berdasarkan tabel (Tabel 6) pada HRT awal volume biogas yang dihasilkan cukup signifikan mencapai angka 6.70 L. Mengindikasikan bakteri telah bekerja dengan baik. Namun pada saat HRT awal gas metana belum dapat dihasilkan, hanya didominasi oleh gas karbon dioksida. Volume biogas yang besar belum dapat memastikan gas metana yang dihasilkan besar pula. Volume biogas terbesar berada pada HRT 12 hari. Namun persentase gas metana terbesar berada pada HRT 25 hari. Hal ini disebabkan karena pada HRT awal proses yang terjadi adalah hidrolisis. Pada proses hidrolisis senyawa organik kompleks dirubah menjadi senyawa organik yang lebih sederhana. Untuk proses ini bakteri yang bekerja mengondisikan suasana sistem menjadi asam (lihat Tabel 4). Hal ini telah sesuai dengan pernyataan Ostrem (2004) bahwa pH pada proses anaerobik akan mengalami penurunan diawal proses karena pembentukan asam dan mendekati pH netral diakhir proses.

**Perbandingan Variasi II (Kombinasi Variasi A4, A5 dan A6)**

**Tabel 7.** Perbandingan data volume biogas, konsentrasi CH<sub>4</sub> dan nilai pH pada variasi II

HRT	II		
	Volume	CH <sub>4</sub>	pH
1	0	0	6.23
4	5.97	0	5.67
7	9.07	0.5	5.50

10	8.26	1.0	5.77
12	8.11	2.0	5.84
15	7.09	2.7	6.04
18	6.26	2.6	6.10
22	4.65	2.4	6.18
25	4.31	2.9	6.26
28	2.07	0.6	6.30
31	0.23	0.0	6.48
34	0.06	0	6.72
37	0	0	6.99
40	0	0	7.31

Ket. Variasi II (8 kg sampah organik : 2.5 kg kotoran sapi : 3 L air)

Berdasarkan Tabel 7, Volume biogas, gas metana yang dihasilkan dan nilai pH memiliki trend yang tidak jauh berbeda dengan variasi I. Proses dalam sistem telah bekerja dengan baik. Secara umum yang mem-bedakan adalah perbedaan feeding air di dalamnya. Air memiliki peran yang sangat menentukan pembentukan biogas dengan proses anaerobik. Banyaknya air yang masuk dalam *digester* menentukan kelembaban da-lam sistem. Kelembaban yang kurang menyebab-kan bakteri bekerja pada kondisi kurang baik. Sehingga dapat disimpulkan, jumlah air pada variasi II memiliki porsi yang kurang untuk mendapatkan kondisi seimbang apabila dibandingkan dengan banyaknya sampah organik dan kotoran sapi yang masuk.

### Perbandingan Variasi III (Kombinasi Variasi B1, B2 dan B3)

**Tabel 8.** Perbandingan data volume biogas, konsentrasi CH<sub>4</sub> dan nilai pH pada variasi III

HRT	III		
	Volume	CH <sub>4</sub>	pH
1	0	0	6.38
4	6.29	0	5.85
7	7.89	0.3	5.83
10	8.34	0.9	5.94
12	6.86	1.6	6.05
15	5.69	2.0	6.11
18	5.31	2.0	6.20
22	3.90	1.9	6.29
25	2.59	1.5	6.35
28	0.73	0.2	6.41
31	0.28	0.0	6.62
34	0	0	6.80
37	0	0	7.05
40	0	0	7.34

Ket. Variasi III (8 kg sampah organik : 1.5 kg kotoran sapi : 5 L air)

Volume biogas yang dihasilkan pada HRT 4 hari pada variasi III tidak memiliki perbedaan

yang jauh dengan variasi pada variasi I yang notabene memiliki persamaan jumlah air yang ditambahkan. Namun pada HRT selanjutnya, volume biogas yang dihasil-kan menurun perlahan. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan jumlah kotoran sapi yang terdapat dalam *digester*. Perbedaan kotoran sapi mengindikasikan perbedaan kandungan organik yang terdapat dalam sistem. Kandungan organik yang berbeda sangat mempengaruhi pembentukan biogas beserta gas metana yang terkandung didalam-nya. Sebab kandungan organik merupakan makanan bagi bakteri untuk menghasilkan biogas dan gas metana. Semakin sedikit kandung-an organik dalam sistem, dapat dipasti-kan biogas dan gas metana yang dihasil-kanpun akan semakin sedikit.

### Perbandingan Variasi IV (Kombinasi Variasi B4, B5 dan B6)

**Tabel 9.** Perbandingan data volume biogas, konsentrasi CH<sub>4</sub> dan nilai pH pada variasi IV

HRT	IV		
	Volume	CH <sub>4</sub>	pH
1	0	0	6.40
4	3.94	0	5.88
7	5.18	0.2	5.83
10	5.66	0.6	5.93
12	5.52	1.2	6.08
15	5.91	2.0	6.18
18	5.63	2.0	6.25
22	3.56	1.6	6.36
25	2.29	1.2	6.43
28	1.90	0.5	6.50
31	0.26	0.0	6.68
34	0	0	6.88
37	0	0	7.18
40	0	0	7.41

Ket. Variasi IV (8 kg sampah organik : 1.5 kg kotoran sapi : 3 L air)

Pada Tabel 9 menggambarkan trend volume biogas, gas metana yang dihasilkan dan nilai pH pada variasi IV. Produksi biogas dan gas metana pada variasi IV paling sedikit dibandingkan dengan variasi – variasi yang lainnya. Penyebab yang paling mendasar adalah banyaknya kotoran sapi sebagai starter dan air sebagai pelembab. Pada pernyataan sebelumnya, kotoran sapi merupakan penyumb-ang zat organik yang besar bagi bakteri dalam mengkonversikan menjadi biogas dan gas metana. Sedangkan air merupakan indi-

kator kelembaban bagi bakteri dalam mende-gradasi zat organik menjadi biogas dan gas metana. Keduanya memiliki kaitan yang sangat erat. Pada variasi IV keduanya memiliki komposisi yang tidak seimbang dengan sampah organik yang masuk dan volume *digester* yang digunakan. Kondisi ini menyebabkan bakteri tidak maksimal dalam mengkonversikan zat organik yang ada menjadi biogas dan gas metana. Sehingga biogas dan gas metana yang dihasilkan paling sedikit dibandingkan dengan variasi – variasi yang lain.

### Perbandingan Variasi Paling Efektif

Penentuan perbandingan variasi antara sampah organik restoran dan pasar dengan kotoran sapi sebagai starter dan air sebagai pelembab yang paling efektif adalah perbandingan variasi yang mampu menghasilkan biogas dan gas metana yang banyak serta efisiensi penurunan konsentrasi parameter COD, TSS, VSS dan N-Total yang tinggi dalam HRT yang singkat. Berdasarkan data – data yang diperoleh, seluruh kriteria ini terdapat pada perbandingan variasi 1, yaitu variasi I.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Variasi dengan kombinasi feeding biostarter dan feeding air mampu menghasilkan volume biogas kumulatif dan konsentrasi gas metana yang lebih besar dibandingkan dengan variasi blanko (tanpa adanya kombinasi feeding biostarter dan feeding air). Variasi blanko menghasilkan 0,4 L biogas dan 0 L gas metana.
2. HRT optimum dalam penelitian pengolahan sampah organik campuran restoran dan pasar menggunakan proses anaerob dengan kombinasi feeding kotoran sapi sebagai starter dan feeding air untuk volume biogas tertinggi adalah HRT 12 hari dengan konsentrasi biogas yang dihasilkan mencapai 10.87 L dan untuk persentase CH<sub>4</sub> adalah pada HRT 25 hari mencapai angka 71.2 %. Dan konsentrasi volume biogas kumulatif terbesar adalah 66.17 L pada variasi I
3. Perbandingan paling efektif antara sampah organik dengan kombinasi feeding biostarter dan feeding air untuk pengolahan sampah organik restoran dan pasar

menggunakan proses anaerob adalah 8 kg sampah organik banding 2.5 kg kotoran sapi dan 5 L air (Variasi I).

4. Nilai parameter data sampling substrat yang dihasilkan dengan proses anaerob menggunakan reaktor tumpak/bacth dalam penelitian ini adalah pH *slurry* berkisar antara 5.47 – 7.35, efisiensi COD 15.29 – 93.92 %, VSS 37.65 – 92.97 %, TSS 8.18 – 33.34 % dan N-total 27.52 – 72.44 %.

### DAFTAR PUSTAKA

- UNEP.2002. *Biogasification*.  
[www.unep.or.jp/letc/Publications/spc/Solid\\_Waste\\_Management/Vol\\_I/17-Chapter11.pdf](http://www.unep.or.jp/letc/Publications/spc/Solid_Waste_Management/Vol_I/17-Chapter11.pdf). (diakses tanggal 12 Oktober 2008)
- Bjornsson, Lovisa. 2000. *Intensification of The Biogas Process by Improved Process Monitoring and Biomass Retention*.  
[www.agrigas.lu.se/Members/Lo/ThesisLo.pdf](http://www.agrigas.lu.se/Members/Lo/ThesisLo.pdf). (diakses tanggal 16 Desember 2008).
- Grady, Leslie and Hendry C. Lim, 1980. *Biological Waste Water Treatment: Teory and Application*. Marcel Dekker. New York
- Metcalf & eddy, 2003. *Waste Water engineering : Treatment and Reuse*. Mc Graw Hill. New York.
- Ostrem, Karena. 2004. *Greening Waste: Anaerobic Digestion for Treating the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes*.  
[www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/OstremThesisfinal.pdf](http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/OstremThesisfinal.pdf). (diakses tanggal 15 januari 2009)
- Reid, Tory; Lau, Leo; Holzman, Sara. 2005. *The Feasibility of An Biogas Operation on Campus at The University of Waterloo*.  
[www.adm.uwaterloo.ca/infowast/watgreen/projects/library/w05biogasoperation.pdf](http://www.adm.uwaterloo.ca/infowast/watgreen/projects/library/w05biogasoperation.pdf). (diakses tanggal 31 Januari 2009)
- San Thy. 2003. *Management and Utilization of Biodigesters in Integrated Farming Systems*.  
[www.mekam.org/msc2001-03/theses03/santhlitrevapr\\_27.htm](http://www.mekam.org/msc2001-03/theses03/santhlitrevapr_27.htm). (diakses tanggal 31 Januari 2009)
- Tchobanoglous, George; Theisen, Hilary; Vigil, Samuel. 1993. *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. Singapore: McGraw-Hill Co.