



**PENGARUH PERIODE WAKTU PEMBUANGAN  
*VOLATILE FATTY ACIDS* TERHADAP KADAR GAS  
METANA DAN GAS KARBONDIOKSIDA BIOGAS  
PADA PROSES FERMENTASI *ANAEROBIC***

**Skripsi**

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Progam Studi Teknik Mesin**

**oleh  
Rivan Al Ma'arif  
NIM.5212412067**

**TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2019**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Rivan Al Ma'arif  
NIM : 5212412067  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul : Pengaruh Periode Waktu Pembuangan *Volatile Fatty Acids*  
terhadap Kadar Gas Metana Dan Gas Karbondioksida Biogas  
pada Proses Fermentasi *Anaerobic*

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian  
Skripsi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

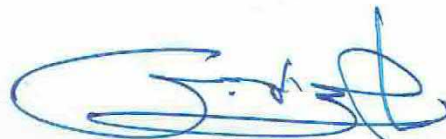
Semarang, 9 Agustus 2019

Pembimbing 1,



Samsudin Anis S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 197601012003121002

Pembimbing 2,



Dr., Ir. Basyirun, S.Pd., M.T., IPM.  
NIP. 196809241994031002

## PENGESAHAN

Skripsi dengan judul "Pengaruh Periode Waktu Pembuangan *Volatile Fatty Acids* terhadap Kadar Gas Metana dan Gas Karbondioksida Biogas pada Proses Fermentasi *Anaerobic*" telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada hari/ tanggal: Senin, 19 Agustus 2019


Oleh

Nama : Rivan Al Ma'arif  
NIM : 5212412067  
Program Studi : Teknik Mesin

Panitia:

Ketua

Sekretaris

  
Rusiyanto, S.Pd., M.T  
NIP. 197403211999031002

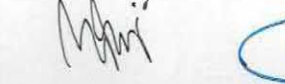
  
Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T., IPP  
NIP. 197509272006041002


Penguji 1

Penguji 2/Pembimbing 1

Penguji 3/Pembimbing 2

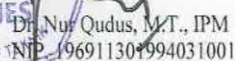
  
Danang Dwi Saputro, S.T., M.T.  
NIP. 197811052005011001

  
Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 197601012003121002

  
Dr. Ir. Basyirun, S.Pd., M.T., IPM  
NIP. 196809241994031002

Mengetahui  
Dekan Fakultas Teknik UNNES



  
Dr. Nur Qudus, M.T., IPM  
NIP. 196911301994031001

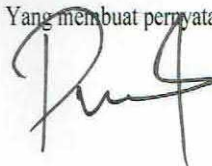
## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/ atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, Agustus 2019

Yang membuat pernyataan,



Rivan Al Ma'arif  
NIM. 5212412067

## **MOTTO dan PERSEMBAHAN**

### **Motto**

1. *Life is like riding a bicycle. To keep your balance, you must keep moving*  
(Albert Einsten)
2. Keberhasilan adalah kemampuan untuk melewati dan mengatasi dari satu kegagalan ke kegagalan berikutnya tanpa kehilangan semangat (Winston Chuchill)
3. Bersemangatlah sebelum datang hal-hal yang menghalangi, karena seseorang tidak mengetahui kapan datangnya kesibukan yang akan menghalanginya dari menuntut ilmu (Syaikh Muqbil bin Hadi)

### **Persembahan**

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Almamater UNNES
2. Dosen pembimbing I dan II
3. Kedua orang tua
4. Keluarga besar Teknik Mesin  
S1 angkatan 2012

## SARI atau RINGKASAN

Rivan Al Ma'arif. 2019. Pengaruh Periode Waktu Pembuangan *Volatile Fatty Acids* terhadap Kadar Gas Metana dan Gas Karbondioksida Biogas pada Proses Fermentasi *Anaerobic*. Samsudin Anis, ST., MT., Ph.D dan Dr. Ir. Basyirun, S.Pd., MT., IPM. Skripsi. Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.

Pada proses fermentasi biogas apabila *volatile fatty acids* yang dihasilkan terlalu banyak maka dapat mempengaruhi kondisi *pH* yang menyebabkan bakteri methanogen tidak dapat berkembang biak dan menghentikan proses fermentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh periode waktu pembuangan *volatile fatty acids* terhadap kadar gas metana dan gas karbondioksida yang dihasilkan.

Biogas adalah suatu campuran gas-gas yang dihasilkan dari suatu proses fermentasi bahan organik oleh bakteri dalam keadaan tanpa oksigen. Bahan yang digunakan adalah limbah biomassa berupa feses sapi. Proses fermentasi dilakukan selama 28 hari dengan variasi periode waktu pembuangan *volatile fatty acids* pada hari ke-9, 10, 11, 12 dan 13. Gas metana, gas karbondioksida dan *volatile fatty acids* diuji pada hari ke-14, 21 dan 28.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimal dihasilkan pada perlakuan pembuangan *volatile fatty acids* hari ke-9 atau biogas B9 pada pengujian hari ke-28. Gas metana yang dihasilkan sebesar 39,64% dan gas karbondioksida yang dihasilkan sebesar 13,96%.

Kata kunci: *Biogas, Metana, Volatile Fatty Acids*

## PRAKATA

Alhamdulillah, Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Pengaruh Periode Waktu Pembuangan *Volatile Fatty Acids* Terhadap Kadar Gas Metana Dan Gas Karbondioksida Biogas Pada Proses Fermentasi *Anaerobic*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat-Nya di yaumul akhir nanti, Aamiin.

Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bimbingan, bantuan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dekan Fakultas Teknik, Ketua Jurusan Teknik Mesin, Koordinator Program Studi Teknik Mesin atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Samsudin Anis, ST., MT., Ph. D dan Dr. Ir. Basyirun, S.Pd., MT., IPM Pembimbing I dan II yang telah memberikan bimbingan, saran, dan masukan kepada penulis.
4. Danang Dwi Saputro, ST., MT. Penguji yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.

5. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin FT UNNES yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
6. Alm. Bapak serta Ibu tercinta yang senantiasa memberikan dukungan dan doa restunya.
7. Kakak-kakakku, adik-adikku dan keluarga besar Trah Mbah Asyhari yang telah memberikan doa, semangat dan motivasi
8. Teman-teman prodi Teknik Mesin 2012 yang telah memberi banyak pelajaran hidup dan semangat.
9. Semua pihak yang telah memberi motivasi, saran, dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari dalam skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan dunia pendidikan pada khususnya

Semarang, Agustus 2019

Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PERSETUJUAN PEMBIMBING</b> .....	ii
<b>PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	iv
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>SARI atau RINGKASAN</b> .....	vi
<b>PRAKATA</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Pembatasan Masalah .....	5
1.4 Rumusan Masalah .....	5
1.5 Tujuan Penelitian .....	6
1.6 Manfaat Penelitian .....	6
 <b>BAB II KAJIAN PUSTAKA dan LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Kajian Pustaka .....	8
2.2 Landasan teori .....	10
2.2.1 Biogas .....	10
2.2.2 Feses Sapi .....	12
2.2.3 <i>Volatile Fatty Acids</i> .....	13
2.2.4 Proses Pembentukan Biogas .....	14
2.2.5 Faktor yang Berpengaruh terhadap Biogas .....	16
2.2.6 Gas Kromatografi .....	23

<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	26
3.2 Skema Desain Penelitian .....	26
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	27
3.3.1 Alat Penelitian .....	27
3.3.2 Bahan Penelitian .....	31
3.4 Parameter Penelitian .....	31
3.5 Teknik Pengumpulan Data .....	31
3.5.1 Tahap Persiapan Biogas.....	31
3.5.2 Tahap Produksi Biogas .....	32
3.5.3 Tahap Pengujian Biogas .....	38
3.7 Teknik Analisis Data .....	39
<b>BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Penelitian.....	41
4.2 Pembahasan .....	46
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran .....	72
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>74</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>76</b>

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

<b>Simbol</b>	<b>Arti</b>
CH <sub>4</sub>	Metana
CO <sub>2</sub>	Karbondioksida
N <sub>2</sub>	Nitrogen
H <sub>2</sub>	Hidrogen
CO	Karbonmonoksida
C	Karbon
Co	Kobalt
Cu	Tembaga
Fe	Besi
Ni	Nikel
Zn	Seng
H <sub>2</sub> S	Hidrogen Sulfida
NH <sub>3</sub>	Amonia
T	Temperatur
t	Waktu fermentasi
°C	Derajat Celcius
C/N	Rasio perbandingan antara karbon dan nitrogen
kPa	kilo pascal
mA	mili amper
kg	kilo gram
ml	mili liter
mm	mili meter
mMol	mili Mol
m <sup>3</sup>	meter kubik
$\pi$	<i>phi</i> (memiliki nilai 3,14)
>	Lebih dari
<	Kurang dari
%	Persen

<b>Singkatan</b>	<b>Arti</b>
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>
FID	<i>Flame Ionisation Detector</i>
GC	<i>Gas Chromatography</i>
HP	<i>Horse Power</i>
HRT	<i>Hydraulic Retention Time</i>
pH	<i>Potential of Hydrogen</i>
PPM	<i>Part Per Milion</i>
TCD	<i>Thermal Conductivity Detector</i>
VFA	<i>Volatile Fatty Acids</i>
VS	<i>Volatile Solid</i>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi biogas secara umum.....	11
Tabel 2.2 Rasio C/N dari berbagai bahan organik .....	18
Tabel 2.3 Ambang batas dari bermacam-macam unsur penghalang.....	21
Tabel 4.1 Hasil uji kadar gas Metana.....	41
Tabel 4.2 Hasil uji kadar gas Karbondioksida .....	42
Tabel 4.3 Hasil uji kandungan <i>Volatile Fatty Acids</i> .....	42
Tabel 4.4 Hasil uji kandungan <i>Chemical Oxygen Demand</i> .....	43
Tabel 4.5 Hasil pengukuran temperature .....	43
Tabel 4.6 Hasil pengukuran <i>pH</i> .....	44
Tabel 4.7 Volume biogas .....	45

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Penggunaan biogas untuk berbagai aplikasi .....	12
Gambar 2.2 Diagram alir alat gas kromatografi.....	25
Gambar 3.1 Skema peralatan penelitian.....	26
Gambar 3.2 Toples .....	27
Gambar 3.3 Bejana beker.....	27
Gambar 3.4 <i>Syringe</i> .....	28
Gambar 3.5 Tabung <i>Vacutainer</i> .....	28
Gambar 3.6 <i>Thermometer</i> dan <i>pH</i> digital .....	28
Gambar 3.7 Bejana.....	29
Gambar 3.8 Manometer Air .....	29
Gambar 3.9 Digester .....	32
Gambar 3.10 Feses Sapi.....	32
Gambar 3.11 Menimbang feses sapi .....	32
Gambar 3.12 Menambahkan air.....	33
Gambar 3.13 Mengaduk Substrat.....	33
Gambar 3.14 Mengukur <i>pH</i> substrat.....	33
Gambar 3.15 Sampel substrat .....	34
Gambar 3.16 Memasukkan substrat ke dalam digester.....	34
Gambar 3.17 Menutup lubang <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> .....	34
Gambar 3.18 Proses fermentasi.....	35
Gambar 3.19 Mengukur temperatur dan <i>pH</i> substrat fermentasi.....	35
Gambar 3.20 Menghitung volume biogas.....	35
Gambar 3.21 Membuka kran digester B9 .....	36
Gambar 3.22 Membuka kran digester B10 .....	36
Gambar 3.23 Membuka kran digester B11 .....	36
Gambar 3.24 Membuka kran digester B12 .....	37
Gambar 3.25 Membuka kran digester B13 .....	37
Gambar 3.26 Mengambil sampel <i>Slurry</i> .....	37
Gambar 3.27 Mengambil sampel biogas.....	38

Gambar 4.1 Pengaruh periode pembuangan <i>VFA</i> terhadap kadar gas metana pada pengujian hari ke-14.....	46
Gambar 4.2 Pengaruh periode pembuangan <i>VFA</i> terhadap kadar gas metana pada pengujian hari ke-21.....	46
Gambar 4.3 Pengaruh periode pembuangan <i>VFA</i> terhadap kadar gas metana pengujian hari ke-28 .....	47
Gambar 4.4 Pengaruh periode pembuangan <i>VFA</i> terhadap kadar gas karbondioksida pengujian hari ke-14.....	50
Gambar 4.5 Pengaruh periode pembuangan <i>VFA</i> terhadap kadar gas karbondioksida pengujian hari ke-21.....	50
Gambar 4.6 Pengaruh periode pembuangan <i>VFA</i> terhadap kadar gas karbondioksida pengujian hari ke-28.....	51
Gambar 4.7 Pengaruh <i>Volatile Fatty Acid</i> terhadap Konsentrasi Gas Metana Biogas B9 .....	54
Gambar 4.8 Pengaruh <i>Volatile Fatty Acid</i> terhadap Konsentrasi Gas Metana Biogas B10 .....	55
Gambar 4.9 Pengaruh <i>Volatile Fatty Acid</i> terhadap Konsentrasi Gas Metana Biogas B11 .....	55
Gambar 4.10 Pengaruh <i>Volatile Fatty Acid</i> terhadap Konsentrasi Gas Metana Biogas B12.....	55
Gambar 4.11 Pengaruh <i>Volatile Fatty Acid</i> terhadap Konsentrasi Gas Metana Biogas B13.....	56
Gambar 4.12 Pengaruh <i>Volatile Fatty Acid</i> terhadap Konsentrasi Gas Metana Biogas K.....	56
Gambar 4.13 Pengaruh Persentase Penurunan <i>COD</i> terhadap Volume Akumulasi Biogas .....	60
Gambar 4.14 Karakteristik Temperatur Biogas B9.....	62
Gambar 4.15 Karakteristik Temperatur Biogas B10.....	63
Gambar 4.16 Karakteristik Temperatur Biogas B11.....	63
Gambar 4.17 Karakteristik Temperatur Biogas B12.....	63
Gambar 4.18 Karakteristik Temperatur Biogas B13.....	64
Gambar 4.19 Karakteristik Temperatur Biogas K .....	64
Gambar 4.20 Karakteristik Nilai <i>pH</i> Biogas B9 .....	66
Gambar 4.21 Karakteristik Nilai <i>pH</i> Biogas B10 .....	66
Gambar 4.22 Karakteristik Nilai <i>pH</i> Biogas B11 .....	67
Gambar 4.23 Karakteristik Nilai <i>pH</i> Biogas B12 .....	67

Gambar 4.24 Karakteristik Nilai $pH$ Biogas B13 .....	67
Gambar 4.25 Karakteristik Nilai $pH$ Biogas K.....	68

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Perhitungan volume biogas .....	76
Lampiran 2. Hasil Pengujian <i>Volatile Fatty Acids</i> .....	78
Lampiran 3. Hasil Pengujian gas Metana dan gas Karbondioksida.....	81
Lampiran 4. Hasil Pengujian <i>Chemical Oxygen Demand</i> .....	84
Lampiran 5. Grafik pengaruh periode pembuangan <i>VFA</i> terhadap kadar gas Metana yang dihasilkan .....	86
Lampiran 6. Grafik pengaruh periode pembuangan <i>VFA</i> terhadap kadar gas Karbondioksida yang dihasilkan.....	87
Lampiran 7. Grafik pengaruh <i>Volatile Fatty Acid</i> terhadap konsentrasi gas Metana .....	88
Lampiran 8. Grafik karakteristik temperature.....	89
Lampiran 9. Grafik karakteristik <i>pH</i> .....	90



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Permasalahan kelangkaan energi di Indonesia mendapat perhatian khusus dari pemerintah. Hal ini mendorong keluarnya kebijakan pengurangan konsumsi bahan bakar fosil dan peningkatan penggunaan energi terbarukan yang dituangkan dalam bentuk sasaran (*primer*) Energi Mix Nasional tahun 2025. Salah satu upaya yang dilakukan untuk memenuhi target itu adalah penggunaan biomassa sebagai sumber energi. Salah satu sumber energi biomassa adalah biogas, hal ini dikarenakan biogas tergolong ke dalam energi yang berasal dari fermentasi bahan-bahan organik (bahan non fosil) yang umumnya berasal dari berbagai limbah organik seperti, feses manusia, feses hewan, sisa-sisa tumbuhan dan lain sebagainya.

Biogas sebagian besar mengandung gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan beberapa kandungan gas yang jumlahnya kecil diantaranya hidrogen ( $\text{H}_2$ ), hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), amonia ( $\text{NH}_3$ ) serta nitrogen ( $\text{N}_2$ ) yang kandungannya sangat kecil. Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ). Semakin tinggi kadar gas metana maka semakin besar energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya apabila semakin kecil kadar gas metana maka energi kalor juga semakin kecil (Gunawan, 2013:1). Gas karbondioksida dalam campuran biogas akan menurunkan nilai kalor biogas (Sasongko, 2014:89). Kadar Gas karbondioksida yang terlalu tinggi akan mempengaruhi nilai kalor dan menurunkan

nilai ekonomi, oleh karena itu perlu dilakukan perlakuan untuk mengurangi kadar gas karbondioksida agar kualitas biogas semakin baik (Nuclea, 2017).

Hasil dari proses fermentasi dari biomassa adalah berupa gas yang akan dimanfaatkan untuk kebutuhan hidup manusia. Volume gas yang dihasilkan dipengaruhi oleh sifat fisik bahan isian dalam proses fermentasi. Perbedaan sifat fisik bahan isian mempengaruhi laju penguraian biomassa oleh bakteri pada masing-masing komposisi maupun sumber bahan isian digester. Produktivitas bakteri dalam komposisi bahan isian yang berbeda akan menyebabkan volume biogas yang dihasilkan berbeda.

Limbah biomassa yang mengandung selulosa, hemiselulosa, lipid dan senyawa lain pada awal proses fermentasi biogas, akan diurai menjadi senyawa dengan rantai yang lebih pendek. Setelah senyawa-senyawa tadi diuraikan menjadi senyawa yang lebih pendek, tahap selanjutnya senyawa tersebut akan dirubah menjadi asam (asam propionat dan asam butirat). Selanjutnya asam-asam ini akan diubah menjadi Asam asetat.

Asam asetat yang dihasilkan kemudian akan diubah menjadi gas metana oleh bakteri methanogenesis. Selama proses fermentasi berlangsung pada tahap asetogenesis, bakteri pembentuk asam (*acid forming bacteria*) yang berupa bakteri asetogenic dan asidogenic akan menghasilkan asam lemak yang mudah menguap (*volatile fatty acids*). Apabila *volatile fatty acids* yang dihasilkan terlalu tinggi konsentrasinya akan menyebabkan nilai *pH* di dalam digester menurun dan menghasilkan kondisi beracun yang dapat menyebabkan bakteri methanogen tidak dapat berkembang biak dan menghentikan proses fermentasi.

Untuk mengontrol produksi asam lemak yang terlalu banyak dihasilkan pada saat awal fermentasi *anaerobic digetion* maka perlu dilakukan perlakuan supaya jumlah asam lemak yang berlebih tidak mempengaruhi proses fermentasi. Salah satu upaya untuk mengontrol asam lemak ini dengan cara membuka katup gas digester untuk membuang gas yang terbentuk pada awal fermentasi secara periodik.

Berdasarkan uraian tersebut diatas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh variasi periode waktu pembuangan *volatile fatty acid* terhadap kadar gas metana dan gas karbondioksida. Oleh karena itu peneliti mengambil judul **“Pengaruh Periode Waktu Pembuangan *Volatile Fatty Acids* Terhadap Kadar Gas Metana Dan Gas Karbondioksida Biogas Pada Proses Fermentasi *Anaerobic*”**

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berdasarkan dari uraian latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka dapat diidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kadar gas metana dan gas karbondoksida pada proses fermentasi feses sapi, diantaranya adalah sebagai berikut:

### **1.2.1 *Volatile Fatty Acid***

Tahap asidogenesis pada awal fermentasi menghasilkan produk berupa asam. Asam lemak yang mudah menguap (*volatile fatty acids*) yang dihasilkan oleh bakteri pembentuk asam apabila terlalu tinggi konsentrasinya akan menyebabkan *pH* di dalam digester menurun dan menyebabkan kondisi beracun di dalam digester. Asam lemak tersebut akan menghalangi atau bahkan

menghentikan proses fermentasi. Oleh karena itu kecepatan produksi *volatile fatty acids* di dalam digester diupayakan agar lebih rendah dari pada kecepatan bakteri methanogen untuk mengubah *volatile fatty acids* menjadi metana.

### **1.2.2 Campuran Bahan Isian**

Perbedaan komposisi campuran bahan isian akan mempengaruhi homogenitas sistem yang berbeda pada setiap komposisi. Homogenitas tersebut sangat mempengaruhi bakteri-bakteri dalam mengurai substrat, sehingga kadar homogenitas tertentu sangat mempengaruhi produktivitas bakteri dalam memproduksi biogas.

### **1.2.3 Perbandingan C/N Bahan Isian**

Perbandingan senyawa Karbon (C) dan Nitrogen (N) yang terkandung dalam bahan organik sangat menentukan kehidupan dan aktivitas mikroorganisme. Jika rasio C/N sangat tinggi, yang artinya kekurangan nitrogen maka nitrogen akan dikonsumsi secara cepat oleh bakteri methanogen untuk memenuhi kebutuhan proteinnya. Akibatnya produksi gas akan turun. Sebaliknya, apabila rasio C/N sangat rendah maka Nitrogen akan terbebas dan terakumulasi dalam bentuk Ammonia (NH<sub>3</sub>) dan menghambat produksi bakteri metana

### **1.2.4 Kadar *Potential of Hidrogen (pH)* Bahan Isian**

Kadar *pH* yang optimum untuk bakteri pembentuk gas metana berkisar antara 6,7 – 7,5. Apabila *pH* semakin turun maka akan menyebabkan pengubah substrat menjadi biogas terhambat sehingga dapat mengakibatkan penurunan volume biogas. Semakin tinggi kadar *pH* maka akan menyebabkan tingginya produksi CO<sub>2</sub> sehingga produksi CH<sub>4</sub> menurun.

### 1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, dari banyaknya permasalahan maka diberikan pembatasan terhadap banyaknya faktor-faktor yang mempengaruhi kadar gas metana dan gas karbondioksida pada proses fermentasi *anaerobic*, maka penelitian ini dibatasi dengan ketentuan sebagai berikut:

- 1.3.1 Fermentasi dilakukan selama 28 hari
- 1.3.2 *pH* awal sampel penelitian diukur antara 6,7 – 7,5
- 1.3.3 Digester ditempatkan pada lingkungan terbuka dan berada pada temperatur lingkungan.
- 1.3.4 Pengujian gas metana, gas karbondioksida dan *volatile fatty acid* dilakukan setiap 7 hari sekali dimulai pada hari ke-14.
- 1.3.5 Variasi periode pembuangan *VFA* adalah pada hari ke-9,10,11,12 dan 13.

### 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan pembatasan masalah di atas, maka permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1.4.1 Bagaimana pengaruh periode waktu pembuangan *volatile fatty acid* terhadap kadar gas metana yang dihasilkan?
- 1.4.2 Bagaimana pengaruh periode waktu pembuangan *volatile fatty acid* terhadap kadar gas karbondioksida yang dihasilkan?
- 1.4.3 Bagaimana pengaruh *volatile fatty acid* terhadap konsentrasi gas metana yang dihasilkan?
- 1.4.4 Bagaimana pengaruh persentase penurunan *COD* terhadap volume akumulasi biogas yang dihasilkan?

1.4.5 Bagaimana karakteristik temperatur biogas?

1.4.6 Bagaimana karakteristik *pH* biogas?

### **1.5 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.5.1 Mengetahui pengaruh periode waktu pembuangan *volatile fatty acid* terhadap kadar gas metana yang dihasilkan

1.5.2 Mengetahui pengaruh periode waktu pembuangan *volatile fatty acid* terhadap kadar gas karbondioksida yang dihasilkan

1.5.3 Mengetahui pengaruh *volatile fatty acid* terhadap kadar gas metana yang dihasilkan

1.5.4 Mengetahui pengaruh persentase penurunan *COD* terhadap volume akumulasi biogas yang dihasilkan

1.5.5 Mengetahui karakteristik temperatur biogas

1.5.6 Mengetahui karakteristik *pH* biogas

### **1.6 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1.6.1 Setelah mengetahui pengaruh dari periode waktu pembuangan *VFA* terhadap kadar gas metana dan gas karbondioksida maka dapat dijadikan sebagai referensi untuk perkembangan dan penelitian selanjutnya mengenai proses fermentasi biogas serta memberikan gambaran kepada mahasiswa variabel-variabel yang berpengaruh terhadap proses fermentasi.

1.6.2 Setelah mengetahui pengaruh periode waktu pembuangan *VFA* terhadap kadar gas metana dan gas karbondioksida diharapkan dapat digunakan sebagai acuan untuk memilih periode waktu pembuangan *VFA* agar menghasilkan kadar gas metana yang optimal.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Kajian Pustaka

Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait produksi *volatile fatty acids* dan gas metana pada proses fermentasi *anaerobic* adalah sebagai berikut:

Penelitian yang dilakukan oleh Grzelak dkk, (2012) yang berjudul Pergerakan Produksi *Volatile Fatty Acid* dan Hidrogen Selama Proses *Anaerobic Digestion* Sampah Organik menyatakan bahwa: sampah organik yang ditambahkan ke dalam sampel menunjukkan tingginya produksi rata-rata *VFA*. Jumlah *VFA* enam kali lebih besar dari sampel yang hanya mengandung *sludge* saja. Relevansinya pada penelitian ini adalah perubahan produksi gas metana dan gas karbondioksida akibat proses fermentasi *anaerobic*. Perbedaannya yaitu pada penelitian ini bahan yang digunakan untuk proses fermentasi berbeda.

Penelitian yang dilakukan oleh Widarti dkk, (2012) yang berjudul Degradasi Substrat *Volatile Solid* pada Produksi Biogas dari Limbah Pembuatan Tahu dan Kotoran Sapi menyatakan bahwa: Penggunaan ampas tahu menghambat proses pembentukan metana. Asam asetat, asam propionate dan asam butirat pada S6, S9, S12 dan K1 mempunyai kecenderungan semakin meningkat jumlahnya dari awal proses sampai hari ke-56. Keempat digester menggunakan ampas tahu berturut turut sebesar 80 g, 110 g, 150 g dan 130 g, kemungkinan karena terurainya karbohidrat ampas tahu yang berupa serat membutuhkan waktu yang lama sampai waktu berakhirnya pengamatan keempat digester masih dalam tahap asetogenesis. Relevansinya pada penelitian ini adalah perubahan konsentrasi gas metana akibat



proses fermentasi *anaerobic*. Perbedaannya yaitu pada penelitian ini lama proses fermentasi berbeda dan tidak ada perlakuan suhu.

Penelitian yang dilakukan oleh Windyasmara (2015) yang berjudul Pengaruh Jenis Kotoran Ternak Sebagai Substrat dan Penambahan Serasah Daun Jati (*Tectona Grandis*) terhadap Produksi Total *VFA* Pada Proses Fermentasi Biogas menyatakan bahwa: Kandungan *VFA* tertinggi yang meliputi asam asetat, propionate, dan butirir dihasilkan oleh biogas dari kotoran sapi tanpa penambahan serasah daun jati. Peningkatan level daun jati tidak meningkatkan total *VFA* pada biogas feses sapi maupun feses kuda. Relevansinya pada penelitian ini adalah perubahan produksi total *VFA* akibat proses fermentasi *anaerobic* menggunakan metode analisis gas kromatografi. Perbedaannya yaitu pada penelitian ini hanya menggunakan kotoran sapi dan tidak ada penambahan variasi limbah biomassa lain.

Penelitian yang dilakukan oleh Nurkholis dkk, (2016) yang berjudul Pengaruh *Hydraulic Retention Time* pada Produksi Biohidrogen dari Sampah Buah Melon (*Cucumis Melo l.*) Menggunakan Reaktor Alir Pipa Secara Kontinyu menyatakan bahwa: laju produksi dan *yield* bio-H<sub>2</sub> optimal pada *HRT* yang singkat yaitu 3 hari, dimana secara berturut-turut mencapai 224,8587 ml dan 50,4097 ml/g VS, sedangkan konsentrasi *Volatile Fatty Acids* tertinggi mencapai 47.000 mg/l pada *HRT* 7 hari, dimana asam asetat merupakan konstituen dominan. Hal ini dapat menyebabkan inhibisi yang dapat menurunkan produksi gas. Relevansinya pada penelitian ini adalah perubahan produksi *VFA* pada proses fermentasi *anaerobic*

Perbedaannya yaitu pada penelitian ini reaktor yang digunakan untuk proses fermentasi berbeda.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Biogas**

Mengingat pada penelitian ini mengambil tema tentang biogas, maka kajian teori ini peneliti akan sedikit memaparkan tentang teori dari biogas. Biogas adalah kumpulan gas yang dihasilkan dari suatu proses fermentasi bahan organik yang diuraikan oleh bakteri yang terjadi dalam kondisi tanpa oksigen atau *anaerobic* (Sahidu, 1983:23). Biogas merupakan salah satu bahan bakar non fosil yang bersifat *renewable* (dapat diperbaharui) dan dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif.

Kandungan utama biogas yang dapat dijadikan sebagai sumber bahan bakar adalah gas metana ( $\text{CH}_4$ ). Metana dalam biogas bila terbakar akan relatif lebih bersih dari pada batu bara, dan menghasilkan energi yang cukup besar dengan emisi karbondioksida yang lebih sedikit. Metana ( $\text{CH}_4$ ) biasanya terdapat di alam dimana penghancuran bahan organik oleh bakteri terjadi tanpa oksigen (*anaerob*), seperti rawa atau bagian berlumpur di danau. Karena itu sering pula disebut gas rawa.

Perkembangan biogas di negara Cina, gas metana dikumpulkan dari lumpur di dasar rawa untuk digunakan salah satunya sebagai bahan memasak dan penerangan. Gas metana juga terbentuk di dalam saluran pencernaan binatang tertentu seperti hewan memamah biak, contohnya sapi.

Gas metana sebanyak  $1 \text{ m}^3$  setara dengan 0,65 kg gas elpiji (*LPG*). Maka dengan penggunaan metana dapat menghemat penggunaan bahan bakar dari

sumber yang tidak dapat diperbarui (*unrenewable*). Menurut Sunaryo (2014:23) kandungan gas yang ada dalam biogas adalah Metana, Karbondioksida, Nitrogen, Hidrogen, Karbonmonoksida, Oksigen serta sejumlah kecil Hidrogen sulfida. Komposisi biogas secara umum tersaji pada Tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1 Komposisi Biogas Secara Umum

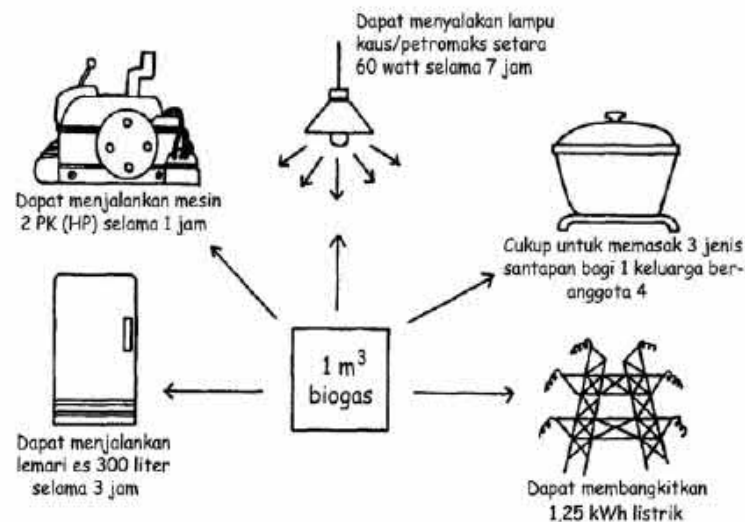
Komposisi Biogas	Jumlah
Metana (CH <sub>4</sub> )	54 - 70 %
Karbondioksida (CO <sub>2</sub> )	27 - 45 %
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	3 - 5 %
Hidrogen (H <sub>2</sub> )	1 %
Karbonmonoksida (CO)	0,1 %
Oksigen (O <sub>2</sub> )	0,1 %
Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)	Sedikit

Kandungan yang terdapat dalam biogas dapat mempengaruhi sifat dan kualitas biogas sebagai bahan bakar. Kandungan yang terdapat dalam biogas merupakan hasil dari proses metabolisme mikroorganisme. Biogas yang memiliki kandungan gas metana diatas 50% sudah bisa digunakan sebagai bahan bakar (Irvan dkk, 2012:45).

Apabila kandungan CO<sub>2</sub> dalam biogas sebesar 25 - 50 % maka dapat mengurangi nilai kalor bakar dari biogas tersebut. Sedangkan kandungan H<sub>2</sub>S dalam biogas dapat menyebabkan korosi pada peralatan dan perpipaan. Nitrogen dalam biogas juga dapat mengurangi nilai kalor bakar biogas tersebut. Selain itu terdapat uap air yang juga dapat menyebabkan kerusakan pada pembangkit yang digunakan.

Setiap 1 m<sup>3</sup> biogas dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan diantaranya yaitu: dapat menjalankan mesin bertenaga 2 HP selama 1 jam, dapat menyalakan lampu petromaks dengan daya 60 Watt selama 7 jam, dapat menghidupkan lemari es berkapasitas 300 liter selama 3 jam, bisa untuk memasak 3 jenis masakan untuk

1 keluarga beranggotakan 4 orang, dan dapat membangkitkan listrik sebesar 1,25 kWh. Berikut ini adalah gambar penggunaan gas metana untuk berbagai aplikasi:



Gambar 2.1 Penggunaan Biogas untuk Berbagai Aplikasi  
Sumber: Kosaric dan Velikonja (1995:130)

Biogas selain menghasilkan bahan bakar juga akan menghasilkan limbah. Limbah biogas mempunyai manfaat yang sama dengan pupuk kandang yang dapat digunakan sebagai pupuk untuk memperbaiki struktur tanah dan memberikan unsur hara yang diperlukan oleh tanaman (Setiawan, 2014:51).

### 2.2.2 Feses Sapi

Mengingat pada penelitian ini menggunakan limbah biomassa berupa feses sapi, maka sedikit dipaparkan tentang feses sapi. Feses sapi adalah limbah hasil pencernaan sapi. Sapi memiliki sistem pencernaan khusus yang menggunakan mikroorganisme dalam sistem pencernaan yang berfungsi untuk mencerna *selulosa* dan *lignin* dari rumput berserat tinggi. Feses sapi sangat cocok sebagai sumber penghasil biogas maupun sebagai biostarter dalam proses fermentasi, karena feses

sapi tersebut telah mengandung bakteri penghasil gas metan yang terdapat dalam perut hewan ruminansia.

Pada penelitian ini feses sapi dipilih sebagai bahan pembuatan biogas, karena ketersediannya yang sangat besar. Bahan ini juga mempunyai keseimbangan nutrisi, yang mudah diencerkan sehingga dapat diproses secara biologi. Pada proses fermentasi feses sapi segar lebih mudah diproses dibandingkan dengan feses yang lama atau yang telah dikeringkan. Feses sapi mempunyai rasio C/N sebesar 16,6 - 25%. (Siallagan (2010) dalam Windyasmara dkk, (2012:41))

Pembuatan biogas dari feses hewan khususnya sapi, berpotensi sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan. Karena selain dapat memanfaatkan limbah ternak, sisa dari pembuatan biogas yang berupa bubur dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik yang kaya akan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman. Feses sapi mengandung *hemiselulosa* sebesar 18,6%, *selulosa* 25,2%, *lignin* 20,2%, Nitrogen 1,67%, Fosfat 1,11%, dan Kalium sebesar 0,56%. (Sihotang (2010) dalam Windyasmara dkk, (2012:41))

### **2.2.3 Volatile Fatty Acids**

Mengingat pada penelitian ini berkaitan dengan *volatile fatty acids*, maka sedikit dipaparkan tentang *volatile fatty acids*. *Volatile fatty acids* adalah produk dari hasil proses metabolisme karbohidrat di dalam rumen hewan memamah biak yang dibantu oleh mikroba tertentu. *Volatile fatty acids* merupakan senyawa *intermediate* (asetat, propionat, butirat, laktat), dihasilkan selama asidogenesis, dengan rantai karbon hingga enam atom. Dalam kebanyakan kasus, ketidakstabilan proses *digestion* akan menyebabkan akumulasi VFA di dalam digester, yang dapat

menyebabkan penurunan nilai *pH*. Namun, akumulasi *VFA* tidak akan selalu diungkapkan oleh penurunan nilai *pH*, karena kapasitas penyangga digester melalui jenis biomassa yang terkandung di dalamnya.

Ada tiga tahap dalam proses terbentuknya *VFA* yang pertama, karbohidrat mengalami hidrolisis menjadi monosakarida, seperti glukosa, fruktosa dan pentosa. Tahap kedua dengan melakukan proses glikolisis, yaitu hasil dari produk dari tahap pertama akan mengalami pencernaan yang menghasilkan piruvat. Piruvat selanjutnya akan diubah menjadi *VFA* yang umumnya terdiri dari asam asetat, asam butirat dan asam propionat.

#### **2.2.4 Proses Pembentukan Biogas**

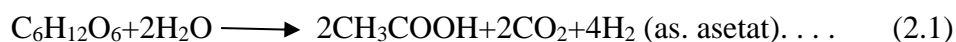
Mengingat pada penelitian ini gas metana dan gas karbondioksida dihasilkan dari proses fermentasi biogas, maka sedikit dipaparkan tentang proses pembentukan biogas. Proses pembentukan biogas untuk menghasilkan gas metana terdiri atas 3 tahap yaitu hidrolisis, asidogenesis dan metanogenesis. Proses tersebut menghasilkan campuran gas metana, karbondioksida, air, hydrogen sulfida dan ammonia.

##### **2.2.4.1 Fase Hidrolisis**

Hidrolisis adalah proses penguraian bahan organik yang berupa molekul kompleks berukuran besar menjadi molekul yang berukuran sederhana oleh bakteri hidrolitik. Unsur penyusun utama bahan organik adalah karbohidrat (selulosa, hemiselulosa, lignin), protein dan lemak. Pada tahap hidrolisis unsur-unsur tersebut akan diurai menjadi senyawa dengan rantai yang lebih pendek. Sebagai contoh polisakarida terurai menjadi monosakarida sedangkan protein terurai menjadi

peptida dan asam amino. Pada tahap hidrolisis, yang berperan adalah enzim ekstraseluler seperti *selulose*, *amilase*, *protease*, dan *lipase*.

Proses hidrolisis dikatalis oleh enzim yang dikeluarkan oleh bakteri seperti *selulase*, *protase*, dan *lipase*. Pada proses ini bakteri pengurai asam menguraikan senyawa glukosa menjadi :

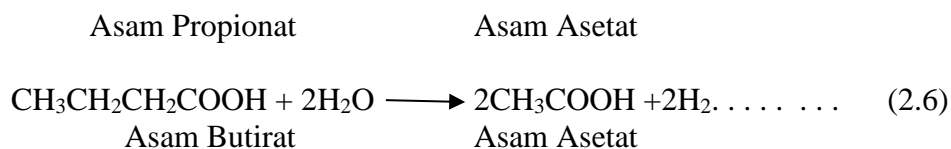


#### 2.2.4.2 Fase Asetogenesis

Asetogenesis adalah proses perubahan senyawa sederhana (glukosa) menjadi asam lemak yang mudah menguap (*volatile fatty acid*) yang berupa asam asetat, asam propionat, asam butirat dan etanol dalam keadaan *anaerob* oleh bakteri asam (*acidogenic bacteria*). Pada tahap ini bakteri akan mengubah senyawa rantai pendek hasil hidrolisis menjadi asam asetat, H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>. Tahap ini dilakukan oleh berbagai kelompok bakteri, mayoritasnya adalah bakteri *obligat anaerob* dan sebagian yang lain bakteri *anaerob fakultatif*.

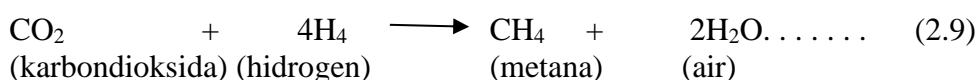
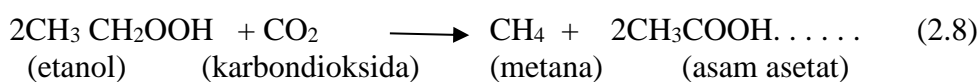
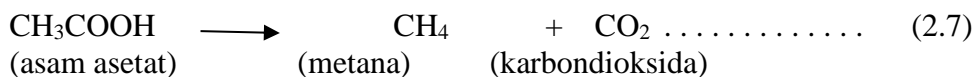
Untuk menghasilkan asam asetat, dibutuhkan oksigen yang diperoleh dari oksigen yang terlarut dan karbon dalam larutan. Selain itu bakteri tersebut juga mengubah senyawa yang bermolekul rendah menjadi alkohol, asam organik, asam amino, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan sedikit CH<sub>4</sub>. Pada proses ini *acetogenic bacteria* menguraikan asam propionat dan asam butirat menjadi:





### 2.2.4.3 Fase Metanogenesis

Metanogenesis adalah proses perubahan asam-asam lemak dan etanol menjadi metana dan karbondioksida oleh bakteri metanogenik (*Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanosarcina* dan *Methanococcus*). Pada tahap pembentukan gas Metana bakteri yang berperan adalah bakteri metanogenesis. Bakteri ini akan membentuk gas CH<sub>4</sub>, dan CO<sub>2</sub> dari gas H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, dan asam asetat yang dihasilkan pada tahap pengasaman. Pada proses ini *methane bacteria* mensintesa hidrogen dan karbondioksida menjadi:



### 2.2.4 Faktor yang Berpengaruh terhadap Biogas

Mengingat proses fermentasi biogas dipengaruhi oleh banyak faktor, maka sedikit dipaparkan beberapa faktor yang mempengaruhi proses fermentasi biogas. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap produksi biogas sebagai berikut:

#### 2.2.4.1 Kondisi Anaerob

Biogas dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik oleh mikroorganisme *anaerob*. Karena itu, instalasi pengolahan biogas harus kedap udara (*anaerob*)



#### **2.2.4.2 Bahan Baku Isian**

Bahan baku isian berupa bahan organik seperti feses ternak, limbah pertanian, sisa dapur dan sampah organik. Bahan baku isian ini harus terhindar dari bahan baku anorganik seperti pasir, batu, plastik dan beling. Bahan baku isian ini harus mengandung berat kering sekitar 7 – 9 %. Keadaan ini dapat dicapai dengan melakukan pengenceran menggunakan air 1 : 1-2 (bahan baku : air)

#### **2.2.4.3 Kandungan Senyawa dalam Bahan**

Hal ini menyangkut nilai atau perbandingan antara unsur Karbon (C) dengan unsur Nitrogen (N) yang secara umum dikenal dengan nama Rasio C/N. Perbandingan senyawa Karbon (C) dan Nitrogen (N) yang terkandung dalam bahan organik sangat menentukan kehidupan dan aktivitas mikroorganisme. Di dalam bahan organik biasanya kandungan karbon lebih banyak dibandingkan kandungan nitrogennya. Bila suatu bahan memiliki angka perbandingan 20, ini berarti ada 20 gram karbon dan jumlah nitrogennya adalah 1 gram.

Jika rasio C/N sangat tinggi, yang artinya kekurangan nitrogen maka nitrogen akan dikonsumsi secara cepat oleh bakteri methanogen untuk memenuhi kebutuhan proteinnya. Begitu nitrogen habis, bakteri methanogen tidak bereaksi lagi dalam mendegradasikan kandungan karbon di dalam bahan organik. Akibatnya produksi gas akan turun. Sebaliknya, apabila rasio C/N sangat rendah maka Nitrogen akan terbebas dan terakumulasi dalam bentuk Ammonia (NH<sub>3</sub>) dan menghambat produksi bakteri metana (Deublein dan Steinhäuser, 2008:116)

Bahan dengan rasio C/N tinggi dapat dipadukan dengan bahan yang memiliki rasio C/N rendah, sehingga diperoleh rata-rata perbandingan rasio C/N

antara 20 - 30. Rasio C/N dari berbagai bahan organik ditunjukkan pada Tabel 2.2 di bawah ini:

Tabel 2.2 Rasio C/N dari berbagai bahan organik

Bahan	Rasio C/N
Feses Bebek	8
Feses Manusia	8
Feses ayam	10
Feses kambing	12
Feses babi	18
Feses domba	19
Feses sapi	24
Enceng gondok	25
Feses gajah	43
Batang jagung	60
Jerami padi	70
Jerami gandum	90
Serbuk gergaji	Diatas 200

Sumber: Karki dan Dixit (1984) dalam Haryati (2006:163)

#### 2.2.4.4 Temperatur

Bakteri methanogen tidak akan aktif apabila temperatur di dalam digester terlalu tinggi atau terlalu rendah. Digester pada suhu tinggi mampu memproses lebih cepat dari pada suhu rendah. Tetapi rentang suhu ideal untuk tiap daerah berbeda. Berdasarkan suhu, bakteri dapat dibedakan menjadi 3 kelompok, yaitu bakteri psikofilik (30°C), bakteri mesofilik (30°C - 40°C) dan bakteri termofilik (50°C - 60°C). Untuk negara tropis seperti Indonesia digunakan digester tanpa pemanas dengan rentang suhu 20°C - 30°C. Temperatur yang bagus untuk pertumbuhan bakteri *anaerobic* pada proses fermentasi berkisar antara 30 - 35°C (Sahidu, 1983:15).

#### 2.2.4.5 Potential of Hydrogen (pH)

*Potential of hydrogen (pH)* merupakan satuan untuk mengukur konsentrasi ion hydrogen dalam suatu substansi untuk menyatakan tingkat derajat keasaman atau kebasaan (alkalinitas). (Satia, 2018)

Derajat keasaman sangat mempengaruhi kehidupan mikroba, kadar *pH* yang optimum untuk pembentukan bakteri metana adalah 6,7 – 7,5 (Deublein dan Steinhauser, 2008:114). Selama proses fermentasi berlangsung, asam lemak yang mudah menguap (*volatile fatty acids*) yang dihasilkan oleh bakteri pembentuk asam (*acid forming bacteria*) akan menyebabkan *pH* di dalam digester menurun hingga di bawah 5. Asam tersebut akan menghalangi atau bahkan menghentikan proses fermentasi. Oleh karena itu kecepatan produksi *volatile fatty acids* di dalam digester diupayakan agar lebih rendah dari pada kecepatan bakteri methanogen untuk mengubah *volatile fatty acids* menjadi metana.

Apabila *pH* turun akan mempengaruhi pembentukan bakteri metana menjadi terhambat sehingga dapat mengakibatkan volume biogas mengalami penurunan (Mara dan Alit, 2011). Bakteri methanogen tidak dapat tumbuh berkembang di bawah *pH* 6,5. Namun tidak semua bakteri methanogen tidak dapat bertahan jika *pH*-nya di bawah 6,5. Bakteri methanogen yang dapat bertahan pada *pH* 6,5 atau sedikit di bawahnya adalah bakteri *Methanosarcina* (Deublein dan Steinhauser, 2008:114).

#### **2.2.4.6 Toksikitas (*toxicity*)**

Indikator toksikitas pada proses *anaerobic* digester dapat muncul dengan cepat atau lambat tergantung pada jenis toksik dan tingkat konsentrasinya toksikitasnya. Indikator yang menandakan adanya toksikitas antara lain adalah

hilangnya hydrogen, tidak terbentuknya metana, penurunan tingkat alkalinitas dan *pH*-nya serta meningkatnya konsentrasi asam *volatile* (Gerardi, 2003:107).

Kebanyakan toksikitas disebabkan oleh:

#### **2.2.4.6.1 Ammonia**

Ammonia bebas bersifat racun untuk perkembangan bakteri pembentuk metana. Efek racun yang disebabkan oleh ammonia sama seperti yang disebabkan oleh Sianida dan Hidrogen sulfida yang sangat mempengaruhi *pH* dalam digester. Apabila ammonia jumlahnya banyak maka akan menyebabkan *pH* biogas di dalam digester meningkat. Walaupun bakteri pembentuk Metana dapat menyesuaikan diri terhadap keberadaan ammonia bebas, namun jika jumlah ammonia bebas > 50 mg/l *pH* menjadi tinggi dan menyebabkan kegagalan proses dalam digester (Gerardi, 2003:107).

Nitrogen tereduksi dapat ditransfer pada proses anaerobik atau diproduksi selama proses degradasi senyawa Nitrogen organik seperti asam amino dan protein secara anaerobik. Nitrogen tereduksi dihasilkan dalam dua bentuk yaitu, ion ammonium dan ammonia bebas. Efek dari keberadaan ammonia pada proses anaerobik dapat bersifat positif dan negatif. Jika dalam bentuk ion ammonium, maka akan digunakan oleh bakteri sebagai bahan makanan yaitu sebagai sumber nitrogen. Penurunan *pH* menandakan jumlah ion ammonium meningkat.

#### **2.2.4.6.2 Hidrogen Sulfida**

Hidrogen sulfida adalah salah satu senyawa yang bersifat paling toksik dalam proses anaerobik. Bakteri pembentuk metana sangat rentan terhadap Hidrogen sulfida. Bakteri pembentuk metana yang mengkonsumsi hidrogen lebih

rentan terhadap Hidrogen sulfida dibandingkan dengan bakteri pembentuk metana asetoklastik. Bakteri pembentuk asam juga rentan terhadap Hidrogen sulfida. Hidrogen sulfida terlarut menjadi racun karena sulfida menghambat aktifitas metabolisme bakteri *anaerob* (Gerardi, 2003:108). Hidrogen sulfida yang terkandung dalam biogas dapat menyebabkan korosi pada peralatan dan perpipaan (Irvan dkk, 2012:46).

#### 2.2.4.6.3 Logam Berat

Logam berat seperti Kobalt (*Co*), Tembaga (*Cu*), Besi (*Fe*), Nikel (*Ni*), dan Seng (*Zn*) banyak ditemukan di dalam limbah cair dan *sludge* biogas yang akan dimasukkan ke dalam digester *anaerob*. Beberapa logam berat seperti Kobalt, Molybdenum dan Nikel pada konsentrasi tertentu berfungsi sebagai penambah atau activator yang dapat meningkatkan aktifitas bakteri pembentuk metana. Tetapi logam berat dalam konsentrasi tinggi akan menyebabkan racun pada proses *anaerobic* digester (Gerardi, 2003:110-111). Adapun unsur atau senyawa penghasil racun serta ambang batasnya diberikan pada Tabel 2.3 di bawah ini:

Tabel 2.3 Ambang Batas dari Berbagai Macam Unsur Penghalang

Unsur Penghalang	Ambang Batas
Sulphate ( $\text{SO}^-$ )	5.000 ppm
Sodium Chloride ( $\text{NaCl}$ )	40,000 ppm
Nitrate (Calculated as N)	50 mg/l
Copper ( $\text{Cu}^{++}$ )	100 mg/l
Chromium ( $\text{Cr}^{+++}$ )	200 mg/l
Nickel ( $\text{Ni}^{+++}$ )	200 - 500 mg/l
Sodium ( $\text{Na}^+$ )	3,500 - 5,500 mg/l
Potassium ( $\text{K}^+$ )	2,500 - 4,500 mg/l
Calcium ( $\text{Ca}^{++}$ )	2,500 - 4.500 mg/l
Magnesium ( $\text{Mg}^{++}$ )	1,000 - 1,500 mg/l
Manganese ( $\text{Mn}^{++}$ )	Di atas 1,500 mg/l

Sumber: The Biogas Technology in China, BRTC, China (1989) dalam FAO (1996:15)

#### 2.2.4.6.4 Senyawa Turunan Benzena

Kinerja bakteri pembentuk metana dapat dihambat oleh senyawa turunan benzena, yaitu benzena, pentaklorophenol, phenol, senyawa phenolik dan toluena. Golongan senyawa phenolik adalah klorophenol, nitrophenol dan tanin. Tanin termasuk ke dalam senyawa phenolik alami yang ditemukan dalam buah-buahan dan sayuran, seperti apel, pisang, buncis, padi-padian dan kopi. Tanin akan bersifat toksik jika konsentrasinya diatas 700 mg/l (Gerardi, 2003:112).

#### 2.2.4.7 Loading Rate

*Loading Rate* adalah banyaknya material dasar dalam hal ini *Slurry* (luluan) yang dimasukkan ke dalam digester dalam satuan volume untuk setiap harinya. Sebagai gambaran keadaan di Nepal, yang direkomendasikan untuk instalasi biogas feses sapi adalah sekitar 6 kg feses tiap satu meter kubik volume digester. Apabila *input* digester terlalu banyak, asam-asam yang terbentuk akan terakumulasi dan produksi metana akan terhalang. Demikian pula, apabila *input* ke dalam digester kurang maka akan terjadi hal yang serupa.

#### 2.2.4.8 Starter

*Starter* diperlukan untuk mempercepat proses perombakan bahan organik hingga menjadi biogas. *Starter* merupakan mikroorganisme perombak yang telah dijual komersial. Bisa juga menggunakan lumpur aktif organik atau isi rumen. Beberapa jenis *starter* antara lain: *starter* alami yaitu lumpur aktif seperti lumpur kolam ikan, air comberan atau cairan *septic tank*, *sludge*, timbunan feses, dan timbunan sampah organik. *Starter* semi buatan yaitu dari fasilitas biodigester dalam

stadium aktif. *Starter* buatan yaitu bakteri yang dibiakkan secara laboratorium dengan media buatan.

#### **2.2.4.9 Volume Isian Digester**

Volume isian bahan digester akan menentukan banyaknya volume udara yang berada dalam digester, apabila udara terlalu banyak maka pembentukan biogas tidak optimal, sedangkan bila terlalu sedikit akan mengakibatkan oksigen terlarut yang digunakan sebagai makanan pada tahap pengsamakan akan berkurang. Volume bahan isian adalah 80% dari total volume digester.

#### **2.2.4.10 Pengadukan**

Pengadukan sangat bermanfaat bagi bahan yang berada di dalam digester *anaerob* karena memberikan peluang material tetap tercampur dengan bakteri dan temperatur terjaga merata diseluruh bagian. Dengan pengadukan potensi material mengendap di dasar digester semakin kecil, konsentrasi merata dan memberikan kemungkinan seluruh material mengalami proses fermentasi *anaerob* secara merata.

#### **2.2.5 Gas Kromatografi**

Mengingat dalam penelitian ini untuk mengetahui kadar gas metana, gas karbondioksida dan *volatile fatty acids* dilakukan pengujian menggunakan alat gas kromatografi, maka sedikit dipaparkan tentang gas kromatografi.

Gas Kromatografi atau sering disebut juga kromatografi gas merupakan alat yang digunakan dalam analisis kimia untuk memisahkan dan menganalisis senyawa yang dapat menguap tanpa mengalami dekomposisi. Oleh karena itu, senyawa-senyawa kimia yang akan dipisahkan haruslah dalam bentuk gas pula. Ada dua teknik pemisahan yang digunakan yaitu *adsorpsi*, digunakan untuk memisahkan

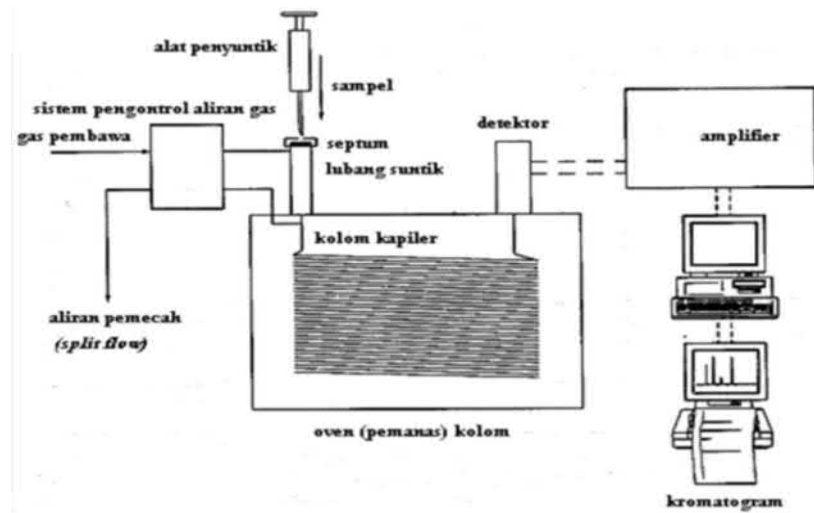
campuran gas dan *partition* yang digunakan untuk memisahkan zat-zat *volatil* (yang mudah menguap) dalam suatu cairan atau padatan, misalnya metanol.

Gas Kromatografi dapat digunakan untuk menguji kemurnian dari bahan tertentu, atau memisahkan berbagai komponen dari campuran. Kromatografi gas memisahkan suatu campuran berdasarkan kecepatan migrasinya di dalam fase diam yang dibawa oleh fase gerak. Sedangkan perbedaan migrasi ini disebabkan oleh adanya perbedaan interaksi diantara senyawa-senyawa kimia tersebut (di dalam campuran) dengan fase diam dan fase geraknya. Interaksi ini adalah adsorpsi, partisi, penukar ion dan jel permiasi.

Cara kerjanya adalah sampel gas yang diinjeksikan ke dalam lubang masuk kolom akan didorong oleh *carier* gas (Argon) masuk ke dalam kolom kromatografi. Di dalam open kolom, gas dipanasi dalam suhu tertentu sehingga campuran gas yang masuk ke dalam kolom tersebut akan dipisah-pisahkan sesuai dengan daya ikat atau daya gabung komponen gas dengan kolom. Kolom tersebut digunakan untuk memisahkan campuran gas menjadi  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CH_4$  dan  $CO$ . Setelah diproses dalam kolom, komponen-komponen gas didorong ke *detector* yang menggunakan jenis *Thermal Conductivity Detector (TCD)*.

Komponen-komponen gas akan dilepaskan dari kolom satu persatu sesuai daya ikat dari yang paling lemah. Di dalam *TCD* komponen-komponen gas akan terbaca sebagai signal-signal. Signal-signal ini akan diperkuat dengan menggunakan *amplifier detector* dan dilanjutkan ke alat *recorder*, dan dituliskan sebagai kromatogram berupa grafik puncak. Puncak konsentrasi yang diperoleh menggambarkan arus detektor terhadap waktu.





Gambar 2.2 Diagram Alat Gas Kromatografi  
Sumber: Gandjar dan Rohman (2007)

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut, yaitu :

- 5.1.1 Periode waktu pembuangan *VFA* berpengaruh pada kadar konsentrasi gas metana yang dihasilkan. Biogas B9 memiliki konsentrasi gas metana tertinggi yang dihasilkan pada hari ke-28 sebesar 39,64%. Sedangkan kadar konsentrasi gas metana terendah pada biogas B10 sebesar 29,50%.
- 5.1.2 Periode waktu pembuangan *VFA* berpengaruh pada kadar konsentrasi gas karbondioksida yang dihasilkan. Kadar konsentrasi gas karbondioksida semua sampel memiliki konsentrasi yang berkisar antara 11 - 13% pada hari ke-28. Sedangkan kadar konsentrasi gas metana berkisar antara 29 - 39%. Hal ini menunjukkan semakin tinggi kadar konsentrasi gas metana maka semakin rendah kadar konsentrasi gas karbondioksida.
- 5.1.3 Pengaruh *volatile fatty acid* terhadap konsentrasi gas metana adalah berbanding terbalik. Semakin sedikit *VFA* pada biogas maka konsentrasi gas metana semakin besar.
- 5.1.4 Pengaruh persentase penurunan *COD* terhadap volume akumulasi biogas adalah berbanding lurus. Semakin besar penurunan *COD* maka volume akumulasi biogas yang dihasilkan juga juga semakin banyak. Nilai persentase penurunan *COD* biogas paling tinggi adalah biogas B9 sebesar

90,17% dengan volume akumulasi biogas sebanyak 20,46 ml. Sedangkan persentase penurunan *COD* biogas paling rendah adalah biogas B10 sebesar 84,46% dengan volume akumulasi biogas sebanyak 14,22 ml.

- 5.1.5 Karakteristik temperatur biogas semua sampel adalah fluktuatif dimana mengalami kenaikan dan penurunan temperatur mengikuti kondisi temperatur lingkungan. Temperatur pada penelitian ini berlangsung pada kondisi mesofilik dimana rentang temperturnya adalah 25 - 28°C.
- 5.1.6 Karakteristik nilai *pH* rata-rata biogas pada awal fermentasi mengalami penurunan nilai *pH* karena proses fermentasi tersebut berada pada tahap *asetogenesis*. Kemudian nilai *pH* kembali stabil pada *pH* 7 mulai hari ke 20 sampai akhir fermentasi karena proses fermentasi tersebut berada pada tahap *metanogenesis*.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut:

- 5.2.1 Untuk mendapatkan kondisi optimal dalam fermentasi biogas maka sebaiknya pada hari ke-9, gas yang dihasilkan dibuang untuk mengurangi kadar *VFA* yang berlebih.
- 5.2.2 Untuk mendapatkan biogas yang optimal maka diusahakan kadar konsentrasi gas karbondioksida semakin sedikit.
- 5.2.3 Untuk mendapatkan kadar konsentrasi gas metana yang optimal maka diusahakan *VFA* semakin sedikit.

- 5.2.4 Untuk mendapatkan volume biogas yang optimal maka diusahakan kandungan *COD* terdegradasi secara sempurna.
- 5.2.5 Temperatur biogas sebaiknya berkisar antara 30 - 35°C agar bakteri dapat berkembangbiak dengan baik.
- 5.2.6 Derajat keasaman (*pH*) sebaiknya dikontrol setiap hari untuk mengetahui kondisi biogas selama proses fermentasi.
- 5.2.7 Penelitian yang telah dilakukan terdapat kekurangan pada bagian pengujian *VFA*, kadar konsentrasi gas metana dan gas karbondioksida. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya penulis menyarankan untuk menguji kandungan *VFA*, kadar konsentrasi gas metana dan gas karbondioksida setiap 7 hari sekali dari awal sampai akhir fermentasi selama minimal 35 hari.
- 5.2.8 Judul penelitian yang peneliti sarankan adalah pengaruh periode waktu pembuangan *volatile fatty acids* terhadap kadar gas metana dan gas karbondioksida pada biogas feses sapi dan limbah sampah organik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Deublein, D dan A. Steinhauser. 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resources*. Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- FAO. 1996. *Biogas Technology: A Training Manual For Extension*. Khatmandu: Consolidated Management Services Nepal (P) Ltd.
- Gandjar, I.G dan A. Rohman. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Gerardi M.H, 2003. *The Microbiology of anaerobik digesters*. NJersey: John Wiley & Sons inc
- Grzelak, J., R. Slezak, L. Krzystek. 2015. Kinetics of Volatile Fatty Acids and Hydrogen Production during Anaerobic Digestion of Organic Waste Material. *Jurnal Challenges of Modern Technology* 6(3): 48-52
- Gunawan, D. 2013. Produksi Biogas Sebagai Sumber Energi Alternatif dari Feses Sapi. *Jurnal Scientific Article* 1(2): 1-3
- Haryati, T. 2006. Biogas: Limbah Peternakan Yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. *Jurnal WARTAZOA* 16(3): 160-169
- Irvan, dkk. 2012. Pembuatan Biogas Dari Berbagai Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU* 1(1): 45-48
- Kosaric, N dan J. Velikonja. 1995. Liquid and gaseous fuels from biotechnology: challenge and opportunities. *Jurnal FEMS Microbiology Review* 16(2-3): 111-142
- Mara, I. M dan I. B Alit. 2011. Analisa Kualitas dan Kuantitas Biogas dari Feses Ternak. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Mataram* 1(2)
- Nuclea, S. 2017. Pemisahan Gas CO<sub>2</sub> pada Biogas Menggunakan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Berpromotor Glycine dalam Reaktor Packed Column. *Skripsi*. Departemen Teknik Kimia. Institut Teknologi Surabaya. Surabaya.
- Nurkholis, Sarto, dan M. Hidayat. 2016. Pengaruh *Hydraulic Retention Time* pada Produksi Biohidrogen dari Sampah Buah Melon (*Cucumis Melo l.*) Menggunakan Reaktor Alir Pipa Secara Kontinyu. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia* 1(2): 78-83
- Pandia, S dan Trisnawati, A. 2016. Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Volume Gas Bio dan Penyisihan COD dengan Metode Perlakuan Awal

- Menggunakan Kaliumhidroksida (KOH) pada Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*). *Jurnal Teknik Kimia USU* 5(2): 44-49
- Satia, D. 2018. *Pengetahuan Mengenai pH dan Hubungannya dengan Kesehatan*. <https://kangenwater.co.id/blog/81-apa-itu-ph>. 15 Agustus 2019 (23:40)
- Sahidu, S. 1983. *Kotoran Ternak Sebagai Sumber Energi*. Jakarta: Dewaruci Press.
- Sasongko, M. N. 2014. Pengaruh Prosentase CO<sub>2</sub> terhadap Karakteristik Pembakaran Difusi Biogas. *Jurnal Mekanika* 12(2): 89-93
- Setiawan, A. I. 2014. *Memfaatkan Feses Ternak*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sunaryo. 2014. Rancang Bangun Reaktor Biogas untuk Pemanfaatan Limbah Feses Ternak Sapi di Desa Limbangan Kabupaten Banjarnegara. *Jurnal PPKM UNSIQ* (1): 21-30
- Widarti, B. N dkk. 2012. Degradasi Substrat *Volatile Solid* pada Produksi Biogas dari Limbah Pembuatan Tahu dan Kotoran Sapi. *Jurnal Rekayasa Proses* 6(1): 14-19
- Windiasmara, L., A. Pertiwiningrum, dan L. M. Lusiati. 2012. Pengaruh Jenis Feses Ternak Sebagai Substrat dengan Penambahan Serasah Daun Jati (*Tectona Grandis*) Terhadap Karakteristik Biogas pada Proses Fermentasi. *Jurnal Buletin Peternakan* 36(1): 40-47
- Windiasmara, L. 2015. Pengaruh Jenis Kotoran Ternak Sebagai Substrat dan Penambahan Serasah Daun Jati (*Tectona Grandis*) terhadap Produksi Total VFA Pada Proses Fermentasi Biogas. *Jurnal Buletin Peternakan* 39(3): 199-204
- Yonathan, A., A. R. Prasetya, dan B. Pramudono. 2013. Produksi Biogas dari Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*): Kajian Konsistensi dan pH Terhadap Biogas Dihasilkan. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri* 2(2): 211-21
- Yulistiawati, E. 2008. Pengaruh Suhu dan C/N Rasio terhadap Produksi Biogas Berbahan Baku Sampah Organik Sayuran. *Skripsi*. Departemen Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.