



**PENGARUH SUHU DAN KONSENTRASI  
RUMEN SAPI TERHADAP PRODUKSI BIOGAS  
DARIVINASSE**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan dalam rangka menyelesaikan Studi Diploma III  
untuk mencapai gelar Ahli Madaia**

oleh

**Sunar Tejo Tsani**

**5511311003**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2015**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir

Judul: Pengaruh Suhu dan Konsentrasi rumen sapi terhadap Produksi Biogas

dari *Vinasse*

Oleh: SUNAR TEJO TSANI

NIM: 5511311003

telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Tugas Akhir.

Pembimbing



Rr. Dewi Artanti Putri, S.T.,M.T.

NIP. 198711192014042002

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Kimia



Prima Astuti Handayani, S.T., M.T.

NIP. 197203252000032001

## PENGESAHAN KELULUSAN

Tugas Akhir

Judul: Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Rumen sapi terhadap Produksi Biogas

dari *Vinasse*

Oleh : SUNAR TEJO TSANI

NIM : 5511311003

telah dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada:

Hari : Jum'at

Tanggal : 27 Februari 2015



Dekan Fakultas Teknik

Irs. Muhammad Harlanu, M.Pd.

NIP. 196602151991021001

Ketua Prodi Teknik Kimia

Prima Astuti Handayani, S.T., M.T.

NIP. 197203252000032001

Penguji Pembimbing

Dr. Megawati, S.T., M.T., Rr.

NIP. 197211062006042001

Dewi Artanti Putri, S.T., M.T.

NIP. 198711192014042002

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

“Biarlah yang lain memandang cara berfikirmu aneh dan tidak seperti manusia pada umumnya tapi selagi itu membuatmu nyaman karena sesungguhnya orang lain itu tidak tahu apa yang dulu pernah terjadi padamu”.

### **PERSEMBAHAN**

1. Ayahdan Ibuku, Sugiyarno dan Sri Endang Muji Rahayu.
2. Keluargaku.
3. Dosen-dosenku.
4. Sahabat-sahabatku.
5. Adik Kelasku.
6. Teman Kosku.
7. Almamaterku.

## INTISARI

Tsani, Sunar Tejo. 2014. *Pengaruh Suhu dan Konsentrasi rumen sapi terhadap Produksi Biogas dari Vinasse*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Kimia Diploma III, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Limbah industri etanol, yaitu *vinasse* merupakan salah satu sumber yang berpotensi untuk diolah menjadi biogas. Kandungan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang tinggi pada *vinasse* lebih tepat diuraikan dengan proses anaerob menjadi biogas. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji potensi limbah *vinasse*, pengaruh suhu dan konsentrasi rumen sapi yang dibutuhkan untuk mendapatkan biogas dengan hasil yang optimum. Nutrien yang dipakai adalah  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  dan starter yang digunakan adalah rumen sapi sebagai sumber mikroba.

Percobaan dilakukan dalam digester volum 500 ml, dioperasikan pada pH 7 dengan memvariasikan perbandingan suhu, yaitu suhu ruang, suhu 50 °C, dan suhu 60 °C dan variasi konsentrasi rumen sapi 5%, 10%, 15%. Proses fermentasi dilakukan dengan cara *batch* dengan pengukuran gas setiap 2-3 hari menggunakan metode *water displacement technique* sampai gas tidak terbentuk selama 60 hari.

Respon yang diambil pada penelitian ini adalah pengaruh suhu dan konsentrasi rumen sapi terhadap produksi biogas. Perubahan suhu dan konsentrasi rumen sapi sangat mempengaruhi produksi biogas. Hasil yang terbaik dari penelitian ini adalah pada konsentrasi rumen 15% pada suhu ruang yaitu sebanyak 370 ml.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, penulis bersyukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Rumen sapi terhadap Produksi Biogas dari *Vinasse*”. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Diploma III untuk mendapatkan gelar Ahli Mada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Ibu Prima Astuti Handayani S.T., M.T. Ketua Prodi Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
3. Ibu Rr. Dewi Artanti Putri, S.T.,M.T., Dosen Pembimbing yang selalu memberi bimbingan, motivasi dan pengarahan yang membangun dalam penyusunan Tugas Akhir.
4. IbuDr. Megawati, S.T.,M.T.,Dosen penguji yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan penyusunan Tugas Akhir.
5. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak memberikan bantuan pada Tugas Akhir ini sehingga dapat diselesaikan.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, Februari 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN KELULUSAN .....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
INTISARI.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Vinasse</i> .....	4
2.2 Rumen.....	8
2.3 Biogas .....	8
2.4 Pengolahan <i>Vinasse</i> Menjadi Biogas.....	13
BAB III Prosedur Kerja	
3.1 Alat .....	15
3.2 Bahan .....	15
3.3 Variabel.....	15

3.4 Rangkaian Alat .....	16
3.5 Cara Kerja.....	17
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Penelitian.....	18
4.1.1 Pengaruh Suhu Terhadap Produksi Biogas .....	18
4.1.2 Pengaruh Konsentrasi Rumen Sapi Terhadap Produksi Biogas di Suhu Ruang.....	19
4.2 Pembahasan .....	20
4.2.1 Pengaruh Suhu Terhadap Produksi Biogas .....	20
4.2.2 Pengaruh Konsentrasi Rumen Terhadap produksi Biogas.	23
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Simpulan.....	26
5.2 Saran .....	26
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>27</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Vinasse</i> .....	4
Gambar 3.1 Proses Fermentasi dengan Melibatkan Pemanasan.....	16
Gambar 3.2 Proses Fermentasi Tanpa Melibatkan Pemanasan .....	16
Gambar 3.3 Rangkaian Alat Saat Pengukuran Gas.....	17
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Suhu Terhadap Produksi Biogas Perhari pada Konsentrasi 15% .....	20
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Suhu Terhadap Akumulasi Produksi Biogas pada Konsentrasi 15% .....	22
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Konsentrasi Rumen Terhadap Produksi Biogas Perhari pada Suhu Ruang .....	23
Gambar 4.4. Grafik Pengaruh Konsentrasi Rumen Terhadap Akumulasi Produksi Biogas pada Suhu Ruang.....	24

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik <i>slop/stillage</i> .....	5
Tabel 2.2 Komposisi bahan kering vinasse.....	6
Tabel 2.3 Karakteristik Cairan Rumen ( <i>Characteristics of the Rumen Fluids</i> )....	8
Tabel 2.4 Komposisi Biogas Secara Umum .....	13
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Biogas Selama 60 Hari dengan Variasi Suhu Ruang, Suhu 50°C dan Suhu 60°C .....	18
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Biogas Selama 60 Hari dengan Variasi Rumen Sapi 5%, 10%, 15% di Suhu Ruang.....	19

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Cara Kerja Proses Fermentasi <i>Vinasse</i> .....	30
Lampiran 2. Analisis Data.....	31
Lampiran 3. Dokumentasi Pengolahan <i>Vinasse</i> Menjadi Biogas.....	32
Lampiran 4. Biodata Penulis.....	35

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pertumbuhan penduduk, pengembangan wilayah, pembangunan dari tahun ketahun dan krisis energi di dunia, maka kebutuhan terhadap bahan bakar minyak secara nasionalpun semakin besar. Kelangkaan bahan bakar minyak yang disebabkan oleh kenaikan harga minyak dunia yang signifikan telah mendorong pemerintah untuk mengajak masyarakat mengatasi masalah energi bersama-sama sehingga banyak penelitian dilakukan untuk mencari energi alternatif yang dapat terbarukan (*renewable resources*). Indonesia memiliki banyak keanekaragaman hayati, diantaranya adalah tebu (*sugar cane*) yang mendorong cukup banyaknya industri gula dan industri etanol. Industri - industri ini cukup berkembang di Indonesia. Namun, yang menjadi permasalahan baru adalah limbah yang dihasilkan dari produksi etanol.

*Vinasse* merupakan salah satu bahan yang terdapat dalam air limbah dari industri etanol dan merupakan sisa proses distilasi yang sebelumnya dibuat melalui proses fermentasi (*sludge* pada bagian proses fermentasi alkohol) (Hidalgo, 2009). Sifat fisik dan kimianya ditentukan oleh bahan baku awal produksi etanol. Untuk bahan baku dari sirup gula tebu (*sugarcane juice*), *vinasse* yang dihasilkan akan berwarna coklat muda dengan kandungan padatan 20.000-40.000mg/L. Apabila bahan baku alkohol berasal dari molasses maka *vinasse* akan berwarna hitam kemerahan dengan kandungan padatan 50.000-100.000 mg/L.

Kotoran sapi juga dapat dijadikan sebagai bahan baku untuk menghasilkan energi terbarukan (*renewable resources*) dalam bentuk biogas karena memiliki nisbah C/N antara 11 hingga 30 (Mohee, 2007), sehingga pencampurannya dengan substrat *vinasse* dapat memenuhi nisbah C/N yang optimum pada pembuatan biogas. Hal penting lainnya yang terdapat pada substrat dari kotoran sapi adalah

kandungan bakteri penghasil gas metana. Keberadaan bakteri di dalam usus besar ruminansia tersebut membantu proses fermentasi, sehingga proses pengolahan limbah secara anaerob dapat menghasilkan gas yang terdiri dari metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Keduanya di kenal dengan biogas (Jordening and Winter, 2005) yaitu gas yang mudah terbakar dan dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Teknologi biogas di Indonesia sendiri telah berkembang sejak lama, namun aplikasi penggunaannya sebagai sumber energi alternatif belum berkembang secara luas. Ada beberapa parameter yang mempengaruhi produktivitas biogas yaitu suhu, pH, kadar air, rasio C/N Nutrien / inokulum, pengadukan ( Polprasert, 1983. Dalam Prameswari, 2014).

Menurut Wati dan Prasetyani (2011), suhu mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dan kecepatan reaksi dalam pembentukan biogas. Inokulum atau starter adalah salah satu bahan yang perlu ditambahkan ke dalam sistem digester biogas jika bahan baku (substrat) biogas belum mempunyai kandungan mikroorganisme pengurai.

Dalam penelitian ini akan dikaji pengaruh suhu dan konsentrasi inokulum terhadap produktivitas biogas.

## 1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana cara membuat biogas dengan bahan *vinasse* dan rumen sapi.
2. Apa pengaruh berbagai variabel suhu dan konsentrasi inokulum (rumen) pada pembuatan biogas tersebut.

### **1.3 Tujuan**

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mampu membuat biogas berbahan baku *vinasse* dan rumen sapi dengan variabel suhu dan konsentrasi inokulum (rumen).
2. Mampu mengkaji pengaruh suhu dan konsentrasi inokulum (rumen) terhadap produktivitas biogas.

### **1.4 Manfaat**

Manfaat yang didapat diberikan dari tugas akhir ini adalah :

1. Memanfaatkan limbah pabrik bioetanol dan rumen sapi untuk dijadikan biogas. Dengan adanya biogas yang merupakan sumber energi terbarukan, dapat mengatasi masalah krisis energi

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Vinasse**

Vinasse merupakan salah satu bahan yang terdapat dalam air limbah dari industri etanol yang merupakan produk bawah (*bottom product*) pada proses distilasi etanol. Sifat fisik dan kimianya ditentukan oleh bahan baku awal produksi etanol. Untuk bahan baku dari sirup gula tebu (*sugar cane juice*), vinasse yang dihasilkan akan berwarna coklat muda dengan kandungan padatan 20.000- 40.000 mg/L. Apabila bahan baku alkohol berasal dari *molasses* maka vinasse akan berwarna hitam kemerahan dengan kandungan padatan 50.000-100.000 mg/L. Limbah vinasse rata-rata memiliki *specific gravity* antara 1,02-1,04. Air limbah tersebut dapat diuraikan secara biologis dengan memanfaatkan mikroorganisme dalam sebuah bioreaktor. Penguraian limbah organik dapat dilakukan dengan sistem aerobik seperti yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya (Soeprijanto, 2005; Soeprijanto dan Prajitno, 2007; Tsukahara *et al.*, 1999), pada pengolahan limbah makanan. Selain itu, pengolahan limbah organik juga dapat dilakukan dengan sistem anaerobik seperti yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti (Guerrero, *et al.*, 1986; Driesse).



Gambar 2.1. Vinasse

Salah satu aplikasi penggunaan dari *vinasse* adalah digester termofilik. Brazil merupakan produsen sekaligus konsumen kedua terbesar alkohol di dunia dengan dihasilkan sekitar 24 miliar liter alkohol pada tahun 2007/2008. Di Brazil, digester termofilik merupakan sumber dari biogas menggunakan *vinasse* murni dan panas sebagai sumber produksi metana.

Umumnya *vinasse* tebu memiliki banyak nutrisi mineral seperti kalium, kalsium, dan sulfur serta memiliki kandungan materi organik yang tinggi ditandai dengan kenaikan kadar BOD dan COD. Karena karakteristik ini, *vinasse* telah digunakan sebagai pupuk organik. Hal tersebut merupakan kebiasaan yang umum di Brazil, Eropa Timur dan beberapa negara di Eropa Barat. Namun beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa lahan pembuangan *vinasse* dapat menyebabkan masalah pencemaran air tanah terutama bila perlakuan pembuangan yang tidak tepat dan sulit untuk dikontrol, selain itu dapat menghasilkan bau emisi yang kuat akibat pembusukkan bahan organik. Akibat dari persoalan yang diperlihatkan di atas, pengolahan anaerobik yang paling cocok bila dibandingkan dengan perlakuan alternatif yang lain. Karakteristik *vinasse* ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Karakteristik *Slop/Stillage*

Sifat	Keterangan
Debit	$\pm 480 \text{ m}^3$ per hari
pH	3,9 – 4,3
Residu tersuspensi	Tinggi
NH <sub>3</sub>	200 ppm
BOD <sub>5</sub> , 20°C	17844
COD	89829,8
Warna	Coklat tua sampai hitam

Sumber : PG Madukismo (Dalam Prameswari, 2014)

*Vinasse* yang merupakan sisa destilasi pabrik alkohol ini mengandung berbagai polutan yang dapat menurunkan mutu lingkungan.



Cairan sisa destilasi ini masih mengandung alkohol sekitar 0,51 % dengan komposisi bahan kering seperti yang tertera pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Komposisi Bahan Kering *Vinasse*

Komponen	Gelas
Gula reduksi	11,0
Protein	9,0
Gum	21,0
Asam volatil	1,5
Asam laktat	4,5
Asam organik lain	1,5
Gliserol	5,5
Mineral	29,0
Lilin, lignin, senyawa fenolik dan lain-lain	17,0

Sumber : Sumarni, 1984.

Permasalahan lingkungan utama yang timbul akibat limbah *vinasse* ini terutama karena limbah ini bersifat asam dan memiliki BOD dan COD yang tinggi. Hal ini dapat mengganggu kesehatan lingkungan. Misalnya terhadap kehidupan perairan pada aliran sungai tempat pembuangan limbah terakhir, atau pada kualitas air yang dilewati oleh saluran limbah.

Tiga puluh tahun lalu masalah pencemaran *vinasse* atas air sungai belum terasa karena produksi *vinasse* masih sedikit sehingga air sungai masih mampu mengabsorpsi bahan-bahan organik dan bahan polutan lain. Dengan produksi *vinasse* yang berlipat dan tingkat kesadaran masyarakat akan lingkungan yang makin tinggi, maka saat ini masalah pencemaran *vinasse* menjadi sangat serius.

Namun dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, maka *vinasse* yang berpotensi menjadi bahan pencemar dapat didayagunakan menjadi bahan yang bermanfaat. Pendayagunaan *vinasse* antara lain :

1. Untuk makanan ternak,
2. Sebagai bahan dasar pembuatan biogas,
3. Sebagai bahan pengencer tetes dalam industri alkohol,
4. Sebagai bahan dasar industri fermentasi ragi makanan ternak,
5. Sebagai bahan dasar industri fermentasi ragi makanan,

#### 6. Sebagai pupuk K.

Sebagai bahan dasar pembuatan biogas didasarkan pada kandungan materi *vinasse* seperti mineral, vitamin, protein, gula dan sebagainya yang memungkinkan pertumbuhan jasad renik. Jasad renik ini diharapkan dapat menghasilkan energi yang disebut biogas.

Sebagai bahan pengencer tetes dalam industri alkohol ini belum diperoleh data penelitian yang akurat. Pengembalian *vinasse* ke dalam proses produksi alkohol dapat merupakan tindakan yang tepat karena dapat memecahkan masalah kekurangan air dan dapat menekan jumlah buangan *vinasse* sehingga bahaya pencemaran dapat ditekan. Mungkin BOD *vinasse* akan naik, namun sebagai bahan makanan ternak dan sebagai bahan baku pembuatan biogas akan menguntungkan (Moerdokusumo, 1993).

Pemanfaatan *vinasse* untuk bahan dasar industri fermentasi ragi makanan ternak memiliki dasar pemikiran yang sama untuk biogas. Namun jasad renik yang dipilih adalah ragi makanan ternak, yaitu *Torula utilis* dan *Candida utilis*. Pemakaian *vinasse* lebih menguntungkan dibandingkan dengan tetes, karena *vinasse* tidak perlu diencerkan, disterilisasi, dan diklarifikasi. Kualitas ragi yang ditumbuhkan di media *vinasse* sama baik dengan yang ditumbuhkan di media tetes. Kadar protein dapat mencapai 49,4 % ragi kering (Simoen, 1996).

Perbedaan antara ragi makanan ternak dan ragi makanan manusia terletak pada persyaratan kadar protein dan vitamin B dalam ragi. Ragi makanan manusia memerlukan kadar protein dan vitamin B yang lebih tinggi. Oleh karena itu dalam proses pembuatannya perlu ditambahkan hara N dan P dalam *vinasse* dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan pada fermentasi ragi makanan ternak.

Peluang terbesar dan paling praktis untuk meningkatkan nilai tambah adalah dengan memanfaatkan *vinasse* sebagai pupuk K. Pemanfaatan dalam bentuk yang lain memerlukan teknologi khusus, perlu

peralatan yang canggih, perlu energi tinggi, dan permintaan pasar yang belum jelas (Sugiharto, 1987).

## 2.2 Rumen

Rumen sapi adalah struktur sistem pencernaan seperti lambung hewan-hewan tertentu yang ditandai sebagai ruang pra-pencernaan bagi simbiosis mikroorganisme hidup kritis untuk memulai pemecahan makanan khususnya hewan. Biasanya hewan yang memiliki anatomi perut seperti ini disebut **ruminansia**, dan sebagian besar adalah herbivora yang membutuhkan pasokan makanan karbohidrat dari tanaman yang sulit dicerna. Rumen juga banyak diketahui tentang berbagai organisme yang berada dalam rumen dan peran kimia dalam proses pencernaan, sebagian karena banyak hewan ruminansia, seperti sapi dan domba, adalah ternak komersial yang penting di banyak bagian dunia.

Tabel 2.3 Karakteristik Cairan Rumen (*Characteristics of the Rumen Fluids*)

Parameter	Sapi Jawa ( <i>Jawa bull</i> )	Sapi Peranakan Ongole ( <i>Ongole Grade bull</i> )
pH cairan rumen ( <i>pH of rumen fluid</i> )	6,83	6,67
NH <sub>3</sub> cairan rumen (mgN/100ml) ( <i>NH<sub>3</sub> of rumen fluid (mgN/100ml)</i> )	8,75	7,49
VFA cairan rumen (ml/Mol) ( <i>VFA of rumen fluid (ml/Mol)</i> )		
- Asetat ( <i>acetate</i> )	28,98	30,89
- Propionat ( <i>propionate</i> )	8,18	6,88
- Butirat ( <i>butirate</i> )	5,02	5,95
Rasio asetat:propionat ( <i>acetate:propionate ratio</i> )	3,77	4,44
Jumlah protozoa per µl cairan rumen ( <i>number of protozoa/µl rumen fluid</i> )	64,12	76,33
Jumlah bakteri (cfu/g) ( <i>number of bacteria (cfu/g)</i> )	2,7 x 10 <sup>7</sup>	2,3 x 10 <sup>8</sup>
Jumlah jamur (cfu/g) ( <i>number of fungi (cfu/g)</i> )	9,3 x 10 <sup>4</sup>	1,9 x 10 <sup>3</sup>

Sumber : Endang Purbowati, dkk 2014

## 2.3 Biogas

Biogas adalah suatu campuran gas-gas yang dihasilkan dari suatu proses fermentasi bahan organik oleh bakteri dalam keadaan tanpa oksigen atau anaerobik (Sahidu, 1983). Biogas adalah gas yang dapat terbakar dari hasil fermentasi bahan organik yang berasal dari daun-daunan, kotoran

hewan/manusia, dan lain-lain limbah organik yang berasal dari buangan industri oleh bakteri anaerob (Wijayanti, 1993). Biogas adalah bahan bakar berguna yang dapat diperoleh dengan memproses limbah (sisa) pertanian yang basah, kotoran hewan dan manusia atau campurannya, di dalam alat yang dinamakan digester (Harahap dkk, 1980). Pembuatan biogas dari kotoran 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 (Sufyandi, 2001).

Selama ini pemanfaatan kotoran sapi masih belum optimal. Biasanya hanya digunakan sebagai pupuk kandang atau bahkan hanya ditimbun sehingga dapat menimbulkan masalah lingkungan. Dengan kata lain, kotoran sapi dapat dijadikan bahan baku untuk menghasilkan energi terbarukan (*renewable resources*) dalam bentuk biogas.

Kandungan biogas tergantung dari beberapa faktor seperti komposisi limbah yang dipakai sebagai bahan baku, beban organik dari digester, dan waktu serta temperatur dari penguraian secara anaerobik.

Menurut Polprasert (1983), kondisi lingkungan yang mempengaruhi produksi biogas, antara lain:

#### 1. Suhu

Suhu berpengaruh pada kecepatan pembentukan gas. Suhu yang harus dipertimbangkan dalam pembentukan gas metana adalah kondisi mesofilik (25 - 40) °C dan kondisi termofilik (50 - 65) °C.

#### 2. Nilai pH

Nilai pH optimal untuk biogas berkisar antara 7-7,2. Selama proses berlangsung akan terjadi penurunan pH menjadi kurang lebih 4,5 yang dapat menyebabkan terhentinya proses pembentukan gas metana dari hidrogen dan karbondioksida, sehingga perlu penambahan basa/kapur. Pada tahap awal fermentasi akan terbentuk asam sehingga pH turun oleh sebab itu perlu ditambahkan larutan kapur ( $\text{CaOH}_2$ ) atau kapur ( $\text{CaCO}_3$ ).

### 3. Kadar air

Dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme tergantung kadar air. Kelembaban (36-99)% akan menaikkan produksi gas 67%. Kenaikan tersebut dicatat pada rentang kelembaban (60-78)% dan cenderung sama pada kelembaban yang lebih tinggi. Sisa kelembaban dapat menghambat aktivitas metanogen.

### 4. Rasio C/N

Bahan baku berbentuk selulosa mudah dicerna oleh bakteri anaerob. Bila mengandung zat kayu (lignin) pencernaan menjadi sukar. Menurut Gunnerson dan Stuckey (1986), kandungan selulosa pada enceng gondok sedikit rendah dari serat kasar. Rasio C/N yang terlalu tinggi menyebabkan kecepatan perombakan meningkat dan menghasilkan lumpur dengan kandungan nitrogen yang sangat tinggi. Sedangkan apabila rasio C/N cukup rendah maka menghasilkan banyak nitrogen yang akan berubah menjadi amoniak dan meracuni bakteri. Menurut Hansen (2007), keadaan optimal rasio C/N untuk biogas adalah sama dengan proses dekomposisi untuk pengomposan yaitu 25-35.

### 5. Nutrien/inokulum

Beberapa organisme yang berada di dalam digester juga ditemukan ada di kotoran manusia dan hewan. Kecepatan pertumbuhan dari gas akan cepat dengan menambahkan lumpur yang mengandung bakteri tersebut.

### 6. Pengadukan

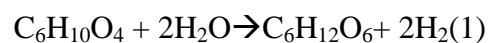
Pengadukan membuat kondisi menjadi bagus bagi pertumbuhan mikroorganisme karena dengan pengadukan lebih memungkinkan terjadinya kontak antara mikroorganisme dengan penyediaan makanan, sehingga produksi biogas terus meningkat (Polprasert, 1989). Pengadukan ini dilakukan guna mencegah terbentuknya lapisan kerak di permukaan.

Pada umumnya penguraian bahan-bahan organik menjadi biogas dibagi menjadi 4 tahap, yaitu:

#### 1. Tahap Hidrolisa (Tahap Penguraian)

Grup mikroorganisme *hydrolytic* mengurai senyawa organik kompleks menjadi molekul-molekul sederhana, dengan rantai pendek termasuk glukosa, asam amino, asam organik, etanol, karbondioksida dan hidrokarbon yang dimanfaatkan sebagai sumber karbon dan energi bagi bakteri yang melakukan fermentasi.

Proses hidrolisis dikatalis oleh enzim yang dikeluarkan oleh bakteri seperti selulase, protease, dan lipase. Rumus kimia untuk bahan organik adalah  $C_6H_{10}O_4$  (Ostream 2004). Reaksi yang terjadi selama proses hidrolisis dimana bahan organik dipecah menjadi molekul gula sederhana dapat dilihat pada reaksi 1 berikut (Ostream, 2004) :



#### 2. Tahap Asidogenesis (Tahap Pembentukan Asam)

Tahap hidrolisis segera dilanjutkan oleh pembentukan asam pada proses asidogenesis. Pada proses ini, bakteri asidogenesis mengubah hasil dari tahap hidrolisis menjadi bahan organik sederhana (kebanyakan dari rantai pendek, keton, dan alkohol).

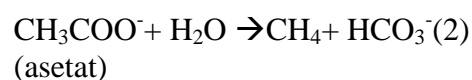
#### 3. Tahap Asetogenesis (Tahap Pembentukan Asam Asetat)

Pada tahap ini terjadi pembentukan senyawa asetat,  $CO_2$  dan hidrogen dari molekul-molekul sederhana yang tersedia oleh bakteri acetone penghasil hidrogen. Tetapi pertumbuhan mikroorganisme ini justru akan terhambat jika terjadi akumulasi hidrogen.

#### 4. Tahap Methanogenesis (Tahap Pembentukan Methan)

Pada tahap ini terjadi pembentukan gas metana dari senyawa asetat, ataupun hidrogen dan  $CO_2$  oleh bakteri metanogen. Bakteri metanogen adalah bakteri anaerob yang pertumbuhannya lebih lambat dari pada bakteri yang ada pada tahap satu dan dua. Bakteri ini sangat tergantung

pada bakteri lainnya pada tahap sebelumnya untuk menghasilkan nutrisi dalam bentuk yang sesuai. Fungsi dari bakteri metanogen antara lain mengurangi akumulasi hidrogen seminimal mungkin di dalam medium dengan jalan menggunakan hidrogen untuk mereduksi CO<sub>2</sub> menjadi produk yang inert (gas yang tidak dapat bereaksi secara kimia dengan benda lain) yaitu CH<sub>4</sub>. Proses ini dilakukan oleh bakteri metanogen pengguna hidrogen. Reaksi yang terjadi pada tahap metagenesis (Polprasert, 1989) adalah pada reaksi 2 berikut ini :



Keuntungan biogas sebagai energi alternatif dibandingkan sumber energi lain adalah sebagai berikut :

1. Menghasilkan gas yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari.
2. Sisa kotoran sapi yang telah digunakan untuk menghasilkan biogas dapat digunakan sebagai pupuk organik yang sangat baik.
3. Mengurangi permasalahan kotoran hewan yang sering menjadi penyebab polusi menjadi sesuatu yang bermanfaat.

Pemanfaatan kotoran sapi sebagai penghasil biogas sudah banyak dikembangkan di berbagai daerah. Oleh karena itu, penulis bertujuan untuk mengembangkan pembuatan biogas dari kotoran sapi, sehingga didapatkan hasil yang lebih optimal. Pemanfaatan kotoran sapi secara biologis dapat dilakukan dengan sistem anaerob. Pemilihan secara anaerob dikarenakan kandungan COD yang cukup tinggi di atas 3.500 mg/l (Tjandra Setiadi., 2000) sedangkan kandungan COD kotoran sapi sangat tinggi yaitu sebesar 105.000 mg/l.

Gas metana sebanyak 1 m<sup>3</sup> setara dengan 0,65 kg gas elpiji (LPG). Maka, dengan penggunaan metana dapat menghemat penggunaan bahan bakar dari sumber *unrenewable*. Komponen terbesar yang terkandung dalam biogas adalah metana 55 – 70 % dan karbon dioksida 30 – 45 % serta sejumlah kecil nitrogen dan hidrogen sulfida. Tapi metana (CH<sub>4</sub>) yang terutama dimanfaatkan sebagai bahan bakar.

Apabila kandungan metana dalam biogas lebih dari 50% maka biogas tersebut telah layak digunakan sebagai bahan bakar. Komposisi biogas secara umum tersaji pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Komposisi Biogas Secara Umum

Komposisi Biogas	Jumlah
Metana (CH <sub>4</sub> )	55 – 70 %
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	30 - 45 %
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	0 – 0,3 %
Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)	1 – 5 %

Sumber : Irvan, 2012.

Kandungan yang terdapat dalam biogas dapat mempengaruhi sifat dan kualitas biogassebagai bahan bakar.Kandungan yang terdapat dalam biogas merupakan hasil dari proses metabolisme mikroorganisme. Biogas yang kandungan metananya lebih dari 45% bersifat mudah terbakar dan merupakan bahan bakar yang cukup baik karena memiliki nilai kalor bakar yang tinggi. Tetapi jika 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 dan 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.

#### 2.4 Pengolahan vinasse menjadi biogas

Sebagai bahan dasar pembuatan biogas didasarkan pada kandungan materi *vinasse* seperti mineral, vitamin, protein, gula dan sebagainya yang memungkinkan pertumbuhan jasad renik. Jasad renik ini diharapkan dapat menghasilkan energi yang disebut biogas. Secara teoritis 1 Kg glukosa dengan kandungan C sebesar 40 % dapat menghasilkan biogas sebesar 833 dm<sup>3</sup>. Apabila kadar gula reduksi dalam *vinasse* dapat mencapai 1,3 %, maka 1 dm<sup>3</sup> *vinasse* (hanya dihitung C yang terdapat dalam gula saja)



dapat menghasilkan paling tidak sebesar  $1,3 \% \times 833 \text{ dm}^3 = 10,829 \text{ dm}^3$  (Simoen, 1996).

Limbah *vinasse* rata-rata memiliki *specific gravity* antara 1,02-1,04. Memiliki daya polusi tinggi dan nilai pemupukan yang tinggi. Kekuatan polusinya mencapai 100 kali lebih kuat daripada limbah domestik, kaya bahan organik dan memiliki BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang tinggi. Oleh karena itu, limbah *vinasse* ini tidak dapat langsung dibuang ke lingkungan karena rendahnya kemampuan degradasi atau pengurangan kadar logam dan nonorganik pada limbah *vinasse* tersebut.

Kandungan COD tinggi pada *vinasse* lebih dari 1000 mg/L dengan rasio COD (Chemical Oxygen Demand)/ BOD (Biology Oxygen Demand) lebih dari 3 lebih tepat diuraikan dengan proses anaerob. Proses ini akan menguraikan bahan organik dan anorganik yang terkandung dalam limbah cair tanpa adanya oksigen (Corbitt, 1999). *Vinasse* yang berasal dari limbah pembuatan alkohol dari molasses memiliki pH 4,46 dengan kadar BOD 39 g/L dan COD 84,9 g/L. Berdasar data tersebut maka *vinasse* lebih cocok diuraikan dengan proses anaerob (Khanal et al., 2

## **BAB III PROSEDUR KERJA**

### **3.1 Alat**

- a. Tangki digester 500 ml
- b. Statif dan klem
- c. Water bath
- d. Gelas ukur 100 ml
- e. Selang
- f. Karet penyumbat

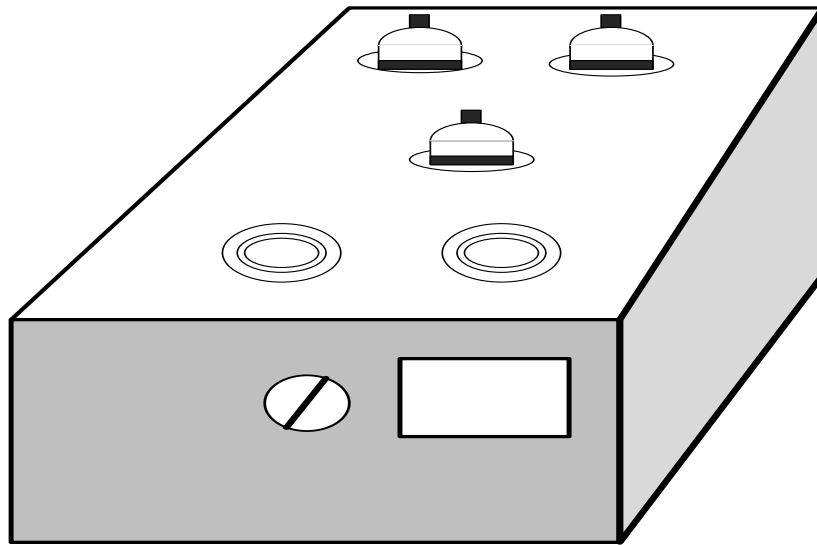
### **3.2 Bahan**

- a. Rumen sapi
- b. Limbah vinasse
- c. Air
- d.  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$

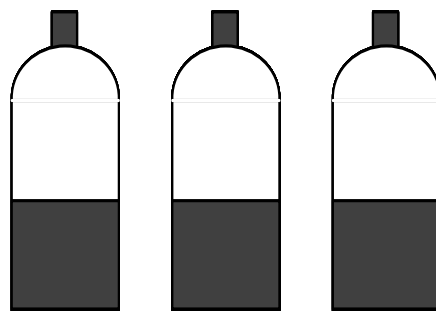
### **3.3 Variabel**

- a. Variabel Tetap  
Variabel tatap berupa
  - Volume vinase 200 ml
  - pH 7
  - $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  21 g
- b. Rumen sapi Variabel berubah
  - Suhu suhu ruang, 50 °C, 60 °C
  - Rumen sapi 5 %, 10 %, 15 %

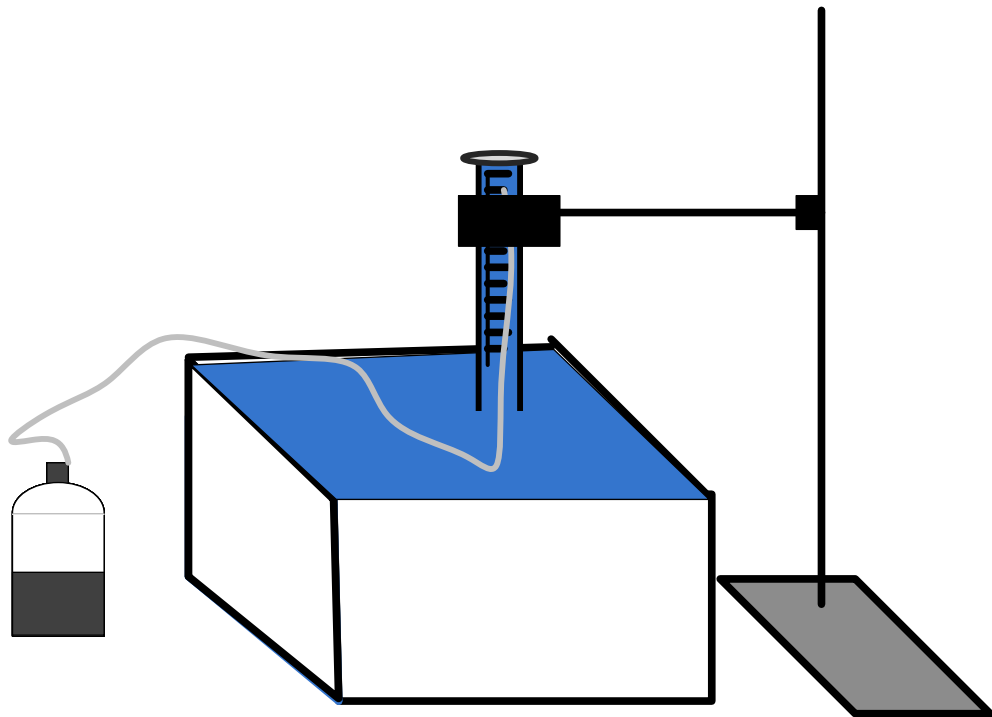
### 3.4 Rangkaian Alat



Gambar 3.1 Proses Fermentasi dengan Melibatkan Pemanasan.



Gambar 3.2 Proses Fermentasi Tanpa Melibatkan Pemanasan.



Gambar 3.3 Rangkaian Alat Saat Pengukuran Gas.

### 3.5 Cara Kerja

1. Menyiapkan digester berukuran 500 ml
2. Vinasse disaring agar bebas dari kotoran, masukkan dalam digester masing – masing sebanyak 200 ml.
3. Menambahkan rumen sesuai kadar rumen.
4. Menutup dan fermentasikan kemudian memasukkannya kedalam water bath yang telah diatur suhunya.
5. Untuk mengukur volume biogas yang terbentuk, mengisi wadah dan gelas ukur dengan air, dan merangkai statif dan klem sesuai dengan gambar 3.3. sambungkan selang dari digester ke gelas ukur, buka penjepit dan amati volume ruang kosong yang terbentuk. Ruang kosong mengkonidisikan ada gas yang terbentuk. Pengukuran 3 hari sekali.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. KESIMPULAN**

1. Suhu dan konsentrasi inokulum memiliki peranan penting dalam pembuatan Biogas berbahan Vinase dari industri alkohol.
2. Volume biogas tertinggi diperoleh dari konsentrasi rumen 15% pada suhu ruang yaitu sebanyak 370 ml.

#### **5.2. SARAN**

1. Dalam pengambilan biogas hendaknya berhati-hati dalam membuka selang agar gas tidak terbuang sehingga dapat mengurangi volume yang terukur.
2. Untuk penelitian kedepan dimungkinkan untuk mencoba metode fermentasi lain.
3. Untuk penelitian kedepan lebih baik menggunakan pemanas yang suhunya stabil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Corbitt, A. 1889, *Standard handbook of Environmental Engineering*, McGraw Hill, Inc
- Gunnerson, C.G. and Stuckey, D.C. 1986. *Anaerobic Digestion : Principles and Practices for Biogas System*. The World bank Washington, D.C., USA.
- Hansen, C. 2007. *Rethinking The Direct Use of Biogas Effluent As a Fertilizer*. <http://www.energyfarms.net>
- Harahap, F., Apandi, M., Ginting, S. 1980. *Teknologi Gas Bio*. Pusat Teknologi Pembangunan Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Hidalgo, K., 2009, *Vinasse in Feed : Good For Animal and Environment*, Feed tech, 13(5):18-20.
- Irvan, I. 2012. *Pembuatan Biogas Dari Berbagai Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 1, No. 1 (2012)
- Jordening, HJ., and J. Winter., 2005., *Environmental Biotechnology: Concepts and Applications*. Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. KgaA. Weinheim
- Khanal, S.K., R.Y., Surampalli, T.C., Zhang, B.P., Lamsal, R.D., Tyagi, and C.M., Kao., 2010, *Bioenergy And Biofuel From Biowastes And Biomass*, ASCE, Environmental and Water Resources Institute. Pg 391
- Moerdokusumo, A. 1993. *Pengawasan Kualitas dan Teknologi Pembuatan Gula di Indonesia*. ITB. Bandung.
- Mohee, R., 2007. *Overall heat transfer coefficients in organic substrates composting*. Journal of Environmental Informatics, 9(2), 87-99.
- 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 2014)

- Owen. 1984. *Biochemical engineering fundamental, 2-nd ed.* Mc Graw Hill Book Co, International edition. hal. 161 – 163, 943 – 957.
- Polprasert, C, Dissanayake, M.G. and Thanh, N.C. 1983. *Bacterial die-off kinetics in waste stabillization ponds.* Journal of the Water Pollution Control Federation, 55(3), 285-296.
- Purbowati, E, dkk. 2014. *Karakteristik Cairan Rumen, Jenis dan Jumlah Mikrobial Dalam Rumen Sapi Jawa dan Peternakan Ongele.* Fakultas Peternakan dan Pertanian. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Prameswari, Ayu Dewi, 2014. *Pengaruh pH Dan Nutrien Terhadap Produksi Biogas Dari Vinasse.* Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Negeri Semarang.Semarang.
- Purnomo, A dan Mahajoeno, E. 2009. *Produksi Biogas Dari Limbah Makanan Melalui Peningkatan Suhu Biodigester Anaerob,* Alumnus Jurusan Biologi FMIPA. Universitas Negei sebelasmaret. Solo.
- Sahidu, S. 1983. *Kotoran Sebagai Sumber Energi.* Dewarucci Press bekerjasama dengan PEMDA DKI. Jakarta.
- Setiadi, T. 2000. *Pemakaian Bioreaktor Membran untuk Pengolahan Limbah Cair Industri.* Jurusan Teknik Kimia ITB, Bandung, A5.1-A5.7
- Simoen, S. 1996. *Vinasse, limbah yang Dapat Berperan Sebagai Sumber K Bagi Tebu.* Gula Indonesia Vol. XXI No 1.
- Sufyandi, A. 2001. *Informasi Teknologi Tepat Guna Untuk Pedesaan Biogas.* Bandung.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah.* UI Press. Jakarta.
- Sumarni. 1984. *Analisa Beserta Alternatif Pemecahan Masalah Peningkatan Efisiensi Proses Produksi Ethanol Fermentasi dan Keadaan Pemasarannya di PTP XIV Pabrik Spiritus dan Arak Palimanan.* Laporan Praktek Lapangan. Fakultas Teknologi Pertanian-IPB, Bogor.

Suprijanto, Ismail, T., Lastuti, D. L. dan Niken, B., 2011 *Pengolahan Vinasse dari Air Limbah Industri Alkohol Menjadi Biogas Menggunakan Bioreaktor UASB*, Jurusan Teknik Kimia, FTI. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya

Wahyudi, M., A., Widhiyanuriyawan, D., Hamidi, N.2012, *Pengaruh Kondisi Temperatur Mehophilic dan Thermophilic Anaerob Digester Terhadap Parameter Karakteristik Biogas*, Jurusan Teknik Mesin. Universitas Brawijaya. Malang.

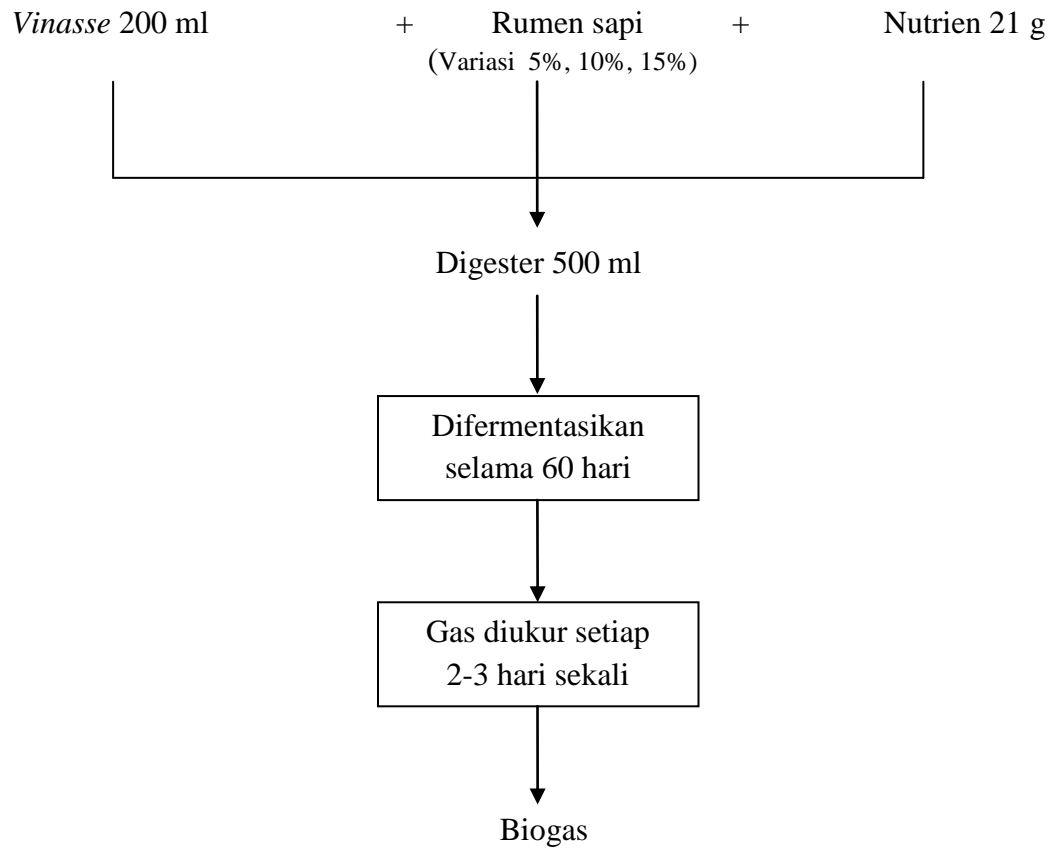
Wati, Dwi S., dan Prasetyani, R., D. 2011. *Pembuatan Biogas Dari Limbah Cair Industri Bioetanol melalui Proses Anaerob (Fermentasi)*, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Tekni. Universitas Diponegoro. Semarang.

Wijayanti, H. 1993. *Pengaruh pH, Alkalinitas, dan Nutrient Terhadap Produksi Gas Methan Pada Pengolahan Limbah Industri Alkohol Secara Anaerobik Dengan dan Tanpa Pengadukan*.Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya.



Lampiran 1 :

Cara kerja proses fermentasi *vinasse* menjadi biogas



Lampiran 2 :

Analisis Data

$$\begin{aligned} 1. \text{ Densitas } \textit{vinasse} &= \frac{\text{Berat Piknometer isi} - \text{Berat Piknometer kosong}}{10 \text{ ml}} \\ &= \frac{21,87 \text{ g} - 11,47 \text{ g}}{10 \text{ ml}} \\ &= 1,04 \text{ g/ml.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Berat } \textit{vinasse} &= \text{Densitas } \textit{vinasse} \times \text{volume } \textit{vinasse} \\ &= 1,04 \text{ g} \times 200 \text{ ml} \\ &= 200 \text{ g.} \end{aligned}$$

3. Konsentrasi rumen sapi

$$\begin{aligned} a. \quad \text{Konsentrasi 5\%} &= 5\% \times 200 \text{ ml } \textit{vinasse} \\ &= 10 \text{ ml.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b. \quad \text{Konsentrasi 10\%} &= 10\% \times 200 \text{ ml } \textit{vinasse} \\ &= 20 \text{ ml.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c. \quad \text{Konsentrasi 15\%} &= 15\% \times 200 \text{ ml } \textit{vinasse} \\ &= 30 \text{ ml.} \end{aligned}$$

Lampiran 3 :

Dokumentasi pengolahan *vinasse* menjadi biogas

1. Preparasi Bahan Baku

*Vinasse* dari tetes tebu



Nutrien  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$



Rumen Sapi



## 2. Proses Fermentasi



### 3. Merangkai Alat



### 4. Pengukuran gas



Lampiran 4 :

Biodata Penulis



Nama : Sunar Tejo Tsani

TTL : Brebes, 27 Oktober 1991

Alamat : Gg agung indah Rt 02 Rw 01 Karangmalang Ketanggungan  
Brebes 52263

Pendidikan : TK bustanul affal Karangmalang, JawaTengah  
SD Negeri 4 Ketanggungan, JawaTengah  
SMP Negeri 1 Ketanggungan, JawaTengah  
SMA Negeri 1 Brebes, JawaTengah  
Universitas Negeri Semarang, JawaTengah

No Telp /HP : (0283)881339 / 085701080644

Email : sunartejotsanie@gmail.com