

PENENTUAN NILAI KALORIFIK YANG DIHASILKAN DARI PROSES PEMBENTUKAN BIOGAS

**H.A. Rasyidi Fachry, Rinenda dan Gustiawan
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Unsri
Jl. Raya Prabumulih KM. 32 Inderalaya 30662**

Abstrak

Pemanfaatan rumen sapi sebagai penghasil biogas sudah mulai dikembangkan. Biogas merupakan hasil perombakan suatu bahan menjadi bahan lain dengan bantuan mikroorganisme tertentu dalam keadaan tidak berhubungan langsung dengan udara (anaerob).

Penelitian ini menggunakan kapasitas digester sebesar ± 60 liter dengan system batch dan menggunakan pompa yang berfungsi sebagai pengaduk untuk mensirkulasikan campuran dari bawah ke atas sehingga gas yang diinginkan cepat diperoleh. Volume campuran yang dimasukkan ke dalam digester sebanyak 45 liter yang terdiri dari campuran kotoran sapi dan air dengan perbandingan volume 2 :3.

Variable-variabel yang diamati pada penelitian ini antara lain derajat keasaman (pH) campuran, volume (V) gas yang terbentuk, Tekanan (P) didalam ban penampung biogas, dan juga dilakukan analisa komposisi gas yang terkandung didalam biogas terbentuk menggunakan gas chromatography.

Dari penelitian ini didapatkan kondisi optimum meliputi volume gas sebesar 1.320935 m³, tekanan sebesar 65.00 mmHg, dan pH optimum pada nilai 7,5. Dengan didapatkan kondisi optimum tersebut maka diperoleh nilai kalorifik (heating value) maksimal sebesar 960 Btu/ft³ atau 864 kJ/mol.

I. PENDAHULUAN

Bahan bakar merupakan salah satu kebutuhan pokok yang tidak dapat dipisahkan dari kebutuhan masyarakat. Dimana semakin lama harga bahan bakar semakin meningkat sehingga menjadi permasalahan yang serius dalam kehidupan masyarakat. Bahan bakar yang berasal dari Minyak bumi, Batubara, dan lainnya sudah semakin langka. Hal ini disebabkan makin meningkatnya jumlah penduduk, kemajuan teknologi, dan perkembangan industri yang menguras berbagai macam sumber energi, karena itulah diperlukan suatu pemikiran untuk mendapatkan sumber energi alternative yang murah dan efisien serta berguna untuk seluruh kalangan masyarakat.

Biogas merupakan salah satu jawaban untuk mengatasi keterbatasan sumber energi baik dirumah tangga maupun di industri. Bukan hanya

dapat mengatasi keterbatasan tersebut, tetapi biogas pun dapat mengatasi permasalahan lingkungan.

Untuk dapat memanfaatkan biogas yang dihasilkan secara maksimal maka timbul suatu pemikiran untuk mempelajari dan mengetahui seberapa besar kandungan gas methane, pH optimum, dan nilai kalor yang dihasilkan dari proses pembentukan biogas tersebut. Selain itu untuk menunjang hasil penelitian diperlukan perancangan alat yang tepat guna sehingga hasil yang didapatkan dapat diproduksi secara maksimal.

Berdasarkan literature (D.O Hall, R.P Overend) bahwa pH optimum yang dihasilkan pada pembuatan biogas ini berkisar antara 6.5 – 8.0, dimana pada kisaran Ph ini terjadi tahap methanogenik yaitu tahap pembentukan gas methane.

Penggunaan pompa sebagai pengaduk berfungsi untuk menghomogenkan campuran sehingga gas yang diinginkan lebih cepat terbentuk dan volume biogas diproduksi maksimal.

II. LANDASAN TEORI

Biogas adalah gas yang dapat dihasilkan dari fermentasi faeces (kotoran) ternak, misalnya sapi, kerbau, babi, kambing, ayam, dan lain – lain dalam suatu ruangan yang disebut digester (Ir.L Widarto dan FX. Sudarto C.Ph : 1999).

Prinsip kerja dari pembentukan biogas adalah pengumpulan faeces ternak ke dalam suatu tangki kedap udara yang disebut digester (pencerna). Didalam digester tersebut kotoran dicerna dan difermentasi oleh bakteri yang methane dan juga gas – gas lainnya dengan bantuan substrat. Kemudian gas tersebut ditampung di dalam suatu digester. Penumpukan produksi gas akan menimbulkan tekanan sehingga dapat disalurkan ke dalam suatu pipa (selang) menuju tabung penampung gas yang dilengkapi dengan regulator tekanan. Gas yang dihasilkan ini sangat baik untuk pembakaran karena mampu menghasilkan panas yang cukup tinggi, apinya berwarna biru, tidak berbau, dan tidak berasap. Adapun komponen-komponen penyusun dari biogas adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Komponen – Komponen Penyusun Biogas

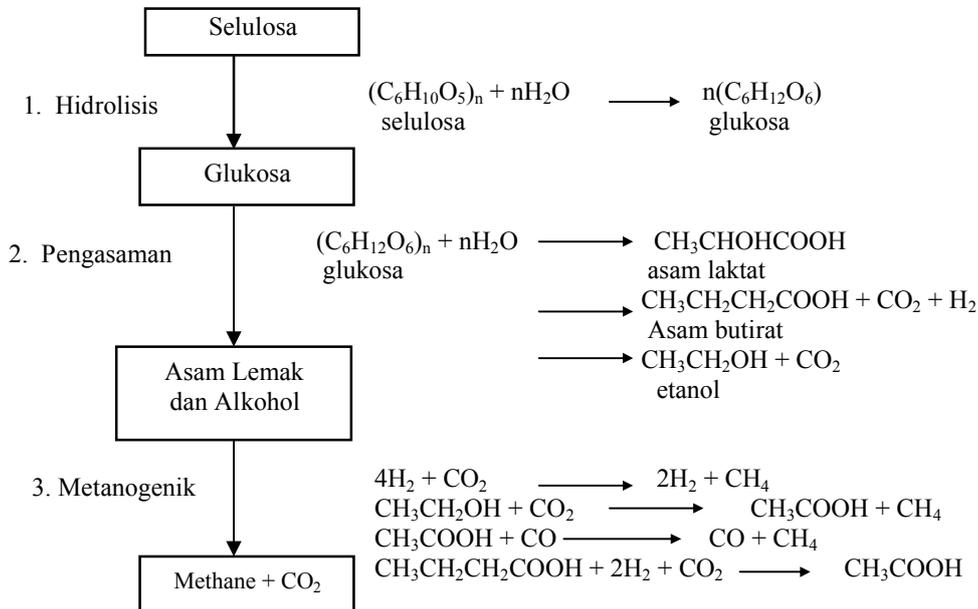
No	Nama Gas	Rumus Kimia	Jumlah
1.	Methane	CH ₄	54 % – 70 %
2.	Karbondioksida	CO ₂	27 % - 45 %
3.	Nitrogen	N ₂	3 % - 5 %
4.	Hidrogen	H ₂	1 % - 2 %
5.	Karbon monoksida	CO	0.1 %
6.	Oksigen	O ₂	0.1 %
7.	Hidrogen Sulfida	H ₂ S	sedikit

Sumber : Ir. L. Widarto dan FX.Sudarto C.Ph

Proses pembentukan biogas terbagi menjadi dua, yaitu :

1. Proses degradasi bahan organic menjadi gas methane
2. Proses dekomposisi anaerobic, terdiri dari :
 - a. Tahap pelarutan bahan organic ke fase cair
 - b. Tahap asidifikasi, merupakan tahap pembentukan asam-asam organic untuk pertumbuhan dan perkembangan sel bakteri.
 - c. Tahap methanogenik, merupakan tahap pembentukan gas methane

Bagan Pembentukan Gasbio dapat diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar 2.1. Tahap Pembentukan gasbio (FAO, 1978)

III. METODE PENELITIAN

3.1. Bahan dan Alat

1. Kotoran Sapi
2. Air
3. Aquadest
4. Indikator feroin
5. Larutan Ferro Ammonium Sulfat (FAS)
6. $K_2Cr_2O_7$
7. $HgSO_4$
8. H_2SO_4

3.2. Prosedur Penelitian :

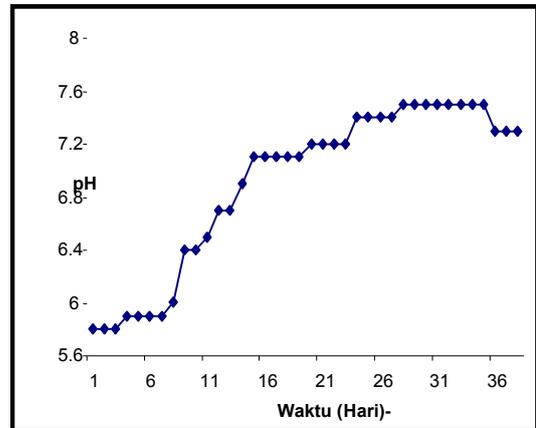
1. Disiapkan bioreactor kapasitas 60 liter dengan pompa sebagai pengaduk
2. Disiapkan kotoran sapi terlebih dahulu yang dicampur dengan air pada perbandingan tertentu, 2 ember kotoran sapi dengan 3 ember air dimana volume 1 ember setara dengan 10 liter (Ir L Widarto dan FX . Sudarto C Ph).
3. Dilakukan pengukuran pH awal campuran
4. Campuran dimasukkan kedalam bioreactor, kemudian tutup rapat-rapat sehingga tidak ada udara yang masuk.
5. Dilakukan pengadukan menggunakan pompa selama lebih kurang 15 menit agar campuran menjadi lebih homogen.
6. Setelah diaduk campuran didiamkan di dalam reaktor
7. Pengukuran pH dilakukan setiap hari guna mendapatkan kondisi pH yang optimum
8. Dilakukan pengambilan sample untuk menganalisa kandungan COD yang terdapat didalam campuran
9. Biogas yang terbentuk dialirkan melalui selang untuk kemudian ditampung didalam ban penampung
10. Dilakukan analisa gas dari biogas yang telah ditampung menggunakan gas chromatography untuk mengetahui kandungan gas dan yang terdapat didalam gas tersebut serta mengetahui heating value yang didapatkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hubungan Antara pH Terhadap Waktu (hari)

Hasil penelitian mengenai hubungan antara Ph terhadap waktu (hari) tertera pada table 1. Terlihat bahwa dari hari pertama hingga hari ke-28

pH cenderung naik dari 5.8 hingga 7.5, seperti pada gambar grafik dibawah ini :



Gambar 4. 1. Grafik Hubungan antara pH dengan waktu (hari)

Hal ini menunjukkan bahwa bakteri /mikroba sedang melakukan tahap hidrolisis, yaitu merupakan tahap dimana terjadi pelarutan bahan – bahan organik yang mudah larut dan pencernaan bahan organik kompleks tersebut menjadi senyawa yang sederhana atau perubahan struktur primer menjadi monomer.

Selain itu juga antara pH 5.8 – 7.5 juga terjadi tahap pengasaman, yaitu tahap dimana komponen monomer (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis menjadi bahan makanan bagi bakteri pembusuk asam. Yang mana selanjutnya pada pH 6.8 – 7.5 mulai masukinya tahap metanogenik, yaitu tahap dimana terjadinya perkembangan mikroorganisme dengan species tertentu yang dapat menghasilkan gas methane. Hal ini sesuai dengan literatur yang memuat bahwa gas bio tersebut mulai terbentuk ketika pH antara 6.8 – 8.0 (DO Hall dan R.P Overend)

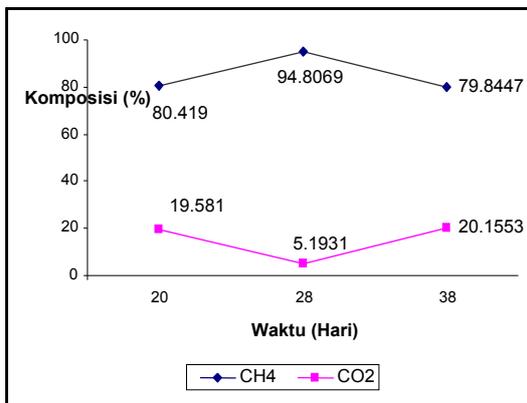
Pada grafik diperoleh pH 7,5 merupakan proses mencapai titik optimum. Selanjutnya pH menjadi konstan hingga hari ke-35, dan pada hari ke-36 pH berangsur-angsur menurun. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri telah melakukan fase pasif yaitu menurunnya aktifitas bakteri dalam melakukan serangkaian tahap prose pembentukan biogas.

Tabel 4.1. Data Hubungan antara Derajat Keasaman (pH) terhadap waktu (hari)

Hari ke-	pH	Hari ke-	pH	Hari ke-	pH
1	5.8	14	6.9	27	7.4
2	5.8	15	7.1	28	7.5
3	5.8	16	7.1	29	7.5
4	5.9	17	7.1	30	7.5
5	5.9	18	7.1	31	7.5
6	5.9	19	7.1	32	7.5
7	5.9	20	7.2	33	7.5
8	6.0	21	7.2	34	7.5
9	6.4	22	7.2	35	7.5
10	6.4	23	7.2	36	7.3
11	6.5	24	7.4	37	7.3
12	6.7	25	7.4	38	7.3
13	6.7	26	7.4		

2. Hubungan Antara Komposisi Gas Terhadap Waktu (hari)

Tabel 2 menunjukkan hubungan komposisi gas terhadap waktu pembentukannya. Dapat dilihat bahwa komposisi gas pada hari ke-28 untuk CH₄ mencapai lebih kurang 95 % dan CO₂ 5%.



Gambar 4.2. Grafik hubungan antara komposisi gas dengan waktu.

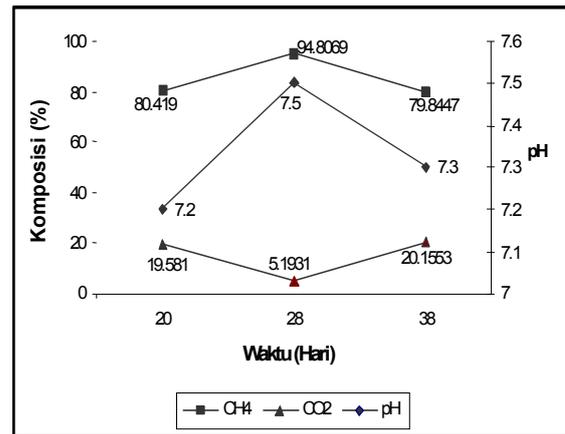
Hal ini menunjukkan bahwa bakteri penghasil methane disini (methanogens), yang berperan dalam merubah asam – asam lemak dan alkohol menjadi methane dan karbondioksida sedang mengalami masa aktifnya sehingga pada kondisi tersebut diperoleh methane dalam keadaan optimum. Sedangkan pada hari ke-38 komposisi gas untuk CH₄ menurun menjadi 80% dan CO₂ meningkat

menjadi 20%. Hal ini menunjukkan bakteri penghasil biogas, yaitu bakteri metanogens telah menurun kadar keaktifannya. Selain itu yang menyebabkan kondisi meningkatnya CO₂ juga dikarenakan atom C sebagian yang ada pada methane bereaksi dengan O₂ membentuk CO₂, sehingga mengakibatkan menurunnya kadar CH₄ pada pembentukan biogas tersebut.

Tabel 4.2. Data Hubungan antara Komposisi Gas terhadap Waktu

Hari ke-	Komposisi gas (%)	
	CH ₄	CO ₂
20	80,4190	19,5810
28	94,8069	5,1931
38	79,8447	20,1553

3. Hubungan Antara Komposisi Gas dan pH Terhadap Waktu (hari)



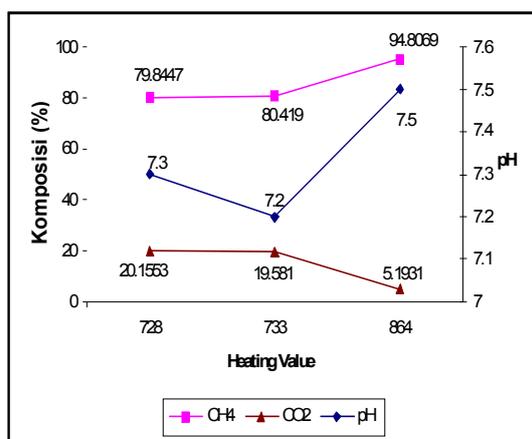
Gambar 4.3. Grafik Hubungan antara Komposisi Gas dan pH terhadap Waktu (hari)

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pH dan komposisi CH₄ mencapai nilai maksimum pada hari ke-28, sedangkan komposisi CO₂ mencapai nilai terendah pada hari yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa pada hari ke-28 tersebut merupakan tahap berproduksinya bakteri methanogens secara optimal CH₄. Begitu juga sebaliknya saat komposisi CO₂ meningkat pada hari ke-38, pH dan komposisi CH₄ menjadi berkurang. Pada saat kondisi seperti inilah diperlukan adanya suatu senyawa yang dapat mempertahankan

keadaan sehingga penurunan CH_4 dan pH tidak terlalu cepat.

4. Hubungan Antara Komposisi Gas dan pH Terhadap Heating Value

Data mengenai hubungan antara komposisi gas terhadap heating value tertera pada table 3. Komposisi gas sangat mempengaruhi heating value terutama gas methane, semakin tinggi komposisi gas methane maka heating value yang didapatkan akan semakin tinggi, terlihat dari gambar grafik di bawah ini :



Gambar 4.4. Grafik Hubungan Komposisi gas dan pH terhadap Heating Value (Nilai Kalor)

Tabel 4.3. Data Hubungan antara Komposisi Gas dan pH terhadap Heating Value

Hari ke-	pH	Komposisi (%)		Heating Value (kJ/mol)
		CH ₄	CO ₂	
20	7.2	80,4190	19,5810	733
28	7.5	94,8069	5,1931	864
38	7.3	79,8447	20,1553	728

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai kalor dipengaruhi oleh komposisi gas. Semakin tinggi kandungan CH_4 maka nilai kalor juga meningkat, sebaliknya semakin tinggi kandungan CO_2 maka nilai kalor akan menurun. Nilai kalor tertinggi juga didapatkan pada saat pH mencapai

titik tertinggi, pada saat inilah pH mencapai titik optimum.

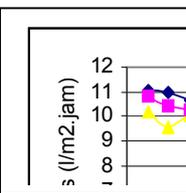
5. Pengaruh Desain Bioreaktor Terhadap Pembentukan Biogas

Pada penelitian ini digunakan bioreaktor dengan pompa sebagai pengaduk dengan sistem sirkulasi sehingga campuran yang terdapat didalamnya menjadi lebih homogen. Dari hasil yang didapatkan terlihat kualitas biogas pada hari terakhir menurun, hal ini ditandai dengan meningkatnya kadar CO_2 yang mengakibatkan menurunnya kadar CH_4 . Hal ini disebabkan atom C pada CH_4 mengikat O_2 yang berasal dari pompa sehingga membentuk CO_2 . Tetapi penggunaan pompa sebagai pengaduk sangat membantu proses pembentukan biogas, hal ini ditandai dengan lebih cepatnya pembentukan gas terjadi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Kualitas biogas semakin tinggi ditandai dengan tingginya kadar CH_4 yang terkandung dalam biogas.
2. Nilai kalor dipengaruhi oleh besar tidaknya komposisi gas, terutama gas methane. Nilai kalor tertinggi didapat pada saat komposisi methane mencapai lebih kurang 95%, yaitu bernilai 864 kJ/mol atau 960 Btu/ft³.
3. Semakin netral pH maka semakin tinggi kadar CH_4 , sebaliknya kadar CO_2 semakin rendah. pH optimum dicapai pada nilai 7,5.
4. Semakin tinggi kadar CH_4 maka nilai kalor yang didapatkan semakin besar.
5. Pompa berfungsi untuk mengaduk campuran sehingga campuran menjadi homogen dan biogas yang diinginkan lebih cepat diperoleh atau dalam hal ini pompa berpengaruh sekali pada pembentukan biogas.
6. Kadar CH_4 menurun disebabkan karena atom C bereaksi dengan O_2 membentuk CO_2 .
7. Pada saat pengadukan dengan menggunakan pompa terjadi penambahan biogas secara optimal, sehingga tekanan didalam media penyimpanan gas menjadi lebih besar.



5.2. Saran

1. Melakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan mikroba lain selain rumen sapi.
2. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya memperhatikan rasio perbandingan feed supaya dapat diketahui jumlah perbandingan yang optimal untuk menghasilkan biogas.
3. Untuk penelitian berikutnya sebaiknya menggunakan pengaduk berupa pompa yang memiliki karakteristik vakum (kedap udara) sehingga biogas yang dihasilkan tidak bercampur dengan udara lain.
4. Pembuatan alat yang lebih kompleks dan sederhana sehingga memungkinkan diperolehnya hasil yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- D.O Hall; R.P Overend. 1987. *Biomass Regenerable Energy*. John Wiley & Sons: Singapore.
- Mangunwijaya, Djumali; Ani Suryani: 1994. *Teknologi Bioproses*; PT Penebar Swadaya. Jakarta.
- Widarto, L; Sudarto FX.1997. *Membuat Biogas*. Penerbit Kanisius; Yogyakarta.
- Sihombing D T H.2000. *Teknik Pengelolaan Limbah Kegiatan/Usaha Peternakan*. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Lembaga Penelitian, IPB.
- Suryahadi, Nugraha AR, Bey A, dan Boer R. 2000. *Laju Konversi Metan dan Faktor Emisi Metan pada Kerbau Yang Di beri Ragi Tape Lokal Yang Berbeda Kadarnya Yang Mengandung Saccharomyces Cerevisiae*. Ringkasan Seminar Program Pascasarjana IPB.
- Simamora S.1989. *Pengelolaan Limbah Peternakan (Animal Waste Management)*. *Teknologi Energi gasbio*. Fakultas Politeknik Pertanian IPB. Bekerjasama dengan Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan. Dirjen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen P dan K.
- Maramba F D.1978. *Biogas and Waste Recycling*. Maya Farm. Manila. Philippines.
- Lingaiah V and Rajasekaran P, 1986, *Biodigestion of Cowdung and Organic Wastes Mixed With Oil Cake in Relation to Energy in Agricultural Wastes 17 (1986)*.
- Chantalakna Ch and Skunmun P. 2002. *Sustainable Smallholder Animal System in the Tropics*. Kasetsart University Press, Bangkok.
- Crutzen P J, Aselman I and Seiler W. 1986. *Methane Production By Domestic Animals, Wild Ruminant, Other Herbivorous Fauna, and Humans*. Tellus.
- Dyer L A, 1986, *Beef Cattle*. In Cole and Brander Ed: *Ecosystem of the World 21 – Bioindustrial Ecosystem*. Elsevier, New York.