BIOGAS DARI LIMBAH DAN PROTOTYPE (BAGIAN I)

Oleh:

Ir. Karsini

ABSTRACT

Since 1977/1978 Industrial Research Institute Jakarta has become actively involved in the planning and operation of biogas plants, which recover methane gas and enriched fertilizer from livestock manure (pig manure) and organic waste. In 1978/1979 there has been built a biogas digester unit at Kapuk, West Jakarta. And methane gas production has been used for lighting and cooking.

--- 000 ---

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini telah banyak perhatian ditujukan pada pembuatan biogas sebagai salah satu sumber bahan bakar. Biogas atau gas rawa ("marsh-gas") dapat terjadi dirawa-rawa, dan dibuat dari bahan organik padat misalnya kotoran ternak, limbah tanaman, dan lain-lain dengan cara fermentasi biologis. Sistem ini mempunyai aspek terhadap pembangunan yang menyeluruh, meliputi bidang-bidang antara lain :

- Industri kecil.

Misalnya : keramik, pengawetan bahan makanan, sabun, perbengkelan (alat las kompor, dan lain-lain).

- Perikanan.

Misalnya : cairan "slurry" dapat digunakan sebagai penyubur ganggang (makanan ikan).

- Perkebunan.

Misalnya : sisa hasil fermentasi biogas dapat digunakan sebagai pupuk tanaman.

- Sumber listrik dan tenaga.

Misalnya : mesin diesel, gilingan kecil, lemari es.

- "Fuel cell process"

Misalnya : Seperti di India, baru-baru ini telah berhasil membuat eksperimen, yaitu membangkitkan listrik dari digester secara langsung dengan proses : "Fuel cell electricity", tanpa perantara dinamo pembangkit listrik.

Dalam "fuel cell process" ini, enersi kimia dari bahan bakar langsung dijadikan enersi listrik, sehingga proses ini jauh lebih efisien. Dengan demikian gas metan (komposisi utama biogas) akan membebaskan hidrogen dan enersi listrik dalam reaksi sebagai berikut :

II. PROSES BIOKIMIA PEMBENTUKAN BIOGAS (GAS METAN)

Pada umumnya proses biokimia (fermentasi biologis) pembentukan biogas terjadi dalam 2 (dua) tingkat:

1. Proses aerobik.

Pada tingkat pertama ini, zat-zat organik yang dapat dicernakan (lemak, protein, karbohidrat), dihidrolisa oleh bakteri pembentuk asam menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana. Bakteri pembentuk asam sanggup memproduksi dengan cepat dan sangat tahan terhadap perubahan-perubahan disekitarnya. Peranannya adalah mengeluarkan enzim, menghidrolisa zat-zat organik, dan mengubah bahan dasar yang kompleks menjadi asam-asam organik yang mudah menguap (volatile acids), yang terutama adalah asam asetat, asam propionat dan asam butirat.

Zat organik bakteri
 fakultatif

Dalam proses pertama ini, bakteri aerob menggunakan oksigen bebas untuk kegiatannya.

2. Proses an aerobik.

Asam-asam organik yang telah terbentuk dalam proses pertama, selanjutnya diubah oleh bakteri pembentuk metan menjadi gas metan, CO_2 , humus dan membebaskan energi.

 bakteri pembentuk
 metan

Pada proses kedua ini bakteri an aerob menggunakan oksigen dari komposisi CO_2 untuk kegiatannya. Dan

komposisi-komposisi oksigen ini diperoleh dari reaksi asam-asam organik. Jadi dalam proses an aerob tidak terdapat oksigen bebas, tetapi hanya dari oksigen dalam komposisi-komposisi zat organik. Kecepatan reaksi proses aerob jauh lebih besar dari pada proses an aerob. Proses aerob hanya membutuhkan waktu setengah hari, tetapi an aerob 25 hari.

Jenis-Jenis Bakteri Pembentuk Metan.

Bakteri pembentuk gas metan semua adalah strict an aerob, dan terdapat dalam tiga genera :

1. Methano bacterium.

Contoh species :

- Methano bacterium Soehngenii
- Methano bacterium Omelianskii
- Methano bacterium Formicicum

2. Methano coccus

Contoh species :

- Methano coccus Mazei
- Methano coccus Bantelli

3. Methano sarcina

Contoh species :

- Methano sarcina Barkerii

III. BAHAN DASAR

Jumlah dan sifat-sifat karakteristik bahan organik (misalnya kotoran ternak, limbah tanaman, dan lain lain) yang digunakan untuk pembuatan biogas, mempunyai

perubahan yang sangat luas. Yang antara lain tergantung pada cuaca setempat, jenis tanaman yang dicernakan, dan tersedianya jumlah limbah yang dibutuhkan.

Sifat-Sifat Bahan Organik.

Dalam proses pencernaan biologis dari limbah organik, sebenarnya hanya sebagian bahan dasar saja yang dapat dicernakan dan dikonversikan menjadi metan dan humus. Kemampuan bahan organik untuk dapat dicernakan, dipengaruhi oleh : kadar air (berat kering), kadar abu, dan volatile solids.

Perbandingan Carbon Dengan Nitrogen (C/N Ratio).

Dari suatu pengertian biologis, digester dapat dianggap sebagai suatu kultur bakteri yang memakan dan mengubah limbah organik. Unsur Carbon (dalam bentuk karbohidrat) dan Nitrogen (seperti protein, nitrat, amoniak dan sebagainya) adalah makanan utama bakteri an aerob. Carbon digunakan untuk enersi, dan Nitrogen untuk membentuk struktur sel. Bakteri pembentuk gas metan tersebut menggunakan Carbon kira-kira 30 kali lebih cepat dari pada Nitrogen. Proses pencernaan an aerob akan dapat berjalan lebih baik jika bahan dasar (limbah organik) yang dimakan bakteri mengandung jumlah Carbon dan Nitrogen bersama-sama. Proses pencernaan biologis ini akan mencapai kecepatan optimum, jika bahan dasar yang digunakan mempunyai C/N ratio = 30. Jika dalam suatu limbah organik terlalu banyak unsur Carbon (C/N ratio tinggi, misalnya C/N = 60/1), maka Nitrogen akan menjadi habis dan masih ada kelebihan Carbon. Dalam keadaan ini diperlukan waktu yang lama untuk menghasilkan biogas. Sebaliknya, jika terlalu banyak Nitrogen (C/N ratio rendah, misalnya C/N = 30/15

atau $C/N = 2$), maka Carbon akan menjadi habis dan fermentasi oleh bakteri akan terhenti. Nitrogen yang masih tertinggal menjadi hilang sebagai gas amoniak (NH_3).

Kebutuhan Unsur-Unsur Nitrogen Dan Carbon.

Nitrogen.

Karena unsur Nitrogen sangat banyak terdapat dalam beberapa bentuk senyawa kimia (misalnya: amoniak, nitrat, protein, dan sebagainya), maka belum ada cara pengujian yang cepat untuk mengukur jumlah total Nitrogen dalam suatu limbah organik yang digunakan. Disamping itu kandungan Nitrogen dari suatu limbah organik (limbah tanaman) dapat berubah tergantung pada kondisi pertumbuhan, umur tanaman, zat makanan, dan sebagainya. Sedangkan limbah organik dari kotoran ternak, kandungan Nitrogen sangat dipengaruhi oleh jumlah urine yang ikut tercampur dalam kotoran ternak tersebut. Karena bakteri an aerob dapat menggunakan bermacam-macam bentuk senyawa Nitrogen, maka kandungan Nitrogen dari limbah organik yang digunakan sebaiknya ditunjukkan dengan total Nitrogen (% dari berat kering).

Carbon.

Pada umumnya bentuk senyawa carbon yang dapat dicernakan adalah lignin, yaitu suatu komponen tanaman yang kompleks, yang membuat tanaman menjadi kaku dan tahan rusak. Lignin yang akan dicernakan dalam digester dapat diperoleh secara langsung dari tanaman, atau secara tidak langsung sebagai bentuk tanaman yang telah dimakan hewan, tetapi belum

tercerna didalam perut hewan tersebut.

IV. GAS

Komposisi Biogas.

Pada umumnya komposisi biogas mempunyai kisaran komposisi sebagai berikut:

1. Metan (CH_4) = 54 - 70 %
2. Karbon Dioksida (CO_2) = 27 - 45 %
3. Nitrogen (N_2) = 0,5 - 3 %
4. Hidrogen (H_2) = 1 - 10 %
5. Karbon Monoksida (CO) = 0,1 %
6. Oksigen (O_2) = 0,1 %
7. Hidrogen Sulfida (H_2S) = sedikit sekali (trace)

Nilai Pembakaran.

Nilai pembakaran biogas berbanding langsung dengan jumlah metan yang terkandung (lebih banyak metan, maka biogas lebih dapat terbakar). Hal tersebut sehubungan dengan adanya gas-gas lain selain metan yang tidak dapat terbakar. Biogas mempunyai nilai pembakaran yang cukup tinggi. Untuk dibandingkan dengan gas pembakar lainnya, dapat ditunjukkan angka-angka seperti dalam tabel :

Gas Pembakar	Nilai Pembakaran
Gas batu bara	450 - 500
Biogas	540 - 700
Metan	396 - 1069
Gas alam	1050 - 2200
Propane	2200 - 2600
Butane	2900 - 3400

Komposisi dan nilai pembakaran biogas dari berbagai macam limbah organik adalah berbeda-beda, tergantung pada beberapa hal:

1. Temperatur dalam digester dimana terjadi proses pencernaan.

Temperatur sangat menentukan produksi biogas. Pada temperatur dibawah 50°F (10°C) bakteri-bakteri tidak aktif.

Temperatur optimum agar bakteri dapat menghasilkan biogas adalah: 90°F - 95°F (32° - 35°C).

Temperatur tidak boleh melebihi 118°F ($47,8^{\circ}\text{C}$). Karena pada temperatur itu (lebih dari 118°F) bakteri akan terbunuh dan produksi gas berhenti.

2. Sifat bahan dasar.

Menurut PAM BUX SINGH (India), limbah tanaman dapat menghasilkan biogas lebih banyak dari pada kotoran hewan. Tetapi biogas yang dihasilkan dari limbah tanaman tersebut mempunyai proporsi CO_2 yang tinggi. Hal tersebut mengakibatkan biogas yang dihasilkan mempunyai nilai pembakaran yang kurang tinggi. Pada umumnya kualitas biogas yang dihasilkan dapat dihitung dengan C/N ratio dari bahan dasar yang digunakan.

Kapasitas Pemakaian.

Besarnya kapasitas biogas yang dipakai untuk beberapa macam penggunaan, antara lain dapat ditunjukkan sebagai berikut:

1. Memasak, kebutuhan : 340 - 425 liter gas metan/orang setiap hari.

2. Penerangan, kebutuhan : 70,8 liter gas metan/
kaos setiap jam.
3. Mesin Bensin, kebutuhan : 1128,32 liter gas me-
tan/bhp setiap jam.
4. Mesin Diesel, kebutuhan : 1610 - 2018 liter gas
metan/liter diesel.

Tekanan Gas Yang Diperlukan.

1. Kompor : 5 - 8 cm tekanan air.
2. Lampu Penerangan : 8 - 10 cm tekanan air.
3. Mesin Pembakaran : 2 - 10 cm tekanan air.

V. EKSPERIMEN DAN HASIL-HASILNYA

Materi Percobaan.

Dalam eksperimen ini digunakan limbah ternak sebagai salah satu bahan baku untuk percobaan.

Limbah ternak merupakan bahan organik yang sangat baik untuk menghasilkan biogas. Karena bahan baku tersebut, terutama limbah yang masih segar, telah mengandung unsur-unsur yang sangat penting bagi berhasilnya produksi biogas. Unsur-unsur itu merupakan zat-zat organik (carbon dan nitrogen), yang berasal dari sisa makanan hewan yang telah tercerna didalam usus hewan. Disamping itu, didalam usus hewan tersebut juga telah ada pertumbuhan bak-teri metan yang hidup dalam kondisi an aerob. Bak-teri metan tersebut akan memfermentasikan bahan organik, dan menghasilkan biogas (gas metan).

Jumlah Limbah Ternak.

Jumlah limbah yang dihasilkan oleh bermacam-ma-cam ternak adalah berbeda-beda. Hal ini disebabkan

oleh 3 (tiga) faktor :

1. Besar/Umur Ternak.

Perkiraan hasil total kotoran basah dari ter
nak babi dapat ditunjukkan sebagai berikut:

Berat babi	Jumlah total kotoran lbs/hari	Feces	Urine	Ratio limbah/berat babi
40 - 80	5,6	2,7	2,9	1 : 11
80 - 120	11,5	5,4	6,1	1 : 9
120 - 160	14,6	6,5	8,1	1 : 6
160 - 200	17,6	8,5	9,1	1 : 10

Demikianlah, besar/umur ternak mempunyai banyak pe-
ngaruh terhadap jumlah kotoran yang dihasilkan.

2. Tingkat Keterbatasan Ternak.

Seringkali jumlah limbah yang dihasilkan di-
tempat perdagangan atau ditempat karantina he-
wan, tidak selalu menunjukkan data yang sebenar-
nya. Jumlah limbah secara total terdapat ditem-
pat peternakan.

3. Macam Kotoran Yang Berkumpul.

- Semua ekstraksi segar dan bedding material.
- Semua bentuk limbah/ekstraksi segar (urine dan feces).
- Hanya wet feces.
- Hanya dry feces.

Sebagai perbandingan, jumlah limbah yang dihasilkan dari beberapa jenis ternak dapat ditunjukkan sebagai berikut:

Jenis ternak	Berat ternak	Jumlah limbah/ hari/ekor	
		Urine	Feces
Sapi	1000 lbs	20,0	52,0
Kuda	850 lbs	8,0	36,0
Babi	160 lbs	4,0	7,5
Domba	67 lbs	1,5	3,0

Kandang Ternak.

Untuk keperluan biogas digester, sebaiknya kandang ternak harus mempunyai dasar dari semen atau plastik, supaya kotoran mudah dicuci dengan air. Sehingga slurry (campuran limbah ternak dan air) dapat mengalir kedalam digester secara kontinyu setiap hari.

(BERSAMBUNG)