

BIOGAS: LIMBAH PETERNAKAN YANG MENJADI SUMBER ENERGI ALTERNATIF

TUTI HARYATI

Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16002

ABSTRAK

Biogas merupakan *renewable energy* yang dapat dijadikan bahan bakar alternatif untuk menggantikan bahan bakar yang berasal dari fosil seperti minyak tanah dan gas alam. Akhir-akhir ini diversifikasi penggunaan energi menjadi isu yang sangat penting karena berkurangnya sumber bahan baku minyak. Pemanfaatan limbah pertanian untuk memproduksi biogas dapat memperkecil konsumsi sumber energi komersial seperti minyak tanah juga penggunaan kayu bakar. Biogas dihasilkan oleh proses pemecahan bahan limbah organik yang melibatkan aktivitas bakteri anaerob dalam kondisi anaerobik dalam suatu digester. Pada dasarnya proses pencernaan anaerob berlangsung atas tiga tahap yaitu hidrolisis, pengasaman dan metanogenik. Proses fermentasi memerlukan kondisi tertentu seperti rasio C : N, temperatur, keasaman juga jenis digester yang dipergunakan/ Kondisi optimum yaitu pada temperatur sekitar 32 – 35°C atau 50 – 55°C dan pH antara 6,8 – 8. Pada kondisi ini proses pencernaan mengubah bahan organik dengan adanya air menjadi energi gas. Biogas umumnya mengandung gas metan (CH₄) sekitar 60 – 70% yang bila dibakar akan menghasilkan energi panas sekitar 1000 *British Thermal Unit/ft³* atau 252 Kkal/0,028 m³. Di banyak negara berkembang juga di negara Eropa dan Amerika Serikat, biogas sudah umum digunakan sebagai energi pengganti yang ramah lingkungan. Sementara di Indonesia yang mempunyai potensi limbah biomasa yang melimpah, biogas belum dimanfaatkan secara maksimal.

Kata kunci: Biogas, energi, anaerobik

ABSTRACT

BIOGAS: ANIMAL WASTE THAT CAN BE ALTERNATIVE ENERGY SOURCE

Biogas is a renewable energy which can be used as alternative fuel to replace fossil fuel such as oil and natural gas. Recently, diversification on the use of energy has increasingly become an important issue because the oil sources are depleting. Utilization of agricultural wastes for biogas production can minimize the consumption of commercial energy source such as kerosene as well as the use of firewood. Biogas is generated by the process of organic material digestion by certain anaerobic bacteria activity in aerobic digester. Anaerobic digestion process is basically carried out in three steps i.e. hydrolysis, acidogenic and metanogenic. Digestion process needs certain condition such as C : N ratio, temperature, acidity and also digester design. Most anaerobic digestions perform best at 32 – 35°C or at 50 – 55°C, and pH 6.8 – 8. At these temperatures, the digestion process essentially converts organic matter in the present of water into gaseous energy. Generally, biogas consists of methane about 60 – 70% and yield about 1,000 *British Thermal Unit/ft³* or 252 *Kcal/0.028 m³* when burned. In several developing countries, as well as in Europe and the United States, biogas has been commonly used as a substitute environmental friendly energy. Meanwhile, potentially Indonesia has abundant potential of biomass waste, however biogas has not been used maximally.

Key words: Biogas, renewal energy, anaerobic

PENDAHULUAN

Bahan bakar akhir-akhir ini merupakan topik yang ramai diperbincangkan di berbagai kesempatan. Hal ini didorong oleh meningkatnya kebutuhan dan semakin meningkatnya harga jual bahan bakar. Sementara itu, sumber bahan bakar minyak dan gas semakin berkurang. Sebagai konsekuensinya maka suatu keharusan untuk mencari sumber lain. Salah satu alternatif yaitu pemanfaatan *renewable energy* atau energi yang dapat diperbaharui dan digunakan untuk menggantikan pemakaian bahan bakar minyak atau gas alam (*fossil fuels*). Setelah krisis energi minyak di era tahun 70-an, beberapa negara telah memulai program

pengembangan teknologi *renewable energy* guna menurunkan ketergantungan akan impor bahan bakar minyak.

Biogas merupakan sumber *renewal energy* yang mampu menyumbangkan andil dalam usaha memenuhi kebutuhan bahan bakar. Bahan baku sumber energi ini merupakan bahan *non-fossil*, umumnya adalah limbah atau kotoran ternak yang produksinya tergantung atas ketersediaan rumput dan rumput akan selalu tersedia, karena dapat tumbuh kembali setiap saat selama dipelihara dengan baik. Sebagai pembanding yaitu gas alam yang tidak diperhitungkan sebagai *renewal energy*, gas alam berasal dari fosil yang pembentukannya memerlukan waktu jutaan tahun.

Alasan lain yang timbul akhir-akhir ini akan perlunya memanfaatkan energi alternatif ini yaitu:

- (a) Perlunya menurunkan emisi CO₂ sesuai dengan persetujuan dalam Protokol Kyoto.
- (b) Kenyataan bahwa produksi bahan bakar minyak dunia telah mencapai titik puncaknya sementara kebutuhan energi di negara berkembang seperti Cina dan India meningkat dengan pesat.
- (c) Dimulainya konflik politik dan militer yang dipicu oleh karena perebutan sumber minyak.

Biogas, bahan bakar yang tidak menghasilkan asap merupakan suatu pengganti yang unggul untuk menggantikan bahan bakar minyak atau gas alam. Gas ini dihasilkan oleh suatu proses yang disebut proses pencernaan anaerobik, merupakan gas campuran metan (CH₄), karbon dioksida (CO₂), dan sejumlah kecil nitrogen, amonia, sulfur dioksida, hidrogen sulfida dan hidrogen. Secara alami, gas ini terbentuk pada limbah pembuangan air, tumpukan sampah, dasar danau atau rawa. Mamalia termasuk manusia menghasilkan biogas dalam sistem pencernaannya, bakteri dalam sistem pencernaan menghasilkan biogas untuk proses mencerna selulosa.

Biomasa yang mengandung kadar air yang tinggi seperti kotoran hewan dan limbah pengolahan pangan cocok digunakan untuk bahan baku pembuatan biogas.

Limbah peternakan merupakan salah satu sumber bahan yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas, sementara perkembangan atau pertumbuhan industri peternakan menimbulkan masalah bagi lingkungan, karena menumpuknya limbah peternakan. Polutan yang disebabkan oleh dekomposisi kotoran ternak yaitu BOD dan COD (*Biological/Chemical Oxygen Demand*), bakteri patogen, polusi air (terkontaminasinya air bawah tanah, air permukaan), debu, dan polusi bau. Di banyak negara berkembang, kotoran ternak, limbah pertanian, dan kayu bakar digunakan sebagai bahan bakar. Polusi asap yang diakibatkan oleh pembakaran bahan bakar tersebut mengakibatkan masalah kesehatan yang serius dan harus dihindarkan (GHOSE, 1980). Juga yang paling menjadi perhatian yaitu emisi metan dan karbondioksida yang menyebabkan efek rumah kaca dan mempengaruhi perubahan iklim global.

Jika dilihat dari segi pengolahan limbah, proses anaerob juga memberikan beberapa keuntungan yaitu menurunkan nilai COD dan BOD, total solid, volatile solid, nitrogen nitrat, dan nitrogen organik. Bakteri coliform dan patogen lainnya, telur insek, parasit, bau juga dihilangkan atau menurun. Di daerah pedesaan yang tidak terjangkau listrik, penggunaan biogas memungkinkan untuk belajar dan melakukan kegiatan komunitas di malam hari. Beberapa alasan lain

mengapa biogas dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif dan semakin mendapat perhatian yaitu:

- (a) Harga bahan bakar yang terus meningkat.
- (b) Dalam rangka usaha untuk memperoleh bahan bakar lain yang dapat diperbaharui.
- (c) Dapat diproduksi dalam skala kecil di tempat yang tidak terjangkau listrik atau energi lainnya.
- (d) Dapat diproduksi dalam konstruksi yang sederhana.

Teknologi pencernaan anaerobik

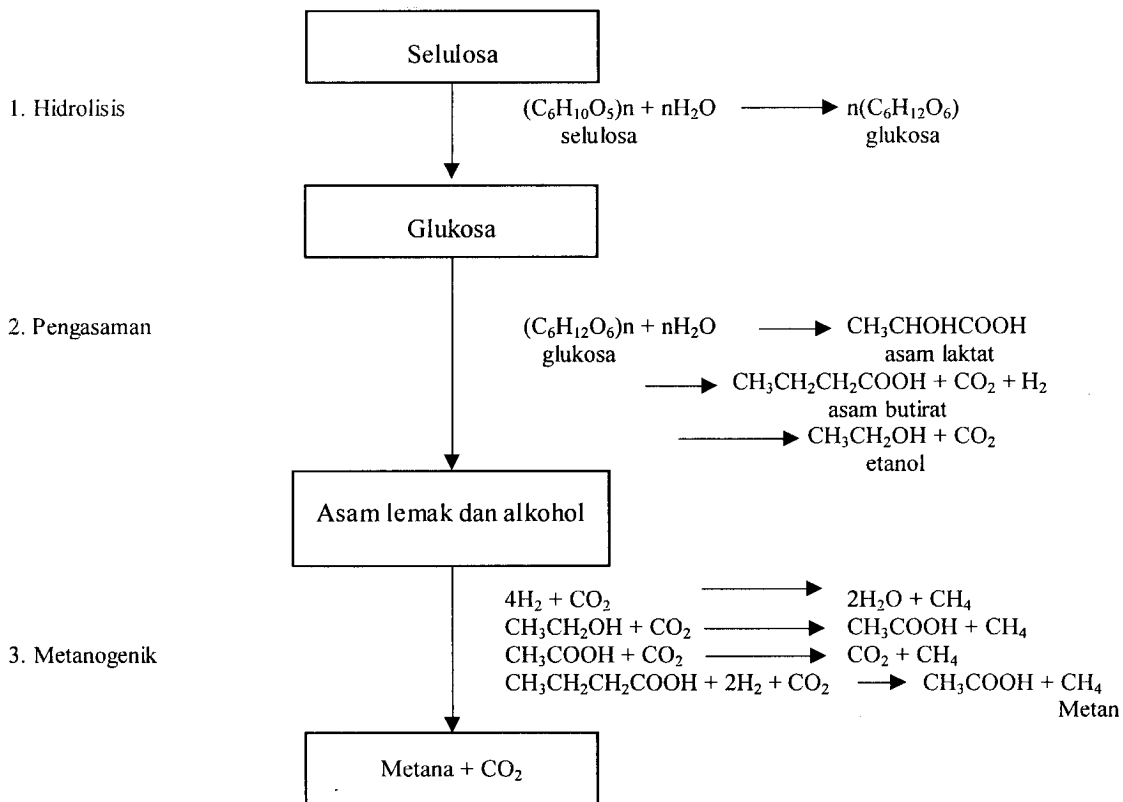
Proses pencernaan anaerobik yang merupakan dasar dari reaktor biogas yaitu proses pemecahan bahan organik oleh aktivitas bakteri metanogenik dan bakteri asidogenik pada kondisi tanpa udara. Bakteri ini secara alami terdapat dalam limbah yang mengandung bahan organik, seperti kotoran binatang, manusia, dan sampah organik rumah tangga. Proses anaerobik dapat berlangsung di bawah kondisi lingkungan yang luas meskipun proses yang optimal hanya terjadi pada kondisi yang terbatas (Tabel 1).

Table 1. Kondisi pengoperasian pada proses pencernaan anaerobik

Parameter	Nilai
Temperatur	
Mesofilik	35°C
Termofilik	54°C
pH	7 – 8
Alkalinitas	2500 mg/L minimum
Waktu retensi	10 – 30 hari
Laju terjenuhkan	0,15 – 0,35 kg VS/m ³ /hari
Hasil biogas	4,5 – 11 m ³ /kg VS
Kandungan metana	60 – 70%

Sumber: ENGLER *et al.* (2000)

Pembentukan biogas meliputi tiga tahap proses yaitu: (a) Hidrolisis, pada tahap ini terjadi penguraian bahan-bahan organik mudah larut dan pencernaan bahan organik yang kompleks menjadi sederhana, perubahan struktur bentuk polimer menjadi bentuk monomer; (b) Pengasaman, pada tahap pengasaman komponen monomer (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam. Produk akhir dari perombakan gula-gula sederhana ini yaitu asam asetat, propionat, format, laktat, alkohol, dan sedikit butirat, gas karbondioksida, hidrogen dan amonia; serta



Gambar 1. Diagram alur proses fermentasi anaerobik

(c) Metanogenik, pada tahap metanogenik terjadi proses pembentukan gas metan. Bakteri pereduksi sulfat juga terdapat dalam proses ini, yaitu mereduksi sulfat dan komponen sulfur lainnya menjadi hidrogen sulfida.

Gambar 1 memperlihatkan alur proses perombakan selulosa hingga terbentuk gas (NURTAHYA *et al.*, 2003). Adapun bakteri yang terlibat dalam proses anaerobik ini yaitu bakteri hidrolitik yang memecah bahan organik menjadi gula dan asam amino, bakteri fermentatif yang mengubah gula dan asam amino tadi menjadi asam organik, bakteri asidogenik mengubah asam organik menjadi hidrogen, karbondioksida dan asam asetat dan bakteri metanogenik yang menghasilkan metan dari asam asetat, hidrogen dan karbondioksida. Optimisasi proses biogas akhir-akhir ini difokuskan pada proses pengontrolan agar mikroorganisme yang terlibat dalam keadaan seimbang, mempercepat proses dengan peningkatan desain digester dan pengoperasian fermentasi pada temperatur yang lebih tinggi dan peningkatan biogas yang dihasilkan dari bahan dasar biomasa lignoselulosa melalui perlakuan awal.

Di dalam digester biogas, terdapat dua jenis bakteri yang sangat berperan, yakni bakteri asidogenik dan bakteri metanogenik. Kedua jenis bakteri ini perlu

eksis dalam jumlah yang berimbang. Bakteri-bakteri ini memanfaatkan bahan organik dan memproduksi metan dan gas lainnya dalam siklus hidupnya pada kondisi anaerob. Mereka memerlukan kondisi tertentu dan sensitif terhadap lingkungan mikro dalam digester seperti temperatur, keasaman dan jumlah material organik yang akan dicerna. Terdapat beberapa spesies metanogenik dengan berbagai karakteristik. Bakteri ini mempunyai beberapa sifat fisiologi yang umum, tetapi mempunyai morfologi yang beragam seperti *Methanomicrobium*, *Methanosarcina*, *Metanococcus*, *Methanotherix* (YONGZHI dan HU, 2001).

Bakteri metanogenik tidak aktif pada temperatur sangat tinggi atau rendah. Temperatur optimumnya yaitu sekitar 35°C. Jika temperatur turun menjadi 10°C, produksi gas akan terhenti. Produksi gas yang memuaskan berada pada daerah mesofilik yaitu antara 25 – 30°C. Biogas yang dihasilkan pada kondisi di luar temperatur tersebut mempunyai kandungan karbondioksida yang lebih tinggi. Pemilihan temperatur yang digunakan juga dipengaruhi oleh pertimbangan iklim. Untuk kestabilan proses, dipilih kisaran temperatur yang tidak terlalu lebar. Pada cuaca yang hangat, digester dapat dioperasikan tanpa memerlukan pemanasan. Instalasi digester di bawah tanah berfungsi

sebagai proses insulasi sehingga akan memperkecil biaya pemanasan.

Kandungan metan dalam biogas yang dihasilkan tergantung jenis bahan baku yang dipakai, sebagai contoh komposisi biogas ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi gas (%) dalam biogas yang berasal dari kotoran ternak dan sisa pertanian

Jenis gas	Kotoran sapi	Campuran kotoran ternak dan sisa pertanian
Metana (CH ₄)	65,7	55 – 70
Karbon dioksida (CO ₂)	27,0	27 – 45
Nitrogen (N ₂)	2,3	0,5 – 3,0
Karbonmonoksida (CO)	0,0	0,1
Oksigen (O ₂)	0,1	6,0
Propana (C ₃ H ₈)	0,7	-
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	Tidak terukur	Sedikit sekali
Nilai kalor (kka/m ³)	6513	4800 – 6700

Sumber: HARAHAP *et al.* (1978)

Kegagalan proses pencernaan anaerobik dalam digester biogas bisa dikarenakan tidak seimbang populasi bakteri metanogenik terhadap bakteri asam yang menyebabkan lingkungan menjadi sangat asam (pH kurang dari 7) yang selanjutnya menghambat kelangsungan hidup bakteri metanogenik. Kondisi keasaman yang optimal pada pencernaan anaerobik yaitu sekitar pH 6,8 sampai 8, laju pencernaan akan menurun pada kondisi pH yang lebih tinggi atau rendah.

Bakteri yang terlibat dalam proses anaerobik membutuhkan beberapa elemen sesuai dengan kebutuhan organisme hidup seperti sumber makanan dan kondisi lingkungan yang optimum. Bakteri anaerob mengkonsumsi karbon sekitar 30 kali lebih cepat dibanding nitrogen. Hubungan antara jumlah karbon dan nitrogen dinyatakan dengan rasio karbon/nitrogen (C/N), rasio optimum untuk digester anaerobik berkisar 20 – 30. Jika C/N terlalu tinggi, nitrogen akan dikonsumsi dengan cepat oleh bakteri metanogen untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhannya dan hanya sedikit yang bereaksi dengan karbon akibatnya gas yang dihasilkan menjadi rendah. Sebaliknya jika C/N rendah, nitrogen akan dibebaskan dan berakumulasi dalam bentuk amonia (NH₄) yang dapat meningkatkan pH. Jika pH lebih tinggi dari 8,5 akan menunjukkan pengaruh negatif pada populasi bakteri metanogen. Kotoran ternak sapi mempunyai rasio C/N sekitar 24. Hijauan seperti jerami atau serbuk gergaji mengandung persentase karbon yang jauh lebih tinggi, dan bahan dapat dicampur untuk mendapatkan rasio C/N yang

diinginkan. Rasio C/N beberapa bahan yang umum digunakan sebagai bahan baku biogas disajikan pada Tabel 3 (KARKI dan DIXIT, 1984).

Tabel 3. Rasio Karbon dan Nitrogen (C/N) dari beberapa bahan

Bahan	Rasio C/N
Kotoran bebek	8
Kotoran manusia	8
Kotoran ayam	10
Kotoran kambing	12
Kotoran babi	18
Kotoran domba	19
Kotoran sapi/kerbau	24
Eceng gondok	25
Kotoran gajah	43
Batang jagung	60
Jerami padi	70
Jerami gandum	90
Serbuk gergaji	Di atas 200

Sumber: KARKI dan DIXIT (1984)

Slurry kotoran sapi mengandung 1,8 – 2,4% nitrogen, 1,0 – 1,2% fosfor (P₂O₅), 0,6 – 0,8% potassium (K₂O), dan 50 – 75% bahan organik. Kandungan *solid* yang paling baik untuk proses anaerobik yaitu sekitar 8%. Untuk limbah kotoran sapi segar dibutuhkan pengenceran 1 : 1 dengan air. Teknologi pencernaan anaerob bila digunakan dalam sistem perencanaan yang matang, tidak hanya mencegah polusi tetapi juga menyediakan energi berkelanjutan, pupuk dan rekoveri nutrisi tanah. Untuk itu proses ini dapat mengubah limbah dari suatu masalah menjadi suatu yang menguntungkan.

Tabel 4. Potensi produksi gas dari berbagai jenis kotoran

Jenis kotoran	Produksi gas per kg (m ³)
Sapi/kerbau	0,023 – 0,040
Babi	0,040 – 0,059
Unggas	0,065 – 0,116
Manusia	0,020 – 0,028

Sumber: UPDATED GUIDEBOOK ON BIOGAS DEVELOPMENT (1984)

HAL YANG PERLU DIPERHATIKAN PADA PROSES FERMENTASI

Keberhasilan proses pencernaan dalam digester sangat ditentukan oleh desain dan pengaturan digester

itu sendiri, beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian digester yaitu:

Pengadukan

Proses pengadukan akan sangat menguntungkan karena apabila tidak diaduk *solid* akan mengendap pada dasar tangki dan akan terbentuk busa pada permukaan yang akan menyulitkan keluarnya gas.

Masalah tersebut terjadi lebih besar pada proses yang menggunakan bahan baku limbah sayuran dibandingkan yang menggunakan kotoran ternak. Pada sistem kontinyu masalah ini lebih kecil karena pada saat bahan baku dimasukkan akan memecahkan busa pada permukaan seolah-olah terjadi pengadukan. Pada digester yang berlokasi di Eropa dimana pemanasan diperlukan jika proses dilakukan pada musim dingin, sirkulasi udara juga merupakan proses pengadukan.

Kontrol temperatur

Pada daerah panas, penggunaan atap akan membantu agar temperatur berada pada kondisi yang ideal, tetapi pada daerah dingin akan menyebabkan masalah. Langkah yang umumnya diambil yaitu dengan melapisi tangki dengan tumpukan jerami atau serutan kayu dengan ketebalan 50 sampai 100 cm, lalu dilapisi dengan bungkus tahan air, jika masih kurang maka digunakan koil pemanas. Temperatur digester yang tinggi akan lebih rentan terhadap kerusakan karena fluktuasi temperatur, untuk itu diperlukan pemeliharaan yang seksama.

Koleksi gas

Untuk mengkoleksi biogas yang dihasilkan dipergunakan drum yang dipasang terbalik, drum harus dapat bergerak sehingga dapat disesuaikan dengan volume gas yang diperlukan.

Biogas akan mengalir melalui lubang kecil di atas drum. Digunakan *valve* searah untuk mencegah masuknya udara luar ke dalam tangki digester yang akan merusak aktivitas bakteri dan memungkinkan terjadinya ledakan di dalam drum. Pada instalasi yang besar diperlukan kontrol pengukuran berat dan tekanan yang baik.

Posisi digester

Digester biogas yang dibangun di atas permukaan tanah harus terbuat dari baja untuk menahan tekanan, sedangkan yang dibangun di bawah tanah umumnya lebih sederhana dan murah. Akan tetapi dari segi pemeliharaan, digester di atas permukaan akan lebih mudah dan digester dapat ditutup lapisan hitam yang berfungsi untuk menangkap panas matahari.

Waktu retensi

Faktor lain yang perlu diperhatikan yaitu waktu retensi, faktor ini sangat dipengaruhi oleh temperatur, pengenceran, laju pemasukan bahan dan lain sebagainya. Pada temperatur yang tinggi laju fermentasi berlangsung dengan cepat, dan menurunkan waktu proses yang diperlukan. Pada kondisi normal fermentasi kotoran berlangsung antara dua sampai empat minggu.

PRODUKSI ENERGI

Manusia menghasilkan rata-rata 0,3 meter kubik biogas per hari. Jutaan meter kubik metan dihasilkan per tahun dalam bentuk gas rawa yaitu hasil dari proses dekomposisi bahan organik yang berasal dari ternak maupun sayuran. Hal ini nyaris sama seperti gas alam yang dipompa dari bumi oleh perusahaan minyak dan digunakan untuk berbagai keperluan manusia seperti penerangan rumah dan memasak. Pada TPA yang mendapat kiriman sampah sebanyak 5.000 meter kubik per hari bisa dihasilkan gas sebanyak 25.000 meter kubik per hari atau setara dengan 31,25 juta Watt listrik yang bisa mengalirkan listrik bagi sekitar 2.500 rumah tangga. Metan sebagai komponen utama biogas adalah gas tak berbau dan tak berwarna yang apabila dibakar akan menghasilkan energi panas sekitar 1000 BTU/ft³ atau 252 Kkal/0,028 m³. Biogas dapat diubah menjadi beberapa bentuk energi, yaitu energi panas atau dengan bantuan generator diubah menjadi energi listrik maupun mekanik, sebagai contoh dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Konversi energi biogas dan penggunaannya

Penggunaan	Energi 1 m ³ biogas
Penerangan	sebanding dengan lampu 60 – 100 W selama 6 jam
Memasak	untuk memasak 3 jenis makanan untuk 5 – 6 orang
Pengganti bahan bakar	sebanding dengan 0,7 kg bensin
Tenaga pengangkut	menjalankan motor 1 pk selama 2 jam
Listrik	sebanding dengan 1,25 KWH listrik

Sumber: KRISTOFERSON dan BOLKADERS (1991)

TEKNOLOGI DIGESTER

Terdapat dua teknologi umum digunakan untuk memperoleh biogas. Pertama, proses yang sangat umum yaitu fermentasi kotoran ternak menggunakan digester yang didesain khusus dalam kondisi anaerob.

Kedua, teknologi yang baru ini dikembangkan yaitu menangkap gas metan dari lokasi tumpukan pembuangan sampah tanpa harus membuat digester khusus.

Beberapa keuntungan kenapa digester anaerobik lebih banyak digunakan antara lain:

1. Keuntungan pengolahan limbah

- (a) Digester anaerobik merupakan proses pengolahan limbah yang alami.
- (b) Membutuhkan lahan yang lebih kecil dibandingkan dengan proses kompos aerobik ataupun penumpukan sampah.
- (c) Memperkecil volume atau berat limbah yang dibuang.
- (d) Memperkecil rembesan polutan.

2. Keuntungan energi

- (a) Proses produksi energi bersih.
- (b) Memperoleh bahan bakar berkualitas tinggi dan dapat diperbaharui.
- (c) Biogas dapat dipergunakan untuk berbagai penggunaan.

3. Keuntungan lingkungan.

- (a) Menurunkan emisi gas metan dan karbon dioksida secara signifikan.
- (b) Menghilangkan bau.

- (c) Menghasilkan kompos yang bersih dan pupuk yang kaya nutrisi.
- (d) Memaksimalkan proses daur ulang.
- (e) Menghilangkan bakteri *coliform* sampai 99% sehingga memperkecil kontaminasi sumber air.

4. Keuntungan ekonomi

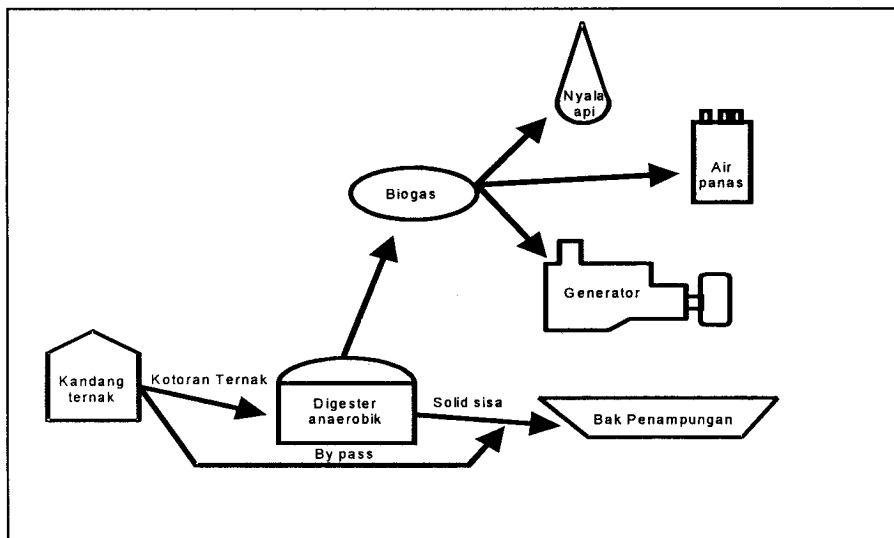
Lebih ekonomis dibandingkan dengan proses lainnya ditinjau dari siklus ulang proses.

Bagian utama dari proses produksi biogas yaitu tangki tertutup yang disebut digester. Tangki yang kedap yang diisi oleh bahan organik, dan *solid* buangan proses dapat dikeluarkan. Desain digester bermacam-macam sesuai dengan jenis bahan baku yang digunakan, temperatur yang dipakai dan bahan konstruksi. Digester dapat terbuat dari cor beton, baja, bata atau plastik dan bentuknya dapat berupa seperti silo, bak, kolam dan dapat diletakkan di bawah tanah.

Pemilihan jenis digester sangat tergantung dari jenis limbah; contohnya desain digester untuk limbah kotoran unggas akan lain dengan limbah kotoran babi atau sapi.

Jenis digester anaerobik

Dilihat dari konstruksinya ada tiga desain digester dasar. Masing-masing berbeda biaya pembuatannya, kecocokan dengan iklim dan juga konsentrasi *solid* kotoran yang akan difermentasi. Skema dasar sistem digester anaerobik disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema sistem digester anaerobik

Covered lagoon digester (digester bak tertutup): sesuai dengan namanya, merupakan kolam penampung kotoran ternak dengan tutup. Tutup menangkap gas yang dihasilkan selama proses dekomposisi kotoran. Jenis ini merupakan yang termurah biayanya.

Menutupi bak yang berisi kotoran ternak merupakan desain yang paling sederhana dari teknologi digester yang digunakan untuk kotoran cair dengan kandungan *solid* kurang dari 3%. Tutupnya berupa bahan tak tembus (*impermeable*) dan menutupi seluruh permukaan bak. Bak tersebut terbuat dari cor beton dan ditutupi hingga kedap. Metan yang dihasilkan terperangkap di bawah tutup. Gas yang akan digunakan dikeluarkan melalui pipa. Digester jenis ini memerlukan kolam yang besar dan temperatur yang hangat dan tidak cocok untuk daerah dingin atau daerah yang basah.

Complete mix digester terbuat dari baja, cocok untuk volume kotoran ternak yang besar dan mempunyai kandungan *solid* antara 3 – 10%. Tangki yang dilengkapi pemanas juga pengaduk mekanik dan selama proses fermentasi bahan diaduk secara terus menerus sehingga *solid* tetap dalam keadaan tersuspensi. Biogas yang terbentuk terakumulasi di bagian atas digester. Digester bisa diinstalasi di atas atau terkubur di bawah tanah. Digester jenis ini mahal biaya pembuatan, operasional dan pemeliharannya.

Plug-flow digester cocok untuk limbah yang berasal dari kotoran ruminansia yang mempunyai kandungan padatan antara 11 sampai 13%. Ciri khas jenis ini memiliki tempat pengumpulan kotoran, tempat pencampuran dan tangki digester. Pada tempat pencampuran, penambahan air diatur sehingga *slurry* mempunyai konsistensi yang optimal. Digester biasanya persegi panjang, kedap air dan dengan tutup yang dapat dirubah.

Bahan baku dimasukkan dari salah satu sisi dan mendorong keluar buangan yang telah terfermentasi pada sisi lainnya. Waktu retensi rata-rata *solid* tertahan dalam digester yaitu sekitar 20 – 30 hari. Biogas yang dihasilkan terperangkap di bawah penutup *impermeable* yang menutupi tangki kemudian gas disalurkan melalui pipa yang berada di bawah penutup menuju generator. Digester jenis ini memerlukan pemeliharaan yang minimal dan panas buangan dari mesin generator digunakan untuk memanasi digester. Di dalam digester, pipa sirkulasi air panas akan memanaskan *slurry* dan menjaga temperaturnya pada 25 – 40°C, temperatur yang cocok bagi bakteri metanogen.

Pada peternakan perorangan, desain *plug-flow* skala kecil atau digester bak tertutup merupakan desain yang sederhana dan dapat memproduksi biogas untuk memenuhi kebutuhan listrik dan pemanas. Sistem *plug-flow* dapat memproses 8000 galon (33280 m³) kotoran ternak per hari yang dihasilkan oleh sekitar 500 sapi perah.

Desain digester

Kalau dilihat dari cara pengoperasian digester, ada dua desain digester yaitu:

Continuous feeding

Proses pencernaan anaerobik dari limbah kotoran sapi memakan waktu sekitar 8 jam dalam temperatur hangat (35°C). Sepertiga biogas akan dihasilkan pada minggu pertama, seperempatnya pada minggu kedua dan sisanya akan dihasilkan pada minggu ketiga sampai kedelapan.

Produksi gas dapat dipercepat dan konsisten dengan sistem pemasukan bahan baku yang kontinyu (*continuous feeding*) serta sejumlah kecil buangan proses setiap hari. Proses juga akan menyisakan nitrogen pada *slurry* buangan yang kemudian digunakan untuk pupuk. Hal yang perlu diperhatikan dalam sistem kontinyu adalah; tangki harus cukup besar untuk menampung semua bahan yang terus menerus dimasukkan selama proses pencernaan berlangsung. Kondisi yang ideal untuk sistem ini yaitu menggunakan dua buah tangki digester, konsumsi limbah berlangsung dalam dua tahap, metan diproduksi pada tahap pertama dan tahap kedua dengan laju yang lebih lambat.

Batch feeding

Umumnya didesain untuk limbah padatan seperti sayuran/hijauan. Desain yang tidak perlu pipa alir, tangki tunggal merupakan desain yang paling baik untuk digunakan. Tangki dapat dibuka dan *slurry* buangan proses dapat dikeluarkan dan digunakan sebagai pupuk kemudian bahan baku yang baru dimasukkan lagi. Tangki ditutup dan proses fermentasi diawali kembali. Tergantung dari jenis bahan limbah dan temperatur yang dipakai, sistem *batch* akan mulai berproduksi setelah minggu kedua sampai minggu keempat, laju peningkatan produksi menjadi lambat lalu menurun setelah bulan ketiga atau keempat. Sistem *batch* biasanya dibuat dalam beberapa set sekaligus sehingga paling tidak ada yang beroperasi dengan baik.

Limbah sayuran mempunyai rasio C : N yang tinggi dibandingkan limbah kotoran ternak sehingga perlu ditambahkan sumber nitrogen. Limbah sayuran menghasilkan biogas delapan kali lebih banyak dibandingkan limbah kotoran ternak. Campuran dari limbah kotoran ternak dan limbah sayuran merupakan campuran yang ideal untuk menghasilkan biogas, dengan perbandingan jumlah limbah sayuran yang lebih banyak.

PEMANFAATAN BIOGAS DI BEBERAPA NEGARA

Pemanfaatan biogas bukanlah hal yang baru, gas ini telah dipakai sekitar 200 tahun. Pada era sebelum ada listrik, di London biogas diperoleh dari saluran pembuangan bawah tanah dan digunakan sebagai bahan bakar lampu jalan yang terkenal dengan nama *gaslight*. Pada saat ini biogas dapat dimanfaatkan untuk memenuhi energi yang dibutuhkan dalam bentuk udara panas, air panas atau uap panas. Setelah melalui penyaringan biogas digunakan untuk bahan bakar generator yang akan merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Biogas juga dapat digunakan untuk menggantikan gas alam atau propana untuk pemanas ruangan, refrigerator atau kompor gas. Biogas yang telah dipadatkan dapat dipakai sebagai bahan bakar kendaraan.

Di negara berkembang atau di dunia ketiga, biogas merupakan suatu hasil samping dari pengolahan limbah peternakan yang telah membawa keuntungan untuk kesehatan, sosial, lingkungan dan secara finansial. Dalam laporan UNDP 1997, *Energy After Rio: Prospects and Challenges*, mengidentifikasi bahwa instalasi biogas adalah satu penyedia sumber energi desentralisasi yang sangat berguna. Tidak seperti teknologi penyedia energi yang tersentralisasi seperti pembangkit tenaga listrik yang berasal dari sumber tenaga hidroelektrik, batubara, minyak atau gas alam. Untuk membuat instalasi biogas tidak memerlukan modal dasar yang terlalu besar dan tidak menimbulkan masalah lingkungan bahkan merupakan solusi dari masalah lingkungan itu sendiri juga memberikan beberapa keuntungan lainnya, selama limbah organik dan air tersedia maka instalasi biogas dapat dibangun.

Beberapa negara telah membuat program biogas dalam skala besar, Tanzania misalnya, membuat model berdasarkan integrasi rekoveri sumber bahan baku yang berasal dari limbah kota dan industri untuk menghasilkan tenaga listrik dan pupuk. Produksi biogas dalam skala kecil sudah umum dilakukan di pedesaan terutama di Cina dan India. Pada akhir tahun 1993, sekitar seperlima sampai seperempat juta petani telah mempunyai digester biogas, dengan produksi metan sekitar 1,2 miliar m³ per tahun. Di India, teknologi biogas telah berkembang dan didiseminasikan secara luas untuk memenuhi kebutuhan energi di pedesaan, contohnya untuk pompa irigasi dan listrik. Sampai saat ini telah dibangun lebih dari 2 juta digester dan menyumbangkan hampir 200.000 pekerjaan tetap (KAROTTKI dan OLESEN, 1997). Sekarang, di India setiap orang yang membangun instalasi biogas berhak untuk mendapat sumbangan uang dari pemerintah pusat. Sementara di Kenya, teknologi biogas telah diintroduksi sejak pertengahan tahun 1950. Pada tahun 1958 *Tunnei Technology Limited* mengkonstruksi

digester biogas dan membangun sekitar 150 instalasi biogas di beberapa negara bagian tersebut. Terdapat sekitar 600.000 peternak yang memiliki 2 – 6 sapi dengan sistem gembala yang berpotensi untuk proyek biogas, tetapi pada periode 1980 – 1990 potensi terabaikan sehingga dalam waktu kurang dari lima tahun hanya 25 persen dari 300 unit instalasi biogas yang sekarang masih jalan (NJOROGI, 2002).

Akibat dari promosi *renewable energy* melalui aksi politik, di tahun 80 dan 90-an, Denmark telah maju di garis depan untuk pengembangan, pemasaran dan ekspor *renewable energy* yang berasal dari angin dan biomasa. Sekarang negara-negara Eropa lainnya telah mengambil alih peran ini, Jerman misalnya, merupakan pasar yang sangat berkembang untuk produksi *renewable energy*. Di Jerman, produksi biogas merupakan salah satu yang paling pesat dalam produksi *renewable energy* dan diharapkan akan dibangun beberapa ratus konstruksi biogas (HARTMANN dan AHRING, 2005).

Agar dapat dimanfaatkan dan digunakan untuk bahan bakar kendaraan, perlu proses untuk menghilangkan kandungan hidrogen sulfida, karbondioksida dan air sehingga diperoleh biogas dengan kandungan metan yang lebih tinggi. Hal tersebut sudah dilakukan di beberapa negara maju, dan biogas merupakan suatu yang menarik dari segi lingkungan untuk dijadikan sebagai bahan bakar kendaraan bus dan alat transportasi umum lainnya, karena mesin yang menggunakan bahan bakar metan mempunyai suara yang lebih halus dibandingkan bila menggunakan diesel atau solar.

Di Amerika, dimana industri peternakan sangat maju, pembuangan kotoran ternak yang sangat besar menjadi masalah yang serius. Konsekuensinya, sistem manajemen kotoran ternak yang mampu mencegah polusi dan menghasilkan energi menjadi suatu hal yang menarik. Proses digester anaerobik sudah umum dilakukan di peternakan besar maupun kecil, selain memberi jalan keluar atas masalah penanggulangan kotoran ternak, proses ini juga dapat menghasilkan energi listrik dan panas untuk kebutuhan konsumsi lokal (WEINBERG, 1991).

Pengalaman peternak Amerika selama bertahun-tahun dalam pengoperasian teknologi pembuatan biogas menjadikan mereka mampu memprediksi kondisi-kondisi yang berkaitan dengan keberhasilan maupun kegagalan pada teknologi biogas (GAMROTH, 2001).

Kondisi yang berkaitan dengan keberhasilan teknologi biogas:

1. Pemilik atau operator mempunyai komitmen terhadap teknologi biogas dan berusaha agar berhasil.

2. Pemilik atau operator memiliki pengetahuan mekanik, mempunyai kemampuan dan ases terhadap teknik *support*.
3. Desainer membangun sistem digester yang cocok dengan operasi peternakan.
4. Pemilik atau operator meningkatkan perolehan keuntungan dengan cara menjual buangan proses kotoran untuk pupuk.

Kondisi yang berkaitan dengan kegagalan teknologi biogas:

1. Operator tidak mempunyai kecakapan atau waktu agar sistem berjalan baik.
2. Pemilihan jenis digester yang tidak sesuai dengan metoda penanganan kotoran dan *layout* peternakan.
3. Desainer/pembuat menjual sistem digester secara dipecah.
4. Desainer/pembuat menginstal jenis peralatan yang salah, misalnya pengukuran yang salah atas mesin generator, peralatan transmisi gas, pendistribusian listrik.
5. Pemeliharaan dan perbaikan sistem menjadi sangat mahal dikarenakan desain sistem yang buruk.
6. Peternak tidak memperoleh pelatihan dan *support* teknik sistemnya yang memadai.

POTENSI PENGEMBANGAN BIOGAS DI INDONESIA

Pemanfaatan biogas di Indonesia sebagai energi alternatif sangat memungkinkan untuk diterapkan di masyarakat, apalagi sekarang ini harga bahan bakar minyak yang makin mahal dan kadang-kadang langka keberadaannya. Besarnya potensi limbah biomassa padat di seluruh Indonesia adalah 49.807,43 MW. Biomassa seperti kayu, dari kegiatan industri pengolahan hutan, pertanian dan perkebunan, limbah kotoran hewan, misalnya kotoran sapi, kerbau, kuda, dan babi juga dijumpai di seluruh provinsi Indonesia dengan kualitas yang berbeda-beda. Pada saat ini sebagai sumber bahan baku biogas tersedia secara melimpah dan belum dimanfaatkan secara maksimal (SOEPARDJO, 2005). Secara umum, penggunaan limbah pertanian sebagai bahan dasar biogas lebih sulit dibandingkan kotoran ternak, waktu yang dibutuhkan untuk proses hidrolisis bahan selulosa dari limbah pertanian lebih lama.

Beberapa program telah dilaksanakan oleh pemerintah Indonesia untuk meningkatkan penggunaan teknologi biogas, seperti demonstrasi instalasi dan pelatihan mengoperasikan digester untuk masyarakat. Di tahun 1984, jumlah digester yang telah dibangun di

Indonesia hanya 100 unit, sembilan tahun kemudian menjadi 350 unit (WILOSO *et al.*, 1995). Peningkatan jumlah digester yang tidak signifikan ini disebabkan mahalnya biaya yang harus dikeluarkan untuk membangun instalasi digester. Teknologi ini sudah banyak digunakan oleh peternak sapi di daerah Boyolali sejak tahun 1990-an dan masih beroperasi sampai sekarang. Penelitian yang dilakukan pada tahun 2000 menghasilkan rancangan digester biogas yang terbuat dari bahan plastik dan pada tahun 2005 rancangan tersebut dipasarkan dengan harga 1,5 juta rupiah per instalasi diharapkan juga akan meningkatkan minat para peternak untuk menggunakannya (APRIANTI, 2005). Pada tahun 2005 peternak sapi di daerah Lembang Kabupaten Bandung mulai memanfaatkan teknologi biogas dengan digester yang terbuat dari plastik setebal 250 mikron. Sekitar 66 peternak sapi di daerah Subang, Garut dan Tasikmalaya juga telah menggunakan digester yang berkapasitas 5000 liter. Kondisi ini diharapkan terjadi juga di daerah peternakan di luar Jawa.

Penelitian terhadap teknologi pencernaan anaerobik yang lebih maju telah berlangsung dalam beberapa tahun ini. Penelitian tersebut dilakukan oleh perusahaan swasta, komunitas ilmiah, institusi perguruan, dan kerjasama antara industri dan pemerintah. Keuntungan pencernaan anaerobik sangat tergantung pada peningkatan proses yang lebih tinggi hasil biogas per m³ biomassa dan peningkatan derajat perombakan. Lebih lanjut keuntungan juga dapat ditingkatkan dengan konversi efluen proses menjadi produk yang berharga (HARTMANN dan AHRING, 2005). Penelitian tersebut menghasilkan beberapa sistem yang dipatenkan yang memberikan beberapa keuntungan dalam efisiensi sistem, ukuran, biaya kapital, fleksibilitas perlakuan, stabilitas proses dan biaya operasi. Di Amerika dilakukan penelitian kemungkinan penggunaan teknologi *fuel cells* untuk mengubah biogas menjadi energi listrik, saat ini teknologi ini belum layak diterapkan secara ekonomi, tetapi diperkirakan sekitar tahun 2010 sudah dapat digunakan. Dibandingkan dengan generator diesel, *fuel cells* lebih efisien mengubah biogas menjadi energi listrik (10 – 30% : 40 – 50%) (ALDRICH *et al.*, 2005).

Teknologi biogas adalah suatu teknologi yang dapat digunakan dimana saja selama tersedia limbah yang akan diolah dan cukup air. Di negara maju perkembangan teknologi biogas sejalan dengan perkembangan teknologi lainnya. Untuk kondisi di Indonesia, teknologi biogas dapat dibangun dengan kepemilikan kolektif dan dipelihara secara bersama. Beberapa alasan mengapa biogas belum populer penggunaannya di kalangan peternak atau walaupun sudah ada banyak yang tidak lagi beroperasi, yaitu kurang sosialisasi, teknologi yang diterapkan kurang praktis dan perlu pemeliharaan yang seksama dan

kurangnya pengetahuan para petani tentang pemeliharaan digester.

KESIMPULAN

Biogas yaitu sumber *renewable energy*, yang dapat digunakan sebagai bahan pengganti energi yang berasal dari fosil, yang selama ini dominan digunakan yaitu bahan bakar minyak dan gas alam. Teknologi biogas merupakan pilihan yang tepat untuk mengubah limbah organik peternakan untuk menghasilkan energi dan pupuk sehingga diperoleh keuntungan secara sosio-ekonomi maupun dari segi lingkungan.

Biogas telah lama digunakan di negara seperti India, Cina dan negara-negara di Afrika juga Eropa dan Amerika Serikat. Potensi penggunaannya akan terus meningkat karena teknologi proses dan peralatannya masih dapat dikembangkan agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal. Teknologi biogas di Indonesia masih belum populer tetapi dengan upaya sosialisasi dan penelitian agar biaya konstruksi dan pengoperasian lebih murah dan sederhana akan meningkatkan minat masyarakat untuk menggunakannya.

DAFTAR PUSTAKA

- ALDRICH, B., S. MINOTT and N. SCOTT. 2005. Feasibility of fuel cells for biogas energy conversion on dairy farms. Manure Management Program. <http://www.manuremanagement.cornell.edu>. (21 Juli 2005).
- APRIANTI, Y. 2005. Andrias Wiji Setio Pamuji: Penemu reaktor biogas. Kompas 15 Agustus 2005.
- ENGLER, C.R., M.J. MCFARLAND and R.D. LACEWELL. 2000. Economic and environmental impact of biogas production and use. <http://dallas.edu/biogas/eaai.html>. (17 Juli 2005).
- GAMROTH, M. 2001. Why the Interest in Methane Generation? Western Dairy News 1(6).
- GHOSE, T.K. 1980. Bioconversion of organic residues: Methane from integrated biological systems. <http://www.unu.edu/unupress/food/8f023e/8F023E06.htm>. (21 Juli 2005).
- HARAHAP, F.M., APANDI dan S. GINTING. 1978. Teknologi Gasbio. Pusat Teknologi Pembangunan Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- HARTMANN, H., I. ANGEDILAKI dan B.K. AHRING. 2000. Increase of anaerobic degradation of particulate organic matter in full scale biogas plant by mechanical maceration. Water Sci. Technol. 41(3): 145 – 153.
- HARTMANN, H. dan B.K. AHRING. 2005. The future biogas productions. http://www.risoe.dk/rispubl/SYS/sypdf/energconf05/session6_hartmann.pdf. (21 Juli 2005).
- KARKI, A.B. dan K. DIXIT. 1984. Biogas Fieldbook. Sahayogi Press, Khatmandu, Nepal.
- KAROTKI, R. dan G.B. OLESEN. 1977. Biogas in India: A sustainable energy success story. <http://www.ecouncil.ac.cr/rio/focus/report/english/inforse.htm>. (21 Juli 2005).
- KRISTOFERSON, L.A. dan V. BOKALDERS. 1991. Renewable Energy Technologies-Their Application in Developing Countries. ITDG Publishing.
- NJOROGE, D.K. 2002. Evolution of biogas technology in South Sudan; current and future challenges. Proc. Biodigester Workshop. Maret 2002. <http://www.mekarn.org/procbiod/kuria.htm>. (13 April 2006).
- NURTAJAHYA, E., S.D. RUMENTOR, J.F. SALAMENA, E. HERNAWAN, S. DARWATI dan S.M. SOENARMO. 2003. Pemanfaatan limbah ternak ruminansia untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Makalah Pengantar Falsafah Sains. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- SOEPARDO, A.H. 2005. Energi baru dan terbarukan. Kompas 24 Oktober 2005.
- UPDATED GUIDEBOOK ON BIOGAS DEVELOPMENT-ENERGY RESOURCES DEVELOPMENT SERIES. 1984. No. 27. United Nations. New York, USA.
- YONGZHI, W. dan W. HU. 2001. Research and application of biogas decontamination system. Internet dialog on ecological sanitation. <http://www.ias.unu.edu/procedings/icibs/ecosan/wang-03.html>. (27 April 2006).
- WEINBERG, R. 1991. EPA programs addressing animal waste management. Proc. of National Workshop on Livestock, Poultry & Aquacultures Waste Management. Niles, MI: American Society of Agricultural Engineers.
- WILOSO, E.I., T. BASUKI and S. AIMAN. 1995. Utilization of agricultural wastes for biogas production in Indonesia. Proc. of the UNESCO – University of Tsukuba International Seminar on Traditional Technology for Environmental Conservation and Sustainable Development in the Asian-Pacific region. Tsukuba Science City. Japan 11 – 14 Dec, 1995. <http://www2.unescobkk.org/eubios/TTEC/ITECEW.htm>. (13 April 2006).