

BIOGAS SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF ANTARA MITOS dan FAKTA ILMIAH

Djoko Padmono dan Joko Prayitno Susanto

Peneliti di Pusat Teknologi Lingkungan
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Abstract

In the year of seventeenth where the energy crisis struck the world, the competing person looked for the alternative to energy change the source of conventional energy (petroleum). One of the topics that it was hoped became alternative was BIOGAS from the process of the anaerobic fermentation of organic matter either agricultural or food industrial waste. Several parameters were studied to prove that anaerobic fermentation of the solid organic matter could become the BIOGAS as alternative energy replaced petroleum. Currently these all ideas were remains at the myth completely.

The reality from investigation of the technology degradation process / digestion of the organic matter by making use of this anaerobic fermentation system was only could be used as one of the waste treatment as the solving problem of pollution of the environment, with results of taking the form of BIOGAS that could be made use of as substitution energy for the waste treatment it self. In other words anaerobic fermentation technology of the solid waste was one of the solid waste treatments with minimal energy. Energy that was needed for waste treatment process will be produced from himself to substitute energy that was used from the network of the public (PLN). So as to be hoped energy that usually is taken from the national net (PLN) for the processing of waste could be reduced, and was substituted with energy biogas that was produced by him.

Key words: *biogas, energy alternative*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Istilah plan biogas umumnya dibayangkan sebagai suatu tangki (bejana) untuk menghasilkan biogas (gas methana) melalui pencernaan anaerobik dari limbah pertanian atau limbah organik lainnya seperti kotoran ternak, sisa hasil partanian restoran, limbah pabrik makanan, dan sebagainya. Berbagai nama lain dengan pengertian sejenis telah digunakan

diberbagai negara seperti : “*Bihugas plant*” (Jerman), “*Gobar gas plant*” (India), “*Marsh gas plant*” (China). Istilah ini muncul lebih kurang 200 tahun yang lalu dimana gas timbul dari air yang membanjiri “*Marshland*” yang mudah terbakar. Hal ini mengilhami adanya teori bahwa energi gas ini dapat dihasilkan dari dekomposisi bahan organik dalam cairan tetapi pada lingkungan bebas oksigen.

Pada masa krisis energi periode tahun tujuh-puluhan yang menyebabkan

biaya energi melonjak tak terkendali, timbul usaha-usaha untuk mencari energi alternatif sehingga tidak bergantung pada pengadaan energi dari sumber konvensional yang dapat tersendat. Pengembangan potensi proses biologis dalam mengkonversi pengembangan biomasa menjadi energi melalui IPTEK dari sumber non-konvensional terus berkembang. Biogas sebagai hasil proses fermentasi anaerobik dari limbah pertanian diangkat dalam imajinasi masyarakat dan disebarluaskan sebagai salah satu potensi bahwa plan biogas adalah solusi yang dibutuhkan, tidak hanya menyelesaikan masalah energi sebagai energi alternatif, akan tetapi juga sekaligus dapat menyelesaikan masalah limbah itu sendiri.

Namun demikian, dengan berjalannya waktu, harapan besar yang bertumpu pada pemanfaatan biogas sebagai energi alternatif ini terbentur pada fakta-fakta ilmiah yang bertentangan dengan harapan.

1.2 Maksud dan Tujuan

Penulisan makalah ini dimaksudkan untuk membandingkan berbagai mitos (harapan) tentang pemanfaatan biogas sebagai energi alternatif dengan fakta ilmiah pemanfaatan biogas dalam kehidupan sehari-hari. Adapun tujuan penulisan ini adalah untuk memberikan gambaran yang sesungguhnya kepada masyarakat tentang keterbatasan pemanfaatan biogas, sebagai sumber energi alternatif.

2. PEMBAHASAN

Setelah adanya embargo minyak pada tahun 1973, semua orang berlomba-lomba untuk mencari energi alternatif termasuk fermentasi anaerobik penghasil biogas. Beberapa eksperimen didapatkan bahwa dari limbah padat pertanian dapat dihasilkan biogas dengan kandungan metan 60 – 70% dengan mereduksi waktu retensi proses dari 50 – 60 hari menjadi 25 – 30 hari untuk pengolahan limbah padat, bahkan untuk limbah cair bisa mencapai 3 – 5 hari.

Produksi biogas tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar seperti untuk kompor, lampu, refrigerator, dan lain-lain. Sukses tertinggi yang telah dicapai menunjukkan bahwa biogas dapat menggerakkan motor bensin atau motor disel dan sepenuhnya menggantikan bensin dengan biogas dalam mengerjakan motor bakar tersebut. Dari hasil kajian ini, negara-negara barat telah menyatakan bahwa biogas adalah energi yang dibangkitkan dari proses fermentasi anaerobik bahan padat organik sebagai energi alternatif “pengganti” energi konvensional bahan bakar minyak (BBM).

Namun demikian hasil pengkajian yang telah dilakukan terhadap pembuatan biogas dari gulma air (eceng gondok) maupun pembuatan biogas dari limbah rumah potong hewan (RPH) untuk mengatasi permasalahan lingkungan dengan menggunakan reaktor *Totally Mixed* (volume 25 m³), maupun *Fixed Bed* (volume dari 2 ~ 900 m³), diketahui bahwa harapan-harapan yang disebutkan di atas tidaklah sesuai dengan harapan, sebagaimana yang diungkapkan pada awal terjadinya krisis energi tersebut.

Fakta-fakta ilmiah yang telah terungkap tersebut memberikan gambaran bahwa biogas sebagai energi alternatif hanya merupakan sebuah “MITOS” yang sangat berbeda dengan harapan sebelumnya.

2.1 Mitos Biogas sebagai Energi Alternatif

a. Mitos Biogas Plan sebagai obat mujarab

Di Indonesia pada umumnya ladang peternakan tidak sebesar yang dapat ditemui di luar negeri. Petani biasanya hanya memiliki beberapa ekor (4-5 ekor). Letak antar pemilik saling berjauhan sehingga pengelolaan limbah peternakan akan membutuhkan waktu dan tenaga. Hal

ini mempersulit penanganan limbah menuju lokasi pengolahan terpusatnya. Bahkan diperkirakan hanya ada satu atau dua pengusaha saja yang memiliki peternakan besar (lebih dari 100 ekor). Diketahui pula bahwa tidak semua RPH memotong hewan besar hingga di atas 300 ekor setiap hari.

Salah satu RPH terbesar di Indonesia adalah (RPH Cakung – Jakarta Timur), mempunyai kandang penyimpanan ternak sebelum dipotong mencapai 1500 ekor/hari dan kemampuan memotong ternak setiap hari 800 – 1000 ekor/hari. Dari hasil pengamatan penulis terhadap siklus penyimpanan dan pemotongan hewan dihasilkan limbah sebagaimana dapat dilihat dalam Tabel-1.

Tabel -1. Rata-rata Produksi Limbah RPH Cakung

Jenis	Jumlah (kg/ekor/hr)	Rata2
Sisa pakan	3.1 - 6.2	5.2
Kotoran sapi	2.9 - 3.5	4.3
Pakan plus kotoran	5.3 - 10.7	7.5
Isi rumen	30.0 - 40.0	32.5

Sumber : Hasil pengamatan Djoko Padmono ⁽¹⁾.

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa energi listrik yang dihasilkan dari pengolahan isi rumen dari limbah RPH Cakung sebesar 250 kWh setiap hari. Bila diasumsikan, dibutuhkan 20 reaktor sejenis untuk mengolah seluruh isi rumen membutuhkan energi total mencapai lebih dari 5000 kWh setiap hari, berarti masih dibutuhkan energi tambahan dari jaringan PLN untuk menggerakkan sistem pengolahan limbah ini.

Dengan kata lain, biogas atau metoda pengolahan fermentasi anaerobik dari bahan organik padat, tidak akan dapat menjadi obat mujarab. Energi yang dihasilkan dari pengolahan limbah padat pertanian belum dapat memenuhi seluruh kebutuhan energi pengolahannya. Selain itu dibutuhkan

tenaga yang terampil untuk melaksanakan pengelolaan tersebut. Energi yang dibutuhkan harus dikaji tidak hanya dalam jumlah, tetapi juga pada variasi penggunaan energi. Kondisi terbaik yang bisa dilakukan bila diketahui kebutuhan energi berkesinambungan sehingga plan dioperasikan dengan fasilitas penampung gas (*gas-holder*).

Tabel-2. Pemakaian daya pada *Anaerobic Totally Mixed Reactor 25*

Alat	Daya (Watt)	Waktu (Jam)	Periode (Kali)	Daya (KWh)
Conveyor	5	1	1	5
Pompa dll	10	0,5	12	60
TOTAL DAYA				65

Dapat dikatakan pula bahwa pemanfaatan teknologi “Fermentasi Anaerobik” adalah suatu upaya penanganan limbah padat organik dengan kebutuhan energi minimal dari substitusi energi hasil konversi biogas menjadi listrik sebagai hasil samping pengolahan limbah tersebut.

b. Mitos Fermentasi Anaerobik dapat mereduksi volume limbah padat

Proses degradasi anaerobik adalah proses pencernaan bahan organik oleh bakteri anaerobik menjadi biogas. Bahan yang dicerna oleh bakteri anaerobik adalah bahan organik yang mudah didegradasi (*degradable organic*), biasanya dinyatakan dalam BOD, COD terlarut atau TVS. Besaran ini hanya mencapai 80 – 90 % dari total padatan tersuspensi (TSS) seperti terlihat dalam Tabel-4.

Terlihat disini bahwa bahan organik yang dapat dicerna oleh bakteri anaerobik hanya sebesar 9.6 - 12 % dari seluruh masa limbah padat RPH. Berarti masih lebih dari 80 % masa limbah padat tetap berupa limbah padat.

Hanya bahan organik yang mudah didegradasi (*degradable organic substance*)

Tabel-3. Pengamatan Pilot Plant *Anaerobic Totally Mixed Reactor* 25 m³.

Item	Keterangan
Reaktor	Totally Mixed
Volume	25 m ³
Bahan baku umpan	Isi rumen
Laju pembebanan	1 ton/hari
Produksi Biogas	25 m ³
Kandungan metana	60 %
Energi spesifik	10 kWh / Nm ³
Efisiensi listrik	20 %
Pemakaian energi	65 kWh

Sumber : Hasil pengamatan Djoko Padmono ⁽¹⁾.

dari padatan yang akan direduksi menjadi biogas. Sedangkan kandungan bahan organik berada dalam batas antara 10 - 12 % dari seluruh limbah padat sehingga reduksi bahan organik rata 80 % dari bahan yang mudah didegradasi (lebih kurang 8 - 9.6 % dari seluruh padatan) tidak mempunyai pengaruh berarti dari seluruh volume limbah padat. Keuntungan yang dapat diambil dari reduksi melalui stabilisasi bahan organik secara biologis adalah terjadinya reduksi potensi pencemaran dari beberapa bakteri patogen yang terbawa dalam isi rumen akan lenyap. Sehingga, hal tersebut dapat diambil manfaat dari proses pencernaan anaerobik terutama jika waktu detensi proses lebih lama.

Tabel-4. Daftar TSS dan TVS yang terkandung dalam limbah padat

Item	TSS (%)	TVS(%TSS)
Kotoran sapi	12	80
Isi rumen	12	85
Kotoran ayam	15	80

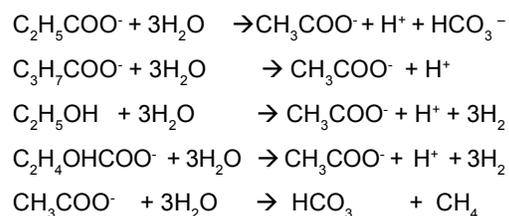
c. Mitos Produksi BIOGAS akan menghilangkan nutrisi

Pada kenyataannya bahwa proses pencernaan anaerobik justru dapat mempertinggi nilai suatu limbah sebagai

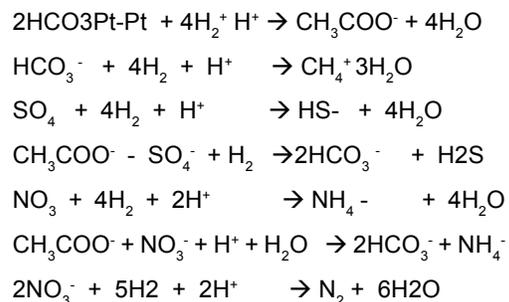
penumbuh nutrisi. BIOGAS hanyalah gabungan dari hidrogen dan karbon. Oleh sebab itu, seluruh nitrogen, phosphorus, potasium dan mineral lain tetap tinggal di dalam limbah. Secara rinci, Taigenides⁽⁵⁾ menggambarkan proses pencernaan anaerobik dalam bentuk skematik lajur utama seperti terlihat dalam Gambar-1.

Dalam skematik yang digambarkan, proses berlangsung pada konversi komponen molekul C, H, dan O kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana hingga akhirnya terbentuk CH₄ dan CO₂ dalam bentuk gas yang akan meninggalkan proses, sedangkan unsur lain tetap tertinggal seperti ditunjukkan dalam redoks degradasi bahan organik dalam proses anaerobik biogas reaksi berikut ⁽³⁾:

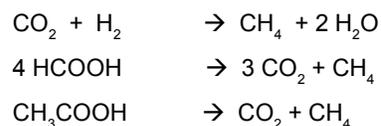
Reaksi oksidasi :

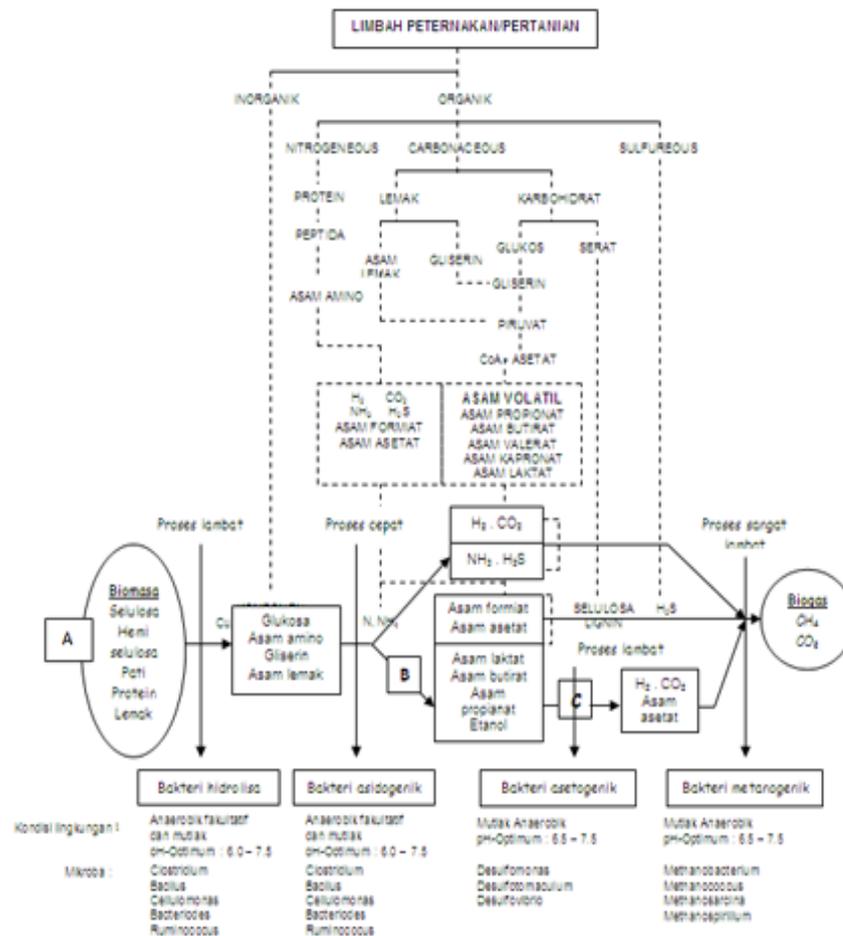


Reaksi reduksi :

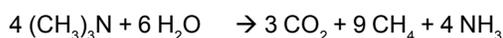
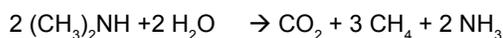
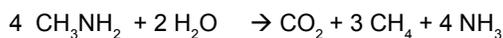
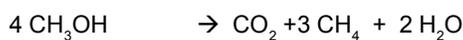


Lebih lanjut, sebagaimana diuraikan oleh Stephan Harper (1987)⁽³⁾ pembentukan metana pada fasa metanogenik adalah sebagai berikut :





Gambar -1. Skematik Lajur Utama Proses Pencernaan Anaerobik ⁽⁵⁾



Lagi pula, karena terjadi mineralisasi, nilai fertilasi (pupuk) dari ampas padat lebih baik dari limbah awal. Produk akhir dari suatu proses pencernaan limbah padat, selain biogas juga dihasilkan ampas padat yang tidak berbau, berstruktur baik dan mudah mengalir⁽⁴⁾. Hal terakhir ini baik untuk diekspos sebagai pilihan pembuatan kompos dari limbah padat RPH

d. Mitos Biogas adalah proses fermentasi sederhana oleh bakteri Methana

Proses pencernaan anaerobik adalah deretan reaksi yang sangat kompleks dari campuran kultur bakteri yang cukup lebar⁽³⁾. Terdapat tiga kelompok bakteri penting dalam proses ini. *Kelompok pertama*, melikuidasi dan mengkonversi bahan organik molekul panjang menjadi organik berantai pendek; *kelompok kedua*, merubah organik rantai pendek menjadi asam lemak untuk kemudian diubah menjadi asetat, sedang *kelompok ketiga* melakukan konversi asetat tersebut menjadi methana (Gambar-2).

Ketiga kelompok tersebut banyak ditemukan di alam bebas, terutama pada kotoran sapi, sehingga kultur murni tidak dibutuhkan untuk memulainya proses.

Dalam proses fermentasi anaerobik ini yang diperlukan adalah pengelolaan yang wajar terhadap lingkungan hidup, bagi kelompok bakteri tersebut seperti temperatur, keasaman, lingkungan bebas oksigen, pencatutan yang memadai, serta waktu tinggal hidraulik yang sesuai. Sekali kondisi pertumbuhan tercapai, bakteri akan dapat diaktifkan sangat cepat dan dapat dijaga hingga waktu yang tidak terbatas selama kondisi lingkungan hidup setiap kelompok bakteri terjaga baik. Perubahan mendadak pada faktor lingkungan hidup dapat menghasilkan gangguan hebat pada proses dan dapat mematikan proses pencernaan, misalnya produksi asam mengingkat tajam yang akan merupakan inhibisi bagi proses metanogenik.

Bila hal ini terjadi, dibutuhkan beberapa minggu bahkan bulan untuk menjalankan lagi proses pencernaan yang stabil. Hal ini mengapa dibutuhkan pengelola yang terampil walaupun untuk digester sekecil apapun.

e. Mitos Biogas sebagai Energi Alternatif

Proses pencernaan bahan organik adalah hanya merupakan suatu konversi dari bahan yang tidak dapat diterima oleh lingkungan (limbah) menjadi bahan yang tidak mengganggu lingkungan dan bukan suatu investasi ekonomi. Energi dan nutrisi pada proses fermentasi anaerobik, dikonversi dari suatu limbah, oleh sebab itu, adalah tidak memungkinkan proses pencernaan bahan organik ini diharapkan untuk menjadi proses penghasil sumber daya utama.

Sebagaimana dijelaskan di muka, proses anaerobik biogas adalah konversi molekul-molekul C, H, O menjadi gas

metana dan karbon dioksida yang hanya merupakan bagian kecil dari padatan terkandung dalam limbah, berarti sukar diharapkan bahwa proses ini bisa menjadi suatu proses penghasil energi utama.

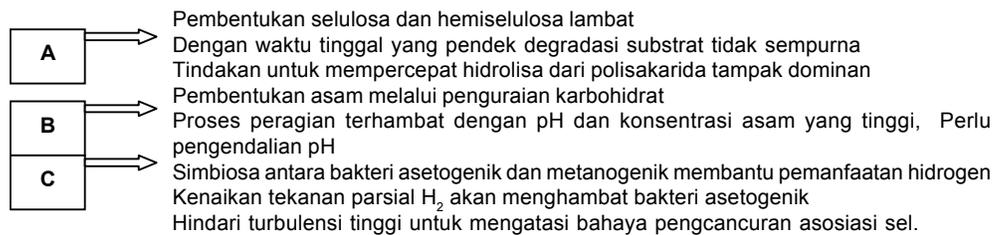
Sedangkan nutrisi yang dihasilkan menjadi lebih berarti dengan terbuangnya molekul C, H, O sebagai gas metana dan karbon dioksida, yang selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai pupuk alam.

Oleh sebab itu, kurang tepat bila dikatakan bahwa biogas sebagai suatu alternatif energi pengganti energi konvensional (BBM). Karena pada kenyataannya biogas yang dihasilkan dari proses pencernaan anaerobik hanya dapat mensubstitusikan energi yang dibutuhkan untuk proses pengolahan limbah itu sendiri. Bila sekiranya masih ada kelebihan energi baru dapat dimanfaatkan oleh industri penghasil limbah untuk keperluan dalam industri itu.

2.2 Fakta Biogas dari Hasil Kajian Ilmiah

a. Biogas plan bukan sebagai obat mujarab (*Panacea*)

Biogas adalah suatu proses fermentasi anaerobik yang didasarkan pada berapa bahan organik yang dapat didegradasi. Untuk dapat memenuhi jumlah biogas yang diharapkan harus dipenuhi jumlah sumber penghasil bahan organik yang memadai. Limbah padat organik pada kenyataannya (dapat dilihat dari perbandingan organik total dengan organik terlarut) memiliki sangat sedikit bahan organik yang mudah didegradasi (8 % dari total padatan). Dari umpan reaktor 1 (satu) ton setiap hari hanya dihasilkan 100 kwh, untuk reaktor 25 m³. Untuk dapat mengolah seluruh limbah padat dibutuhkan 20 reaktor sejenis. Sedangkan energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan reaktor tersebut banyak membutuhkan energi listrik (+ 65



Gambar -2. Konversi biomasa menjadi Biogas ³⁾

kwh) untuk pengadukan agar reaktor selalu dalam kondisi homogen.

Selain itu untuk dapat memiliki jumlah limbah padat sebanyak itu hanya dapat dibangun di tempat peternakan sapi terkonsentrasi seperti peternakan sapi perah atau rumah pemotongan hewan. Sedangkan untuk ternak yang tersebar bebas disuatu kabupaten atau kota adalah sulit untuk dapat mengumpulkan limbah padatnya.

Oleh sebab itu, Biogas, atau metoda pengolahan fermentasi anaerobik dari bahan organik padat, tidak akan dapat menjadi obat mujarab karena ketidak terbatasan variabel dan perbedaan kebutuhan antara ladang peternakan dan lokasi pengolahan limbah. Energi yang dihasilkan dari pengolahan limbah padat pertanian belum dapat memenuhi seluruh kebutuhan energi pengolahannya.

b. Fermentasi anaerobik tidak dapat mereduksi volume limbah padat

Biogas adalah suatu produk yang dihasilkan dari adanya proses fermentasi anaerobik dari bahan organik terlarut. Bahan organik yang akan diubah menjadi biogas adalah organik yang mudah didegradasi atau dalam pengukuran parameter adalah berdasarkan COD terlarut dibandingkan COD total atau parameter TVS dibandingkan TSS. Limbah padat hanya memiliki TVS berkisar 10 - 12 % masa total bahan seperti terlihat dalam Tabel 4. Proses degradasi anaerobik optimum hanya 80 % dari bahan organik terlarut yang dicatukan. Berarti 90

% bahan tersebut tetap berupa bahan organik yang sukar didegradasi. Dengan kata lain, 90 % bahan yang dimasukkan reaktor akan keluar kembali.

c. Produksi Biogas tidak menghilangkan nutrien

Kenyataan yang terjadi dalam proses fermentasi anaerobik dari limbah padat adalah kebalikan dari pernyataan ini. Proses yang terjadi lebih didominasi oleh reaksi unsur C, H dan O membentuk CH₄ dan CO₂ seperti terlihat dalam reaksi redoks diatas. Sehingga hasil proses pembentukan Biogas justru menyisakan nutrien-nutrien dalam padatan yang keluar dari reaktor dan memiliki nilai yang baik sebagai bahan pupuk alam atau kompos.

d. Biogas bukan proses fermentasi sederhana oleh bakteri Methana

Banyak peneliti sepakat bahwa pembangkitan biogas adalah proses yang sangat kompleks dan rumit. Bakteri yang ikut andil dalam proses fermentasi anaerobik juga diakui oleh para peneliti tidak sedikit yang belum diketahui. Dalam reaksi redoks diatas, maupun gambaran proses seperti dalam Gambar-2. barulah sebagian kecil yang diduga oleh para peneliti, dan masih banyak yang belum ditemukan.

e. Biogas bukan sebagai energi alternatif pengganti BBM

Pada awalnya pengkajian pembangkit biogas adalah untuk dapat menggantikan

(alternatif) bahan bakar minyak (BBM) sebagai akibat terjadinya krisis energi di tahun 1980-an. Dari hasil pengamatan disini terlihat bahwa untuk menghasilkan 100 kWh/hari, harus mengoperasikan suatu reaktor anaerobik limbah padat dengan volume 25 m³ dengan umpan 1 ton perhari. Sedangkan energi yang dibutuhkan untuk menghomogenkan bahan dalam reaktor dibutuhkan energi sebesar 65 kWh. Sehingga dapat dikatakan bahwa pembangkit biogas dari limbah padat bukan pilihan sebagai energi alternatif. Konsep ini diubah menjadi teknologi pengolahan limbah organik agar mengurangi pencemaran lingkungan dengan energi seminimal mungkin, dengan dimanfaatkannya biogas sebagai bahan bakar pembangkit listrik.

3. KESIMPULAN DAN SARAN

3.1 Kesimpulan

Dari penjabaran Biogas yang pernah muncul diseluruh dunia pada tahun delapan-puluhan, dapat dinyatakan bahwa proses pencernaan anaerobik biogas atau biogas plant membutuhkan kemampuan dan ketrampilan yang tinggi dalam pengelolaan, perawatan bakteri dan perancangan dari sistem pengolah limbahnya. Kenyataan yang harus dihadapi dalam penanganan anaerobik biogas adalah sebagai berikut:

- 1). Biogas yang terbentuk dari limbah padat hanya dihasilkan kurang dari 12 % total padatan bahan limbah.
- 2). Keseimbangan antara energi yang dibutuhkan dan yang dihasilkan relatif berimbang sehingga tidak dapat disebut sebagai pembangkit energi alternatif.
- 3). Proses yang terjadi didalam fermentasi bahan organik sangat kompleks dan peka terhadap perubahan kondisi lingkungan hidup bakteri (temperatur dan derajat keasaman), sehingga membutuhkan keterampilan dan kemampuan yang tinggi dalam pengelolaannya.

Maka pernyataan bahwa proses fermentasi anaerobik penghasil biogas dari limbah padat adalah suatu sistem pembangkit energi yang dapat digunakan sebagai pembangkit energi alternatif menggantikan BBM, tidak dapat lagi dipertanggung-jawabkan. Kenyataan ini, yang harus diterima bahwa sistem pencernaan anaerobik adalah hanya merupakan suatu proses penanganan limbah organik untuk menurunkan kadar pencemar (limbah) sehingga dapat diterima oleh lingkungan, dimana proses tersebut menghasilkan produk sampingan biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai energi penggerak mesin pembangkit listrik untuk digunakan sebagai energi substitusi dalam mengoperasikan sistem pengolah limbah, mengurangi pemakaian listrik dari PLN bagi unit industri penghasil limbah organik tersebut.

3.2 Saran

Teknologi penanganan limbah padat dan cair organik dengan menggunakan fermentasi anaerobik hanya akan bermanfaat bila pengelolaannya dilakukan ditempat dengan sumber limbah yang terpusat dan tidak berpecah.

Untuk selanjutnya lebih baik bila pengolahan bahan organik dengan teknologi fermentasi anaerobik hanya limbah cair saja, sedangkan limbah padat (setelah diekstraksi cairannya) diolah langsung dengan teknologi fermentasi aerobik pengomposan. Dengan cara demikian untuk mereka yang memiliki ternak lebih dari 3 (tiga) ekor sapi/kerbau sudah dapat memanfaatkan teknologi ini untuk mendapatkan biogas sebagai bahan bakar memasak dan kompos dari padatnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Padmono, D.1993. *Rancangan dan studi kelayakan sistem skala penuh – Penanganan limbah (padat dan cair)*

- RPH Cakung Jakarta Timur*, Jakarta . tidak dipublikasi.
5. Taigenides. 1979. *Biogas – Energy Recovery from Animal Waste*, UNPD/FAO, Singapore
 3. Harfer Stephen, R.1987. *Two Phase Anaerobic Digestion*, Process Biochemistry.
 4. Schuchardt. 1990. *Studie ueber moeglich-keiten der Kompostierung von Schlachthoftabfaelen in Jakarta*, Indonesien, Institut fuer Technologie, Braunschweig, 1990.