

ANALISIS PEMBUATAN BIOGAS HASIL DIVERSIFIKASI BIOENERGI DAN *RENEWABLE ENERGY* SEBAGAI SALAH SATU SOLUSI ALTERNATIF PENCEGAHAN PENCEMARAN LOGAM BERAT PADA TANAH

Roosganda Elizabeth¹⁾ dan S. Rusdiana²⁾

¹⁾*Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian
Jalan A Yani No.70. Bogor.*

²⁾*Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan
Jl. Raya Pajajaran Kav.E-59. Bogor.*

ABSTRAK

Kotoran ternak ruminansia sebagai salah satu energi alternatif memiliki prospek cukup cerah yang diperoleh melalui fermentasi kotoran ternak menjadi biogas. Biogas sebagai bioenergi ini mempunyai beberapa keuntungan potensial bila dibandingkan dengan energi nuklir maupun energi batu bara, karena disamping berpolusi rendah juga meningkatkan sanitasi dan menjaga kebersihan lingkungan. Dengan teknologi biogas, kandungan zat-zat alami dalam kotoran ternak dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi alternatif untuk memasak, lampu penerangan, dan lainnya yang membutuhkan energi, disamping untuk meningkatkan sanitasi lingkungan. Pemanfaatan limbah kotoran ternak menjadi sumber bahan baku biogas, diharapkan dapat menjadi salah satu solusi alternatif pencegahan pencemaran logam berat pada tanah. Perlunya pengembangan beberapa aspek terkait, seperti: penanganan bahan dasar, manajemen proses, dan pemilihan jenis mikroorganisme yang ikut aktif dalam proses pembentukan biogas, pemahaman mengenai variabel-variabel yang mempengaruhi proses pembentukan biogas, komposisi gas, dan cara penanganan gasnya secara aman, dan penyusunan strategi pemasyarakatan sistem biogas, khususnya di daerah pedesaan. Biogas dapat digunakan sebagai bahan pengganti energi dari fosil (bahan bakar minyak dan gas alam). Teknologi biogas merupakan pilihan yang tepat untuk mengubah limbah peternakan untuk menghasilkan energi dan pupuk sehingga diperoleh keuntungan ganda (multi margin) baik secara sosial ekonomi maupun dari segi kelestarian lingkungan.

Kata Kunci : analisis, biogas, bioenergi, kotoran ternak, efisiensi biaya bahan bakar.

PENDAHULUAN

Salah satu energi alternatif yang memiliki prospek cukup cerah ini dapat diperoleh melalui fermentasi kotoran ternak menjadi biogas. Energi biogas mempunyai beberapa keuntungan lainnya bila dibandingkan dengan energi nuklir maupun energi batubara, disamping berpolusi rendah juga meningkatkan sanitasi dan menjaga kebersihan lingkungan. Pemanfaatan kotoran ternak sebagai pupuk sudah lama dikenal, namun pemanfaatan kotoran ternak ini sebagai sumber energi masih merupakan hal yang baru dan belum begitu memasyarakat (Danu, 2007). Beberapa peneliti ahli di bidang pertanian dan sumberdaya energi menyatakan bahwa kotoran ternak dapat di manfaatkan sebagai sumber bahan biogas untuk rumah tangga di pedesaan (Sartono, 2007)

Sejak terjadinya krisis energi pada tahun 1973, masalah energi merupakan masalah yang sangat banyak dikaji di dunia. Setiap ada krisis minyak, harga minyak terus naik dan pengadaan maupun ketersediaannya menjadi kurang terjamin (Danu. 2007). Oleh karena itu, banyak negara mencoba melepaskan diri dari ketergantungan pada bahan bakar minyak dan gas bumi dengan mengadakan kebijaksanaan diversifikasi energi. Dengan diversifikasi untuk memperoleh energi dari sumber-sumber energi lain dapat dianggap sebagai energi pengganti minyak dan gas bumi, disebut sebagai energi alternatif bahan pengganti minyak bumi yaitu pembuatan biogas dari limbah sampah yang terbuang. (Sembiring, *et al.* 1984).

Bahan bakar minyak dan gas akhir-akhir ini menjadi topik yang santer dibahas di berbagai kesempatan dan di seluruh negara, dikarenakan sumbernya semakin berkurang serta semakin terbatas, sementara itu semakin meningkatnya kebutuhan dan lonjakan harga jualnya. Sebagai konsekuensinya adalah menjadi suatu keharusan untuk mencari sumber energi lain dan salah satu alternatifnya yaitu memanfaatkan *renewable energy* atau energi yang dapat di perbaharui dan digunakan untuk menggantikan bahan bakar minyak atau gas alam (*fossil fules*) (Tuti 2006). Pada masa krisis energi

minyak sekarang ini, di beberapa negara telah melakukan program pengembangan teknologi *renewable energy* guna menurunkan ketergantungan pada impor bahan bakar minyak.

Biogas merupakan sumber *renewable energy* yang mampu menyumbangkan andil dalam usaha memenuhi kebutuhan bahan bakar. Bahan baku sumber energi yang merupakan bahan *non-fosil*, umumnya adalah limbah atau kotoran ternak yang produksinya tergantung dari ketersediaan ternak dan pakan hijauan ternak (rumput). Rumput akan selalu tersedia, karena dapat tumbuh kembali setiap saat selama dipelihara dengan baik dan dapat tumbuh di berbagai lahan. Sebagai pembanding gas alam yang tidak diperhitungkan sebagai *renewal energy*, gas alam berasal dari fosil yang pembentukannya memerlukan waktu jutaan tahun, sedangkan biogas yang terbuat dari kotoran ternak sapi potong tidak memerlukan waktu yang terlalu lama.

Dengan teknologi biogas, kandungan zat-zat alami yang terdapat pada kotoran ternak dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi yang semakin meningkat. Biogas dapat dimanfaatkan untuk memasak, lampu penerangan, maupun keperluan lain yang membutuhkan energi. Sebagai energi alternatif, biogas dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi disamping untuk meningkatkan sanitasi lingkungan juga dapat di gunakan untuk kebutuhan ekonomi rumah tangga di perdesaan. Berdasarkan uraian di atas, tulisan ini bertujuan mengemukakan potensi kotoran ternak sebagai sumber bahan biogas alternatif dan salah satu solusi alternatif pencegahan pencemaran logam berat pada tanah pertanian di rumah tangga perdesaan.

Proses Pembentukan Biogas

Biogas biasa disebut sebagai gas rawa, gas lumpur, atau gas gobar (Anonimus, 1980). Biogas merupakan campuran gas yang dihasilkan dari proses perombakan kotoran ternak sebagai bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen atau proses anaerob. Proses terbentuknya biogas terjadi selama berlangsungnya proses fermentasi bahan-bahan organik tersebut. Pada proses fermentasi ini terdiri atas campuran gas-gas sebagai berikut: metana atau CH_4 (54-70 %), karbon dioksida atau CO_2 (27-43 %), karbon monoksida atau CO (0,1%), hidrogen atau H_2 (1-10 %), nitrogen atau N_2 (1-5 %), dan gas-gas lain seperti H_2S dalam jumlah yang sangat kecil (Sasse, 1992). Pembentukan gas metana melalui proses metanogenesis dalam sistem pencemaran rumen dalam fermentasinya merupakan akhir dari jalur fermentasi makromolekul kimia (Fonty, 1995) (Tabel.1).

Selama berlangsungnya proses fermentasi untuk memproduksi gas metan, mikroorganisme yang berperan di sini memerlukan nutrisi, seperti: karbohidrat, lemak, protein, fosfor, dan unsur-unsur mikro. Nutrisi tersebut diuraikan melalui siklus biokimia yang menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan hasil akhir pencernaan (digester) anaerobik berupa gas metan. Bila ketersediaan unsur-unsur tersebut tidak mencukupi, maka produksi enzim untuk menguraikan molekul karbon kompleks oleh mikroorganisme akan terhambat (Padmowijoto, *et al.* 1985). Untuk itu ketersediaan unsur-unsur tersebut secara seimbang sangat penting untuk memproduksi gas metan secara optimal (Hadi, 1984; dan Basuki, P., 1985).

Untuk pertumbuhan mikroorganisme yang optimum, biasanya diperlukan perbandingan C:N:P adalah 100: 2,5:0,5. Selain ketersediaan unsur-unsur sebagaimana diuraikan di atas, terdapat beberapa senyawa atau bahan-bahan yang dapat menghambat proses penguraian dalam suatu unit biogas. Hal ini perlu diperhatikan pada waktu mempersiapkan bahan baku supaya produksi biogas dapat berjalan dengan lancar dan hasilnya optimum. Faktor-faktor tersebut adalah:

Antibiotik dan Desinfektan

Menurut Daru (2007), pada umumnya mikroorganisme pada pencernaan (digester) anaerob dalam pembentukan biogas tersebut bersifat toleran terhadap zat-zat antibiotik. Pemberian zat-zat antibiotik ini dimaksudkan untuk menekan adanya pertumbuhan mikroorganisme patogen, khususnya pada pencernaan mesofilik, dimana temperatur pencernaan berkisar antara 36 C yang merupakan kondisi yang ideal untuk pertumbuhan mikroorganisme patogen. Pengaruh desinfektan terhadap proses pembentukan biogas ini akan jelas terlihat apabila kadarnya cukup tinggi. Hal tersebut biasa terjadi di suatu peternakan, dimana cara pembersihan kandangnya dilakukan dengan menggunakan desinfektan dan limbahnya dialirkan ke dalam bak pencernaan.

Tabel 1. Karakteristik Mikroorganisme Dalam Fermentasi Bahan Organik

No.	Kelompok Mikroorganisme	Mikroorganisme	Nutrisi
1.	Hidrolitik	<i>Clostridium thermocellum</i>	Heterotroph
2.	H ₂ Producing Acetogen	S-isolate	Heterotroph
3.	Homoacetogen	<i>Acetobacter woodi</i>	Micotroph
4.	Methanogen	1. <i>Methanobacter</i> 2. <i>Methanosarcina</i>	Thermoautotropicum barkeri

Sumber : Daru 2007

Logam Berat

Beberapa jenis logam berat terutama dalam bentuk ion logam berat bebas dapat menghambat proses fermentasi anaerobik. Logam-logam berat tersebut adalah: Cadmium (Cd), Copper (Cu), dan Chromium (Cr). Disamping itu masih terdapat beberapa logam berat lainnya yang dalam kadar dan kondisi tertentu (melebihi persyaratan) dapat menghambat proses pencernaan anaerobik dalam unit biogas (Teguh, *et al.*, 2009). Keunggulan Biogas lainnya adalah merupakan bahan bakar yang tidak menghasilkan asap dan sebagai pengganti bahan bakar minyak atau gas alam yang dihasilkan oleh suatu proses yang disebut pencernaan anaerob. Pencernaan anaerob merupakan gas campuran metan (CH₄) karbon dioksida (CO₂) dan sejumlah kecil nitrogen ammonia sulfur dioksida hidrogen sulfida dan hydrogen. Secara alami gas ini terbentuk pada limbah pembuangan air, tumpukan sampah, dasar danau atau rawa, kotoran manusia, kotoran ternak, serta bakteri dalam sistem pencernaan menghasilkan biogas untuk proses mencerna selulosa. (Kamaruddin, 2008; dan Daru, 2007)

Proses pencernaan anaerob yang merupakan dasar dan reaktor biogas yang diproses pemecahan bahan organik oleh aktivitas bakteri metanogenetik pada kondisi tanpa udara (Thalib, 2008). Secara alami berada pada limbah yang mengandung bahan organik, seperti kotoran binatang, manusia, dan sampah organik rumah tangga. Proses anaerob dapat berlangsung dibawah kondisi lingkungan yang luas meskipun kondisi yang terbatas.

PUPUK DARI SLUDGE HASIL IKUTAN BIOGAS: SOLUSI ALTERNATIF PENCEGAHAN PENCEMARAN LOGAM BERAT PADA TANAH

Selain kandungan zat berbahaya yang umum terdapat dalam antibiotik dan desinfektan, pencemaran logam berat yang diprediksi sebagai dampak ikutan dalam aktivitas pemupukan anorganik patut dicermati sedini mungkin. Pencemaran tanah pertanian oleh logam berat produk pertanian pangan mengandung logam berat yang melebihi persyaratan menimbulkan resiko tinggi bagi kesehatan konsumen. Pencemaran logam berat terkait dengan pelaksanaan pengembangan pertanian intensif (disamping industrialisasi dan urbanisasi), sehingga lambat laun lahan pertanian terkontaminasi oleh logam berat dan polutan pengaplikasian (penetrasi) zat anorganik. Pemanfaatan limbah kotoran ternak menjadi sumber bahan baku biogas, diharapkan dapat menjadi salah satu solusi alternatif pencegahan pencemaran logam berat pada tanah pertanian.

Daru (2007) mengemukakan bahwa selain dihasilkan biogas, juga dihasilkan sludge dan effluent. Kemungkinan pemanfaatan bahan-bahan ini masih terbuka luas, dimana sludge dari sistem biogas dapat dimanfaatkan sebagai pupuk (bio fertilizer). Dari hasil penelitian diperoleh bahwa dalam sludge ini ditemukan vitamin B₁₂ yang cukup banyak, mencapai 3.000 mikro gram vitamin B₁₂ per kg sludge kering. Sebagai perbandingan, tepung ikan dalam ransum makanan ternak hanya mengandung 200 mikro gram per kg dan tepung tulang sekitar 100 mikro gram per kg. Kenyataan ini membuktikan terbukanya peluang untuk pemanfaatan sludge dalam sistem biogas menjadi makanan ternak. (Wibowo, *et al.* 1985; dalam: Daru 2007).

Fermentasi Kotoran Ternak Secara Anaerob

Dari hasil fermentasi anaerob kotoran ternak, dihasilkan gas yang mengandung gas metan³ antara 65 - 70 %, dengan nilai kalori berkisar 590 - 700 K.cal/m³. Nilai kalori biogas terutama berasal dari gas metan dan sedikit dari H₂ dan CO, sedangkan gas CO₂ dan N₂ tidak memberikan nilai kalori.

Dibandingkan dengan beberapa sumber energi lainnya seperti coalgas dan watargas, biogas memiliki keunggulan dalam tingkat nilai kalorinya. Lebih lanjut, setiap m³ biogas setara dengan 0,5 kg gas alam cair (liquid petroleum gases), 0,54 liter bensin, 0,52 liter minyak diesel, dan dapat membangkitkan tenaga listrik sebesar 1,25 - 1,50 kilo watt hour (kwh) (Tabel.2).

Biogas dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan, seperti: (i) sebagai bahan bakar untuk keperluan memasak, pengeringan, penerangan, atau pekerjaan-pekerjaan lain yang memerlukan pemanasan (pekerjaan pengelasan, misalnya). Untuk keperluan tersebut dibutuhkan peralatan yang didisain sedemikian rupa sehingga efisiensi pembakarannya tinggi. Pembuatan peralatan ini maupun modifikasi alat-alat sejenis yang sudah ada, dapat dikerjakan oleh bengkel-bengkel pada umumnya; (ii) Sebagai bahan bakar untuk menggerakkan motor (terutama motor stationer). Untuk keperluan ini biogas sebelumnya harus dibersihkan dari kemungkinan adanya gas H₂S yang dapat menyebabkan korosi. Hal ini dapat dilakukan dengan cara melewatkan biogas pada ferri oksida untuk mengikat H₂S dan ferri oksida yang telah mengikat H₂S dapat diperbaharui dengan pemanasan di udara terbuka.

Tabel 2. Perbandingan Kandungan, Nilai Kalori Biogas dan Gas dari Sumber Energi Lainnya.

No.	Kandungan (%) dan Nilai Kalori	Gas Alam	Biogas	Coalgas	Watargas
1.	Metan	97,0	54,7	31,6	0,7
2.	Karbon Dioksida	0,8	27,4	1,8	3,5
3.	Karbon Monoksida	-	0,1	6,3	43,5
4.	Hidrogen	-	1,1	53,0	47,3
5.	Nitrogen	2,1	1,5	3,4	4,4
6.	Oksigen	-	0,7	0,2	0,6
7.	Nilai Kalori (Kcal/m ³)	967	590-700	586	302

Sumber : Daru 2007.

Bila biogas digunakan sebagai bahan bakar motor, maka diperlukan sedikit modifikasi pada sistem karburatornya. Hasil kerja motor dengan bahan bakar biogas ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, seperti pembangkit tenaga listrik, pompa air dan sebagainya. Dengan demikian multi fungsi sistem biogas diantaranya: (a) sebagai sumber bahan bakar yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan; (b) sebagai sarana penanganan limbah untuk mengatasi masalah pencemaran, sehingga dapat membantu terciptanya lingkungan yang sehat/sanitasi lingkungan; (c) menghasilkan pupuk dari sludge yang dihasilkan; dan (d) menghasilkan makanan ternak dari residu yang dihasilkan dalam sistem biogas.

Senyawa-senyawa tersebut secara alami berada pada limbah yang mengandung bahan organik, seperti kotoran binatang, manusia, dan sampah organik rumah tangga. Proses anaerob dapat berlangsung di bawah kondisi lingkungan yang luas, meskipun juga pada kondisi yang terbatas, seperti yang dikemukakan pada Tabel 3.

Tabel. 3: Kondisi Pengoperasian Pada Proses Pencemaraan Anaerobik

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

Sumber : Engler, *et al* di perbaharui oleh Tuti 2006.

Komposisi gas dalam biogas yang dihasilkan tergantung jenis bahan baku yang dipakai sebagai contoh biogas dari limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif, seperti yang dikemukakan dalam Tabel 4.

Tabel 4: Komposisi gas (%) Dalam Biogas 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	9,5-3,0
Karbonmonoksida	0,0	0,1
Oksigen (O ₂)	0,1	6,0
Propane (C ₂ H ₈)	0,7	-
Hydrogen Sulfida (H ₂ S)	Tidak terukur	Sedikit sekali
Nilai kalor (kkn 1/m ²)	6513	400-6700

Sumber: Harahap, *et al.*, 1978

Hijauan seperti jerami padi atau gergaji mengandung persentase karbon yang lebih tinggi dan bahan dapat dicampur untuk mendapatkan C/N yang diinginkan. C/N dan beberapa bahan-bahan yang dijanjikan biogas dan yang umum dapat di gunakan sebagai bahan baku biogas dapat disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rasio Karbon Dan Nitrogen (C/N) dari Beberapa Bahan Serta Potensi Produksi Gas Dari Berbagai Jenis Kotoran.

Bahan baku	Rasio C/N	Jenis Kotoran	Produksi gas per kg (m2)
Kotoran bebek	8		
Kotoran manusia	8	Manusia	0,020-0,028
Kotoran ayam	10		
Kotoran kambing	12		
Kotoran babi	18	Babi	0,040-0,059
Kotoran domba	19		
Kotoran sapi/kerbau	24	Sapi kerbau	0,023-0,040
Enceng gondok	25	Unggas	0,065-0,116
Kotoran gajah	43		
Batang jagung	60		
Jerami padi	70		
Jerami gandum	90		
Serbuk gergaji	Di atas dosis 200		

Sumber : Karki dan Dixit (1984), dimodifikasi Tuti (2006)

: Updated Duidebook on Biogas Development, 1984. dimodifikasi Tuti (2006)

Kotoran sapi mengandung 1,8-24% nitrogen 1,0-1,2% fosfor (P₂O₅), 0,6-0,8% potassium (K₂O), dan 50-70% bahan organik. Kandungan solid yang paling baik untuk proses anaerobik yaitu sekitar 8%. Untuk limbah kotoran sapi segar dibutuhkan perbandingan 1:1 dengan air. Teknologi anaerobik bila digunakan dalam sistem pencernaan yang matang tidak hanya mencegah polusi, tetapi juga menyediakan energi berkelanjutan, pupuk dan *recovery nutrient* tanah. Pada proses tersebut, dapat merubah limbah dari suatu masalah menjadi suatu hasil yang menguntungkan.

Bila seekor sapi potong dewasa mampu menghasilkan/mengeluarkan sekitar 7-10 kg kotoran per hari dengan kisaran harga Rp. 300.000-Rp. 400.000 per ton (Ilham, N., *et al.*, 2011), maka secara sederhana dapat diperkirakan besarnya sumber bahan baku biogas dan pupuk yang diperoleh petani dan peternak dari limbah peternakannya selama berlangsungnya perusahaan pemeliharaan ternak sapi tersebut. Serta besarnya pengeluaran untuk biaya sumber bahan bakar gas dan pupuk yang dapat

diefisienkan oleh petani dan peternak dengan mensubstitusikannya dengan kotoran sapi peliharaan tersebut.

Beberapa daerah terutama di Pulau Jawa, pembuatan biogas dalam dekade terakhir kembali digalakkan. Latar belakangnya adalah terkait dengan menurunnya ketersediaan bahan bakar minyak dan menghasilkan pupuk organik. Kuantitas produksi biogas dari kotoran ternak ditentukan oleh kapasitas, jenis dan konstruksi reaktor (digester). Secara umum digester yang digunakan tergolong 2 tipe yaitu *fixed dome* dan *floating dome*. Pada umumnya yang digunakan oleh peternak di Pulau Jawa adalah tipe *fixed dome* (Abdullah *et al.*, 2008). Saat ini, pemanfaatan digester biogas oleh peternak juga terutama sebagai bahan bakar untuk memasak, serta ada yang dintegrasikan untuk pupuk organik, disamping itu juga ada untuk keperluan penerangan.

Menurut Tuti (2006), terdapat dua teknologi umum digunakan untuk memperoleh biogas. Pertama adalah proses yang sangat umum yaitu fermentasi kotoran ternak menggunakan digester yang didesain khusus dalam kondisi anaerob. Kedua adalah teknologi yang dikembangkan yaitu menangkap (menampung) gas metan dari lokasi tumpukan pembangunan sampah tanpa harus membuat digester khusus. Beberapa keuntungan (nilai tambah) bilamana anaerobik lebih banyak digunakan antara lain :

1. *Keuntungan Pengolahan Digester*
 - 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 energi lebih bersih;
 - b. Memperoleh bahan bakar berkualitas tinggi dapat diperbaharui;
 - c. Biogas dapat dimanfaatkan untuk berbagai penggunaan.
3. *Keuntungan Lingkungan*
 - a. Menurunkan emisi gas metan dan karbon dioksida secara signifikan;
 - b. Menghilangkan bau;
 - c. Memperkecil udara keluar dari sampah;
 - d. Menghasilkan kompos yang bersih dan pupuk yang kaya nutrisi;
 - e. Memaksimalkan proses daur ulang limbah yang sudah terbuang;
 - f. Menghilangkan bakteri coliform sampai 90% sehingga memperkecil kontaminasi sumber air yang sudah ada.
4. *Keuntungan Sosial dan Ekonomi*
 - a. Penggunaan kotoran ternak sebagai biogas sumber energi bahan bakar rumah tangga dan sebagai pupuk tanaman, tentu mengefisienkan pengeluaran rumah tangga petani dan peternak.
 - b. Lebih ekonomis dibandingkan dengan proses lainnya ditinjau dari siklus ulang proses pembuatan limbah pertanian, seperti yang dikemukakan pada Tabel 6.

Tabel 6. Biogas Limbah Pertanian Yang Menjadi Energi Alternatif

Hidrolisis	<u>Selulosa</u>	
	$(C_5H_{10})n + nH_2O$ selulosa	$n(C_6H_{12}O_6)$ glukosa
Pengasaman	<u>Glukosa</u>	
	$(C_5H_{10})n + nH_2O$ glukosa	$CH_3CHOHCOOH$ Asam laktat
		$CH_3CH_2COOH + CO_2 + H_2$ asam butirat
Metanogenik	<u>Asam lemak dan alkohol</u>	
	$4H_2 + CO_2$	$2H_2O + CH_4$
	$CH_3CH_2OH + CO_2$	$CH_3COOH + CH_4$
	$CH_3COOH + CO_2$	$CO_2 + CH_4$
	$CH_2CH_3CH_2COOH + 2H_2 + CO_2$	$CH_3 + COOH + CH$ Metan
	<u>Metana + CO_2</u>	

Sumber : Tuti, 2006.

Tuti (2006) dan Himawanto (2006), juga berpendapat yang sama bahwa terdapat dua teknologi umum digunakan untuk memperoleh biogas. Pertama, proses yang sangat umum yaitu fermentasi kotoran ternak menggunakan digester yang didisain khusus dalam kondisi anaerob. Kedua, teknologi yang dikembangkan yaitu menangkap gas metan dari lokasi tumpukan pembangunan sampah tanpa harus membuat digester khusus, yang lebih ekonomis dibandingkan dengan proses lainnya bila ditinjau dari siklus ulang proses pembuatan limbah pertanian.

Sistem biogas yang dipadukan dengan sistem produksi lain seperti pupuk, kolam algae atau ikan, peternakan, pertanian, yang merupakan suatu siklus biologi atau daur hayati yang bermanfaat secara nyata. Manfaat nyata tersebut, diantaranya adalah: mengurangi ketergantungan kebutuhan energi, melestarikan sumberdaya energi yang ada, maupun mengurangi kerusakan lingkungan.

Manfaat dan keuntungan utama sosial kelembagaan lainnya adalah terjalinnya sifat sosial dalam kebersamaan dan tenggang rasa antar masyarakat pengguna biogas metan tersebut, yang biasanya terdiri antar kelompok untuk satu sumur/sumber. Sifat kebersamaan, rasa saling memiliki dan saling berbagi, serta saling saling merawat agar sumber biogas kelompok tersebut tetap berfungsi dengan baik, menunjukkan berfungsinya aktivitas kelembagaan suatu kelompok masyarakat. Demikian halnya dalam pemanfaatan kotoran ternak sebagai pupuk antara petani yang memiliki ternak maupun yang tidak/belum memiliki ternak dapat memperoleh pupuk kandang dari petani peternak di sekitarnya.

Selain itu, terjalinnya hubungan aktif antar kelembagaan di hulu (di perdesaan/produsen) hingga hilir (pengguna/konsumen), dimana kelompok petani dan peternak untuk saling bertukar informasi yang berkaitan dengan teknologi budidaya tanaman dan ternak, maupun informasi pemasaran, serta berbagai informasi lainnya yang sangat dibutuhkan dalam pengembangan usaha tani dan ternak.

KESIMPULAN DAN IMPLIKASI SARAN KEBIJAKAN

- Pembuatan biogas dapat dilakukan dengan menggunakan bahan dasar berupa kotoran ternak (selain limbah hasil pertanian tentunya).
- Manfaat ganda yang dapat diperoleh dari pembuatan biogas tersebut, disamping murah dan mudah didapat, yaitu berupa: gas sebagai sumber energi, pupuk sebagai penyubur tanah, sludge sebagai makanan ternak, dan meningkatkan sanitasi lingkungan.
- Pupuk sebagai salah satu hasil sludge dari hasil ikutan biogas, merupakan solusi alternatif pencegahan pencemaran logam berat pada lahan pertanian.
- Dengan berbagai manfaat tersebut, pembuatan biogas ini patut dimasyarakatkan, khususnya di daerah pedesaan, dimana bahan baku cukup banyak tersedia, dan hasil fermentasi yang diperoleh dapat langsung dimanfaatkan yang sebagian besar rakyatnya bermukim di pedesaan, maka pengembangan sistem biogas ini dapat memberikan sumbangan dalam meningkatkan taraf hidup masyarakat petani di pedesaan
- Perlunya mencermati penanganan bahan dasar, manajemen proses, dan pemilihan jenis mikroorganisme yang ikut aktif dalam proses pembentukan biogas,
- Perlunya pemahaman mengenai variabel-variabel yang mempengaruhi proses pembentukan biogas, komposisi gas, dan cara penanganan gasnya secara aman.
- Perlunya disusun strategi pemasyarakatan sistem biogas, khususnya di daerah pedesaan.
- Dengan demikian keberhasilan konstruksi yang sangat berarti dan secara nasional adalah di sektor pertanian atau dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui serta dapat digunakan dan tidak mengakibatkan kerusakan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous. 1980. Petunjuk Praktis Membuat Gas Bio. BLPP, Departemen Pertanian.
- Daru. M. 2007. Pemanfaatan Kotoran Ternak dan Peningkatan Sanitasi Sumber Energi Alternatif dan peningkatan Sanitasi Lingkungan. Saat ini bekerja sebagai Peneliti Madya di Direktorat Teknologi Agroindustri dan Bioteknologi. Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol.1, No. 1, Januari 2000 : 27-32. <http://www/bogs/energy/> donlit tanggal, 76 September 2011.
- Basuki, P. 1985. Pemanfaatan Kotoran Ternak Sebagai Sumber Energi Rumah Tangga. Paper Seminar on Development of Tropical Resources and Effective Utilization of Energy in Agriculture.
- Fonty.G. and B. Morvan. 1995. Ruminan Metanogenesis and Its Alternative Satellite Symposium of IVth International Symposium on the Nutrition of Herbivores Clermont-Fd, France pp 33-40.
- Hadi N. 1984. Teknologi Gas Bio dan Penerapannya. Kursus Teknologi Energi Terbarukan. Lembaga Fisika Nasional, LIPI, Bandung.
- Harahap. F.M., Apandi dan S. Ginting. 1978. Teknolohi Gasbio Pusat Teknologi Pembangunan Institut Teknologi Bandung,
- Himawanto, D.A., Subroto, dan Putro, S. 2006. *Peningkatan Mutu Briket Kokas Lokal Sebagai Upaya Penyelamatan Sentra Industri Cor Logam Di Ceper Klaten*, Laporan Program Hibah Bersaing 2006 Dikti-UMS, Surakarta.
- Indraswati Serindit. 2005. *Pembangkitan Biogas dari Kotoran Sapi: Hidrolisis Termal Pada Tahap Pengolahan Pendahuluan*, Jurnal Teknik Kimia, Institut teknologi sepuluh Nopember, Surabaya.
- Junaedi, M. 2002. *Pemanfaatan Energi Biogas di Perusahaan Susu Umbul Katon Surakarta*, Laporan Program Vucer 2002, Dikti-UMS, Surakarta.
- Kamaruddin. A.S. 2008. Pembuatan dan penggunaan Unit Produksi Biogas Sederhana Skala Pedesaan. Penyuluh Pertanian Madya pada BPTP Makassar. <http://www/bogs/energy/> Tanggal, 6 September 2011.
- Padmowijoto, S., S. Priyono, dan B. Suhartanto 1985. Pemanfaatan Kotoran Ternak Sebagai Sumber Pupuk Organik Biogas dan Makanan Ternak. Paper Seminar on Development of Tropical Resources and Effective Utilization of Energy in Agriculture.
- Sartono.P. 2007. Penerapan Instalasi Sederhana Pengolahan Kotoran ternak Sapi Menjadi Energi Biogas di Desa Sugihan kecamatan Bendosari kabupaten Sukoharjo. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah, Surakarta. 178 WARTA, Vol .10, No. 2, September 2007: 178 – 188.
- Sasse, L. 1992. Pengembangan Energi Alternatif Biogas dan Pertanian Terpadu di Boyolali - Jawa Tengah. Lembaga Pengembangan Teknologi Pedesaan (LPTP), Solo, bekerjasama dengan Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA), Jerman.
- Sembiring T., dan D. D. Hidayat 1984. Gasbio Dari Sampah Pasar. Kursus Teknologi Energi Terbarukan. Lembaga Fisika Nasional, LIPI, Bandung, 14-25 Februari 1984.
- Suharto. 2000. Konsep Pertanian Terpadu (Integrated Farming System) mewujudkan keberhasilan dengan kemandirian. Bahan Pelatihan Revitalisasi Keterpaduan Usaha ternak dalam Sistem Usaha Tani. Bogor dan Solo 21 Pebruari- 6 Maret 2000 Puslitbang Peternakan Bogor. EAAP Publ. Denmark. 102. : 117-120
- Thalib.A. 2008. Isolasi dan Identifikasi bakteri asetogenetik dari rumen rusa potensinya sebagai inhibitor metanogenetik. JITV. 12 (3) : 197-206
- Tuti H. 2006. Biogas : Limbah Peternakan yang Menjdi Sumber Energi Alternatif. Buletin Ilmu Peternakan Indonesia- Wartazoa Vol. 10 No. 3. 2008, hal. 149-156.
- Teguh Wikan Widodo, Ana N., A.Asari dan Elita R.2009. Pemanfaatan Limbah Industri Pertanian untuk Energi Biogas. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian Serpong Badan Litbang ertanian, Departemen Pertanian Tromol Pos 2 Serpong, Tangerang 15310 BANTEN Tel.: (021) 537 6780, Fax: (021) 537 6784 Email: teguh_wikan_widodo@yahoo.com. Serpong 28 April 2009. Internet tanggal. 7 September 2011.
- Wibowo D. *et al.* 1985. Gas Bio Sebagai Suatu Sumber Enersi Alternatif. Paper Seminar on Development of Tropical Resources and Effective Utilization of Energy in Agriculture