

Teknologi Produksi Biogas sebagai Bahan Bakar Alternatif Berbahan Baku Sampah Organik

*(Biogas Production Technology as an
alternative fuel from Organic Wastes: A
Review)*

Khaidir

*Departemen Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas
Malikussaleh Lhokseumawe, Email : khaidirsufi77@yahoo.com*

Abstract

The organic waste is a potential raw material for the production of biogas as an alternative fuel. Organic materials were decomposed into biogas through a four-step process includes hydrolysis, acidogenesis, acetogenesis, and methanogenesis. The operating conditions in the process of biogas production is strongly influenced by temperature, pH of the system in the digester, stirring, barrier materials, concentration of substrate, and the contact surface area of substrate. The main composition of biogas production by anaerobic bacteria decomposing include of methane, carbon dioxide, water vapor, nitrogen, oxygen, hydrogen, ammonia and H₂S. Positive value that can be drawn from the process of conversion of organic materials into biogas is methane as a main product an alternative fuel source that is safe and environmentally friendly.

Keywords *Biogas, organic wastes, alternative fuel, anaerobic digestion*

Abstrak

Sampah organik merupakan salah satu bahan baku potensial untuk proses produksi biogas sebagai bahan bakar alternatif. Bahan-bahan organik diuraikan menjadi biogas melalui empat tahapan proses meliputi hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Kondisi operasi dalam proses produksi biogas sangat dipengaruhi oleh temperatur, pH dari sistem dalam digester, pengadukan, bahan penghambat, konsentrasi substrat, dan luas permukaan substrat. Komposisi utama biogas hasil

produksi secara anaerobik oleh bakteri-bakteri pengurai meliputi metana, karbon dioksida, uap air, gas nitrogen, gas oksigen, gas hidrogen, amonia, dan gas H₂S. Nilai positif yang dapat diambil dari proses konversi bahan-bahan organik menjadi biogas adalah gas metana sebagai produk utama sumber bahan bakar alternatif yang aman dan ramah lingkungan.

Kata kunci: *biogas*, sampah organik, bahan bakar alternatif, pencernaan anaerobik

PENDAHULUAN

Ketersediaan gas alam dalam bentuk elpiji sebagai bahan bakar industri dan rumah tangga di daerah Aceh masih mencukupi, terutama untuk bahan bakar gas non subsidi. Namun, untuk bahan bakar gas yang disubsidi (tabung 3 kg), menjadi masalah tersendiri di masyarakat. Masyarakat sering mengeluh terhadap kondisi kelangkaan bahan bakar gas di lapangan. Antrian panjang di pangkalan-pangkalan atau distributor penyalur gas menjadi pemandangan yang tidak baik berkaitan dengan kondisi kehidupan masyarakat Aceh. Selain masalah antrian, harga juga bervariasi mulai dari tingkat pangkalan sampai pada tingkat pengecer. Bahkan harga bahan bakar gas tersebut untuk daerah-daerah tertentu mencapai Rp. 35.000,- per tabung, yang mana hal ini menjadi masalah yang serius terutama bagi masyarakat ekonomi lemah. Selain permasalahan bahan bakar gas, sampah juga ikut memberi andil terhadap berbagai persoalan yang terdapat dalam kehidupan masyarakat Aceh. Sampah-sampah tersebut dapat dijumpai dalam jumlah yang cukup banyak, terutama di daerah pusat pasar tradisional. Bukan hanya di pasar, bahkan sampah ini sangat mudah dijumpai disepanjang jalan tertentu dalam bentuk tumpukan hasil kegiatan usaha atau aktivitas rumah tangga (misalnya ampas tebu sisa pengolahan air tebu).

Sampah pasar dapat berupa bahan-bahan anorganik dan bahan-bahan organik. Sampah anorganik terdiri dari sampah plastik kresek, fiber, maupun pecahan-pecahan kaca. Sementara sampah organik umumnya terdiri dari buah-buahan dan sayuran yang telah rusak atau mengalami senescen, bahkan sebahagian ada yang sudah membusuk dan mengeluarkan bau yang tidak sedap. Sampah-sampah tersebut apabila diangkut ke tempat pembuangan

sampah dapat menyebabkan beberapa masalah terhadap lingkungan. Permasalahan yang ditimbulkan antara lain yaitu, produksi biogas, emisi senyawa organik mudah menguap, masalah kesehatan masyarakat, dan beberapa diantaranya dapat menyebabkan keracunan bagi tanaman (Thorneloe dan Pacey, 1994; Babae dan Shayegan, 2011).

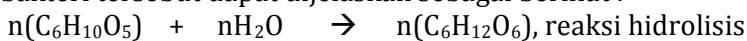
Sampah-sampah tersebut perlu dikelola dengan baik dalam upaya mengurangi efek yang tidak baik terhadap lingkungan maupun kesehatan masyarakat terutama sampah-sampah organik yang dapat dikonversi (diubah) menjadi suatu produk yang bernilai ekonomi tinggi. Salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah dengan mengkonversi bahan-bahan organik tersebut menjadi biogas sebagai bahan bakar alternatif. Metode yang digunakan untuk mengubah bahan-bahan organik menjadi biogas telah berkembang dengan baik selama beberapa tahun terakhir. Sumber energi yang berasal dari biogas telah banyak digunakan dalam upaya memenuhi kebutuhan energi masyarakat terutama di daerah-daerah pedesaan (Sagagi *et al.*, 2009).

Biogas didefinisikan sebagai gas yang dilepaskan (diemisikan) apabila bahan-bahan organik difermentasi atau mengalami proses metanisasi. Bahan-bahan organik tersebut dapat berupa kotoran ternak, kotoran manusia, jerami, sekam, serta sampah pasar yang terdiri dari buah-buahan dan sayuran atau daun-daunan hasil sortiran. Biogas adalah gas yang mudah terbakar (*flammable*) yang dihasilkan dari proses fermentasi atau metanisasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerobik yakni bakteri-bakteri yang dapat hidup dalam kondisi kedap atau hampa udara (Hambali *et al.*, 2008). Biogas merupakan salah satu solusi yang efisien dan efektif terhadap penyediaan sumber energi alternatif (Al Mamun dan Torii, 2014; Kaygusuz dan Kaygusuz, 2002).

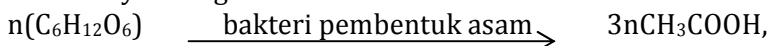
Produksi biogas meliputi fermentasi dan metanisasi dalam lingkungan anaerobik melalui empat tahapan proses yang dinamakan hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis (Viktor *et al.*, 2014). Tahap pertama adalah hidrolisis polimer menjadi molekul-molekul sederhana. Molekul-molekul ini akan menjadi substrat bagi mikroorganisme di tahap kedua untuk dikonversi menjadi asam-asam organik oleh bakteri pembentuk asam (Sagagi *et al.*, 2009). Pada proses asidogenesis, hasil hidrolisis diubah oleh bakteri asidogenik (fermentatif) menjadi substrat bagi bakteri metanogenik. Asam-asam organik terutama asam asetat menjadi substrat pada tahap selanjutnya

untuk dirubah menjadi gas metana dan karbon dioksida oleh bakteri pembentuk gas metana (metanogenik). Proses ini dinamakan metanogenesis. Produk intermediat yang merupakan hasil dari proses asidogenesis yang tidak dapat dikonversi langsung menjadi metana pada proses metanogenesis akan diubah menjadi substrat bagi bakteri metanogenik selama proses asidogenesis (Sagagi *et al.*, 2009; Viktor *et al.*, 2014).

Rangkaian reaksi-reaksi biokimia yang melibatkan beberapa jenis bakteri tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :



glukosa hasil hidrolisis dari polisakarida akan digunakan sebagai substrat oleh bakteri pembentuk asam untuk dikonversi menjadi asam organik yang dalam banyak kasus adalah asam asetat. Reaksinya sebagai berikut :



tahap selanjutnya adalah asam asetat ini akan dijadikan sebagai substrat oleh bakteri pembentuk gas metana untuk diubah menjadi gas metana dan karbon dioksida.

$3nCH_3COOH \xrightarrow{\text{bakteri pembentuk metana}} CH_4$ (metana) + CO_2 (karbon dioksida). Keberadaan karbon dioksida (CO_2) dan hidrogen sulfida (H_2S) di dalam biogas tidak diharapkan. Gas-gas ini harus dihilangkan untuk meningkatkan performa biogas sebagai bahan bakar alternatif. Karbon dioksida dapat dihilangkan dengan mengalirkan gas ke dalam air kapur [$Ca(OH)_2$] untuk membentuk kalsium karbonat ($CaCO_3$) yang akan mengendap dan terpisah dari metana. Sementara itu, gas hidrogen sulfida dihilangkan dengan mengalirkan gas tersebut di dalam larutan timbal asetat yang menghasilkan endapan timbal sulfida dan asam asetat (Sagagi *et al.*, 2009). Asam asetat selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan baku pada tahapan proses metanogenesis.

TEKNOLOGI PRODUKSI BIOGAS

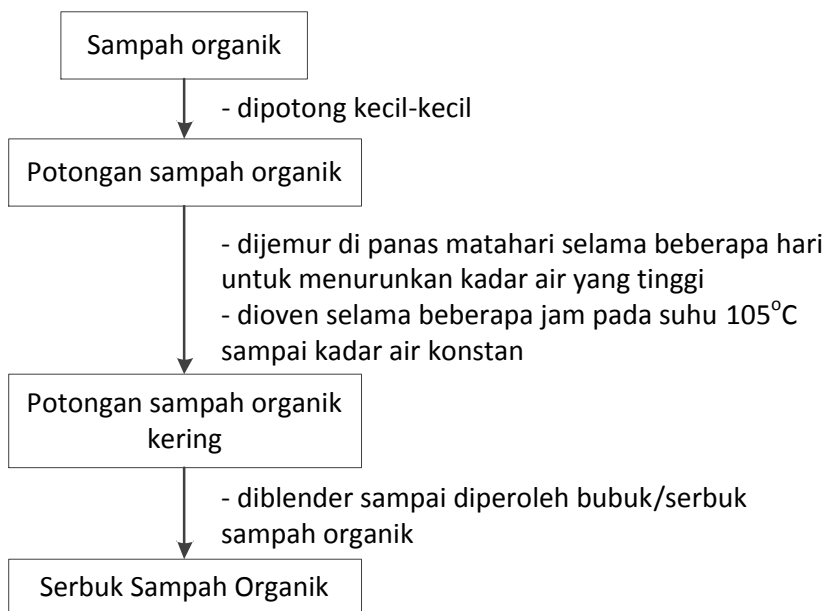
Metode atau teknik yang digunakan untuk menghasilkan biogas tidaklah begitu rumit. Teknologi yang dapat digunakan untuk produksi biogas adalah teknologi sederhana dan mudah untuk dilakukan. Prinsip kerja dalam proses pembuatan biogas adalah pencernaan secara anaerobik terhadap bahan-bahan organik oleh bakteri atau pun mikroorganisme-mikroorganisme yang dapat hidup pada kondisi lingkungan tanpa oksigen atau

ketersediaan oksigen dalam jumlah yang sangat sedikit dan terbatas. Bakteri-bakteri yang umum digunakan dalam proses ini diantaranya bakteri-bakteri pembentuk asam seperti *pseudomonas*, *escherichia*, *flavobacterium*, dan *alcaligenes* serta bakteri-bakteri pembentuk gas metana seperti *methanobacterium*, *methanosarchina*, dan *methanococcus* (Hambali *et al.*, 2008).

Pencernaan anaerobik adalah proses dekomposisi mikrobial dari bahan-bahan organik tanpa kehadiran oksigen (Viktor *et al.*, 2014). Pencernaan secara anaerobik melibatkan empat kelompok mikroorganisme yang dinamakan bakteri hidrolitik, asidogenik, asetogenik, dan metanogenik yang saling ketergantungan satu dengan yang lainnya. Bakteri hidrolitik berperan pada tahap pertama untuk mendegradasi bahan-bahan organik kompleks menjadi monomer-monomernya seperti gula (glukosa), asam amino, dan asam-asam lemak. Selanjutnya monomer-monomer dapat larut tersebut dikonversi menjadi asam organik rantai pendek, asam asetat, alkohol, hidrogen, dan karbon dioksida oleh bakteri asidogenik. Produk-produk asidogenesis selanjutnya dikonversi menjadi asam asetat oleh bakteri asetogenik dan akhirnya dikonversi menjadi metana oleh bakteri metanogenik (Wikandari *et al.*, 2014).

Bahan-bahan yang digunakan dalam proses ini merupakan bahan-bahan organik yang berasal dari sampah organik misalnya dari buah-buahan dan sayuran hasil sortiran. Bahan-bahan organik didegradasi menjadi asam-asam organik (asam-asam lemah) terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan mendegradasi asam-asam tersebut menjadi gas metana oleh bakteri pembentuk gas metana (Hambali *et al.*, 2008). Sampah organik ini diberi beberapa perlakuan agar dapat digunakan dengan mudah pada saat diaplikasikan sebagai umpan dalam digester seperti yang terlihat pada Gambar 1 (Das dan Mondal, 2013a). Proses persiapan bahan dimulai dari pengecilan ukuran, pengeringan, sampai proses penggilingan menjadi serbuk.

Persiapan Sampel Sampah Organik



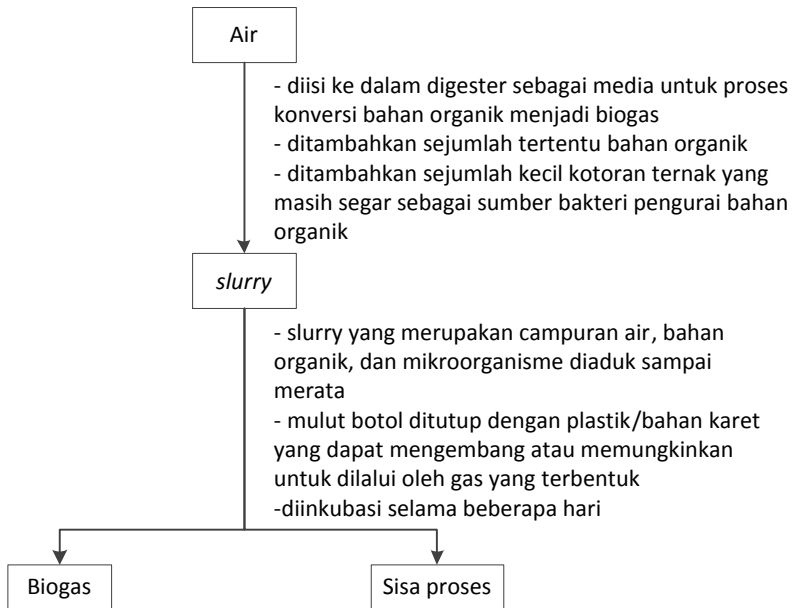
Gambar 1. Diagram alir persiapan sampah organik menjadi bahan baku biogas

Sampah-sampah organik diubah ke dalam ukuran yang lebih kecil. Potongan sampah tersebut selanjutnya dikeringkan di bawah panas sinar matahari selama beberapa hari. Bahan tersebut kemudian dimasukkan dalam oven dengan suhu 105°C untuk memastikan bahwa kadar air bahan tersebut sudah mengalami penurunan. Potongan sampah kering ini selanjutnya diblender untuk mendapatkan serbuk sampah kering yang nantinya digunakan sebagai bahan umpan di dalam digester pada proses produksi biogas.

Proses Produksi Biogas

Sampel kering sampah organik dijadikan sebagai umpan dalam digester untuk proses produksi biogas secara anaerobik. Digester dapat berupa bahan yang terbuat dari *stainless steel* ataupun peralatan sederhana yang terbuat dari bahan atau botol plastik bekas air mineral (misal botol Aqua). Apabila hendak

diaplikasikan langsung pada masyarakat terutama di daerah pedesaan, teknologi proses pembuatan biogas menggunakan digester botol Aqua bekas merupakan suatu pilihan yang tepat karena biaya yang dikeluarkan masyarakat tidak terlalu besar. Diagram alir proses produksi biogas dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir proses produksi biogas (Cahyari dan Putra, 2010; Hambali *et al.*, 2008; Viktor *et al.*, 2014)

Kondisi operasi dalam proses produksi biogas oleh mikroorganisme secara umum dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain adalah temperatur, pH, asam-asam lemak volatil, populasi mikroorganisme, kandungan amonia, pengadukan (*stirring*), bahan penghambat, konsentrasi substrat (*slurry*), dan luas permukaan substrat (Deressa *et al.*, 2015; Sagagi *et al.*, 2009; Hambali *et al.*, 2008).

Selain hal tersebut di atas, laju produksi biogas juga bergantung kepada sifat alami dari substrat, laju pengumpanan, toksisitas, ketersediaan nutrisi bagi mikroorganisme, ukuran dan konstruksi dari digester, rasio karbon terhadap nitrogen (*C/N ratio*), waktu retensi, alkalinitas, pengumpanan awal (*initial feeding*), total asam mudah menguap, *chemical oxygen demand*

(COD), padatan mudah menguap (*volatile solids*), padatan total (*Total solid*), serta cairan-cairan volatil lainnya (Sagagi *et al.*, 2009).

Temperatur

Biodigester secara umum dapat dioperasikan pada range temperatur : a) psikrofilik di bawah 28°C; b) temperatur medium mesofilik pada 29°C – 45°C; c) termofilik pada 50°C– 56°C. Pada dasarnya kondisi mesofilik lebih stabil dibandingkan kondisi termofilik di dalam proses pencernaan anaerobik untuk produksi biogas (Li *et al.*, 2009; Alvarez *et al.*, 2006). Temperatur mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangbiakan dari bakteri-bakteri yang terlibat dalam proses produksi biogas secara anaerobik. Pencernaan anaerobik dapat berlangsung pada suhu 5°C sampai dengan 55°C. Temperatur optimum untuk proses produksi biogas 35°C sampai dengan 37°C (Hambali *et al.*, 2008; Das dan Mondal, 2013b). Hasil penelitian Das dan Mondal (2013b) menunjukkan bahwa peningkatan suhu operasi pada proses pencernaan secara anaerobik dapat meningkatkan hasil akhir dari gas metana yang terbentuk di dalam digester. Deressa *et al.* (2015) menyatakan bahwa kondisi suhu mesofilik yaitu suhu 25 – 45°C diperbolehkan untuk proses produksi biogas secara anaerobik.

Jika penggunaan temperatur di bawah kondisi mesofilik, maka dimungkinkan terjadinya penurunan terhadap hasil (*yield*) dan dapat menghambat proses pembentukan dari biogas. Sathish dan Vivekanandan (2014), menyatakan temperatur optimum yang diamati dari percobaan pada kondisi termofilik 56°C telah memberikan hasil biogas dan kandungan metana yang lebih tinggi dibandingkan pada kondisi temperatur mesofilik dengan waktu pembakaran gas maksimum 30 menit. Persentase dari gas metana pada produksi biogas lebih tinggi pada kondisi termofilik dibandingkan kondisi mesofilik. Secara umum produksi biogas dari proses pencernaan anaerobik bergantung pada temperatur dan jumlah asam yang terbentuk. Secara ekonomis, proses produksi biogas pada kondisi termofilik dapat dilakukan pada suhu 56°C.

Tingkat Keasaman (pH)

Mikroorganisme sangat sensitif terhadap perubahan pH. Oleh karena itu, sangat diperlukan bahan sejenis buffer yang dapat digunakan untuk mempertahankan pH di dalam sistem digester pada proses produksi biogas (Sagagi *et al.*, 2009). Proses

pencernaan secara anaerobik oleh mikroorganisme sangat dipengaruhi oleh tingkat keasaman (pH) dari sistem di dalam suatu digester. Maka dari itu, penting untuk menjaga pH sistem agar diperoleh sistem yang sehat sehingga proses pencernaan dapat berjalan dengan baik dan proses produksi biogas memberikan hasil yang positif. Menurut Deressa *et al.* (2015), interval pH yang sesuai untuk proses pencernaan secara anaerobik berada pada kisaran 6,7 – 7,4, sedangkan menurut Das dan Mondal (2013b) pH yang sesuai berada pada kisaran 5 – 7 dengan temperatur operasi 27°C. Dengan kata lain, interval pH yang boleh digunakan dalam proses pencernaan anaerobik untuk produksi biogas berada pada 5 – 7,5.

Pengadukan (*Stirring*)

Pengadukan berfungsi untuk memecah lapisan kerak dipermukaan cairan dalam sistem yang menggunakan bahan baku yang sukar dicerna oleh mikroorganisme pengurai (misalnya jerami yang mengandung senyawa lignin). Lapisan kerak tersebut perlu dipecah untuk mengurangi hambatan terhadap laju produksi biogas (Hambali *et al.*, 2008). Namun, untuk bahan-bahan yang berasal dari sampah buah-buahan dan sayuran terutama yang sudah dijadikan serbuk (bubuk kering) tidak terlalu memerlukan pengadukan yang intensif. Pengadukan bahan serbuk dapat dilakukan pada saat awal pencampuran di dalam digester agar lebih homogen dan tidak mengapung dipermukaan air sebagai bahan pelarut.

Bahan Penghambat

Bahan penghambat merupakan bahan-bahan yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme, sehingga berpengaruh terhadap volume biogas yang dihasilkan pada proses pencernaan anaerobik. Bahan penghambat tersebut dapat berupa logam-logam berat seperti tembaga, kromium, dan kadmium (Hambali *et al.*, 2008). Selain logam berat, deterjen, bahan disinfektan, dan antibiotik juga dapat berperan sebagai bahan penghambat dalam proses produksi biogas. Bahan-bahan tersebut dapat mematikan mikroorganisme yang berfungsi sebagai pengurai bahan-bahan organik dalam proses pembuatan biogas. Oleh karena itu, air yang digunakan dalam proses produksi biogas perlu diperiksa terlebih dahulu agar terbebas dari bahan-bahan

yang dapat mengkontaminasinya. Hal ini dimungkinkan untuk memperlancar proses produksi biogas dengan tujuan melindungi bakteri-bakteri yang dibutuhkan dalam proses pencernaan secara anaerobik.

Konsentrasi Substrat (*Slurry*)

Konsentrasi substrat atau *slurry* berpengaruh terhadap hasil (*yield*) dari biogas. Apabila proses pencernaan anaerobik berlangsung secara alami tanpa bantuan katalis, konsentrasi 4% merupakan perlakuan terbaik dalam menghasilkan biogas (Das dan Mondal, 2013b). Semakin besar konsentrasi substrat (*slurry*), maka hasil biogas yang diperoleh semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh kemampuan kerja dari mikroorganisme pengurai yang terbatas terlebih jika dikaitkan dengan jumlah populasi dari mikroorganisme tersebut. Ibaratnya semakin banyak bahan yang harus diuraikan, maka diperlukan mikroorganisme pengurai yang lebih banyak. Jika bahannya terlalu banyak, sedangkan jumlah mikroorganisme pengurai sedikit, maka proses yang terjadi akan berjalan lambat dan proses penguraian terhadap bahan akan lebih lama. Hasil penelitian Das dan Mondal (2013b) memperlihatkan bahwa penggunaan katalis logam yang dapat bertindak sebagai co-enzim dan co-faktor secara umum dapat meningkatkan hasil (*yield*) dari biogas yang dibuat secara anaerobik.

Luas Permukaan Kontak

Kontak antara mikroorganisme dengan substrat sebagai bahan baku proses produksi biogas memiliki peran penting terhadap hasil (*yield*) dari biogas (Deressa *et al.*, 2015). Luas permukaan kontak berhubungan dengan bagian dari substrat yang dapat melakukan kontak dengan bakteri-bakteri yang bekerja di dalam digester biogas. Luas permukaan kontak antara substrat dengan bakteri akan berpengaruh terhadap laju konversi bahan organik menjadi biogas. Luas permukaan kontak berkaitan erat dengan ukuran dari substrat yang diumpankan ke dalam digester biogas. Artinya, jika substrat dibuat dalam ukuran kecil dan halus (misalnya bubuk/serbuk), maka proses pencernaan yang dilakukan oleh bakteri-bakteri anaerobik dalam digester biogas akan lebih cepat dibandingkan dalam bentuk ukuran yang lebih besar. Luas permukaan kontak yang besar antara substrat dengan bakteri

dapat menghasilkan biogas dalam jumlah yang lebih banyak (Maheshwari dan Vasidevan, 1981).

Sifat Alami Substrat

Sifat alami bahan berhubungan dengan konsentrasi atau jumlah kandungan bahan-bahan yang dapat larut dalam air di dalam suatu bagian tertentu dari tanaman. Secara alami, semakin tua umur tanaman maka konsentrasi dari gula, asam amino, prrotein, dan mineral yang dapat larut dalam air semakin menurun (Anderson, 1979). Hal disebabkan karena terjadinya peningkatan kandungan bahan-bahan yang tidak larut dalam air seperti lignin, selulosa, hemi selulosa, dan poliamida pada tanaman yang sudah berumur tua. Dengan kata lain, bahan-bahan sayuran dan buah-buahan dari tanaman muda akan lebih banyak yang dapat dikonversi menjadi biogas dibandingkan dengan tanaman tua (Sagagi *et al.*, 2009).

Rasio Karbon Terhadap Nitrogen

Sumber nitrogen adalah penting untuk pertumbuhan bakteri dan perlu menjadi pertimbangan untuk meningkatkan produksi biogas (McCarty, 1964). Nitrogen dapat disuplai ke dalam sistem digester dalam bentuk sumber anorganik (misalnya nitrat), atau dalam bentuk nitrogen organik seperti urea atau kotoran hewan (Sterling *et al.*, 2001). Nitrogen berfungsi sebagai nutrisi dan menyediakan energi untuk pertumbuhan mikroorganisme. Kecukupan nutrisi bagi mikroorganisme dapat meningkatkan kinerja dari mikroorganisme tersebut. Artinya, produksi biogas akan meningkat. Di sisi lain, amonia yang merupakan sumber nitrogen, kehadirannya dalam sistem digester dapat menyebabkan keracunan pada mikroorganisme yang secara tidak langsung akan menurunkan konsentrasi total dari produksi gas metana (Chulalaksananukul *et al.*, 2012; Zhang dan Zhang, 1999). Rasio karbon terhadap nitrogen yang baik untuk substrat adalah antara 25 - 30 (Hartmann *et al.*, 2000).

Umpan Awal (*Initial Feeding*)

Kotoran ternak yang terbentuk dari hasil proses metabolisme dalam tubuh hewan sangat dipengaruhi oleh bahan-bahan

makanan yang diberikan pada saat pemberian umpan (Sagagi *et al.*, 2009). Bahan-bahan tersebut akan mempengaruhi komposisi kimia dari kotoran yang dihasilkan. Komposisi kimia dalam kotoran ternak tersebut akan sangat mempengaruhi jumlah bahan yang dapat dikonversi menjadi biogas oleh bakteri-bakteri anaerobik yang berperan di dalam digester biogas.

Aplikasi Biogas

Kandungan kimiawi dari biogas dapat berupa gas metana (CH_4) dengan kadar 50 - 75% volume, karbon dioksida (CO_2) sebesar 20 - 45% volume, 2 - 7% volume uap air (diukur pada 20 - 40°C), 20 - 20.000 ppm hidrogen sulfida (H_2S), <2% volume gas nitrogen (N_2), <2% volume gas oksigen (O_2), <1% volume gas hidrogen (H_2), dan sejumlah kecil gas amonia (NH_3) (Kaltscmitt dan Hartmann, 2001 *dalam* Hambali *et al.*, 2008; Maishanu *et al.*, 1990 *dalam* Al Mamun dan Torii, 2014).

Aplikasi dari sistem reaktor biogas memiliki beberapa keuntungan, diantaranya adalah dapat mengurangi efek rumah kaca, mengurangi bau yang tidak sedap dari sampah-sampah organik, mencegah penyebaran penyakit, sebagai sumber panas, dan sumber tenaga atau daya listrik. Bahan bakar biogas yang dihasilkan dari proses pencernaan secara anaerobik dapat dipergunakan untuk kebutuhan panas seperti kompor, pemanas mesin penetas telur, penerangan, dan menghidupkan energi listrik sehingga dapat menghidupkan alat-alat elektronik (Inpurwanto, 2012). Haryati (2006) menyatakan bahwa hasil utama reaktor biodigester anaerobik adalah bahan bakar biogas yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti bahan bakar kompor rumah tangga, penerangan rumah, dan menyalakan alat elektronik melalui genset yang menggunakan bahan bakar biogas.

Produk Samping dari Proses Produksi Biogas

Selain bertujuan untuk proses pembuatan bahan bakar sebagai sumber energi alternatif, proses produksi biogas juga dapat digunakan sebagai sumber produksi untuk pengadaan pupuk organik (Deressa *et al.*, 2015). Sisa dari hasil produksi biogas dapat digunakan atau dimanfaatkan sebagai pupuk. Campuran sisa proses dengan pupuk organik dapat meningkatkan kinerja pupuk

organik terhadap produksi hasil-hasil pertanian (Sagagi *et al.*, 2009).

Menurut Marchaim (1992) dalam Inpurwanto (2012), hasil samping dari proses produksi biogas yang berupa limbah bioreaktor (*slurry*), dapat digunakan untuk pupuk organik tanaman, pupuk organik kolam perikanan, dan campuran bahan pembuat pellet pakan ikan. Pupuk organik hasil limbah pemrosesan biogas mempunyai kandungan unsur hara yang tidak terdapat di dalam pupuk lain dan pemberian pada kolam ikan dapat menyuburkan plankton yang merupakan pakan alami dari ikan atau hewan budidaya perairan lainnya.

Pemanfaatan limbah sisa produksi biogas, secara ekonomi akan sangat kompetitif seiring meningkatnya harga pupuk anorganik yang pemanfaatannya semakin tinggi yang berakibat rusaknya struktur fisik, kimia, dan biologi tanah. Penggunaan pupuk sisa proses produksi biogas merupakan teknologi baru dalam usaha di bidang pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Inpurwanto, 2012).

KESIMPULAN

Sampah organik merupakan salah satu bahan baku potensial untuk proses produksi biogas sebagai bahan bakar alternatif. Bahan-bahan organik diuraikan menjadi biogas melalui tiga proses utama meliputi hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Hidrolisis merupakan proses penguraian senyawa rantai panjang seperti lemak, karbohidrat, dan protein menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana. Asidogenesis adalah proses pembentukan asam-asam organik yang didalamnya mendukung terhadap pertumbuhan dan perkembangan dari sel-sel bakteri. Pada proses asidogenesis, hasil hidrolisis diubah oleh bakteri asidogenik menjadi substrat bagi bakteri metanogenik. Gula sederhana, asam amino, dan asam-asam lemak didegradasi asam asetat, karbon dioksida, hidrogen, asam lemak mudah menguap, dan alkohol. Tahap akhir proses adalah metanogenesis yang merupakan proses produksi dari metana dan CO₂ dari produk intermediet dengan bantuan bakteri metanogenik.

Kondisi operasi dalam proses produksi biogas sangat dipengaruhi oleh temperatur, pH, pengadukan (*stirring*), bahan penghambat, konsentrasi substrat (*slurry*), dan luas permukaan

substrat. Selain itu, laju produksi biogas juga bergantung kepada sifat alami dari substrat, laju pengumpulan, toksisitas, ketersediaan nutrisi bagi mikroorganisme, ukuran dan konstruksi dari digester, rasio karbon terhadap nitrogen (*C/N ratio*), waktu retensi, alkalinitas, umpan awal (*initial feeding*), total asam mudah menguap, *chemical oxygen demand* (COD), padatan total (*Total solid*), serta cairan-cairan volatil lainnya. Komposisi utama biogas hasil produksi secara anaerobik oleh bakteri-bakteri pengurai meliputi metana, karbon dioksida, uap air, gas nitrogen, gas oksigen, gas hidrogen, amonia, dan gas H₂S.

Nilai positif yang dapat diambil dari proses konversi bahan-bahan organik menjadi biogas adalah gas metana sebagai produk utama sumber bahan bakar alternatif yang aman dan ramah lingkungan. Hasil samping yang berupa cair lumpur organik aktif, dapat digunakan sebagai pupuk organik. Keuntungan lain dari proses ini adalah menurunkan nilai *chemical oxygen demand* (COD), *total volatile solids* (Vs), *total solid* (Ts), bakteri *coliform*, patogen, parasit, dan bau yang tidak sedap.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Mamun MR, dan Torii S. 2014. Production of biomethane from cafeteria, vegetable and fruit wastes by anaerobic co-digestion process. *Journal of Agricultural Technology*, vol 1(2) : pp. 94 – 99.
- Alvarez R, Villica R dan, Liden G. 2006. *Biomass and Bioenergy*. 30: 66-75
- Anderson RE. 1979. *Biological path to self reliance*. New York : Van No Stand Reinhold Company, pp. 219 – 307.
- Babae A, dan Shayegan J. 2011. Effect of organic loading rate (OLR) on production of methane from anaerobic digestion of vegetables waste. Linkoping, Sweden : *World Renewable Energy Congress*.
- Cahyari K, dan Putra RA. 2010. Design of biogas plant from fruit market waste in Indonesia. Berlin, Jerman : *Renewable Energy Conference*, 12 – 13 October 2010.
- Chulalaksananukul S, Sinbuathong N, dan Chulalaksananukul W. 2012. Bioconversion of pineapple solid waste under anaerobic condition through biogas production. *KKU Res. J.* 17 (5) : 734 – 742.

- Das A, dan Mondal C. 2013a. Catalytic effect of Tungsten on anaerobic digestion process for biogas production from fruit and vegetable wastes. *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, vol 2(4) : pp. 216 – 221.
- Das A, dan Mondal C. 2013b. Study on the utilization of fruit and vegetable waste for generation of biogas. *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, vol 3(9) : pp. 24 – 32.
- Deressa L, Libsu S, Chavan RB, Manaye D, dan Dabassa A. 2015. Production of biogas from fruit and vegetable wastes mixed with different wastes. *Environmental and Energy Research*, vol 3(3) : pp. 65 – 71.
- Hambali E, Mujdalipah S, Tambunan AH, Pattiwiri AW, dan Hendroko R. 2008. *Teknologi bioenergi*. Jakarta : Agromedia Pustaka.
- Hartmann, Angedilaki HI, dan Ahring BK. 2000. Increase of anaerobic degradation of particulate organic matter in full scale biogas plant by mechanical maceration. *Water Science Technology*. 41 93) : pp. 145 – 153.
- Haryati T. 2006. Biogas limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif. *Wartazoa* 16 (3) : pp. 160 – 169.
- Inpurwanto. 2012. Produksi biogas dari limbah peternakan ayam dengan penambahan beban organik dan waktu tinggal hidraulik pada biodigester anaerob sistem kontinyu. Surakarta : Universitas Sebelas Maret. [Tesis].
- Kaygusuz K, dan Kaygusuz A. 2002. Renewable energy and sustainable development in turkey. *Renewable energy*, vol 25 : pp. 431 – 453.
- Li X, Li L, Zheng M, Fu G, dan Lar JS. 2009. Anaerobic Co-Digestion of Cattle Manure with Corn Stover Pretreated by Sodium Hydroxide for Efficient Biogas Production. *Energy and Fuels*, 23 (9), pp 4635–4639.
- Maheshwari RC, dan Vasidevan P. 1981. Chemical and biochemical aspect of biogas production. *Biogas technology*, vol 1. New Delhi : Centre for Rural Development and Appropriate Technology, pp. 24 – 27.
- Maishanu SM, Musa M, dan Sambo AS. 1990. Biogas Technology : The output of the sokoto energy research centre. *Nigerian J. of Solar Energy*, vol 9 : pp. 183 – 194.

- Marchaim U. 1992. *Biogas processes for sustainable development*. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Italy : Vialle delle Terme Caracalla Roma.
- McCarty PL. 1964. *Anaerobic waste treatment fundamental : environmental requirements and control*. New York : Public Works.
- Sagagi BS, Garba B, dan Usman NS. 2009. Studies on biogas production from fruit and vegetables waste. *Bajopas*, vol 2(1) : 115 – 118.
- Sathish S, dan Vivekanandan S. 2014. Effect of Mesophilic and Thermophilic Temperature on Floating drum anaerobic biogas digester. *IJMME-IJENS Vol 14(6)* : pp.39 – 43.
- Sterling MC, Lacey RE, Ingler CR, dan Ricke SC. 2001. Effect of ammonia nitrogen on H₂ and CH₄ production during anaerobic digestion of dairy cattle manure. *Bioresource Technology*, 77 : pp. 9 – 18.
- Thorneloe SA, dan Pacey JG. 1994. Landfill gas utilization-database of North American Project. *Proc. 17th Annual Landfill Gas Symposium*. Silver Spring, Maryland : Solid Waste Association of north America, pp. 197 – 208.
- Viktor R, Shajin S, Roshni RM, dan Asha SR. 2014. Augmentative invention of biogas from the agronomic wastes using facultative anaerobic bacterial strain. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol 3(4) : pp. 556 – 564.
- Wikandari R, Millati R, Cahyanto MN, dan Taherzadeh MJ. 2014. Biogas production from citrus waste by membrane bioreactor. *Membranes*, 4 : pp. 596 – 607.
- Zhang R, dan Zhang Z. 1999. Biogasification of rice straw with anaerobic-phase solids digestion system. *Bioresource Technology*.

