

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biogas

Biogas merupakan salah satu jenis gas yang dapat terbakar dan juga dapat digunakan sebagai sumber energi pengganti bahan bakar fosil seperti minyak tanah, LPG, batu bara dan sebagainya. Gas tersebut dihasilkan dari proses fermentasi anaerobik bahan organik seperti kotoran manusia atau kotoran hewan, tumbuhan, limbah domestik atau limbah organik lainnya yang dapat diuraikan (*biodegradable*) dalam kondisi anaerobik. Adapun komposisi dari biogas ini dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Komposisi biogas (Polprasert, 2007)

<i>Methane</i>	(CH ₄)	55-65%
<i>Carbon dioxide</i>	(CO ₂)	35-45%
<i>Nitrogen</i>	(N ₂)	0.3%
<i>Hydrogen</i>	(H ₂)	0-1%
<i>Hydrogen sulphide</i>	(H ₂ S)	0-1%

2.2 Pembentukan Biogas

Pada prinsipnya dalam pembuatan biogas ini yaitu menghasilkan proses fermentasi bahan organik dalam ruang tertutup/kepada udara yang disebut dengan digester. Dalam digester tersebut terjadi proses/interaksi yang kompleks dari sejumlah bakteri yang berbeda-beda. Bakteri tersebut merupakan bakteri metanogen dan terdapat empat jenis bakteri anaerob yang berperan dalam memproduksi gas metana antara lain yaitu, *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanococcus*, dan *Methanosarcina*. Gas yang membuat biogas ini dapat terbakar adalah gas metana (CH₄) sehingga jumlah energi yang terkandung dalam biogas ini bergantung pada konsentrasi gas metana

tersebut. Semakin tinggi kandungan gas metana dalam digester maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas.

Secara umum, di dalam proses pembentukan biogas terdapat tiga tahapan, yaitu: (Polprasert, 2007)

Tahap 1: Hidrolisis. Banyak limbah organik terdiri dari polimer organik kompleks seperti protein, lemak, karbohidrat, selulosa, lignin, dll, beberapa di antaranya dalam bentuk padatan yang tidak larut. Pada tahap ini, polimer organik ini dipecah oleh enzim ekstraseluler yang diproduksi oleh bakteri hidrolitik, dan dilarutkan dalam air. Komponen organik (atau monomer) yang mudah larut yang dibentuk dengan mudah tersedia untuk bakteri penghasil asam.

Reaksi hidrolisis yang terjadi pada tahap ini akan mengubah protein menjadi asam amino, karbohidrat menjadi gula sederhana dan lemak menjadi asam lemak rantai panjang. Namun pencairan selulosa dan senyawa kompleks lainnya ke monomer sederhana dapat menjadi langkah pembatas dalam laju pencernaan anaerobik, karena aksi bakteri ini jauh lebih lambat di tahap 1 daripada di tahap kedua atau ketiga (NAS 1977 dalam Polprasert 2007). Laju hidrolisis tergantung pada konsentrasi substrat dan bakteri serta tergantung pada faktor lingkungan seperti pH dan suhu.

Tahap 2: Pembentukan Asam. Komponen monomer yang dilepaskan oleh pemecahan hidrolitik yang terjadi selama tindakan bakteri tahap-1 selanjutnya diubah menjadi asam asetat (asetat) dan H_2 / CO_2 oleh bakteri acetogenik pada tahap ini. Asam lemak volatil diproduksi sebagai produk akhir metabolisme bakteri protein, lemak dan karbohidrat; di mana asam asetat, propionat, dan laktat adalah produk utama. Karbon dioksida dan gas hidrogen juga dibebaskan selama katabolisme karbohidrat. Metanol dan alkohol sederhana lainnya adalah produk sampingan lain dari pemecahan karbohidrat. Proporsi substrat yang berbeda ini diproduksi tergantung pada flora yang ada serta pada kondisi lingkungan.

Tahap 3: Pembentukan Metana. Produk dari tahap kedua akhirnya diubah menjadi CH_4 dan produk akhir lainnya oleh sekelompok bakteri yang disebut

metanogen. Bakteri metanogenik adalah anaerob obligat yang tingkat pertumbuhannya umumnya lebih lambat daripada bakteri pada tahap 1 dan 2.

Bakteri metanogenik menggunakan asam asetat, metanol, atau karbon dioksida dan gas hidrogen untuk menghasilkan metana. Asam asetat atau asetat adalah satu-satunya substrat paling penting untuk pembentukan metana, dengan sekitar 70% dari metana yang dihasilkan berasal dari asam asetat. Metana yang tersisa berasal dari karbon dioksida dan hidrogen. Beberapa substrat lain juga dapat dimanfaatkan, seperti asam format, tetapi ini tidak penting, karena mereka biasanya tidak hadir dalam fermentasi anaerobik. Bakteri metanogenik juga bergantung pada bakteri tahap 1 dan 2 untuk menyediakan nutrisi dalam bentuk yang dapat dimanfaatkan. Sebagai contoh, senyawa nitrogen organik harus direduksi menjadi amonia untuk memastikan pemanfaatan nitrogen yang efisien oleh bakteri metanogenik.

Reaksi pembentukan metana di tahap 3 paling penting dalam pencernaan anaerobik. Selain menghasilkan gas CH_4 , metanogen juga mengatur dan menetralkan pH slurry digester dengan mengubah asam lemak yang mudah menguap menjadi CH_4 dan gas lainnya. Konversi H_2 menjadi CH_4 oleh methanogen membantu mengurangi tekanan parsial H_2 pada digester slurry yang bermanfaat bagi aktivitas bakteri acetogenik. Jika bakteri metanogenik gagal berfungsi secara efektif akan ada sedikit atau tidak ada produksi CH_4 dari digester itu dan stabilisasi limbah tidak tercapai karena senyawa organik akan diubah menjadi hanya asam lemak yang mudah menguap, yang dapat menyebabkan polusi lebih lanjut jika dibuang ke air atau di darat.

2.3 Instalasi Biogas

Biogas dihasilkan dengan bantuan peralatan penunjang. Peralatan penunjang ini disebut juga instalasi biogas. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembangunan instalasi biogas ini salah satunya ialah temperatur. Terdapat 2 kisaran temperatur yang terdapat pada produksi metan, yaitu mesofilik ($25-40^\circ\text{C}$) dan termofilik ($50-65^\circ\text{C}$) (Polprasert, 2007). Agar suhu dapat terjamin maka digester pada

daerah panas sebaiknya ditempatkan di daerah teduh, naungan pohon atau bangunan sederhana sebagai pelindung dan sebaliknya di daerah dingin dapat ditempatkan langsung dibawah sinar matahari. Selain itu sebaiknya digester ditanam didalam tanah agar dapat diperoleh suhu yang optimum.

Kapasitas kebutuhan air pada tiap bakteri berbeda-beda. Apabila kapasitasnya tetap maka bakteri dapat bekerja secara optimal. Sebelum dimasukkan ke dalam digester substrat membutuhkan proses pengadukan. Pencampuran slurry digester penting untuk memberikan kontak yang lebih baik antara bakteri anaerobik dan limbah organik yang masuk, sehingga produksi biogas meningkat. Ini mengurangi pengendapan padatan atau akumulasi padatan yang dicerna di bagian bawah digester. Untuk digester skala kecil, pencampuran slurry digester dapat dilakukan secara manual. Dalam skala besar, pencampuran dapat dilakukan secara mekanis dengan mengaduk dan meresirkulasi gas dan / atau slurry yang dicerna.

Terdapat beberapa jenis instalasi biogas yaitu diantaranya kubah tetap (*fixed dome*) dan terapung (*floating dome*). Instalasi biogas tipe *fixed dome* memiliki 2 bagian, bagian pertama yaitu digester sebagai tempat fermentasi secara anaerob. Digester dibuat dengan kedalaman tertentu, menggunakan beton atau batu-batuan. Stuktur bangunan harus kuat untuk menahan gas agar tidak terjadi kebocoran. Bagian kedua yaitu kubah tetap (*fixed dome*) dimana bentuknya menyerupai kubah dan merupakan pengumpul gas yang tidak dapat bergerak (*fixed*). Keuntungan dari instalasi biogas ini yaitu biaya konstruksi lebih murah dibandingkan tipe *floating dome*, karena tidak terdapat bagian yang bergerak menggunakan besi yang harganya relatif lebih mahal selain itu juga perawatannya lebih mudah. Kerugian dari tipe ini yaitu sering terjadi kehilangan gas pada kubah karena konstruksinya yang tetap.

Instalasi biogas jenis terapung (*floating dome*) memiliki bagian digester yang tidak jauh berbeda dengan instalasi biogas tipe *fixed dome*. Perbedaan keduanya terletak pada bagian penampung gas. Pada tipe ini terdapat *floating-roof* yang menyerupai drum yang dapat bergerak naik turun dan berfungsi untuk menyimpan gas hasil fermentasi dalam digester. Pergerakan *floating-roof* sendiri tergantung dari

jumlah gas yang dihasilkan. Keuntungan dari tipe ini yaitu dapat melihat secara langsung volume gas yang tersimpan pada digester dilihat dari kenaikan *floating-roof*. Kerugian dari tipe ini yaitu biaya material konstruksinya lebih mahal dibandingkan tipe *fixed-dome*.

2.4 Substrat Penghasil Biogas

Substrat dan kombinasi substrat yang berbeda sangat mempengaruhi kinerja dan keberhasilan dari produksi biogas. Dengan mengontrol substrat yang ditambahkan dan mengamati perkembangan produksi gas pada gas meter, pengguna biogas dapat memperoleh kombinasi substrat terbaik untuk mendapatkan kuantitas dan kualitas produksi gas yang efisien. Selain itu, juga dapat mempengaruhi sifat-sifat lumpur yang dicerna. Terdapat beberapa bahan yang secara teoritis dapat digunakan sebagai substrat untuk fermentasi anaerobik tetapi bahan tersebut harus memenuhi kriteria berikut:

- Memenuhi kriteria nutrisi yang telah ditetapkan
- Harus mengandung vitamin dan elemen jejak.
- Rasio C: N (karbon ke nitrogen) harus berkisar antara 15 dan 25 (Liu 2008 dalam Kaiser 2015).
- Total nilai padatan (TS) harus sekitar 7–10% (Nallathambi Gunaseelan 1997 dalam Kaiser 2015).

Joncic (2012) dalam Kaiser (2015) menganalisis kotoran sapi di wilayah Gunungkidul dengan hasil nilai TS 19%. Untuk mencapai nilai TS optimal, satu ember air harus ditambahkan ke satu ember kotoran sapi (Nallathambi Gunaseelan 1997 dalam Kaiser 2015). Faktor yang sangat penting dari substrat adalah rasio C:N yang sangat mempengaruhi kinerja digester. Pada Tabel 2.2 ditunjukkan bahwa rasio C:N kotoran sapi (6-20) secara teoritis berada pada kisaran substrat optimal (15-25) tetapi dianjurkan untuk melakukan pemeriksaan dari kotoran sapi. Rasio C: N sebagian besar tergantung pada makanan yang diterima sapi.

Tabel 2.2 Rasio C:N dari berbagai substrat (Schuner & Jarvis 2010 dalam Kaiser 2015)

	C:N Ratio
<i>Sewage</i>	5-11
<i>Manure</i>	6-20
<i>Straw</i>	50-150
<i>Potatoes</i>	33-60
<i>Mixed food waste</i>	15-32
<i>Fruits and vegetables</i>	7-35

Kotoran sapi merupakan substrat yang paling cocok sebagai sumber penghasil biogas, karena telah mengandung bakteri penghasil gas metana yang terdapat dalam perut (lambung sapi). Bakteri tersebut membantu dalam proses fermentasi sehingga mempercepat proses pembentukan biogas. Rata-rata produksi kotoran sapi adalah 18-27 kg/hari/ekor. (Polprasert, 2007)

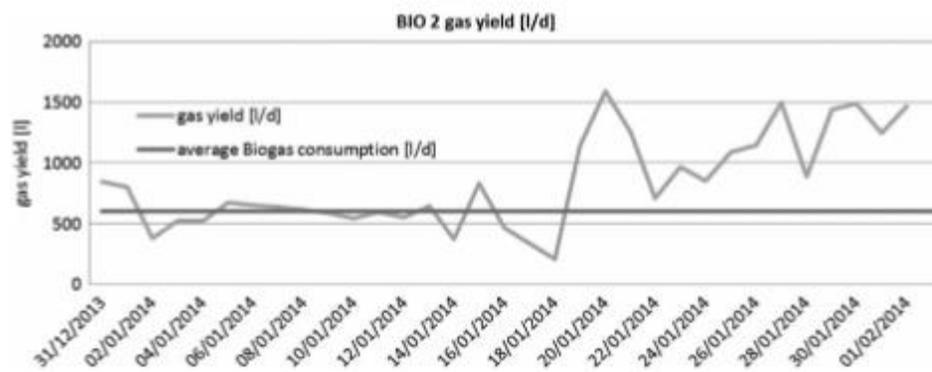
Bahan baku dalam bentuk selulosa lebih mudah dicerna oleh bakteri anaerob. Jika bahan bakunya banyak mengandung zat kayu atau lignin, misalnya jerami yang banyak mengandung zat kayu maka akan sangat sulit dicerna. Bahan baku tersebut akan mengapung di permukaan cairan dan membentuk kerak sehingga akan menghalangi laju produksi biogas. Kotoran sapi atau kerbau sangat baik untuk dijadikan bahan baku karena banyak mengandung selulosa.

Berdasarkan hasil penelitian, ember normal (0,45 kg) biasanya digunakan di desa untuk pengukuran input dan output. Satu ember air (8,12 kg) ditambahkan ke satu ember kotoran sapi (9,155 kg) dicampur dengan *black water*. Jumlah seluruhnya volume tergantung pada jumlah sapi per rumah tangga dan reactor biogas. Misalnya dalam reactor biogas jumlah rata-rata kotoran sapi yang ditambahkan adalah 32,04 kg per hari (5 ember - 3,5 ekor). (Kaiser, 2015)

2.5 Produksi Biogas

Keberhasilan implementasi ditunjukkan dengan kompor yang menyala dan gas yang diproduksi digunakan untuk memasak. Produksi yang terukur untuk satu sistem

adalah 647 l gas per hari. Dengan jumlah gas ini, dijamin bahwa satu rumah tangga dapat memasak secara teoritis hingga 4 jam per hari dengan konsumsi gas 80 l/jam per kompor gas. Ini telah sesuai dengan kebutuhan sehari-hari mereka. Pada kenyataannya jumlah gas yang diproduksi tergantung pada suhu, pH serta kualitas dan jumlah bahan yang di input. Pada Gambar 4.1 dapat dilihat jumlah produksi gas dan konsumsi biogas rata-rata dalam liter per hari. Hasil gas bergantian dari 200 hingga 2000 l/d. Berdasarkan hal ini diasumsikan bahwa setiap rumah tangga dapat memasak antara 1 dan 3 jam. (Kaiser, 2015)



Gambar 2.1 Produksi gas dan konsumsi biogas rata-rata dalam liter per hari

2.6 Evaluasi Biogas

Evaluasi terkait digester biogas ini ditinjau dari beberapa aspek diantaranya kondisi sosial ekonomi pengguna biogas, kondisi lingkungan, serta kesehatan masyarakat. Dari segi sosial tidak berpengaruh banyak akan tetapi dari segi ekonomi dapat menghemat perekonomian masyarakat dengan adanya digester biogas serta dan dari segi lingkungan dapat mengurangi pencemaran emisi gas metan di udara serta dari segi kesehatan dapat menghentikan penyebaran penyakit.

Evaluasi teknis mencakup hal-hal terkait operasional dan perawatan digester, masalah operasional dan cara memperbaikinya, serta kinerja digester biogas itu sendiri.

Upaya perawatan/pemeliharaan digester biogas adalah sebagai berikut (Badan Litbang Pertanian, 2011):

1. Mengisi bahan baku (bahan organik) ke dalam reaktor sesuai kapasitas pengisian setiap hari.
2. Menghindari bahan-bahan pengambat pertumbuhan bakteri (pestisida, desinfektan, air detergen/sabun, shampoo) masuk ke dalam reaktor.
3. Membersihkan peralatan (kompor, lampu, generator listrik), melakukan pemeriksaan jaringan pipa/selang gas dan bagian pengaman secara rutin dalam kurun waktu tertentu.
4. Memanfaatkan lumpur keluaran dari instalasi biogas secara teratur.