

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi tanpa oksigen (anaerob). Komponen dalam biogas terdiri dari metana, karbon dioksida, dan N_2 , O_2 , H_2 , dan H_2S . Biogas dapat dibakar seperti elpiji, dalam skala besar biogas dapat dijadikan sumber energi listrik alternatif ramah lingkungan dan terbarukan. Sumber energi biogas yang utama adalah kotoran ternak sapi, kerbau, babi, dan kuda. Manfaat dari energi biogas itu sendiri adalah sebagai pengganti bahan khususnya minyak tanah dan dipergunakan untuk memasak. Dalam skala besar, biogas dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik. Di samping itu, dari proses produksi energi biogas akan dihasilkan sisa kotoran ternak yang dapat langsung dipergunakan sebagai pupuk organik pada tanaman atau pertanian.

2.2 Komposisi Biogas

Komposisi biogas yang dihasilkan tergantung pada jenis bahan baku yang akan digunakan. Komposisi biogas yang utama adalah gas metana (CH_4) dan gas karbon dioksida (CO_2) dengan sedikit hidrogen sulfida (H_2S). Komponen lainnya yang ditemukan dalam kisaran konsentrasi kecil antara lain senyawa sulfur organik, senyawa hidrokarbon terhalogenasi, gas hidrogen (H_2), gas nitrogen (N_2), gas karbon monoksida (CO) dan gas oksigen (O_2).

Tabel 1. Komposisi Biogas

| Komponen | % |
|-------------------------------------|---------|
| Metana (CH ₄) | 55-75 |
| Karbon dioksida (CO ₂) | 25-45 |
| Nitrogen (N ₂) | 0-0,3 |
| Hidrogen (H ₂) | 1-5 |
| Hidrogen sulfida (H ₂ S) | 0-3 |
| Oksigen (O ₂) | 0,1-0,5 |

(Sumber : Hermawan, dkk, 2007)

2.3 Bahan Baku Pembuatan Biogas

2.3.1 Kotoran sapi

Kotoran sapi adalah limbah hasil pencernaan sapi. Sapi memiliki sistem pencernaan khusus yang menggunakan mikroorganisme dalam sistem pencernaan yang berfungsi untuk mencerna selulosa dan lignin dari rumput berserat tinggi. Oleh karena itu kotoran sapi memiliki kandungan selulosa yang tinggi.

Kotoran sapi sangat cocok sebagai sumber penghasil biogas maupun sebagai biostarter dalam proses fermentasi, karena kotoran sapi tersebut telah mengandung bakteri penghasil gas metan yang terdapat dalam perut hewan ruminansia. (Sufyandi, 2001). Berdasarkan hasil riset yang pernah ada diketahui bahwa setiap 1 kg kotoran ternak berpotensi menghasilkan 36 liter biogas.

Tabel 2. Komposisi unsur dari kotoran sapi :

| Jenis Gas | Kotoran Sapi |
|--|--------------|
| Methana (CH ₄) | 65,7 |
| Karbon Dioksida (CO ₂) | 27,0 |
| Nitrogen (N ₂) | 2.3 |
| Karbon Monoksida (CO) | 0 |
| Oksigen (O ₂) | 0,1 |
| Propena (C ₃ H ₈) | 0,7 |
| Hydrogen Sulfida (H ₂ S) | - |
| Nilai kalori (kkal/m ²) | 6513 |

(Sumber : Sutedjo. 2002)

Selain kandungan selulosa yang tinggi pada kotoran sapi, hal yang harus diperhatikan untuk bahan baku pembuatan biogas adalah kandungan rasio C/N nya. Berikut kandungan rasio C/N kotoran hewan :

Tabel 3. Rasio C/N dalam beberapa jenis kotoran hewan

| Jenis Kotoran | Rasio C/N |
|---------------|-----------|
| Sapi | 18 |
| Kerbau | 18 |
| Kuda | 25 |
| Babi | 25 |
| Kambing/Domba | 30 |
| Ayam | 15 |
| Manusia | 6-10 |

(Sumber : Sutedjo. 2002)

2.3.2 Sekam Padi

Sekam padi merupakan lapisan keras yang merupakan lapisan keras yang meliputi kariopsis yang terdiri dari dua belahan yang disebut lemma dan palea yang saling bertautan. Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan yang dapat digunakan sebagai berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak, dan energy atau bahan bakar. Proses penggilingan padi biasanya diperoleh sekam 20-30%, dedak antara 8-12%, dan beras giling antara 50-63, %.

Tabel 4. Komposisi Kimia Sekam Padi

| Komponen | % Berat |
|------------------------|---------------|
| Kadar air | 32,40 – 11,35 |
| Protein Kasar | 1,70 – 7,26 |
| Lemak | 0,38 – 2,98 |
| Ekstrak Nitrogen Bebas | 24,70 – 38,79 |
| Serat | 31,37 – 49,92 |
| Abu | 13,16 – 29,04 |
| Pentosa | 16,94 – 21,95 |
| Sellulosa | 34,34 – 43,80 |
| Lignin | 21,40 – 46,97 |

(Sumber : Ismunadji,1988)

2.3.3 *Effective Microorganisme (EM-4)*

Teknologi EM-4 merupakan salah satu teknologi pemanfaatan jasad hidup dalam memperbaiki kesuburan tanah, melalui cara kerja dalam tanah dengan menyeimbangkan populasi mikro-organisme yang menguntungkan dan menekan populasi mikroorganisme yang merugikan. (Subadiyasa, 1997:7).

Effective Microorganisme merupakan kultur campuran dari mikroorganisme fermentasi (peragian) dan sintetik (penggabungan) yang bekerja secara sinergis (saling menunjang) untuk memfermentasi bahan organik. Bahan organik tersebut berupa sampah, kotoran ternak, serasah, rumput dan daun-daunan. Melalui proses fermentasi bahan organik diubah kedalam bentuk gula, alkohol dan asam amino. EM-4 pertama kali ditemukan oleh Prof. Teruo Higa dari Universitas Ryukyus Jepang tahun 1905.

Keuntungan dari penambahan EM-4 pada proses pembuatan biogas adalah mempercepat proses fermentasi. Proses fermentasi lebih cepat karena EM-4 terdiri dari bakteri asam laktat (*Lactobacillus* sp), bakteri fotosintetik (*Rhodospseudomonas* sp), *Streptomyces* sp, Ragi (yeast), *Actinomyces*.

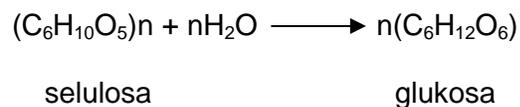
2.4 Proses Pembentukan Biogas

Pada pembuatan biogas bahan baku harus banyak mengandung selulosa. Bahan baku dalam bentuk selulosa akan lebih mudah dicerna oleh bakteri anaerob. (Wiratmana,2012)

Pembentukan biogas secara biologis dengan memanfaatkan sejumlah mikroorganisme anaerob meliputi tiga tahap, yaitu tahap hidrolisis (tahap pelarutan), Tahap asidogenesis (tahap pengasaman), dan tahap metanogenesis (tahap pembentukan gas metana).

1. Tahap Hidrolisis (Tahap Pelarutan)

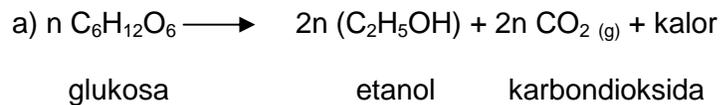
Pada tahap ini bahan yang tidak larut seperti selulosa, polisakarida dan lemak diubah menjadi bahan yang larut dalam air seperti glukosa. Bakteri berperan mendekomposisi rantai panjang karbohidrat, protein dan lemak menjadi bagian yang lebih pendek. Sebagai contoh, polisakarida diubah menjadi monosakarida. Tahap pelarutan berlangsung pada suhu 25°C di digester. Reaksi :



2. Tahap Asidogenesis (Tahap Pengasaman)

Pada tahap ini, bakteri asam menghasilkan asam asetat dalam suasana anaerob. Tahap ini berlangsung pada suhu 25°C di digester (Price dan Cheremisinoff, 1981). Bakteri akan menghasilkan asam yang akan berfungsi untuk mengubah senyawa pendek hasil hidrolisis menjadi asam organik sederhana seperti asam asetat, H₂ dan CO₂, karena itu bakteri ini disebut pula bakteri penghasil asam (acidogen). Bakteri ini merupakan bakteri anaerob yang dapat tumbuh pada keadaan asam. Untuk menghasilkan asam asetat, bakteri tersebut memerlukan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen yang terlarut dalam larutan.

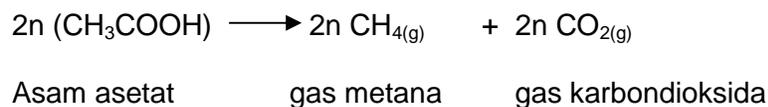
Reaksi:



3. Tahap metanogenesis (tahap pembentukan gas metana)

Pada tahap ini, bakteri metana membentuk gas metana secara perlahan secara anaerob. Proses ini berlangsung selama 14 hari dengan suhu 25°C di dalam digester. Pada proses ini akan dihasilkan 70% CH₄, 30 % CO₂, sedikit H₂ dan H₂S.

Reaksi:



2.5 Gas Metana

Metana ditemukan dan diisolasi oleh Alessandro Volta antara 1776 dan 1778 ketika mempelajari gas rawa dari Lake Maggiore. Kelimpahan metana di alam dan proses pembakarannya yang sempurna, membuat CH_4 menjadi bahan bakar yang sangat baik dan harganya mahal. Akan tetapi, karena wujudnya yang berupa gas pada temperatur dan tekanan normal, CH_4 sangat sulit untuk dipindahkan dari tempat asalnya. Dalam bentuk gas alam, CH_4 biasanya dialirkan dengan menggunakan pipa atau kendaraan pembawa LNG.

Metana adalah hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas dengan rumus kimia CH_4 . Metana murni tidak berbau, tapi jika digunakan untuk keperluan komersial, biasanya ditambahkan sedikit bau belerang untuk mendeteksi kebocoran yang mungkin terjadi. Sebagai komponen utama gas alam, metana adalah sumber bahan bakar utama. Pada suhu ruangan dan tekanan standar, metana adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau. Metana tidak beracun, tapi sangat mudah terbakar dan dapat menimbulkan ledakan apabila bercampur dengan udara.

Gas metana merupakan gugus alkana sehingga mudah mengalami reaksi pembakaran sempurna dengan oksigen menghasilkan gas karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O) dengan reaksi:



Pembentukan gas metana melibatkan mikroba yang sangat kompleks, dan secara bertahap akan merombak bahan organik di dalam limbah cair atau

limbah padat hingga dihasilkan gas metana. Perombakan ini terjadi dalam kondisi tanpa oksigen (O_2) yang disebut kondisi anaerob. Mikroorganisme ini secara alami terdapat pada kotoran ternak terutama pada kotoran sapi. Itulah sebabnya teknologi biogas dapat dimanfaatkan secara penuh di lingkungan pedesaan, dimana limbah pertanian dan peternakan diperoleh secara melimpah.

2.6 Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses pembuatan biogas, antara lain faktor pengenceran, jenis bakteri, derajat kesamaan (pH), suhu, keberadaan bahan-bahan yang berpotensi menghambat pertumbuhan bakteri serta perbandingan antara karbon (C) dan nitrogen (N) bahan.

1. Pengenceran bahan baku pembuatan biogas

Karakteristik utama dari bahan baku yang dapat diolah menjadi biogas adalah adanya kandungan rasio C-N. Rasio C-N tersebutlah yang mempengaruhi kualitas dari biogas.

Bahan baku pembuatan perlu diencerkan. Umumnya pengenceran bahan baku dilakukan dengan perbandingan 1:1 sampai 2 antara bahan baku : air.

2. Jenis bakteri

Ada dua kelompok yang berpengaruh pada pembuatan biogas yaitu bakteri-bakteri pembentuk asam dan bakteri pembentuk gas metana. Bakteri ini memecah bahan organik menjadi asam-asam lemak. Asam-

asam lemak hasil penguraian oleh bakteri asam kemudian diuraikan lebih lanjut menjadi biogas oleh bakteri metana. Jenis-jenis bakteri ini sudah terdapat dalam kotoran-kotoran hewan yang digunakan.

3. Derajat kesamaan (pH)

Derajat kesamaan juga mempengaruhi kerja dari mikroba yang ada dalam digester. pH yang terlalu asam atau terlalu basa sangat mempengaruhi kerja mikroba ini. pH antara 6.8 sampai 8 merupakan pH optimum dalam proses pembentukan biogas.

4. Suhu

Suhu lingkungan juga sangat menentukan aktif tidaknya bakteri yang berperan dalam pembuatan biogas. Perkembangbiakan bakteri sangat dipengaruhi oleh suhu. Suhu yang terlalu tinggi atau rendah dapat menyebabkan kurang atau tidak aktifnya mikroba penghasil biogas, sehingga kurang baik untuk proses pembentukan biogas. Suhu yang baik adalah kisaran 32-37°C merupakan suhu yang baik untuk pembentukan biogas.

5. Perbandingan C dan N bahan

Perbandingan karbon (C) dan nitrogen (N) yang terkandung dalam bahan organik yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan biogas sangat menentukan kehidupan dan aktivitas mikroorganisme.

2.7 Kondisi Optimum

Kondisi operasi harus dikontrol dengan cermat supaya proses pencernaan anaerobik dapat berlangsung secara optimal. Sebagai contoh pada derajat keasaman (pH), pH harus dijaga pada kondisi optimum yaitu antara 7 – 7,2. Hal ini disebabkan apabila pH turun akan menyebabkan perubahan substrat menjadi biogas terhambat sehingga mengakibatkan penurunan kuantitas biogas. Nilai pH yang terlalu tinggi pun harus dihindari, karena akan menyebabkan produk akhir yang dihasilkan adalah CO₂ sebagai produk utama. Begitu pula dengan nutrisi, apabila rasio C/N tidak dikontrol dengan cermat, maka terdapat kemungkinan adanya nitrogen berlebih (terutama dalam bentuk amonia) yang dapat menghambat pertumbuhan dan aktivitas bakteri, (Beni Hermawan, 2007).

Tabel 5. Kondisi Optimum Produksi Biogas

| Parameter | Kondisi Optimum |
|----------------------------|------------------|
| Suhu | 35°C |
| Derajat Keasaman | 7-7,2 |
| Nisbah Karbon dan Nitrogen | 20/1 sampai 30/1 |
| Sulfida | < 200 mg/L |
| Logam-logam Berat Terlarut | < 1 mg/L |
| Sodium | < 5000 mg/L |
| Kalsium | < 2000 mg/L |
| Magnesium | < 1200 mg/L |
| Ammonia | < 1700 mg/L |

(Sumber : Sutedjo. 2002)

2.8 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas

Beberapa hal yang mempengaruhi produksi gas CH₄ didalam biogas, antara lain :

1. Perbandingan C-N Bahan Isian

Karakteristik utama dari bahan baku yang dapat diolah menjadi biogas adalah adanya kandungan rasio C-N. Rasio C-N tersebutlah yang mempengaruhi kualitas dari biogas.

Rasio C-N adalah perbandingan kadar karbon (C) dan kadar Nitrogen (N) dalam satuan bahan. Semua makhluk hidup terbuat dari sejumlah besar bahan Karbon (C) dan Nitrogen (N) dalam jumlah kecil. Untuk menjamin semuanya berjalan lancar, unsur-unsur nutrisi yang dibutuhkan mikroba harus tersedia secara seimbang. Syarat ideal untuk proses ini adalah rasio C/N = 25 – 30.

2. Lama Fermentasi

Secara umum bahwa proses fermentasi atau pencernaan limbah ternak di dalam tangki pencerna dapat berlangsung 60-90 hari. Lama fermentasi berpengaruh terhadap pembentukan biogas karena jika waktu fermentasi belum mencukupi biogas tidak akan terbentuk. Menurut Sridiyanti (2014) biogas hanya berlangsung 60 hari saja dengan terbentuknya biogas pada hari ke-5 atau ke-10 dengan suhu pencernaan 28°C.

3. Temperatur

Temperatur yang tinggi akan memberikan hasil biogas yang baik. Namun suhu tersebut sebaiknya tidak boleh melebihi suhu kamar. Bakteri ini hanya dapat subur bila suhu disekitarnya berada pada suhu kamar. Suhu yang baik untuk proses pembentukan biogas berkisar antara 20-40^oC dan suhu optimum antara 28-30^oC (Paimin, 2001). Temperatur selama proses berlangsung sangat penting karena hal ini berkaitan dengan kemampuan hidup bakteri pemroses biogas, yaitu berkisar 27^oC-28^oC. Dengan temperatur itu proses pembuatan biogas akan berjalan sesuai dengan waktunya. Tetapi berbeda bila temperatur terlalu rendah (dingin), maka waktu untuk membentuk biogas akan lebih lama (Paimin, 2000).

4. PH

PH harus dijaga pada kondisi optimum yaitu antara 6,5 – 7. PH tidak boleh di bawah 6,2. Hal ini disebabkan apabila pH turun akan menyebabkan perubahan substrat menjadi biogas terhambat sehingga mengakibatkan penurunan kuantitas biogas. Nilai pH yang terlalu tinggi pun harus dihindari, karena akan menyebabkan produk akhir yang dihasilkan adalah CO₂ sebagai produk utama.

5. Kandungan Bahan Kering

Bahan isian dalam pembuatan biogas harus berupa bubur. Bentuk bubur ini dapat diperoleh bila bahan bakunya mempunyai kandungan air yang tinggi. Bahan baku dengan kadar air yang rendah dapat dijadikan berkadar air tinggi dengan menambahkan air ke dalamnya dengan

perbandingan tertentu sesuai dengan kadar bahan kering bahan tersebut. Bahan baku yang paling baik mengandung 7-9 % bahan kering (Paimin, 2000). Aktivitas normal dari mikroba metan membutuhkan sekitar 90% air dan 7-10% bahan kering dari bahan masukan untuk fermentasi.

Kandungan bahan kering dari bahan baku isian biasanya dicampur dengan air dengan perbandingan tertentu. Misalnya kotoran sapi, mempunyai kadar bahan kering 18%. Agar diperoleh kandungan bahan isian sebesar 7-9% bahan kering, bahan baku tersebut perlu diencerkan dengan air dengan perbandingan 1 : 1 atau 1 : 1,5.

2.9 Komponen Pada Biodigester

Komponen pada biodigester juga sangat bervariasi, tergantung pada jenis biodigester yang digunakan. Tetapi secara umum biodigester terdiri dari komponen-komponen utama sebagai berikut:

1. *Saluran masuk slurry (kotoran segar)*

Saluran ini digunakan untuk memasukkan *slurry* (campuran kotoran ternak atau limbah lain dan air) ke dalam reaktor utama. Pencampuran ini berfungsi untuk memaksimalkan potensi biogas, memudahkan pengaliran, serta menghindari terbentuknya endapan pada saluran masuk.

2. *Saluran keluar residu*

Saluran ini digunakan untuk mengeluarkan kotoran yang telah difermentasi oleh bakteri. Saluran ini bekerja berdasarkan prinsip kesetimbangan tekanan hidrostatik. Residu yang keluar pertama kali

merupakan *slurry* masukan yang pertama setelah waktu retensi. *Slurry* yang keluar sangat baik untuk pupuk karena mengandung kadar nutrisi yang tinggi.

3. *Katup pengaman tekanan (control valve)*

Katup pengaman ini digunakan sebagai pengatur tekanan gas dalam biodigester. Katup pengaman ini menggunakan prinsip pipa T. Bila tekanan gas dalam saluran gas lebih tinggi dari kolom air, maka gas akan keluar melalui pipa T, sehingga tekanan dalam biodigester akan turun.

4. *Sistem pengaduk*

Pengadukan dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu pengadukan mekanis, sirkulasi substrat biodigester, atau sirkulasi ulang produksi biogas ke atas biodigester menggunakan pompa. Pengadukan ini bertujuan untuk mengurangi pengendapan dan meningkatkan produktifitas biodigester karena kondisi substrat yang seragam.

5. *Saluran gas*

Saluran gas ini disarankan terbuat dari bahan polimer untuk menghindari korosi. Untuk pembakaran gas pada tungku, pada ujung saluran pipa bisa disambung dengan pipa baja anti karat.

6. *Tangki penyimpan gas*

Terdapat dua jenis tangki penyimpan gas, yaitu tangki bersatu dengan unit reaktor (*floating dome*) dan terpisah dengan reaktor (*fixed dome*). Untuk tangki terpisah, konstruksi dibuat khusus sehingga tidak bocor dan tekanan yang terdapat dalam tangki seragam.