

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pengertian Biogas

Biogas merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau yang dihasilkan melalui proses fermentasi bahan-bahan organik dalam kondisi tanpa kehadiran oksigen, Biogas bersifat mudah terbakar, dan mempunyai kandungan gas metana sekitar 50-70%, Mempunyai nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu sekitar 6.400 sampai dengan 6.600 kcal/m³, Kandungan 1M³ setara dengan 0,62 Kg minyak tanah atau 0,46 liter LPG” (KESDM, 2014). Menurut (Simamora dkk., 2006) biogas adalah campuran beberapa gas yang tergolong bahan bakar hasil fermentasi dari bahan organik dalam kondisi anaerob dan yang dominan adalah metana (CH₄) dan gas karbondioksida (CO₂).

Hermawan dkk (2007) mengatakan komposisi utama biogas adalah gas metana (CH₄) sekitar 55-75% dan gas karbon dioksida (CO₂) sebesar 25-45% Komponen lainnya yang ditemukan dalam kisaran konsentrasi lebih kecil antara lain hidrogen sulfida (H₂S), senyawa sulfur organik, senyawa hidrokarbon terhalogenasi, gas karbon monoksida (CO) gas hidrogen (H₂), gas nitrogen (N₂) dan gas oksigen (O₂).

Tabel II. 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)

II.2 Manfaat Biogas

Energi yang berasal dari Biogas memiliki berbagai manfaat, yang paling umum di Indonesia adalah sebagai pengganti bahan bakar minyak tanah atau gas elpiji untuk keperluan memasak. Manfaat lain biogas adalah sebagai pembangkit

energi listrik dan sisa produksi biogas dapat langsung dipergunakan sebagai pupuk organik pada tanaman/budidaya pertanian. Sri Wahyuni (2008) menyatakan limbah biogas, yaitu kotoran ternak yang telah hilang gasnya (slurry) merupakan pupuk organik yang sangat kaya akan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman, nilai kalori dari satu meter kubik biogas sekitar 6.000 watt jam yang setara dengan setengah liter minyak diesel. Sehingga biogas sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah, Liquefied Petroleum Gas (LPG), butana, batubara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil . Biogas memiliki kesetaraan dengan bahan bakar lain seperti terlihat dari Tabel 3 berikut ini.

Tabel II. 2 Biogas dibandingkan dengan bahan bakar lain

Biogas	Bahan Bakar Lain
1 m^3 Biogas	• Elpiji 0,46 kg
	• Minyak Tanah 0,62 liter
	• Minyak Solar 0,52 liter
	• Bensin 0,80 liter
	• Gas kota 1,50 m ³
	• Kayu Bakar 3,50 kg

Sumber : Sri wahyuni, 2008

Hanif (2010) mengatakan bahwa energi yang terkandung dalam 1 M^3 biogas sebesar 2.000-4.000 kkal atau dapat memenuhi kebutuhan memasak bagi satu keluarga (4-5 orang) selama 3 jam. Menurut Sunaryo (2014) untuk memasak 1 liter air dibutuhkan $0,04 \text{ M}^3$ biogas dalam waktu 10 menit. Untuk menanak 0,5 Kg beras dibutuhkan rata-rata $0,15 \text{ M}^3$ biogas dalam 30 menit. Penggunaan sehari-hari dalam rumah tangga membutuhkan gas rata-rata 3 M^3 .

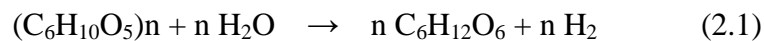
II.3 Proses Pembentukan Biogas

Berbagai macam sisa sayuran, buah buahan, sampah organik dan kotoran ternak adalah bahan penghasil biogas. Proses pembentukan biogas dilakukan secara fermentasi. Proses fermentasi ini memerlukan waktu 7 sampai 10 hari untuk menghasilkan biogas dengan suhu optimum 35°C dan pH optimum pada range 6,4 – 7,9. Ada 3 tahap reaksi kimia pembuatan biogas yaitu :

1. Reaksi Hidrolisa / Tahap pelarutan

Tahap hidrolisis ini bahan yang tidak mudah larut seperti lemak, selulosa, polisakarida, protein, asam nukleat dan lain- lain akan dipecah secara enzimatik menjadi bahan yang mudah larut dalam air seperti karbohidrat dan asam lemak. Tahap pelarutan berlangsung pada suhu 25°C di digester.

Reaksi hidrolisis:

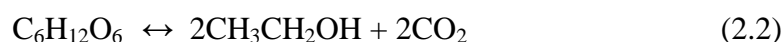


Reaksi pada persamaan (2.1) adalah reaksi selulosa ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$) ditambah air (H_2O) akan membentuk glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) sebagai produk utama dan melepaskan gas hidrogen (H_2).

2. Reaksi Asidogenik / Tahap pengasaman

Price dan Cheremisinoff (1981) Menyatakan bahwa tahap ini bakteri menghasilkan asam merupakan bakteri anaerobik yang dapat tumbuh dan berkembang pada keadaan asam. Pembentukan asam dalam kondisi anaerob sangat penting untuk membentuk gas metan oleh mikroorganisme pada proses selanjutnya. Pada suasana anaerobik produk yang dihasilkan ini akan menjadi substrat pada pembentukan gas metan oleh bakteri metanogenik. Tahap ini berlangsung pada suhu 25°C hingga 30°C di digester.

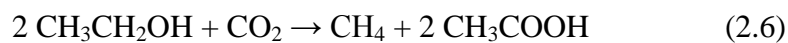
Reaksi asidogenik senyawa glukosa adalah sebagai berikut :



Reaksi tahap pembentukan asam ditunjukkan dalam persamaan (2.2) dan (2.3). Persamaan (2.2) menyatakan bagaimana glukosa diubah menjadi etanol, sedangkan persamaan (2.3) menunjukkan bagaimana glukosa diubah menjadi propionat.

3. Reaksi Metanogenik / Tahap Pembentukan Gas Metana

Bakteri metanogenik pada tahap ini akan membentuk gas metana secara perlahan. Bakteri penghasil asam dan gas metan bekerja secara simbiosis. Bakteri penghasil asam membentuk keadaan atmosfer yang ideal untuk bakteri penghasil metan, sedangkan bakteri pembentuk gas metan menggunakan asam yang dihasilkan bakteri penghasil asam. Proses ini berlangsung selama 14 hari dengan suhu 25°C hingga 35°C di dalam digester. Pada proses ini akan dihasilkan 50%-70% CH₄, 30 % CO₂, sedikit H₂ dan H₂S (Price dan Cheremisinoff, 1981). Reaksi metanogenik dapat dinyatakan sebagai berikut:



Persamaan (2.4) menunjukkan konversi asam asetat (CH₃COOH) menjadi metan (CH₄) dan karbondioksida (CO₂). CO₂ yang terbentuk direduksi menjadi CH₄ melalui gas H₂ pada Persamaan lima (2.5) dan terakhir persamaan (2.6) menunjukkan produksi CH₄ melalui dekarboksilasi CH₃CH₂OH.

Jenis bakteri dan substrat penghasil gas metan pada reaksi pembentukan metana ditunjukkan pada Tabel II.3.

Tabel II. 3 Berbagai macam bakteri penghasil metan dan substatnya

Bakteri	Substrat	Produk
<i>Methanobacterium formicum</i>	CO H ₂ + CO ₂ Formate	CH ₄
<i>Methanobacterium mobilis</i>	H ₂ + CO ₂ Formate	CH ₄
<i>Methanobacterium propionicum</i>	Propionate	CO ₂ + Acetate
<i>Methanobacterium ruminantium</i>	Formate H ₂ + CO ₂	CH ₄
<i>Methanobacterium sohngeii</i>	Acetate butyrate	CH ₄ + CO ₂
<i>Methanobacterium suboxydans</i>	Caproate dan butyrate	Propionate dan Acetate
<i>Methanococcus mazei</i>	Acetate dan Butyrate	CH ₄ + CO ₂
<i>Methanobacterium vanniellii</i>	H ₂ + CO ₂ Formate	CH ₄
<i>Methanosarcina barkeri</i>	H ₂ + CO ₂ Methanol	CH ₄
	Acetate	CH ₄
		CH ₄ + CO ₂
<i>Methanobacterium methanica</i>	Acetate Butyrate	CH ₄ + CO ₂
<i>Methanococcus mazei</i>	Acetate dan Butyrate	CH ₄ + CO ₂
<i>Methanobacterium vanniellii</i>	H ₂ + CO ₂ Formate	CH ₄

Sumber : Khandelwal, 1978

II.4 Bahan Penghasil Biogas

Fischer dan Krieg (2000) menyatakan sebagian besar sampah organik alami dapat diproses menjadi biogas kecuali lignin. Digester anaerobik dapat menggunakan bahan organik dalam jumlah yang besar sebagai bahan masukan, seperti kotoran manusia, tanaman, sisa proses makanan, dan sampah lainnya atau dapat mencampurkan dari satu atau lebih kombinasi sampah tersebut. Kotoran hewan lebih sering dipilih sebagai bahan pembuat biogas karena ketersediaannya yang sangat besar. Bahan ini memiliki keseimbangan nutrisi, mudah diencerkan, dan relatif dapat diproses secara biologi.

Menurut Fischer dan Krieg, (2000) kisaran pemrosesan secara biologi antara 28 – 70 % dari bahan organik tergantung dari pakannya. Sebagai contoh persentase silase dari tanaman jagung yang ditingkatkan sebagai pakan, mengurangi kemampuan biodegradasi, karena silase mengandung persentase lignoselulosa yang tinggi. Selain itu kotoran segar lebih mudah diproses

dibandingkan dengan kotoran yang lama dan atau telah dikeringkan, disebabkan karena hilangnya substrat volatil solid selama waktu pengeringan.

Bahan-bahan yang memiliki C/N ratio yang tinggi seperti gandum dan jerami padi dapat digunakan dengan cara dicampur dengan kotoran hewan dan manusia. Bahan-bahan tersebut sebaiknya diperkecil ukuran fisiknya dengan cara dipotong-potong dan dengan pengomposan terlebih dahulu agar proses fermentasi lebih mudah. The Pembina Institute (2006) memperkirakan produksi kotoran dari beberapa jenis hewan ternak (Tabel II.4).

Tabel II. 4 Produksi kotoran dari beberapa jenis ternak

Jenis Ternak	Bobot Ternak per Ekor	Produksi Kotoran (kg/hari)	% Bahan Kering
Sapi Betina potong	520	29	12
Sapi Betina perah	640	50	14
Ayam petelur	2	0.1	26
Ayam pedaging	1	0.06	25
Babi Dewasa	90	7	9
Domba	40	2	26

II.5 Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Biogas

Berikut ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi produksi biogas :

a. Laju pembebanan (*Loading rate*).

Loading rate atau laju pembebanan adalah material organik yang diumpankan / dimasukkan kedalam digester biogas. Laju pembebanan yang stabil akan membuat proses biologis oleh mikroba pengurai didalam digester menjadi optimal.

b. Konsentrasi substrat (*Chemical Oxygen Demand*).

Pada saat perencanaan pembuatan digester perlu mengetahui bahan yang akan dimasukkan nantinya memiliki nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD). Kandungan COD yang rendah akan membutuhkan volume digester yang besar.

c. **Kandungan asam lemak organik (*Volatile fatty acid*).**

Konsentrasi asam lemak (*Volatile fatty acid*) yang tinggi akan menyebabkan turunnya pH reaktor dan akan membuat terbentuknya asam lemak rantai panjang. Batas konsentrasi asam asetat yang dapat ditoleransi adalah dibawah 10 mg/L; diatas batas tersebut menyebabkan rusaknya sistem biologi .

d. **Alkalinitas.**

Alkalinitas berguna untuk menetralkan/mengimbangi fluktuasi konsentrasi asam didalam reaktor, sehingga fluktuasi pH tidak terlalu besar dan tidak sampai mengakibatkan gangguan pada stabilitas reactor.

e. **Derajat keasaman (pH)**

Derajat keasaman (pH) yang baik untuk operasi adalah 6,0 – 7,5. Bakteri pada pH lebih rendah dari 5,0 dan lebih tinggi dari 8,5 pertumbuhannya sering terhambat.

f. **Rasio C/N**

Rasio C/N merupakan indikator yang penting dalam proses biogas. Rasio C/N adalah perbandingan jumlah atom karbon (C) dibagi dengan atom nitrogen (N). Mikroba yang ada di dalam digester memerlukan karbon dan nitrogen. Pada saat nitrogen berlebihan, mikroba di dalam digester akan terganggu pertumbuhannya. Menurut Ambar (2016) rasio C/N dari beberapa bahan organik dapat dilihat berikut ini

Tabel II. 5 Rasio C/N beberapa bahan organik

Bahan organik	N dalam %	C/N
Kotoran manusia	6	5,9-10
Kotosan sapi	1,7	16,6-25
Kotoran babi	3,8	6,2-12,5
Kotoran ayam	6,3	5-7,1
Kotoran kuda	2,3	25
Kotoran domba	3,8	33
Jerami	4	12,5-25
Lucemes	2,8	16,6
Alga	1,9	100
Gandum	1,1	50
Serbuk jerami	0,5	100-125
Ampas tebu	0,3	140
Serbuk gergaji	0,1	200-500
Kol	3,6	12,5
Tomat	3,3	12,5
Mustard (Runch)	1,5	25
Kulit kentang	1,5	25
Sekam	0,6	67
Bonggol Jagung	0,8	50
Daun yang gugur	1	50
Batang kedelai	1,3	33
Kacang toge	0,6	20

g. Temperatur (Suhu).

Temperatur/suhu merupakan indikator yang penting dalam merubah zat organik polimer menjadi senyawa yang lebih sederhana. Ada dua interval temperatur yaitu Termofilik (40° – 60° C) dan Mesofilik (25° – 40° C). Temperatur optimal didalam digester adalah 30° – 35° C.

h. Senyawa racun dan penghambat.

Ada 2 jenis inhibitor/senyawa penghambat yaitu penghambat fisik dan penghambat kimia. Penghambat fisik adalah temperature, sedangkan penghambat kimia antara lain logam berat, antibiotik dan *Volatile Fatty Acid* (VFA) .

II.6 Digester Biogas

Digester adalah tempat bahan bahan organik diurai oleh bakteri secara anaerob (tanpa udara) menjadi gas CH_4 dan CO_2 . Pembuatan digester harus

dirancang secara cermat agar proses fermentasi anaerob dapat berjalan dengan baik”.



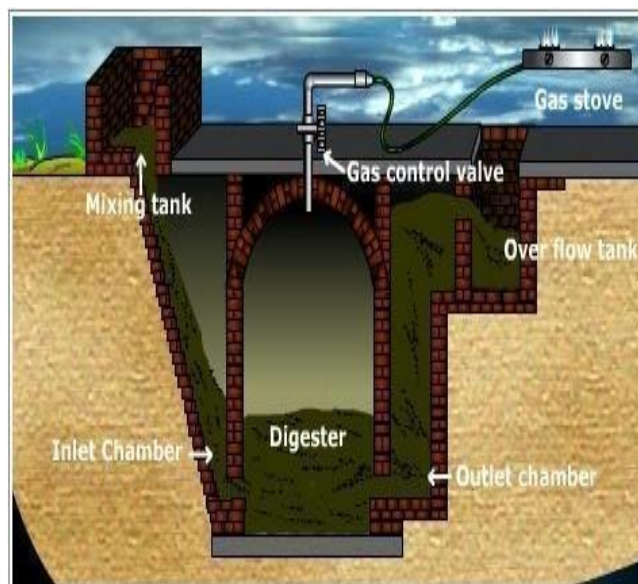
Gambar 0.1 Digester biogas

II.6.1 Jenis jenis digester biogas

Bentuk atau konstruksi Digester dibedakan menjadi:

a. **Reaktor kubah tetap (*Fixed Dome*)**

Digester jenis ini mempunyai bentuk seperti kubah dan volum tetap. Bentuk dari digester ini dapat dilihat pada Gambar II.2.



Gambar 0.2 Digester tipe fixed dome

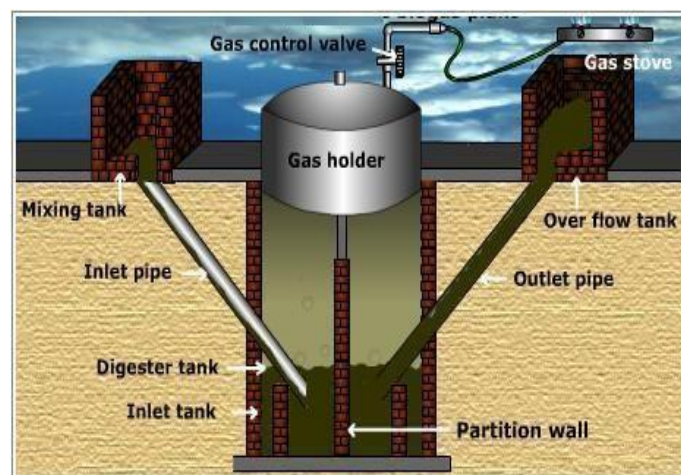
Bentuk digester jenis kubah tetap banyak dipakai di Indonesia karena memiliki beberapa keunggulan dari bentuk lainnya.

Tabel II. 6 Kelebihan dan kekurangan digester jenis kubah tetap

Kelebihan	Kekurangan
<ol style="list-style-type: none"> 1. Konstruksi sederhana dan dapat dikerjakan dengan mudah. 2. Biaya konstruksi rendah. 3. Tidak ada bagian yang bergerak. 4. Dapat dipilih dari material yang tahan karat. 5. Umurnya panjang. 6. Dapat dibuat didalam tanah sehingga menghemat tempat. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bagian dalam digester tidak terlihat (khususnya yang dibuat di dalam tanah) sehingga kebocoran tidak terdeteksi. 2. Tekanan gas berfluktuasi dan bahkan fluktuasinya sangat tinggi. 3. Temperatur digester rendah

b. *Floating Dome* (Kubah Apung)

Bentuk digester ini terdiri dari satu digester dan penampung gas yang bisa bergerak. Penampung gas ini akan bergerak keatas ketika gas bertambah dan turun lagi ketika gas berkurang.



Gambar 0.3 Digester tipe floating dome

c. **Reaktor balon**

Digester balon terbuat dari plastik dan bentuknya sederhana. Reaktor atau digester ini memiliki keunggulan yaitu biaya pembuatan



Gambar 0.4 Digester tipe balon

murah, mudah dibersihkan dan mudah dipindahkan. Kelemahan bentuk digester ini adalah waktu pakai relatif singkat dan mudah mengalami kerusakan.

d. **Reaktor Dari Bahan *Fiber Glass***

Bentuk dari digester ini sama dengan digester balon, yang berbeda hanya bahan yang digunakan yaitu dari bahan *fiberglass*. Digester ini memiliki kelebihan sangat efisien karena sangat kedap, ringan dan kuat.



Gambar 0.5 Digester tipe fixed dome

II.6.2 Tipe digester biogas

Terdapat dua tipe digester yaitu tipe *Batch* dan aliran *Continuous*.

a. Tipe *Batch*

Pada tipe *Batch*, bahan organik ditempatkan di tanki tertutup dan diproses secara anaerobik selama 2 – 6 bulan tergantung pada jumlah bahan yang dimasukkan . Rasio C/N harus dikontrol dengan baik pada awal proses, karena sulit untuk memperbaiki bila digester sudah mulai memproses. Tipe *Batch* digunakan untuk mengetahui kemampuan bahan yang diproses sebelum unit yang besar dibangun .

Menurut Meynell (1976) Tipe *Batch* memiliki keuntungan lain yaitu dapat digunakan ketika bahan tersedia pada waktu-waktu tertentu dan bila memiliki kandungan padatan tinggi (25%). Bila bahan berserat sulit untuk diproses, tipe *Batch* akan lebih cocok dibanding tipe aliran kontinyu (*continuous flow*), karena lama proses dapat ditingkatkan dengan mudah. Bila proses terjadi kesalahan, misalnya karena bahan beracun, proses dapat dihentikan dan dimulai dengan yang baru”.

b. Tipe Aliran Kontinyu (*Continuous Flow*)

Pada tipe aliran kontinyu bahan dimasukkan ke dalam digester secara teratur pada satu ujung dan setelah melalui jarak tertentu, keluar di ujung yang lain. Tipe ini dapat mengatasi masalah pada proses pemasukan dan pengosongan pada tipe *Batch*.

II.7 Komponen Utama Reaktor Biogas

Suatu konstruksi rector biogas umumnya memiliki 4 komponen utama yaitu

a. Ruang *digestion* (Ruang fermentasi)

Ruangan ini berfungsi tempat terjadinya fermentasi anaerobic, kedap udara dan dapat juga dilengkapi dengan penampung biogas .

b. Saluran masuk slurry (bahan organik).

c. Tangki penyimpan biogas

d. Saluran keluar residu (*Sludge*)

II.8 Komponen Pendukung Digester

Beberapa komponen pendukung digester biogas antara lain:

a. Katup Pengaman Tekanan (*control valve*)

Katup pengaman berfungsi untuk pengaman digester pada saat terjadi lonjakan tekanan biogas.

b. Sistem Pengaduk

Tujuan pengadukan adalah untuk menjaga material padat tidak mengendap pada dasar digester, konsentrasi merata dan memberikan kemungkinan seluruh material mengalami proses fermentasi anaerob secara merata serta mempermudah pelepasan gas yang dihasilkan oleh bakteri menuju ke bagian penampung biogas.

c. Saluran biogas

Saluran biogas berfungsi untuk mengalirkan biogas yang dihasilkan digester.

