

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Biogas

Biogas merupakan bahan bakar gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), atau degradasi anaerobik bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerobik. Metana dalam biogas, bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada batubara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit.

### 2.2 Karakteristik Biogas

Biogas didefinisikan sebagai gas yang dilepaskan jika bahan-bahan organik (seperti kotoran hewan, kotoran manusia, jerami, sekam, dan sayur-sayuran) difermentasi atau mengalami proses metanisasi. Biogas terdiri dari campuran metana (50-75%) CO<sub>2</sub> (25-45%), serta sejumlah kecil H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>S.

Tabel 1. Komposisi gas dalam biogas

No	Jenis gas	Campuran Kotoran + Sisa Pertanian	Kotoran Sapi
1	Methana (CH <sub>4</sub> )	54-70%	65,7%
2	Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	27-45%	27,0%
3	Nitrogen (N <sub>2</sub> )	0,5-3%	2,3%
4	Karbon Monoksida (CO)	0,1%	0,0%
5	Oksigen (O <sub>2</sub> )	0,1%	1,0%
6	Propen (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	-	0,7%
7	Hidrogen sulfida (H <sub>2</sub> S)	Sedikit sekali	Tidak teratur
8	Nilai kalori (Kcal/m <sup>3</sup> )	4800-6700	6513

Sumber : [www.komposisi.biogas.2009](http://www.komposisi.biogas.2009)

Biogas merupakan campuran gas yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik yang terjadi pada material-material yang dapat terurai secara alami dalam kondisi anaerobik, pada umumnya biogas terdiri atas gas metana ( $\text{CH}_4$ ) 50 sampai 70 %, gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) 30 sampai 40%, hidrogen ( $\text{H}_2$ ) 5 sampai 10%, dan gas-gas lainnya dalam jumlah yang sedikit (Sri Wahyuni, 2009). Komposisi gas yang terkandung di dalam biogas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. komposisi Biogas

Komponen	% volum
Metana ( $\text{CH}_4$ )	55-75
Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ )	25-45
Nitrogen ( $\text{N}_2$ )	0-0.3
Hidrogen ( $\text{H}_2$ )	1-5
Hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ )	0-3
Oksigen ( $\text{O}_2$ )	0.1-0.5

Sumber : [www.herman.B.dkk.2007](http://www.herman.B.dkk.2007)

### 2.2.1 Hubungan Antara Biogas Dengan Lingkungan Hidup

Biogas mempunyai keunggulan dibandingkan dengan Bahan Bakar Minyak (BBM) yang berasal dari fosil. Sifatnya yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui merupakan keunggulan dari biogas, Bahan bakar fosil selama ini diisukan menjadi penyebab dari pemanasan global. Bahan bakar fosil yang pembakarannya tidak sempurna dapat menyebabkan gas  $\text{CO}_2$  naik kepermukaan bumi. Hal tersebut menyebabkan tingginya suhu di atas permukaan bumi seperti yang terjadi pada saat ini. Biogas sebagai salah satu energi alternatif skala rumah tangga yang ramah lingkungan dipastikan dapat menggantikan bahan bakar fosil yang keberadaannya semakin hari semakin terbatas.

Sastrosupeno (1984), mengatakan bahwa lingkungan hidup, yaitu apa saja yang mempunyai kaitan kehidupan pada umumnya dan kehidupan manusia pada khususnya. Manusia mempunyai hubungan dengan lingkungan lainnya seperti hewan, tumbuh-tumbuhan dan benda/alat, termasuk hal-hal yang merugikan

lingkungan. Pencemaran lingkungan hidup tidak hanya dalam bentuk pencemaran fisik seperti pencemaran udara, pencemaran air, pencemaran tanah tetapi juga pencemaran lingkungan sosial yang seringkali menimbulkan keresahan sosial yang gawat (Haeruman, 1978).

Kurangnya pendekatan-pendekatan yang serasi terhadap kebutuhan-kebutuhan masyarakat lokal, seringkali menimbulkan keresahan-keresahan yang dapat mengganggu kelangsungan pembangunan daerah itu sendiri. Mutu lingkungan dapat diartikan sebagai derajat pemenuhan kebutuhan dasar dalam kondisi lingkungan. Semakin tinggi derajat pemenuhan kebutuhan dasar itu, semakin tinggi pula mutu lingkungan dan begitu juga sebaliknya semakin rendahnya pemenuhan kebutuhan dasar maka semakin buruk mutu lingkungan.

### 2.2.2 Manfaat Biogas

Manfaat energi biogas adalah menghasilkan gas metan sebagai pengganti bahan bakar khususnya minyak tanah dan dapat dipergunakan untuk memasak. Dalam skala besar, biogas dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik. Di samping itu, dari proses produksi biogas akan dihasilkan sisa kotoran ternak yang dapat langsung dipergunakan sebagai pupuk organik pada tanaman/budidaya pertanian. Manfaat energi biogas yang lebih penting lagi adalah mengurangi ketergantungan terhadap pemakaian bahan bakar minyak bumi yang tidak bisa diperbaharui. Menurut (Sri Wahyuni, 2008) 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 oleh karena itu, 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. Kesetaraan biogas dapat dilihat dari Tabel 3 berikut ini.

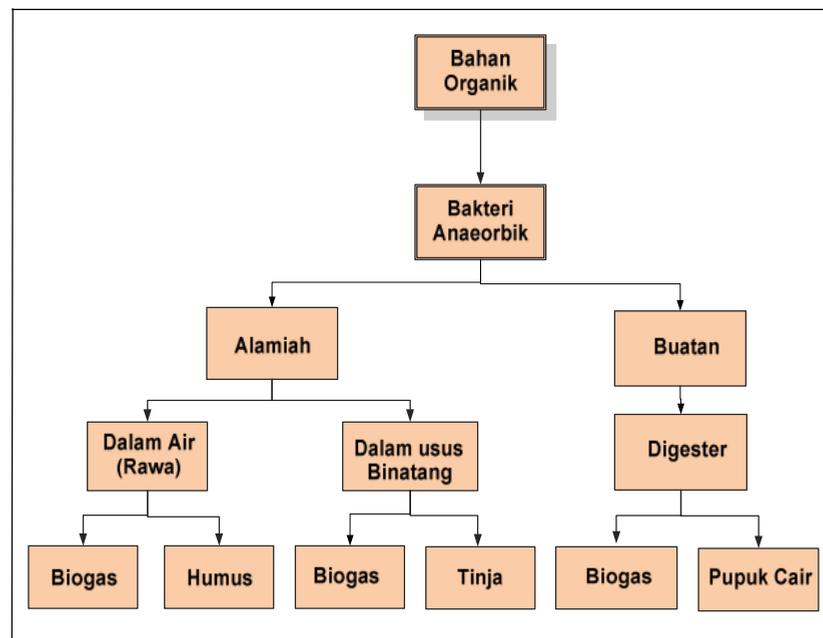
Tabel 3. Biogas dibandingkan dengan bahan bakar lain

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

Sumber : Sri wahyuni, 2008

### 2.3 Digestifikasi Anaerobik

Digestifikasi anaerobik adalah proses pembusukan bahan organik oleh bakteri anaerobik pada kondisi tanpa udara, yang menghasilkan biogas dan pupuk cair. Ada dua jenis digestifikasi anaerobik, yaitu alamiah dan buatan, seperti terlihat pada Gambar 1.

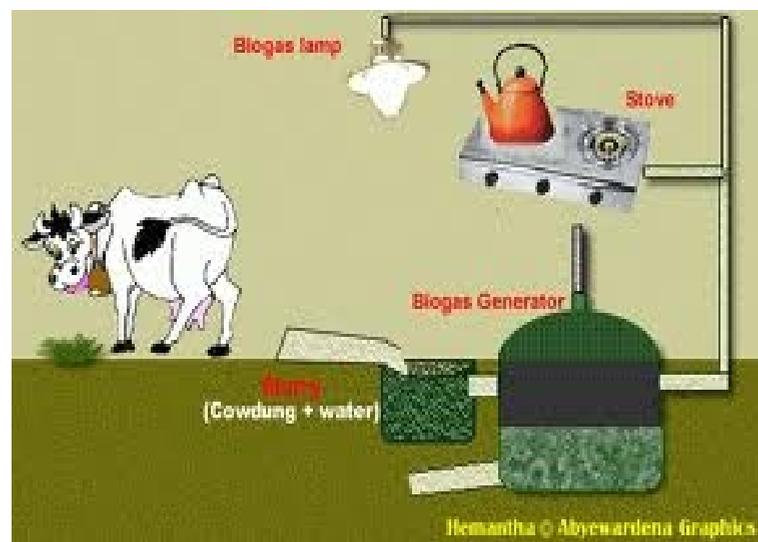


Gambar 1. Proses Digestifikasi Anaerobik

Sumber : <http://lontar.ui.ac.id/>

Metana dalam biogas, bila terbakar akan relatif lebih bersih dari pada batubara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Pemanfaatan biogas memegang peranan penting dalam manajemen limbah karena metana merupakan gas rumah kaca yang lebih berbahaya dalam pemanasan global bila dibandingkan dengan karbon dioksida. Karbon dalam biogas merupakan karbon yang diambil dari atmosfer oleh fotosintesis tanaman, sehingga bila dilepaskan lagi ke atmosfer tidak akan menambah jumlah karbon di atmosfer bila dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar fosil (Anonim,2008).

Biogas digunakan dalam berbagai keperluan seperti memasak, penerangan, pompa air, boiler dan sebagainya. Penggunaan gas metana untuk berbagai aplikasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Penggunaan biogas untuk berbagai aplikasi  
Sumber (Kosaric dan Velikonja, 1995)

Pemanfaatan biogas mempunyai beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan BBM (bahan bakar minyak) yang berasal dari fosil diantaranya biogas mempunyai sifat yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Bahan bakar fosil yang pembakarannya kurang sempurna menghasilkan CO<sub>2</sub> yang merupakan salah satu gas penyebab pemanasan global. Sampah organik yang dibiarkan menumpuk dalam alam terbuka dapat menghasilkan gas metana (CH<sub>4</sub>) sebagai akibat proses pembusukan sampah yang bereaksi dengan oksigen (O<sub>2</sub>), gas metan

mempunyai sifat polutan 21 kali dari sifat polutan CO<sub>2</sub>, sehingga dengan dimanfaatkannya sampah sebagai bahan baku biogas dapat menekan jumlah gas metan yang langsung dilepaskan ke udara karena gas metan sebagai salah satu komponen utama biogas digunakan dalam proses pembangkitan tenaga listrik dan bahan bakar.

## 2.4 Sumber Bahan Baku Biogas

Biogas adalah gas yang mudah terbakar yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara). Pada umumnya semua jenis bahan organik yang diproses untuk menghasilkan biogas, tetapi hanya bahan organik padat dan cair homogen seperti kotoran urin hewan ternak yang cocok untuk sistem biogas.

Diperkirakan ada tiga jenis bahan baku untuk dikembangkan sebagai bahan baku biogas di Indonesia, antara lain kotoran hewan dan manusia, sampah organik, dan limbah cair.

### 2.4.1 Biogas dari Limbah Peternakan



Gambar 3. Limbah peternakan  
Sumber : (kumpulan limbah peternakan)

Peternakan sapi di kelompok tani Muara Dhipa rata-rata 2-10 ekor sapi dengan lokasi yang tersebar di sekitar kelurahan Lingkar Barat Kota Bengkulu. Kondisi demikian sulit untuk terintegrasi dengan sistem pertanian, sapi yang mempunyai bobot badan 450 kg menghasilkan limbah berupa kotoran dan urin lebih kurang 25 kg per ekor per hari. Limbah ternak sapi terdiri dari limbah, padat,

limbah cair, dan limbah gas. Penanganan limbah yang baik sangat penting karena dapat memperkecil dampak negatif pada lingkungan, seperti polusi tanah, air, udara dan penyebaran berbagai penyakit menular.

Kegiatan peternakan sapi dapat memberikan dampak positif seperti terhadap pembangunan, yaitu berupa peningkatan pendapatan peternak, perluasan kesempatan kerja, peningkatan ketersediaan pangan, dan penghemat devisa (Sri Wahyuni, 2009). Namun apabila tidak dikelola dengan tepat kegiatan ini akan menimbulkan permasalahan lingkungan. Pada dasarnya penggunaan biogas memiliki keuntungan ganda yaitu gas metan yang dihasilkan bisa berfungsi sebagai bahan bakar, sedangkan limbah cair dan limbah padat dapat digunakan sebagai pupuk organik. Potensi produksi gas pada tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Potensi produksi gas dari berbagai tipe kotoran ternak.

Tipe Kotoran Ternak	Produksi gas per kg kotoran (m <sup>3</sup> )
Sapi	0,023-0,040
Babi	0,040-0,059
Peternakan ayam	0,065-0,116

Sumber : United Nations. 1984

#### 2.4.2 Biogas dari Limbah Sayur Pasar



Gambar 4. Limbah Sayur Pasar  
Sumber : ( Limbah Sayur pasar induk Jakabaring)

Tabel 5. Potensi Limbah Sayuran Pasar

Komoditas Sayuran	Jumlah Pasokan (Ton/Minggu)	Perkiraan Penyusutan	Potensi Limbah Sayuran(Ton/Minggu)
Kol Bulat	757.5	20	151.5
Kembang Kol	29.5	25	5.9
Bawang Merah	805.25	12	161.05
Bawang Putih	216.25	4	43.25
Sawi	268.25	11	53.65
Buncis	9.75	3	1.95
Wortel	269.5	8	53.9
Tomat	574.5	10	114.9
Daun Bawang	86.75	6	17.35
Daun Sledri	38.25	6	7.65
Kelapa	133.25	8	26.65
Jagung	216.5	20	43.3
Tauge	41.75	15	8.35

Sumber : Data kantor Pasar Induk Kramat Jati Bulan Maret 2009.

#### a. Limbah Kol

Limbah kol yang didapatkan di pasar, merupakan bagian kol hasil penyiangan. Limbah kol di Pasar Induk Kramat Jati, dapat mencapai 17,2% dari total jumlah kol yang masuk setiap hari. Kol juga termasuk sayuran dengan kadar air tinggi (> 90%) sehingga mudah mengalami pembusukan/kerusakan.

#### b. Limbah Sawi

Jenis limbah sawi yang banyak di pasaran yaitu limbah sawi hijau/caisim dan sawi putih. Sawi memiliki kadar air yang cukup tinggi, mencapai lebih dari 95%, sehingga umumnya sawi cenderung lebih mudah untuk diolah menjadi asinan. Jika akan diolah menjadi silase, terlebih dahulu sawi harus dilayukan/dijemur atau dikering-anginkan untuk mengurangi kadar airnya. Nilai

energi dan protein kedua jenis sawi ini setelah ditepungkan hampir sama, berada pada kisaran 3200-3400 kcal/kg dan 25-32 g/100g.

### **c. Limbah Kulit Kecambah Toge**

Kulit kecambah toge pada umumnya menjadi limbah di pasar-pasar tradisional. Belum banyak orang yang memanfaatkan kulit kecambah toge, hanya sebagian kecil orang yang memanfaatkan kulit kecambah toge untuk campuran pakan itik. Dari berbagai jenis limbah organik pasar yang pernah digunakan dalam pengkajian tepung limbah organik pasar, kulit toge merupakan jenis limbah yang paling berpotensi untuk dibuat menjadi tepung limbah. Pengeringan dengan menggunakan sinar matahari hanya membutuhkan waktu rata-rata 2 hari, dengan kadar air 65-70%. Dari hasil analisa, tepung kulit kecambah toge dapat menjadi salah satu pakan sumber energi, dengan kandungan energi metabolis sebesar 3737 kcal/kg.

### **d. Limbah Daun Kembang Kol**

Daun kembang kol merupakan bagian sayuran yang umumnya tidak dimanfaatkan untuk konsumsi manusia. Meski demikian, hasil analisa menunjukkan bahwa tepung daun kembang kol mempunyai kadar protein yang cukup tinggi, yaitu 25,18 g/100g dan kandungan energi metabolis sebesar 3523 kcal/kg.

### **e. Limbah Jagung**

Limbah pasar yang berasal dari jagung ada dua macam, kulit jagung dan tongkol jagung/janggal. Kulit jagung manis mempunyai kadar gula yang cukup tinggi, sehingga berpotensi untuk dijadikan silase. Sedangkan tongkol jagung/janggal merupakan bagian dari buah jagung setelah bijinya dipipil. Limbah jagung pada umumnya mempunyai kelemahan kadar protein yang cenderung rendah serta serat kasar yang cenderung tinggi. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, limbah jagung sesuai untuk diolah menjadi silase. Kualitas tepung limbah sayuran pasar dibandingkan dengan kualitas beberapa jenis pakan hijauan ternak ruminansia, secara umum mempunyai nilai yang lebih tinggi. Komposisi kimia beberapa jenis hijauan pakan ternak ruminansia dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Komposisi kimia (%) alang-alang, kolonjono, rumput benggala, jerami padi, rumput lapang, dan rumput gajah

<b>Komponen</b>	<b>Alang-alang</b>	<b>Kolonjono</b>	<b>Rumput benggala</b>	<b>Jerami padi</b>	<b>Rumput lapang</b>	<b>Rumput gajah</b>
Bahan kering	93,00	91,60	92,20	90,26	94,29	91,48
Bahan organik	90,00	88,57	89,70	87,95	91,67	88,22
Protein kasar	9,60	6,82	5,67	3,55	5,80	10,07
Serat kasar	38,28	31,24	28,44	33,11	41,82	35,57
Lemak kasar	1,8	1,63	2,82	1,49	1,26	3,55
Abu	11,90	16,13	14,77	21,18	7,36	18,84
BETN	38,54	44,19	48,30	40,67	43,74	31,97
Kalsium	0,38	0,35	0,48	0,37	2,01	1,12
Phosphor	0,43	0,87	0,81	0,76	0,92	0,45

Sumber : Harfiah, 2005

### 2.4.3 Boimassa

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah, tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk tujuan primer serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Umumnya digunakan sebagai bahan bakar adalah biomassa yang nilai ekonominya rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya.

#### a. Biomassa Basah

Biomassa basah ini dapat diperoleh dari limbah cair ,kotoran sapi,dan sayur-sayuran. Biomassa ini biasanya mudah didapat di pasar dan diperternakan yang dibuang begitu saja tanpa mereka tau bahwa bahan-bahan tersebut dapat dimanfaatkan sebagai biogas yang mempunyai nilai tinggi.

#### b. Biomassa kering

Biomassa kering ini dapat diperoleh dari bahan tanaman yang berasal dari hutan atau areal pertanian. Dari hutan biasanya hanya kayu yang dianggap memiliki nilai ekonomis tinggi sebagai bahan baku bubur kertas, pertukangan atau kayu bakar. Peluang kayu untuk bioenergi baik selama masih dihutan maupun setelah masuk industri cukup besar. Pemanfaatan kayu yang ditebang untuk bahan baku kertas hanya sekitar 50% saja. Sisanya belum dimanfaatkan bahkan terbuang begitu saja. Bagian yang tersisa ini bisa dimanfaatkan untuk bioenergi.

## 2.5 Kandungan Energi Biogas

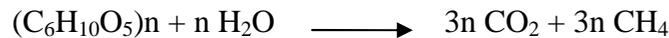
Nilai kalori dari 1 meter kubik Biogas sekitar 6.000 watt jam yang setara dengan setengah liter minyak diesel. Biogas sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah, LPG, butana, batubara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil.

## 2.6 Tahap Pembentukan Biogas

Sampah organik sayur-sayuran dan buah-buahan adalah substrat yang digunakan untuk menghasilkan biogas. Proses pembuatan biogas dilakukan secara fermentasi yaitu proses terbentuknya gas metana dalam kondisi anaerob dengan bantuan bakteri anaerob di dalam suatu digester sehingga akan dihasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang volumenya lebih besar dari gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ), gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ) dan asam sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Proses fermentasi memerlukan waktu 7 sampai 10 hari untuk menghasilkan biogas dengan suhu optimum  $35^\circ\text{C}$  dan pH optimum pada *range* 6,4 – 7,9.

Bakteri pembentuk biogas yang digunakan yaitu bakteri anaerob seperti, *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanococcus* dan *Methanosarcina* (Price dan Cheremisinoff, 1981).

Sebagai contoh, pada pembuatan biogas dari bahan baku kotoran sapi atau kerbau yang banyak mengandung selulosa. Bahan baku dalam bentuk selulosa akan lebih mudah dicerna oleh bakteri anaerob. Reaksi pembentukan  $\text{CH}_4$  adalah : (Price dan Cheremisinoff, 1981).

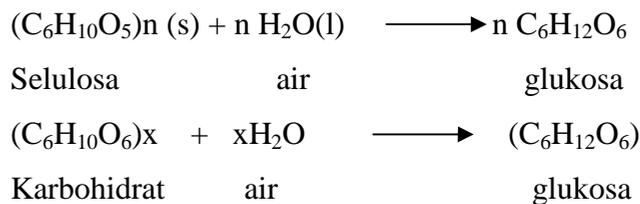


Reaksi kimia pembuatan biogas (gas metana) ada 3 tahap, yaitu :

### 1. Reaksi Hidrolisa / Tahap pelarutan

Pada tahap hidrolisis terjadi pemecahan enzimatik dari bahan yang tidak mudah larut seperti lemak, polisakarida, protein, asam nukleat dan lain- lain menjadi bahan yang mudah larut. Pada tahap ini bahan yang tidak mudah larut seperti selulosa, polisakarida dan lemak diubah menjadi bahan yang larut dalam air seperti karbohidrat dan asam lemak. Tahap pelarutan berlangsung pada suhu 25°C di digester (Price dan Cheremisinoff, 1981).

Reaksi:

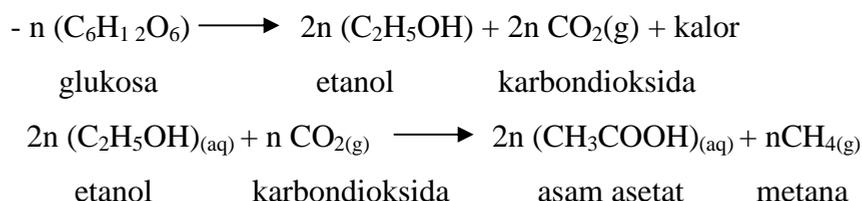


### 2. Reaksi Asidogenik / Tahap pengasaman

Pada 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 (Price dan Cheremisinoff, 1981).

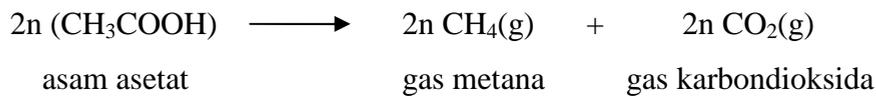
Adapun reaksi asidogenik senyawa glukosa adalah sebagai berikut :



### 3. Reaksi Metanogenik / Tahap Pembentukan Gas Metana

Pada tahap ini, bakteri metanogenik membentuk gas metana secara perlahan anaerob. 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 70% CH<sub>4</sub>, 30 % CO<sub>2</sub>, sedikit H<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S (Price dan Cheremisinoff, 1981). Secara umum akan ditunjukkan pada reaksi berikut :



Berbagai jenis bakteri dan substrat yang digunakan untuk menghasilkan gas metan pada reaksi pembentukan metana ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Berbagai Macam Bakteri Penghasil Metan dan Substratnya

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

Sumber : Khandelwal, 1978

## 2.7 *Green Phoskko*® (GP-7)

Aktivator Pembangkit Metan *Green Phoskko* adalah konsorium mikroba unggulan bahan organik (limbah kota, pertanian, peternakan dan lain- lainnya).

Bakteri anaerob dalam aktivator GP-7 dibawah ini hidup secara saprofit dan bernapas secara anaerob dimanfaatkan dalam proses pembuatan gas bio atau biogas. *Green Phoskko* (GP-7) ini sangat cepat untuk proses pembusukan bahan-bahan organik dibandingkan dengan GP-1, GP-2, GP-3, GP-4, GP-5, GP-6. *Green Phoskko* (GP-7) hanya membutuhkan waktu 5 sampai dengan 20 hari untuk menghasilkan metan. Sedangkan GP-1, GP-2, GP-3, GP-4, GP-5, GP-6 membutuhkan waktu yang cukup lama yaitu 60 hari baru menghasilkan metan. *Green Phoskko* atau Bakteri saprofit yang ada di dalamnya hidup dan berkembang biak. Bakteri tersebut memecah persenyawaan organik dan menghasilkan gas CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>.



Gambar 5. Aktivator Pembangkit Metan *Green Phoskko* [ GP-7]

Sumber : [www.kencanaonline.com](http://www.kencanaonline.com)

Kelebihan dari *Green Phoskko* (Gp-7)

- Untuk mempercepat proses dekomposisi (menghancurkan bahan organik),
- Menghilangkan bau busuk pada gas yang telah dihasilkan.
- Menekan pertumbuhan mikroba.
- Menambah hasil Pembentukan Metan

Dalam lingkungan mikro dalam reaktor atau digester biogas yang sesuai dengan kebutuhan bakteri ini (kepad udara, material memiliki pH > 6, kelembaban 60 % , dan temperatur > 30 derajat Celcius dan C/N ratio tertentu) akan mengurai atau mendekomposisi semua biomassa termasuk jenis sampah dan bahan organik ( limbah kota, pertanian, peternakan, feces tinja, kotoran hewan dan lain-lainnya) dengan cepat, hanya 5 sampai 20 hari.

Biomassa dalam ukuran halus yang terkumpul dengan campuran air secara homogen ( *slurry*) pada digester ( reaktor) akan diuraikan dalam dua tahap dengan bantuan dua jenis bakteri. Tahap pertama, material organik akan didegradasi menjadi asam-asam lemah dengan bantuan bakteri pembentuk asam. Bakteri ini akan menguraikan sampah pada tingkat hidrolisis dan asidifikasi. Hidrolisis yaitu penguraian senyawa kompleks atau senyawa rantai panjang seperti lemak, protein, karbohidrat menjadi senyawa yang sederhana. Sedangkan asidifikasi yaitu pembentukan asam dari senyawa sederhana.

Setelah material organik berubah menjadi asam-asam, maka tahap kedua dari proses anaerob adalah pembentukan gas metana dengan bantuan Arkhaebakteria pembentuk metana seperti *Methanococcus*, *Methanosarcina*, dan *Methanobacterium*.

Proses ini memiliki kemampuan untuk mengolah biomassa ( termasuk sampah atau limbah organik) yang keberadaanya melimpah dan tidak bermanfaat menjadi produk yang lebih bernilai. Pembuatan biogas dilakukan pada pengolahan limbah industri, limbah pertanian, dan limbah peternakan. Kandungan utama biogas adalah metana, karbondioksida, sebagian kecil gas lain ( gas nitrogen, hidrogen, karbonmonoksida dan uap air)

Kandungan bakteri penghasil asam laktat (*lactobacillus*) sebagai hasil penguraian glukosa dan karbohidrat lain yang bekerja sama dengan bakteri fotosintesis dan ragi. Peran asam laktat inilah yang menjadi bahan sterilisasi yang kuat dan menekan mikroorganisme berbahaya dan menguraikan bahan organik dengan cepat. Sementara ragi/ yeast memproduksi subatansi yang berguna bagi tanaman dengan cara fermentasi. Subtansi bioaktif yang dihasilkan oleh ragi berguna dalam pertumbuhan sel dan pembelahan akar, juga berperan dalam

perkembangbiakan mikroorganisme menguntungkan bagi *Actinomycetes* dan bakteri *Lactobacillus* ( asam laktat).

Bakteri *Actinomycetes* merupakan mikroorganisme peralihan antara bakteri dan jamur yang mengambil asam amino dan mengubahnya menjadi antibiotik untuk mengendalikan patogen, menekan jamur dan bakteri berbahaya dengan cara menghancurkan khitin yaitu zat esensial untuk pertumbuhannya.

Kemampuan konsorsium mikroba *Green Phossko* sebagai Activator Organik sebagaimana diatas adalah menurunkan rasio C/N dalam cairan IPAL, yang awalnya tinggi ( > 50) menjadi setara dengan C/N larutan. Dengan rasio antara karbohidrat dengan nitrogen rendah sebagaimana C/N tanah ( < 20) maka bahan limbah menjadi dapat di uraikan.

Dosis dalam aplikasi *green phosko*® adalah untuk 1 kg *Green Phossko*®/pengurai bahan organik (limbah kota, pertanian, peternakan dan lain-lainnya) dapat digunakan untuk mendaur ulang sampah organik sekitar 3 m<sup>3</sup> atau setara berat 1 ton (<http://kencana-online.indonetwork.co.id>).

## 2.8 Faktor yang mempengaruhi Produksi Biogas

### 1. Laju pembebanan (*Loading rate*).

Laju pembebanan biasanya disebut *loading rate* adalah besaran yang menyatakan jumlah material organik dalam satu satuan volum yang diumpangkan pada reaktor. Substrat cair yang diumpangkan dapat didegradasi oleh mikroba, kemudian diubah menjadi metana melalui proses biologis oleh mikroba-mikroba pengurai didalam reaktor. Perubahan laju pembebanan yang mendadak dapat mengakibatkan kenaikan yang setara dalam produksi asam, yang tidak dapat disesuaikan oleh kenaikan yang setara dalam pembentukan metan.

Pembentukan produk asam asetat (asam lemak organik) akan mengakibatkan penurunan pH dan penghambatan lebih jauh dari produksi metan.

### 2. Konsentrasi substrat (COD).

Konsentrasi bahan organik sangat berpengaruh terhadap perencanaan pembuatan dimensi reaktor dan juga bagi kelangsungan proses penguraian zat organik kompleks menjadi senyawa sederhana. Kelemahan perencanaan reaktor

dengan kandungan COD yang rendah adalah kebutuhan volum reaktor yang cukup besar untuk dapat menampung umpan substrat.

### 3. Kandungan asam lemak organik (*Volatile fatty acid*).

Asam lemak organik bisa disebut sebagai *volatile fatty acid* yang mempunyai rumus  $R - COOH$ , dimana  $R/ = CH_3 (CH_2)$ , Asam lemak yang dibentuk dalam hidrolisa polisakarida umumnya adalah jenis rantai pendek seperti asetat, propionate dan butirat. Konsentrasi asam lemak 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.

### 4. Alkalinitas.

Alkalinitas pada proses fermentasi anaerobik adalah kemampuan lumpur didalam reaktor untuk menetralkan asam. Hal ini diperlukan untuk mengimbangi fluktuasi konsentrasi asam didalam reaktor, sehingga fluktuasi pH tidak terlalu besar dan tidak sampai mengakibatkan gangguan pada stabilitas reaktor.

### 5. pH.

pH adalah besaran yang menyatakan banyaknya ion  $H^+$ . Nilai pH ini dirumuskan sebagai  $pH = -\log (H)$ . Stabilitas proses fermentasi anaerobik sangat tergantung pada nilai pH didalam reaktor. pH yang rendah menyatakan adanya kelebihan proton (H) didalam reaktor sebab proton akan berubah menjadi  $H_2$  yang merupakan senyawa dalam reaktor, pH yang baik untuk operasi adalah 6,0 – 7,5 Bakteri pada umumnya tumbuh dalam suatu rentang pH tiga unit dan mikroba juga menunjukkan nilai pertumbuhannya maksimum antara pH 6,0 – 7,5. Pada pH lebih rendah dari 5,0 dan lebih tinggi dari 8,5 pertumbuhannya sering terhambat meskipun untuk beberapa mikroba ada pengecualian, seperti sejumlah kecil *Acetobacter spp.* Pengaturan pH sangat penting untuk menjaga pertumbuhan mikroba yang terbaik dari proses pengubahan sistem mikroba anerobik. Pada awal operasi atau pada saat inokulasi pH dalam bioreaktor dapat turun menjadi 6 atau lebih rendah. Hal ini disebabkan terbentuknya asam-asam lemak organik. Setelah beberapa saat pH akan naik kembali yang disebabkan karena terbentuknya gas metan dari asam-asam lemak tersebut.

## 6. Rasio perbandingan Karbon dan Nitrogen.

Rasio C/N adalah besaran yang menyatakan perbandingan jumlah atom karbon dibagi dengan atom nitrogen. Di dalam reaktor terdapat populasi mikroba yang memerlukan karbon dan nitrogen. Apabila nitrogen tidak tersedia dengan cukup, maka mikroba tidak dapat memproduksi enzim yang berguna untuk mencerna karbon. Apabila nitrogen terlalu banyak maka pertumbuhan mikroba akan terganggu, hal ini khususnya terjadi apabila kandungan ammonia didalam substrat terlalu tinggi. Kebutuhan atom atom karbon selama respirasi pembentukan untuk setiap 1 atom nitrogen adalah sebanyak 30 atom karbon. Oleh karena itu nilai C/N yang baik adalah sekitar 30.

**Tabel 8. Rasio C/N beberapa bahan organik**

<b>Bahan Organik</b>	<b>Rasio C/N</b>
Kotoran ayam	10
Kotoran kambing	12
Kotoran babi	2
Kotoran sapi	24
Kotoran Manusia	6-10
Kotoran Kerbau	18
Kotoran Kuda	25
Sampah buah-buahan dan sayuran (organik)	25

*Sumber : Agung Sulistyono, 2010*

## 7. Temperatur.

Proses pengubahan zat organik polimer menjadi senyawa yang lebih sederhana didalam reaktor dipengaruhi oleh temperatur. Berdasarkan temperatur yang biasa pada pengoperasian reaktor, maka bakteri yang terdapat didalam reaktor dapat dibedakan atas dua golongan, yaitu: Termofilik yang hidup pada suhu antara 40–60°C, dan Mesofilik yang hidup pada suhu antara 25–40°C. Temperatur yang terbaik untuk pertumbuhan mikroba mesofilik adalah 30°C atau lebih tinggi sedikit. Bila reaktor anaerobik dioperasikan pada suhu yang lebih rendah, misalnya 20°C, pertumbuhan mikroba pada kondisi ini

sangat lambat dan sulit pada awal operasi untuk beberapa bioreaktor. Inokulasi akan lebih baik jika dimulai pada suhu 30°C.

#### 8. Senyawa racun dan penghambat.

Senyawa penghambat atau inhibitor pada proses fermentasi anaerob dapat dibedakan atas 2 jenis yaitu penghambat fisik dan penghambat kimia. Penghambat fisik adalah temperatur dan penghambat kimia biasa disebut juga dengan racun diantaranya adalah logam berat, antibiotik dan *Volatile Fatty Acid* (VFA). Proses pengolahan yang dilakukan tidak hanya secara anaerobik akan tetapi dilakukan pula secara aerobik. Proses aerobik menurut Stefan S, 1986, adalah pengolahan biologi yang memanfaatkan mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik dalam kondisi memberikan oksigen dengan cara aerasi.

## 2.9 Reaktor Biogas

Reaktor merupakan komponen utama dalam produksi biogas. Digester merupakan tempat dimana bahan organik diurai oleh bakteri secara anaerob (tanpa udara) menjadi gas  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$ . Digester harus dirancang sedemikian rupa sehingga proses fermentasi anaerob dapat berjalan dengan baik.



Gambar 6. Digester Biogas

Sumber : *Laboratorium Teknik Energi, 2014*

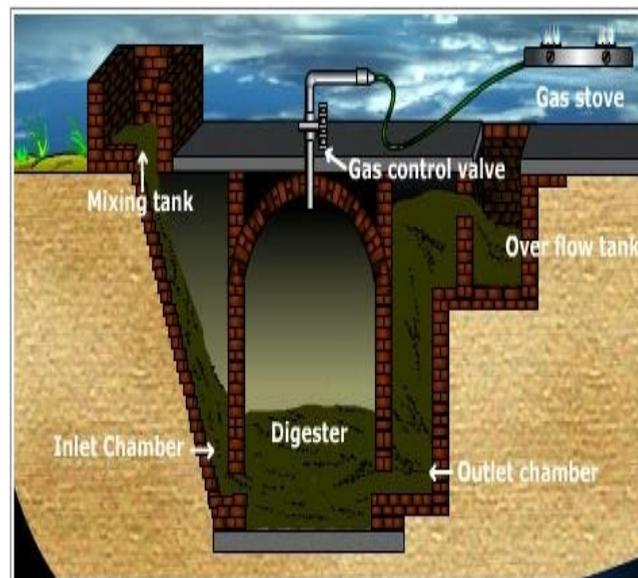
### 2.9.1 Jenis-jenis Digester Biogas

Terdapat beberapa jenis digester yang dapat dilihat berdasarkan konstruksi, jenis aliran, dan posisinya terhadap permukaan tana. Jenis digester

yang dipilih dapat didasarkan pada tujuan pembuatan digester tersebut. Hal yang penting adalah apapun yang dipilih jenisnya, tujuan utama adalah mengurangi kotoran dan menghasilkan biogas yang mempunyai kandungan  $\text{CH}_4$  tinggi. Dari segi konstruksi, digester dibedakan menjadi:

#### 1. Reaktor kubah tetap (*Fixed Dome*)

Digester jenis ini mempunyai Volum tetap. Seiring dengan dihasilkannya biogas, terjadi peningkatan tekanan dalam digester. Karena itu, dalam konstruksinya digester jenis kubah tetap, gas yang terbentuk akan segera dialirkan ke pengumpul gas di luar reaktor. Indikator produksi gas dapat dilakukan dengan memasang indikator tekanan. Skema digester jenis kubah dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 7. Digester Tipe *Fixed Dome*  
Sumber : <http://andrew.getux.com/2008>

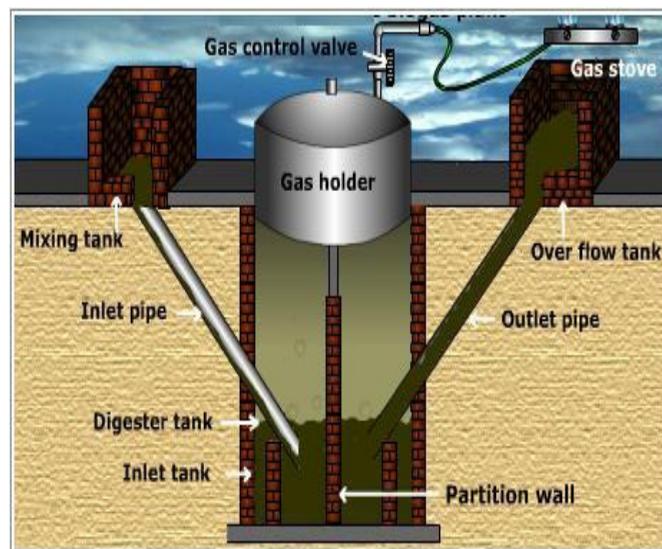
Digester jenis kubah tetap mempunyai kelebihan dan kekurangan seperti pada Tabel 9.

Tabel 9. Kelebihan dan Kekurangan Digester Jenis Kubah Tetap

Kelebihan	Kekurangan
1. Konstruksi sederhana dan dapat dikerjakan dengan mudah.	1. Bagian dalam digester tidak terlihat (khususnya yang dibuat di dalam tanah) sehingga kebocoran tidak terdeteksi.
2. Biaya konstruksi rendah.	2. Tekanan gas berfluktuasi dan bahkan fluktuasinya sangat tinggi.
3. Tidak ada bagian yang bergerak.	3. Temperatur digester rendah
4. Dapat dipilih dari material yang tahan karat.	
5. Umurnya panjang.	
6. Dapat dibuat didalam tanah sehingga menghemat tempat.	

Sumber : <http://andrew.getux.com/2008>

## 2. Floating Dome (Kubah Apung)



Gambar 8. Digester Tipe *Floating Dome* (Kubah Apung)

Sumber : <http://andrew.getux.com/2008>

Pada digester tipe ini terdapat bagian yang reaktor yang dapat bergerak seiring dengan kenaikan tekanan reaktor. Pergerakan bagian kubah dapat dijadikan indikasi bahwa produksi biogas sudah mulai atau sudah terjadi. Bagian yang bergerak juga berfungsi sebagai pengumpul biogas. Dengan model ini, kelemahan tekanan gas yang berfluktuasi pada reaktor biodigester jenis kubah

tetap dapat diatasi sehingga tekanan gas menjadi konstan. Kelemahannya adalah membutuhkan teknik khusus untuk membuat tampungan gas bergerak seiring naik atau turunnya produksi biogas. Kelemahan lainnya adalah material dari tampungan gas yang dapat bergerak harus dipilih yang mempunyai sifat tahan korosi, hal tersebut menyebabkan harganya relatif lebih mahal.

### 3. Reaktor balon

Reaktor balon merupakan jenis reaktor yang banyak digunakan pada skala rumah tangga yang menggunakan bahan plastik sehingga lebih efisiensi dalam penanganannya dan perubahan tempat biogas. Reaktor ini terdiri dari suatu bagian yang berfungsi sebagai digester dan penyimpanan gas masing-masing bercampur dalam suatu ruangan tanpa sekat. Material organik terletak dibagian bawah karena memiliki berat yang lebih besar dibandingkan gas yang akan mengisi pada rongga atas.



Gambar 9. Reaktor balon (Sumber : shodikin,2011)

### 4. Reaktor Dari Bahan *Fiber Glass*

Reaktor bahan *fiberglass* merupakan jenis reaktor yang banyak digunakan pada skala rumah tangga yang menggunakan bahan *fiberglass* sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. Reaktor ini terdiri dari satu bagian yang berfungsi sebagai digester dan penyimpanan gas masing-masing

bercampur dalam satu ruangan tanpa sekat. Reaktor dari bahan *fiberglass* ini sangat efisien karena sangat kedap, ringan dan kuat. Jika terjadi kebocoran mudah diperbaiki atau dibentuk kembali seperti semula, dan yang lebih efisiennya adalah reaktor dapat dipindahkan sewaktu-waktu jika peternak sudah tidak menggunakannya lagi.



Gambar 10. Reaktor bahan fiber glass  
(Sumber : Shodikin,2011)

Berdasarkan aliran bahan baku untuk reaktor biogas, digester dibedakan menjadi dua yaitu :

#### 1. Bak (*Batch*)

Pada digester tipe bak, bahan baku ditempatkan di dalam suatu wadah atau bak dari sejak awal hingga selesainya proses digestion. Digester jenis ini umumnya digunakan pada tahap eksperimen untuk mengetahui potensi gas dari limbah organik atau digunakan pada kapasitas biogas yang kecil.

#### 2. Mengalir (*continuous*).

Untuk digester jenis mengalir, aliran bahan baku dimasukkan dan residu dikeluarkan pada selang waktu tertentu. Lamanya bahan baku berada dalam reaktor digester disebut waktu retensi (*retention time/RT*).

Berdasarkan segi tata letak penempatan, digester dibedakan menjadi:

a. Seluruh digester diatas permukaan tanah

Biasanya digester jenis ini dibuat dari tong-tong bekas minyak tanah atau aspal. Kelemahan tipe ini adalah Volum yang kecil, sehingga biogas yang dihasilkan hanya mampu digunakan untuk kebutuhan sebuah rumah tangga. Kelemahan lain adalah kemampuan material yang rendah untuk menahan korosi sehingga tidak tahan lama. Untuk skala yang besar, digester jenis ini juga memerlukan luas lahan yang besar juga.

b. Sebagian tangki biogas diletakkan dibawah permukaan tanah.

Digester ini terbuat dari campuran semen, pasir, kerikil dan kapur yang dibentuk seperti sumur dan ditutup dari plat baja atau konstruksi semen. Volum tangki dapat dibuat untuk skala besar ataupun skala kecil sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Kelemahan pada sistem ini jika ditempatkan pada daerah yang memiliki suhu dingin (rendah) suhu dingin yang diterima oleh plat baja merambat ke bahan baku biogas, sehingga memperlambat proses bekerjanya bakteri, seperti diketahui bakteri akan bekerja optimum pada rentang temperatur tertentu saja.

c. Seluruh tangki digester diletakkan dibawah permukaan tanah.

Model ini merupakan model yang paling populer di Indonesia, dimana seluruh instalasi digester dibuat di dalam tanah dengan konstruksi permanen. Selain dapat menghemat tempat lahan, pembuatan digester di dalam tanah juga berguna mempertahankan suhu digester stabil dan mendukung pertumbuhan bakteri methanogen. Kekurangannya jika terjadi kebocoran gas dapat menyulitkan untuk memperbaikinya.

### 2.9.2 Komponen Utama Digester

Komponen-komponen digester cukup banyak dan bervariasi. Komponen yang digunakan untuk membuat digester tergantung dari jenis digester yang digunakan dan tujuan pembangunan digester. Secara umum komponen digester terdiri dari empat komponen utama sebagai berikut:

1. Saluran masuk *slurry* (bahan organik).

Saluran ini digunakan untuk memasukkan *slurry* (campuran sampah organik dan air) kedalam reaktor utama biogas. Tujuan pencampuran

adalah untuk memaksimalkan produksi biogas, memudahkan mengalirkan bahan baku dan menghindari endapan pada saluran masuk.

2. Ruang *digestion* (Ruang fermentasi)

Ruangan *digestion* berfungsi tempat terjadinya fermentasi anaerobik dan dibuat kedap udara. Ruang ini dapat juga dilengkapi dengan penampung biogas.

3. Saluran keluar residu (*Sludge*)

Fungsi saluran ini adalah untuk mengeluarkan kotoran (*Sludge*) yang telah mengalami fermentasi anaerobik oleh bakteri. Saluran ini bekerja berdasarkan prinsip kesetimbangan 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.

4. Tangki penyimpan biogas

Tujuan dari tangki penyimpan biogas adalah untuk menyimpan biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerobik. Jenis tangki penyimpan biogas ada dua, yaitu tangki bersatu dengan unit reaktor (*fixed dome*) dan terpisah dengan reaktor (*floatated dome*). Untuk tangki terpisah, konstruksi dibuat khusus sehingga tidak bocor dan tekanan yang dihasilkan dalam tangki seragam.

### 2.9.3 Komponen Pendukung Digester

Selain empat komponen utama tersebut di atas, pada sebuah digester perlu ditambahkan beberapa komponen pendukung untuk menghasilkan biogas dalam jumlah banyak dan aman. Beberapa komponen pendukung adalah:

1. Katup Pengaman Tekanan (*control valve*)

Fungsi dari katup pengaman adalah sebagai pengaman digester dari lonjakan tekanan biogas yang berlebihan. Bila tekanan dalam tabung penampung biogas lebih tinggi dari tekanan yang diijinkan, maka biogas akan dibuang keluar. Selanjutnya tekanan dalam digester akan turun kembali. Katup pengaman tekanan cukup penting dalam reaktor biogas yang besar dan sistem kontinu, karena umumnya digester dibuat dari material yang tidak tahan tekanan yang tinggi

supaya biaya konstruksi digester tidak mahal. Semakin tinggi tekanan di dalam digester, semakin rendah produksi biogas di dalam digester terutama pada proses *Hidrolisis* dan *acidifikasi*. Selalu pertahankan tekanan diantara 1,15-1,2 bar di dalam digester.

## 2. Sistem Pengaduk

Pada digester yang besar sistem pengaduk menjadi sangat penting. Tujuan dari pengadukan adalah untuk menjaga material padat tidak mengendap pada dasar digester. Pengadukan sangat bermanfaat bagi bahan yang berada di dalam digester dan temperatur teraga merata diseluruh bagian. Dengan pengadukan potensi material mengendap di dasar digester semakin kecil, konsentrasi merata dan memberikan kemungkinan seluruh material mengalami proses fermentasi anaerob secara merata. Selain itu dengan pengadukan dapat mempermudah pelepasan gas yang dihasilkan oleh bakteri menuju ke bagian penampung biogas. Pengadukan dapat dilakukan dengan:

- a. Pengadukan mekanis, yaitu dengan menggunakan poros yang dibawahnya terdapat semacam baling-baling dan digerakkan dengan motor listrik secara berkala.
- b. Mensirkulasi bahan dalam digester dengan menggunakan pompa dan dialirkan kembali melalui bagian atas digester.

Pada saat melakukan proses pengadukan hendaknya dilakukan dengan pelan. Sebagaimana diketahui bahwa tumbuhnya bakteri membutuhkan media yang cocok. Media yang cocok sendiri terbentuk dari bahan organik secara alam dan membutuhkan waktu tertentu sehingga pengadukan yang terlalu cepat dapat membuat proses fermentasi anaerobik justru terhambat.

## 3. Saluran biogas

Tujuan dari saluran biogas adalah untuk mengalirkan biogas yang dihasilkan digester. Bahan untuk saluran gas disarankan terbuat dari polimer untuk menghindari korosi. Untuk pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar, pada ujung saluran pipa dapat disambung dengan pipa yang terbuat dari logam supaya tahan terhadap temperatur pembakaran yang tinggi.

## 2.10 Analisis Kemurnian Menggunakan *Kromatografi Gas*

*Kromatografi gas* adalah suatu cara pemisahan lain yang penting didalam analisis kimia. Didalam *gas kromatografi* diperlukan adanya dua fase yang tidak saling mencampur, yaitu fase diam dan fase gerak. Fase diamnya disini dapat berupa suatu zat padat yang ditempatkan didalam suatu kolom atau dapat juga berupa cairan yang terserap (*teradsorpsi*) berupa lapisan yang tipis pada butir-butir halus suatu zat padat pendukung (*solid support material*) yang ditempatkan didalam kolom. Fasa geraknya dapat berupa gas (gas pembawa) atau cairan seperti terlihat pada Gambar 11.



Sumber: Robert L. Grob, Eugene F. Barry (2004)

Gambar 11. *Gas Chromatography*

Campuran yang akan dipisahkan komponen-komponennya, dimasukkan ke dalam kolom yang mengandung fasa diam. Dengan bantuan fasa gerak, komponen-komponen campuran itu kemudian dibawa bergerak melalui fasa diam di dalam kolom. Perbedaan antaraksi atau afinitas antara komponen-komponen campuran itu dengan kedua fasa, menyebabkan komponen-komponen itu bergerak dengan kecepatan berbeda melalui kolom. Akibat adanya perbedaan kecepatan (*differential migration*), komponen-komponen itu terpisah satu sama lain.

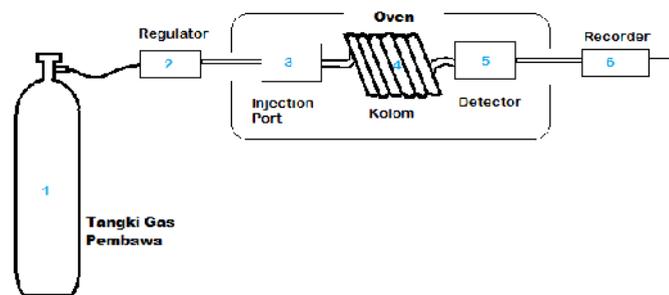
Pada kromatografi gas-cairan (GLC, *Gas Liquid Chromatography*), fasa geraknya berupa gas, fasa diamnya berupa cairan. Partisi komponen cuplikan

berdasarkan kelarutan uap komponen itu didalam fasa diam. *Kromatografi Gas-Cairan* sering disebut juga *Kromatografi Gas (GC)* saja.

*Kromatografi gas* yang kami gunakan dalam penelitian ini adalah GC yang terdapat di laboratorium *Sucofindo* yang bernama *GC-2010Af Shimadzu Rtx-1* dimana Peralatan ini dilengkapi dengan monitor atau PC dan printer sebagai pencetak data.

Bagian-bagian pokok alat *kromatografi gas* dapat dilihat pada Gambar 11. berikut bagian-bagian kromatografi gas :

1. Tangki gas pembawa. Gas yang bertindak sebagai fasa gerak disebut juga gas pembawa (carrier gas). Gas-gas pembawa yang biasa digunakan ialah helium dan nitrogen.



Gambar 12. Bagian-Bagian Alat *Kromatografi Gas*  
Sumber: Robert L. Grob, Eugene F. Barry (2004)

2. Alat pengatur tekanan (Regulator), regulator digunakan untuk mengatur tekanan gas-gas yang digunakan.
3. *Injection port* adalah lubang untuk memasukkan cuplikan dengan cara penyuntikan. Penyuntikan harus dilakukan dengan cepat, injeksi yang lambat atau berlebihan menyebabkan pita melebar dan resolusi yang jelek. Metode yang paling sering digunakan adalah metode syring, yang akan menginjeksikann cairan atau sampel gas melalui diafragma karet ke vaporizer di atas kolom. Temperatur injeksi biasanya dibawah 50 °C dari titik didih komponen kurang volatile.
4. Kolom. Tempat terjadinya proses pemisahan komponen- komponen cuplikan. Kolom ini ditempatkan di dalam oven yang bersuhu tinggi, sehingga

komponen-komponen cuplikan tetap berupa uap.

Kolom yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis Rtx-1 dimana kolom ini dapat digunakan untuk bahan-bahan organik seperti *bioethanol*, *tetradecane*, *pentadecane* dll. Berikut ini waktu retensi dan nama-nama zat yang dapat dianalisis menggunakan kolom Rtx-1.

Tabel 10. Zat yang Dapat Dianalisis Dengan Rtx-1

Retention (min)	Name	Area	Peak Area Ratio	Asymmetry	K
3.07	<i>1,6-Hexanediol</i>	77770	0.57	0.995	1.28
3.79	<i>4-Chlorophenol</i>	84270	0.61	1.005	1.81
4.41	<i>Methyl Nonanoate</i>	98701	0.72	0.947	2.27
5.02		121617	0.88	0.945	2.72
6.54	<i>4-Propylaniline</i>	137642	1.00	0.952	3.86
8.48	<i>Tridecanol</i>	119631	0.87	0.990	5.30
11.33	<i>1-Undecanol</i>	157212	1.14	0.946	7.41
17.31	<i>Acenaphthylene Pentadecane</i>	143075	1.04	0.928	11.8

Sumber: Restek, 2011

Dengan kondisi operasi dan karakteristik sebagai berikut:

Panjang	: 30 m
ID	: 0,25 mm
Df	: 0,25 µm
Inj temp	: 250 °C
Det temp	: 330 °C
Split flow	: 70 ml/min

Terdapat dua jenis kolom pada *kromatografi gas*, yaitu kolom isian dan kolom tabung atau kapiler. Awalnya kolom isian lebih banyak digunakan, namun sekarang penggunaan kolom kapiler lebih disukai karena lebih efisien dan cepat.

#### 5. Detektor.

Untuk mendeteksi komponen-komponen yang keluar dari kolom. Detektor ini akan mengirimkan isyarat listrik ke alat pencatat (*recorder*). Detektor yang ideal mempunyai karakteristik seperti berikut: sensitive, stabil dan mempunyai kemampuan yang tinggi, respon linier terhadap solute, mempunyai rentang temperature sedikitnya 400 °C dari temperature ruang, waktu respon cepat, handal dan mudah digunakan, tidak merusak sampel. Terdapat bermacam detektor, berikut beberapa detektor yang paling sering digunakan untuk KG: