

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Biogas

Biogas merupakan bahan bakar gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi. Bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biogas yaitu bahan *biodegradable* seperti biomassa (bahan organik bukan fosil), kotoran, sampah padat hasil aktivitas perkotaan dan lain-lain. Kandungan utama biogas adalah gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dengan konsentrasi sebesar 50 – 80 % vol. Gas dalam biogas yang dapat berperan sebagai bahan bakar yaitu gas metana ( $\text{CH}_4$ ), gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dan gas karbon monoksida ( $\text{CO}$ ) (<http://en.wikipedia.org>, dan <http://www.bioenergy.org.nz>, 2014). Kandungan gas *methane* untuk beberapa jenis sumber biogas dapat dilihat pada tabel 1. dibawah ini :

Tabel 1. Kandungan Gas *Methane* Untuk Beberapa Jenis Sumber Biogas

Jenis Sumber Biogas	Kandungan Gas <i>Methane</i> (%)
<i>Cattle manure</i>	65
<i>Poultry manure</i>	60
<i>Pig manure</i>	67
<i>Farmyard manure</i>	55
<i>Straw</i>	59
<i>Grass</i>	70
<i>Leaves</i>	58

Sumber : [eprints.undip.ac.id/36605/3/bab\\_2\\_proposal.pdf](http://eprints.undip.ac.id/36605/3/bab_2_proposal.pdf)

Material organik yang terkumpul pada digester (reaktor) akan diuraikan menjadi dua tahap dengan bantuan dua jenis bakteri. Tahap pertama material organik akan didegradasi menjadi 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. Perkembangan proses *anaerobic digestion* telah berhasil pada banyak aplikasi. Proses ini memiliki kemampuan untuk mengolah sampah/limbah yang keberadaannya

melimpah dan tidak bermanfaat menjadi produk yang lebih bernilai (Nemerow, 1978).

Secara ilmiah, biogas yang dihasilkan dari sampah organik adalah gas yang mudah terbakar (*flammable*). Gas ini dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa udara). Umumnya, semua jenis bahan organik bisa diproses untuk menghasilkan biogas. Tetapi hanya bahan organik homogen, baik padat maupun cair yang cocok untuk sistem biogas sederhana. Bila sampah-sampah organik tersebut membusuk, akan dihasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Tapi, hanya  $\text{CH}_4$  yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar (Said, 2008).

## **2.2 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 sederhana. 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.

### **2.2.1 Biomassa Organik**

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.



Gambar 1. Kubis sebagai bahan baku biogas  
*Sumber : www.google.com*

### **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.

### **2.3 Kandungan Energi Biogas**

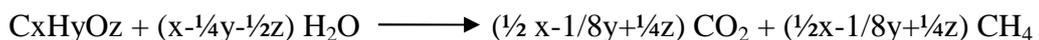
Nilai kalori dari 1 meter kubik Biogas sekitar 6.000 watt jam yang setara dengan setengah liter minyak diesel. Biogas sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah, LPG, butana, batubara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil.

## 2.4 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 (CH<sub>4</sub>) dan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang Volumnya lebih besar dari gas hidrogen (H<sub>2</sub>), gas nitrogen (N<sub>2</sub>) dan asam sulfida (H<sub>2</sub>S). Proses fermentasi memerlukan waktu 7 sampai 10 hari untuk menghasilkan biogas dengan suhu optimum 35°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).

Secara umum, reaksi pembentukan CH<sub>4</sub> yaitu :



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 CH<sub>4</sub> adalah : (Price dan Cheremisinoff, 1981).

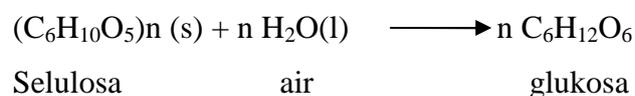


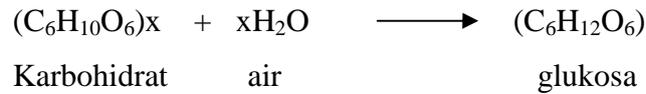
Reaksi kimia pembuatan biogas (gas metana) ada 3 tahap, yaitu :

### 1. Reaksi Hidrolisa / Tahap pelarutan

Pada tahap hidrolisis terjadi pemecahan enzimatis 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:



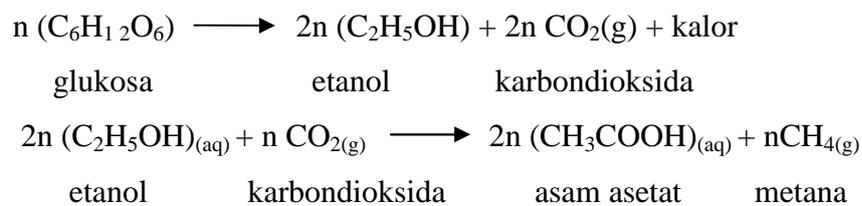


## 2. Reaksi Asidogenik / Tahap pengasaman

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.

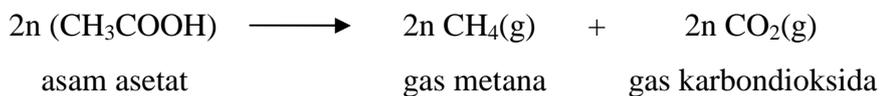
Pada suasana anaerobik produk yang dihasilkan ini akan menjadi substrat pada pembentukan gas metan oleh bakteri metanogenik. Tahap ini berlangsung pada suhu 25°C hingga 30°C di digester (Price dan Cheremisinoff, 1981).

Adapun reaksi asidogenik senyawa glukosa adalah sebagai berikut :



## 3. Reaksi Metanogenik / Tahap Pembentukan Gas Metana

Pada tahap ini, bakteri metanogenik membentuk gas metana secara 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 2.

Tabel 2. Berbagai Macam Bakteri Penghasil Metana 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 sohngei</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 vannielii</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 Acetate	CH <sub>4</sub> 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 vannielii</i>	H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> Formate	CH <sub>4</sub>

Sumber : Khandelwal, 1978

## 2.5 Perbandingan Komposisi Bahan Baku Terhadap Waktu Tinggal Fermentasi Pada Pembuatan Biogas

Perbandingan komposisi bahan baku dan bahan campuran biogas sangat mempengaruhi produk biogas yang dihasilkan. Penambahan air sampai kekentalan yang diinginkan bervariasi antara 1:1 sampai 1:2. Jika terlalu pekat, partikel-partikel akan menghambat aliran gas yang terbentuk pada bagian bawah digester. Sebagai akibatnya, produksi gas akan lebih sedikit. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Triyatno, 2011 didapatkan hasil bahwa kecepatan produksi oleh bakteri untuk melakukan proses pembentukan biogas pada perbandingan 1:1,3 yang menghasilkan 0,033465 Kg/m<sup>3</sup>/jam gas metan.

Pembuatan biogas dengan bahan baku sampah organik dan kotoran sapi dengan perbandingan komposisi masukan usus ayam dan kotoran sapi 70:30 dihasilkan gas metana (CH<sub>4</sub>) sebesar 54,03% volume biogas. Lamanya waktu fermentasi yang dibutuhkan untuk menghasilkan komposisi gas metana (CH<sub>4</sub>) terbesar terjadi waktu fermentasi selama 21 hari (Bahrin, dkk, 2011).

Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Astuti, 2010 hasil terbaik dalam pembuatan biogas didapatkan pada penelitian dengan penambahan EM-4, dimana *yield* biogas rata-rata dihasilkan 0,030. *Yield* biogas tertinggi

diperoleh pada hari ke-21 pada berbagai *pretreatment*, kadar metan tertinggi tercapai pada hari ke-28 sebesar 64,78% dihasilkan pada *pretreatment* di serbuk.

Pada penelitian yang akan dilakukan sebagai aktivator yang digunakan adalah *green phosko*®. Dosis dalam aplikasi *green phosko*® adalah untuk 1 kg *Green Phoskko*®/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>)

## 2.6 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 volume yang diumpankan pada reaktor. Substrat cair yang diumpankan 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 metana. Pembentukan produk asam asetat (asam lemak organik) akan mengakibatkan penurunan pH dan penghambatan lebih jauh dari produksi metan akan terjadi. Satuan laju pembebanan adalah kg COD/m<sup>3</sup>hari.

### 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 volume 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<sub>3</sub> (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>, 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<sup>+</sup>. 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<sub>2</sub> 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 sae untuk setiap 1 atom nitrogen adalah sebanyak 30 atom karbon. Oleh karena itu nilai C/N yang baik adalah sekitar 30.

Tabel 3. Rasio C/N beberapa bahan organik

Bahan Organik	Rasio C/N
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 Sulisty, 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.

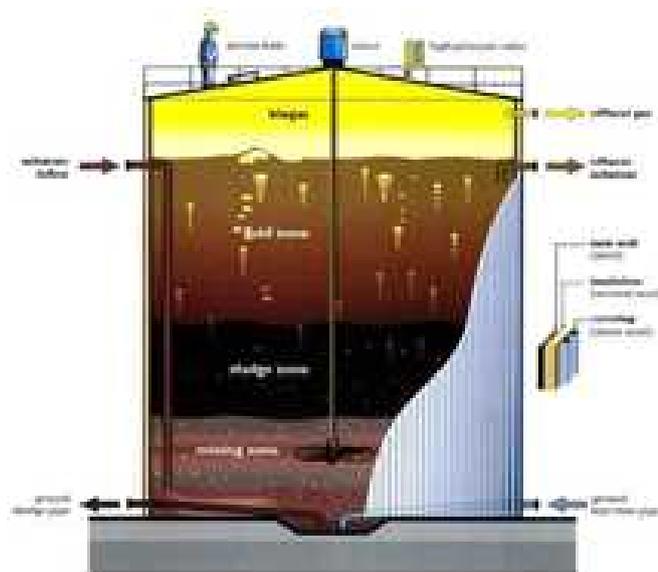
#### 8. Senyawa racun dan penghambat.

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, anti biotik 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.

## 2.7 Reaktor Biogas

Reaktor biogas adalah suatu alat pengolah bahan buangan/ limbah organik menjadi biogas. Ada beberapa jenis reactor biogas yang dikembangkan diantaranya adalah reaktor jenis kubah tetap (*Fixed-dome*), reaktor terapung (*Floating drum*), reaktor jenis balon, jenis horizontal, jenis lubang tanah, jenis *ferrocement*. Dari keenam jenis digester biogas yang sering digunakan adalah jenis kubah tetap (*Fixed-dome*) dan jenis Drum mengambang (*Floating drum*).



Gambar 2. Reaktor Biogas

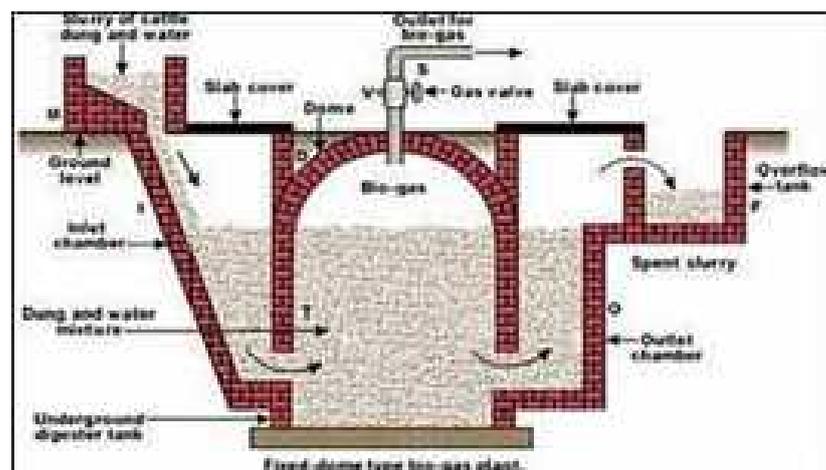
Sumber : Indah,2013

Beberapa tahun terakhir ini dikembangkan jenis reaktor balon yang banyak digunakan sebagai reaktor sederhana dalam skala kecil (Indah, 2013).

### 1. Reaktor kubah tetap (*Fixed-dome*)

Reaktor ini disebut juga reaktor china. Dinamakan demikian karena reaktor ini dibuat pertama kali di China sekitar tahun 1930 an, kemudian sejak saat itu reaktor ini berkembang dengan berbagai model. Pada reaktor ini memiliki dua bagian yaitu digester sebagai tempat pencernaan material biogas dan sebagai rumah bagi bakteri, baik bakteri pembentuk asam ataupun bakteri pembentuk gas metana. bagian ini dapat dibuat dengan kedalaman tertentu menggunakan batu, batu bata atau beton. Strukturnya harus kuat kaerna menahan gas agar tidak terjadi kebocoran. Bagian yang kedua adalah kubah tetap (*fixed-dome*). Dinamakan kubah tetap karena bentuknya menyerupai kubah dan bagian ini merupakan pengumpul gas yang tidak bergerak (*fixed*). Gas yang dihasilkan dari material organik pada digester akan mengalir dan disimpan di bagian kubah.

Keuntungan dari reaktor ini adalah biaya konstruksi lebih murah daripada menggunakan reaktor terapung, karena tidak memiliki bagian yang bergerak menggunakan besi yang tentunya harganya relatif lebih mahal dan perawatannya lebih mudah. Sedangkan kerugian dari reaktor ini adalah seringnya terjadi kehilangan gas pada bagian kubah karena konstruksi tetapnya.



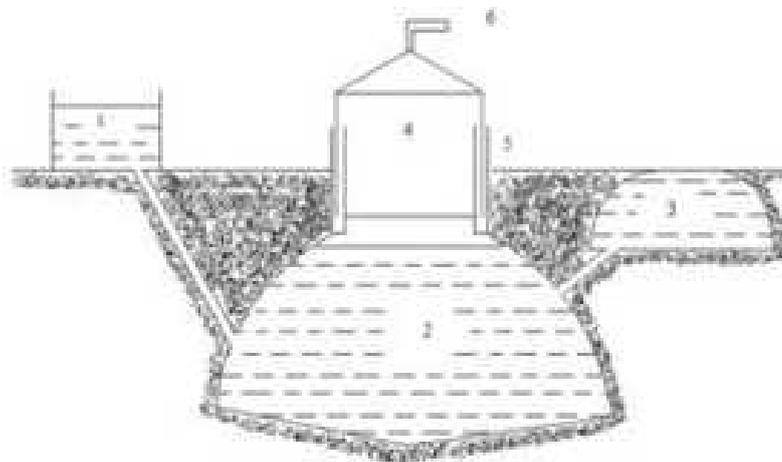
Gambar 3. Reaktor Fixed Dome

Sumber : Indah, 2013

## 2. Reaktor *floating Drum*

Reaktor jenis terapung pertama kali dikembangkan di India pada tahun 1937 sehingga dinamakan dengan reaktor India. Memiliki bagian digester yang sama dengan reaktor kubah, perbedaannya terletak pada bagian penampung gas menggunakan peralatan bergerak menggunakan drum. Drum ini dapat bergerak naik turun yang berfungsi untuk menyimpan gas hasil fermentasi dalam digester. Pergerakan drum mengapung pada cairan dan tergantung dari jumlah gas yang dihasilkan.

Keuntungan dari reaktor ini adalah dapat melihat secara langsung volume gas yang tersimpan pada drum karena pergerakannya. Karena tempat penyimpanan yang terapung sehingga tekanan gas konstan. Sedangkan kerugiannya adalah biaya material konstruksi dari drum lebih mahal. Faktor korosi pada drum juga menjadi masalah sehingga bagian pengumpul gas pada reaktor ini memiliki umur yang lebih pendek dibandingkan menggunakan tipe kubah tetap.



Gambar 4. Floating Drum

*Sumber : Indah,2013*

Keterangan :

- 1 : pipa tempat pencampur bahan baku dan air
- 2 : tempat fermentasi
- 3 : tempat pembuangan limbah

- 4 : penampung gas
- 5 : rangkai pengarah
- 6 : pipa gas

### 3. Reaktor Balon

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



Gambar 5. Reaktor Balon  
*Sumber : Indah,2013*

### 4. Reaktor dari bahan Fiber glass

Reaktor dari bahan fiber glass merupakan jenis reaktor yang paling banyak digunakan pada skala rumah tangga yang menggunakan fiber glass sehingga lebih efisien dan penanganan dalam biogas. Reaktor ini terdiri dari satu bagian dari digester dan penyimpanan gas masing-masing bercampur dalam satu ruang tanpa sekat. Reaktor dari fiber glass sangat efisien, sangat kedap udara, ringan dan kuat. Jika terjadi kebocoran akan mudah diperbaiki atau dibentuk

kembali seperti semula dan lebih efisiennya reaktor dapat dipindahkan-pindahkan jika sewaktu-waktu tidak digunakan lagi.



Gambar 6. Reaktor Bahan Fiber Glass  
 Sumber : Indah,2013

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

a. 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.

b. 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.

### **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 hidrostatis. 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.

### **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 Penaman 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.

## 2.8 *Green Phoskko*® (GP-7)

Pupuk organik alami *Green Phoskko*® dibuat dari sampah organik kompos kota yang telah diseleksi atau dipilah dari ketercampurannya dengan sampah anorganik atau sampah undegradable (plastik, logam, hasil industri) sejak di sumber. Kompos *Green Phoskko*® telah memenuhi standar mutu yang diperlukan bagi kesehatan dan pertumbuhan tanaman antara lain kandungan hara atau nutrisi N, P205 dan K20 (5-1-1), kadar air maksimum 20 % dan kandungan logam berat (Cd, Ar, Pb) dibawah ambang batas toleransi. Kandungan utama Pupuk Organik *Green Phoskko*® adalah N, P, K dalam jumlah tertentu (relatif kecil) serta hara makro sekunder dan mikro seperti Calcium (Ca) , Magnesium (Mg) serta Zn dan Fe. (<http://kypo.indonetwork.co.id>)



Gambar 7. Aktivator Pembangkit Metan *Green Phoskko* [ GP-7]  
Sumber : [www.kencanaonline.com](http://www.kencanaonline.com)

Bakteri anaerob dalam aktivator GP-7 diatas hidup secara *saprophyt* dan bernapas secara anaerob dimanfaatkan dalam proses pembuatan biogas. Bakteri *saprophyt* yang ada di dalamnya hidup dan berkembang biak. Bakteri tersebut memecah persenyawaan organik dan menghasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$  dan  $\text{CO}_2$ . Dalam lingkungan mikro dalam reaktor atau digester biogas yang sesuai dengan kebutuhan bakteri ini (kedap udara, material memiliki  $\text{pH} > 6$ , kelembaban 60%, dan temperatur  $> 30^\circ\text{C}$  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 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, maka tahap kedua dari proses anaerob adalah pembentukan gas metana dengan bantuan *Arkhaebacteria* pembentuk metana seperti *Methanococcus* *Methanosarcina* and *Methanobacterium*. Kemampuan mikroba *Green Phoskko* sebagaimana diatas adalah menurunkan rasio C/N dalam bahan sampah, yang awalnya tinggi (>50) menjadi setara dengan angka C/N tanah. Dengan rasio antara karbohidrat dengan nitrogen rendah sebagaimana C/N tanah (<20) maka bahan sampah dapat diserap tanaman. Dalam dekomposisi menggunakan mikroba, bakteri, fungi dan jamur yang terdapat dalam aktivator *Green Phoskko*, dalam bahan sampah organik terjadi perubahan :

1. karbohidrat, selulosa, lemak, dan lilin menjadi CO<sub>2</sub> dan air
2. zat putih telur menjadi amonia, CO<sub>2</sub> dan air
3. peruraian senyawa organik menjadi senyawa yang dapat diserap tanaman.

Dosis dalam aplikasi *green phosko*® adalah untuk 1 kg *Green Phoskko*®/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>).