



EDU AGROWISATA

BUKU SAKU WISATA EDUKASI

**SERI BIO GAS DARI BAHAN
ORGANIK (BIOMASS)**

Teori, Pembuatan dan Pemanfaatan

ARIEF BUDHYANTORO
JONIARTO PARUNG
GUNAWAN
IB MADE ARTADANA

KATA PENGANTAR

Syukur kami ucapkan kepada Tuhan YME,

Atas berkah dan rahmatnya maka Buku Saku “Wisata Edukasi” Seri Bio Gas dari bahan organik di de FARM – UTC UBAYA dengan topik bahasan Bio Gas dari Kotoran Ternak Sapi, telah berhasil diselesaikan. Buku ini merupakan panduan bagi para peserta wisata edukasi di de Farm UTC UBAYA. Buku ini bertujuan untuk memberikan informasi terkait proses-proses yang terjadi dalam menghasilkan biogas secara ilmiah, pemanfaatannya dan desain reaktor biogas yang digunakan untuk menghasilkan biogas. Buku ini juga menjadi materi pendukung untuk Modul Belajar Biogas yang dicetak terpisah. Melalui dukungan buku panduan wisata ini diharapkan siswa memahami bagaimana proses terbentuknya biogas, bahan apa saja yang dapat digunakan sebagai biogas dan reaktor-reaktor yang digunakan. Selain itu diharapkan siswa mampu secara mandiri menterjemahkan proses untuk menghasilkan biogas dilapangan.

Buku saku ini merupakan buku edisi ke satu sehingga sangat terbuka untuk perbaikan konten dan desain buku ini dimasa yang akan datang. Untuk hal tersebut kami berharap adanya masukan dari para pembaca agar materi dala buku ini menjadi semakin baik.

Surabaya, 1 Desember 2020

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
BIOGAS DAN TERBENTUKNYA	1
Biogas	1
Bahan Baku Pembuatan Biogas	2
Proses Pembentukan Biogas	5
Fermentasi Pembentukan Bio Gas	7
Proses Hydrolisis	11
Proses Acidifikasi	12
Proses Methanogenesis	13
REAKTOR PRODUKSI BIOGAS	15
Digester Sistem Fermentasi Kering	15
Digester Sistem Fermentasi Basah	16
Jenis Digster Fermentasi Basah	17
<i>Fixed Dome</i> (Kubah Tetap)	17
<i>Floating Dome</i> (Kubah Apung)	18
Gabungan <i>Fixed</i> dan <i>Floating Dome</i>	20
PEMANFAATAN BIO GAS	22
Biogas sebagai bahan Bakar Pembangkit Listrik Skala Industri	22
Biogas sebagai Bahan Bakar Kompor Gas	23

Biogas sebagai Bahan Bakar Lampu Petromaks Gas	24
Biogas sebagai Bahan Bakar Genset Pembangkit Listrik Rumahan	26

BIO GAS & TERBENTUKNYA

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses fermentasi kotoran ternak, sampah atau *biomass* lainnya yang dilakukan oleh bakteri pengurai. Biogas hasil penguraian *biomass* biasanya terdiri atas beberapa jenis antara lain metana (CH_4), karbondioksida (CO_2) dan hydrogen sulfide (H_2S). Proses fermentasi ini disebut juga dengan proses *bioconversion*.

Biogas adalah salah satu jenis **Energi Terbarukan**, yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerob *biomass* (bahan organik alam). Disebut sebagai energi terbarukan karena biogas selalu dapat dihasilkan dari bahan organik yang ada di alam dan terdapat dalam jumlah besar, misalnya sampah organik, daun-daunan, sisa hasil panen pertanian dan sebagainya.

Energi yang terkandung di dalam biogas tergantung dari kandungan gas metan dalam biogas. Semakin tinggi kandungan gas metan dalam biogas maka semakin tinggi pula kandungan energi atau nilai kalor. Secara umum nilai kalor dari 1 meter kubik biogas sekitar 6.000 watt jam yang setara dengan setengah liter minyak diesel. Biogas memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu kisaran 4800–6700 kkal/m³, untuk gas metana murni mempunyai nilai kalor 8900 kkal/m³ (Sutarto dan Feris, 2007).

Proses pembuatan gas metana secara *anaerob* melibatkan interaksi kompleks dari sejumlah bakteri yang berbeda, protozoa maupun jamur. Beberapa bakteri yang terlibat adalah *Bacteroides*, *Clostridium butyrium*, *Eschericia coli* dan beberapa bakteri usus lainnya, *Methanobacterium*, dan *Methanobacillus*. Dua bakteri terakhir merupakan bakteri utama penghasil metan dan hidup secara anaerob. Proses pembentukan biogas dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu, tahap *dekomposisi* biomass, tahap *pengasaman* (*acidification*) dan Tahap *pembentukan metana* (*methanogenesis*).



Gambar 1. Diagram pembentukan dan pemanfaatan bio gas dari limbah organik (limbah pertanian, makanan dan air buangan rumah tangga)

Bahan Baku Pembuatan Biogas

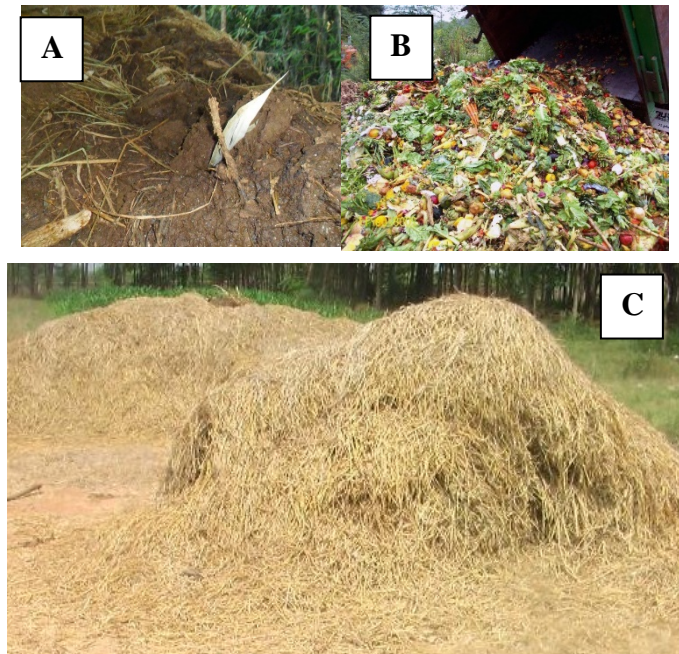
Bahan baku untuk pembuatan biogas termasuk kedalam bahan organik dari sisa makhluk hidup (*biomass*). Terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh sebuah bahan organik (*biomass*) agar dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan biogas antara lain,

- Memiliki rasio kadar karbon (C) dan nitrogen (N) atau rasio C/N = 20-30
- Tidak mengandung bahan pencemar yang dapat membunuh bakteri-bakteri pengurai dalam hal ini bakteri anaerob (*Bacteroides*, *Clostridium butyrum*, *Eschericia coli*, *Methanobacterium*, dan *Methanobacillus*).
- Kadar lignin, hidrokarbon rantai panjang dan belerang relative rendah. Lignin tidak dapat diurai oleh bakteri anaerob sedangkan H₂S akan meracuni bakteri anaerob sehingga mengakibatkan kematian bakteri tersebut.

Beberapa bahan yang sering dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas adalah sebagai berikut,

1. Limbah peternakan. Kotoran hewan ternak, seperti sapi, kerbau, kambing, dan ayam dapat dibuat bahan baku biogas. Satu ekor sapi 400-500 kilogram dapat menghasilkan 20-29 kilogram kotoran.
2. Limbah pertanian. Sisa hasil panen, seperti padi, gandum, kedelai, kelapa sawit, dan singkong dapat dijadikan bahan baku biogas.
3. Limbah perairan. Tanaman air, seperti eceng gondok, rumput laut, dan alga memiliki karakteristik baik untuk dijadikan bahan baku biogas.
4. Sampah organik yang dihasilkan dari rumah tangga, pasar, atau industri dapat juga diolah menjadi biogas. Proses pembuatannya dapat diintegrasikan dengan produksi kompos sehingga mendapatkan dua keuntungan sekaligus.

5. Limbah manusia yang belum banyak dimanfaatkan, sebenarnya bisa dijadikan bahan baku biogas. Bahkan, dengan kandungan C/N yang lebih rendah daripada kotoran ternak menyebabkan limbah kotoran manusia lebih mudah terfermentasi sehingga lebih cepat menghasilkan biogas.



Gambar 2. Beberapa contoh biomass yang dapat digunakan sebagai bahan baku biogas (A) Kotoran ternak (sapi) (B) Sampah organik (C) Limbah pertanian (jerami padi).

Penggunaan bahan-bahan organik sebagai bahan baku pembuatan biogas juga mempertimbangkan pada rasio kadar C/N yang tinggi. Kadar unsur karbon organik dalam bahan

tersebut harus jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kadar N nya. Hal ini akan berpengaruh terhadap jumlah biogas yang dihasilkan dari proses *digesting* bahan organik tersebut.

Table 1.Rasio C/N untuk beberapa bahan organik yang digunakan sebagai bahan baku biogas (Suyitno dkk, 2010).

JENIS BAHAN	RASIO C/N
Urine ternak	0,8
Kotoran sapi	10-20
Kotoran babi	9-13
Kotoran ayam	5-8
Kotoran kambing	30
Kotoran manusia	8
Jerami padi-padian	80-140
Jerami jagung	30-65
Rumput hijau	12
Sisa sayuran	35

PROSES PEMBENTUKAN BIOGAS

Pembentukan biogas terdiri atas proses biologis dan proses kimiawi, dimana kedua proses tersebut terjadi secara simultan. Proses biologis melibatkan peran bakteri dan enzim sedangkan proses kimiawi melibatkan proses reaksi degradasi/hidrolisis dan oksidasi.

Selain pengaruh rasio C/N faktor lain yang mempengaruhi besarnya jumlah biogas yang dihasilkan dari sebuah proses fermentasi juga dipengaruhi hal sebagai berikut,

- a. Temperatur, temperatur yang baik untuk perkembangbiakan bakteri metanogen adalah antara 20–

40 °C. Temperatur lingkungan di Indonesia antara 20–30 °C sehingga tidak membutuhkan rekayasa, seperti dinegara beriklim dingin (Wahyuni, 2011).

- b. Rasio C/N, rasio C/N yang ideal untuk isian digester adalah 25–30. Jika substrat kekurangan unsur N dapat ditambahkan bahan yang banyak kandungan unsur N misalnya urea, sedangkan untuk unsur C misalnya jerami.
- c. *Total solid (TS)*, setiap bakteri membutuhkan air yang sesuai untuk pertumbuhannya.
- d. Membutuhkan nilai TS 7–9% pada proses fermentasi basah. Pada proses fermentasi kering nilai TS yang dibutuhkan dapat lebih besar dari 15% (Wahyuni, 2011).
- e. Derajat keasaman (pH), Bakteri anaerob berkembang biak pada pH 6,6–7 namun proses fermentasi anaerob berlangsung pada pH asam.

Produk akhir fermentasi bahan organik alami dalam reaktor (*digester*) disebut biogas. Komponen utama biogas adalah gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂), sedikit kandungan hidrogen sulfurida (H₂S), ammonia (NH₃), serta hidrogen (H₂) dan nitrogen yang kandungannya sangat sedikit (Sukmana dan Anny, 2011).

Tabel 2. Komposisi biogas hasil fermentasi bahan organik dalam digester (Horikawa, 2004)

Jenis Gas	Komposisi (b/v %)
Methane (CH₄)	55-75
Carbon dioxide, (CO₂)	25-45
Carbon monoxide (CO)	0-0,3
Nitrogen (N₂)	1-5

Hydrogen (H₂)	0-3
Hydrogen sulfide (H₂S)	0,1-0,5
Oxygen (O₂)	Sisanya

Tabel 3. Spesifikasi biogas yang digunakan di bidang rumah tangga, industri dan perbandingannya dengan gas alam.

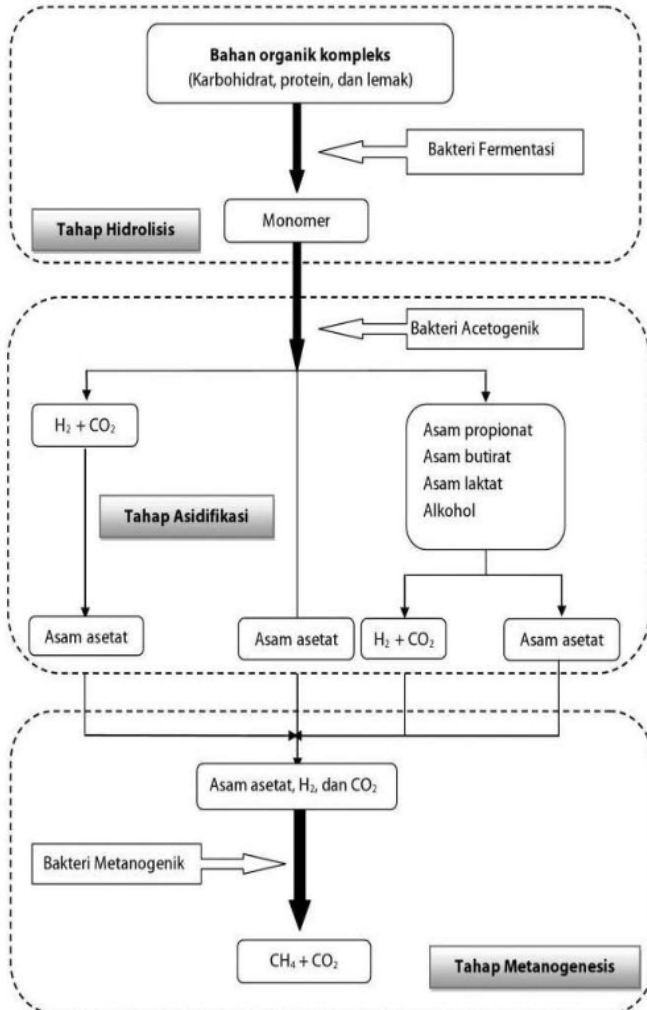
Indikator Sifat Gas		Biogas untuk Rumah Tangga	Biogas untuk Industri	Gas Alam
Komposisi (%)	CH ₄	60	68	97
	CO ₂	33	26	(CH ₄); 2,2 (C ₂);
	N ₂	1	1	0,3 (C ₃); 0,1
	O ₂	0	0	(C ₄ +);
	H ₂ O	6	5	0,4 (N ₂)
PCS kWh/m³		6,6	7,5	11,3
PCI kWh/m³		6,0	6,8	10,3
Density		0,93	0,85	0,57
Mass (kg/m³)		1,21	1,11	0,73
Index of Wobbe		6,9	8,1	14,9

Komposisi gas yang dihasilkan dapat berubah, dipengaruhi oleh jenis bahan organik yang difermentasi dan kondisi fermentasi. Gas metana (CH₄) murni memiliki kandungan energi sebesar 9.100 kcal/m³ pada suhu 15,5 °C dan tekanan 1 atm. Biogas memiliki nilai kalori dalam rentang 4.800 – 6.900 kcal/m³. Nilai kalori biogas sebesar 1,33 – 1,87 dan 1,5 – 2,1 m³ adalah setara dengan energy bahan bakar bensin dan energy bahan bakar solar, seperti diberikan pada tabel 3.

FERMENTASI PEMBENTUKAN BIOGAS

Berdasarkan kondisi bahan baku yang digunakan (basah dan kering) maka proses fermentasi pembentukan biogas dibedakan menjadi dua yaitu proses fermentasi basah dan

proses fermentasi kering. Perbedaan kedua metode fermentasi ini terletak pada besarnya jumlah penggunaan air sebagai bahan pelarut asam-asam organik.



Gambar 3. Diagram tahapan dalam proses pembentukan biogas yang melibatkan proses biologi dan kimiawi (Wahyuni, 2011).

a. Fermentasi Kering

Fermentasi kering merupakan sebuah proses penguraian bahan organik alami secara *anaerobik* dimana bahan organik yang difermentasi memiliki kadar air dibawah 75%. Sesuai dengan namanya fermentasi kering tidak membutuhkan penambahan air selama proses fermentasi berlangsung. Proses fermentasi kering membutuhkan energy sebesar 5% dari energi yang dihasilkan dari proses fermentasi tersebut (BIOFerm Energy Systems, 2009).

Keunggulan dari proses fermentasi kering disbandingkan dengan proses fermentasi basah. Keuntungan lain dari proses fermentasi kering adalah tidak dibutuhkannya bahan tambahan (bahan organik atau air) untuk dipadatkan dengan banyak air. Limbah padat yang dihasilkan dalam proses ini tidak perlu disterilkan/dikeringkan dan selama proses fermentasi tidak memerlukan proses pengadukan.

b. Fermentasi basah

Fermentasi basah adalah proses fermentasi bahan organik alami yang memiliki kadar air lebih besar atau sama dengan 75%. Keberadaan air dalam proses fermentasi ini berfungsi untuk melarutkan asam-asam organik yang dihasilkan selama proses hidrolisis bahan organik dan juga untuk menjaga kadar total solid (TS) pada lumpur dalam digester. Limbah yang dihasilkan dari proses fermentasi biasanya mengandung air dengan kadar hingga 70%. Kelemahan dari proses fermentasi basah ini adalah dibutuhkan sebuah proses penanganan yang baik dan agar tidak mencemari lingkungan (BIOFerm Energy Systems, 2009).

Peningkatan efisiensi hasil gas metana dalam proses fermentasi basah dapat dilakukan beberapa hal yaitu pengadukan, kontrol temperatur, penampungan gas, posisi digester dan waktu fermentasi padatan organik. Pengadukan

sangat diperlukan agar produksi gas tidak terhalang oleh busa/kerak padat yang terbentuk di permukaan lumpur organik.

Pada daerah yang panas, jumlah gas metana yang dihasilkan cenderung lebih sedikit, maka perlu diberikan atap pada *digester* biogas (Haryati, 2006). Suhu yang terlalu tinggi, > dari 35°C akan menghambat laju pertumbuhan bakteri anaerob. Kondisi dan lokasi *digester* memiliki fungsi untuk mengatur keadaan proses fermentasi *anaerob*, berlangsung optimal, sehingga jumlah gas metana yang dihasilkan menjadi lebih banyak.

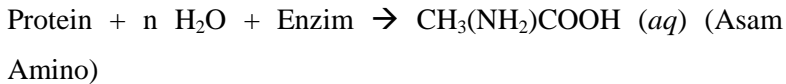
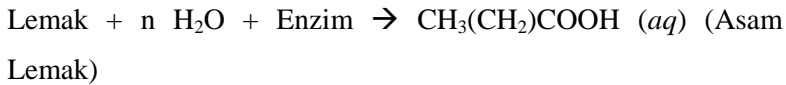
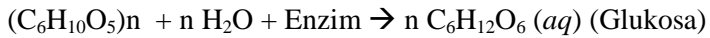
Proses pembentukan biogas dalam digester mengikuti diagram pada gambar 3. Secara garis besar proses pembentukan biogas dalam sebuah digester biogas dengan proses fermentasi basah adalah sebagai berikut,

1. **Hydrolysis**, yaitu sebuah proses penguraian bahan-bahan organik yang tidak larut dalam air menjadi komponen yang lebih kecil dan larut dalam air. Biasanya adalah bahan organik yang berbentuk polimer besar seperti sellulosa, karbohidrat lemak dan protein.
2. **Acidification**, yaitu proses oksidasi bahan-bahan organik menjadi asam organik. Proses ini terjadi melalui bantuan bakteri non-methanogenesis (*Bacteroides*, *Clostridium butyrium*, *Eschericia coli*), protozoa dan jamur.
3. **Methanogenesis**, yaitu sebuah proses perubahan asam-asam organik menjadi gas metana (CH₄) oleh bakteri *methanogenic* (*Methanobacterium formicum* dan *Methanospirillum hungati*). Proses ini terjadi melalui reaksi oksidasi yang melibatkan, H₂, CO₂ dan asam-asam organik menjadi gas metana (CH₄).

Proses *Hydrolysis*

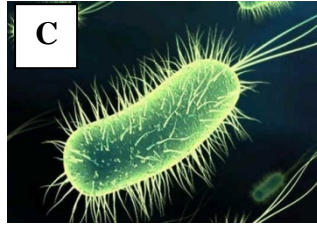
Proses *hydrolysis* ini merupakan tahapan penguraian bahan-bahan organik berukuran besar (polimer) alami yang tidak larut dalam air menjadi bahan-bahan yang lebih kecil yang larut dalam air.

Reaksi hidrolisis yang terjadi adalah sebagai berikut,



Tahap **dekomposisi biomass/hydrolysis** diatas terjadi melalui bantuan bakteri-bakteri dekomposisi seperti *Actinobacteria*, *Fimicutes*, *Bacteroidetes*, *Thermotogae*, *Choloroflexi* dan *Proteobacteria*.





Gambar 4. Jenis bakteri yang terlibat dalam proses hidrolisi bahan organik alami dari (a) spesies *Bacteriodes* (b) *Clostridium botulinum* (c) *Escherichia coli* (Mullin, 2019; BISR, 2014).

Proses *Acidification* (Pengasaman)

Tahap pengasaman (*acidification*) dilakukan oleh bakteri-bakteri pengoksidasi yang merubah glukosa menjadi asam organik. Proses asidifikasi terdiri atas tahapan Asido-genesis Karbohidrat, Asidogenesis asam amino dan asetogenesis. Beberapa jenis bakteri yang melakukan proses tersebut adalah *Bacteroides*, *Clostridium butyrium*, *Escherichia coli*, protozoa dan jamur. Bakteri ini merupakan bakteri *anaerob* yang dapat tumbuh pada keadaan asam, yaitu dengan pH 5,5-6,5. Bakteri ini bekerja secara optimum pada temperature sekitar 30°C.

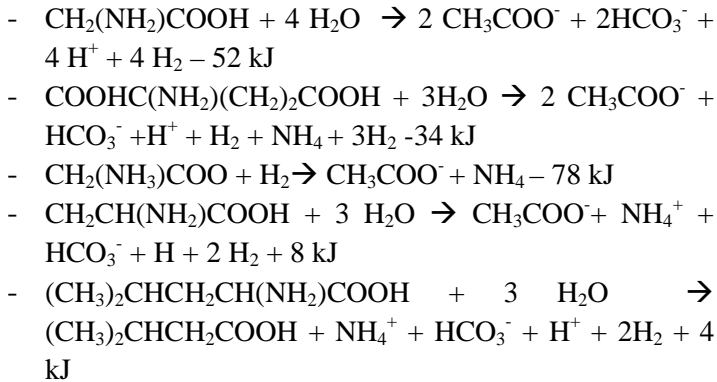
Tahapan reaksi yang terjadi dalam proses asidifikasi (pembentukan asam organik) adalah sebagai berikut,

1. *Acidogenesis* Karbohidrat

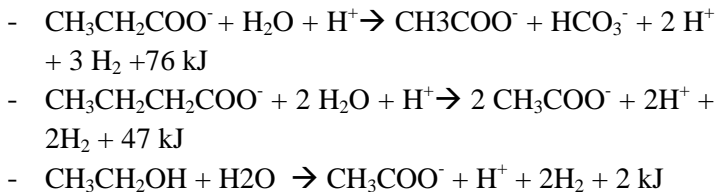
- $C_6H_{12}O_6 + 4 H_2O \rightarrow 2 CH_3COO^- + 2HCO_3^- + 4 H^+ + 4 H_2 - 206 \text{ kJ}$
- $C_6H_{12}O_6 + H_2O \rightarrow CH_3COO^- + CH_3CH_2COO^- + HCO_3^- + 3 H^+ + H_2 - 283 \text{ kJ}$
- $C_6H_{12}O_6 + 2 H_2O \rightarrow CH_3CH_2CH_2COO^- + 2 HCO_3^- + 3 H^+ + 2 H_2 - 255 \text{ kJ}$



2. Acidogenesis Asam Amino



3. Acetogenesis

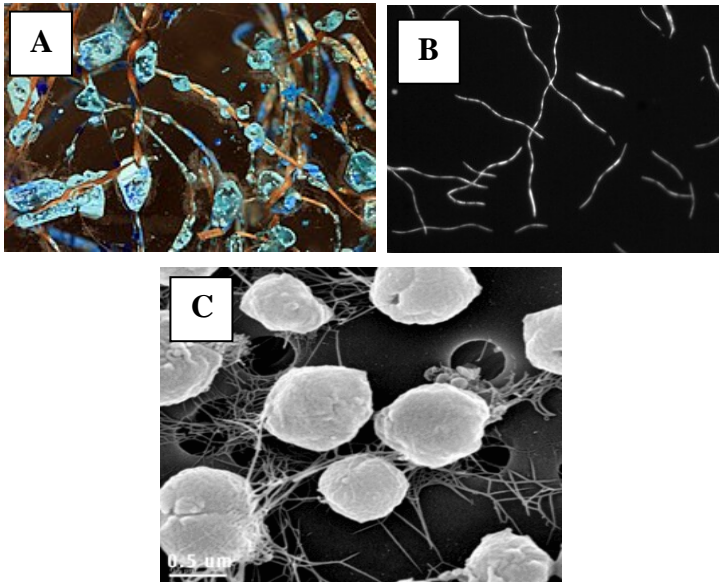


Proses Methanogenesis

Tahap ini merupakan proses pembentukan gas metana (CH_4) dari asam-asam organik yang dihasilkan dari proses sebelumnya. Proses ini melibatkan bakteri *methanogenesis* (*Methanobacterium formicum*, *Methanospirillum hungati*, *methanosarcaria*, dan *methanococcus*). Reaksi redoks asam organik pada kondisi asam dengan bantuan air dan gas hydrogen yang dihasilkan selama proses oksidasi monomer karbohidrat (glukosa), lemak (asam lemak) dan protein (asam

amino). Berikut reaksi-reaksi oksidasi dalam tahap *methanogenesis*,

- $4 \text{ C}_6\text{H}_5\text{COOH} + 24 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 12 \text{ CH}_3\text{COOH} + 4 \text{ HCOOH} + 8 \text{ H}_2$
- $12 \text{ CH}_3\text{COOH} \rightarrow 12 \text{ CH}_4 + 12 \text{ CO}_2$
- $4 \text{ HCOOH} \rightarrow 4 \text{ CO}_2 + \text{ H}_2$
- $3 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2 \rightarrow 3 \text{ CH}_4 + 6 \text{ H}_2\text{O}$
- $4 \text{ H}_2 + \text{ HCOO}^- \rightarrow \text{ CH}_4 + 3 \text{ H}_2\text{O} - 136 \text{ kJ}$
- $\text{ CH}_3\text{COO}^- + \text{ H}^+ + \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{ CH}_4 + \text{ HCOO}^- + \text{ H}^+ - 31 \text{ kJ}$



Gambar 5. Bentuk bakteri methanogen dari spesies (A) *Methanobacterium formicum* dan (B) *Methanospirillum hungati* dan (C) *methanococcus*.

REAKTOR PRODUKSI BIOGAS

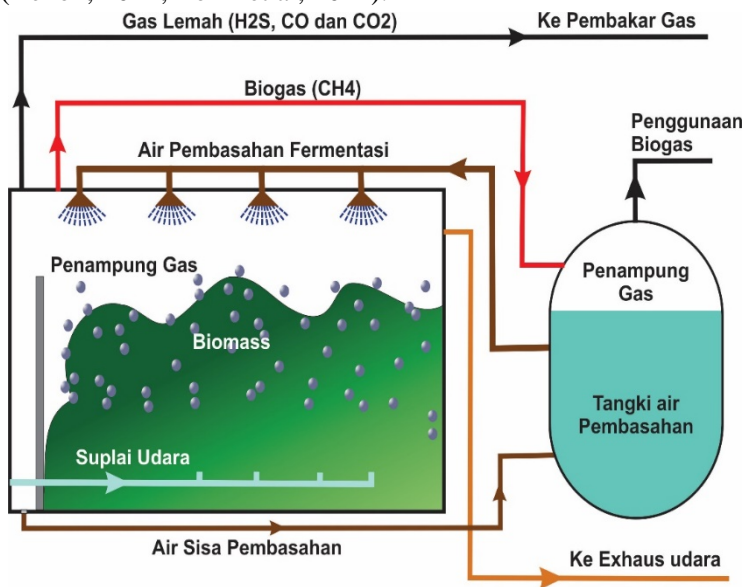
Reaktor penghasil biogas biasanya disebut sebagai *digester* dimana proses fermentasi berlangsung secara *anaerob*. Reaktor biogas yang digunakan khususnya di kalangan masyarakat umum sebaiknya memiliki kriteria sebagai berikut, bentuk dan desain sederhana sehingga mudah untuk diadopsi oleh masyarakat, mudah dibuat dengan bahan-bahan local, mudah untuk dioperasikan (*user friendly*) di perbaiki (*maintenance*), instalasi tahan lama dan tidak mudah penuh dengan lumpur biomass yang mengeras.

Digester Sistem Fermentasi Kering

Digester sistem *batch operation* digunakan karena sangat mudah untuk pengoperasiannya dikalangan masyarakat umum. Proses fermentasi berlangsung dalam “*single step*” artinya beberapa jenis proses degradasi bahan organik

(hidrolisis, asidifikasi dan metanisasi) menjadi biogas berlangsung dalam satu tahapan. Teknologi digester model fermentasi kering ini biasanya dimanfaatkan untuk produksi biogas skala industry.

Pada teknologi yang dikembangkan oleh BEKON *Company* proses pembentukan biogas berlangsung sangat sederhana. Proses ini tidak membutuhkan udara dan *inokulan* yang berasal dari bahan yang telah difermentasi sebelumnya, sehingga *biomass* dapat dengan cepat dikonversi menjadi biogas (Bekon, 2012; Lohri et al, 2014).



Gambar 6. Diagram digester biogas dengan teknologi fermentasi kering yang diproduksi oleh perusahaan BEKON dari Jerman pada tahun 2012.

Digester Sistem Fermentasi Basah

Digester sistem fermentasi basah memiliki tahapan yang cukup banyak, namun secara umum sangat mudah untuk dilakukan oleh masyarakat awam sekalipun dan sangat mudah dalam hal perawatan. Tahapan proses produksi biogas dalam reaktor digester sistem fermentasi basah dan pemanfaatannya adalah sebagai berikut,

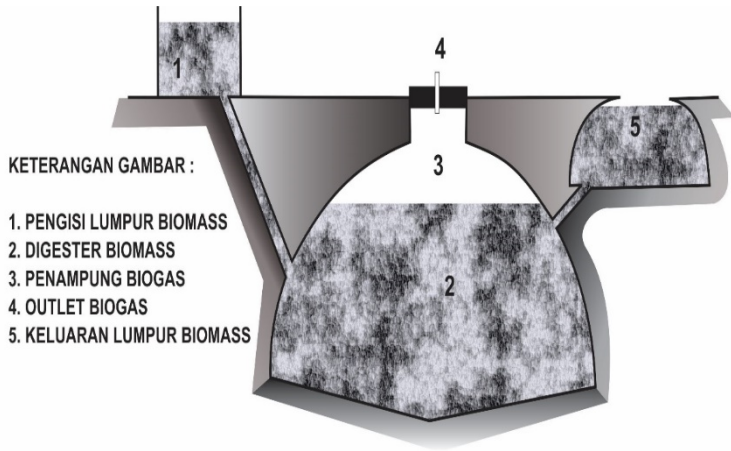
1. Tahap pengenceran biomass
2. Tahap fermentasi biomass
3. Tahap penampungan biogas
4. Tahap pemanfaatan biogas

Jenis Digester Sistem Fermentasi Basah

Fixed Dome (Kubah Tetap)

Sesuai dengan namanya, digester ini berbentuk kubah setengah lingkaran pada bagian atasnya yang berfungsi sebagai penampung biogas yang dihasilkan. Volume dome penampung gas ini tetap/statis, sehingga jika biogas yang dihasilkan semakin banyak maka tekanan didalam dome akan semakin besar. Tekanan gas yang cukup besar ini dapat langsung dialirkan ke kompor atau lampu biogas yang digunakan.

Pada gambar 7 diberikan diagram reactor biogas model *fixed dome*. Pada digester jenis ini tampak bahwa penampung gas yang dihasilkan menjadi satu dengan digester lumpur biomass.



Gambar 7. Bentuk digester biogas *Fixed Dome*, menggunakan metode fermentasi basah (Badan Litbang Pertanian, 2011)



Gambar 8. Digester model *Fixed Dome*, untuk pengolahan limbah pabrik tahu di desa Kalikajing, Kabupaten Banyumas pada tahun 2013.

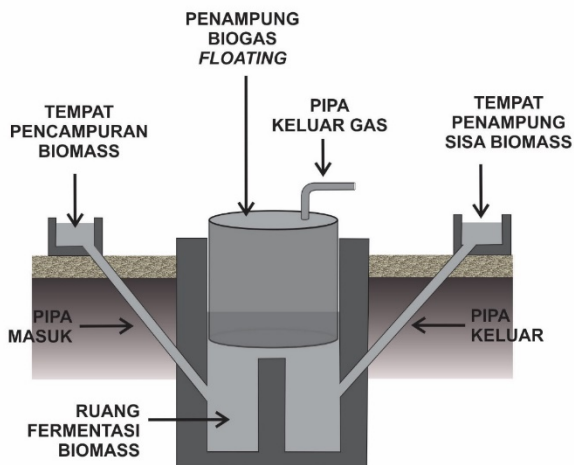
Floating Dome (Kubah Apung)

Fungsi *floating dome* disini adalah untuk menampung gas sekaligus dapat memberikan tekanan terhadap gas yang keluar

dari pipa pengeluaran (*outlet pipe*) sehingga tekanan biogas yang dihasilkan akan relatif konstan dibandingkan tipe digester *fixed dome*.

Kelemahan tipe digester ini adalah sebagai berikut,

1. Jumlah biogas yang dihasilkan sedikit, hal ini disebabkan biasanya digester tipe ini ukurannya kecil. Namun untuk mengatasi hal ini biasanya digester dibuat berukuran lebih besar dan penampung gas dimodifikasi tidak menggunakan tangki, tetapi menggunakan sebuah bahan yang bersifat flexible.
2. Jika tangki penampung biogas terbuat dari bahan plastik yang tidak tahan sinar UV maka pada jangka waktu yang lama tangki lastik akan rapuh dan pecah.
3. Biaya untuk konstruksinya relatif lebih mahal dari model *fixed dome*, karena biasanya membutuhkan batang besi sebagai penyangga dari beberapa bagian digester, khususnya tangki penampung biogas.



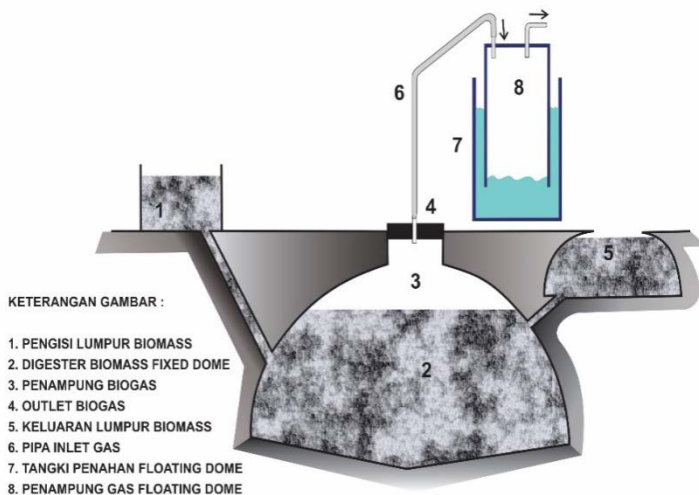
Gambar 9. Bentuk digester biogas *Floating Dome*, menggunakan metode fermentasi basah (Badan Litbang Pertanian, 2011)



Gambar 10. Biogas model *floating dome* yang diterapkan untuk pembangkit listrik tenaga biogas (www.built-a-biogas-plant.com)

Gabungan *Fixed* dan *Floating Dome*

Disain digester model ini sesuai dengan namanya merupakan gabungan dua model digester sebelumnya. Terdapat dua bagian pada digester ini yaitu bagian digester lumpur biomass yang berbebentuk *fixed dome* dan bagian penampung biogas yang dihasilkan berbentuk *floating dome* seperti diberikan pada gambar 11.



Gambar 11. Bentuk reaktor biogas tipe gabungan *Fixed Dome* dan *Floating Dome*, menggunakan metode fermentasi basah.

Kelebihan dari tipe digester gabungan ini adalah sebagai berikut,

- Jumlah gas yang dihasilkan tetap besar karenaterdapat dua tempat penampung gas yaitu di dalam *fixed dome* sendiri terdapat ruang untuk penampung gas ditambah dengan bagian *floating dome* untuk menampung gas di bagian luar digester.
- Tekanan gas yang dihasilkan pada bagian alat pengguna biogas (kompor atau lampu biogas) relatif lebih stabil dalam kondisi relatif tinggi.
- Kelemahan tipe digester ini adalah pengerjaan lebih rumit dan biaya yang dibutuhkan lebih besar.

PEMANFAATAN BIOGAS

Biogas dengan kandungan utama gas metana (CH_4) dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternative baik dalam skala industry maupun skala rumah tangga. Pada skala industry, biogas biasanya dihasilkan dari gasifikasi sampah yang ditimbun ditempat pembuangan akhir. Pamanfaatan biogas ini biasanya untuk bahan bakar pembangkit listrik. Pada skala rumah tangga biogas biasanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada kompor gas, lampu petromax gas dan sebagai bahan bakar bagi genset listrik.

Biogas Sebagai bahan Bakar Pembangkit Listrik Skala Industri

Pemanfaatan biogas sebagai pembangkit listrik skala industri biasanya dilakukan pada instalasi pengolahan sampah dilokasi-lokasi pembuangan akhir menjadi biogas melalui teknologi gasifikasi. Kapasitas sampah yang besar sangat mendukung untuk dihasilkannya biogas dalam jumlah besar dan secara ekonomi memnuhi syarat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Dibeberapa negara teknologi gasifikasi sampah di tempat pembuangan akhir (TPA) sebagai

bahan bakar pembangkit listrik telah banyak dilakukan, seperti di Polandia, Brazil, Yunani, Swiss dan juga beberapa daerah di Indonesia seperti di Surabaya dan Jakarta telah memanfaatkan teknologi ini. Teknologi yang digunakan sebagian besar adalah metode fermentasi kering, hal ini disebabkan sebagian besar lokasi TPA sangat luas dan kondisi sampah memiliki kadar air yang rendah (Rasi, 2009; Szymańska, and Lewandowska, 2015; Oliveira et al, 2017).

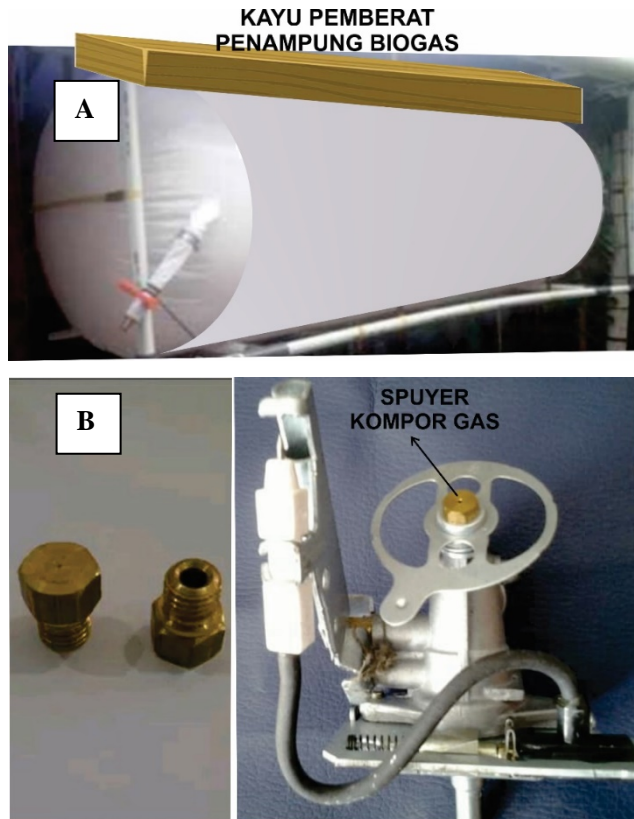
Tabel 4. Sifat fisika dan kimia biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi biomass (Kipyegon, 2011).

NO	Parameter	Keterangan
1	Komposisi	55 – 70% metana (CH ₄) 30 – 45% Karbon dioxide (CO ₂) Gas lain berjumlah kecil
2	Kandungan Energi	6.0 – 6.5 kWh m ⁻³
3	Ekuivalen bahan Bakar	0.60 – 0.65 L oil/m ⁻³ biogas
4	Batas Eksplosif	6 – 12% biogas di udara
5	Temperatur Nyala	650 – 750 ° C (Tegantung kadar metana)
6	Tekanan Kritis (Pc)	75 – 89 bar
7	Temperatur Kritis (Tc)	82.5 ° C
8	Densitas	1.2 kg m ⁻³
9	Bau	Telur busuk (karena adanya gas H ₂ S)
10	Molar Mass	16.043 kg kmol ⁻¹

Biogas sebagai Bahan Bakar Kompor Gas

Pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar kompor gas komersial harus memperhatikan kondisi tekanan biogas. Biasanya tekanan biogas yang dihasilkan di instalasi biogas rumah tangga termasuk rendah, berbeda dengan gas elpiji dalam tabung memiliki tekan hingga mencapai 7 Psi. Dampak

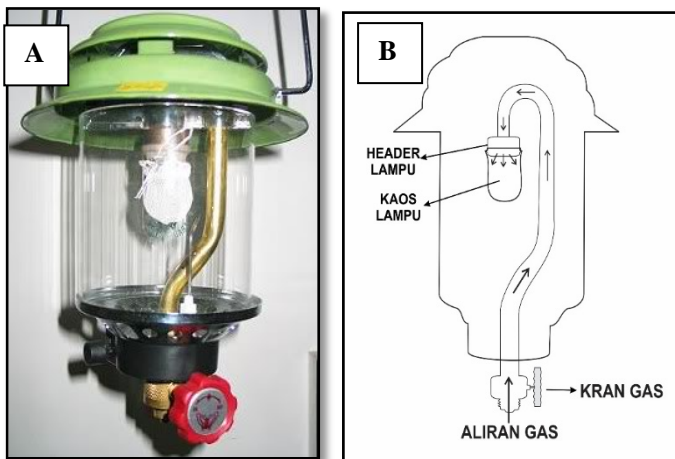
dari tekanan biogas yang rendah adalah nyala kompor menjadi kecil sehingga tidak efisien ketika dimanfaatkan sebagai bahan bakar kompor gas. Mengatasi permasalahan tersebut perlu dilakukan modifikasi terhadap dua hal yaitu pada komponen penampung biogas dan pada bagian *spuyer* kompor gas.



Gambar 12. A) Bentuk pemberat pada plastic penampung biogas untuk meningkatkan tekanan gas keluar. B) Bentuk *spuyer* kompor gas standar komersial yang harus diperbesar ukuran lubang keluaran gasnya.

Biogas sebagai Bahan Bakar Lampu Petromaks Gas

Pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar lampu petromax dibutuhkan modifikasi pada bagian lubang *spuyer* gas lampu petromaks. Ukuran diameter lubang *spuyer* yang dimiliki lampu tersebut berdasarkan produksi pabrik adalah 0,3-0,5 mm dengan maksud tekanan gas elpiji cukup besar untuk bisa keluar melalui lubang *spuyer*. Pada biogas yang memiliki tekanan rendah dibutuhkan ukuran lubang *spuyer* gas yang lebih besar yaitu kisaran 2,5-3 mm sehingga gas dapat keluar dengan volume yang cukup besar dan memenuhi syarat terjadinya pembakaran didalam ruang lampu petromaks.



Gambar 13. Lampu petromaks biogas dan diagram aliran gas pada lampu, (A) Lampu petromaks gas (B) Diagram aliran gas dalam lampu petromaks gas.

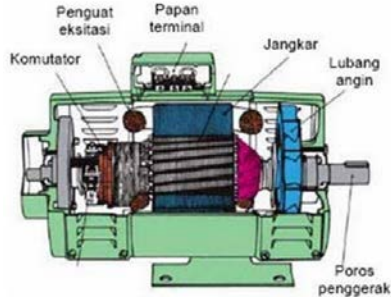


Gambar 14. Pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar lampu petromaks, di Desa Nongkojajar, Kabupaten Malang.

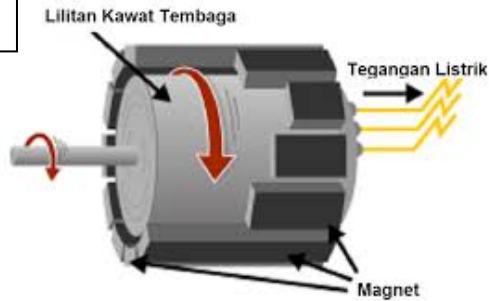
Biogas sebagai Bahan Bakar Genset Pembangkit Listrik Rumahan

Konversi biogas menjadi energy listrik dengan mengubah energi potensial kimia yang terdapat di dalam biogas menjadi energi mekanik, kemudian energi mekanik dirubah menjadi energi listrik. Teknologi yang digunakan untuk proses konversi tersebut adalah menggunakan genset (generator listrik). Generator listrik memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi elektro-magnetik yang terjadi didalam generator listrik tersebut.

A

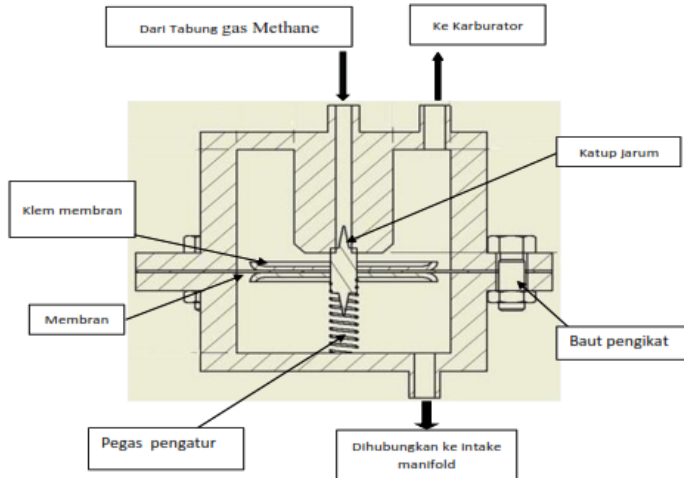


B



Gambar 20. Diagram bentuk dan komponen penyusun generator set (genset) listrik dan mekanisme terbentuknya listrik di dalam generator listrik (Alfith, 2017).

Mesin genset yang menggunakan bahan bakar gas misalnya LPG (liquid Petroleum Gas) atau CNG (Compressed Natural Gas) disebut dengan genset gas. *Vacuum valvet* adalah rangkaian beberapa komponen yang sudah dimodifikasi sedemikian rupa sehingga dapat menghasilkan suatu sistem distribusi bahan bakar dalam hal ini berupa gas metana. Komponen dari genset dengan bahan bakar terdiri atas *vacuum valve*, karburator yang telah dimodifikasi, dan isolator yang telah dimodifikasi. Gambar 21 menyajikan diagram *Vacuum valve* sebagai komponen utama pada genset dengan bahan bakar premium ke gas metana (Widagdo dan Witjahyo, 2017).



Gambar 21. konstruksi *vacuum valve* dalam genset berbahan bakar gas (Widagdo dan Witjahyo, 2017).

Pemanfaatan genset gas dengan bahan bakar biogas perlu dilakukan beberapa modifikasi antara lain dibutuhkan komponen pemurni biogas untuk meningkatkan kadar gas metana. Konektor gas dari pipa biogas dan komponen pemberi tekanan gas untuk memudahkan masuknya biogas kedalam sistem pembakaran.



Gambar 22. Genset pembangkit listrik tenaga biogas (www.pertanianku.com)