

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan terdahulu

1. Biogas

a. Pengertian Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi langka (anaerob). Pengertian lain adalah gas yang dihasilkan oleh aktivitas mikroorganisme dalam dalam fermentasi dari bahan-bahan organik, diantaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestic, sampah organik yang mudah teruari.

Prinsip terbentuknya biogas adalah fermentasi anaerob bahan organik yang dilakukan oleh mikroorganisme, sehingga menghasilkan gas yang dapat dibakar. Biogas merupakan salah satu jenis yang dapat dibuat dari banyak jenis bahan buangan dan bahan sisa, jerami, kotoran ternak, eceng gondok, sampah serta banyak bahan-bahan lainnya. Pemanfaatan biogas merupakan salah satu energi yang perlu diperhatikan.

Energi yang terkandung di dalam biogas tergantung dari kandungan metan dalam biogas. Semakin tinggi kandungan metan dalam biogas maka semakin tinggi pula kandungan energi atau nilai kalor. Biogas memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu kisaran 4800–6700 kkal/m³, untuk gas metan murni (100%) mempunyai nilai kalor 8900 kkal/m³ (Sutarto dan Feris, 2007).

Metana dalam biogas, bila terbakar akan relatif lebih bersih dari pada batubara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbondioksida 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 karbondioksida. Komponen utama biogas adalah gas Metan

(CH₄) dan Karbondioksida (CO₂), sedikit kandungan hydrogen sulfida (H₂S), ammonia (NH₃), serta hydrogen (H₂) dan Nitrogen yang kandungannya sangat sedikit (Sukmana dan Anny, 2011)

b. Komposisi Biogas

1) Komposisi Biogas dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Komposisi Biogas

No.	Komponen	Rumus Kimia	Jumlah (%)
1	Methan	CH ₄	54-74
2	Karbondioksida	CO ₂	27-75
3	Nitrogen	N ₂	3-5
4	Hidrogen	H ₂	0-1
5	Karbonmonoksida	CO	0,1
6	Oksigen	O ₂	0,1
7	Hidrogen Sulfida	H ₂ S	Sedikit

Sumber: Sukmana (2011)

2) Karakteristik kimia komponen penyusun biogas :

a) Metana (CH₄)

Terdiri dari satu karbon dan empat atom hidrogen dan merupakan komponen utama dari gas alam. Tidak berbau dan berwarna, menyediakan sekitar 1.000 BTU energy panas per kaki kubik ketika dibakar. Satu BTU adalah energi yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu satu pon air satu derajat fahrenheit. Metana di produksi sebagai bahan bakar fosil yang tidak terbarukan yang dihasilkan selama periode ribuan bahkan jutaan tahun. Proses pencernaan anaerobik menghasilkan antara 50-60% CH₄ untuk pupuk. Semakin tinggi kandungan CH₄

dalam biogas semakin tinggi kandungan panas dan tersedia dengan BTU yang lebih besar.

b) Karbondioksida (CO₂)

Gas atmosfer yang terdiri dari satu karbon dan dua atom oksigen. Tidak berbau dan tidak berwarna. CO₂ diproduksi baik oleh pembakaran bahan organik dengan adanya oksigen atau oleh fermentasi mikroba dan respirasi tanaman. Dalam biogas, CO₂ diproduksi ketika bakteri metanogen memecah senyawa organik sederhana, melalui fermentasi. Yang utama adalah dua komponen biogas yang CH₄ dan CO₂ produk dari konversi senyawa organik sederhana oleh bakteri metanogen. Karena CO₂ dapat dengan mudah diukur di lapangan, keseimbangan biasanya dianggap CH₄. Dengan demikian tingkat tinggi O₂ adalah indikasi dari konten metana miskin dan karena itu nilai energi yang lebih rendah. Meskipun konsentrasi O₂ tinggi dalam biogas dapat menghalangi beberapa aplikasi energi, (Amelia V, 2015) mencatat CO₂ yang relatif tinggi dalam biogas dapat membantu dalam pengisian elektrolit karbonat penting dalam sel bahan bakar berkarbonat cair. (Harasimonwicz.et.al, 2007)

c) Nitrogen (N)

Salah satu akibat dari pencemaran air oleh limbah ternak ruminansia ialah meningkatnya kadar nitrogen. Senyawa nitrogen sebagai polutan mempunyai efek polusi yang spesifik, dimana kehadirannya dapat menimbulkan konsekuensi penurunan kualitas perairan sebagai akibat terjadinya proses eutrofikasi, penurunan konsentrasi oksigen terlarut sebagai hasil proses nitrifikasi yang terjadi dalam air yang dapat mengakibatkan terganggunya kehidupan air.

d) Hidrogen (H₂O)

Jumlah hidrogen rendah. Karena gas ini tidak mudah untuk membakar beberapa gas dengan kandungan hidrogen yang tinggi. Kandungan hydrogen yang tinggi dari hasil gas alam memiliki kandungan uap air yang banyak yang dihasilkan dalam gas pembakaran dengan efisiensi yang rendah.

e) Hidrogen Sulfida (H_2S)

Uap air dapat sangat berbahaya karena sangat korosif bila dikombinasikan dengan komponen asam seperti hidrogen sulfida. Kontaminan utama dalam biogas adalah H_2S yang bersifat racun dan korosif dan menyebabkan kerusakan yang signifikan pada pipa, peralatan instrument. Dalam pembakaran, H_2S dalam gas juga dirilis sebagai belerang dioksida, berkontribusi terhadap polusi udara. Selama proses anaerobic, gas yang mengandung lebih dari 6% H_2S dapat membatasi metagnogenesis. Pengukuran di Dairy AA di Candor, NY menunjukkan konsentrasi H_2S rata-rata 1500 ppm (0.15%) jauh dari tingkat membatasi. (Amelia.V,2015)

f) Oksigen(O_2)

Pembakaran biogas dilakukan melalui proses pencampuran dengan oksigen (O_2)

c. Pengembangan biogas untuk masa depan :

Pemikiran dikembangkannya biogas sebagai energi alternatif untuk masa depan antara lain :

- 1) Limbah ternak telah menjadi salah satu penyumbang Gas Rumah Kaca (GRK) dan sebagai factor yang mempercepat laju degradasi lingkungan
- 2) Rumah tangga pedesaan sebagai basis sector peertanian termasuk peternakan, sebenarnya sudah tersedia bahan baku untuk biogas pengganti LPG
- 3) Teknologi pembuatan biogas melalui penerapan Teknologi Tepat Guna (TTG) pedesaan dari bahan baku limbah ternak

saat ini mudah diterapkan dengan biaya yang relative murah.

Dengan besarnya manfaat yang dapat diambil dari limbah ternak, teknologi pembuatan biogas yang mudah dan murah serta ramah lingkungan akan menjadi pertimbangan bagi peternak untuk memiliki biogas

2. Kotoran Sapi

Kotoran sapi adalah limbah peternakan yang merupakan buangan dari usaha peternakan sapi yang bersifat padat dan dalam proses pembuangannya sering bercampur dengan urin dan gas seperti metana dan ammonia. Kandungan unsur hara dalam kotoran sapi bervariasi tergantung pada tingkat produksinya, macam dan jumlah makanan yang dimakannya, serta individu ternak sendiri (Abdul Gani 2008). Kandungan unsur hara dalam kotoran sapi antara lain nitrogen 0,29 %, P_2O_5 0,17 % dan K_2O 0,35 % (Harjowigeno,2003). Pupuk kandang berupa kotoran sapi, babi, dan unggas hampir 100% menyumbangkan unsur P dan K yang dikandungnya ke dalam tanah. Kotoran sapi lebih efektif dari pada kotoran unggas dalam menurunkan bobot isi tanah (Rahman,2007)

Kotoran sapi yang tinggi kandungan hara dan energinya berpotensi dijadikan bahan baku penghasil biogas. Biogas adalah campuran berbagai macam gas yang susunannya tergantung pada komposisi bahan baku masukan. Biogas adalah suatu campuran gas-gas yang dihasilkan dalam suatu proses pengomposan bahan organik oleh bakteri dalam keadaan tanpa oksigen (proses anaerob). Definisi lain menyebutkan bahwa biogas adalah campuran beberapa gas bahan bakar hasil fermentasi dari bahan organik dalam kondisi anaerob dan gas yang dominan adalah metan CH_4 dan karbondioksida CO_2 .

Biogas merupakan energi terbarukan yang fleksibel dapat menghasilkan panas dan listrik sebagai pengganti bahan bakar

kendaraan. Selain energi yang terbarukan proses perombakan anaerob menghasilkan pupuk berharga dan mengurangi emisi serta bau tidak sedap. Biogas bersifat bersih tidak berasap hitam seperti kayu bakar dan minyak tanah. Selain itu derajat panasnya lebih tinggi dari bahan bakar minyak tanah dan kayu bakar serta dapat disimpan untuk penggunaan yang akan datang. Produksi biogas didasarkan pada perombakan anaerob kotoran hewan dan bahan buangan organik lainnya. Selama perombakan anaerob akan menghasilkan gas metana 54-70%, Karbondioksida 25-45% , Hidrogen, Nitrogen, dan Hidrogen Sulfida dalam jumlah yang sedikit (Simammora 2006).

Biogas berbeda dari sumber-sumber energi terbarukan lainnya. Biogas dapat digunakan untuk berbagai keperluan sesuai dengan sifat gas alam. Pemanfaatan biogas dalam teknologi mesin internal (mesin berbahan bakar gas) sangat andal dan telah berkembang. Ribuan mesin berbahan bakar gas telah dioperasikan di area pengolahan limbah dan pembangkit biogas. Pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar kendaraan digunakan mesin yang sama konstruksinya dengan kendaraan mesin berbahan gas alam. Terdapat lebih dari tiga juta kendaraan berbahan bakar gas alam di dunia dan sekitar 1000 kendaraan mobil dan bus berbahan bakar biogas. Ini menunjukkan bahwa konstruksi kendaraan menggunakan biogas sebagai bahan bakar kendaraan tidak bermasalah

3. Faktor Pembentukan Biogas

Ada banyak faktor yang mempengaruhi produksi biogas, dibawah ini akan dijelaskan beberapa faktor utama yang mempengaruhi produksi biogas, diantaranya :

a. Temperatur

Temperatur yang baik untuk perkembangbiakan bakteri metanogen adalah antara 20–40°C. Temperatur lingkungan di Indonesia temperatur antara 20–30°C sehingga tidak

membutuhkan rekayasa, seperti dinegara beriklim dingin (Wahyuni, 2011).

Nilai suhu mengalami fluktuasi mengikuti perubahan suhu lingkungan dan lebih tinggi $\pm 2^{\circ}\text{C}$ dari suhu lingkungan (Mujdalifah siti, dkk 2014). Pada proses fermentasi anaerobic, reaksi yang terjadi selama degradasi bahan organik tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap peningkatan suhu digester karena energy yang dihasilkan oleh fermentasi anaerobic sangat kecil (Gerardi, 2003). Oleh karena itu, perubahan suhu lebih dominan dipengaruhi oleh perubahan suhu lingkungan.

b. C/N

C/Nratio menunjukkan perbandingan jumlah dari kedua element tersebut. Proses anaerobic akan optimal bila diberikan makanan yang mengandung karbon dan nitrogen secara bersamaan yaitu pada bahan yang memiliki yang ideal untuk isian digester adalah 25–30. Bila terlalu banyak karbon, nitrogen akan habis terlebih dahulu. Hal ini akan menyebabkan proses berjalan dengan lambat. Bila nitrogen terlalu banyak, maka karbon lebih dulu habis dan fermentasi berhenti. (Amelia.V,2015)

c. *Total solid (TS)*

Setiap bakteri membutuhkan keadaan air yang sesuai untuk pertumbuhannya, begitu juga bakteri untuk produksi biogas. Bakteri untuk produksi biogas mengkehendaki TS 7–9% pada fermentasi basah. Untuk proses fermentasi kering TS dapat lebih besar dari 15% (Wahyuni, 2011).

d. Derajat keasaman

Bakteri berkembang biak pada pH 6,6–7. Bakteri mengkehendaki pH asam, akan tetapi tidak lebih dari 6,2 (Wahyuni, 2011). Tangki pencerna dapat dikatakan stabil apabila larutannya mempunyai pH 7,5 – 8,5. Batas bawah pH adalah 6,2 dibawah pH tersebut larutannya menjadi toxic atau bakteri tidak aktif.

Derajat keasaman (pH) mempunyai peran yang cukup penting pada proses pembentukan gas metan. Oleh karena itu pH awal dan akhir perlu dicatat untuk mengetahui apakah pH tersebut telah sesuai dalam proses fermentasi anaerobic pada biogas. Secara keseluruhan pH awal dan akhir pada penelitian cenderung mendekati netral, yaitu 7. (Sanjaya denta, dkk 2015)

e. Ketersediaan Unsur Hara

Bakteri anaerob membutuhkan nutrisi sebagai sumber energy yang mengandung nitrogen, fosfor, magnesium, sodium, mangan, kalsium, dan kobalt. Level nutrisi harus sekurangnya lebih dari konsentrasi optimum yang dibutuhkan oleh bakteri metanogenik, karena apabila terjadi kekurangan nutrisi akan menjadi penghambat bagi pertumbuhan bakteri. Penambahan nutrisi dengan bahan yang sederhana seperti glukosa, buangan industry, dan sisa-sisa tanaman terkadang diberikan dengan tujuan memenuhi pertumbuhan di dalam digester (Amelia V, 2015).

f. Kandungan Bahan Kering

Bahan dalam pembuatan biogas harus berupa bubur. Bentuk bubur ini dapat diperoleh bila bahan bakunya mempunyai kandungan air yang tinggi. Jika bahan baku dengan kadar air rendah dapat ditambahkan dengan air dan perbandingan tertentu sesuai dengan kadar bahan kering tersebut. Bahan baku yang paling baik mengandung 7-9% bahan kering. Aktifitas mikroba metan membutuhkan 7-10% bahan kering dan 90% air dari bahan untuk fermentasi. Dengan demikian isian yang mengandung 7-9% bahan baku isian dicampur dengan air dengan perbandingan tertentu.

g. Pengadukan

Sebelum bahan isian dimasukkan ke digester terlebih dahulu dilakukan pengadukan untuk menyeragamkan atau menghomogenkan bahan isian. Jika tidak dilakukan

pengadukan maka akan terjadi pengendapan atau pengumpulan bahan organik yang menyebabkan terhambatnya pembentukan biogas.

h. Waktu retensi

Faktor lain yang perlu diperhatikan yaitu waktu retensi, faktor ini sangat dipengaruhi oleh temperature, pengenceran, laju pengadukan bahan, dsb. Pada temperature yang tinggi laju fermentasi berlangsung dengan cepat, dan menurunkan waktu proses yang diperlukan. Pada kondisi normal fermentasi kotoran berlangsung antara 2-4 minggu.

i. Bahan baku biogas

Berupa bahan organik seperti kotoran, lemak, limbah pertanian, dan sampah organik rumah tangga. Bahan isian harus terhindar dari bahan non organik seperti pasir batu beling dan plastic. Bahan baku dalam bentuk selulosa lebih mudah dicerna oleh bakteri anaerob. Sebaliknya, pencernaan akan lebih sulit dilakukan bakteri anaerob jika bahan bakunya banyak mengandung kayu atau lignin.

4. Jenis bakteri pembentuk biogas

Bakteri yang terlibat dalam proses anaerobik yaitu bakteri hidrolitik yang memecah bahan organik menjadi gula dan asam amino, bakteri fermentatif yang mengubah gula dan asam amino tadi menjadi asam organik, bakteri asidogenik mengubah asam organik menjadi hidrogen, karbondioksida dan asam asetat dan bakteri metanogenik yang menghasilkan metan dari asam asetat, hidrogen dan karbondioksida. Jenis-jenis bakteri ini sudah terdapat di dalam kotoran-kotoran hewan yang digunakan.

Jenis-jenis bakteri tersebut diantaranya :

a. Bakteri Hidrolitik

Golongan bakteri hidrolitik memiliki berbagai enzim hidrolitik ekstraseluler yang disekresikan ke luar sel untuk memecah senyawa kompleks seperti polisakarida, asam nukleat, dan lipid, menjadi molekul yang lebih kecil sehingga dapat masuk ke dalam sel untuk digunakan sebagai sumber karbon dan

elektron donor (Madigan et al, 2003) contohnya yaitu bakteri genus *Bacillus sp. Bacillus* mampu hidup dalam lingkungan aerob atau fakultatif aerob, dapat membentuk spora dengan tipe sentral, atau terminal yang menyebabkan *Bacillus* lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan, jika lingkungan menguntungkan spora bergerminasi kembali menjadi sel vegetatif (Madigan et al, 2003).

Bakteri Hidrolitik dibedakan menjadi bakteri lipolitik, amilolitik, dan proteolitik. Bakteri yang mampu mendegradasi protein disebut bakteri proteolitik yaitu *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas* dan *Proteus*. Bakteri proteolitik akan mensekresikan enzim protease yang akan menguraikan protein menjadi asam amino dan asam nukleat. Bakteri lipolitik merupakan bakteri yang memiliki kemampuan mensintesis lemak dari 1 molekul gliserol dan 3 molekul asam lemak. Sehingga dalam perombakannya lemak akan dirombak menjadi gliserol dan asam-asam lemak. Jenis mikroba yang bersifat lipolitik contohnya adalah bakteri *Pseudomonas*, *Alcaligenes* dan *Staphylococcus*. Sedangkan bakteri yang mendegradasi pati atau karbohidrat menjadi monomernya yaitu mikroorganisme yang bersifat amilolitik, contoh bakteri pemecah pati yaitu *Bacillus subtilis*.

Enzim yang dimiliki oleh bakteri hidrolitik diantaranya adalah amilase, protease, lipase, gelatinase, selulase (Cappuccino & Sherman, 2005). Enzim amilase mengkatalis hidrolisis polisakarida menjadi disakarida seperti maltosa. Enzim protease mengkatalis hidrolisis pemutusan ikatan peptida. Enzim lipase mengkatalis trigliserida menjadi asam lemak rantai panjang dan gliserol (Bibiana, 1994). Enzim gelatinase mengkatalis hidrolisis gelatin, gelatin merupakan suatu protein yang dapat diperoleh dari hidrolisis kolagen (Cappuccino &

Sherman, 2005). Enzim selulase mengkatalis hidrolisis selulosa (Makoi & Ndakidemi, 2008).

b. Bakteri Asidogenik

Bakteri menghasilkan asam, seperti bakteri *Acetobacter aceti* akan menghasilkan asam untuk mengubah senyawa rantai pendek yang dihasilkan pada proses hidrolisis menjadi asam asetat, hidrogen, dan karbon dioksida. Bakteri yang dapat melakukan fermentasi asam campuran adalah *Escherichia coli*, sedangkan contoh bakteri yang dapat melakukan fermentasi 2,3-butanediol adalah *Enterobacter*, *Klebsiella*, dan *Serratia*. Bakteri fermentatif lain yang bukan golongan bakteri usus adalah *Clostridium*, Bakteri golongan *Clostridia* mampu memfermentasi gula menghasilkan sejumlah besar asam butirat sebagai produknya.

CO₂ merupakan produk utama metabolisme bakteri golongan kemoorganotrof yang banyak ditemukan pada kondisi anaerob. Terdapat dua golongan bakteri yang dapat memanfaatkan CO₂ sebagai akseptor elektron dalam metabolismenya yaitu homoasetogen melalui proses asetogenesis dan metanogen melalui proses metanogenesis. Contoh bakteri yang melakukan proses asetogenesis adalah *Acetoanaerobium noterae*, *Acetogenium kivui*, *Clostridium aceticum*, *Desulfotomaculum*. *Clostridium sporangeus*, menguraikan asam amino menjadi amonia. *Desulfovibrio desulfuricans*, menguraikan bangkai dan menguraikan sulfat di tempat becek dan menghasilkan H₂S.

c. Bakteri Metanogenik

Bakteri metanogenik termasuk salah satu golongan *Archaeobacteria* selain halofilik, dan termofilik, sesuai dengan nama golongannya *Archaeobacteria* merupakan mikroorganisme yang tahan hidup di daerah ekstrim seperti perairan dengan kadar garam tinggi (halofil) contoh *Halobacterium*, serta daerah dengan temperatur tinggi seperti

Hydrothermal Vent (extreme thermofil) contoh *Sulfolobus*, *Pyrodictium*. Bakteri Metanogenik bersifat prokariotik, memiliki dinding sel tetapi sama sekali tidak terbuat dari peptidoglikan seperti bakteri yang lain. Metanogen merupakan hemoautotrof yang memperoleh keperluan metabolismenya dengan menghasilkan metana dari karbon dioksida dan nitrogen



Secara lebih rinci karakteristik bakteri metanogen disajikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.2 Karakteristik bakteri metanogen

Karakteristik	Metanogen
Bentuk sel	Batang, kokus, spirilla, filament, sarcina
Sifat	Gram + / Gram -
Klasifikasi	Archaeobacteria
Struktur dinding sel	Pseudomurein, protein, heteropolysaccharida
Metabolisme	Anaerob
Sumber energi dan sumber karbon	H ₂ + CO ₂ , H ₂ + metanol, format, metilamin, metanol(30 % diubah menjadi CH ₄), asetat (80 % diubah menjadi CH ₄)
Produk katabolisme	CH ₄ atau CH ₄ + CO ₂

(Sumber: Dubey,2005)

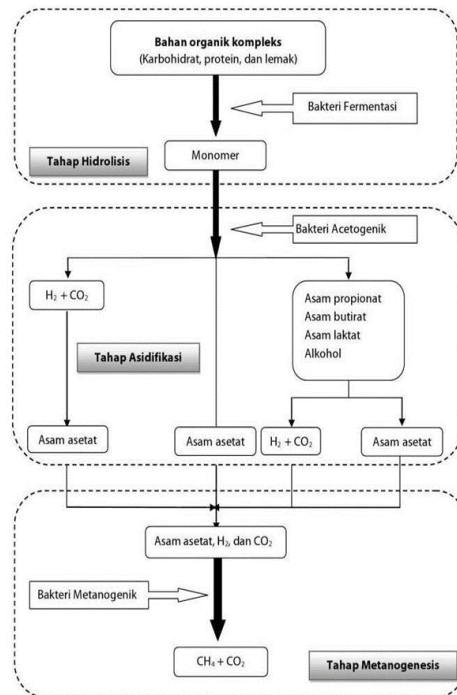
5. Tahap pembuatan biogas

Pembentukan biogas terjadi pada proses anaerob yaitu kedap udara. Pembentukan biogas terdiri dari tiga tahapan yaitu tahap hidrolisis, asifikasi dan metanogenesis.

a. Tahap hidrolisis

Pada tahap hidrolisis terjadi pemecahan polimer menjadi polimer yang lebih sederhana oleh enzim dan dibantu dengan air. Enzim tersebut dihasilkan oleh bakteri yang terdapat dari bahan-bahan organik. Bahan organik bentuk primer dirubah menjadi bentuk monomer. Contohnya lidnin oleh enzim lipase menjadi asam lemak. Protein oleh enzim protease menjadi peptide dan asam amino. Amilosa oleh enzim amylase dirubah menjadi gula (monosakarida). Tahapan pembentukan biogas terlihat seperti

Gambar 2.1.



- b. Tahap pengasaman (asidifikasi)
 Pada tahap pengasaman, bakteri merubah polimer sederhana hasil hidrolisis menjadi asam asetat, hidrogen (H_2) dan karbondioksida (CO_2). Untuk merubah menjadi asam asetat, bakteri membutuhkan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen terlarut yang terdapat dalam larutan. Asam asetat sangat penting dalam proses selanjutnya, digunakan oleh mikroorganisme untuk pembentukan metan. Produk akhir dari tahap ini adalah *propionate format*, laktat, alkohol, dan sedikit butirat gas karbondioksida hidrogen, serta ammonia.
- c. Tahap pembentukan gas metan
 Pada tahap ini senyawa dengan berat molekul rendah didekomposisi oleh bakteri metanogenik menjadi senyawa dengan berat molekul tinggi. Contoh bakteri ini menggunakan asam asetat, hidrogen (H_2) dan karbon dioksida (CO_2) untuk membentuk metana dan karbon dioksida (CO_2). Bakteri

penghasil metan memiliki kondisi atmosfer yang sesuai akibat proses bakteri penghasil asam. Asam yang dihasilkan oleh bakteri pembentuk asam digunakan oleh bakteri pembentuk metan. Tanpa adanya peroses simbiotik tersebut, maka akan menimbulkan racun bagi mikroorganisme penghasil asam (Wahyuni, 2011).

6. Volume biogas

Untuk menghitung volume gas yang ada dalam pressure bottle persamaan yang digunakan adalah (Daniel Nett, et, al,2013)

$$\text{Volume Biogas} = \frac{V_{pb} \times T_b \times P_b}{(T_s = 273) \times P_{atm}}$$

Keterangan :

V_b = Volume Biogas (cm^3)

V_{pb} = Volume digester – Volume slurry (ml)

P_b = Tekanan dalam digester (Pa)

T_s = Temperatur luar digester ($^{\circ}\text{C}$)

T_b = Temperatur dalam digester ($^{\circ}\text{K}$)

P_{atm} = Tekanan atmosfer (1 atm = 1.103×10 Pa)

Volume spesifik biogas berfungsi untuk mengetahui berapa liter biogas yang dihasilkan per Kg TS. Volume spesifik biogas merupakan perbandingan jumlah biogas yang dihasilkan dengan satuan berat volatile solid yang dimasukkan kedalam masing masing digester dapat diteruskan dengan cara :

$$\text{Volume Spesifik} = \frac{V_{ab}}{V_s}$$

Ket :

V_{ab} = Volume Akumulasi Biogas

V_s = Berat Voliatil Solid

7. Digester

a. Digester Biogas

Pada dasarnya kotoran ternak yang ditumpuk atau dikumpulkan begitu saja dalam beberapa waktu tertentu dengan sendirinya akan membentuk gas metan, namun karena tidak ditampung, gas akan hilang menguap ke udara, karena itu untuk gas terbentuk dari kotoran sapi dapat dibuat dengan model digester.

Membuat unit biogas sebenarnya sama dengan meniru perut ternak pencernaan. Digester atau tangki dapat dibuat dari bahan drum, karet, dan semen atau beton. (Amelia.V, 2015) Ada empat dalam rancangan digester yaitu :

- 1) Rancangannya mudah dan sederhana
- 2) Bahan yang digunakan murah dan mudah
- 3) Pemeliharaan tidak rumit
- 4) Hasilnya mudah dimanfaatkan

b. Digester Plastik

1) Plastic

Merupakan materiel atau bahan yang secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke 20 dan berkembang secara luar biasa penggunaannya dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930 an menjadi 150 juta/tahun pada tahun 1990 an 220 jta/tahun pada tahun 2005

2) *Polyetheilene*

Merupakan salah satu jenis plastic yang paling banyak digunakan dalam industry, karena memiliki sifat mudah dibentuk, tahan terhadap bahan kimia, jernih dan mudah dilaminasi PE juga banyak digunakan untuk mengemas buah dan sayur produk pangan beku segar roti produk pangan beku dan tekstil.

Sifat dari PE :

- a) Penampilan bervariasi dari transparan hingga keruh
- b) Mudah dibentuk
- c) Daya rentang tinggi tanpa sobek
- d) Tahan terhadap asam, basa, alcohol, dan detergen
- e) Kedap air dan uap air.

(Karno, 2012)

8. Fermentasi

a. Pengertian fermentasi

Fermentasi adalah proses produksi energy dalam sel dalam keadaan anaerobik. Fermentasi merupakan suatu cara untuk mengubah substrat menjadi produk tertentu yang dikehendaki dengan menggunakan bantuan mikroba. Fermentasi merupakan

suatu cara yang telah dikenal dan digunakan sejak jaman kuno.

Sebagai suatu proses, fermentasi merupakan :

- 1) Mikroba sebagai Inokulum
- 2) Tempat wadah untuk menjamin proses fermentasi
- 3) Substrat sebagai tempat tumbuh (medium) dan sumber nutrisi bagi mikroba

b. Proses Fermentasi

Proses fermentasi jika ditinjau dari cara operasinya, maka dapat dibedakan menjadi 2 yaitu :

1) Fermentasi cara air :

Contoh produk : Etanol, protein sel tunggal, antibiotic, pelarut organik, kultur starter, dekomposisi selulosa, pengolahan limbah cair, beer, glukosa isomerase, dsb.

2) Fermentasi padat :

Contoh produk : Tape, oncom, koji, dsb.

Pada proses fermentasi cair dapat dibedakan menjadi 2 yaitu :

- a) Fermentasi bawah permukaan
- b) Fermentasi permukaan

9. Mikro Organisme Lokal (MOL)

a. Pengertian

MOL adalah cairan yang berisikan dari berbagai sumber daya alam yang tersedia setempat. MOL mengandung unsur hara makro dan mikro dan juga mengandung mikroba yang berpotensi sebagai perombak bahan organik, perangsang pertumbuhan dan sebagai agen pengendali hama penyakit tanaman. Berdasarkan kandungan yang terdapat dalam MOL tersebut, maka MOL dapat digunakan sebagai pendekomposer, pupuk hayati, dan sebagai pestisida organik terutama sebagai fungisida (Purwasasmita dan Kunia, 2009). Bahan utama dalam

larutan MOL terdiri dari 3 jenis komponen, antara lain :

- 1) Karbohidrat : Air cucian beras, Nasi bekas, Singkong, Kentang dan Gandum.
- 2) Glukosa : Cairan gula merah, cairan gula pasir, Air kelapa/nira
- 3) Sumber Bakteri : Keong mas, buah-buahan misalnya tomat, pepaya kotoran hewan, dan mol bonggol pisang

MOL sebagai cairan yang terbuat dari limbah atau bahan-bahan organik selain mengandung mikroba juga mengandung sifat-sifat kimia yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba tersebut. Sifat-sifat kimia yang mempunyai pengaruh terhadap pertumbuhan mikroba antara lain adalah pH. Derajat kemasaman penting bagi pertumbuhan mikroba. Sebagian besar mikroba menyukai pH netral (pH 7) untuk pertumbuhannya.

b. Kegunaan MOL

- 1) Dapat digunakan sebagai starter dalam proses fermentasi
- 2) Menambah unsur hara, terutama unsur hara mikro bagi tanaman
- 3) Media tanaman yang bagus untuk tanaman hias.
- 4) Dapat digunakan untuk tanaman padi dan palawija.

c. Keunggulan MOL

- 1) Mengandung bermacam-macam unsur organik dan mikroba yang bermanfaat bagi tanaman
- 2) Penggunaan MOL terbukti mampu memperbaiki kualitas tanah dan tanaman
- 3) Tidak mengandung zat kimia berbahaya dan ramah lingkungan
- 4) Mudah dibuat, bahan mudah didapatkan dan juga mudah dalam aplikasinya
- 5) Sebagai salah satu upaya mengatasi pencemaran limbah rumah tangga dan limbah pertanian
- 6) Memperkaya keanekaragaman biota tanah

10. Mol Bonggol Pisang

Semua bagian tanaman pisang mulai dari akar sampai daun memiliki banyak manfaat, terutama yang banyak dikonsumsi masyarakat adalah buahnya. Sedangkan bagian tanaman pisang yang lain, yaitu jantung, batang, kulit buah, dan bonggol jarang dimanfaatkan dan dibuang begitu saja menjadi limbah pisang. Bonggol pisang ternyata mengandung gizi yang cukup tinggi dengan komposisi yang lengkap. Bonggol pisang mengandung karbohidrat (66%), protein, air, dan mineral-mineral penting

(Munadjim, 1983). Menurut Sukasa dkk.(1996), bonggol pisang mempunyai kandungan pati 45,4% dan kadar protein 4,35%.

Produk olahan dari bonggol pisang yang banyak beredar di pasaran saat ini, adalah kripik bonggol pisang. Mengingat tingginya kandungan yang terdapat pada bonggol pisang, maka perlu ditingkatkan lagi pemanfaatan produk-produk baru yang berbahan dasar bonggol pisang, seperti pembuatan empal dari bonggol pisang yang mengandung serat tinggi sebagai pengganti empal daging yang harganya tinggi di pasaran. Bonggol pisang juga dapat dijadikan sebagai sumber mikroorganisme pengurai bahan organik atau dekomposer (Wulandari dkk, 2009).

Pisang merupakan jenis tanaman yang mempunyai beberapa komposisi baik pada kandungan karbohidrat, protein, fosfor dan kandungan lainnya yang penting dan dibutuhkan oleh manusia. Komposisi antara satu jenis pisang dengan lainnya hampir sama hanya jumlah kandungan gizinya yang berbeda. Adapun kandungan dalam bonggol pisang ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.3 Kandungan Gizi dalam Bonggol Pisang

No.	Kandungan Gizi	Bonggol Basah	Bonggol Kering
1.	Kalori (kal)	43,00	425,00
2.	Protein (gram)	0,36	3,45
3.	Lemak (gram)	0	0
4.	Karbohidrat (gram)	11,60	66,20
5.	Kalsium (mg)	15,00	60,00
6.	Fosfor (mg)	60,00	150,00
7.	Zat besi (mg)	0,50	2,00
8.	Vitamin A (SJ)	0	0
9.	Vitamin B1 (mg)	0,01	0,04
No.	Kandungan Gizi	Bonggol Basah	Bonggol Kering
10.	Vitamin C (mg)	12,00	4,00
11.	Air	86,00	20,00
12	Bagian yang dapat dikonsumsi %	100	100

Sumber: Maudi dkk. (2008)

Bonggol pisang mengandung mikrobia pengurai bahan organik. Mikrobia pengurai tersebut terletak pada bonggol pisang bagian luar maupun bagian dalam (Suhastyo, 2011). Jenis mikrobia yang telah diidentifikasi pada MOL bonggol pisang antara lain *Bacillus* sp., *Aeromonas* sp., dan *Aspergillus nigger*. Mikrobia inilah yang biasa menguraikan bahan organik (Suhastyo, 2011).

11. Kondisi Optimum Oprasional

Kondisi operasi harus dikontrol dengan cermat supaya proses pencernaan anaerobik dapat berlangsung secara optimal. Sebagai contoh pada derajat keasaman (pH), pH harus dijaga pada

kondisi optimum yaitu antara 7 – 7,2. Hal ini disebabkan apabila

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

pH turun akan menyebabkan perubahan substrat menjadi biogas terhambat sehingga mengakibatkan penurunan kuantitas biogas.

Nilai pH yang terlalu tinggi pun harus dihindari, karena akan menyebabkan produk akhir yang dihasilkan adalah Karbohidrat CO₂ sebagai produk utama. Begitu pula dengan nutrien, apabila rasio C/N tidak dikontrol dengan cermat, maka terdapat kemungkinan adanya nitrogen berlebih (terutama dalam bentuk amonia) yang dapat menghambat pertumbuhan dan aktivitas bakteri, (Beni Hermawan, 2007).

Tabel 2.4. Kondisi Optimum Produksi Biogas

(Sumber : Sutedjo. 2002)

12. Hukum Archimedes

Konsep Hukum Archimedes ialah menjelaskan adanya gaya yang mempengaruhi benda pada zat cair. Zat cair memiliki suatu kemampuan memberikan sebuah tekanan kepada benda-benda disekitarnya. Selain itu, zat cair juga memiliki gaya yang diberikan ke benda-benda di sekitarnya. Hukum Archimedes ini menjelaskan hubungan besarnya gaya yang diberikan zat cair terhadap benda yang berinteraksi dengannya. Untuk lebih jelasnya berikut tentang bunyi Hukum Archimedes : ***Zat cair akan memberikan gaya angkat terhadap suatu benda sebesar berat zat cair yang dipindahkan benda itu***

Akibat adanya gaya apung, berat benda di dalam zat cair akan berkurang, sehingga benda yang diangkat di dalam zat cair akan lebih ringan dari pada benda yang diangkat di darat. Seakan benda berkurang bila benda dimasukkan ke zat cair atau air. Karena adanya sebuah gaya ke atas yang ditimbulkan oleh air dan diterima oleh benda.■

Maka resultan gaya antara gaya ke atas dan gaya berat adalah berat benda di dalam zat cair. Kemudian berat disebut dengan berat semu yakni berat benda tidak sebenarnya karena keadaan benda di dalam zat cair.

Kita dapat membuktikan prinsip Archimedes dengan melakukan percobaan kecil berikut. Masukkan air ke dalam sebuah wadah usahakan sampai meluap sehingga ember tersebut benar-benar penuh terisi air. Setelah itu, silahkan masukkan benda ke dalam air setelah benda dimasukkan ke dalam air, maka sebagian air akan tumpah “volume air yang tumpah = volume benda yang tercelup dalam air tersebut”.

Jika seluruh bagian benda tercelup dalam air yang tumpah = volume benda tersebut, tetapi jika benda hanya tercelup sebagian, maka volume air yang tumpah = volume dari bagian benda yang tercelup dalam air. Besarnya gaya apung yang diberikan oleh air pada benda = berat air yang tumpah (berat air yang tumpah = $w = m_{\text{air}} \cdot g = \text{massa jenis air} \times \text{volume air yang tumpah} \times \text{percepatan gravitasi}$) volume air yang tumpah = volume benda yang tercelup dalam air.
 Karena

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ dan } P = \rho v \text{ dan besarnya gaya apung (F}_{\text{apung}}) \text{ di atas bisa kita tulis menjadi .}$$

$$F_{\text{apung}} = \rho g V$$

$$F_{\text{apung}} = m_r g = w_f$$

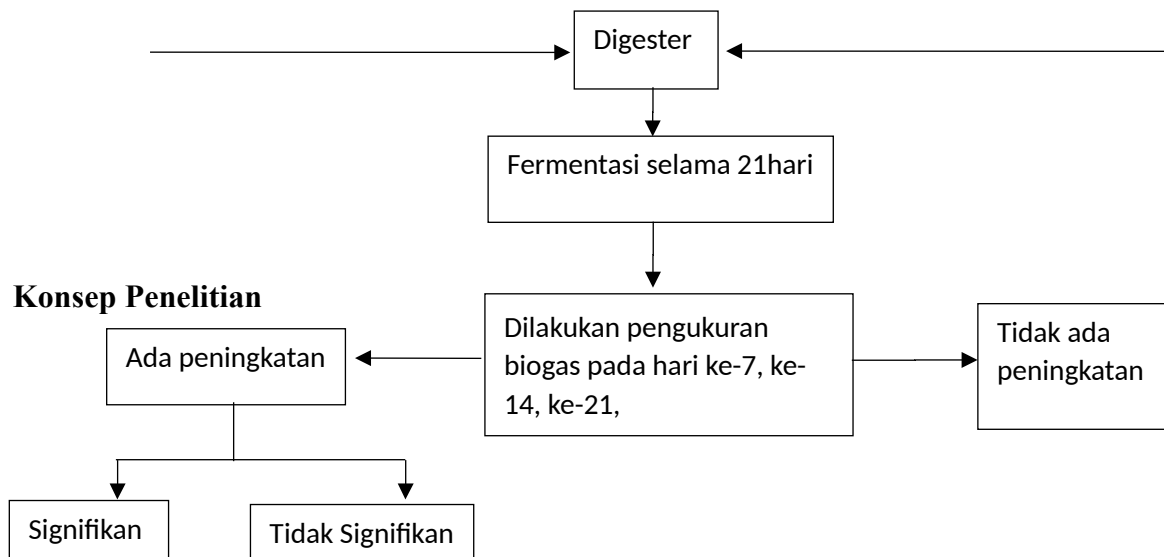
$m_r g = w_f = \text{berat fluida yang memiliki volume yang sama dengan volume benda yang tercelup. (Sumber : Young, Hugh D, & Freedman Roger A, 2000)}$

B. Penelitian Terdahulu

No	Judul dan Peneliti	Tujuan penelitian	Sample	Parameter yang diujikan	Hasil
1	Pengaruh Penambahan Beberapa Cairan Rumen Terhadap Produksi Biogas dari Kotoran Sapi; oleh Sri Suciati Ningsih, Yuni Ahda, Dezi Handayani dkk, 2014	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produksi biogas dari kotoran sapi dengan penambahan beberapa cairan rumen selama 7 hari.	Kotoran sapi, Rumen sapi, Rumen kerbau, Rumen kambing	balon penampung biogas (cm ³) dan lama nyala biogas (dt).	Dari penelitian ini didapatkan hasil diketahui bahwa penambahan cairan rumen berpengaruh signifikan terhadap produksi biogas dari kotoran sapi. Penambahan cairan rumen sapi, kerbau, dan kambing pada fermentor yang difermentasi selama 7 hari dapat meningkatkan volume biogas dibandingkan tanpa penambahan cairan rumen. Rerata volume maksimal biogas P1 sebanyak 71,97 cm ³ , P2 sebanyak 80,26 cm ³ sedangkan P0 sebanyak 2,88 cm ³ . Volume biogas tertinggi diperoleh dari penambahan cairan rumen kambing dengan rerata volume 102,7 cm ³ pada hari ke-4.

No	Judul dan Peneliti	Tujuan penelitian	Sample	Parameter yang diujikan	Hasil
2	Pengaruh Variasi Pengadukan Terhadap Volume Biogas Dari Kotoran Sapi Dengan Penambahan Bonggol Pisang; oleh Anisa Ajeng Pratiwi, 2017	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produksi biogas dari kotoran sapi dengan penambahan bonggol pisang pada skala laboratorium. Variasi pengadukan diberikan dengan kecepatan 200, 400, dan 600 rpm dengan waktu tinggal yaitu 2, 3, dan 4 minggu.	Kotoran sapi, bonggol pisang	Volume, pH, Suhu, Kadar metan	Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa volume biogas meningkat dengan seiring peningkatan kecepatan pengadukan, volume biogas yang terbanyak adalah 185 ml
	Kotoran sapi + air			Kotoran sapi + air + Mol Bonggol Pisang	dan 600 rpm.
			Bonggol pisang : 10%	Bonggol pisang : 15%	metana juga mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan variabel pengadukan 200, 400, 600 rpm dan 18,73%, 21,17, dan 29,31%.

C. Konsep Penelitian





Keterangan:

—————> = Diteliti

- - - - -> = Tidak diteliti