

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Molase

Olbrich (1973) mendefinisikan molase sebagai produk akhir pembuatan gula yang tidak mengandung lagi gula yang dapat dikristalkan dengan cara konvensional. Molase berwarna coklat dan berbentuk cairan kental seperti yang terlihat pada Gambar 1. Molase (tetes tebu) merupakan hasil samping dari industri pengolahan gula yang masih mengandung gula cukup tinggi yakni sukrosa sebesar 48-55% (Prescott dan Dunn, 1959).

Tingginya kandungan gula pada molase membuat molase sering dijadikan sebagai tambahan sumber karbohidrat pada medium pertumbuhan mikroorganisme (Sebayang, 2006). Molase selain dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan biogas (Wati dan Prasetyani, 2010), juga dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan etanol seperti yang dilakukan oleh Sebayang (2006).

Sampai saat ini pemanfaatan molase masih terbatas pada industri alkohol dan MSG (Mono Sodium Glutamat), meskipun beberapa peneliti memanfaatkan molase pada pembuatan gasohol, perlu dilakukan usaha pemanfaatan molase untuk dijadikan produk lain (Rahman, 1992). Menurut Padang dkk. (2011), keuntungan dalam menambahkan molase di dalam proses fermentasi adalah dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri sehingga proses pemecahan senyawa organik menjadi senyawa sederhana terjadi dengan sempurna dan kualitas biogas meningkat. Selain itu, molase biasa digunakan karena harganya yang murah.



Gambar 1. Molase (Sumber: Dokumen Pribadi diambil pada Tanggal 3 Oktober 2015)

Keterangan: Warna molase adalah coklat. Molases berupa cairan kental dan diperoleh dari tahap pemisahan kristal gula.

#### B. Daun Pepaya

Menutu Steenis (1988), pepaya adalah tanaman yang masuk ke dalam marga *carica*, yang memiliki ciri semak berbentuk pohon dengan batang lurus, bulat silindris, bagian dalam berupa spons dan berongga. Tinggi dapat mencapai 2,5-10 m. Buah buni bulat telur memanjang atau berbentuk “peer” (seperti bohlam lampu), berdaging dan berisi cairan, dan memiliki biji banyak.

Pepaya berasal dari Meksiko bagian selatan dan bagian utara dari Amerika Selatan (Setiaji, 2009). Kedudukan taksonomi pepaya (*Carica papaya* L.)

menurut Rukmana (1989) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
 Divisio : Spermatophyta  
 Kelas : Dikotiledon  
 Bangsa : Cistales  
 Suku : Caricaceae  
 Marga : *Carica*  
 Jenis : *Carica papaya* L.

Pepaya disebut juga gedang (Sunda), kates (Jawa), peute, betik, ralempaya, pundi kayu (Sumatra), pisang malaka, bandas, manjan (Kalimantan), kalujawa (Kalimantan) serta kapalaya kaliki dan uti jawa (Sulawesi). Selain nama daerah pepaya juga mempunyai nama asing yaitu: *papaw tree*, *papaya*, *papayer*, *melonenbaum*, *fan mu gua* (Steenis, 2003)

Pemanfaatan daun pepaya saat ini masih sangat jarang, kebanyakan masih digunakan sebatas sayur (Kalie, 1996). Selain itu, daun pepaya juga dimanfaatkan sebagai jamu. Cara pembuatannya daun pepaya diiris-iris (Gambar 2B), kemudian ditumbuk, diperas (Gambar 2C), ditambah gula jawa atau gula pasir atau keduanya, kemudian disaring (Sumaryatun, 2014).

Khasiat jamu daun pepaya adalah menambah nafsu makan (Sudarmin dan Asyhar, 2012). Jamu daun pepaya biasanya dimanfaatkan sebagai obat malaria (Departemen Kesehatan dan Kesejahteraan Sosial Republik Indonesia, 2000), demam, susah buang air besar, obat maag, dan sariawan (Muchlisah, 2004). Sukardiman dan Ekasari (2006) menambahkan sebagai antikanker, dan pemulihan bagi orang yang terkena penyakit kerusakan hati (Hembing, 2008).



Gambar 2. A. Daun pepaya. B. Limbah daun pepaya (Sumber: dokumen pribadi yang diambil pada tanggal 22 Juli 2015)

Keterangan: Daun pepaya bertulang menjari dengan warna permukaan atas hijau-tua, sedangkan warna permukaan bagian bawah hijau-muda. Limbah Daun Pepaya dibuat dengan cara daun pepaya dipotong kecil-kecil kemudian ditumbuk dan diambil sarinya.

Selain daunnya, bagian-bagian tanaman pepaya juga banyak dimanfaatkan seperti halnya akar dan bijinya. Akar tanaman pepaya dapat digunakan sebagai obat cacing (Departemen Kesehatan dan Kesejahteraan Sosial Republik Indonesia, 2000). Biji pepaya memiliki manfaat sebagai penghitam rambut yang putih (Muchlisah, 2004), anti inflamasi, dan sebagai anti fertilitas (Ilyas dan Nursal, 2012). Data komposisi daun pepaya dalam satuan 100 g dapat dilihat pada Tabel 1. Karbohidrat pada daun pepaya dapat digunakan sebagai medium pertumbuhan bakteri (Hidayat dkk., 2006).

Tabel 1. Analisis Komposisi Daun Pepaya dalam Satuan 100 g

No	Unsur Komposisi	Daun
1	Energi (kal)	79
2	Air (g)	75,4
3	Protein	8
4	Lemak	2
5	Karbohidrat (g)	11,9
6	B-karoten (IU)	18.250
7	Vitamin B (mg)	0,15
8	Vitamin C (mg)	140
9	Kalsium (mg)	353
10	Besi (mg)	0,8
11	Fosfor (mg)	63

Sumber: Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI (1979) dalam Kalie (1996)

### C. Beras Kencur

Beras adalah butir padi yang telah dibuang kulit luarnya atau biasa disebut sekam (Sediaoetama, 1997) seperti yang terlihat pada Gambar 3. Tingginya kandungan pati beras (78,9 g) membuat beras bermanfaat sebagai sumber pati yang berfungsi sebagai pengikat kencur sehingga kekentalannya bisa merata dalam jamu beras kencur (Departemen Kesehatan RI, 1992).

Pembuangan kulit luarnya biasa dilakukan dengan cara digiling dan disosoh menggunakan alat pengupas dan penggiling serta alat penyosoh (Astawan, 2004). Kandungan beras yang sudah digiling dapat dilihat pada Tabel 2. Beras memiliki kandungan karbohidrat yang cukup tinggi yakni sebesar 78,9 gram per 100 gram bahan sehingga dapat digunakan sebagai medium pertumbuhan bakteri (Departemen Kesehatan RI, 1992).

Tabel 2. Komposisi Kandungan Beras Giling (dalam 100 g bahan)

No	Kandungan	Kadar
1	Energi	360 kal
2	Protein	6,8 gr
3	Lemak	0,7 gr
4	Karbohidrat	78,9 gr
5	Kalsium	6 mg
6	Fosfor	140 mg
7	Besi	0,8 mg
8	Vitamin A	0 mg
9	Vitamin B1	0,12 mg
10	Vitamin C	0 mg
11	Air	13 gr

Sumber: Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI, 1992



Gambar 3. Beras (Sumber: Dokumen pribadi yang diambil pada tanggal 18 Agustus 2015)

Keterangan: Jenis beras adalah C4 Naga, warna beras adalah putih, bentuk beras lonjong, kecil-kecil, dan keras.

Kencur (*Kaempferia galanga*) termasuk suku tumbuhan *Zingiberaceae* dan digolongkan sebagai tanaman jenis empon-empon yang mempunyai daging

buah paling lunak (Widyaningrum dan Rahmat, 2011). Kencur merupakan tanaman tropis yang banyak tumbuh di berbagai daerah di Indonesia (Jawa Tengah, Jawa Timur, Jawa Barat, dan lain sebagainya) sebagai tanaman yang dirawat sebagai tanaman obat keluarga (TOGA). Tanaman ini digunakan sebagai obat tradisional (obat batuk dan penghilang rasa capek) dan sebagai bumbu dalam masakan (peyek, gubahan, dan bobor) (Soeprapto,1986).

Widyaningrum dan Rahmat (2011) menyatakan bahwa kencur mengandung pati sebesar 4,14 gram dan mineral 13,73%. Melihat fungsinya yang banyak, tanaman ini sering diperdagangkan dalam jumlah besar. Bagian yang diperdagangkan adalah rimpang yang tinggal di dalam tanah (Soeprapto,1986). Klasifikasi tanaman kencur menurut Rukmana (1994) termasuk ke dalam tata nama sebagai berikut:

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Monocotyledon
Ordo	: Zingiberales
Famili	: Zingiberaceae
Genus	: <i>Kaempferia</i>
Spesies	: <i>Kaempferia galanga</i> L.

Jamu beras kencur banyak dimanfaatkan sebagai minuman penambah stamina, mengurangi rasa letih/lesu, menambah nafsu makan, mengurangi rasa pegal-pegal pada badan, dan mencegah flu. Beras kencur juga dapat digunakan sebagai analgesik (Rukmana, 2001).



Gambar 4. Limbah Jamu Beras kencur (sumber: Dokumen Pribadi yang diambil pada tanggal 22 Juli 2015)  
Keterangan: berwarna coklat muda, jika dipegang terasa kasar karena ada butiran beras yang ditumbuk, memiliki bau seperti kencur

#### D. Probiotik Starbio

Probiotik Starbio merupakan produk yang berisi isolat-isolat bakteri yang tumbuh di rumen sapi, berfungsi membantu penguraian struktur jaringan pakan yang sulit terurai. Starbio telah banyak digunakan oleh peternak atau peneliti sejak tahun 90-an (Wina, 2005). Adapun koloni-koloni mikrobia tersebut terdiri dari mikrobia proteolitik, lignolitik, selulolitik, lipolitik dan fiksasi nitrogen non-simbiotik. Probiotik Starbio dapat dikatakan sebagai *feed suplemen* yang berfungsi membantu meningkatkan daya cerna pakan dalam lambung ternak (Lembah Hijau Multifarm, 2015).

Probiotik Starbio terdiri dari 9 koloni mikrobia yang berasal dari lambung ternak ruminansia dan dikemas dalam campuran tanah dan akar rumput serta daun-daun yang telah membusuk. Probiotik Starbio dipasarkan dalam bentuk serbuk berwarna coklat. Contoh mikrobia yang terdapat pada Probiotik Starbio adalah *Cellulomonas acidula*, *Bacillus cellulase* disolven (pencerna selulosa), *Clavaria dendroidea* dan *Clitocybe alexandri* berfungsi

sebagai pencerna lignin, serta *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* berfungsi sebagai pencerna protein (Lembah Hijau Multifarm, 2015).

Probiotik Starbio merupakan probiotik anaerob penghasil enzim berfungsi untuk memecah karbohidrat (selulosa, hemiselulosa, dan lignin) dan protein serta lemak. Manfaat probiotik Starbio dalam ransum ternak adalah meningkatkan daya cerna, penyerapan zat nutrisi dan efisiensi penggunaan ransum (Lembah Hijau Multifarm, 2015).

#### E. Bakteri Selulolitik

Bakteri selulolitik merupakan bakteri heterotrof yang termasuk golongan saprofit. Bakteri saprofit adalah bakteri yang dapat memanfaatkan sisa-sisa tumbuhan yang telah mati untuk memenuhi kebutuhan sel. Bakteri saprofit ini memerlukan gula (karbohidrat) dalam jumlah tertentu, nitrogen organik, fosfor dan garam-garam mineral sebagai sumber energi, beberapa asam amino, vitamin, sterol dan sebagainya untuk memenuhi kebutuhan sel (Campbell, 2002).

Selulosa adalah komponen penyusun dinding sel tanaman dan jumlahnya berlimpah. Salah satu kelompok bakteri yang hidup di rumen diantaranya adalah bakteri selulolitik yang memiliki kemampuan mendegradasikan selulosa pada tanaman dengan menghasilkan enzim selulase. Isolat bakteri selulolitik mempunyai aktivitas spesifik, sehingga mempunyai penggunaan fungsi komersil tertentu seperti : pengolahan limbah jerami dan pembuatan kertas koran (Singleton, 2001).

Rumen merupakan lingkungan yang cocok untuk sejumlah mikroorganisme seperti bakteri dan fungi yang mampu memecah lignoselulosa dan lignohemiselulosa. Jumlah bakteri di rumen bervariasi tergantung pakan yang dikonsumsi, waktu pengambilan sampel setelah pemberian pakan, spesies hewan yang berbeda, individu yang berbeda, musim dan ketersediaan hijauan pakan (Arthur, 1987). Selulosa adalah komponen terbesar dari tanaman. Selulosa merupakan suatu homopolisakarida linier yang tersusun atas 100-4000 unit monosakarida  $\beta$ -glukosa melalui ikatan  $\beta$ -1,4- glikosidik (Tillman dkk, 1991 dan Mc Donald dkk, 1995).

Mikrobia selulolitik sangat diperlukan pada hewan ruminansia karena mikrobia tersebut berperan sebagai perombak selulosa. Bakteri selulolitik akan menghasilkan enzim selulase yang akan menghidrolisis ikatan  $\beta$ -1-4 glikosidik dari rantai selulosa dan derivatnya (Hungate, 1996).

Kompleks enzim selulase umumnya terdiri dari 3 unit enzim yaitu endo  $\beta$ -1-4 glukonase yang berperan terutama pada bagian amorf rantai selulosa, ekso  $\beta$ -1-4 glukonase yang berperan dalam pemecahan di bagian kristal selulosa, dan  $\beta$ -glukosidase merupakan enzim yang penting untuk menghasilkan produk selulosa (Hungate, 1996).

#### F. Bakteri Metanogen

Bakteri metanogen bersifat anaerob obligat dan dapat dibedakan dari organisme lain karena menghasilkan gas metana sebagai hasil metabolisme utama (Knight dkk., 1966). Bakteri metanogen umumnya ditemukan di dalam

rumen dan meliputi *methanobrevibacter*, *Methanomicrobium*, *Methanobacterium*, dan *Methanosarcina* (Gottschalk, 1986).

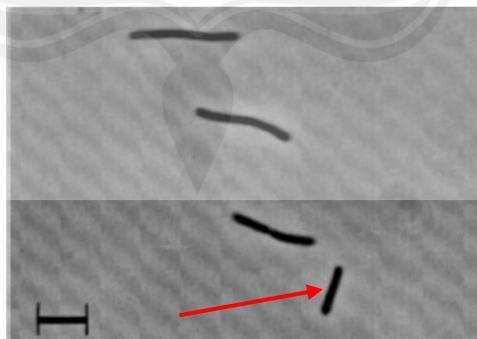
Bakteri metanogen memperoleh energi dengan cara mengubah substrat utamanya menjadi gas metana. Substrat utama dari bakteri metanogen adalah hidrogen ( $H_2$ ) dan karbondioksida ( $CO_2$ ), format, dan asetat. Berdasarkan substratnya bakteri metanogen diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok. Kelompok pertama adalah bakteri metanogen yang menggunakan  $H_2$ , format dan beberapa alkohol, dengan  $CO_2$  sebagai akseptor elektron. Kelompok kedua yaitu bakteri metanogen yang menggunakan senyawa C-1 sebagai substrat dan kelompok ketiga yaitu menggunakan asetat sebagai substrat (Gottschalk, 1986).

Peranan bakteri metanogen dalam rumen yaitu memanfaatkan molekul hidrogen dalam proses fermentasi rumen. Hal tersebut menyebabkan proses fermentasi di dalam rumen dapat terus berlangsung, namun menyebabkan hilangnya sejumlah energi yang diproduksi oleh hewan tersebut (Kamra, 2005).

Bakteri metanogen memiliki ciri-ciri berbentuk batang, motil, bersifat kemoheterotrof atau kemoautotrof, bersifat Gram negatif, mengoksidasi berbagai macam komponen organik maupun anorganik dan mereduksi karbon dioksida menjadi gas metan (Gambar 4) (Paynter dan Hungate, 1968). Selain itu, bakteri metanogen biasanya tidak dapat memfermentasi etil dan n-butil alkohol, namun mampu memfermentasi asetat dan n-butirat (kecuali

propionat) dengan hasil sampingan gas metan dan karbon dioksida (Brenner dkk., 2005).

Bakteri metanogen dapat ditemukan di lumpur, kotoran hewan maupun manusia, ataupun di perairan sedimen yang bersifat anaerobik. Bakteri metanogen dapat hidup pada medium yang diperkaya yang mengandung asetat atau butirir dengan kandungan organik saja (Brenner dkk., 2005). Beberapa contoh spesies bakteri metanogen adalah *Methanohalophilus mahii*, *Methanobacterium formicum*, *Methanobacterium omelianskii* dan *Methanobacterium ruminantium* (Oren, 1931). Bakteri metanogen sering digunakan dalam penelitian mikrobiologi yakni mengolah sampah kering menjadi biogas dengan bantuan bakteri metanogen (Damanhuri, 2008). Ada pula penelitian pembentukan biogas dari enceng gondok dengan bantuan metanogen (Yonathan dkk., 2013).



Gambar 5. Bakteri *Methanobacterium bryantii* (Sumber: Patel dkk., 1990)  
Keterangan: Bentuk bakteri adalah *rod* (seperti batang namun lebih pendek), ukuran bakteri 4  $\mu\text{m}$ , hidup dalam medium yang mengandung *formate*.

#### G. Faktor yang Memengaruhi Pertumbuhan Bakteri Metanogen

Pertumbuhan bakteri sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan. Perubahan yang terjadi di lingkungan dapat mengakibatkan

terjadinya perubahan sifat morfologi dan fisiologi jasad. Faktor tersebut adalah faktor abiotik dan faktor biotik. Beberapa faktor yang termasuk faktor abiotik adalah suhu dan tekanan osmosis. Faktor yang termasuk biotik adalah interaksi antar mikrobia (Hidayat dkk., 2006).

Suhu merupakan salah satu faktor penting dalam kehidupan mikrobia. Kenaikan atau penurunan suhu yang tidak sesuai akan mematikan bakteri. Nilai pH juga memengaruhi pertumbuhan bakteri. Bakteri metanogen memiliki pH optimum 6,5 – 7,5. pH rendah maupun tinggi akan mengganggu pertumbuhan bakteri. Enzim dibutuhkan oleh beberapa bakteri untuk mengkatalisis reaksi-reaksi yang berhubungan dengan pertumbuhan bakteri. Apabila pH dalam suatu medium atau lingkungan tidak optimal maka akan mengganggu kerja enzim-enzim tersebut dan akhirnya akan mengganggu pertumbuhan bakteri itu sendiri (Hidayat dkk., 2006).

Faktor biotik dalam pertumbuhan bakteri adalah interaksi antarmikrobia. Interaksi antarmikrobia dapat terjadi antara dua mikrobia yang sama ukuran selnya atau dua sel yang berbeda ukurannya namun kebutuhan nutrisinya kurang lebih sama. Hal ini akan memicu terjadinya kompetisi untuk memperebutkan nutrisi yang ada dalam satu ruang lingkup (Hidayat dkk., 2006).

Secara umum kultur medium bakteri harus mengandung sumber karbon, nitrogen, sulfur, fosfat, vitamin atau bahan-bahan yang dapat mendorong pertumbuhan bakteri seperti *yeast autolysate*. Selain itu bakteri

juga membutuhkan garam-garam anorganik sebagai “*trace elements*” mikro seperti Ca, Mn, Na, Mg, Zn, Co, Fe, dan Cu (Hidayat dkk., 2006).

Protein dapat diperoleh dari ekstrak daging atau pepton, sedangkan karbohidrat misalnya glukosa, laktosa, dan sukrosa. Sumber nitrogen (N) untuk kebutuhan nutrisi ada 2 yaitu: N berasal dari nitrogen anorganik dan N dari nitrogen organik. Kebutuhan N dari nitrogen anorganik biasanya dipakai amoniumnitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) atau amonium sulfat ( $\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , sedangkan N dari nitrogen organik diperoleh dari protein pepton atau asam-asam amino. Fosfat dipakai biasanya dalam bentuk garam seperti kalium dihidrogen fosfat ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) dan dinatrium hidrogenfosfat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ). Selain unsur-unsur tersebut, air juga diperlukan (Hidayat dkk., 2006).

#### H. Pembentukan Biogas

Biogas adalah gas yang terbuat dari limbah atau sudah tidak terpakai lagi, seperti kotoran hewan, kotoran manusia, ataupun sampah yang kemudian disimpan di tempat tertutup atau anaerob (tanpa oksigen dari udara) (Aryantodkk., 2008). Selain menjadi energi alternatif, biogas juga dapat mengurangi permasalahan lingkungan. Salah satu pola pengelolaan limbah yang tepat agar limbah tersebut dapat dimanfaatkan yaitu dengan cara mengolah limbah menjadi biogas, sedangkan hasil sampingan berupa pupuk organik dapat dimanfaatkan untuk dijual sebagai pupuk (Wahyuni, 2011).

Jenis-jenis mikrobia fermentasi yang berperan dalam pembentukan biogas antara lain *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Escherichia*, dan *Acetobacter* (Sanusi dan Santoso, 1980). Mikrobia fakultatif anaerob

melakukan hidrolisis enzimatis bahan organik yang polimerik untuk dirombak menjadi monomer yang larut (Apani, 1979). Hasil hidrolisis tersebut antara lain asam lemak, gas hidrogen, dan CO<sub>2</sub>. Pada tahap ini mikrobia fermentatif bekerja sangat lambat (Wibowo dkk., 1980).

Proses pembentukan gas bio terdiri dari tiga tahap yaitu tahap hidrolisis (tahap I), asetogenik (tahap II), dan metanogenik (tahap III). Tahap hidrolisis merupakan proses perombakan bahan organik oleh mikrobia fermentasi yang terdiri dari mikrobia selulolitik, hemiselulolitik, amilolitik, lipolitik dan proteolitik yang mampu merombak karbohidrat kompleks termasuk selulosa (Wibowo dkk., 1980).

Tahap asetogenesis yaitu hasil dari tahap hidrolisis dikonversi menjadi hasil akhir bagi produksi metana, yaitu berupa asetat, hidrogen, dan karbondioksida yang dilakukan oleh mikrobia asetogenik. Pembentukan asam asetat kadang-kadang disertai dengan pembentukan karbondioksida atau hidrogen, tergantung kondisi oksidasi dari bahan organik aslinya (Wibowo dkk., 1980).

Pada tahap metanogenesis akan terbentuk metana dan karbondioksida oleh adanya aktivitas metanogenik. Metana dihasilkan dari asetat atau dari reduksi karbondioksida oleh mikrobia asetogenik dengan menggunakan hidrogen. Aktivitas mikrobia metanogenik sangat tergantung pada nutrisi substrat yang digunakan atau dari produk yang dihasilkan dari mikrobia yang bekerja pada tahap I (hidrolisis) dan tahap II (asetogenik) (Wibowo dkk., 1980).

Pada digester, beberapa jenis mikroorganisme metanogenik dapat melakukan sintesis gas hidrogen dan CO<sub>2</sub> menjadi gas metana. Mikrobial metana yang bersifat anaerob tersebut, akan membentuk CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> melalui fermentasi asam asetat atau mereduksi gas CO<sub>2</sub> dengan cara menggunakan hidrogen yang merupakan produk mikrobial lain (Wibowo dkk., 1980).

Willey dkk. (2009) menjelaskan lebih lanjut tentang pembentukan gas metana dari CO<sub>2</sub>. Pertama-tama CO<sub>2</sub> akan diaktivasi oleh metanofuran yang mengandung enzim dan tereduksi ke tingkat formil oleh protein fereduksin. Formil akan ditransfer dari metanofuran ke enzim yang mengandung metanofterin. Formil akan mengalami dehidrasi dan tereduksi dalam 2 bentuk yang berbeda yakni metilen dan metil. Sedangkan pereduksi tereduksi menjadi F<sub>420</sub>.

Metil akan ditransfer dari metanofterin ke enzim lain yang mengandung CoM dengan enzim metil transferase. Reaksi ini bersifat eksergonik yang menyebabkan Na<sup>+</sup> akan terpompa keluar sel. Metil CoM tereduksi menjadi metana oleh metil reduktase. Koenzim F<sub>430</sub> dan CoB berfungsi untuk mengubah Metil CoM menjadi metana. F<sub>430</sub> akan berikatan dengan CH<sub>3</sub> dari CH<sub>3</sub>CoM. Setelah itu, CoM-S dan CoB-S direduksi oleh H<sub>2</sub> menjadi CoM dan CoB dan mengulangi proses itu secara terus menerus hingga substrat yang digunakan habis.

Tahap pertama dan tahap kedua disebut sebagai fermentasi asam sedangkan tahap ketiga (metanogenesis) disebut fermentasi metanogenik. Fermentasi asam cenderung menyebabkan penurunan nilai keasaman karena

adanya produksi asam lemak volatil dan intermediet-intermediet (produk antara) lain yang memisahkan dan memproduksi proton. Fermentasi metanogenik hanya akan berkembang dengan baik pada kondisi nilai keasaman netral sedangkan ketidakstabilan mungkin muncul pada awal proses (Wibowo dkk., 1980).

Metanogenesis bukanlah proses dekomposisi yang sempurna karena biasanya hanya asam-asam organik yang dirombak sekitar 60 sampai 70 %. Menurut Sutariningsih dan Yuni (1989), mikrobia penghasil gas metana yang mendominasi metanogenesis adalah *Metanabacterium*, *Methanococcus*, *Methanobacillus*, *Methanosarcina* dan *Methanospirilus* sedangkan yang menggunakan substrat asetat adalah *Metanobacterium suhngeni*, *Metanobacterium mesei*, *Metanobacterium metanaica*, dan *Metanobacterium karkerii*.

#### I. Faktor-faktor yang Memengaruhi Pembentukan Biogas

Proses pembentukan biogas dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu: lingkungan biotik (biologi) dan lingkungan abiotik (non-biologis). Lingkungan biotik menyangkut faktor kehidupan mikrobial yang aktif di dalam proses ataupun bentuk-bentuk kehidupan yang terjadi di dalamnya (Suriawiria dan Sastramihardja, 1979). Basuki (1985) menambahkan bahwa mikrobial yang berperan dalam pembentukan gas metana bekerja secara berurutan dalam proses degradasi karbohidrat secara anaerob sehingga menghasilkan metana.

Lingkungan abiotik menyangkut faktor luar yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan serta secara langsung berpengaruh terhadap kehidupan dan aktivitas mikrobia, juga terhadap proses-proses yang terjadi selanjutnya. Untuk mencapai tujuan tersebut diperlukan medium lingkungan yang baik yang memenuhi syarat, antara lain: suhu, nilai keasaman, lamanya bahan organik yang berada dalam digester, kandungan air, kadar bahan kering, ada tidaknya zat toksik bagi mikrobia, dan substrat dalam kondisi yang memenuhi syarat nisbah C/N ideal (Suriawiria dan Sastramihardja, 1979).

Perkembangan mikrobia sangat dipengaruhi oleh suhu. Fermentasi anaerob dapat berlangsung pada kisaran 5 – 55 °C dengan suhu optimal 35 °C. Suhu yang terlalu tinggi (di atas 55 °C) atau terlalu rendah (di bawah 5 °C) akan menyebabkan mikrobia tersebut lebih cepat mati sehingga pertumbuhan gas bio menjadi terhambat (Widarto dan Sudarto 1997). Hidayat dkk., (2006) Menambahkan bahwa suhu akan berpengaruh pada protein dan enzim dalam sel. Suhu yang terlalu tinggi akan menyebabkan sel mengalami denaturasi yang menyebabkan metabolisme terhenti. Sufyandi (2001) menambahkan bahwa proses fermentasi biogas sangat sensitif terhadap perubahan suhu. Walaupun demikian perubahan suhu antara siang dan malam tidak menjadi masalah besar untuk aktivitas mikrobia.

Nilai keasaman (pH) substrat juga memberikan pengaruh terhadap pembentukan biogas (Amaru, 2004). Deublein dan Steinhauster (2008) menyatakan bahwa pH optimum dalam menghasilkan gas metana adalah 6,7-7,5. Ferdiansyah (2012) menjelaskan jika pH medium dibawah 6,6 akan

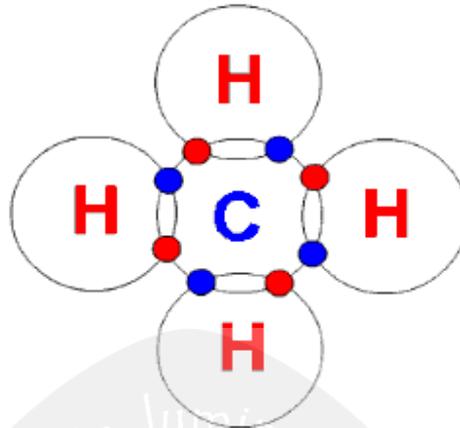
menghambat pembentukan metana dengan penguraian asam volatil secara terus menerus. Syafila dkk. (1997) menambahkan jika pH di atas 8,0, penguraian zat-zat akan tetap berjalan dengan efisiensi yang kurang, sedangkan jika pH di bawah 6,0 kemungkinan tidak terjadi menghasilkan produk sama sekali dan penguraian zat-zat juga tidak akan terjadi.

Faktor lain yang memengaruhi pembentukan gas metana adalah lamanya bahan organik dalam digester. Menurut Junus (1995), lamanya bahan organik dalam digester akan memengaruhi produksi gas yang dihasilkan. Setiap bahan mempunyai karakteristik lama proses tertentu, untuk kotoran sapi diperlukan waktu 10 sampai dengan 20 hari. Basuki (1985) menambahkan bahwa keberadaan suatu unsur tertentu pada substrat dapat menghambat pertumbuhan mikrobia, diantaranya adalah logam berat, antibiotik, dan diterjen.

#### J. Gas Metana

Metana secara luas diproduksi di permukaan bumi oleh mikrobia pembusuk dengan cara menguraikan bahan organik. Karakteristik dari metana murni adalah tidak berwarna dan tidak berbau, sedangkan bau biogas yang timbul diakibatkan oleh komponen lain yaitu hidrogen sulfida ( $H_2S$ ). Komposisi metana dengan udara akan menentukan pada kandungan berapa campuran yang mudah meledak dapat dibentuk. Pada LEL (*lower explosive limit*) 5,4 % metana dan UEL (*upper explosive limit*) 13,9 % basis volume. Jumlah metana di bawah 5,4 % dianggap tidak cukup, sedangkan di atas 14 % terlalu sedikit oksigen untuk menyebabkan ledakan. Ini menunjukkan gas

metana merupakan gas yang mudah terbakar dan dapat mengakibatkan ledakan (Amaru, 2004). Struktur gas metana dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur Kimia Gas Metana (Sumber: Kurtus, 2003)

Keterangan: Gugus metana terdiri dari unsur C dan H. Unsur C akan mengikat unsur H sebanyak 4 sehingga apabila ditulis dalam rumus kimia, gugus metana menjadi  $\text{CH}_4$ .

#### K. Hipotesis

1. Perbandingan limbah jamu (beras kencur dan daun pepaya) dan molase sebesar 70:30 akan menghasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) yang paling banyak.
2. Volume gas metana ( $\text{CH}_4$ ) yang dihasilkan sebesar 61,04% (Lewicki dkk., 2013).