

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Masalah Energi

Situasi energi di Indonesia tidak lepas dari situasi energi dunia. Konsumsi energi dunia yang makin meningkat membuka kesempatan bagi Indonesia untuk mencari sumber energi alternatif untuk memenuhi kebutuhannya sendiri. Sumber energi utama di Indonesia berasal dari fosil. Ketergantungan terhadap sumber energi fosil tersebut tampak berat dan sulit untuk diringankan mengingat substitusi dengan sumber energi non-fosil sangat kecil dan lambat. Berdasarkan data energi sumber daya mineral, bahwa minyak bumi seperti solar, premium, minyak tanah, minyak diesel, dan minyak bakar mendominasi 52,5% pemakaian energi di Indonesia, gas bumi sebesar 19%, batu bara 21,5%, air 3,7%, panas bumi 3% dan energi terbarukan *renewable* hanya sekitar 0,2% dari total penggunaan energi. Dari sisi persediaan, terbukti cadangan minyak bumi Indonesia (*proven*) pada tahun 2006 hanya 4,3 miliar barel dengan laju produksi 1,071 juta barel per hari. Jika terus dikonsumsi dan tidak ditemukan cadangan minyak baru atau tidak ditemukan teknologi baru untuk meningkatkan *recovery* minyak bumi diperkirakan akan habis dalam waktu kurang dari 15 tahun (IPB, 2008).

Indonesia tidak termasuk dalam kategori negara yang kaya sumber energi fosil. Cadangan minyak, gas dan batubara per kapita Indonesia berada di bawah

cadangan per kapita rata-rata dunia. Penggunaan energi di Indonesia relatif kecil, akan tetapi ketergantungan pada energi berbasis fosil seperti BBM sangat tinggi yakni mencapai 95% dari pemakaian energi.

Konsumsi energi listrik dan energi primer Indonesia tahun 2006 per kapita sebesar 517 kWh dan 0,57 TOE, sedangkan konsumsi energi listrik dan energi primer rata-rata dunia adalah 2463 kWh 1,63 TOE. Akan tetapi Indonesia memiliki potensi energi baru atau terbarukan yang terbesar yakni energi air (mikrohidro) sebesar 75.670 MW. Tetapi hingga tahun 2008, pemanfaatannya baru mencapai 4200 MW atau sekitar 5% dari potensi energi yang ada. Tahun 2008, penggunaan energi terbarukan secara global baru mencapai 19,9%. Peringkat pertama jenis energi berbahan kayu bakar yang banyak digunakan negara berkembang sebagai bahan bakar untuk memasak atau penghangat. Penggunaan bioenergi diperkirakan mencapai 10,2% (Lemhannas, 2012).

Produksi gas bumi nasional pada kurun waktu tahun 2004 – 2007 terus mengalami penurunan, tetapi pada tahun 2007 – 2011 cenderung mengalami peningkatan, meskipun produksi gas turun kembali pada tahun 2011 (Tabel 1).

**Tabel 1. Produksi gas bumi nasional 2004 – 2011**

Tahun	Total Produksi (MMSCF)	Rata-rata Harian (MMSCFD)	Pertumbuhan (%)
2004	3. 003. 945	8. 230	
2005	2. 985. 341	8. 197	-0,40
2006	2. 953. 997	8. 093	-1,27
2007	2. 805. 540	7. 686	-5,03
2008	2. 885. 328	7. 905	2,85
2009	3. 060. 897	8. 386	6,08
2010	3. 407. 592	9. 336	11,33
2011	2. 984. 367	8. 935	-4,30

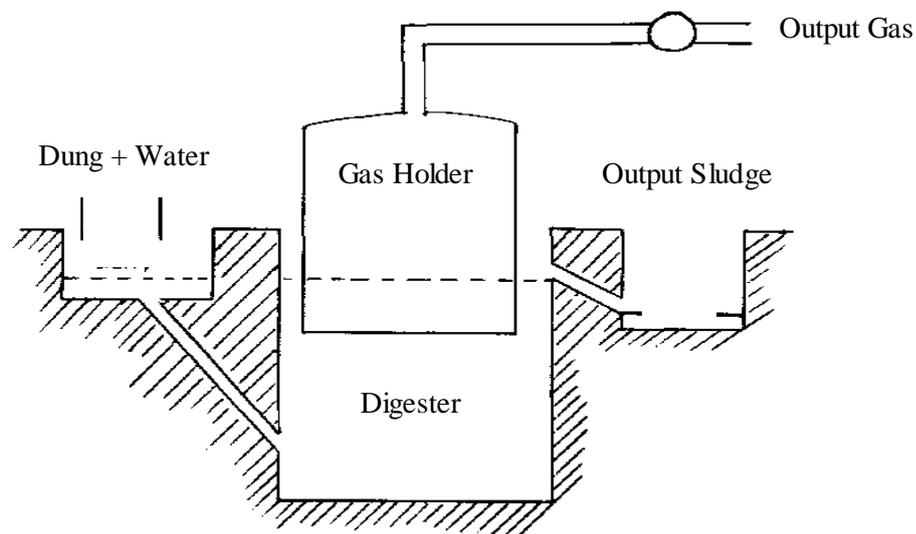
(sumber: Kementerian ESDM, 2014)

Pada Tabel 1 pertumbuhan gas bumi tahun 2011 jatuh menjadi - 4,3 % dari tahun sebelumnya 11,3 %. Meskipun begitu rata-rata pertumbuhan produksi gas 2008 sampai dengan 2011 masih sekitar 4,0 %. Produksi gas diprediksi akan meningkat karena ada tambahan produksi sebesar 2. 953 MMSCFD dalam kurun waktu 2012 – 2018 dari lapangan gas baru (Kementrian ESDM (b), 2014).

## 2.2. Biogas

Gas organik atau yang biasa disebut biogas merupakan salah satu energi terbarukan, gas tersebut dihasilkan dari bahan-bahan organik semisal kotoran hewan, kotoran manusia atau sampah, direndam di dalam air dan disimpan di dalam tempat yang tertutup atau disebut anaerob (tanpa oksigen udara).

Untuk mempercepat dan menampung gas dibutuhkan alat yang memenuhi syarat untuk terjadinya gas tersebut.



**Gambar 1. Skema biogas**

Pada Gambar 1, kotoran yang telah dicampur dan dimasukkan ke dalam alat reaktor, maka selanjutnya akan terjadi proses pembusukan yang meliputi dua

tahap, yaitu proses aerobik dan anaerobik. Proses yang pertama dibutuhkan oksigen dan hasil prosesnya berupa karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Proses ini berakhir setelah oksigen dalam reaktor habis. Kemudian proses berikutnya adalah proses pembusukan dengan tahap kedua (proses anaerobik). Pada proses ini biogas dihasilkan dengan reaktor yang tertutup rapat, tidak terhubung dengan udara luar sehingga tercipta kondisi hampa udara.

Biogas yang terbentuk dapat digunakan menjadi bahan bakar karena mengandung gas metan ( $\text{CH}_4$ ) dalam % tase yang cukup tinggi. Komponen biogas yang lengkap ditampilkan dalam Tabel 2

**Tabel 2. Komponen penyusun biogas (Setiawan, 1996).**

<b>Jenis Gas</b>	<b>Jumlah (%)</b>
<b>Methan (<math>\text{CH}_4</math>)</b>	54 – 70
<b>Karbon dioksida (<math>\text{CO}_2</math>)</b>	27 – 45
<b>Nitrogen (N)</b>	0,5 – 3
<b>Karbon Monoksida (CO)</b>	0,1
<b>Oksigen (<math>\text{O}_2</math>)</b>	0,1
<b>Hidrogen Sulfida (<math>\text{H}_2\text{S}</math>)</b>	Sedikit sekali

Menurut Outerbridge (1991), biogas dihasilkan oleh pembusukan bahan organik jasad renik anaerob yang merupakan campuran gas-gas. Komposisi tersebut tergantung pada faktor-faktor campuran bahan, kotoran dalam air pengencer, lamanya waktu pengolahan gas, integritas penampung pengolahan biogas dan berbagai parameter biogas (suhu, kandungan air, keasaman, perbandingan karbon/nitrogen yang dapat diproses dan lain-lain). Dengan proses biogas tersebut, menghasilkan gas methana yang merupakan komponen utama, pada umumnya yang dihasilkan berkisar antara 50 sampai 70 % dan terkadang lebih

tinggi. Dan komponen biogas lainnya yakni karbon dioksida yang mempunyai presentase pada umumnya berkisar 30 sampai 40 %.

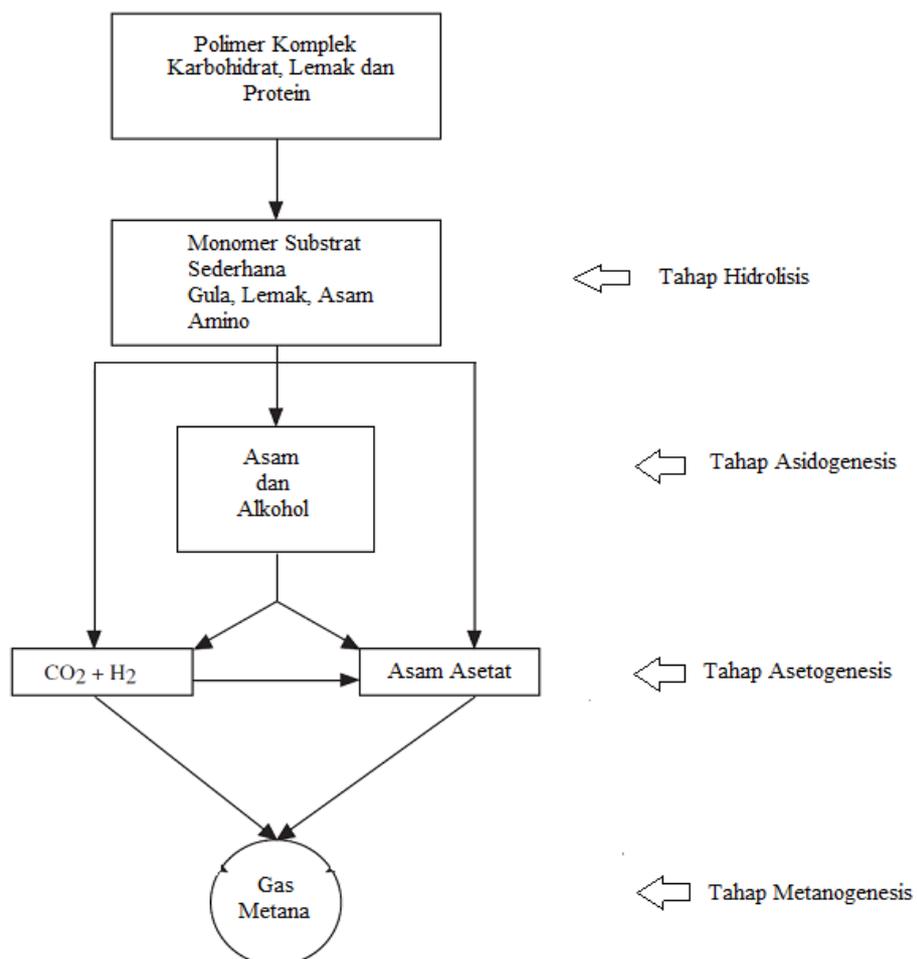
Suhu api yang dihasilkan dari biogas dengan komposisi 60 % metana dan 35 % karbon dioksida adalah sekitar 1200<sup>0</sup>C. Dengan pembakaran yang terjadi pada suhu ini, karbon dioksida dan uap air tidak berubah. Metana dan hidrokarbon lainnya membentuk uap air serta karbon dioksida. Uap air dan karbon dioksida yang dihasilkan lebih banyak karena proses gas karbon monoksida, hidrogen dan oksigen. Sebagian nitrogen tidak berubah, sedangkan sebagian kemungkinan membentuk nitrogen oksida, dan hidrogen sulfida diubah menjadi sulfur dioksida serta sejumlah kecil sulfur trioksida. Maka pancaran yang dihasilkan dari pembakaran biogas mirip dengan gas alami, walaupun dalam proporsi yang berbeda.

Menurut Simamora dkk. (2006), menyatakan bahwa dalam pembuatan biogas ada beberapa syarat yang harus dipenuhi yakni;

- a) Ada bahan pengisi yang berupa bahan organik, terutama limbah pertanian dan peternakan.
- b) Ada instalasi biogas yang memenuhi beberapa persyaratan seperti, lubang pemasukan dan pengeluaran, tempat penampungan gas, dan penampungan *sludge* (sisa pembuangan).
- c) Terpenuhinya faktor pendukung yakni faktor dalam (dari digester) yang meliputi C/N rasio, pH, dan struktur bahan isian (kehomoganan) dan faktor luar yang meliputi fluktasi suhu.

### 2.3. Proses Biokonversi Biogas

Proses biokonversi biogas adalah pengumpulan feses ternak ke dalam suatu tangki kedap udara yang disebut digester. Di dalam digester tersebut, dicerna dan difermentasi oleh bakteri yang menghasilkan gas metan serta gas-gas lain. Gas yang ditimbulkan dari proses ini ditampung dalam digester. Penumpukan produksi gas akan menimbulkan tekanan sehingga dapat disalurkan melalui pipa. Gas yang dihasilkan tersebut dipakai sebagai pengganti bahan bakar yang menggunakan tabung gas.

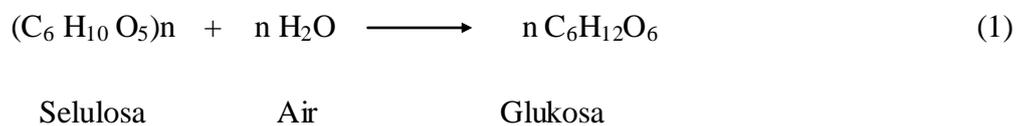


**Gambar 2. Tahap pembentukan biogas**

Menurut Gerardi (2003), Pada Gambar 2 proses terbentuknya gas melalui tahap yang panjang dan melalui fase-fase agar menghasilkan gas metana, tahap-tahap pembentukan biogas sebagai berikut.

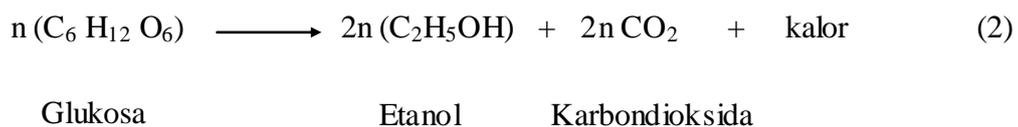
- Tahap Pelarutan/Hidrolisis

Pada tahap ini bahan yang tidak larut seperti selulosa, polisakarida dan lemak diubah menjadi bahan yang larut dalam air seperti karbohidrat dan asam lemak (persamaan 1). Tahap pelarutan berlangsung pada suhu 25° C di digester.



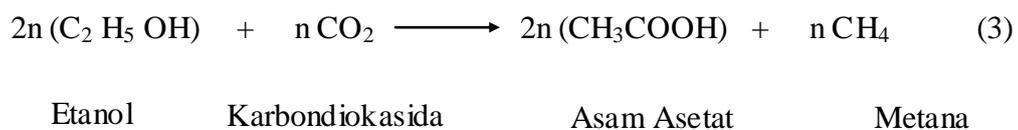
- Tahap Pengasaman/Asidogenik

Pada tahap ini, bakteri asam menghasilkan asam asetat dalam suasana anaerob (persamaan 2). Tahap ini berlangsung pada suhu 25° C di digester.



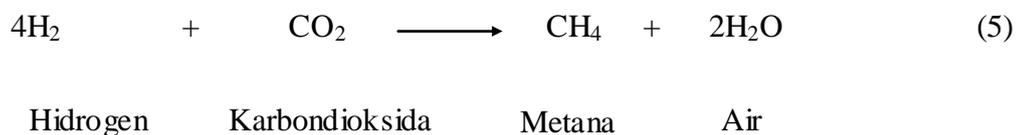
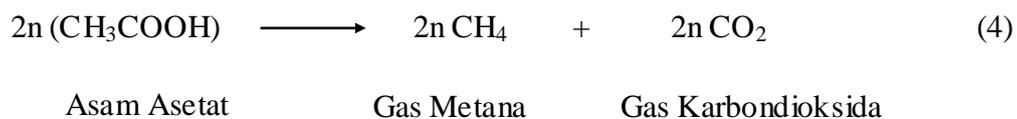
- Tahap Asetogenik

Pada tahap ini, etanol dan karbondioksida dibentuk oleh bakteri menjadi asam asetat dan metana (persamaan 3).



- Tahap Gasifikasi/Metanogenik

Pada tahap ini, bakteri metana membentuk gas metana secara perlahan secara anaerob. Proses ini berlangsung selama 14 hari dengan suhu 25° 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 dengan melalui dua jalur yang berbeda (persamaan 4 dan 5).



#### 2.4. Faktor yang Mempengaruhi Produksi Biogas

Menurut Simamora dkk. (2006), menyatakan bahwa banyak faktor yang mempengaruhi keberhasilan produksi biogas. Faktor pendukung untuk mempercepat proses fermentasi adalah kondisi lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan bakteri perombak. Ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap produksi biogas yakni kondisi anaerob, bahan baku isian, C/N rasio, pH, suhu, waktu, dan starter.

##### 2.4.1. Kondisi Anaerob atau Kedap Udara

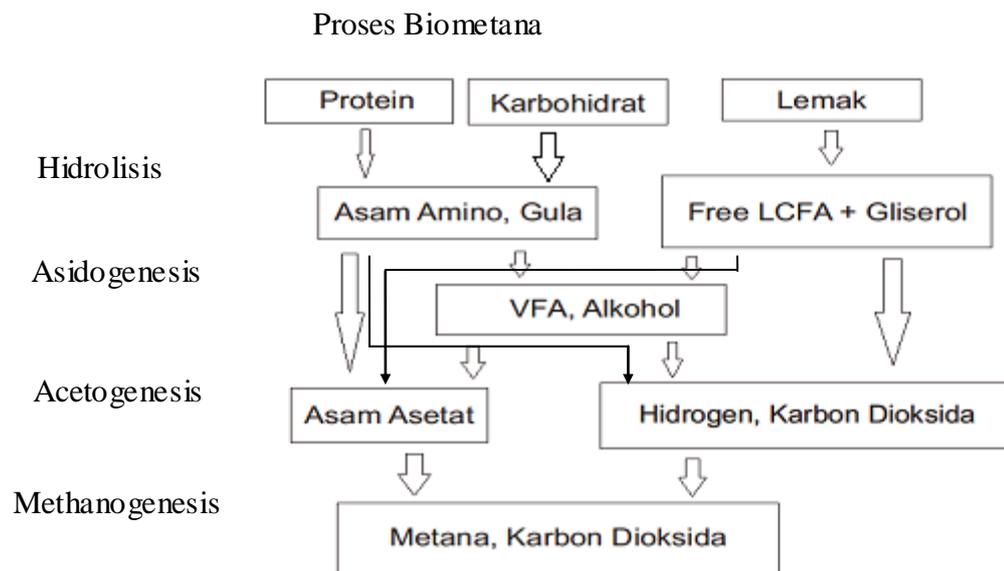
Biogas dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik oleh mikroorganisme anaerob. Instalasi pengolahan biogas harus kedap udara. Pada dasarnya

pencernaan anaerobik adalah rincian dari bahan organik oleh populasi mikroba yang hidup di lingkungan oksigen bebas. Anaerobik secara harfiah berarti "tanpa udara". Bila bahan organik yang terurai dalam lingkungan anaerobik bakteri menghasilkan campuran metana dan gas karbon dioksida. Pencernaan anaerobik memperlakukan sampah dengan mengkonversi bahan organik busuk menjadi karbon dioksida dan gas metan. Gas ini disebut sebagai biogas. Biogas dapat digunakan untuk menghasilkan tenaga listrik dan panas. Konversi padatan hasil biogas dalam jumlah yang jauh lebih kecil dari padatan yang harus dibuang. Selama proses pengolahan anaerobik, senyawa nitrogen organik diubah menjadi amonia, senyawa sulfur yang dikonversi menjadi hidrogen sulfida, fosfor untuk ortofosfat, dan kalsium, magnesium, dan natrium dikonversi ke berbagai garam. Melalui operasi yang tepat, konstituen anorganik dapat diubah menjadi berbagai produk yang bermanfaat. Produk akhir pencernaan anaerobik adalah gas alam (metana) untuk produksi energi, panas yang dihasilkan dari produksi energi, kaya bubuk organik nutrisi, dan produk anorganik berharga lainnya (Dennis, 2001).

#### **2.4.2. Bahan Baku Isian**

Bahan baku isian berupa bahan organik seperti kotoran ternak, limbah pertanian, sisa dapur, dan sampah organik yang terhindar dari bahan anorganik. Bahan isian harus mengandung 7 – 9 % bahan kering dengan pengenceran 1 : 1 (bahan baku : air). Reaksi pembentukan metana dari bahan-bahan organik yang dapat terdegradasi dengan bantuan enzim maupun bakteri (Simamora dkk., 2006).

Pada pembuatan bio gas dari bahan baku kotoran sapi atau kerbau yang banyak mengandung selulosa. Bahan baku dalam bentuk selulosa akan lebih mudah dicerna oleh bakteri anaerob.



**Gambar 3. Proses biokonversi anaerobik gas metana**

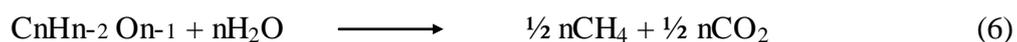
Produk terbentuk selama hidrolisis kemudian dikonversi dalam bakteri pada proses yang dikenal sebagai asidogenesis (atau fermentasi). Asidogenesis adalah langkah pertama energi menghasilkan selama proses pencernaan anaerobik dan terdiri dalam degradasi substrat larut, tanpa kehadiran elektron eksternal akseptor. Substrat utama untuk asidogenesis termasuk larut meliputi sakarida, asam amino dan gliserol dan hasil dalam pembentukan asetat, propionat, butirrat, karbon dioksida, hidrogen dan produk organik lainnya seperti laktat dan alkohol (Costa dkk., 2013).

Karbohidrat disintesis di daun hijau dari tanaman dengan konversi karbon dioksida menjadi glukosa selama fotosintesis. Karbohidrat adalah makromolekul

atau polimer yang mengandung banyak monomer gula, berbagai panjang rantai senyawa dari polimer atau karbohidrat sangat bervariasi. Dalam digester semua karbohidrat yang terdegradasi di dalam sel fakultatif anaerob dan anaerob.

Karbohidrat terlalu besar untuk masuk ke dalam sel, yaitu, dalam bentuk yang larut atau kompleks, harus dihidrolisis menjadi lebih kecil, gula larut monomer memiliki rumus kimia yang sama, misalnya, glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) dan fruktosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) (Gerardi, 2003).

Menurut Gerardi dkk (2005), bahwa produksi biogas dari substrat organik melibatkan reaksi redoks internal yang mengubah molekul organik untuk  $CH_4$  dan  $CO_2$ , proporsi gas-gas yang ditentukan oleh komposisi dan biodegradasi dari substrat, seperti yang sudah sempat dibahas di atas. Untuk kasus yang paling sederhana, konversi karbohidrat, seperti gula (misalnya, glukosa,  $C_6H_{12}O_6$ ) dan pati atau selulosa ( $C_nH_{n-2}O_{n-1}$ ), jumlah yang sama  $CH_4$  dan  $CO_2$  diproduksi (rasio 50:50).



Selanjutnya untuk protein, limbah nitrogen utama dalam lumpur kota adalah protein. protein kompleks, tinggi senyawa molekul berat. Molekul-molekul ini memiliki relatif besar luas permukaan dan tidak larut dalam air limbah atau menetap dari air limbah. Protein dapat diklasifikasikan sebagai sederhana atau terkonjugasi menurut kimianya komposisi. Protein sederhana adalah mereka yang melepaskan hanya asam amino dan tidak ada lainnya senyawa pada hidrolisis. Serum albumin darah adalah contoh dari protein sederhana (Gerardi, 2003).

Menurut Krich dkk (2005), bahwa alam kasus limbah yang mengandung protein dengan jumlah yang lebih besar metana yang dihasilkan, stoikiometri dari degradasi lengkap substrat. Untuk protein, proses reaksinya sebagai berikut :



Proses menghasilkan rasio  $\text{CH}_4 : \text{CO}_2$  dari 55 : 45, komposisi biogas yang tepat akan tergantung pada protein substrat individu.

Kemudian untuk bahan lemak, semua lemak dan minyak memiliki sejenis struktur kimia. Mereka adalah trigliserida. Tiga asam lemak trigliserida yang merupakan tidak harus sama. Asam besar dan kompleks lemak, lemak, dan minyak yang dihidrolisis dalam anaerobic digester. Molekul kecil dan sederhana yang dihasilkan diperoleh dari hidrolisis adalah terdegradasi lebih lanjut untuk asam organik. Dalam digester anaerobik lemak mengalami degradasi melalui dua langkah utama Pertama, lemak dihidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak. Enzim lipase yang digunakan oleh bakteri untuk menghidrolisis lemak. Gliserol yang terdegradasi, dan asam lemak dirilis melalui hidrolisis terdegradasi dua unit karbon pada suatu waktu (Gerardi, 2003).

Menurut Krich dkk (2005), bahwa untuk lemak dan minyak nabati (trigliserida), menghasilkan sebuah perbandingan rasio  $\text{CH}_4 : \text{CO}_2$  sebesar 70 : 30, seperti pada reaksi di bawah ini.



### 2.4.3. C/N Rasio

Ketersediaan kotoran sapi atau kotoran ternak merupakan syarat mutlak yang harus ada dalam pembuatan biogas. Ketersediaan yang dimaksud adalah tidak hanya dalam jumlahnya yang mencukupi, akan tetapi kelangsungannya (kontinuitas). Kotoran ternak mengandung unsur karbon (C) dan unsur nitrogen (N). Pada kotoran yang masih mentah, kandungan karbonnya lebih tinggi dari kandungan nitrogennya. Maka perbandingan antara karbon dan nitrogen (C/N rasio) bernilai tinggi. Kebutuhan kotoran ternak perharinya akan dapat dipenuhi hanya dengan memiliki 1 ekor sapi, akan tetapi untuk yang lebih baik, dibutuhkan minimal memiliki 2 ekor sapi atau setara dengan 15 ekor kambing. C/N rasio yang terkandung dalam bahan organik sangat menentukan kehidupan dan aktivitas mikroorganisme dengan imbalanced C/N optimum 25–30 untuk mikroorganisme perombak (Simamora dkk., 2006). Bakteri memerlukan konsentrasi nutrisi yang cukup untuk mencapai optimum pertumbuhan. Karbon terhadap nitrogen dalam limbah harus kurang dari 43. Karbon untuk rasio fosfor harus kurang dari 187. Hasil penelitian menunjukkan bahwa non-lignin C/N rasio 20 sampai 25 adalah optimal untuk kinerja digester. Biasanya sebagai pupuk diekskresikan memiliki rasio C/N 10 (Dennis, 2001). Kemudian untuk kandungan C/N rasio kedua buah yaitu kelapa dan kulit pisang secara umum mengacu pada limbah buah yakni sebesar 20–50 akan tetapi hasil sebuah penelitian C/N rasio kulit pisang sebesar 21–30 untuk kulit pisang raja dan pisang ambon (Sriharti, 2008).

#### 2.4.4. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman sangat berpengaruh terhadap kehidupan mikroorganisme.

Derajat keasaman yang optimum bagi kehidupan mikroorganisme adalah 6,8 – 7,8 (Simamora dkk., 2006).

#### 2.4.5. Temperatur

Kemudian faktor lain yang harus dipenuhi adalah kesesuaian udara sekitar.

Karena suhu merupakan syarat aktif bakteri penghasil biogas. Suhu yang paling baik untuk berlangsungnya proses pembentukan biogas adalah sekitar 32 – 37 °C.

Suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi kurang baik untuk pembentukan biogas. Produksi biogas akan menurun secara cepat akibat perubahan temperatur yang mendadak di dalam instalasi pengolahan biogas. Untuk menstabilkan temperatur kita dapat membuat instalasi biogas di dalam tanah (Setiawan, 1996).

Berdasarkan daerah aktivitas temperatur, mikroba dibagi menjadi 3 golongan, yaitu:

a. *Mikroba psirkofilik* (kryofilik) adalah golongan mikroba yang dapat tumbuh pada daerah temperatur antara 0°C sampai 30°C, dengan temperatur optimum 15°C. Kebanyakan golongan ini tumbuh di tempat - tempat dingin, baik di daratan maupun di lautan.

b. *Mikroba mesofilik* adalah golongan mikroba yang mempunyai temperatur optimum pertumbuhan antara 30-40°C minimum 15°C dan maksimum di sekitar

55<sup>0</sup>C. umumnya hidup di dalam alat pencernaan, kadang-kadang ada juga yang dapat hidup dengan baik pada temperatur 40<sup>0</sup>C atau lebih.

c. *Mikroba termofilik* adalah golongan mikroba yang dapat tumbuh pada daerah temperature tinggi, optimum 55<sup>0</sup>C-60<sup>0</sup>C, minmum 40<sup>0</sup>C, sedangkan maksimum 75<sup>0</sup>C. golongan ini terutama terdapat di dalam sumber-sumber air panas dan tempat-tempat lain yang bertemperatur lebih tinggi dari 55<sup>0</sup>C (Pohland, 1992).

#### **2.4.6. Hydraulic Retention Time (HRT)**

Waktu retensi hidrolik (HRT), juga dikenal sebagai waktu tinggal hidrolik atau  $\tau$  (tau), adalah ukuran panjang rata-rata waktu bahwa senyawa larut tetap dalam bioreaktor dibangun. Atau dapat dikatakan berapa lama limbah akan menginap di dalam sistem pengolahan. Lebih lama limbah menginap maka proses pengolahan lebih baik tetapi konstruksi menjadi besar. Sebaliknya bila terlampau cepat maka praktis hanya lewat saja hingga tidak terjadi proses pengolahan. HRT bertujuan untuk menetapkan jumlah waktu yang tersedia untuk pertumbuhan bakteri dan konversi berikutnya dari bahan organik ke gas.

Jumlah hari bahan tetap di dalam tangki disebut Hydraulic Retention Time atau HRT. Hydraulic Retention Time sama dengan volume tangki dibagi dengan aliran harian ( $HRT = V / Q$ ) dalam SI Volume dalam (m<sup>3</sup>) dan Influent debit dalam (m<sup>3</sup>/h). HRT biasanya dinyatakan dalam jam (atau hari) (Dennis, 2001).

Konversi padatan yang mudah menguap untuk produk gas dalam digester anaerobik dikendalikan oleh HRT. Desain HRT adalah fungsi dari disposisi akhir

dari lumpur dicerna. HRT mungkin relatif tinggi atau rendah, jika lumpur dicerna harus diterapkan tanah atau dibakar, masing-masing. Namun, meningkatkan dalam tahanan waktu > 12 hari tidak memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan kerusakan volatile padatan. Nilai HRT mempengaruhi laju dan tingkat produksi metana. Dari semua operasi, kondisi internasional dalam sebuah digester anaerobik, misalnya, suhu, padatan konsentrasi, dan mudah menguap kandungan padatan lumpur pakan, HRT mungkin adalah kondisi operasional yang paling penting yang mempengaruhi konversi volatil padatan untuk produk gas (Gerardi, 2003).

#### **2.4.7. Starter**

Starter diperlukan untuk mempercepat proses perombakan bahan organik hingga menjadi biogas. Starter merupakan mikroorganisme perombak yang telah dijual komersil dapat juga digunakan lumpur aktif organik atau cairan rumen.

#### **2.5. Ketersediaan Bahan Baku Biogas**

Limbah merupakan suatu zat atau benda yang bersifat mencemari lingkungan. Terutama limbah agro-industri yang memproses produk primer dari pertanian, perkebunan dll. Beberapa bahan hasil proses industri tersebut jika dibiarkan dan tidak diangkut ke pabrik pengolahan, maka limbah tersebut sering digunakan secara tidak memadai atau dibuang, yang menyebabkan pencemaran lingkungan dan hilangnya unsur hara tanaman serta bahan organik yang seharusnya dikembalikan ke tanah yang menghasilkan produk primer. Limbah agro-industri berasal dari penanaman dan pengolahan berbagai buah-buahan, kacang dan sayuran dan lain-

lain. Sebagian limbah pertanian memiliki nilai penting sebagai makanan ternak setempat maupun untuk ekspor ke pengolah makanan ternak di Barat (Outbridge, 1991).

### **2.5.1. Kulit Pisang**

Kulit pisang merupakan limbah buangan dari buah pisang yang cukup banyak. Umumnya kulit pisang belum dimanfaatkan secara kasat mata, hanya dibuang sebagai limbah organik atau digunakan sebagai makanan ternak seperti kambing, sapi, dan kerbau. Kulit pisang masih belum mendapatkan penanganan yang cukup karena pada limbah pisang masih mengandung pati, protein, dan serat yang cukup tinggi, karena di ketahui pada umumnya tebal kulit pisang adalah 41 bagian dari buahnya, oleh karena itu diperlukan pemikiran usaha untuk memanfaatkannya (Dewati, 2008).



**Gambar 4. Kulit pisang**

Pisang merupakan tanaman hortikultura yang memiliki tingkat produksi cukup tinggi di Indonesia dan memiliki kecenderungan meningkat dari tahun ke tahun.

Potensi limbah kulit pisang mengacu pada produksi pisang. Pada Tahun 2013 produksi pisang di Indonesia mencapai 938.280 ton (BPS, 2014).

Buah pisang banyak mengandung karbohidrat baik isinya maupun kulitnya.

Umumnya masyarakat hanya memakan buahnya saja dan membuang kulit pisang begitu saja. Di dalam kulit pisang (Gambar 4) ternyata memiliki kandungan vitamin C, pati, protein, dan juga lemak yang cukup, seperti hasil analisa kimia kulit pisang di bawah ini.

**Tabel 3. Kandungan kimia kulit pisang**

Unsur	Jumlah (%)
Air	73,6
Pati	11,48
Protein	2,15
Lemak	1,34
Gula Reduksi	7,62
Vitamin C/100 g	36
Serat Kasar	1,52
Abu	1,03

Pada Tabel 3, Secara garis besar kandungan yang paling besar adalah air yaitu 73,6% dan pati sebesar 11,48%. Selain itu kulit pisang juga memiliki kandungan vitamin C 36% (Dewati, 2008).

Hasil penelitian campuran antara limbah kotoran sapi dengan limbah kulit pisang terlihat bahwa pada proses anaerobik digester sampel kulit pisang dan pisang tidak layak jual, mulai hari ke-3 telah terbentuk biogas. Dengan semakin bertambahnya waktu produksi biogas akan meningkat pada setiap variasi perbandingan substrat dengan air. Kenaikan produksi biogas masih terus terjadi setelah hari ke-35. Jumlah biogas terbentuk sampai hari ke-35 adalah 176; 224;

dan 261 liter/kg *Volatile Solids* untuk perbandingan substrat dengan air (R) 1; 1,5 dan 2. Kecepatan produksi biogas cenderung stabil sampai hari ke-35. Kemudian setelah hari ke-35 kecepatan produksi biogas terlihat mulai menurun. Volume produksi biogas tertinggi diperoleh pada perbandingan substrat dengan air (R) = 2 (Hidayat dkk., 2012). Kemudian HRT terendah untuk kulit pisang adalah 25 hari, sehingga tingkat maksimum produksi gas sebesar 0,76 vol/hari dengan pemanfaatan substrat 36%, kulit pisang yang HRT di bawah 25 hari menunjukkan penurunan drastis kadar metana (Bardiya dkk., 1996). Kemudian total potensi produksi metana dari seluruh pisang dengan yield metana untuk volatil padatan masing-masing tertentu adalah  $0,256 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  untuk batang,  $0,322 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  untuk kulit, dan  $0,367 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  untuk buah (Khan dkk., 2009).

### **2.5.2. Ampas Kelapa**

Kelapa (*Cocos nucifera*) adalah salah satu bahan baku potensial pembuatan biodiesel yang ketersediaannya di dalam negeri cukup banyak. Akan tetapi, minyak kelapa merupakan komoditas yang berharga cukup mahal di pasar internasional, karena sangat dibutuhkan oleh industri kimia dan pangan. Untuk menghindari persaingan penyediaan/pengadaan minyak kelapa sebagai bahan baku kedua industri tersebut dengan produsen biodiesel, maka cara lain memproduksi biodiesel berbahan baku kelapa adalah dengan memanfaatkan minyak kelapa yang masih terkandung di dalam ampas kelapa (Wikipedia, 2014).

Ampas kelapa merupakan hasil samping dari ekstraksi parutan daging kelapa untuk mendapatkan santan sebagai bahan baku pembuatan minyak kelapa.

Kandungan minyak di dalam ampas kelapa berkisar 12,2% – 15,9% sehingga

merupakan potensi yang besar untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Selama ini ampas kelapa sebagian kecil yang dimanfaatkan, sisanya terbuang ke lingkungan sebagai limbah, dengan mengolahnya menjadi biodiesel akan meningkatkan dayaguna dari ampas kelapa (Setyamidjaja, 1984).



**Gambar 5. Ampas kelapa**

Salah satu limbah dari produksi adalah bungkil atau ampas kelapa, daging kelapa yang hanya diambil santan-nya saja tersebut hanya dibuang begitu saja. Padahal berat daging kelapa yang adalah sekitar 34 - 42% dari keseluruhan buah kelapa itu masih mengandung nutrisi yang berguna bagi ternak, khususnya hewan ruminansia besar. Daging buah kelapa mengandung 3,72% protein kasar, 35,52 – 37,11%, lemak, serat kasar 3,03 - 4,07% dan sekitar 6,3 - 7 KJg energi yang dapat di metabolis. Ampas kelapa juga merupakan limbah pada pembuatan makanan, yang berbahan dasar kelapa, ampas kelapa gampang sekali menjamur, sehingga untuk menghindari penjamuran (tengik) saat penyimpanan untuk jangka waktu lama, ampas kelapa dianjurkan untuk menurunkan kadar airnya terlebih dahulu, dengan cara dijemur di bawah sinar matahari (Runtunuwu dkk., 2010).

Potensi limbah ampas kelapa didukung dengan fakta, bahwa dunia masih mengakui bahwa Indonesia memiliki lahan perkebunan kelapa terluas di dunia, yang terdiri dari perkebunan rakyat seluas 3,7 juta ha; perkebunan milik pemerintah seluas 4.669 ha serta milik swasta seluas 66.189 ha. Selama 34 tahun, luas tanaman kelapa meningkat dari 1,66 juta hektar pada tahun 1969 menjadi 3,86 juta hektar pada tahun 2011 dan tersebar diseluruh Indonesia (BPS, 2014).

**Tabel 4. Sebaran luas perkebunan kelapa Indonesia**

Daerah	Sebaran Luas (%)	Sebaran Luas (ha)
<b>Sumatera</b>	32,43	1,25 Juta
<b>Jawa</b>	22,95	885 Ribu
<b>Sulawesi</b>	19,6	756 Ribu
<b>Bali</b>	2,93	113 Ribu
<b>NTB</b>	2,93	113 Ribu
<b>NTT</b>	2,93	113 Ribu
<b>Kalimantan</b>	7,27	280 Ribu
<b>Maluku</b>	9,76	376 Ribu
<b>Papua</b>	9,76	376 Ribu

(Sumber : Ditjen Perkebunan, 2011)

Tabel 4 menunjukkan perkebunan kelapa yang memiliki lahan paling luas adalah Sumatera sebesar 32,43 %, diikuti oleh Jawa sebesar 22,95 % dan luas perkebunan yang paling kecil adalah di Bali, NTB dan NTT sebesar 2,93 %. Oleh karena itu perkembangan perkelapaan Indonesia ini cukup memuaskan, terutama dengan dilaksanakannya program perluasan, peremajaan dan rehabilitasi tanaman, yang diharapkan akan membawa hasil yang lebih baik (Setyamidjaja, 1984).