

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Biogas

Biogas merupakan gas campuran terutama terdiri dari metana dan karbondioksida. Biogas diproduksi secara anaerob melalui tiga tahap yakni hidrolisis, asidogenesis, dan metanogenesis (Veziroglu, 1991). Dalam produksi biogas, semua jenis limbah organik dapat digunakan sebagai substrat seperti limbah dapur, kebun, kotoran sapi dan buangan domestik. Sumber biomassa atau limbah yang berbeda akan menghasilkan perbedaan kuantitas biogas (Werner dkk., 1989).

Biogas dapat terbakar apabila terdapat kadar metana minimal 57% (Hammad, 1996). Sedangkan menurut Hessami dkk., (1996) biogas dapat terbakar jika kandungan metana minimal 60%. Biogas dengan kandungan metana 65-70% memiliki nilai kalor sama dengan 5200-5900 Kkal/m³ energi panas setara 1,25 KWJ listrik (Veziroglu, 1991). Sedangkan untuk gas metana murni (100%) mempunyai nilai kalor 8900 Kkal/m³ (Nurtjahya, 2003).

Penggunaan biogas sebagai energi alternatif relatif lebih sedikit menghasilkan polusi, disamping berguna menyehatkan lingkungan karena mencegah penumpukan limbah sebagai sumber penyakit, bakteri, dan polusi udara. Keunggulan biogas adalah dapat menghasilkan lumpur kompos maupun pupuk cair (Abdullah, 1991). Sistem produksi biogas juga mempunyai beberapa keuntungan seperti (a) mengurangi pengaruh gas rumah kaca, (b) mengurangi polusi bau yang tidak sedap, (c) sebagai pupuk, dan (d) produksi daya serta panas (Koopmans, 1998).

Biogas bersifat bersih, tidak berasap hitam selain itu derajat panasnya lebih tinggi dari bahan bakar minyak tanah dan kayu bakar serta dapat disimpan untuk penggunaan yang akan datang (Darminto 1984). 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 (Simamora, 2006) seperti yang terlihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Komposisi Biogas

Komponen	%
Metana (CH ₄)	55-75
Karbon Dioksida (CO ₂)	25-45
Nitrogen (N ₂)	0-0,3
Hidrogen (H ₂)	1-5
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	0-3
Oksigen (O ₂)	0,1-0,5

Sumber : Sitepu, 2013

2.2 Potensi Limbah Cair Industri Tahu sebagai Biogas

Limbah industri tahu adalah limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu maupun pada saat pencucian kedelai. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan cair. Limbah padat belum dirasakan dampaknya terhadap lingkungan karena dapat dimanfaatkan untuk makanan ternak, tetapi limbah cair akan mengakibatkan bau busuk dan bila dibuang langsung ke sungai akan menyebabkan tercemarnya sungai. Untuk memproduksi 1 ton tahu atau tempe dihasilkan limbah sebanyak 3000 – 5000 Liter.

Di Palembang terdapat sekitar 80% dari usaha kecil menengah merupakan industri tahu dan baru 5%-10% yang memahami dan peduli tentang penanganan limbah,”kata Kepala Bapeldaa kota Palembang Abu bakar Di Palembang, Kamis (1/11) harian Sindo. Menurut Nuraida(1985), untuk setiap 1 kg bahan baku kedelai dibutuhkan rata-rata 45 liter air dan akan dihasilkan limbah cair berupa whey tahu rata-rata 43,5 liter.

Karakteristik dari limbah tahu yaitu mengandung bahan organik yang tinggi berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak yang tinggi (Nurhasan dan Pramudyanto, 1987) dan dapat segera terurai dalam lingkungan berair (EMDI-Bapedal, 1994) menjadi senyawa-senyawa organik turunan yang dapat mencemari lingkungan. Sumber limbah cair pabrik tahu berasal dari proses merendam kedelai serta proses akhir pemisahan jonjot-jonjot tahu, Limbah cair yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan hayati yang akan menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhnya kuman dimana kuman ini dapat berupa kuman penyakit

atau kuman lainnya yang merugikan baik pada tahu sendiri ataupun tubuh manusia. Bila dibiarkan dalam air limbah akan berubah warnanya menjadi coklat kehitaman dan berbau busuk, bau busuk ini akan mengakibatkan sakit pernapasan.

Menurut hasil penelitian Basuki (2008), limbah cair tahu mempunyai kandungan protein, lemak, dan karbohidrat atau senyawa-senyawa organik yang masih cukup tinggi. Jika senyawa-senyawa organik itu diuraikan baik secara aerob maupun anaerob akan menghasilkan gas metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), gas-gas lain, dan air. Gas metana merupakan bahan dasar pembuatan biogas. Biogas adalah gas pembusukan bahan organik oleh bakteri pada kondisi anaerob. Gas ini tidak berbau, tidak berwarna, dan sangat mudah terbakar. Biogas sebanyak 1000 ft^3 ($28,32 \text{ m}^3$) mempunyai nilai pembakaran yang sama dengan *gallon* (1 US *gallon* = 3,785 liter) butana atau 5,2 *gallon* gasolin (bensin) atau 4,6 *gallon* minyak diesel. Menurut Dewanto (2008) limbah cair tahu mempunyai kandungan metana lebih dari 50%, sehingga sangat memungkinkan sebagai bahan baku sumber energi biogas.

Tabel 2.2 Komposisi Limbah Cair Industri Tahu

Kandungan	Jumlah (%)
Protein	7,68
Lemak	4,8
Karbonhidrat	1,6
Kalsium	0,12
Air	85,8

Sumber: EMDI dan BAPEDAL 2004

Menurut Eckenfelder (1989), parameter yang digunakan untuk menunjukkan karakter air buangan industri adalah :

- a. *Parameter fisika*, seperti kekeruhan, suhu, zat padat, bau dan lain-lain
- b. *Parameter kimia*, dibedakan atas :
 - b.1 Kimia Organik : kandungan organik (BOD, COD, TOC), oksigen terlarut (DO), minyak/lemak, Nitroge-Total (N Total), dan lain-lain.
 - b.2 Kimia Anorganik : pH, Ca, Pb, Fe, Cu, Na, sulfur, H_2S , dan lain-lain.

Beberapa parameter kimia organik dari limbah cair tahu yang penting antara lain :

1. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimia adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (Wisnu, 2012). Jika kandungan senyawa organik dan anorganik cukup besar, maka oksigen terlarut di dalam air dapat mencapai nol sehingga tumbuhan air, ikan-ikan dan hewan air lainnya yang membutuhkan oksigen tidak memungkinkan hidup.

2. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

BOD merupakan parameter yang digunakan untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh aktivitas mikroba dalam menguraikan zat organik secara biologis di dalam limbah cair (MetCalf and Eddy, 2003). Limbah cair industri tahu mengandung bahan-bahan organik terlarut yang tinggi.

3. *Total Suspended Solid (TSS)*

TSS adalah jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada dalam limbah setelah mengalami pengeringan. Penentuan zat padat tersuspensi (TSS) berguna untuk mengetahui kekuatan pencemaran air limbah *domestic*, dan juga berguna untuk penentuan efisiensi unit pengolahan air (BAPPEDA, 2012).

4. *Nitrogen Total (N-Total)*

Yaitu fraksi bahan-bahan organik campuran senyawa kompleks antara lain asam-asam amino, gula amino, dan protein (polimer asam amino). Dalam analisis limbah cair N-Total terdiri dari campuran N-organik, N-amonia, nitrat dan nitrit (Sawyer dkk, 1994). Nitrogen organik dan nitrogen amonia dapat ditentukan secara atlantik menggunakan metode Kjeldahl, sehingga lebih lanjut konsentrasi keduanya dapat dinyatakan sebagai Total Kjeldahl Nitrogen (TKN). Senyawa-senyawa N-Total adalah senyawa-senyawa yang mudah terkonversi menjadi amonium (NH_4^+) melalui aksi mikroorganisme dalam lingkungan air atau tanah (MetCalf dan Eddy, 2003). Menurut Kuswardani (1985) limbah cair industri tahu mengandung N-Total sebesar 434,78 mg/L.

5. *Power of Hydrogen (pH)*

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Ia didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut. Air limbah industri tahu sifatnya cenderung asam (BPPT, 1997), pada keadaan asam ini akan terlepas zat-zat yang mudah menguap. Hal ini mengakibatkan limbah cair industri tahu mengeluarkan bau busuk.

Pada umumnya industri tahu masuk kedalam industri kecil yang diolah rakyat. Pada saat ini industri tahu merupakan industri rumahan yang tidak dilengkapi dengan unit pengolahan air limbah. Limbah cair hasil produksi tahu belum dimanfaatkan dan pada dasarnya langsung dibuang kepemukiman penduduk, limbah cair tahu yang banyak mengandung material organik dengan COD dan BOD yang tinggi dapat mencemari lingkungan dan limbah cair dari proses produksi tahu dibiarkan berserakan di lantai-lantai seperti Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Air limbah industri tahu yang berserakan dilantai

Limbah cair tahu masih mengandung padatan tahu yang ada di lantai-lantai tempat pekerja dibiarkan, limbah cair tahu yang mengandung banyak protein akan menghasilkan gas buang yang berupa amonia/nitrogen dan sulfur yang memiliki bau tidak sedap dan akan mengganggu kesehatan dari pekerja.

Limbah cair tahu akan mengalir sendirinya menuju got-got yang di buat di pabrik tersebut. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini :



Gambar 2.2 Air Limbah industri tahu yang mengalir ke got-got

Limbah cair yang mengalir menuju got-got yang dibuat di pabrik menyebabkan got-got tersebut menjadi kotor ,keruh, dan mengandung cukup banyak padatan, limbah cair tersebut terlihat berbuihdan mengeluarkan bau tidak sedap. Limbah cair yang mengandung padatan tersuspensi akan dialirkan menuju tempat pengumpul akhir dari limbah cair tahu. Seperti yang dapat dilihat dari Gambar 2.3 dibawah ini:



Gambar 2.3 Air limbah industri tahu yang menuju tempat pembuangan akhir

Pada tempat ini dilakukan sedimentasi dimana padatan yang tersuspensi dari limbah cair tahu dapat mengendap dan mengurangi tingkat polusi air dari limbah yang dihasilkan, pada proses ini limbah padat tahu akan terpisah dari limbah cair tahu. Limbah cair yang ada akan dimasukkan menuju bak penampung berikutnya yang telah dihubungkan dengan pipa untuk proses akhir pembuangan limbah cair tahu. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.4 dibawah ini :



Gambar 2.4 Air limbah industri tahu pada tempat pembuangan akhir

Limbah cair tahu yang terdapat pada tempat pembuangan akhir tersebut telah berkurang kandungan padatan yang tersuspensi dan akan dibuang dengan bantuan pipa menuju tempat yang lebih jauh dari tempat pembuatan tahu. seperti yang terlihat pada Gambar 2.5 dibawah ini :



Gambar 2.5 Air limbah industri tahu yang dibuang menggunakan pipa

Limbah cair tahu yang mengandung material organik dengan COD dan BOD yang tinggi dialirkan menuju tempat lain dengan menggunakan instalasi pipa menuju got-got yang lebih besar dan jauh dari lingkungan pabrik. Limbah cair tahu yang langsung dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan yang lebih lanjut dapat mencemari lingkungan. Sebelumnya kita ketahui bahwa limbah cair tahu banyak mengandung zat organik sehingga jika dibuang dapat mencemari lingkungan, sedangkan zat organik pada limbah cair tahu dapat dimanfaatkan menjadi biogas

2.3 Potensi Rumen Sapi sebagai Sumber Mikroba Aktif Pembuatan Biogas

Rumen adalah salah satu bagian lambung ternak ruminansia (memamah biak) seperti sapi, kerbau, kambing dan domba. Rumen berisi bahan pakan yang dimakan oleh ternak yang berupa rumput/hijauan lainnya dan pakan penguat (konsentrat). Di dalam rumen ternak ruminansia hidup berbagai mikroba seperti bakteri, protozoa, fungi dan yeast. Mikroba ini berfungsi sebagai fermentor di dalam rumen tersebut.

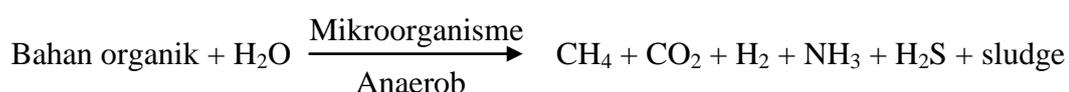
Isi rumen dapat dimanfaatkan sebagai starter apabila diproses terlebih dahulu mengingat kandungannya yang kaya akan nutrisi dan mikroorganisme. Starter isi rumen adalah starter yang terbuat dari isi rumen ternak ruminansia. Starter isi rumen dapat dimanfaatkan untuk biakkan bakteri/mikroba di dalamnya sebagai starter pembuatan kompos/pupuk organik, pembuatan biogas memanfaatkan bakteri metanogen dan fermentasi limbah hasil pertanian seperti jerami.

Di dalam rumen ternak ruminansia (sapi, kerbau, kambing dan domba) terdapat populasi mikroba yang cukup banyak jumlahnya. Cairan rumen mengandung bakteri dan protozoa. Konsentrasi bakteri sekitar 10^9 per cc isi rumen, sedangkan protozoa bervariasi sekitar 10^5 - 10^6 per cc isi rumen (Tillman, 1991). Isi rumen diperoleh dari rumah potong hewan. Isi rumen kaya akan nutrisi, limbah ini sebenarnya sangat potensial bila dimanfaatkan sebagai pakan ternak.

Komposisi rumen sapi menurut widodo (2002), isi rumen sapi mengandung protein kasar 8,42%, isi sel 29,4%, hemiselulosa 33,5%, selulosa 22,45%, lignin 5,43%, silikat 9,42%. Sedangkan nutrien dalam rumen meliputi protein 8,86%, lemak 2,60%, serat kasar 28,78%, kalsium 0,53%, fosfor 0,55%, BETN 41,24%, abu 18,54%, dan air 10,92% yang baik untuk pembuatan biogas. Biogas merupakan campuran dari berbagai gas antara lain: CH₄ (54-70%), CO₂(27-45%), O₂(1-4%), N₂(0,5-3%), CO(1%) dan H₂S. Jika rasio C/N terlalu tinggi, maka nitrogen akan terkonsumsi sangat cepat oleh bakteri-bakteri metanogen untuk memenuhi kebutuhan protein dan tidak akan lagi bereaksi dengan sisa karbonnya. Sebagai hasilnya produksi gas akan rendah. Di lain pihak, jika rasio C/N sangat rendah, nitrogen akan dibebaskan dan terkumpul dalam bentuk NH₄OH.

2.4 Proses Pembentukan Biogas

Menurut Fauziah (1998) proses pembentukan biogas dilakukan secara anaerob. Bakteri merombak bahan organik menjadi biogas dan pupuk organik. Proses pelapukan bahan organik ini dilakukan oleh mikroorganisme dalam proses fermentasi anaerob (Polpresert, 1980). Reaksi pembentukan biogas dapat dilihat pada Gambar 2.6:



Gambar 2.6. Reaksi Pembentukan Biogas

Proses pembentukan biogas ini memerlukan instalasi khusus yang disebut digester agar perombakan secara anaerobic dapat berlangsung dengan baik. Barnett dkk. (1978) menyatakan bahwa terdapat tiga keuntungan dari instalansi penghasil biogas, yaitu: (1) penggunaan bahan bakar lebih efisien, (2) menambah nilai pupuk, dan (3) menyehatkan lingkungan. selain itu, teknologi biogas memiliki beberapa keuntungan, antara lain: (1) sebagai sumber energi yang aman, (2) stabilisasi limbah, (3) meningkatkan unsur hara, dan (4) menginaktifkan bakteri patogen (Polprasert, 1980).

Keberhasilan proses pencernaan dalam digester sangat ditentukan oleh desain dan pengaturan digester pengoperasian digester yaitu :

1. Pengadukan

Proses pengadukan akan sangat menguntungkan karena apabila tidak diaduk solid akan mengendap pada dasar tangki dan akan terbentuk busa pada permukaan yang akan menyulitkan keluarnya gas. Masalah tersebut terjadi lebih besar pada proses yang menggunakan bahan baku limbah sayuran dibandingkan yang menggunakan kotoran ternak . Pada sistem kontinyu masalah ini lebih kecil karena pada saat bahan baku dimasukkan akan memecahkan busa pada permukaan seolah-olah terjadi pengadukan. Pada digester yang berlokasi di Eropa dimana pemanasan diperlukan jika proses dilakukan pada musim dingin, sirkulasi udara juga merupakan proses pengadukan (Haryati, 2006).

2. Kontrol temperatur

Pada daerah panas, penggunaan atap akan membantu agar temperatur berada pada kondisi yang ideal, tetapi pada daerah dingin akan menyebabkan masalah. Langkah yang umumnya diambil yaitu dengan melapisi tangki dengan tumpukan jerami atau serutan kayu dengan ketebalan 50 sampai 100 cm, lalu dilapisi dengan bungkus tahan air, jika masih kurang maka digunakan koil. Temperatur digester yang tinggi akan lebih rentan terhadap kerusakan karena fluktuasi, untuk itu diperlukan pemeliharaan yang seksama (Haryati, 2006).

3. Koleksi gas

Untuk mengkoleksi biogas yang dihasilkan dipergunakan drum yang dipasang terbalik, drum harus dapat bergerak sehingga dapat disesuaikan dengan volume gas yang diperlukan. Biogas akan mengalir melalui lubang kecil di atas drum. Digunakan valve searah untuk mencegah masuknya udara luar ke dalam tangki digester yang akan merusak aktivitas bakteri dan memungkinkan terjadinya ledakan di dalam drum. Pada instalasi yang besar diperlukan kontrol pengukuran berat dan tekanan yang baik (Haryati, 2006).

4. Posisi digester

Digester biogas yang dibangun di atas permukaan tanah harus terbuat dari baja untuk menahan tekanan, sedangkan yang dibangun di bawah tanah umumnya

lebih sederhana dan murah. Akan tetapi dari segi pemeliharaan, digester di atas permukaan akan lebih mudah dan digester dapat ditutup lapisan hitam yang berfungsi untuk menangkap panas matahari (Haryati, 2006).

5. Waktu retensi

Faktor lain yang perlu diperhatikan yaitu waktu retensi, faktor ini sangat dipengaruhi oleh temperatur, pengenceran, laju pengadukan bahan dan lain sebagainya. Pada temperatur yang tinggi laju fermentasi berlangsung dengan cepat, dan menurunkan waktu proses yang diperlukan. Pada kondisi normal fermentasi kotoran berlangsung antara dua sampai empat minggu (Haryati, 2006).

Proses perombakan bahan organik secara anaerob yang terjadi di dalam digester, terdiri atas empat tahapan proses yaitu hidrolisis, fermentasi (asidogenesis), asetogenesis dan metanogenesis:

A. Hidrolisis

Hidrolisis merupakan langkah awal untuk hampir semua proses penguraian dimana bahan organik akan dipecah menjadi bentuk yang lebih sederhana sehingga dapat diurai oleh bakteri pada proses fermentasi (Deublein dkk. 2008). Dalam proses hidrolisis, molekul-molekul kompleks seperti karbohidrat, lemak, dan protein dihidrolisis menjadi gula, asam lemak dan asam amino oleh enzim ekstraselular dari bakteri fermentatif (Ahmad dkk., 2011). Pada tahap hidrolisis, bahan organik padat maupun yang mudah larut berupa molekul besar dihancurkan menjadi molekul kecil agar molekul-molekul tersebut larut dalam air. Bakteri yang berperan dalam tahap hidrolisis ini adalah sekelompok bakteri anaerobik, adapun jenis bakteri pada hidrolisis dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut:

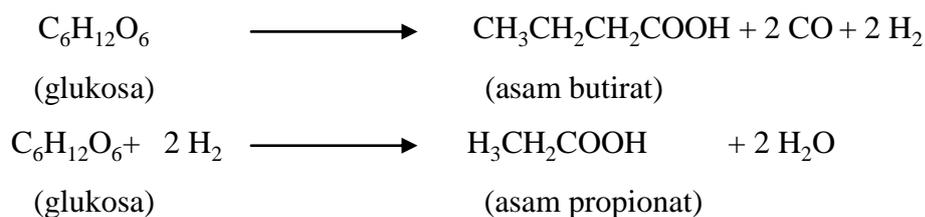
Tabel 2.3. Klasifikasi Bakteri Hidrolisis Berdasarkan Substrat Yang Diolah

Bakteri	Substrat yang dihidrolisis
<i>Acetivibrio</i>	Karbohidrat /polisakarida
<i>Peptostreptococcus</i> , dan <i>Bifidbacterium</i>	Protein
<i>Clostridium</i>	Lemak

Tahap pertama ini sangat penting karena molekul organik besar yang terlalu besar untuk langsung diserap dan digunakan oleh mikroorganisme sebagai sumber substrat atau makanan (Schnurer dkk. 2009), untuk menghasilkan waktu pencernaan yang lebih pendek dan memberikan hasil metana yang lebih tinggi (Verma, 2002).

B. Asidogenesis

Pada tahap ini produk yang telah dihidrolisa dikonversikan menjadi asam lemak volatil (VFA), alkohol, aldehid, keton, amonia, karbondioksida, air dan hidrogen oleh bakteri pembentuk asam. Asam organik yang terbentuk adalah asam asetat, asam propionat, asam butirat dan asam valeric. Asam lemak volatile dengan rantai lebih dari empat-karbon tidak dapat digunakan langsung oleh metanogen (Lang, 2007). Reaksi asidogenesis dapat di lihat pada Gambar 2.7 di bawah ini:



Gambar 2.7. Reaksi Asidogenesis

Sumber: Lee, 2011

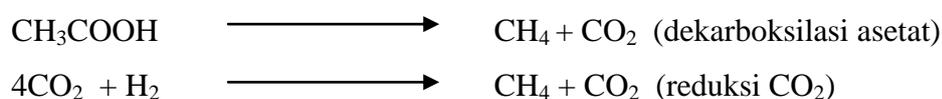
Asidifikasi sangat dipengaruhi oleh suhu sesuai dengan hukum *Arrhenius*, namun suhu termofilik yang mengakibatkan kematian sel dan biaya energi yang lebih tinggi dapat mengakibatkan suhu sub-optimal yang lebih baik (Broughton, 2009)

C. Asetogenesis

Produk yang terbentuk selama asetogenesis disebabkan oleh sejumlah mikroba yang berbeda, misalnya, *Syntrophobacter wolinii* dekomposer propionat dan *Wolfei syntrophomonos* dekomposer butirat dan pembentuk asam lainnya adalah *Clostridium spp*, *Peptococcus anerobus*, *Lactobacillus*, dan *Actinomyces* (Verman,2002). Asam lemak volatil dengan empat atau lebih rantai karbon tidak dapat digunakan secara langsung oleh metanogen. Asam-asam organik ini dioksidasi terlebih dahulu menjadi asam asetat dan hidrogen oleh bakteri

perubahan suhu atau masuknya besar oksigen dapat mengakibatkan penghentian produksi metana (Dueblein dkk, 2008).

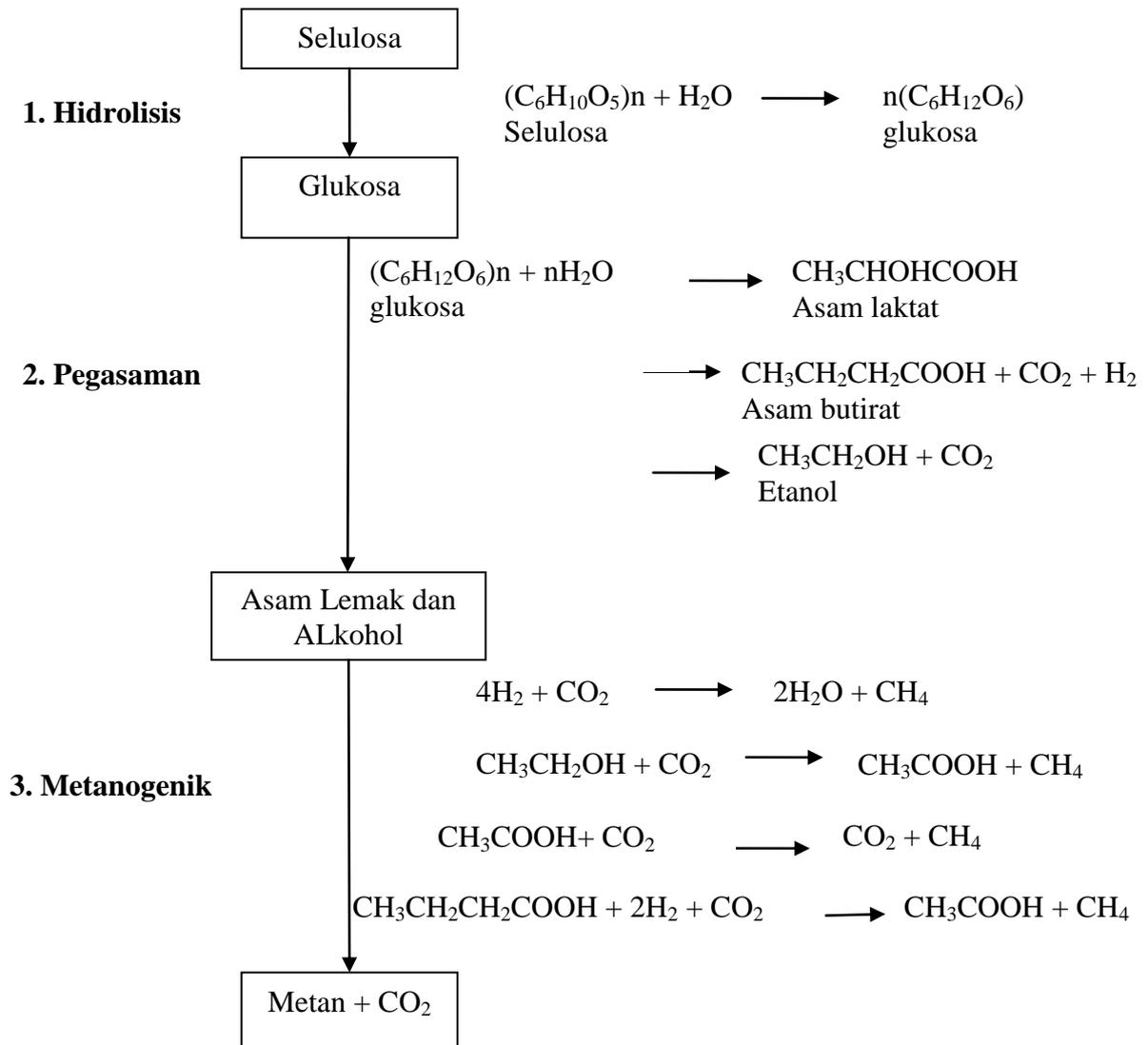
Pada akhirnya gas metana diproduksi dengan dua cara. Pertama adalah mengkonversikan asetat menjadi karbon dioksida dan metana oleh organisme asetropik dan cara lainnya adalah dengan mereduksi karbon dioksida dengan hidrogen oleh organisme hidrogenotropik. Berikut ini adalah reaksi utama (reaksi metanogenesis) yang terlibat dalam konversi substrat menjadi metana dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Reaksi Pembentukan Metana (CH₄)

Substrat metanogen termasuk asetat, metanol, hidrogen, karbon dioksida, format, metanol, karbon monoksida, methylamines, metil merkaptan, dan logam berkurang. Dalam kebanyakan ekosistem non-gastrointestinal 70% atau lebih dari metana yang terbentuk berasal dari asetat, tergantung dari jenis organik (Broughton, 2009) dan 30% oleh mengkonsumsi hidrogen (Lu, 2006). Hanya ada dua kelompok yang dikenal metanogen yang memecah asetat: *Methanosaeta* dan *Methanosarcina*, sementara ada banyak kelompok yang berbeda dari metanogen yang menggunakan gas hidrogen, termasuk *Methanobacterium*, *Methanococcus*, *Methanogenium* dan *Methanobrevibacter*. *Methanosaeta* dan *Methanosarcina* memiliki tingkat pertumbuhan yang berbeda dan juga berbeda mengenai kemampuan mereka untuk memanfaatkan asetat. *Methanosarcina* tumbuh lebih cepat, tetapi menemukan kesulitan untuk menggunakan asetat pada konsentrasi rendah, dibanding *Methanosaeta*. Namun, kehadiran organisme ini dipengaruhi tidak hanya oleh konsentrasi asetat, tetapi juga oleh faktor-faktor seperti beban frekuensi dan pencampuran. Karena produsen metana umumnya tumbuh sangat lambat, hal ini sering tahap membatasi laju dari proses biogas (Schnurer, 2009).

Biogas terbentuk dari perombakan bahan organik kompleks, Bahan ini akan mengalami perombakan secara anaerob melalui empat tahap dimulai dari hidrolisi hingga metanogenesis. Tahapan-tahapan pembentukan biogas secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Skema Proses Perombakan Secara Anaerob (Grady dkk.,1999)

2.5 Digester Pembuatan Biogas

Digester merupakan wadah atau tempat berlangsungnya proses fermentasi limbah organik dengan bantuan mikroorganisme hingga menghasilkan biogas. Digester merupakan sebuah reaktor yang dirancang sedemikian rupa sehingga kondisi didalamnya menjadi anaerobik, sehingga bisa memungkinkan proses dekomposisi anaerobik bisa terjadi. Limbah harus ditampung dalam digester selama proses dekomposisi berlangsung atau dengan kata lain sampai limbah tersebut menghasilkan biogas.

Ditinjau dari cara operasionalnya, digester dibagi menjadi dua tipe, yaitu :

1. Tipe *Batch Digestion*

Pada tipe ini bahan baku dimasukkan ke dalam digester, kemudian dibiarkan bereaksi selama 6 - 8 minggu. Biogas yang dihasilkan ditampung dan disimpan dalam penampung gas. Setelah itu digester dikosongkan dan dibersihkan sehingga siap untuk dipakai lagi. Kelebihan tipe ini adalah kualitas hasilnya bisa lebih stabil karena tidak ada gangguan selama reaksi berjalan. Namun untuk skala industri, tipe ini tidak efektif dan mahal karena membutuhkan minimal dua buah digester yang dipakai bergantian agar dapat memproduksi biogas secara kontinyu (Jati,2014).

2. Tipe *Continuous Digestion*

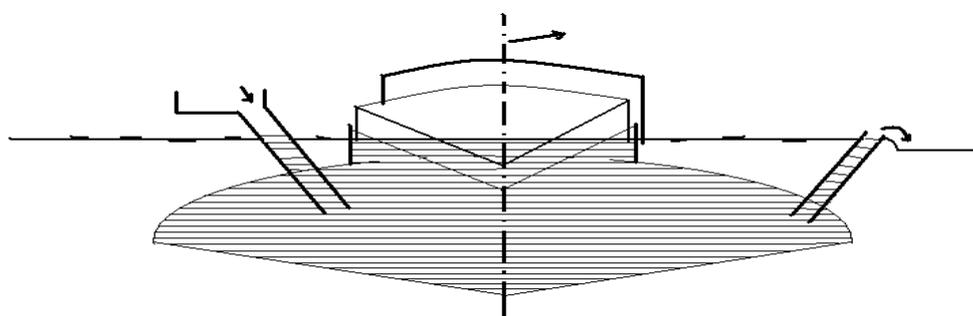
Pada tipe ini proses pemasukan bahan baku dan pengeluaran *slurry* sisa proses dilakukan secara berkala. Jumlah material yang masuk dan keluar harus diatur secara seimbang sehingga jumlah material yang ada di dalam digester selalu tetap. Kekurangan dari tipe ini adalah membutuhkan pengoperasian dan pengawasan yang lebih ketat agar reaksi selalu berjalan dengan baik. Namun untuk skala industri, tipe ini lebih mudah untuk dimaksimalkan hasilnya dan lebih murah karena hanya membutuhkan satu buah digester untuk menghasilkan biogas secara kontinyu (Jati,2014).

Ditinjau dari bentuknya ada beberapa tipe digester, yaitu:

1. Tipe *fixed dome* (Kubah Tetap)

Reaktor ini terdiri dari digester yang memiliki penampung gas dibagian atas digester. Ketika gas mulai timbul, gas tersebut menekan lumpur sisa

fermentasi (*slurry*) ke bak *slurry*. Jika pasokan *feed* terus menerus, gas yang timbul akan terus menekan *slurry* hingga meluap keluar dari bak *slurry*. Gas yang timbul digunakan/dikeluarkan lewat pipa gas yang diberi katup/kran. Digester jenis ini mempunyai volume tetap, gas yang akan terbentuk akan segera dialirkan ke pengumpul gas diluar reactor, indikator produksi gas dapat dilakukan dengan memasang indikator tekanan. Skema digester jenis kubah dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Digester Tipe *Fixed Dome* (Kubah Tetap)

Sumber : <http://andrew.getux.com/2008>

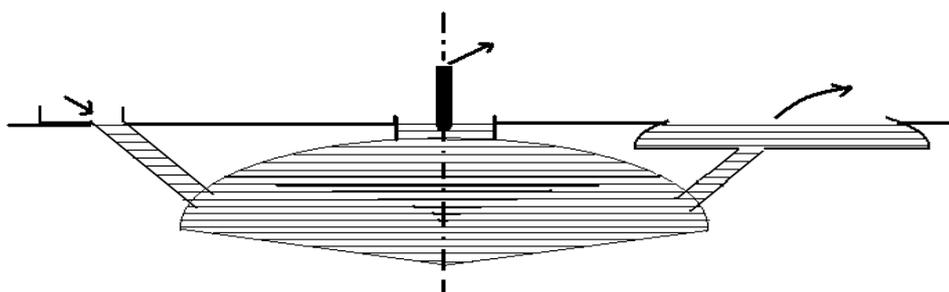
Digester jenis kubah tetap mempunyai kelebihan dan kekurangan seperti pada Tabel 2.4 sebagai berikut :

Tabel 2.4 Kelebihan dan Kekurangan Digester Jenis Kubah Tetap

Kelebihan	Kekurangan
1. Konstruksi sederhana dan dapat dikerjakan dengan mudah	1. Bagian dalam digester tidak terlihat sehingga kebocoran sulit diketahui
2. Biaya konstruksi rendah	2. Rawan terjadi kertakan di bagian penampung gas
3. Tidak ada bagian yang bergerak	3. Tekanan gas sangat tinggi
4. Dapat dipilih dari material tahan karat	4. Temperature digester rendah
5. Umurnya panjang	
6. Dapat dibuat dalam tanah sehingga menghemat tempat	

2. Tipe *floating dome* (Kubah Apung)

Reaktor ini terdiri dari satu digester dan penampung gas yang bisa bergerak. Penampung gas ini akan bergerak ke atas ketika gas bertambah dan turun lagi ketika gas berkurang, seiring dengan penggunaan dan produksi gasnya. Bagian yang bergerak juga berfungsi sebagai pengumpul biogas (Darminto, 1984). Skema digester jenis *floating dome* dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Digester Tipe *Floating Dome* (Kubah Apung)

Sumber : <http://andrew.getux.com/2008>

Digester jenis kubah apung mempunyai kelebihan dan kekurangan seperti pada Tabel 2.5 sebagai berikut :

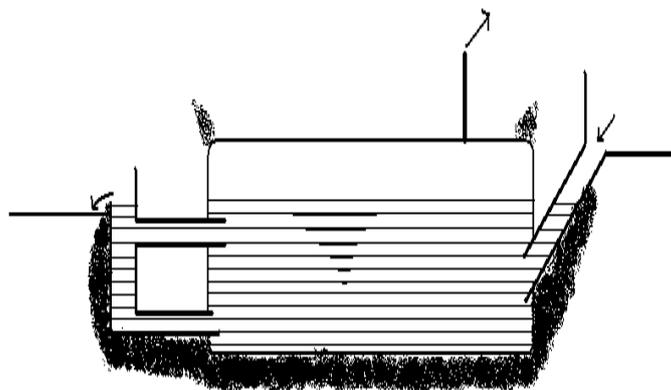
Tabel 2.5 Kelebihan dan Kekurangan Digester Jenis Kubah Apung

Kelebihan	Kekurangan
1. Tekanan gas konstan karena penampung gas yang bergerak mengikuti jumlah gas	1. Bagian dalam digester tidak terlihat sehingga kebocoran sulit diketahui
2. Jumlah gas bisa dengan mudah diketahui dengan melihat naik turunnya drum	2. Digester rawan korosi sehingga waktu pakai menjadi pendek
	3. Membutuhkan teknik khusus untuk membuat tampung gas bergerak seiring naik atau turunnya produksi biogas

3. Tipe *baloon plant* (balon)

Reaktor balon merupakan jenis reaktor yang banyak digunakan pada skala rumah tangga yang menggunakan bahan plastic sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. Konstruksi dari digester ini sederhana, terbuat dari plastik yang pada ujung-ujungnya dipasang pipa masuk untuk kotoran ternak dan pipa keluar peluapan *slurry*, Sedangkan pada bagian atas dipasang pipa keluar gas.

Reaktor ini terdiri dari suatu bagian yang berfungsi sebagai digester dan penyimpanan gas masing-masing bercampur dalam suatu ruangan tanpa sekat, material organik terletak dibagian bawah karena memiliki berat yang lebih besar dibandingkan gas yang akan mengisi pada rongga atas. Skema digester jenis *baloon plant* dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Reaktor *baloon plant* (Balon)

Sumber : shodikin, 2011

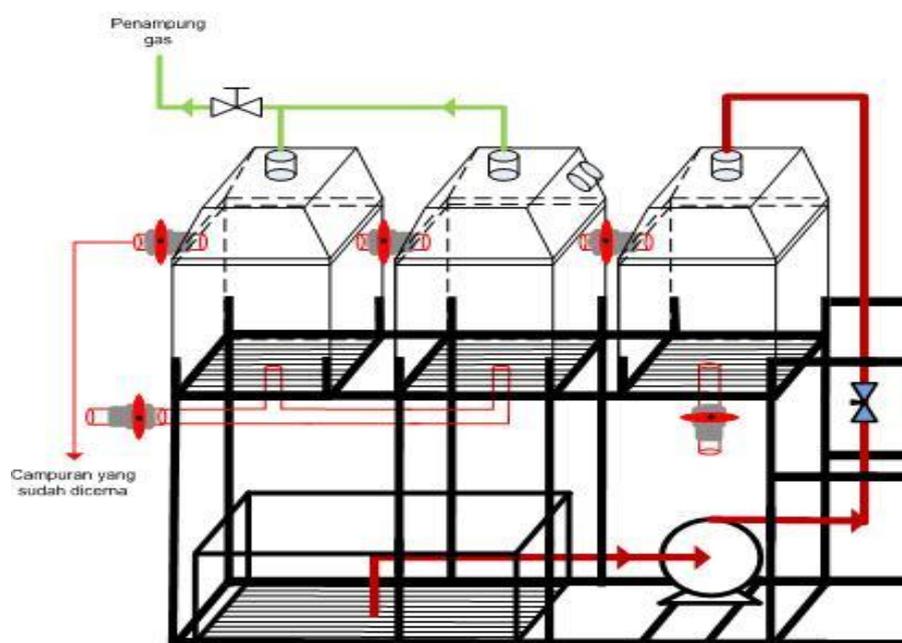
Digester jenis balon mempunyai kelebihan dan kekurangan seperti pada tabel 2.6 sebagai berikut :

Tabel 2.6 Kelebihan dan Kekurangan Digester Jenis balon

Kelebihan	Kekurangan
1. Biaya pembuatan murah	1. Waktu pakai relatif singkat
2. Mudah dibersihkan	2. Mudah mengalami kerusakan
3. Mudah dipindahkan	

4. Tipe Balok

Reaktor berbentuk balok yang biasa digunakan dalam skala laboratorium dan praktikum dapat digunakan dengan cara pengerjaan yang sederhana. Konstruksi reaktor tipe ini cukup sederhana dengan aliran umpan dan tempat fermentasi yang terpisah sehingga dibutuhkan pompa untuk mengalirkannya seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.14 dibawah ini:



Gambar 2.14 Reaktor Tipe Balok

Reaktor ini bekerja dengan sistem batch dimana aliran umpan didiamkan didalam reaktor sampai menghasilkan gas.

Digester jenis balok mempunyai kelebihan dan kekurangan seperti pada tabel 2.7 sebagai berikut :

Tabel 2.7 Kelebihan dan Kekurangan Digester Jenis balok

Kelebihan	Kekurangan
1. Konstruksi alat yang sederhana	1. Sulit dalam hal pembuangan
2. Proses pembentukan gas lebih stabil dan banyak	2. Laju sedimentasi yang lambat

Proses yang terjadi pada reaktor tipe balok ini dimulai dari tangki umpan akan menuju tangki I, dan setelah tangki I terisi penuh maka akan langsung di alirkan ke tangki II dengan membuka *valve* yang ada di tengah –tengah tangki I dan tangki II, kemudian ke tangki III. Bagian top pada tangki II dilengkapi dengan penutup yang disertai dengan leher angsa untuk menampung gas metan yang terbentuk, dan bagian sampingnya dilengkapi dengan kertas saring untuk menyaring air yang terbentuk untuk selanjutnya ditampung. Sedangkan untuk produk *bottom* berupa lumpur akan dikeluarkan setelah beberapa waktu.