

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Untuk rujukan penelitian ada beberapa jurnal, skripsi dan buku guna mendukung penulisan tugas akhir ini diantaranya:

Menurut Herlambang (2002) dalam bukunya yang berjudul Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dan Tempe. Dia menjelaskan karakteristik fisika limbah tahu meliputi padatan total, padatan tersuspensi, suhu, warna, dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas. Suhu limbah tahu berkisar 37 - 45 °c, kekeruhan 535 – 585 FTU, warna 2 225 – 2 250 Pt.Co, Amonia 23,3 – 23,5 mg/l, BOD₅ 6 000 – 8 000 mg/l dan COD 7 500 -14 000 mg/l. Pada umumnya konsentrasi ion hidrogen buangan industri tahu ini cenderung bersifat asam. Komponen terbesar dari limbah cair tahu yaitu protein (N-total) sebesar 226,06 sampai 434,78 mg/l.

Masuknya limbah cair tahu ke lingkungan akan meningkatkan total nitrogen. Hal itulah yang mengakibatkan pencemaran lingkungan yang di akibatkan limbah tahu. Berupa gangguan terhadap kehidupan biotik. Turunya kualitas air perairan akibat meningkatnya kandungan bahan organik. Jika konsentrasi beban organik terlalu tinggi, maka akan tercipta kondisi anaerobik yang menghasilkan produk dekomposisi berupa amonia, karbondioksida, asam asetat, hirogen sulfida, dan metana. Senyawa – senyawa tersebut sangat toksik bagi sebagian besar hewan air, dan akan menimbulkan gangguan terhadap keindahan (gangguan estetika) yang berupa rasa tidak nyaman dan menimbulkan bau.

Menurut Elly Yuniarti (2008) dalam Tesisnya yang berjudul Pengolahan Air Limbah Tahu Mnggunakan Reaktor Anaerob Bersekat Dan Aerob menjelaskan jumlah air limbah tahu yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu kira – kira 15 – 20 liter/kg bahan baku kedelai, sedangkan beban pencemarannya kira – kira sebesar 30 kg *Total Suspended Solids* (TSS) / kg bahan baku kedelai, *Biological Oxygen Demand* (BOD) 65 gram/kg bahan baku kedelai dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) 130 gram bahan baku kedelai.

Menurut Mahmud Hasan dalam penelitiannya (2008) yang berjudul Biogas: Potensi dari Limbah Cair Tahu menjelaskan, limbah tahu tergolong limbah yang mengandung bahan organik yang tinggi dan pada umumnya biodegradable atau mudah diurai oleh mikroba. Kondisi tersebut akan sangat menguntungkan untuk diolah dengan proses biologis, yaitu memanfaatkan kehidupan mikroba untuk menguraikan zat-zat organik. Pengolahan limbah cair organik secara anaerobik mampu menghasilkan biogas yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi yang ramah lingkungan.

Gas – gas yang bisa ditemukan dalam limbah tahu adalah gas nitrogen (N_2), Oksigen (O_2), hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3), karbondioksida (CO_2) dan metana (CH_4). Gas – gas tersebut berasal dari dekomposisi bahan – bahan organik yang terdapat di dalam air buangan limbah tahu (Hrlambang 2002). Gas tersebut merupakan gas yang dibutuhkan untuk menghasilkan biogas.

Pengolahan limbah cair secara biologi dengan menggunakan mikroorganisme dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Pengolahan limbah secara anaerob. Limbah cair mengalami proses penguraian dengan bantuan mikroorganisme anaerob, mikroorganisme yang dapat hidup tanpa memerlukan oksigen bebas.
2. Pengolahan limbah secara aerob. Limbah cair mengalami proses penguraian dengan bantuan mikroorganisme aerob, mikroorganisme yang memerlukan oksigen bebas untuk hidup.

Menurut Sadzali dalam jurnalnya yang berjudul Potensi Limbah Tahu Sebagai Biogas menjelaskan, Mikroorganisme seperti bakteri dapat berkembang biak dengan baik menghasilkan biogas. Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari proses pembusukan bahan organik oleh bakteri pada kondisi anaerob. Biogas merupakan campuran dari berbagai macam gas, diantaranya: CH_4 (54 – 70%), CO_2 (27 – 45%), CO (1%) dan sisanya H_2S . Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana (CH_4). Semakin tinggi kandungan metana, maka semakin besar energi biogas begitu juga sebaliknya. Melalui pengolahan limbah cair tahu dengan kapasitas 283,8 m^3 /hari dapat diperoleh biogas dengan 442,6

m³/hari. Nilai tersebut dihitung dari tiap kg kedelai yang menghasilkan 9,46 liter limbah dan tiap kg kedelai menghasilkan 15 liter biogas. (Sadzali: 2010)

Menurut Febri Kaswinarni (2007) dalam tesisnya yang berjudul Kajian teknis pengolahan limbah padat dan cair industri cair. Ada dua tipe alat pembangkit biogas atau biasa disebut digester yaitu:

Tipe terapung (Floating Type). Tipe terapung ini banyak dikembangkan di India yang terdiri atas sumur pencerna dan di atasnya ditaruh drum terapung dari besi terbalik yang berfungsi untuk menampung biogas yang dihasilkan digester. Sumur dibuat dengan menggunakan bahan – bahan yang biasa digunakan untuk membuat fondasi rumah, seperti batu bata, semen, dan pasir. Dikarenakan banyak digunakan di India maka digester ini sering disebut juga dengan tipe India.

Tipe Kubah (Fixed Dome Digester). Tipe ini merupakan tipe yang banyak di terapkan di Indonesia. Tipe kubah adalah berupa digester yang dibangun di dalam tanah dengan cara menggali tanah kemudian dibuat dengan bata, pasir, dan semen yang berbentuk seperti rongga yang kedap udara dan berstruktur menyerupai kubah. (bulatan setengah bola). Tipe ini dikembangkan di China sehingga disebut juga tipe kubah atau tipe China.

Menurut Didit Waskito (2011) dalam tesisnya yang berjudul analisa pembangkit listrik tenaga biogas dengan pemanfaatan kotoran sapi dikawasan usaha peternak sapi. Dia menjelaskan biogas sebagai salah satu renewable energy yang dapat dijadikan bahan bakar alternatif yang berasal dari fosil seperti minyak tanah. Biogas juga sebagai salah satu jenis bioenergy yang didefinisikan sebagai gas yang dilepaskan jika bahan – bahan organik seperti kotoran ternak, kotoran manusia, jerami, sekam dan daun – daun hasil sortiran sayur difermentasikan atau mengalami proses metanisasi.

Menurut Poppy Rakmandani (2017) dalam penelitian tugas akhirnya yang berjudul Pembangkit Listrik Tenaga Biogas menyatakan memodifikasi genset dengan mengubah pengaturan campuran udara dan bahan bakar pada kaburator. Untuk mengurangi zat pengotor berupa H₂S, CO₂, dan H₂O maka dilakukan proses pemurnian biogas menggunakan teknik zeofilter. Spesifikasi generator set kapasitas 1200 Watt dengan konsumsi bahan bakar 1,5 liter/jam. Terjadi proses

penurunan daya maksimal yang mampu dikeluarkan sebesar 180 Watt di lokasi percobaan pertama dan 720 Watt di lokasi kedua. Perbandingan konsumsi bahan bakar bensin pada beban 180 Watt sejumlah 0,499 liter/jam sedangkan bahan bakar biogas sebesar 0,136 m³/jam.

Di penelitian tugas akhir ini akan di bahas tentang pemanfaatan limbah tahu sebagai pembangkit listrik tenaga biogas. Melalui rujukan beberapa jurnal diatas maka dapat diketahui pemanfaatan limbah tahu dan cara pengolahan limbah tahu agar tidak menimbulkan pencemaran di lingkungan sekitar di desa Sorogaten. Ternyata begitu besar potensi energi biogas yang di hasilkan dari pengolahan limbah tahu dengan teknik biologis. Tingginya kadar metana yang mencapai 70% bahkan bisa lebih dalam biogas sangat cocok untuk dijadikan pembangkit listrik tenaga biogas sebagai energi alternatif dan terbarukan yang ramah terhadap lingkungan. Mengurangi ketergantungan energi listrik dari PLN.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Limbah Tahu

Limbah tahu adalah limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu maupaun pada saat pencucian kedelai. Limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu ada dua macam, yaitu limbah cair dan limbah padat.

1. Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan dalam proses pencucian kedelai adalah berupa biji kedelai yang jelek, ceceran biji, dan batu – batu kerikil yang tercampur dalam biji kedelai. Sedangkan limbah padat yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu adalah berupa ampas tahu berwarna putih pekat. Limbah padat yang dihasilkan proses pembuatan tahu ini belum dirasakan dampaknya dalam pencemaran lingkungan karena masih bisa digunakan seperti pakan ternak sapi, kambing, kerbau, kuda, dan ikan. Bisa juga untuk diolah menjadi produk makanan seperti oncom.

2. Limbah Cair

Limbah cair pada proses produksi tahu berasal dari proses perendaman, pencucian kedelai, pencucian peralatan proses produksi tahu, penyaringan dan pengepresan atau pencetakan tahu. Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut dengan air dadih. Cairan ini mengandung kadar protein yang tinggi dan dapat segera terurai. Limbah ini sering dibuang langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga menimbulkan bau busuk dan mencemari lingkungan. (kaswinarni, 2007).

2.2.2 Karakteristik limbah cair tahu

Karakteristik limbah tahu ada dua, yaitu karakteristik kimia dan fisika. Karakteristik fisika meliputi padatan total, suhu, warna dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas. Suhu air limbah tahu berkisar antara 37 – 45 °C, kekeruhan 535 – 585 FTU (*formazin turbidity unit*) standar yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur kondisi air baku, warna 2 225 – 2 250 Pt.Co (*platinum coblat*).Pt.Co merupakan metode pengukuran warna limbah dengan standard *platinum coblat*, Amonia 23,3 – 23,5 mg/l, BOD 6000 – 8000 mg/l dan COD 7 500 – 14 000 mg/l. BOD (Biological Oxygen Demand) adalah kebutuhan oksigen biologis untuk memecah bahan buangan di dalam air oleh mikroorganisme. COD (Chemical Oxygen Demand) adalah kebutuhan oksigen kimia untuk reaksi oksidasi terhadap bahan buangan di dalam air. Tes ini biasanya digunakan untuk mengukur secara tidak langsung jumlah senyawa organik di air. Suhu buangan industri tahu berasal dari proses pemasakan kedelai, yaitu 40 °C – 46 °C. Suhu yang meningkat di lingkungan perairan akan mempengaruhi kehidupan biologis, keluaran oksigen dan gas lain, kerapatan air, viskositas, dan tegangan permukaan. Bahan – bahan organik yang terkandung di dalam buangan industri tahu pada umumnya sangat tinggi. Senyawa – senyawa organik di dalam air buangan dapat berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Diantara senyawa – senyawa tersebut, protein dan lemak adalah jumlah yang paling besar. Protein mencapai 40 – 60 %, karbohidrat 25 – 50 % dan lemak 10%. Air buangan industri tahu

kualitasnya bergantung dari proses yang digunakan. Apabila air prosesnya baik, maka kandungan bahan organik pada air buangnya biasanya rendah. Komponen terbesar dari limbah cair tahu yaitu protein (N-total) sebesar 226,06- 434, 78 mg/l, sehingga masuknya limbah cair tahu ke lingkungan perairan akan meningkatkan total nitrogen di perairan tersebut. (Herlambang, 2002).

Gas – gas yang bisa ditemukan dalam limbah tahu adalah gas nitrogen (N_2), oksigen (O_2) hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3), karbondioksida (CO_2) dan metana (CH_4). Gas tersebut berasal dari dekomposisi bahan – bahan organik yang terdapat di dalam air buangan limbah tahu.

2.2.3 Dampak Limbah Cair Tahu

Dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran bahan organik limbah industri tahu adalah gangguan terhadap kehidupan biotik, turunya kualitas air perairan akibat meningkatnya kandungan bahan organik. Aktivitas organisme dapat memecah molekul organik yang kompleks menjadi molekul organik yang sederhana. Bahan organik seperti ion fosfat dan nitrat dapat dipakai sebagai makanan oleh tumbuhan yang melakukan fotosintesis. Selama proses metabolisme oksigen banyak dikonsumsi, sehingga apabila bahan organik di dalam air sedikit, oksigen yang hilang dari air akan segera diganti oleh oksigen hasil proses fotosintesis dan oleh aerasi udara. Sebaliknya jika konsentrasi beban organik terlalu tinggi, maka akan tercipta kondisi anaerobik yang menghasilkan produk dekomposisi berupa amonia, karbondioksida, asam asetat, hidrogen sulfida, dan metana. Senyawa tersebut sangat toksik bagi sebagian besar hewan air, dan akan menimbulkan gangguan terhadap keindahan (gangguan estetika) yang berupa rasa tidak nyaman dan menimbulkan bau (herlambang, 2002)

Limbah cair yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan hayati yang akan menimbulkan gangguan terhadap kesehatan karena menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhnya kuman penyakit atau kuman lainnya yang merugikan baik pada produk tahu sendiri maupun tubuh manusia. Bila dibiarkan air limbah akan berubah warnanya menjadi coklat kehitaman dan berbau busuk. Bau

busuk ini mengakibatkan sakit pernapasan. Apabila air limbah ini merembes ke dalam tanah yang dekat sumur maka air sumur itu tidak dapat dimanfaatkan lagi. Apabila air limbah ini dialirkan ke sungai maka akan mencemari sungai dan bila masih digunakan akan menimbulkan gangguan kesehatan yang berupa penyakit gatal, diare, kolera, radang usus dan penyakit lainnya, khususnya yang berkaitan dengan air yang kotor dan sanitasi lingkungan yang tidak baik (Kaswinarni, 2007).

2.2.4 Pengolahan Limbah Cair Tahu

1. Pengolahan Limbah Cair Anaerobik

Proses anaerobik pada hakikatnya adalah proses yang terjadi karena aktivitas mikroba yang dilakukan pada saat tidak terdapat oksigen bebas. Proses anaerobik dapat digunakan untuk mengolah berbagai jenis limbah yang bersifat biodegradable, termasuk limbah industri makanan salah satunya limbah tahu (Kaswinarni, 2007).

Proses biologi anaerob merupakan sistem pengolahan air limbah tahu yang banyak yang digunakan. Pertimbangan yang digunakan adalah mudah, murah dan hasilnya bagus. Proses biologi anaerobik merupakan salah satu sistem pengolahan air limbah dengan memanfaatkan mikroorganisme yang berkerja pada kondisi anaerob. Kumpulan mikroorganisme, umumnya bakteri, terlibat dalam transformasi senyawa kompleks organik menjadi metana. Selebihnya terdapat interaksi sinergis antara bermacam – macam kelompok bakteri yang berperan dalam penguraian limbah (Kaswinarni, 2007).

Kelompok bakteri metanogen yang bertanggungjawab untuk proses hidrolisis dan fermentasi terdiri dari bakteri anaerob fakultatif dan obligat. Mikroorganisme yang disolasi dari digester anaerobik adalah *Clostridium spp*, *Peptococcus anaerobus*, *Bifidobacterium spp*, *Desulphovibrio spp*, *Corynebactrium spp*, *Lactobacillus*, *Actonomyces*, *Staphylococcus*, and *Eschericia coli*. Ada tiga tahapan dasar yang termasuk dalam keseluruhan proses pengolahan limbah cair secara oksidasi anaerobik, yaitu: hidrolisis, fermentasi, (juga dikenal dengan sebutan asidogenesis), dan metanogenesis (Metcalf and Eddy, 2003).

2. Pengolahan Limbah Cair Sistem Aerobik

Pada pengolahan air limbah tahu proses biologi aerobik merupakan proses lanjutan untuk mendegradasi kandungan senyawa organik air limbah yang masih tersisa setelah proses aerobik. Sistem penanganan aerobik digunakan sebagai pencegah timbulnya masalah bau selama penanganan limbah, agar memenuhi persyaratan effluent dan untuk stabilisasi limbah sebelum dialirkan ke badan penerima (Kaswinarni, 2007).

Proses pengolahan limbah aerobik berarti proses dimana terdapat oksigen terlarut. Oksidasi bahan – bahan organik menggunakan molekul oksigen sebagai aseptor elektron akhir adalah proses utama yang menghasilkan energi kimia untuk mikroorganisme dalam proses ini. Mikroba yang menggunakan oksigen sebagai aseptor elektron akhir adalah mikroorganisme aerobik. Pengolahan limbah dengan sistem aerobik yang banyak dipakai antara lain dengan sistem lumpur aktif, piring biologi berputar (*Rotating Biological Contractor = RBC*) dan selokan oksidasi (*Oxidation Ditch*) (Kaswinarni, 2007).

3. Pengolahan Limbah Cair Sistem Kombinasi Anaerobik – Aerobik

Proses pengolahan sistem ini dibagi menjadi dua tahapan yakni proses penguraian anaerobik dan proses pengolahan lanjut dengan sistem biofilter anaerobik – aerobik.

Penguraian anaerobik. Limbah tahu yang telah di kumpulkan melalui saluran limbah, kemudian dialirkan ke bak kontrol untuk memisahkan buangan padat. Selanjutnya limbah cair di alirkan ke bak pengurai anaerobik. Bahan bahan oraganik yang ada didalam limbah akan di uraikan oleh mikroorganisme secara anaerobik di dalam bak pengurai anaerobik, yang menghasilkan gas hidrogren sulfida dan metana yang dapat digunakan untuk bahan bakar. Efisiensi penurunan nilai COD dalam limbah dapat mencapai 80 – 90% dalam proses tahap pertama ini. Selanjutnya hasil air olahan tahap awal ini diolah menggunakan biofilter dengan proses pengolahan lanjut denagn sistem kombinasi anaerobik – aerobik (Herlambang, 2002).

Proses pengolahan lanjut. Proses ini menggunakan sistem biofilter anaerobik – aerobik dalam pengolahan limbah cair. Ada beberapa bagian dalam

proses biofilter ini yakni, bak pengendapan awal, biofilter anaerobik, biofilter aerobik, bak pengendapan akhir, serta bak klorinasi bila di perlukan. Limbah hasil pengolahan tahap pertama secara anaerobik dialirkan ke bak pengendapan awal, untuk mengendapkan partikel pasir, lumpur dan kotoran lainnya. Bak pengendapan juga berfungsi sebagai bak pengontrol aliran, bak pengurai senyawa organik yang berupa padatan, dan pengurai lumpur (Herlambang, 2002).

Setelah dari bak pengendapan awal lalu dialirkan ke bak anaerobik dengan arah aliran dari atas ke bawah dan dari bawah ke atas. Di dalam bak anaerobik diisi dengan media dari kerikil atau bahan plastik dan pecahan batu. Bakteri anaerobik yang nantinya berperan dalam penguraian zat- zat organik yang ada pada limbah. Pada bagian permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme, setelah selang beberapa hari. Mikroorganisme inilah yang nantinya berperan dalam menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendapan awal. Air limbah yang dari bak anaerobik selanjutnya dialirkan ke bak aerobik. Didalam bak ini dapat diisi dengan berbagai media dari bahan krikil atau batu apung atau palstik atau bahan serat sesuai dengan kebutuhan. Suapaya mikroorganisme menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media maka perlu diaerasi atau dihembus dengan udara. Dengan demikian limbah akan kontak dengan mikroorganisme yang tersuspensi dalam air maupun yang menempel pada permukaan media (Herlambang, 2002).

Melalui proses tersebut atau yang disebut proses aerasi (contact aeration) tingkat efisiensi penguraian zat organik dan dertejen dapat ditingkatkan serta mempercepat dalam proses nitrifikasi, sehingga efisiensi penghilanga amonia menjadi lebih besar. Selanjutnya dari bak aerasi, limbah dialirkan ke bak pengendap akhir. Di dalam bak ini kembalikan ke bagian awal bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur. Sedangkan air dari proses tersebut dialirkan ke bak klorinasi (Herlambang, 2002).

Air limbah selanjutnya di reaksi dengan klorinasi untuk membunuh mikroorganisme patogen di dalam bak klorinasi ini. Air hasil olahan pada bak klorinasi dapat langsung dibuang ke sungai atau saluran umum. Melalui kombinasi proses anaerobik – aerobik tersebut dapat menurunkan kandungan BOD, COD,

amonias, deterjen maupun padatan tersuspensi (MPT) fosfat dan lainnya. Dengan proses pengolahan lanjut tersebut, nilai COD dalam air olahan yang dihasilkan akan relatif rendah (Herlambang, 2002).

2.2.5 Pengertian Biogas

Biogas adalah merupakan gas yang mudah terbakar (flammable) dan mudah didapatkan yang diperoleh dari proses fermentasi bahan – bahan organik oleh bakteri anaerob, yaitu bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara di dalam sebuah tabung digester. Secara alami gas ini didapatkan pada limbah tahu, limbah pembuangan air, tumpukan sampah, dasar danau atau rawa, kotoran manusia, kotoran ternak, dan limbah pertanian. Tetapi Bahan – bahan organik yang bisa menghasilkan biogas hanya bahan organik yang homogen seperti kotoran dan urine (air kencing) manusia atau hewan ternak yang cocok untuk sistem biogas sederhana (Al Hasibi, 2013).

Bahan – bahan organik dimasukkan kedalam ruangan tertutup kedap udara yang biasa disebut digester. Bahan organik tersebut akan mengalami pembusukan oleh bakteri anaeroba yang kemudian menghasilkan biogas. Biogas yang telah terkumpul di dalam bak digester selanjutnya dialirkan menuju tabung penyimpanan biogas atau langsung ke lokasi pembuangannya melalui pipa – pipa gas yang telah dipasang. Prinsip dari pembuatan biogas adalah adanya dekomposisi bahan organik secara anaerobik (tertutup dari udara bebas) untuk mendapatkan gas yang sebagian besar kandungannya berupa gas metan (gas yang mudah terbakar) dan karbon dioksida, gas inilah yang disebut dengan biogas.

Biogas adalah bahan bakar yang tidak menghasilkan asap yang merupakan suatu pengganti yang bagus untuk menggantikan bahan bakar dari minyak atau gas alam. Gas yang dihasilkan dari proses pencernaan anaerobik ini, merupakan gas campuran metan (CH_4), karbon dioksida (CO_2), dan sejumlah kecil nitrogen, amonia, sulfur, dioksida, hidrogen sulfida dan hidrogen. Jenis bahan organik yang diproses sangat mempengaruhi produktivitas kandungan gas – gas tersebut disamping parameter- parameter lain seperti temperatur digester, nilai pH, tekanan, dan kelembapan udara (Haryati, 2006.)

Biogas adalah campuran dari berbagai macam gas yang dihasilkan dari bakteri metanogenetik yang terjadi pada bahan – bahan yang dapat terurai secara alami dalam kondisi anaerobik. Pada umumnya biogas terdiri dari atas gas metana (CH_4) 50 – 70%, gas karbon dioksida (CO_2) 30 – 40%, hidrogen (H_2) 5 - 10%, dan gas – gas penyusun lainnya yang jumlah kandungannya yang sangat sedikit seperti N_2 , O_2 , H_2 , dan H_2S (2%). Kandungan gas tergantung pada bahan bahan yang digunakan dalam pembentukan biogas yang dimasukan dalam biodigester. Gas nitrogen dan oksigen bukan merupakan gas hasil dari digester, gas ini mengindikasikan adanya kelemahan dari sistem pemrosesan sehingga udara dapat masuk kedalam bak digester. Gas hidrogen merupakan hasil dari proses tahapan pembentukan asam. Pembentukan hidrogen sulfida oleh bakteri sulfat disebabkan oleh konsentrasi ikatan sulfur (Al Hasibi, 2013).

Biogas kurang lebih memiliki massa 20% lebih ringan dibandingkan udara. Biogas memiliki suhu pembakaran antara 650 – 750⁰C. Sifat dari biogas tidak berbau dan tidak berwarna. Biogas apabila dibakar akan menghasilkan nyala api berwarna biru cerah seperti gas LPG pada umumnya. Nilai kalor gas metana yang dihasilkan adalah 20 MJ/m³ dengan tingkat efisiensi pembakaran 60% pada konvensional kompor biogas. Gas metana (CH_4) yang terkandung dalam biogas termasuk gas yang menimbulkan efek rumah kaca yang menimbulkan fenomena pemanasan global. Hal ini dikarenakan gas metana mempunyai dampak 21 kali lebih tinggi dibandingkan dengan gas karbondioksida (CO_2). Dengan pengurangan gas metana secara lokal dapat berdampak positif dalam upaya menanggulangi masalah global, terutama efek rumah kaca yang akan berdampak pada perubahan iklim secara global (sri wahyuni, mp. 2010).

Biogas yang dihasilkan dari proses diatas dapat dimanfaatkan bahan bakar karena mengandung gas metan (CH_4) yang cukup tinggi. Komponen penyusun biogas dapat dilihat dalam tabel dibawah ini :

Tabel 2.1 Komponen penyusun biogas

Jenis Gas	Kandungan (%)
Metan (CH ₄)	50 – 70
Karbondioksida (CO ₂)	30 – 40
Hidrogen	5 – 10
Air (H ₂ O)	0,3
Nitrogen (N ₂)	1 – 2
Hidrogen sulfida (H ₂ S)	Sedikit sekali

Sumber : Bajracharya dkk, 1985

Seperti terlihat pada tabel 2.1 komposisi penyusun biogas untuk metana antara 50 – 70 % dan karbondioksida 30 – 40%. Biogas juga mengandung gas lain diantaranya karbon monoksida, hidrogen, nitrogen, hidrogen sulfida, oksigen, kandungan suatu gas tergantung dari bahan apa saja yang masuk ke dalam biodigester. Kandungan oksigen dan nitrogen bukan merupakan hasil dari digester, ini mengindikasikan bahwa ada kelemahan dalam proses pengolahan limbah sehingga udara dapat masuk kedalam digester. Hidrogen merupakan hasil dari tahap pembentukan asam. Pada pembentukan hidrogen sulfida oleh bakteri sulfat disebabkan adanya konsentrasi ikatan sulfur.

Tabel 2.2 biogas dibandingkan dengan bahan bakar lain

Keterangan	Bahan bakar lain
1 m ³ biogas	LPG 0,46 kg
	Minyak tanah 0,62 liter
	Solar 0,52 liter
	Bensin 0,80 liter
	Kayu bakar 3,50 kg

Sumber: Sri wahyuni, 2010

2.2.6 Proses Pembentukan Biogas

Pengolahan limbah cair tahu secara anaerobik mengakibatkan terjadinya proses transformasi makromolekul bahan organik menjadi molekul – molekul yang lebih sederhana. Menurut Lettinga (1994), terdapat empat tahap dalam proses transformasi bahan – bahan organik pada sistem anaerobik, yaitu :

1. Hidrolis

Pada tahap ini mikroba hidrolitik mendegradasi senyawa organik kompleks yang berwujud polimer menjadi monomernya yang berupa senyawa tidak terlarut dengan berat molekul yang lebih ringan. Pada proses ini lipida berubah menjadi asam lemak rantai panjang dan gliserin, polisakarida menjadi gula (mono dan disakarida), asam nukleat menjadi purin dan pirimidi, dan protein menjadi asam amino. Pada proses hidrolisis ini memerlukan mediasi *exo-enzyme* yang dieksresi oleh bakteri fermentatif. Proses hidrolisis molekul kompleks dikatalisasi oleh *enzyme* ekstraseluler seperti protease, selulase, dan lipase.

2. Asidogenesis

Monomer hasil proses hidrolisis dikonversikan menjadi senyawa organik sederhana seperti alkohol, asam lemak volatil, asam laktat, senyawa mineral seperti hidrogen, amoniak, karbondioksida, dan gas hidrogen sulfida. Dalam proses ini dilakukan oleh berbagai kelompok bakteri yang berperan, mayoritasnya adalah bakteri obligat anaerob dan sebagian yang lain bakteri anaerob fakultatif.

3. Asetogenesis

Dari hasil proses asidogenesis dikonversi menjadi hasil akhir bagi produksi metana berupa asetat, karbondioksida, dan hidrogen. Kurang lebih sekitar 70% dari COD semula diubah menjadi asam asetat. Dalam pembentukan asam asetat terkadang disertai dengan pembentukan hidrogen dan karbondioksida, tergantung kondisi oksidasi dari bahan organik aslinya.

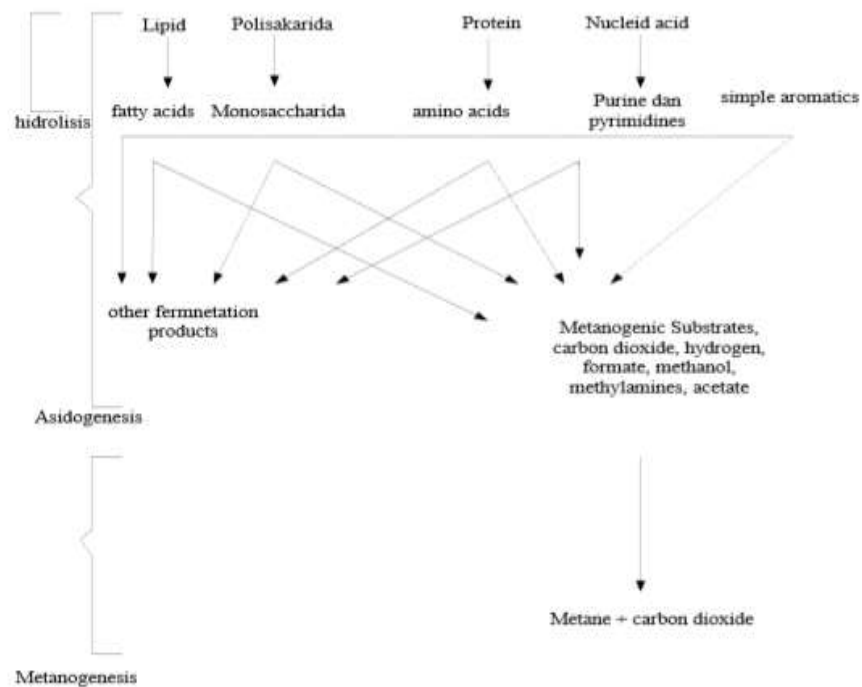
Dengan bakteri asetogenik zat etanol, asam propionat dan asam butirat dirubah menjadi asam asetat dengan reaksi sebagai berikut (Said, 2006) :

- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}_2$ (pers. 1)
 Etanol Asam Asetat
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2$ (pers. 2)
 Asam propionat Asam asetat
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}_2$ (pers. 3)
 Asam Butirat Asam Asetat

4. Metanogenesis

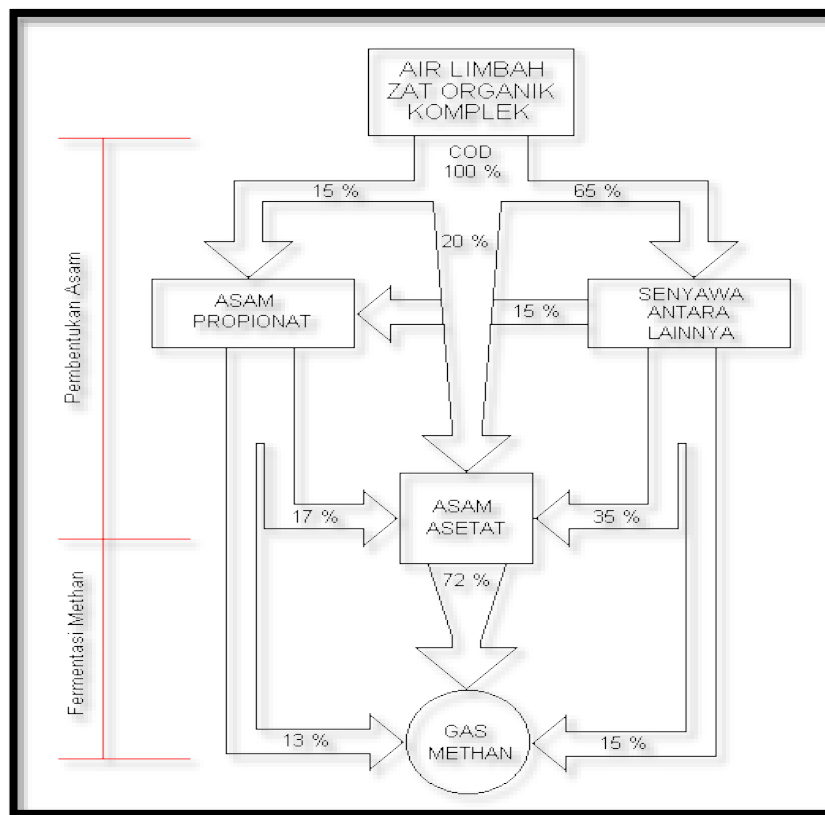
Pada proses metanogenesis, menghasilkan metana dan karbondioksida. Metana dihasilkan dari reaksi asetat atau dari reduksi karbondioksida oleh bakteri asetotropik dan hidrogenotropik dengan menggunakan hidrogen. Tiga tahap proses pengolahan limbah diatas disebut dengan fermentasi asam sedangkan tahap keempat disebut fermentasi metanogenetik (Lettinga, et al, 1994). Pada tahap asetogenesis terkadang ditulis sebagai bagian dari tahap asidogenesis.

Tahapan proses transformasi bahan organik disajikan pada sekema berikut ini:



Gambar 2.1 Tahapan transformasi bahan organik secara anaerobik

Dari berbagai studi tentang digesti anaerobik pada berbagai ekosistem menunjukkan bahwa kurang lebih 70% metana yang terbentuk diperoleh dari asetat (pers. 1). Jadi asetat adalah intermedirt kunci pada seluruh proses fermentasi pada berbagai ekosistem tersebut (Man et al. 1997). Hanya sektar 33% bahan organik yang dapat dikonversi menjadi metana melalui tahap hidrogenotropik dari reduksi CO₂ menggunakan H₂ (pers.2) (Marchaim 1992). Proses konversi bahan organik menjadi metan dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.2 Neraca massa penguraian bahan organik menjadi metana (Said dkk, 2006)

Rekasi kimia proses pembentukan metan dari asam asetat dan reduksi CO₂ dapat dilihat dari persamaan reaksi berikut

- Asetotropik metanogenesis :
 $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$ (pers. 1)
- Hidrogenotropik metanogenesis :
 $4\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (pers. 2)

2.2.7 Manfaat Energi Biogas

Biogas banyak manfaatnya untuk keberlangsungan kehidupan manusia. Biogas dimanfaatkan sama seperti penggunaan gas lainnya yang mudah terbakar dengan mencampurnya dengan oksigen (O_2). Supaya mendapatkan hasil pembakaran yang maksimal perlu dilakukan proses permurnian atau penyaringan dikarenakan biogas masih mengandung beberapa gas lain yang tidak menguntungkan. Biogas atau gas metana dapat digunakan berbagai keperluan manusia seperti halnya gas alam. Tujuan utama dari pembuatan biogas adalah untuk menanggulangi pencemaran lingkungan dan mengisi kekeurangan sumber energi di daerah pedesaan untuk bahan bakar keperluan rumah tangga seperti memasak dan lampu penerang. Selain itu juga bisa digunakan untuk menggerakkan generator untuk menghasilkan energi listrik dan menggerakkan motor bakar.

Biogas mengandung berbagai komposisi zat penyusun, baik yang bisa terbakar dan yang tidak bisa terbakar. Kandungan zat yang tidak bisa terbakar merupakan sebuah kendala yang dapat mengurangi mutu dan kualitas pembakaran gas tersebut. zat yang dapat terbakar dalam biogas adalah metana, H_2 , dan CO , sedangkan zat yang tidak dapat terbakar adalah karbondioksida dan nitrogen.

Seperti pada tabel 2.5 meskipun kandungan kalornya cukup relatif rendah dibandingkan dengan gas alam, butana, propana, tetapi masih cukup tinggi nilai kalor yang dihasilkannya. Sumber bahannya memiliki rantai karbon yang lebih pendek bila dibandingkan dengan minyak tanah sehingga gas CO yang dihasilkan relatif lebih sedikit. Nilai kalor adalah jumlah panas yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna dari bahan bakar. Diukur dalam satuan energi per jumlah material, misalnya joule/cm^3 .

Tabel 2.3 Perbandingan nilai kalor biogas

Nama gas	Nilai kalor
Gas batubara	16.7 – 18.5 joule/cm ³
Gas bio	20 – 26 joule/cm ³
Gas metana	33.2 – 39.6 joule/cm ³
Gas alam	38.9 – 81.4 joule/cm ³
Gas propane	81.4 – 96.2 joule/cm ³
Gas butane	107.3 – 125.8 joule/cm ³

(meynell, 1976)

Kandungan kalor biogas tergantung pada komposisi metana dan karbondioksida serta kandungan air di dalam gas. Gas yang mengandung banyak kandungan air akibat dari temperatur pada saat proses, kandungan air pada bahan dapat menguap dan bercampur dengan metana. Biogas dengan kandungan kisaran normal antara 60 – 70% metana dan 30 – 40% karbondioksida, nilai kalorinya antara 20 – 26 J/cm³.

2.2.8 Faktor Pengaruh Proses Anaerobik Pembentukan Biogas

Menurut monnet, 2003 pada penelitiannya menunjukkan bahwa ada beberapa faktor yang memengaruhi proses pembentukan biogas secara anaerobik, yaitu:

a. Suhu

Pada proses anaerobik dapat terjadi dibawah dua kisaran suhu, yaitu kondisi mesopilik antara 20 – 45⁰C, pada umumnya di 35⁰C dan kondisi termopilik antara 50 - 65⁰C, pada umumnya 55⁰C. Suhu yang optimal dari proses anaerobik kisaranya bervariasi tergantung pada komposisi nutrient di dalam bak digester. Tetapi kebanyakan pada proses anaerobik seharusnya dilakukan pemeliharaan secara konstan untuk mendukung tingkat produksi gas. Digester termopilik lebih efisien dalam hal tingkat kapasitas, waktu tinggal, dan jumlah produksi gas, akan tetapi dilain hal membutuhkan input panas lebih tinggi dan mempunyai sensitivitas yang tinggi membuat proses lebih problematik daripada digester mesopilik.

b. Waktu dan Tinggal

Waktu tinggal adalah lama proses atau waktu yang dibutuhkan untuk proses degradasi bahan – bahan organik yang sempurna. Waktu tinggal sangat bervariasi dengan memproses parameter – parameter, misalnya memproses suhu dan komposisi limbah. Waktu tinggal untuk limbah yang dibutuhkan dalam bak digester mesophilic dalam kisaran 15 – 30 hari dan kisaran 12 – 14 hari untuk digester termophilic.

c. Nilai pH

Nilai pH yang optimal dalam proses asidogenesis dan metanogenesis berbeda – beda. Selama proses asidogenesis dibentuk laktat, asetat, dan asam propionat dengan demikian nilai pH turun. pH yang rendah dapat menghambat proses asidogenesis dan nilai pH dibawah 6,4 dapat bersifat racun untuk bakteri pembentuk metan. Nilai pH optimal untuk proses metanogenesis adalah antara 6,6 – 7. Kisaran pH optimal untuk semua yaitu antara 6,4 – 7,2.

d. Rasio Karbon dan Nitrogen (C:N). Hubungan antara jumlah karbon dan nitrogen yang ada dalam materi organik digambarkan oleh rasio C: N. Rasio optimal C : n dalam proses anaerobik antara 20 : 30. Nilai rasio C : N yang tinggi mengindikasikan adanya konsumsi nitrogen yang cepat oleh bakteri metanogen dan menghasilkan produksi gas yang rendah. Selain itu dengan rasio C : N yang rendah menyebabkan akumulasi ammonia dan nilai pH yang melebihi 8,5 dan hal ini bersifat racun bagi bakteri metanogen.

e. Mixing

Mixing di dalam bak digester meningkatkan kontak antara mikroorganisme dengan substrat dan meningkatkan kemampuan populasi bakteri untuk memperoleh nutrisi. Mixing juga dapat membangun gradien suhu di dalam bak digester. Mixing yang terlalu berlebihan dapat merusak mikroorganisme dan oleh sebab itu mixing dengan cara lembut lebih disukai.

2.2.9 Konversi Energi Biogas untuk Ketenagalistrikan

Cara konversi energi biogas untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dapat dilakukan dengan beberapa cara, misalnya menggunakan gas turbine, microturbines dan Otto Cycle Engine. Penentuan pemilihan teknologi sangat dipengaruhi oleh potensi biogas yang ada seperti konsentrasi kandungan gas metan maupun tekanan biogas, kebutuhan beban konsumen dan ketersediaan dana.

Biogas dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dan sebagai sumber energi alternatif penggerak generator pembangkit tenaga listrik serta menghasilkan energi panas. Pembakaran biogas satu kaki kubik ($0,028 \text{ m}^3$) mampu menghasilkan energi panas sebesar 2,25 kcal yang setara dengan 6 kWh/m^3 energi listrik atau 0,61 liter bensin, 0,58 liter minyak tanah, 0,055 liter disel, 0,45 liter gas LPG, 1,50 Kg kayu bakar, dan 0,79 bioethanol.

Tabel 2.4 konversi gas metan menjadi energi listrik

Jenis Energi	Setara Energi
1 Kg Gas Metan	$6,13 \times 10^7 \text{ J}$
1 kWh	$3,6 \times 10^6 \text{ J}$
1 m^3 Gas Metan Massa Jenis Gas Metan $0,656 \text{ Kg/m}^3$	$4,0213 \times 10^7 \text{ J}$
1 m^3 Gas metan	11,17 kWh

Sumber : Renewable Energy Conversion, Transmission and Storage, Bent Sorensen (Juni 2007)

Berdasarkan tabel diatas dapat diasumsikan 1 Kg gas metan setara dengan $6,13 \times 10^7 \text{ J}$, sedangkan 1 kWh setara dengan $3,6 \times 10^6 \text{ J}$. Serta untuk massa jenis gas metan sebesar $0,656 \text{ kg/m}^3$ sehingga 1 m^3 gas metan menghasilkan energi listrik sebesar 11,17 kWh.

2.2.10 Digester Biogas

Digester merupakan komponen utama dalam proses produksi biogas. Digester adalah tempat dimana bahan organik diurai oleh bakteri secara anaerob (tanpa udara) menjadi gas CH_4 dan CO_2 . Digester dirancang sedemikian rupa supaya proses fermentasi anaerob dapat berjalan dengan baik. Pada umumnya

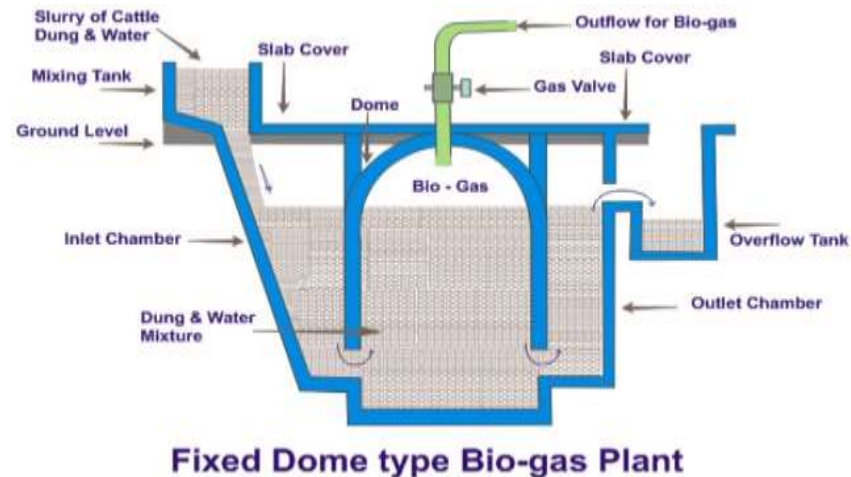
proses produksi biogas terbentuk pada 4 – 5 hari setelah digester diisi. Produksi biogas akan menjadi banyak pada 20 – 25 hari.

1. Jenis – jenis Digester Biogas

Terdapat beberapa jenis digster biogas yang dapat dilihat berdasarkan konstruksi, jenis aliran, dan posisinya terhadap permukaan tanah. Pemilihan jenis digester dapat didasarkan pada tujuan pembuatan digester tersebut. Hal yang terpenting adalah apapun jenis digester yang dipilih, tujuannya mengolah limbah dan menghasilkan biogas yang mempunyai kandungan CH₄ tinggi. Dari segi kontruksi, digester dibedakan menjadi.

a. *Fixed Dome* (kubah tetap)

Digester model ini mempunyai volume tetap. Seiring dengan dihasilkannya biogas, terjadi peningkatan tekanan didalam digester. Karena itu, dalam kontruksinya digester model kubah tetap, gas yang terbentuk akan segera dialirkan ke pengumpul gas di luar reaktor. Untuk mengetahui indikator gas yang dihasilkan dapat dilakukan dengan memasang indikator tekanan. Skema digester model kubah tetap dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.3 Digester Tipe *Fixed Dome*

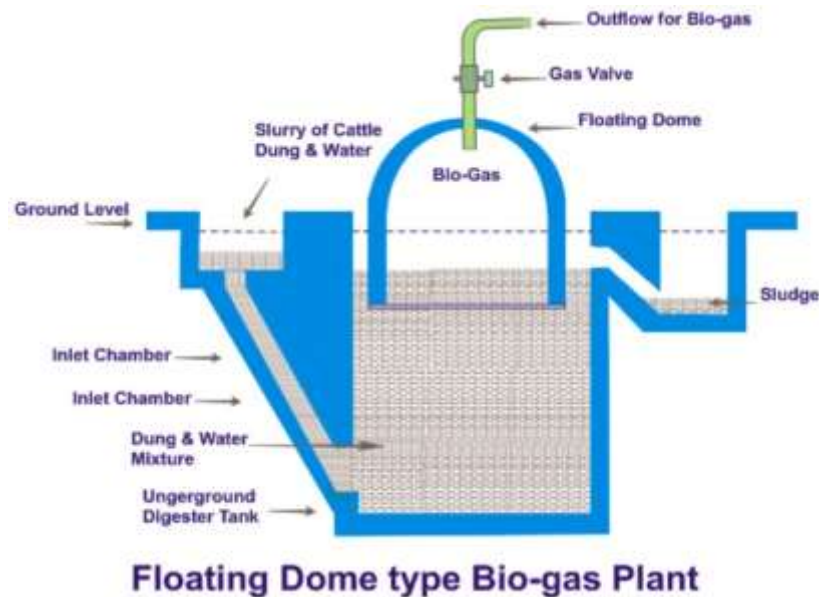
Tabel 2.5 kekurangan dan kelebihan digester tipe kubah tetap

Kelebihan	Kekuranagn
<ul style="list-style-type: none"> • Konstruksi sederhana dan dikerjakan dengan mudah • Biaya konstruksi rendah • Tidak terdapat bagian yang bergerak • Dapat dipilih dari material yang tahan karat • Umurnya panjang • Dapat dibuat di dalam tanah sehingga menghemat tempat 	<ul style="list-style-type: none"> • Bagian dalam digester tidak terlihat (khususnya yang dibuat di dalam tanah) sehingga kebocoran sulit terdeteksi. • Tekanan gas berfluktuasi dan bahkan fluktuasinya sangat tinggi. • Temperatur digester rendah

Sumber : Didit Waskito (2011)

b. Floating Dome (Kubah Apung)

Pada digester model ini terdapat bagian yang reaktor dapat bergerak seiring dengan kenaikan tekanan reaktor. Pergerakan pada bagian kubah dapat dijadikan indikator bahwa produksi biogas sudah mulai atau sudah terjadi. Bagian yang bergaerak juga berfungsi sebagai pengumpul biogas yang dihasilkan. Dengan adanya model digester ini, kelemahan tekanan gas yang berfluktuasi pada reaktor biodigester jenis kubah tetap dapat diatasi sehingga tekanan gas menjadi konstan. Kelemahan dari model ini adalah membutuhkan teknik khusus untuk membuat tampungan gas bergerak seiring dengan naik turunnya produksi biogas. Kelemahan lainnya adalah material dari tampungan gas yang dapat bergerak harus dipilih yang mempunyai sifat tahan korosi, hal tersebut yang membuat harganya relatif lebih mahal dalam konstruksinya.



Gambar 2.4 Digester Tipe *Floating Dome*

Berdasarkan aliran bahan baku untuk reaktor biogas, digester dibedakan menjadi:

a. Bak (Batch)

Pada digester tipe bak. Bahan baku diletakkan di dalam suatu wadah atau bak dari sejak awal hingga selesainya proses digestion. Digester tipe ini umumnya digunakan pada tahap eksperimen untuk mengetahui potensi gas dari limbah organik atau digunakan pada kapasitas produksi biogas yang kecil.

b. Mengalir (Continuous)

Untuk digester tipe mengalir aliran bahan baku pembuat biogas dimasukan dan residu dikeluarkan pada selang waktu tertentu. Lamanya bahan baku berada dalam reaktor digester disebut waktu retensi (retention time/RT).

Berdasarkan segi tata letak penempatan, digester dibedakan menjadi:

a. Seluruh digester berada diatas permukaan tanah

Biasanya digester jenis ini dibuat dari bekas dari tong – tong minyak tanah atau aspal. Kelemahan dari jenis ini adalah volume yang kecil, sehingga biogas yang dihasilkan hanya mampu digunakan untuk kebutuhan rumah tangga. Kelemahan lainnya adalah kemampuan material yang rendah untuk menahan korosi sehingga tidak bertahan lama. Untuk skala yang besar, digester jenis ini juga memerlukan luaslah yang besar juga.

- b. Sebagian tangki biogas diletakan dibawah permukaan tanah.

Digester ini terbuat dari campuran semen, pasir, kerikil, dan kapur yang di bentuk seperti menyerupai semen dan ditutup dari plat baja atau konstruksi semen. Volume tangki dapat dibuat dalam sekala besar atau sekala kecil sesuai dengan kebutuhan. Kelemahan dalam sistem ini bila diterapkan didaerah dengan suhu udara yang digin atau rendah. Suhu dingin yang diterima oleh plat baja merambat ke bahan baku biogas, sehingga dapat memperlambat proses berkerjanya bakteri, seperti diketahui bahawa bakeri akan berkerja secara optimal pada rentang temperatur tertentu saja.

- c. Seluruh tangki digester diletakna dibawah permukaan tanah

Model ini merupakan model yang paling banyak digunakan di Indonesia, dimana seluruh instalasi digester dibuat di dalam tanah dengan konstruksi permanaen. Selain dapat menghemat tempat lahan, pembuatan digester di dalam tanah juga berguna untuk mempertahankan suhu digester agar stabil dan mendukung pertumbuhan bakteri methanoge. Kekeuranganya jika terjadi sebuah kebocoran gas sulit terdeteksi dan dapat menyulitkan untuk memperbaikinya.

2. Komponen Utama Digester

Komponen – komponen digester cukup banyak dan bevareasi. Komponen yang digunakan untuk membangun digester tergantung dari model digester yang digunakan dan tujuan pembangunan digester. Secara umum komponen utama digester terdiri dari empat komponen utama sebagai berikut:

- a. Saluran masuk slurry (bahan organik)

Saluran ini difungsikan untu memeiasukan *slurry* (campuran bahan organik dan air) kedalam reaktor utama biogas. Tujuan pencampuran adalah untuk memaksimalkan proses produksi biogas, memudahkan mengalirkan bahan baku dan menghindari endapan pada saluran masuk.

b. Ruang *digestion* (ruang fermentasi)

Ruang *digestion* berfungsi sebagai tempat terjadinya fermentasi anaerobik dan di buat kedap udara. Ruangan ini juga dapat dilengkapi dengan penampungan biogas.

c. Saluran keluar residu (*sludge*)

Fungsi saluran ini adalah untuk mengeluarkan kotoran (*sludge*) yang telah mengalami proses fermentasi anaerobik oleh bakteri. Saluran ini berkerja berdasarkan prinsip kesetimbangan *fihidrostatik*. Residu yang keluar pertama kali merupakan *slurry* masukan yang pertama setelah waktu retensi. *Slurry* yang keluar sangat baik untuk pupuk karena mengandung kadar nutrisi yang tinggi.

d. Tangki penyimpan biogas

Tujuan dari tangki penyimpan biogas adalah untuk menyimpan biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerobik. Jenis tangki biogas ada dua, yaitu tangki bersatu dengan unit reaktor (*fixed dome*) dan tangki terpisah dengan reaktor (*floated dome*). Untuk jenis tangki terpisah, kontruksi dibuat khusus sehingga tidak bocor dan tekanan yang dihasilkan dalam tangki bisa seragam.

3. Komponen Pendukung Digester

Selain empat komponen utama digester tersebut diatas, pada sebuah digester perlu ditambahkan beberapa komponen pendukung untuk menghasilkan biogas dalam jumlah banyak serta aman. Beberapa komponen pendukung adalah:

a. Katup pengaman tekanan (*control valve*)

Fungsi dari katup pengaman adalah sebagai pengaman digester dari lonjakan tekanan biogas yang sangat berlebihan. Bila tekanan dalam tabung penampung biogas lebih tinggi dari tekanan yang diijinkan, maka bioga akan dibuang keluar untuk menurunkan tekanan. Sehingga tekanan dalam digester akan turun kembali. Katup pengamanan tekanan cukup penting dalam reaktor biogas yang besar dan sistem kontinu, karena umumnya digester dibuat dari material yang tidak tahan tekanan yang tinggi dengan

tujuan agar biaya konstruksi digester tidak mahal. Semakin tinggi tekanan yang ada didalam digester biogas, semakin rendah produksi biogas di dalam digester terutama pada proses *hidrolisis* dan *acydifikasi*. Selalu di jaga tekanan diantara 1,15 – 1,2 bar di dalam reaktor digester biogas.

b. Sistem pengaduk

Pada digester dengan kapasitas yang besar sistem pengaduk menjadi sangat penting. Tujuan dari pengadukan ini untuk menjaga material padat tidak mengendap pada dasar digester. Pengadukan sangat bermanfaat bagi bahan yang berada di dalam digester anaerobik karena memberikan peluang material tetap tercampur dengan bakteri serta temperatur terjaga merata diseluruh bagian. Dengan menggunakan sistem pengadukan potensi material mengendap di dasar digester semakin kecil, konsentrasi merata dan memberikan kemungkinan seluruh material mengalami proses fermentasi anaerob secara merata. Selain itu dapat mempermudah pelepasan gas yang dihasilkan oleh bakteri menuju kebaian penampungan biogas. Sistem pengadukan dapat dilakukan dengan:

- Pengadukan mekanis, yaitu dengan menggunakan poros yang di bawahnya terdapat semacam baling – baling dan digerakan oleh motor listrik secara berkala.
- Mensirkulasi bahan dalam digester dengan menggunakan pompa dan dialirkan kembali melalui bagian atas digester

Pada saat melakukan proses pengadukan hendaknya dilakukan secara pelan. Sebagaimana diketahui bahwa tumbuhnya bakteri membutuhkan media yang cocok. Media yang cocok sendiri terbentuk dari bahan organik secara alami dan membutuhkan waktu tertentu sehingga pengadukan dengan secara cepat dapat membuat proses fermentasi anaerobik justru terhambat

c. Saluran biogas

Tujuan saluran biogas adalah untuk mengalirkan biogas yang telah dihasilkan dalam digester. Bahan untuk penyaluran biogas disarankan terbuat dari polimer untuk menghindari korosi. Untuk pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar untuk masak, pada ujung saluran pipa dapat disambung

dengan pipa yang terbuat dari logam supaya tahan terhadap temperatur pembakaran yang tinggi.

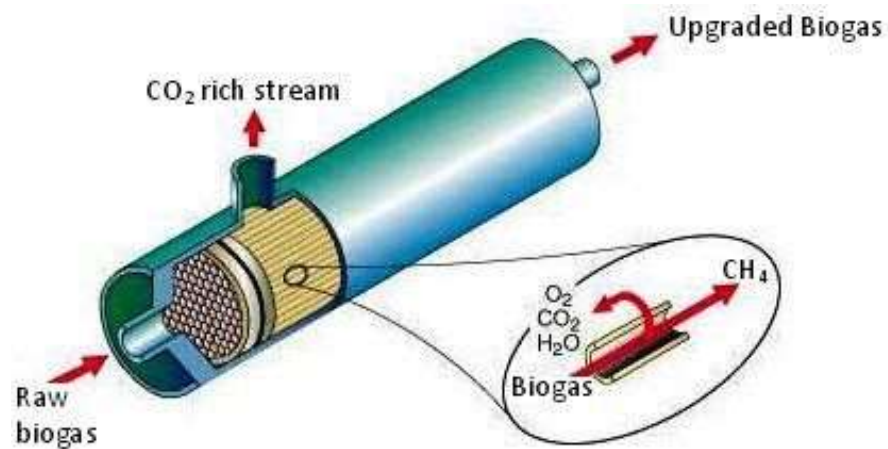
2.2.11 Teknik Pencucian Biogas

Biogas mengandung unsur – unsur yang tidak bermanfaat untuk proses pembakaran khususnya H₂O dan H₂S. Pada saat biogas dimanfaatkan untuk bahan bakar seperti kompor gas rumah tangga, maka kedua unsur tersebut secara praktis tidak perlu dibersihkan. Hal ini dikarenakan kompor hanya kontak dengan biogas pada saat dipakai saja. Alasan lainnya adalah proses pencucian merupakan kegiatan yang membutuhkan dana.

Tetapi jika biogas digunakan untuk bahan bakar pembangkit tenaga listrik, maka proses pencucian biogas menjadi sangat penting. Pencucian terhadap H₂O dan H₂S dapat memperpanjang umur dari komponen – komponen pembangkit listrik.

Tujuan dari pencucian biogas terhadap kandungan H₂S pada dasarnya adalah :

- a. Untuk memurnikan biogas dari kandungan H₂S
- b. Mencegah terjadinya korosi
- c. Menghindari keracunan H₂S (standar maksimum yang diperbolehkan ditempat kerja adalah 5 ppm)
- d. Mencegah kandungan sulfur dalam bioga, yang jika terbakar menjadi SO₂ atau SO₃ yang lebih beracun dari H₂S.
- e. Mengurangi SO₂ yang terbawa oleh gas buang biogas dapat menyebabkan turunya titik embun gas dalam cerobong.
- f. Meminimalisasi terbentuknya H₂SO₃ yang bersifat sangat korosif.
- g. Untuk memaksimalkan nilai kalor dalam proses pembakaran pada generator



Gambar 2.6 Teknik pencucian biogas dengan zeofilter

Untuk dapat memaksimalkan potensi bahan bakar biogas maka diperlukan proses pemurnian biogas. Proses pemurnian menggunakan campuran batuan Zeolit yang memiliki sifat mampu menyerap kadar CO₂ dan H₂O yang terdapat pada biogas. Zat absorber ini terdiri dari campuran beberapa bahan yaitu batu zeolit sebagai bahan dasar ditambah tepung tapioka, batu kaolin, batu Bentonit, batu gamping, larutan natrium hidroksida pekat, dan kitosan cair. Ramuan ini ditemukan dan telah dipatenkan oleh Satriyo Krido Wahono, ST dari hasil penelitian di Balai Pengembangan Proses dan Teknologi Kimia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Proses pembuatan dengan membuat 6 jenis campuran : gabungan zeolit dan natrium hidroksida pekat, bentonit, kaolin, gamping, tapioka, dan kitosan cair. Mulanya dilakukan proses dealuminasi untuk meningkatkan kapasitas pori – pori pada batuan zeolit. Dealuminasi adalah proses menyingkirkan atom aluminium yang semula mengisi pori – pori batu zeolit. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi untuk mengaktifkan pori – pori kristal zeolit sampai siap untuk digunakan.

Kemudian membuat empat macam bahan penyaring dengan melarutkan 600 gram serbuk zeolit berukuran 100 mesh dalam 300 ml air. Wadah pertama ditambahkan 100 gram kaolin, wadah kedua 100 gram

bentonit, adah ketiga 100 gram kanji, dan di wadah keempat dengan 100 gram gamping. Selain itu juga membuat campuran natrium hidroksida, rendam serbuk Zeolit ukuran 5 – 10 mesh dalam larutan zat itu. Untuk membuat campuran kitosan menggunakan serbuk zeolit berukuran 100 mesh. Keenam campuran itu kemudian dikeringkan lalu dicetak menjadi pelet diameter 3 – 4 mm dan panjang 1 – 2 cm.

Pelet campuran batuan zeolit yang sudah jadi dimasukkan kedalam pipa PVC ukuran diameter 3 inchi dan panjang 92 cm tertutup membentuk tabung dan dikedua ujungnya di pasang keran kompresor sebagai tempat mengalirnya biogas. Kesatuan tabung PVC yang telah diisi dengan campuran batuan Zeolit seberat 4 kg ini disebut Zeofilter.

Ketika digunakan secara terus menerus 1 unit Zeofilter mampu bertahan selama 2 bulan dan kemudian harus di cuci ulang menggunakan air biasa dan dijemur. Perlakuan ini dapat dilakukan sebanyak 5 kali atau dalam kurun waktu 1 tahun. Hasil pengujian menunjukkan alat ini mampu menyerap CO₂ sebanyak 5-20 % tergantung dari kecepatan aliran biogas di dalam tabung.

2.2.12 Pembangkit Listrik Tenaga Biogas.

Biogas dapat digunakan dalam cara yang sama seperti gas alam di kompor gas, lampu atau sebagai bahan bakar untuk penggerak mesin. Dengan kandungan biogas terdiri dari 50 – 75% metana, 22 – 45% karbon dioksida, uap air 2 – 8 % dan kanduungan lainnya seperti O₂, N₂, NH₃, H₂, H₂S. Bandingkan dengan gas alam, yang berisi kurang lebih 80 – 90% metana. Kandungan energi dari suatu gas yang terutama tergantung pada kandungan unsur metananya yang sangat dibutuhkan. Namun biogas juga terdapat kandungan karbon dioksida, uap air dan gas belerang yang harus diminimalkan terutama untuk bahanbakar mesin. Nilai kalor rata – rata biogas kurang lebih 21 – 23, 5 MJ/m³, sehingga 1 m³ biogas sesuai dengan bahan bakar disel 0,5 – 0,61 atau sekitar 6kWh (Fachagentur Nachwachsende Roshtoffe, 2009).

Secara teoritis, biogas dapat dikonversikan langsung menjadi energi listrik dengan menggunakan sel bahan bakar. Namun, proses ini memerlukan gas yang sangat bersih dan sel bahan bakar mahal. Oleh karena itu, pilihan ini masih menjadi bahan untuk penelitian dan saat ini tidak digunakan sebagai pembangkit listrik. Proses konversi biogas menjadi energi listrik menggunakan generator set jauh lebih praktis. Berbeda dengan gas alam, biogas ditandai dengan resistansi ketukan tinggi dan karenanya dapat digunakan pada motor pembakaran dengan tingkat kompresi yang tinggi.

Dalam hal ini, biogas digunakan untuk bahan bakar untuk mesin pembakaran, yang mengubahnya menjadi energi mekanik, menggerakkan generator listrik untuk menghasilkan energi listrik. Desain generator listrik mirip dengan desain motor listrik. Kebanyakan generator menghasilkan listrik dengan arus AC, oleh karena itu juga disebut dengan alternator atau dinamo. Generator listrik yang sesuai tersedia di hampir di semua negara dan di semua ukuran. Teknologi ini terkenal dengan sistem pemeliharaannya yang sederhana. Dalam hal ini, bahkan tersedia secara universal motor listrik 3 fase dapat dikonversikan menjadi generator. Seiring perkembangan teknologi yang cepat sekarang sudah ada Genset (generator set) yang menggunakan biogas sebagai bahan bakarnya. Secara teoritis biogas dapat digunakan di berbagai sumber bahan bakar di hampir semua jenis mesin pembakaran, seperti mesin disel, mesin otto, turbin gas dan motor Stirling dll (Elmar Dimpl, 2010).

Secara umum mesin disel yang berkerja menggunakan bahan bakar biogas dengan mode dual fuel. Untuk mempermudah pengapian dari biogas mesin disel membutuhkan sekitar 2% minyak dari pembakaran dan diinjeksikan bersama – sama dengan biogas. Keuntungan dari mesin diesel yang berkerja dalam mode dual fuel adalah dapat berkerja pada nilai kalor terendah. Agar mesin diesel dengan bahan bakar biogas dapat berkerja dengan baik, biogas harus mempunyai kualitas yang tepat seperti berikut:

- a. Kandungan unsur metan dalam suatu biogas harus tinggi karena unsur metan adalah bagian utama dari gas yang mudah terbakar
- b. Kandungan uap airnya dan CO₂ harus serendah mungkin karena dapat menyebabkan nilai kalor menjadi rendah.
- c. Khusus untuk kandungan sulfur terutama dalam bentuk H₂S harus rendah, karena dapat menimbulkan korosi.

