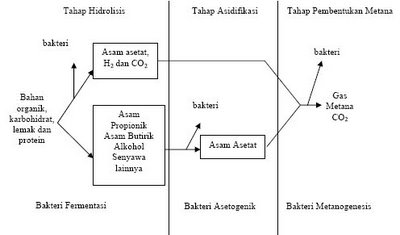
1. **Pengertian Biogas**

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari proses biologis (materi organik) dengan bantuan bakteri. Proses degradasi material organik ini tanpa melibatkan oksigen disebut anaerobik digestion gas yang dihasilkan sebagian besar(lebih 50%) berupa methana. Material organik yang terkumpul pada *digester*(reaktor) akan diuraikan menjadi dua tahap dengan bantuan dua jenis bakteri. Tahap pertama material organik akan didegradasi menjadi asam- asam lemah dengan bantuan bakteri pembentuk asam. Bakteri ini akan menguraikan sampah pada tingkat hidrolisis dan asidifikasi. Hidrolisis yaitu penguraian senyawa komplek atau senyawa rantai panjang seperti lemak, protein, karbohidrat menjadi senyawa yang sederhana. Asidifikasi yaitu pembentukan asam menjadi senyawa yang sederhana.

Setelah material organik berubah menjadi asam-asam,maka tahap kedua dari proses anaerobik *metanococcus*, *methanosarcina*, *methanobacterium*. Pengembangan proses anaerobik digestion telah berhasil pada banyak aplikasi. Proses ini memiliki kemampuan untuk mengolah sampah atau limbah yang keberadaannya melimpah dan tidak bermanfaat menjadi produk yang lebih bernilai. Aplikasi anaerobik digestion telah berhasil pada pengolahan limbah industry, limbah peternakan dan *municipal solid waste* (MSW).



Gambar 3. Tahapan penguraian materi organik hingga menjadi biogas (Suyitno, 2007)

## Sejarah dan Perkembangan Biogas

Searah penemuan proses anaerobik digestion untuk menghasilkan biogas tersebar di benua Eropa. Penemuan ilmuan Volta terhadap gas yang dikeluarkan di rawa-rawa terjadi pada tahun 1770, beberapa decade kemudian Avogadro mengidentifikasi tentang gas methana. Setelah tahun 1875 dipastikan bahwa biogas merupakan produkdari proses anaerobik digestion. Tahun 1884 Pasteour melakukan penelitian tentang biogas menggunakan kotoran hewan. Era penelitian Pasteour menjadi landasan untuk penelitian saat ini.

Reaktor biogas bukanlah teknologi baru. Sejak tahun 1970 an, Denmark telah melakukan riset, pengembangan, dan aplikasi teknologi ini; mereka tercatat memiliki 20 instalasi pengolahan biogas tersentralisasi (centralized plant) dan 35 instalasi farming plant (Raven dkk, 2005). China juga telah membangun 7 juta unit reaktor biogas pada tahun 1980 an, sedangkan India juga mencanangkan tak kurang dari 400,000 reaktor biogas pada kurun waktu yang sama (Rahman, 2005).

Pada bulan Juni 2006 yang lalu telah diresmikan di Swedia kereta api pertama yang menggunakan biogas, sumber energy dari sampah organik. Inilah kereta api pertama di dunia yang berbahan biogas. Kendaraan tersebut merupakan hasil modifikasi kereta api Fiat bermesin yang diganti dengan dua mesin bertenaga gas Volvo. Mesinnya diubah agar kereta api lebih ramah lingkungan karena pembakaran biogas, seperti juga biofuel yang lain tidak menghasilkan polutan udara.

Berdasarkan laporan kemitraan lingkungan hidup Swedia, negara di semenanjung Skandinavia tempat hidup sembilan orang juta jiwa, saat ini memiliki 779 bus dan lebih dari 4500 mobil yang menggunakan campuran BBM dan biogas atau gas alami.

## Komposisi Biogas

Biogas sebagian besar mengandung methana(CH4) dan karbondioksida(CO2) dan beberapa kandungan yang jumlahnya kecil diantaranya hydrogen sulfide(H2S) dan ammonia(NH3) ,serta hydrogen (H2) dan nitrogen yang kandungannya sangat kecil.

Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi methana (CH4), semakin tinggi kandungan methana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas dan sebaliknya semakin kecil kandungan methana semakin kecil nilai kalor.

Kualitas biogas dapat ditingkatkan dengan memperlakukan beberapa parameter yaitu menghilangkan hydrogen sulphur, kandungan air dan karbondioksida(CO2). Hidrogen sulphur mengandung racun dan zat yang menyebabakan korosi, bila biogas mengandung zat ini maka akan menyebabkan gas yang berbahaya sehingga konsentrasi yang diizinkan maksimal 5 ppm. Bila gas dibakar maka hydrogen sulphur akan lebih berbahaya karena akan membentuk senyawa baru bersama-sama oksigen, yaitu sulphur dioksida/sulphur triokksida(SO2/SO3) senyawa lebih beracun. Pada saat yang sama akan membentuk sulphur acid(H2SO3) suatu senyawa yang lebih korosi. Parameter yang kedua adalah menghilangkan kandungan karbondioksida yang memiliki tujuan untuk meningkatkan kualitas gas sehingga gas dapat digunakan untuk bahan bakar kendaraan. Kandungan air akan dalam biogas akan menurunkan titik penyalaan biogas serta dapat menimbulkan korosif. Jika dibandingan dengan sumber energi lain, kesetaraan biogas dengan sumber energi lain adalah sebagaimana pada Tabel 2.

Setiap 1 ekor ternak sapi/kerbau dapat dihasilkan + 2 m3 biogas per hari (Deptan, 2006). Mengingat bahwa 1 m3 biogas dapat digunakan setara dengan 0,46 kg gas LPG, bisa disimpulkan bahwa tiap ekor sapi akan dihasilkan biogas ­+ 0,96 kg gas LPG. Jika anggota keluarga berjumlah 4 orang maka biogas yang dihasilkan bisa digunakan untuk memasak makanan/ air selama 2 hari. Di samping itu pupuk organik yang dihasilkan dari proses produksi biogas sudah tentu mempunyai nilai ekonomis yang tidak kecil pula.

Tabel 1. Komponen Biogas : (Deptan 2006)

|  |  |
| --- | --- |
| Jenis Gas | Kandungan |
| CH4 (methana) | ± 60 % |
| CO2 (karbon dioksida) | ± 38 % |
| N2, O2, H2, & H2S | ± 2 % |

Tabel 2. Kesetaraan Energi Biogas (Deptan 2006

|  |  |
| --- | --- |
| Kapasitas Energi Biogas | Sumber Energi Lain |
| Biogas 1 m3 | Elpiji 0,46 kg |
| Minyak tanah 0,62 liter |
| Minyak solar 0,52 liter |
| Bensin 0,80 liter |
| Gas kota 1,50 m3 |
| Kayu bakar 3,50 kg |

## Prinsip Kerja Reaktor Biogas

Teknologi biogas pada dasarnya memanfaatkan proses pencernaan yang dilakukan oleh bakteri methanogen yang produknya berupa gas methana (CH4). Gas methana hasil pencernaan bakteri tersebut bisa mencapai 60% dari keseluruhan gas hasil reaktor biogas, sedangkan sisanya didominasi CO2. Bakteri ini bekerja dalam lingkungan yang tidak ada udara (anaerob), sehingga proses ini juga disebut sebagai pencernaan anaerob (anaerob digestion).

Bakteri methanogen akan secara natural berada dalam limbah yang mengandung bahan organik, seperti kotoran binatang, manusia, dan sampah organik rumah tangga. Keberhasilan proses pencernaan bergantung pada kelangsungan hidup bakteri methanogen di dalam reaktor, sehingga beberapa kondisi yang mendukung berkembangbiaknya bakteri ini di dalam reaktor perlu diperhatikan, misalnya temperatur, keasaman, dan jumlah material organik yang hendak dicerna. Tahap lengkap pencernaan material organik adalah sebagai berikut (Wikipedia, 2005) :

Hidrolisis. Pada tahap ini, molekul organik yang komplek diuraikan menjadi bentuk yang lebih sederhana, seperti karbohidrat (simple sugars), asam amino, dan asam lemak.

Asidogenesis. Pada tahap ini terjadi proses penguraian yang menghasilkan amonia, karbondioksida, dan hidrogen sulfida.

Asetagenesis. Pada tahap ini dilakukan proses penguraian produk acidogenesis; menghasilkan hidrogen, karbondioksida, dan asetat.

Methanogenesis. Ini adalah tahapan terakhir dan sekaligus yang paling menentukan, yakni dilakukan penguraian dan sintesis produk tahap sebelumnya untuk menghasilkan gas methana (CH4). Hasil lain dari proses ini berupa karbondioksida, air, dan sejumlah kecil senyawa gas lainnya.

Di dalam reaktor biogas, terdapat dua jenis bakteri yang sangat berperan, yakni bakteri asam dan bakteri methan. Kedua jenis bakteri ini perlu eksis dalam jumlah yang berimbang. Kegagalan reaktor biogas bisa dikarenakan tidak seimbangnya populasi bakteri methan terhadap bakteri asam yang menyebabkan lingkungan menjadi sangat asam (pH kurang dari 7) yang selanjutnya menghambat kelangsungan hidup bakteri methan (Garcelon dkk).

Keasaman substrat/media biogas dianjurkan untuk berada pada rentang pH 6.5 s/d 8 (Garcelon dkk). Bakteri methan ini juga cukup sensitif dengan temperatur. Temperatur 35 oC diyakini sebagai temperatur optimum untuk perkembangbiakan bakteri methan (Garcelon dkk).

Lamanya (waktu) bahan baku berada di dalam reaktor biogas disebut sebagai waktu retensi hidrolik (*hydraulic retention time*/HTR). HTR dan kontak antara bahan baku dengan bakteri asam/methan, merupakan dua faktor penting yang berperan dalam reaktor biogas (Karim dkk, 2005).

## Jenis Reaktor Biogas

Berdasarkan konstruksinya, pada umumnya reaktor biogas bisa digolongkan dalam tiga jenis, yakni *ballon plants*, *fixed dome* dan floating drum.

### Balloon Plants

Reaktor *balloon plant* (balon tanam) terdiri dari sebuah kantong plastic atau karet, dengan gas disimpan pada bagian atas kantong. Saluran masuk dan keluar terhubung langsung dengan kulit balloon. Disaat ruang gas penuh, balon tanam bekerja seperti fixed-dome plant – yaitu balon tidak mengembang, tidak sangat elastis.

Campuran kotoran hewan (sapi atau kambing) dan air membentuk *slurry*. Slurry fermentasi digerakkan perlahan dengan gerakan kulit ballon. Hal ini menguntungkan proses *digestion*. Material balon harus tahan UV. Material yang telah sukses meliputi RMP (*red mud plastic*), Trevira and butyl.

Balloon plant bisa direkomendasikan pada lokasi yang mana kulit balon tidak akan rusak dan dengan temperatur rata dan tinggi.

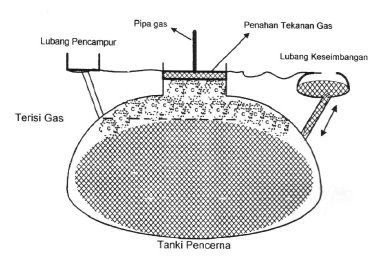
### Fixed-Dome Plants

Reaktor biogas jenis *fixed-dome plants* (Gambar 5) terdiri dari sebuah *digester* tertutup dengan sebuah ruangan gas yang tetap, tidak bisa digerakkan. Gas disimpan pada bagian atas *digester*. Disaat produksi gas dimulai, *slurry* akan pindah kearah tangki pengimbang. Tekanan gas meningkat sebesar volume gas yang disimpan, sebaiknya juga volume *digester* tidak melebihi 20 m³.

Pada konstruksi *fixed dome*, gas yang terbentuk akan langsung disalurkan ke penyimpan gas di luar reaktor berupa kantung yang berbentuk balon (akan mengembang bila tekanannya naik). Pada reaktor biogas jenis *fixed dome*, perlu diberikan katup pengaman untuk membatasi tekanan maksimal reaktor sesuai dengan kekuatan konstruksi reaktor dan tekanan hidrostatik *slurry* di dalam reaktor. Katup pengaman yang sederhana dapat dibuat dengan mencelupkan bagian pipa terbuka ke dalam air pada ketinggian tertentu seperti dapat dilihat pada Gambar 7. Jika gas diperlukan pada kondisi tekanan konstan (misal untuk mesin), dibutuhkan sebuah pengatur (regulator) tekanan gas atau sebuah penyimpan gas mengambang. *Fixed-dome plants* bisa direkomendasikan hanya jika konstruksi bisa disupervisi oleh teknisi biogas berpengalaman.



Gambar 4. Skema reaktor biogas berbentuk *ballon plant* (Suyitno, 2007)



Gambar 5. Skema reaktor biogas jenis *fixed dome plant* (Suyitno, 2007)

### Floating-Drum Plants

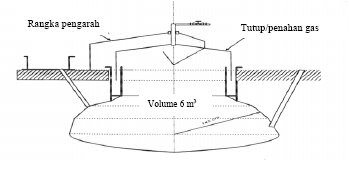
Reaktor biogas jenis *floating-drum plants* (Gambar 6) terdiri dari sebuah *digester* dan sebuah penampung gas yang bergerak. Gas berkumpul dalam drum gas, yang berakibat pada drum akan terangkat. Jika gas berkurang, drum akan jatuh lagi. Drum gas dihindarkan dari pergeseran menggunakan rangka pandu (*guide frame*).

Keuntungan dan kerugian *floating drum* bisa dilihat pada Table 3. Disamping kerugian yang ada, *floating-drum plants* selalu direkomendasikan dalam kondisi meragukan. *Water-jacket plants* secara umum bisa diterapkan dan mudah dirawat. Drum tidak akan lengket, meskipun jika *substrate* memiliki kandungan yang kental.

*Floating-drums* yang terbuat dari *glass-fibre* diperkuat dengan plastic dan *highdensity polyethylene* telah berhasil digunakan, tapi biaya konstruksi lebih tinggi jika dibandingkan dengan baja. *Floating-drums* yang terbuat dari beton yang diperkuat jala-kawat rawan mengalami retakan luar dan keropos internal. Reaktor ini memerlukan lapis internal yang elastis,tembus cahaya. Drum PVC tidak cocok karena tidak tahan UV. Drum gas mengambang bisa digantikan dengan sebuah balon diatas *digester*. Hal ini akan mengurangi biaya konstruksi.

Tabel 3. Perbandingan 3 jenis reaktor biogas (Ludwing Sasse, 1988)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Jenis Reaktor Biogas | Keuntungan | Kerugian |
| *Ballon plant* | Murah, transportasi mudah, konstruksi ringan,  temperatur *digester* tinggi, mudah dibersihkan, dikosongkan dan perawatan, skup kerja kecil bisa diselesaikan sendiri | Tdk tahan lama (+ 5 tahun), mudah rusak,  tidak menghasilkan lapangan kerja. |
| *Fixed-dome plant* | Biaya konstruksi rendah, tidak ada bagian bergerak, tdk ada bagian baja yang berkarat, tahan lama (20 tahun atau lebih), konstruksi bawah tanah, terlindung dari musim dingin dan menghemat ruangan, menciptakan lapangan kerja tingkat lokal. | Reaktor gelap  (sullit memantau rembesan dan retakan),  tekanan gas berfluktuasi secara substansial dan sering sangat tinggi,  temperatur *digester* rendah. |
| *Floating-drum plant* | sederhana,  operasi mudah dipahami, tekanan gas konstan,  volume gas yang disimpan bisa dilihat langsung,  sedikit kesalahan konstruksi. | Biaya konstruksi floating-drum tinggi, beberapa bagian baja kemungkinan terkena korosi, menghasilkan umur pendek (hingga 15 tahun; pada daerah pantai tropis sekitar lima tahun untuk drum), biaya perawatan teratur untuk pengecatan. |



Gambar 6. Skema reaktor biogas jenis *floating drum* (Suyitno, 2007)

## Beberapa Komponen Utama Reaktor Biogas

### Saluran *Slurry* Masuk

Campuran kotoran hewan (sapi atau kambing) dan air yang membentuk *slurry* dimasukkan melalui saluran masuk *slurry*. EPA USA 2002 (Prometheus, 2005) menyarankan agar reaktor biogas menggunakan *slurry* dengan kandungan padatan maksimal sekitar 12.5%. Dalam tataran praktis, Aguilar dkk (2001) menyarankan perbandingan 1 ember (ukuran standar) kotoran hewan dicampur dengan 5 ember air. Kotoran hewan dan air harus dimasukkan sudah dalam keadaan tercampur (*slurry*) – hal ini untuk memudahkan pengaliran *slurry* di dalam tangki utama serta menghindari terbentuknya sedimentasi yang akan menyulitkan pengaliran selanjutnya.

*Slurry* bisa dimasukkan hingga 3/4 volume tangki utama (Garcelon dkk). Volume sisa di bagian atas tangki utama diperlukan sebagai ruang pengumpulan gas serta menghindari penyumbatan saluran gas oleh *slurry*. Karena proses produksi methana ini berlangsung dalam lingkungan anaerob, maka *slurry* harus menutup saluran masuk ataupun saluran keluar tangki utama. Pada umumnya, produksi gas methana yang optimum akan terjadi pada HTR 20 - 30 hari (Garcelon dkk). Hal ini berarti harus diperkirakan bahwa *slurry* akan berada selama 20 - 30 hari di dalam reaktor.

Dengan mengetahui volume tangki utama dan harga HTR yang dipilih, akan dapat ditentukan banyaknya penambahan *slurry* setiap harinya. Untuk reaktor yang baru beroperasi, disarankan untuk membiarkan reaktor selama beberapa hari sebelum kemudian dilakukan pengisian *slurry* secara rutin setiap hari.

Jumlah *slurry* yang perlu dimasukkan setiap hari dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

*m* slurry = 4 x 103  (1)

Dengan :

*m* slurry = penambahan *slurry* per-hari [Liter/hari],

D = diameter tangki utama [m],

h = tinggi/panjang tangki utama [m],

HTR = hydraulic retention time [20-30 hari].

Sedangkan untuk setiap liter *slurry*, batasan EPA yang menyarankan kandungan padatan sebesar maksimal 12.5% dapat dijadikan patokan untuk menghitung massa kotoran hewan yang diperlukan.

### Saluran Residu Keluar

Bila aliran di dalam tangki cukup lancar (tidak ada sumbatan) maka kesetimbangan tekanan hidrostatik *slurry* akan menyebabkan sebagian residu keluar manakala *slurry* ditambahkan ke saluran masuk tangki utama. Bila *slurry* pertama ditambahkan setelah n hari (<20 hari), maka residu yang keluar pertama kali hanya memiliki HTR sebesar n hari. Ini berarti residu awal belum secara sempurna dicerna oleh reaktor.

Namun di sisi lain, residu terakhir dari *slurry* tahap awal akan memiliki HTR sebesar HTR + n hari. Dengan demikian, mengendapkan *slurry* selama satu minggu (7 hari), dan selanjutnya melakukan pengisian *slurry* harian menggunakan harga HTR = 20 hari akan memberikan harga HTR = 27 hari untuk residu terakhir dari *slurry* tahap pertama. Residu keluaran reaktor biogas ini merupakan nilai tambah dari reaktor karena bisa digunakan sebagai pupuk berkadar nutrisi tinggi (Karim dkk, 2005).

### Katup Pengaman Tekanan

Prinsip kerja katup ini adalah: pipa T mampu menahan tekanan di dalam saluran gas setara dengan tekanan kolom air pada pipa T tersebut (Gambar 7). Bila tekanan di dalam saluran gas lebih tinggi dari tekanan kolom air, maka gas akan keluar melalui pipa T, sehingga tekanan di dalam sistem reaktor akan kembali turun.

Besarnya tekanan yang bisa ditahan pipa T bisa dihitung menggunakan persamaan berikut :

*p* = *ρ g h* (2)

Dengan :

*p* = tekanan [Pa],

*ρ* =densitas air [sekitar 1000 kg/m3 pada temperatur dan tekanan standar],

*g* = percepatan gravitasi [9.81 m/s2].

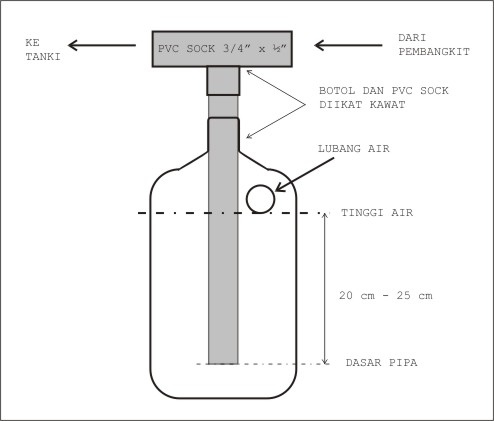
*h* = tinggi air yang masuk di dalam pipa T [m]

Tinggi air yang perlu masuk di dalam pipa T tersebut harus disesuaikan dengan kekuatan tekanan yang sanggup ditahan konstruksi reaktor (termasuk kantung penyimpan gas). Ini terutama penting untuk bahan reaktor yang terbuat dari kantung *polyethylene* (*polyethylene* *bag*).

Untuk reaktor yang terbuat dari kantung *polyethylene*, Aguilar dkk (2001) menyarankan tinggi air di dalam pipa T sebesar 8-10 cm, sedangkan Rodriguez dkk menyarankan harga 4-5 cm. Semakin tinggi kolom air di dalam pipa T, maka makin besar tekanan di dalam reaktor yang bisa ditahan katup pengaman; ini akan memberikan tekanan gas methana keluar yang lebih tinggi. Namun penggunaan tekanan tinggi ini perlu disesuaikan dengan kekuatan reaktor biogas. Untuk reaktor yang menggunakan bahan kantung *polyethylene*, disarankan untuk menggunakan harga kolom air sekitar 5-10 cm.

Perlu dicatat bahwa bila kedua saluran *slurry* masuk dan keluar selalu berada dalam kondisi terbuka, maka pergerakan kolom air di dalam pipa T juga akan mempengaruhi pergerakan *slurry* di dalam reaktor. Bila densitas *slurry* diperkirakan sebesar 2 kali densitas air, tekanan yang menyebabkan pergerakan 8 cm kolom air di dalam pipa T juga akan menyebabkan perbedaan ketinggian permukaan *slurry* di dalam reaktor dan di dalam pipa saluran masuk/keluar sebesar 4 cm (muka *slurry* di saluran masuk/keluar lebih tinggi 4 cm daripada muka *slurry* di dalam reaktor).

Oleh karena itu disarankan untuk menggunakan pipa saluran *slurry* masuk/keluar yang memungkinkan permukaan *slurry* di dalam saluran pipa masuk/keluar bisa lebih tinggi dari permukaan *slurry* di dalam reaktor.



Gambar 7. Katup pengaman tekanan sederhana (Aji, 2007)

Pengukuran densitas *slurry* dapat dilakukan secara sederhana dengan menggunakan ember yang telah diketahui volumenya dengan persamaan :

*ρ*slurry =  (3)

Dengan :

*ms* = massa *slurry* pada satu ember [kg]

*V* = volume ember (liter)

Harga densitas *slurry* ini (Persamaan (3)) dapat digunakan untuk memperkirakan perbedaan ketinggian muka *slurry* di dalam reaktor dan pipa saluran masuk/keluar dengan menggunakan Persamaan (2).

### Separator

Separator di dalam reaktor biogas memiliki fungsi untuk mengarahkan aliran *slurry* di dalam reaktor sehingga dapat dipastikan bahwa setiap bagian *slurry* akan berada di dalam reaktor selama masa HTR. Untuk membantu kelancaran aliran *slurry* di dalam reaktor, maka disarankan untuk menggunakan *slurry* dengan kandungan padatan yang sesuai dengan rekomendasi EPA USA (maksimal sekitar 12.5%).

Bila *slurry* terlalu banyak mengandung padatan, dikhawatirkan akan terjadi sedimentasi yang cukup tebal yang diprediksi bisa mengganggu kelancaran aliran *slurry* selanjutnya. Pengadukan bisa dilakukan untuk menghindarkan terjadinya sedimentasi (endapan) di dalam reaktor. Pengadukan bisa dilakukan secara teratur setiap selang waktu tertentu. Selain berfungsi untuk menghindarkan terjadinya sedimentasi, pengadukan pada *slurry* dengan kandungan padatan sekitar 10% akan meningkatkan produksi gas di dalam reaktor cukup signifikan (Karim dkk, 2005).

Oleh karena itu disarankan untuk membuat sistem pengaduk yang terintegrasi dengan bangunan reaktor. Sistem pengaduk bisa menggunakan tenaga listrik ataupun manual. Namun mengingat prinsip kesederhanaan reaktor skala kecil/menengah, disarankan untuk membuat sistem pengaduk manual.

### Saluran Gas

Gas dari reaktor biogas ini bersifat korosif (Aguilar dkk, 2001), maka saluran gas disarankan dibuat dari bahan polymer (bisa berupa pipa PVC ataupun selang PVC dengan sambungan yang cukup kuat). Bahan transparan lebih disukai untuk saluran gas (terutama pada bagian horizontal) karena penguapan cairan di dalam reaktor serta hasil reaksi dari dalam reaktor akan berpotensi menyebabkan genangan air yang bisa menyebabkan penyumbatan saluran gas.

Untuk keperluan pembakaran gas pada tungku, maka pada bagian ujung saluran pipa bisa disambung dengan pipa baja anti karat (berbentuk serupa nosel). Bila tekanan gas di dalam kantung penyimpan gas (untuk konstruksi *fixed dome*) sudah cukup tinggi atau posisi floating drum sudah cukup terangkat, maka katup bukaan gas bisa dibuka, dan gas bisa dinyalakan untuk keperluan memasak. Reaktor baru biasanya bisa menghasilkan cukup gas untuk memasak setelah 20 - 30 hari, sesuai dengan HTR yang umum digunakan (Aguilar dkk (2001), Rodriguez dkk). Untuk memenuhi kebutuhan memasak sebuah keluarga dengan jumlah anggota 6 orang, diperlukan 6 ekor sapi dengan volume reaktor biogas 8.4 m3 (IGAD).

### Reaktor Biogas Sederhana

Salah satu batasan (*constraint*) utama dalam mendesain biogas untuk masyarakat di pedesaan adalah masalah biaya instalasi, kemudahan pengoperasian serta perawatan. Reaktor biogas jenis *fixed dome* yang dibuat dari bahan tembok dan beton umumnya memerlukan biaya yang tidak murah (BSP, 2003).

Oleh karena itu, beberapa aplikasi reaktor biogas di negara ketiga menggunakan bahan yang lebih murah dan mudah didapat, seperti kantung (tubular) *polyethylene* (Aguilar dkk, 2001), (Rodriguez dkk), (Moog dkk, 1997), (An dkk), atau material plastik lainnya, seperti Silpaulin (BSP, 2003).

Reaktor biogas dari kantung *polyethylene* ini, disebut juga dengan *ballon plants*, pada dasarnya tergolong reaktor jenis *fixed dome*. Reaktor dengan volume *slurry* 4 m3 akan memerlukan kantung *polyethylene* berdiameter 80 cm dengan panjang 10 m (80% dari kantung akan berisi *slurry*) (Rodriguez dkk). Kantung *polyethylene* diposisikan horizontal (sekitar 90% badan reaktor berada di bawah permukaan tanah). Skema reaktor kantung *polyethylene* bisa dilihat pada Gambar 4 diatas.

Fungsi dan karakteristik komponen reaktor biogas kantung *polyethylene* ini sama dengan reaktor *fixed dome* yang telah dijelaskan pada Gambar 5. Dengan demikian, katup pengaman tekanan sederhana seperti pada Gambar 7 juga perlu ditambahkan pada saluran gas keluar.

Untuk memperkuat daya tahan reaktor ini, umumnya kantung *polyethylene* dipasang 2 lapis dan di bagian atas reaktor dipasang atap sederhana untuk melindungi konstruksi reaktor dari panas matahari dan hujan. Dengan konstruksi semacam itu, reaktor kantung *polyethylene* bisa digunakan hingga 3 tahun (Rodriguez dkk) bahkan 10 tahun (Aguilar dkk, 2001). Kerusakan yang umumnya terjadi pada reaktor jenis ini adalah sobeknya lapis *polyethylene* dan ketidaklancaran aliran *slurry* di dalam reaktor akibat sedimentasi.

## Bahan yang diperlukan dalam Penerapan dan pemanfaatan teknologi biogas

### Bax Mixer

Fungsi : mencampur kotoran ternak dengan air untuk kemudian dialirkan menuju pembangkit.

Bahan : bak permanen dibuat dengan bahan semen dan batu bata.

Ukuran : 50x50x50 cm.

Spesifikasi : bak mixer memiliki celah miring di kedua sisinya sebagai tumpuan filter/screen untuk memisahkan serat yang terlalu kasar. Screen dapat diangkat untuk dibersihkan. Di bagian belakang bak (arah kiri pada gambar 8.c) terdapat 1 buah lubang (¾”) untuk *overflow* apabila air terlalu penuh atau apabila bak terisi air hujan. Kemudian 1 lubang lagi (2”) untuk pencucian/drainase, 1 lubang (PVC 3”) dengan sumbat untuk pengaliran bahan baku ke dalam pembangkit.

Catatan : volume yang dapat ditampung dengan kapasitas maksimum 80% bak adalah 100 liter.



(a) (b) (c)

Gambar 8. (a) bak mixer, (b) bak mixer dengan screen, (c) penyaringan kotoran (Aji, 2007)

### Parit Pembangkit

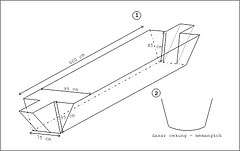
Fungsi : sebagai wadah agar pembangkit yang berbentuk tubular dapat disimpan dengan baik.

Bahan : semen, batu bata dan galian tanah.

Ukuran : panjang 6m, lebar atas 95cm, lebar bawah 75cm, tinggi di ujung input adalah 85cm, dan tinggi di ujung output 95cm.

Spesifikasi : Kapasitas pembangkit yang dibuat kurang lebih 4000 liter. Parit ini memiliki inklinasi sekitar 2 – 3 derajat turun mengarah ke lubang output. Inklinasi ini dibuat untuk memaksimalkan volume pembangkit yang dapat diisi oleh bahan baku. Di sekeliling parit dibuatkan selokan kecil agar air tidak masuk ke dalam instalasi pembangkit.

Catatan : plastik yang digunakan adalah *polyethylene* dengan lebar bentang 150cm, sehingga apabila membentuk tubular, diameternya sekitar 95cm.



. .

Gambar 9.

(1)DimensiParit.

(2) Bentuk parit yang cekung pada dasar,membentukmangkok. .(Aji, 2007)

Gambar 10.

Parit pembangkit, bagian atas mixer, dilengkapi tiang untuk atap

(Aji, 2007) .

.

### Reaktor Biogas

Fungsi : sebagai pencerna (*digester*) bahan masukan untuk diuraikan menjadi biogas dan residu keluaran (Gambar 4)

Bahan : Kantung plastik polyethylene

Ukuran : lebar 150cm x tebal 0.15 cm

Catatan : lebih ideal bila plastik yang digunakan lebih tebal. Di pasaran tersedia dengan lebar 80cm, 100cm, 120cm dan 150cm. Menurut FAO, lebih baik menggunakan plastik anti ultra-violet (UV) seperti digunakan rumah rumah kaca (berwarna kuning agak kehijau hijauan).

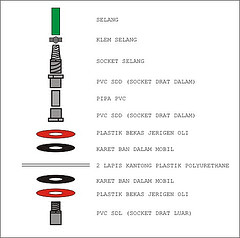


(a) (b) .

Gambar 11. (a) memasang pembangkit, (b) biogas mulai dihasilkan. (Aji, 2007)

### Gas Outlet

Fungsi : menyalurkan gas yang dihasilkan dari reaktor biogas.

Bahan : 1 buah PVC sock (socket drat luar), 2 buah PVC sock (socket drat dalam), pipa PVC ½ ” 10 cm, socket selang, klem selang, selang, lembaran karet tipis, lembaran plastik tebal 2mm

(a) (b) .

Gambar 12. (a) skema gas outlet, (b) gas outlet sudah terpasang. (Aji, 2007)

### Pipa Saluran Masuk/ Keluar

Fungsi : saluran masuk dan keluar *slurry*

Bahan : pipa PVC 3”

Ukuran : panjang 100 cm

Catatan : setengah panjang pipa (50 cm) dimasukkan plastik ’reaktor’ dan diikat kuat dengan tali karet.



Gambar 13. .

Ikatan dimulai 25cm sebelum tepi plastik (1) .

menuju ke arah luar pipa (2). (Aji, 2007) .

### Balon Penampung Gas

Fungsi : menampung gas dari reaktor

Bahan : plastik polyethilene, pipa PVC ½ “, *ball valve*

Ukuran : diameter 95cm, panjang 250cm.

Gambar 14. .

Balon penampung gas. .

(Aji, 2007) .

### Saluran Biogas

Fungsi : sebagai saluran utama yang menyalurkan biogas dari reaktor ke komponen yang lain

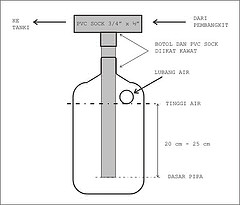
Bahan : pipa PVC ½”, *ball valve*

Catatan : beberapa saluran disambung *ball valve*, beberapa saluran disambung permanen (menggunakan lem) dan beberapa diikat dengan karet, sejumlah saluran menggunakan selang untuk fleksibilitas pengaturan posisi.

### Water vapor

Fungsi : sebagai penjebak uap air dan katup keamanan

Bahan : botol air mineral 1,5 liter, PVC T-sock ½ “, pipa PVC ½”, *ball valve*

Spesifikasi : botol dilubangi dengan jarak dari dasar pipa 25 cm



Gambar 15. (a) skema botol penjebak kondensasi. (b) botol penjebak kondensasi & katup pengaman. (Aji, 2007)

Daftar Pustaka

Aguilar, FX., (2001), How to install a *polyethylene* biogas plant, Proceeding of the IBSnet Electronic Seminar, (The Royal Agricultural College, Cirencester, UK. 5-23 March 2001) http://www.ias.unu.edu/proceedings/icibs/ibs/ibsnet/eseminar/FranciscoAguilar/index.html

Aji. 2008. Biogas Bahan Pengganti Alternatif Ramah Lingkungan. 2008 Juli 08. http://mujigtlo-aji.blogspot.com

An, BX., Preston, TR., Dolberg, F., The Introduction of Low-Cost *Polyethylene* Tube Biodigesters on Small-Scale Farms in Vietnam,

http://www.epa.gov/agstar/resources/ smldigesters.html

Biogas Support Program (BSP), (2003), Construction option for RABR Remote Area Biogas Reactor, SNV-Nepal

Dept. Pertanian. RI. 2006. Program bio energi pedesaan. Biogas skala rumah tangga. Direktorat pengolahan hasil pertanian. Ditjen pengolahan dan pemasaran hasil pertanian. Dept. Pertanian. Jakarta.

Garcelon, J., Clark, J., Waste Digester Design, Civil Engineering Laboratory Agenda, University of Florida,

http://www.ce.ufl.edu/activities/waste/wddndx.html

Karim, K., Hoffmann, R., Klasson, T., Al-Dahhan, MH., (2005), Anaerobic digestion of animal waste: Waste strength versus impact of mixing, Bioresource Technology, 96, 1771-1791

Prometheus, (2005), http://www.prometheus-energy.com/digester.html

Ludwing Sasse. 1988. Biogas Plants. [www.nzdl.org](http://www.nzdl.org)

Moog, FA., Avilla, HF., Agpaoa, EV., Valenzuela, FG., Concepcion, FC., (1997), Promotion and utilization of *polyethylene* biodigester in smallhold farming systems in the Philippines, **Livestock Research for Rural Development, Volume 9, Number 2**.

Rahman, B., (2005), Biogas, Sumber Energi Alternatif, Kompas 8 Agustus.

Raven, RPJM., Gregersen, KH., (2005), Biogas Plant in Denmark: Sucesses and Setbacks, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Article in Press.

Rodriguez, L., Preston, TR., Biodigester installation manual, University of Tropical Agriculture Foundation. Finca Ecologica, University of Agriculture and Forestry, Thu Duc, Ho Chi Minh City, Vietnam

http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/Recycle/biodig/manual.htm

Situs Resmi Pemerintah Kabupaten Malang. [www.malangkab.go.id](http://www.malangkab.go.id) [18-2-2009]

Suyitno. 2007. Kajian Teknologi Energi. <http://kajian-energi.blogspot.com>

Wikipedia, (2005), http://en.wikipedia.org/wiki/Anaerobic\_digester