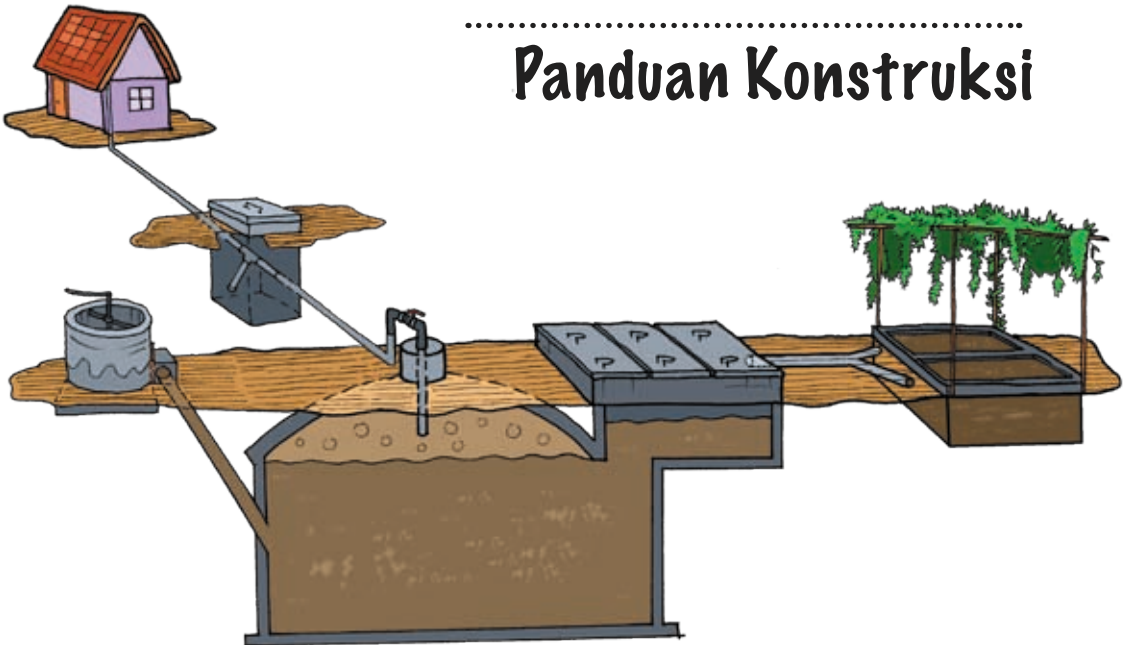




Model Instalasi Biogas Indonesia

.....
Panduan Konstruksi



Daftar Isi

.....

Hal.

3	Tujuan Penulisan Manual.
4	Tanggung Jawab Seorang Mandor & Tukang.
5	Komponen Bangunan Reaktor Biogas.
6	Langkah-Langkah Instalasi Tempat Pengolahan Biogas.
6	1. Memilih Ukuran Reaktor Biogas yang Tepat.
8	2. Memilih Lokasi Konstruksi.
8	3. Mengumpulkan Bahan Bangunan & Peralatan sesuai Standar Mutu.
13	4. Konstruksi Pembangunan Reaktor Biogas yang Tepat.
13	a. Tampilan Reaktor Biogas
15	b. Penggalian Lubang
15	c. Konstruksi Reaktor
17	d. Pembangunan Kubah Penampung Gas
18	e. Memplester Reaktor dan Kubah Penampung Gas
19	f. Pembangunan <i>Turret</i> , <i>Manhole</i> , dan <i>Outlet</i>
21	g. Pembangunan <i>Inlet</i>
23	h. Penyesuaian Saluran Pipa dan Peralatan
26	i. Konstruksi Lubang Kompos
27	j. Tahap Akhir Pengerjaan dan Petunjuk Penggunaan ke Para Pengguna
27	k. Pemeriksaan Kerapatan Gas dan Air
31	Kesimpulan
32	Daftar Kontak Mitra BIRU

Tujuan Penulisan Manual

Salam Api BIRU!

Instalasi pencernaan anaerobik biogas (reaktor) adalah bangunan yang dibuat di bawah tanah, tersusun dari semen, batu-bata/batu, pasir dan pipa serta peralatan untuk mengurai bahan organik menjadi biogas. Biogas yang dihasilkan adalah salah satu pilihan dari sumber bahan bakar konvensional yang ada.

Program Biogas Rumah (BIRU) menggunakan kotoran hewan (kohe) segar yang dicampur dengan air sebagai bahan baku utama untuk mendapatkan biogas. Biogas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk memasak dan penerangan listrik dalam skala rumah tangga. BIRU adalah sebuah program kerjasama antara Hivos dan SNV yang didanai oleh Pemerintah Kerajaan Belanda dan didukung oleh Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral Indonesia.

Kohe yang masih segar biasa juga disebut sebagai *slurry*. Kohe atau *slurry* yang sudah terfermentasi di dalam reaktor biogas akan mengalir keluar, menjadi material yang disebut sebagai *bio-slurry*, yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik di kebun sayur dan ladang pertanian lain.

Keberhasilan dan efektivitas sebuah reaktor biogas sangat tergantung pada ketepatan rancangan, lokasi konstruksi yang sesuai dan kualitas pekerjaan konstruksi itu sendiri.

Buku panduan ini dirancang untuk membantu para pekerja konstruksi dan pengawas (*supervisor*) agar sukses dalam membuat konstruksi reaktor biogas yang bermutu, sesuai dengan spesifikasi dan standar kualitas yang telah ditetapkan oleh Program BIRU. Buku ini adalah rujukan yang harus digunakan dan dipatuhi oleh pekerja konstruksi dan pengawas dari mulai awal hingga akhir pembangunan reaktor BIRU; dari mulai memilih ukuran reaktor dan lokasi yang tepat untuk membangun biogas, pengadaan bahan bangunan, langkah-langkah pembangunan hingga pekerjaan selesai.

Patut diingat bahwa bagian dari kewajiban pihak pembangun kepada pemilik reaktor adalah memberikan informasi mengenai cara penggunaan instalasi biogas yang tepat. Oleh karena itu, buku ini juga menyajikan hal-hal penting yang harus disampaikan pihak pembangun kepada pemilik reaktor ketika pembangunan telah selesai.

Pembangunan instalasi biogas serta pemanfaatan yang efisien akan menambah kualitas hidup peternak. Pemanfaatan instalasi biogas dapat mengurangi pencemaran lingkungan, pemanfaatan energi yang lebih berkesinambungan serta berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca.

Oleh karena itu, kualitas bahan dan kinerja para pekerja yang terlibat dalam proses pembangunan instalasi biogas sangat penting dalam menjaga kualitas akhir dari reaktor tersebut. Selamat bekerja!

Tim BIRU
Mei 2010

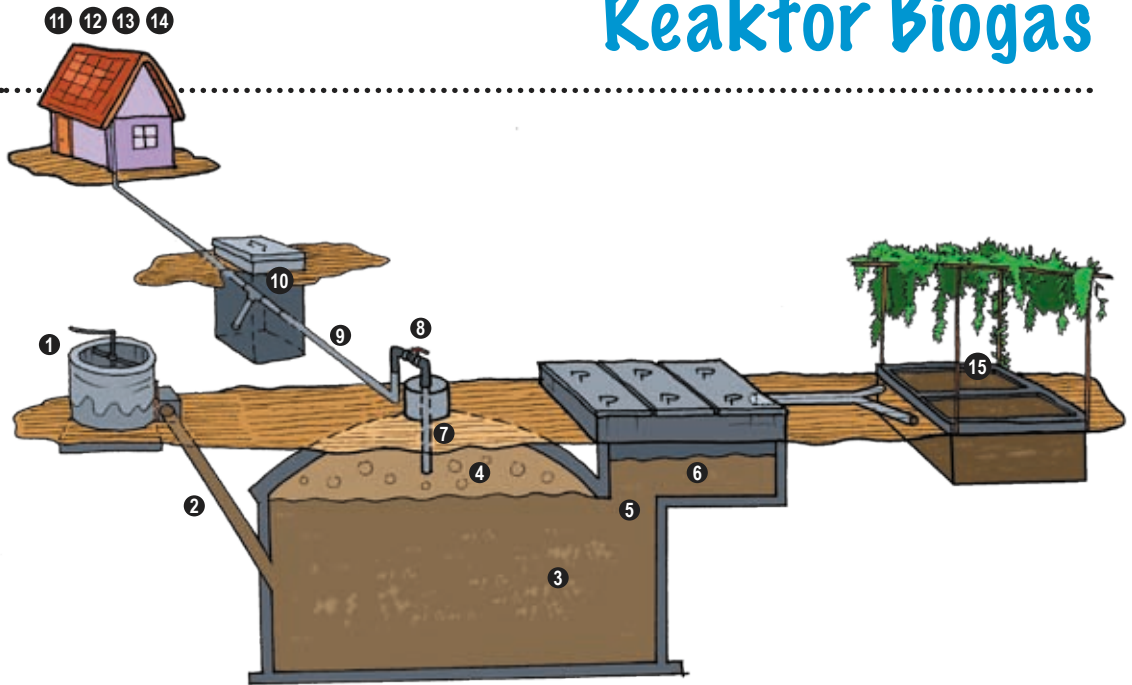
Tanggung Jawab Seorang Mandor & Tukang



Peran tukang/mandor sangatlah vital dalam keberhasilan pemasangan suatu reaktor biogas.

1. Memberikan informasi tentang manfaat *biodigester* ke para pengguna dan memotivasi mereka untuk membangun reaktor biogas.
2. Memilih ukuran reaktor biogas yang tepat, berdasarkan ketersediaan bahan untuk mengisi reaktor biogas tersebut.
3. Memastikan standar mutu bahan dan peralatan konstruksi sesuai.
4. Tegas mengikuti rancangan dan gambar sketsa yang disediakan untuk pembangunan reaktor biogas.
5. Mematuhi Panduan Konstruksi pada saat pemasangan reaktor biogas.
6. Membekali pengetahuan dan keterampilan dasar kepada para pengguna untuk mengoperasikan beberapa komponen reaktor biogas.
7. Memastikan pekerjaan selesai tepat waktu.
8. Rutin melaporkan perkembangan dan kesulitan, bila ada, ke pengawas pekerjaan/manager.
9. Memastikan keterlibatan tukang yang telah terlatih dalam konstruksi - jangan biarkan tukang yang belum terlatih mengepalai konstruksi reaktor biogas.
10. Bekerja sebagai penyuluh dan pendorong teknologi di tempat pemasangan biogas.
11. Melakukan pengecekan rutin dan layanan purnajual ke para pengguna untuk memastikan bangunan berfungsi dengan baik dan tanpa masalah.

Komponen Bangunan Reaktor Biogas



Ada 6 bagian utama dari sebuah digester: **inlet** (tangki pencampur) sebagai tempat kotoran hewan masuk, **reaktor** (ruang pencernaan anaerob), **penampung gas** (ruang penyimpanan), **outlet** (ruang pemisah), **sistem pengangkut gas** dan **lubang kompos kotoran hewan yang telah hilang gasnya/bio-slurry**. Campuran kotoran dan air (dicampur dalam saluran masuk atau ruang pencampur) mengalir melalui saluran pipa menuju digester. Pencampur menghasilkan gas melalui proses pencernaan di reaktor dan gas yang telah dihasilkan kemudian disimpan dalam penampung gas (bagian atas kubah).

Slurry mengalir keluar dari digester menuju *outlet* dan menjadi *bio-slurry* mengalir ke lubang *slurry* melalui *overflow*. Kemudian gas dialirkan ke dapur melalui saluran pipa. Model Pengembangan Biogas Indonesia umumnya terdiri dari bagian seperti berikut, yang juga ditunjukkan dalam sketsa gambar dalam lampiran:

1. *Inlet* (tangki pencampur)
2. Pipa *inlet* (bisa dihubungkan ke wc)
3. *Digester*
4. Penampung Gas (Kubah)
5. *Manhole*
6. *Outlet & Overflow*
7. *Pipa Gas Utama dan turret*
8. Katup Gas Utama
9. Saluran Pipa
10. *Waterdrain* (penguras air)
11. Pengukur Tekanan
12. Keran Gas
13. Kompor Gas dengan pipa selang karet
14. Lampu (Pilihan)
15. Lubang *Bio-slurry*

Langkah-Langkah Instalasi Tempat Pengolahan Biogas



Mandor dan tukang harus melaksanakan kegiatan-kegiatan berikut secara teratur pada saat memasang tempat pengolahan biogas di kawasan peternakan:

Tugas Seorang Mandor:

1. Memilih ukuran reaktor biogas yang tepat.
2. Memilih lokasi konstruksi.
3. Mengumpulkan bahan bangunan dan peralatan sesuai standar mutu.
4. Menentukan layout reaktor biogas.
5. Menguji coba kebocoran.
6. Mengisi tempat pengolahan dengan bahan baku.
7. Membangun lubang *bio-slurry*.
8. Mengisi tanah ke bagian atas kubah dan sisi-sisi *outlet*.
9. Membersihkan wilayah bangunan.
10. Menginformasikan pengguna tentang cara sederhana mengoperasikan dan memelihara reaktor.

Tugas Seorang Tukang:

1. Menggali lubang.
2. Membuat layout reaktor biogas.
3. Membangun dinding *manhole* reaktor.
4. Memasang pipa *inlet*.
5. Memadatkan tanah pada bagian luar dinding reaktor.
6. Membangun bagian atas *manhole* (biasanya disebut sebagai tiang).
7. Membangun penampung gas (persiapan cetakan, beton, penyesuaian pipa kubah gas).
8. Membangun ruang *inlet*.
9. Membangun ruang *outlet* dan penutup *outlet*.
10. Memplaster bagian dalam kubah.
11. Membangun bagian *turret*.
12. Memasang saluran pipa, perlengkapan dan peralatan.

1. Memilih Ukuran Reaktor Biogas yang Tepat

Tempat pengolahan biogas di Indonesia adalah jenis kubah yang tidak dapat dipindah-pindah dan disemen (*fixed dome*). Reaktor biogas model ini yang berukuran 4, 6, 8 10 dan 12 m³ layak untuk mendapat subsidi dari Program Biogas Rumah (BIRU) /Indonesia Domestic Biogas Programme (IDBP). Tidak ada ukuran dan model lain yang layak menjadi penerima subsidi dari program ini.

Tabel berikut ini menunjukkan informasi dasar mengenai ukuran-ukuran reaktor biogas yang dibangun BIRU dan kuantitas bahan baku yang dibutuhkan:

1

SN	Kapasitas tempat pengolahan* (m³)	Produksi gas per hari (m³)	Kotoran hewan yang dibutuhkan per hari ** (kg)	Air yang dibutuhkan setiap hari (liter)	Jumlah ternak yang dibutuhkan
1	4	0,8 - 1,6	20 - 40	20 - 40	3 - 4
2	6	1,6 - 2,4	40 - 60	40 - 60	5 - 6
3	8	2,4 - 3,2	60 - 80	60 - 80	7 - 8
4	10	3,2 - 4,2	80 - 100	80 - 100	9 - 10
5	12	4,2 - 4,8	100 - 120	100 - 120	11 - 12

* Kapasitas tempat pengolahan artinya adalah volume reaktor biogas dan kubah penyimpanan gas
** rata-rata waktu penyimpanan: 50 hari

Ukuran dan dimensi reaktor biogas telah diputuskan berdasarkan jangka waktu penyimpanan 50 hari dan 60% penyimpanan gas. Bahan baku segar yang diisikan ke dalam reaktor harus berada di dalam reaktor setidaknya 50 hari sebelum dikeluarkan. Tempat pengolahan harus dapat menampung 60% gas yang diproduksi dalam waktu 24 jam.

Ukuran reaktor biogas diputuskan berdasarkan jumlah bahan baku harian yang akan tersedia. Sebelum memutuskan ukuran reaktor yang akan dipasang, seluruh kotoran hewan (*slurry*) harus dikumpulkan kemudian ditimbang minimal sekurang-kurangnya selama 1 minggu untuk mengetahui seberapa banyak ketersediaan bahan baku setiap harinya. Tabel berikut ini menunjukkan kapasitas reaktor biogas yang akan ditetapkan berdasarkan ketersediaan bahan baku.

2

Kuantitas bahan baku yang tersedia setiap harinya (kg)	Ukuran Tempat pengolahan yang disarankan (m³)	Kuantitas bahan bakar kayu yang dapat dihemat per hari (kg)
20 - 40	0,8 – 1,6	20 - 40
41 - 60	1,6 – 2,4	40 - 60
61 - 80	2,4 – 3,2	60 - 80
81 - 100	3,2 – 4,2	80 - 100
101 - 120	4,2 – 4,8	100 - 120

Jika tempat pengolahan tidak sesuai kebutuhan, produksi gas akan kurang dari perkiraan secara teori. Apabila produksi gas berkurang, gas yang dikumpulkan dalam penampung tidak akan memiliki tekanan yang cukup untuk mendorong *bio-slurry* yang telah melalui proses percenakan anerob ke dalam *outlet*. Pada kasus seperti ini, tingkat *bio-slurry* yang seharusnya mengalir melalui *outlet* justru akan naik dan memasuki penampung gas. Jika katup gas utama dibuka dalam keadaan seperti ini, *bio-slurry* bisa melintasi saluran pipa dan bercampur dengan gas. Oleh karena itu, ukuran reaktor harus disesuaikan dengan banyaknya *slurry* yang tersedia. Tempat pengolahan yang kurang bahan baku dan terlalu besar hanya akan meningkatkan biaya konstruksi dan akan menimbulkan masalah dalam pengoperasian nantinya.

Hal penting yang harus diperhatikan pada saat memutuskan ukuran reaktor biogas adalah dasar pertimbangan pemilihan ukuran yakni ketersediaan kotoran hewan bukan mempertimbangkan jumlah keluarga dan gas yang dibutuhkan. **Apabila peternak memiliki jumlah hewan ternak yang lebih banyak maka ukuran yang ditetapkan berdasarkan kebutuhan gas berkisar antara 0,33-0,40 gas per orang per hari.**

2. Memilih Lokasi Konstruksi



Pemilihan wilayah konstruksi umumnya berdasarkan faktor-faktor sebagai berikut:

1. Lokasi harus mempermudah pekerjaan konstruksi.
2. Lokasi yang dipilih harus sedemikian rupa sehingga biaya konstruksi dapat diminimalisir.
3. Memilih lokasi yang mudah dijangkau untuk penggunaan dan pemeliharaan. Tempat pengolahan, katup gas utama, saluran penggunaan, dan pengecekan gas harus mudah dicapai.
4. Lokasi tempat pengolahan harus aman

Berdasarkan faktor-faktor diatas, pemilihan lokasi harus mempertimbangkan hal berikut:

1. Agar dapat berfungsi efektif, suhu yang benar (20-35°C) harus dapat dijaga di bagian dalam reaktor. Karenanya, tempat dingin dan berkabut harus dihindari. Tempat hangat yang disinari matahari lebih baik.
2. Lokasi konstruksi harus memiliki permukaan yang datar.
3. Lokasi harus lebih tinggi dibandingkan sekitarnya untuk mencegah genangan air dan memperlancar aliran *bio-slurry* dari *outlet* ke lubang pembuatan kompos. Tempat pengolahan harus berlokasi dekat dengan kandang ternak untuk memudahkan penggunaan dan menghindari kehilangan bahan baku, khususnya kotoran ternak.
4. Pertimbangkan jumlah air yang dibutuhkan untuk dicampur dengan kotoran. Sumber air yang jauh akan merepotkan. Untuk menjaga air supaya tidak terkena polusi, jarak sumur atau sumber mata air minimal 10 meter dari reaktor biogas, khususnya lubang *bio-slurry*.
5. Pipa gas yang terlalu panjang akan menambah resiko kebocoran gas dan biaya yang lebih tinggi. Katup gas utama yang terpasang di atas penampung gas harus dibuka dan ditutup sebelum dan sesudah biogas digunakan. Akan lebih baik jika tempat pengolahan dekat dengan tempat pemakaian.
6. Ujung tempat pengolahan minimal 2 meter dari fondasi rumah atau bangunan lain.
7. Lubang kompos harus cukup luas karena bagian ini merupakan satu kesatuan dari reaktor biogas.
8. Lokasi harus cukup jauh dari pepohonan untuk menghindari kerusakan reaktor biogas yang disebabkan oleh akar pohon.
9. Jenis tanah harus dapat menahan muatan untuk mencegah bangunan amblas ke dalam tanah.
10. Apabila luas tempat menjadi masalah, kandang hewan ternak dapat didirikan di atas tempat pengolahan setelah reaktor biogas selesai di cor.



Perlu diingat bahwa mustahil dapat memenuhi seluruh pertimbangan yang disebutkan di atas. Namun harus diupayakan agar sebagian besar poin tersebut dapat terpenuhi.

3. Mengumpulkan bahan bangunan dan peralatan sesuai standar mutu



Jika bahan konstruksi tidak bermutu, reaktor biogas tidak akan berfungsi baik walaupun rancangannya benar dan kinerja tukang sangat baik. Bahan yang berkualitas rendah juga tidak akan menghasilkan reaktor biogas yang bermutu tinggi.

Guna memilih bahan-bahan yang sesuai standar mutu, spesifikasi bahan harus seperti berikut:

Semen

Semen harus segar, bebas dari gumpalan dan disimpan di tempat yang kering. Semen yang bergumpal tidak boleh digunakan untuk konstruksi. Kantong semen tidak boleh ditumpuk langsung di atas lantai atau disenderkan

ke dinding. Plank kayu mesti digunakan di lantai sebagai alas untuk mencegah semen menjadi lembab. Kantong semen ditumpuk berjarak sekitar 20 cm jauhnya dari dinding.

Pasir

Pasir harus bersih dan tidak bercampur dengan tanah atau bahan bangunan lain. Pasir yang kotor berdampak sangat buruk pada ketahanan bangunan. Apabila pasir tercampur sekitar 3% dengan bahan lain, maka pasir tersebut harus dicuci.



Jumlah campuran pasir dengan bahan lain, khususnya lumpur, dapat ditentukan dengan tes botol sederhana.

Sejumlah pasir diisi ke dalam botol transparan lalu air dituangkan ke dalamnya. Botol dikocok sebentar lalu diberdirikan untuk melihat partikel pasir jatuh ke bagian dasar botol. Partikel-partikel pasir yang lebih berat daripada tanah lumpur dan endapannya akan jatuh lebih cepat ke bagian bawah botol. Setelah didiamkan 30 menit, lapisan lumpur dan pasir di dalam botol dapat diukur.

Apabila ketinggian endapan lumpur lebih dari 3%, maka dapat disimpulkan bahwa pasir terlalu banyak mengandung lumpur. Apabila ini terjadi, pasir haruslah dicuci sebelum digunakan. Pasir kasar dan berbutir kecil adalah pilihan yang terbaik untuk bangunan beton, dan sebaliknya, pasir halus harus digunakan dalam proses memplaster.

Kerikil

Ukuran kerikil tidak boleh terlalu besar atau terlalu kecil. Ukurannya tidak boleh melebihi 25% ketebalan beton. Ketebalan lapisan beton di bagian fondasi dan pada penutup *outlet* tidak boleh lebih dari 7,5 cm (3 inci), jadi ukuran maksimal batu kerikil harus 2 cm atau $\frac{1}{4}$ ukuran ketebalan beton. Batu kerikil harus bersih, keras dan berbentuk bersiku-siku. Jika batu tersebut kotor, maka harus dicuci dengan seksama sebelum digunakan.

Air

Air dibutuhkan terutama untuk membuat adukan semen, pengecoran dan memplaster. Air juga digunakan untuk merendam batu-bata sebelum digunakan. Selain itu, air dibutuhkan untuk mencuci atau membersihkan bahan bangunan yang kotor. Lebih baik tidak menggunakan air dari kolam atau kanal yang bisa saja kotor. Air yang kotor berdampak buruk pada ketahanan bangunan. (Pilih) Air dari saluran air, sumur atau sumber lain yang memasok air bersih harus dijadikan pilihan.

Batu-Bata/Batu

Batu-bata berperan penting dalam proses konstruksi. Batu-bata yang digunakan harus berkualitas tinggi (no.1). Batu-bata tersebut biasanya tersedia di pasar setempat.



Batu-bata harus melalui proses pembakaran yang sempurna, lurus, ukuran dan bentuknya teratur dan tidak boleh retak serta ada bagian yang rusak.

Batubata yang seperti ini mampu menahan tekanan hingga 120 kg cm³. Sebelum digunakan, batu-bata harus direndam dalam air bersih selama beberapa menit. Batu-bata yang basah tidak akan menyerap air dari adukan semen. Kerekatan dengan baik antara batu-bata dan semen sangat dibutuhkan.



Di kawasan di mana batu-bata mahal dan tidak tersedia, batu dapat digunakan untuk konstruksi.

Batu yang digunakan lebih baik batu yang tersedia di kawasan setempat. Batu-batu berkualitas tinggi memiliki bunyi metalik yang jelas dan tidak pecah ketika saling bertubrukan satu sama lain. Pada saat batu digaris dengan paku, tanda coretannya tidak boleh melebihi 1 mm. Jika batu kotor, maka perlu dicuci. Batu juga harus direndam dalam air selama beberapa menit sebelum digunakan.

Cat Acrylic Emulsion

Cat ini digunakan untuk membuat penampung gas (kubah) reaktor biogas kedap udara. Jenis cat ini harus memenuhi standar mutu dan disetujui oleh Program Biogas Rumah Tangga Indonesia.

Besi Batang

Batang baja ringan digunakan untuk membangun tutup tangki *outlet* dan ruang saluran air. Baja ini harus memenuhi standar teknik yang biasanya digunakan. Untuk tempat pengolahan yang berukuran 4, 6 dan 8 m³, menggunakan batang baja ringan berdiameter 8 mm. Untuk tempat pengolahan dengan ukuran 10 & 12 m³, direkomendasikan untuk menggunakan batang baja beriameter 10 mm. Batang baja ringan harus bersih dari karat.



Pipa Gas Kubah Utama

Gas yang tersimpan dalam penampung gas, disalurkan melalui pipa yang diletakkan di atas kubah. Sambungan siku-siku dengan pipa tersebut harus tepat dan kedap menahan gas. Jika tidak, kebocoran gas dari siku tersebut akan sangat sulit dihentikan. Disarankan potongan siku pas di tempatnya untuk menjamin udara kedap di sambungan tersebut.

Pipa gas harus dilapisi seng atau digalvanasi dan disetujui oleh IDBP. Pipa ini harus terbuat dari besi kualitas ringan. Batang baja harus disatukan di salah satu titik dengan menggunakan beton pada saat pemasangan. Panjang pipa sekurang-kurangnya 60 cm.

Katup gas utama

Katup ini mengontrol aliran biogas di saluran pipa dari penampung gas. Katup dibuka bila sedang digunakan dan ditutup setelah selesai. Apabila katup yang digunakan bermutu sedang, maka akan selalu ada resiko kebocoran. Katup yang digunakan harus berkualitas tinggi dan disetujui oleh IDBP.

Pipa dan perkakas

Pipa yang digunakan untuk menyalurkan gas dari penampung gas ke alat pengguna gas harus dipastikan bermutu tinggi seperti standar yang digunakan di Pakistan. Mutu rendah pipa GI sangat sesuai untuk tujuan ini; namun begitu pipa PVC berkualitas tinggi dapat juga digunakan. Diameter pipa setidaknya adalah setengah inci. Untuk panjang diatas 60 m (30 m apabila dua alat pembakaran digunakan pada waktu yang sama) pipa berdiameter ¾ inci harus digunakan. Apabila pipa GI yang digunakan, pipa yang panjangnya enam meter harus memiliki berat sekurang-kurangnya 6 kg. Perkakas yang digunakan di saluran pipa biogas haruslah sendi/*socket*, siku/*elbow*, tee dan drat. Perkakas ini harus memenuhi standar persyaratan.

Waterdrain

Saluran ini mengalirkan air yang mengendap di dalam saluran pipa pada saat biogas menyentuh pipa yang dingin. Ini merupakan komponen penting dari tempat pengolahan reaktor biogas, maka dari itu kualitasnya harus benar-benar dengan hati-hati dikontrol. Saluran ini harus mudah dioperasikan dan kumparan benang di

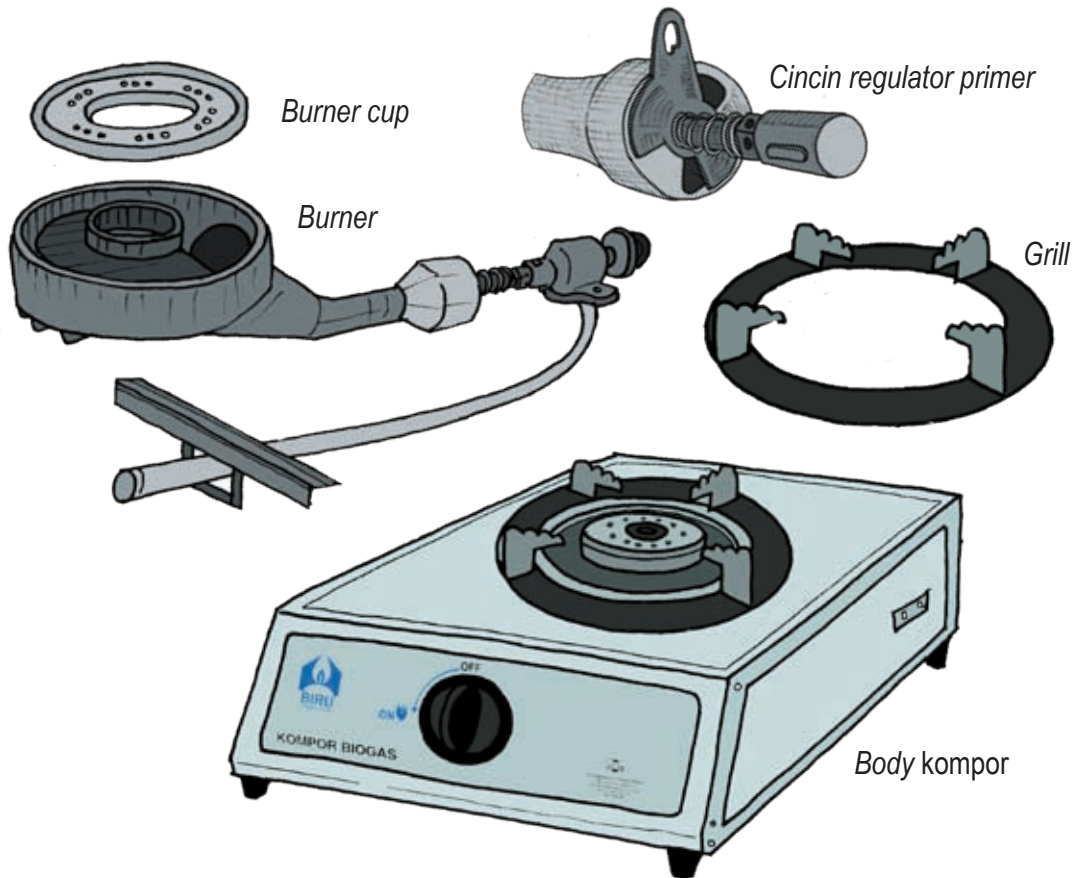
dalamnya harus sempurna. Harus dipastikan bahwa lubang baut dibor dengan seksama dan di tempat yang benar. Ketebalan pencuci nilon harus 4 mm, baik itu tombol pegangan yang panjangnya 4 cm atau pembuka knop yang tepat harus digunakan. Peralatan ini harus disetujui oleh IDBP.

Keran Gas

Keran gas digunakan untuk mengatur aliran gas ke kompor gas. Pemasangan bermutu tinggi harus dipertimbangkan. Para pengguna kerap mengeluh bahwa keran "o" diletakkan dengan benar dan diberi pelumas ke semua bagian secara teratur. Keran gas tidak boleh terlalu ketat atau terlalu longgar. Keran gas yang akan digunakan dalam reaktor biogas harus disetujui oleh IDBP.

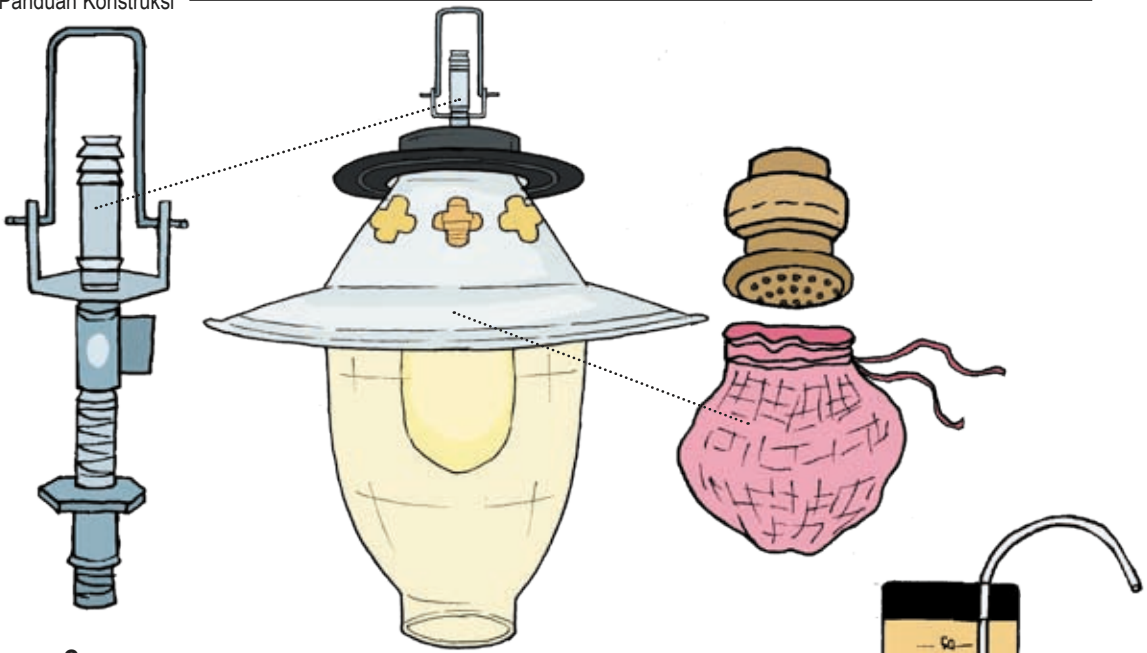
Pipa selang karet

Pipa ini digunakan untuk mengalirkan gas dari keran gas ke kompor gas. Selang ini terbuat dari karet *neoprene* berkualitas tinggi dan tidak patah saat digulung. Selang ini harus berdiameter 15 mm bagian luarnya dan 9 mm diameter bagian dalamnya. Ketebalan minimal dinding selang adalah 2,5 mm.



Kompor Gas

Kompor gas bisa menggunakan dua atau satu tungku. Kompor gas satu tungku umum digunakan dalam kebutuhan rumah tangga dengan konsumsi gas 350 hingga 400 liter per jam. Kompor gas yang efisien sangat penting untuk reaktor biogas. Kompor harus bermutu tinggi dan cukup kuat untuk langsung diletakkan di atas tanah. Pasokan udara dapat disesuaikan dengan mudah dan lubangnya harus tepat diletakkan. Pemancar dan pipa yang menghidupkan tungku harus lurus dan diatur dengan benar. Lubang di dalam penutup tungku harus merata di seluruh bagian.



Lampu Gas

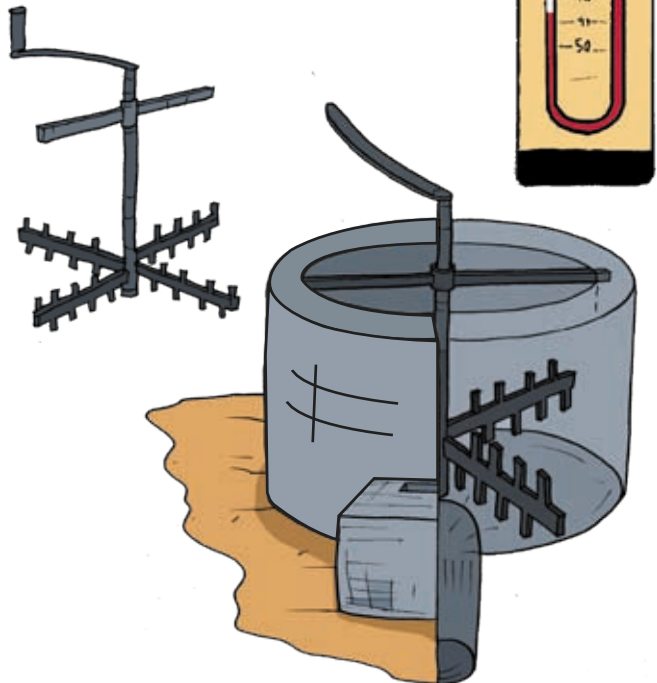
Lampu gas adalah peralatan penting lain yang digunakan dalam reaktor biogas. Para pengguna sering mengeluhkan lampu gas yang rusak. Lampu-lampu ini haruslah berkualitas tinggi dengan tingkat hemat energi sekitar 60%. Biasanya, lampu biogas memerlukan 150 hingga 175 liter biogas per jam. Lampu yang digunakan dalam reaktor biogas harus disetujui oleh IDBP.

Meteran Tekanan Gas

Meteran tekanan harus dipasang dalam sistem aliran guna memantau tekanan gas. Meteran dapat berbentuk huruf U (manometer) yang terbuat dari tabung plastik atau kaca transparan dan diisi dengan air berwarna, tipe jam digital atau analog meter tekanan. Alat yang telah disebutkan diatas dapat dibeli di pasar lokal dan harus memenuhi rangkaian standar mutu.

Alat pencampur

Alat ini dipergunakan untuk mempersiapkan campuran yang baik antara air dan kotoran hewan. Letaknya di dalam tangki saluran masuk. Untuk reaktor biogas ukuran rumah tangga, dipasang alat pencampur vertikal. Alat tersebut harus bermutu bagus, seperti di dalam rancangan. Pengaduk harus telah dilapisi seng dan benar-benar telah di-galvanized. Pengaduk tersebut harus sesuai untuk pencampuran yang merata.

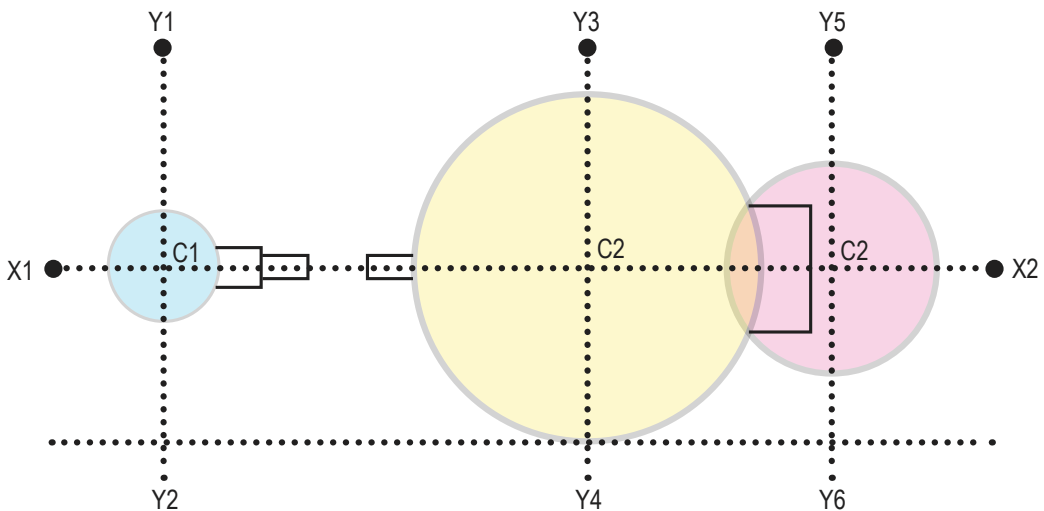


4. Konstruksi Pembangunan Reaktor biogas yang Tepat

a. Tampilan Reaktor Biogas

Pembuatan reaktor biogas dimulai dengan menggambar desain. Kegiatan ini dilakukan untuk menentukan lokasi bangunan di tanah sebelum memulai proses penggalian. Diawali dengan penancapan patok kecil di tanah, tepat di tengah titik reaktor. Lalu, ikuti langkah-langkah berikut:

- a.1. Ratakan tanah dan tentukan lokasi reaktor, *outlet*, serta *inlet*. Setelah itu, tarik garis lurus yang menghubungkan *inlet*, reaktor, dan *outlet* (biasanya disebut sebagai garis pertengahan).
- a.2. Tentukan tinggi lokasi. Sebaiknya ketinggian lokasi disesuaikan dengan ketinggian tanah. Bagian atas kubah (bagian luar) harus tepat muncul di tingkatan ini.



- a.3. Masukkan patok kayu ke garis tengah tadi untuk menandai pusat lubang reaktor. Tarik jarak dari lubang reaktor (diameter reaktor ditambah ketebalan dinding, lapisan plaster, dan ruang untuk kaki, diperkirakan sekitar 10 cm) untuk dinding batu bata, seperti yang ditunjukkan dalam gambar dalam dimensi 'Rp', dan ditandai dengan tali atau kawat. Bagi tukang, 10 cm ini akan digunakan sebagai ketebalan dinding karena dinding batu tidak dapat dibangun dengan ketebalan kurang dari 10 cm. Dengan bantuan patok dan kawat buatlah lingkaran yang menandakan wilayah yang harus digali.
- a.4. Dari titik tengah di mana garis tengah bertemu dengan diameter reaktor, gambarkan garis singgung dan ukur panjangnya hingga sama dengan setengah ukuran *manhole* (setengah dari 60 cm = 30 cm) ditambah ketebalan dinding dan lapisan plaster. Tempatkan ukuran luas *manhole* tersebut di garis tengah untuk menentukan lokasi peletakannya. Penentuan ini menjamin ukuran dalam *manhole* tetap 60 cm x 60 cm.
- a.5. Untuk memutuskan lokasi *outlet*, gunakan setengah dari luas *outlet*. Kemudian, tambahkan dengan ketebalan dinding dan ketebalan plaster, lalu tandai titik-titik di kedua sisi titik tengah yang merupakan perpanjangan garis gambar *manhole*. Dari tengah garis itu, ukur panjang *outlet* ditambah dengan ketebalan dinding dan plaster guna memutuskan ukuran bagian luar dari sisi panjang *outlet*.
- a.6. Periksa ukuran garis tengah untuk memastikan sudut benar-benar siku 90 derajat.
- a.7. Gunakan tepung warna-warni untuk menandai setiap ukuran.
- a.8. Tentukan lokasi lubang *bio-slurry* sambil menyiapkan tampilan reaktor dan *outlet*.



Tanah yang sudah ditandai dengan tepung.

b. Penggalian Lubang

Setelah desain tampilan selesai, mulailah menggali lubang. Peralatan seperti linggis, pencongkel, sekop, pendorong, dan keranjang harus tersedia Ikuti langkah-langkah penggalian berikut ini:

- b.1. Penggalian dilakukan per ukuran bangunan seperti telah ditetapkan di dalam desain.
- b.2. Agar praktis, penggalian tanah harus dilakukan secara vertikal. Apabila dijumpai genangan air yang menghambat penggalian, maka buatlah lubang baru yang lebih dalam di samping lubang reaktor. Lubang baru ini akan menampung genangan air dari reaktor melalui pipa di bawah tanah untuk kemudian disedot keluar.
- b.3. Apabila kedalaman galian telah sama dengan gambar, ratakan dan perkeras bagian dasarnya. Hal ini bertujuan agar dasar lubang tidak menyentuh tanah secara langsung.
- b.4. Selalu pastikan tanah sisa galian ditempatkan pada jarak setidaknya 2 m dari sisi lubang untuk memudahkan pekerjaan konstruksi selanjutnya.
- b.5. Berhati-hati saat menggali sisi-sisi lubang karena tanah mudah runtuh.
- b.6. Gali fondasi *manhole* (aliran *outlet*) sepanjang fondasi reaktor seperti ukuran yang tertera dalam gambar desain.
- b.7. Tancapkan tiang-tiang secara horizontal di tanah dan atur hingga bersilangan satu sama lain serta membentuk sudut 90 derajat. Pastikan tiang ditancapkan di tanah yang telah rata. Tiang vertikal akan memandu konstruksi dinding reaktor selanjutnya.
- b.8. Apabila dijumpai batu keras atau air bawah tanah sehingga penggalian kedalaman tidak akurat, maka lubang harus dibuat sedalam mungkin.



Penggalian tanah dan peletakan batu bata yang berjarak satu sama lain.

c. Konstruksi Reaktor

Setelah lubang selesai dikerjakan, mulailah dinding reaktor. Tiang kayu dan kawat harus digunakan dalam pekerjaan ini. Poin-poin berikut harus diikuti saat membangun reaktor dan penampung gas:

- c.1. Rendam batu bata/batu di dalam air selama 10-5 menit sebelum digunakan.
- c.2. Siapkan bahan adukan dinding batu bata/batu dengan perbandingan 1 bagian semen dan 3 bagian pasir.
- c.3. Di tengah-tengah lubang, letakkan pipa (pipa gas 0,5 inci GI) tepat pada posisi tegak. Tiang atau pipa berat harus diletakkan melintang di tanah datar, juga di tengah-tengah lubang, untuk memperkuat pipa vertikal. Setelah itu, cek kembali pipa tegak dan pastikan posisinya sudah benar. Sekarang, ukur jari-jari dinding di lantai dengan menggunakan benang atau kawat yang terikat di tiang atau pipa tegak. Panjang benang atau kawat dapat dilihat dalam gambar. Ketebalan plaster (1,5 hingga 2 cm) harus ditambahkan ke dalam ukuran panjang ini. Batu bata atau batu yang penyusun reaktor harus benar-benar berjarak ($R_d + \text{ketebalan plaster}$) dari pipa vertikal. Setelah mendapatkan jari-jari reaktor, bentuk lingkaran harus digambar untuk memastikan dinding berbentuk bundar. Kemudian, dasar dinding berbentuk lingkaran (bagian leher) dibangun. Bagian leher adalah lapisan adukan setebal 2,5 – 3 cm yang diletakkan pada tanah dan tidak bersentuhan dengan lantai lubang yang digali di sepanjang bangunan.



Memplaster dinding melingkar reaktor dengan menggunakan perbandingan 1 semen: 3 pasir.

- c.4. Pembangunan reaktor harus dimulai dari *manhole* terlebih dahulu. Pertama-tama, ruang selebar 60 cm ditambah ketebalan plaster harus ditandai. Berikutnya, letakkan batu bata/batu dengan mengikuti panduan benang pandu. Konstruksi dinding dilakukan dari satu sisi, baik searah jarum jam ataupun berlawanan arah jarum jam. Bagian depan dinding harus dirapikan dari dalam. Jika menggunakan batu bata, barisan pertama harus ditempatkan di sisinya sehingga dasar berukuran tinggi 5 cm dan lebar 20 cm. Barisan pertama harus diletakkan pada tanah yang padat. Barisan selanjutnya dapat diletakkan sesuai panjangnya sehingga ketebalan dinding mencapai 4,5 inci. Tidak perlu membangun penyangga dinding, namun pengecoran di antara kedua dinding dan sisi lubang harus dilakukan dengan hati-hati. Pengecoran ini harus dilakukan pagi hari sebelum pekerjaan dimulai. Tanah harus benar-benar dipadatkan dengan menambahkan air dan digali di sepanjang lingkaran reaktor. Kurangnya kepadatan dapat menyebabkan keretakan di dinding dan kubah.
- c.5. Apabila batu digunakan dalam konstruksi dinding, maka dinding harus bertolak belakang dengan sisi lubang. Sebab, sulit melakukan penimbunan kembali dengan benar, dikarenakan bentuk batu tidak teratur. Adukan semen yang digunakan harus menggunakan 1 bagian semen dan 3 bagian pasir, atau 1 bagian semen dan 4 bagian pasir, tergantung kualitas pasir.
- c.6. Pada saat peletakan batu bata/batu, pastikan sela di antara batu bata atau batu diisi dengan adukan semen dan dipadatkan. Ketebalan adukan untuk bagian itu sekurang-kurangnya 15 mm. Pastikan adukan di lapisan itu tidak membentuk garis vertikal (retak).
- c.7. Pada saat ketinggian dinding mencapai 30 cm (untuk tempat pengolahan berukuran 4 dan 6 m³) dan 35 cm (untuk ukuran tempat 8, 10 & 12 m³), pasang 2 pipa inlet (satu untuk mengalirkan kotoran hewan dan satunya lagi untuk kotoran manusia). Pipa-pipa ini harus diposisikan saling berlawanan dari pembukaan parit. Kemiringan tanah untuk pipa sekurang-kurangnya 60° di atas permukaan tanah. Pastikan panjang pipa inlet memadai untuk konstruksi lantai, sekurang-kurangnya 15 cm lebih tinggi dari tingkat *overflow bio-slurry* di dinding *outlet*. Untuk mengurangi resiko tersumbat, pipa inlet diletakkan dengan arah vertikal.



Bentuk dinding melingkar yang sudah jadi.

- c.8. Tinggi dinding diukur dari atas lantai yang sudah dicor setebal 7-10 cm. Cek gambar untuk ketinggian dinding.
- c.9. Tepat berhadapan dengan pipa inlet, rongga berukuran 60 cm harus disisakan di dinding yang berfungsi sebagai *manhole*. *Bio-slurry* yang telah diproses secara *anaerob* mengalir menuju tangki *outlet* melalui pembukaan ini. Pipa *inlet* dari kakus harus diletakkan sedekat mungkin dengan pipa *inlet* kotoran hewan dengan jarak maksimal 30 derajat dari garis tengah *manhole*. Tahap selanjutnya adalah pembuatan lantai.
- c.10. Pecahan batu-bata atau batu harus dicor di tanah yang telah dipadatkan. Setelah proses pemadatan lapisan batu selesai, beri lapisan beton dengan perbandingan 1:2:4 PCC dengan baik. Di wilayah yang tanahnya tidak mampu menahan berat atau memiliki genangan air yang relatif tinggi, lantai harus dibangun dengan beton semen tanpa campuran (1:2:4) sebelum membangun dinding.
- c.11. Ketika reaktor mencapai ketinggian yang benar, bagian dalam harus diplaster dengan lapisan semen halus dengan campuran 1 bagian semen dan 3 bagian pasir.

d. Pembangunan Kubah Penampung Gas

Setelah pembangunan reaktor selesai, buatlah bentuk lengkung (kubah) yang berfungsi sebagai tempat penampungan gas. Pembangunan dilakukan dengan mencampur semen *Portland*: pasir: kerikil dengan perbandingan 1:2:3 dibantu cetakan tanah yang disiapkan dari timbunan tanah di sekitar reaktor.

Sebelum membangun kubah, bagian dalam reaktor harus diisi dengan timbunan tanah yang dipadatkan. Jika hal ini tidak dilakukan, maka tekanan tanah dapat menimbulkan retakan pada reaktor. Sebuah pipa harus dipasang pada sumbu tengah lantai. Ujung pipa ini harus menyembul 2,5 cm dari cetakan tanah.

Setelah penimbunan selesai, pipa tegak bisa dikeluarkan dengan cara ditarik. Pipa itu diganti dengan pipa yang lebih pendek berdiameter 0,5 inci, dengan panjang kira-kira 1 m. Sekarang, cetakan kubah dapat digunakan. Bagian atas cetakan tanah harus bersih ketika proses pencetakan dilakukan.

Cetakan itu bisa digunakan untuk memeriksa kepadatan tanah di bagian atas dan di bagian samping. Lebih jauh lagi, bagian cetakan yang mengenai reaktor harus sesuai dengan keliling dinding itu. Hal ini penting ketika cetakan tanah selesai dipadatkan. Tekanan tanah ditekan setelah pengecoran kubah, ditambah beban sendiri dan beban coran, maka akan menyebabkan keretakan.

Tanah yang dipakai untuk cetakan harus lembab untuk mencegah penyerapan air semen. Ketika bentuk cetakan tanah sudah menyerupai kubah, pasir halus ditebarkan di permukaan cetakan. Sisa pasir dan tanah yang berlebih di atas reaktor harus dibuang. Sebelum memulai mengecor, harus tersedia jumlah pekerja yang cukup dan material seperti pasir, kerikil, dan semen.



Cetakan kubah dibentuk dari tanah yang dipadatkan.



Proses pengecoran kubah.

Pengecoran harus dilakukan cepat dan serapi mungkin tanpa berhenti. Setiap jeda waktu pengerjaan akan memberikan efek buruk untuk kualitas pengecoran. Secara terus-menerus, pasokan beton yang cukup (campuran 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil) harus disiapkan oleh tukang. Campuran yang diaduk selama lebih dari 30 menit tidak diijinkan untuk digunakan sebagai bahan pengecoran. Sebelum mengecor, bagian atas dinding juga harus disiram dengan air semen.

Pengecoran kubah dimulai dari atas *manhole*, dengan mengecor balok setebal 25 cm yang berfungsi sebagai fondasi dinding. Perhatian khusus harus diberikan untuk menjaga ketebalan dari kubah selama dicor, contoh, ketebalan ujung harus melebihi ketebalan bagian tengah. Untuk reaktor volume 4 dan 6 m³, ketebalan di ujung harus 15 cm dan di tengah 7 cm. Begitu juga untuk reaktor ukuran 8, 10, dan 12 m³, ketebalan di ujung harus 20 cm dan di tengah 7 cm. Pipa kecil di atas cetakan harus tetap dijaga sampai pipa gas utama dipasang, sehingga posisinya akan tepat di tengah-tengah kubah.

Setelah pengecoran, beton harus terlindung dari sinar matahari langsung, sehingga harus ditutup dengan karung semen atau tikar jerami. Perlindungan ini harus dibiarkan selama, paling tidak, 1 minggu. Kubah cor juga harus diperciki air selama 3 atau 4 kali sehari, yang jug disebut *curing*.

e. Memplaster Reaktor dan Kubah Penampung Gas

Kepekatan gas dari penampung adalah hal terpenting untuk mengetahui keefektifan reaktor biogas. Jika gas yang disimpan dalam penampungan lepas melalui pori-pori kecil, pengguna tidak akan dapat menggunakan gas itu. Keseluruhan investasi akan sia-sia apabila penampung gas tidak dibangun sempurna. Setelah kira-kira satu minggu, tergantung suhu tanah, maka cetakan tanah dapat dipindahkan dari *manhole*. Ketika semua tanah sudah dipindahkan, permukaan penampung gas harus dibersihkan dengan cara menggosoknya menggunakan air dan sikat besi. Seluruh permukaan kubah harus dibersihkan sebelum diplaster. Setelah dibersihkan, lapisan plaster harus dipasang agar tempat penampung gas mampu menahan gas dengan sempurna.



(Searah jarum jam) 1. Proses pencampuran semen dan pasir, 2. Mengikis dinding dalam kubah. 3. Kubah yang sudah jadi, 4. Proses pembuatan menara kecil.

e.1. Menggosok dan menggaruk (mengikis)

e.2. 6 lapisan pekerjaan perawatan kubah:

- I. Lapisan 1: semen dicampur air (1:5), kemudian disapukan di dalam kubah.
- II. Lapisan 2: 10 mm plaster tipis dengan adukan semen pasir (1:3), diplaster menggunakan cetok semen dan raskam.
- III. Lapisan 3: semen dicampur air (1:5), kemudian disapukan di dalam kubah.
- IV. Lapisan 4: 3 sampai 5 mm, semen-campuran pasir (1:2) dengan sendok semen dan raskam.
- V. Lapisan 5: memplaster dengan semen dan cat *acrylic emulsion paint mix* (1:2) 3 sampai 5 mm diplaster tipis memakai raskam dan sendok semen dihaluskan.
- VI Lapisan 6: dicat menggunakan lapisan tebal tersusun dari semen-*acrylic emulsion paint* (1:10) diratakan dengan kuas (lebar 10 cm). Lapisan cat harus benar-benar kering sebelum lapisan selanjutnya ditambah. Selang waktu 1 hari untuk lapisan 5 dan 6 berdampak baik bagi kepadatan gas. Ketika memasang lapisan plaster, pekerjaan harus benar-benar teliti dan tidak boleh terganggu. Setiap lapisan harus halus dan baik. Pengawetan juga harus dilakukan dengan tepat pada tiap-tiap permukaan sebelum menambah lapisan yang lain. Berfungsinya tempat pengolahan sangat tergantung pada kepekatan gas dalam kubah. Karenanya, pekerjaan memplaster setiap lapisan kubah harus dilakukan hati-hati seperti yang disyaratkan dalam standar mutu.

f. Pembangunan Turret, Manhole, dan Outlet

Turret

Turret dibangun untuk melindungi kubah pipa gas. Sehari setelah kubah dilapisi semen, menara kecil harus dibangun. Jika terlambat, dapat menyebabkan kebocoran antara pipa gas utama dan kubah. Pembangunan menara kecil harus dilakukan pada saat beton di permukaan luar kubah kering. Ukuran menara disesuaikan dengan ukuran batu dan batu bata. Menara boleh berbentuk persegi atau lingkaran. Ukuran persegi adalah 36x36 cm, apabila lingkaran, diameternya harus 20 cm. Tinggi menara sekurang-kurangnya adalah 40 cm. Menara dapat dibangun menggunakan beton apabila ada sisa adukan dari lapisan kubah.

Manhole dan Outlet

Untuk membangun *outlet* yang juga disebut dengan ruang pemisah, penggalian harus dilakukan di belakang *manhole*. Ukuran tangki harus akurat karena akan menentukan kapasitas kegunaan penampung gas. Hal-hal berikut harus dilakukan saat membangun tangki:

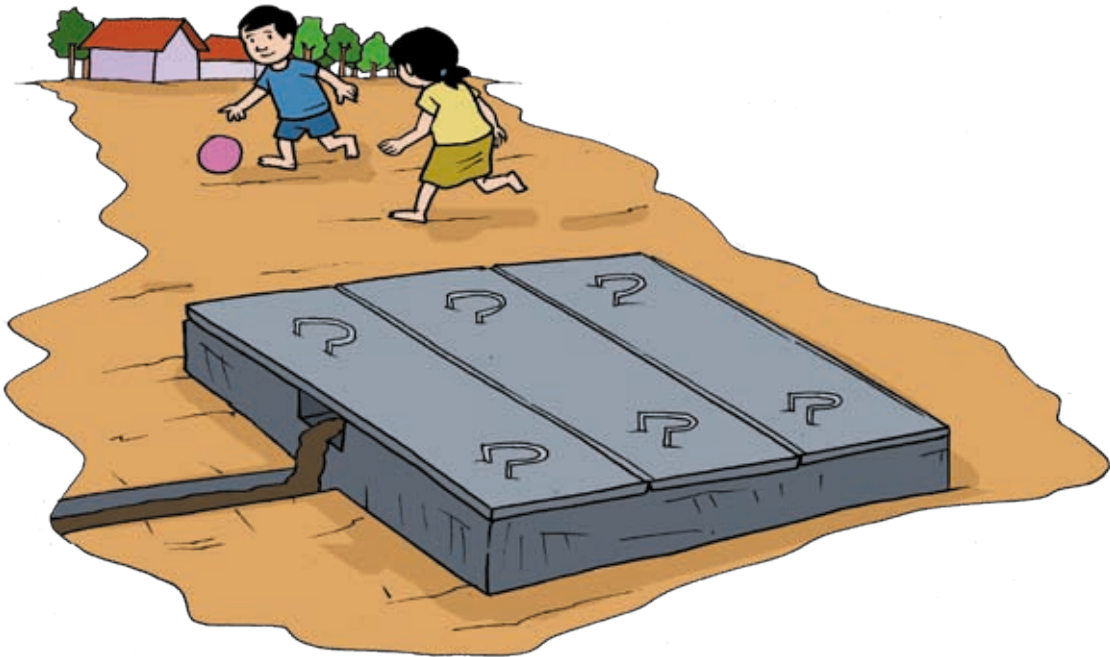
- f.1. Kedalaman yang tepat menjadi bagian dari *outlet* ditambah kedalaman plaster dan ketebalan lantai hingga membentuk dasar. Ketika dilapisi pada kedalaman ini, bagian atas lantai akan tersambung pada bagian atas *manhole*. Tanah di dasar *outlet* dan di belakang got harus benar-benar padat untuk mencegah keretakan di masa yang akan datang. Bentuk bagian dalam ruang *outlet* dapat dilihat pada gambar di bagian panjang, luas dan kedalaman. Panjang dan luas galian harus sesuai bentuk bagian dalam ditambah ketebalan dinding dan lapisan plaster.
- f.2. Setelah pelapisan selesai, padatkan lantai dengan hamparan serpihan batu atau batu bata. Setelah itu, beri lapisan tebal berupa adukan semen dan pasir (1:4). Permukaan lapisan harus rata dan halus karena pada permukaan ini, saat adukan telah kering, dinding *outlet* akan dibangun dengan ukuran seperti ditunjukkan dalam gambar.
Sementara menyesuaikan ukuran, sisakan sekitar 1,5 - 2 cm untuk proses plaster (di setiap sisinya). Bubuhkan adukan lapisan pertama (1:3) dan mulailah membangun dinding. Pertama, letakkan batu bata di 4 sudut dinding tangki dan gunakan seutas tali untuk memandu peletakannya dengan cara mengikat tali tersebut ke batu bata di setiap sudut. Dinding harus vertikal dan akhiri dengan lapisan plaster semen halus (1:3). Bagian luar dinding harus padat untuk mencegah retak yang diakibatkan oleh tekanan *bio-slurry* dari dalam, namun tidak perlu diplaster.
- f.3. Bagian pembuangan di dinding *outlet* harus ditinggikan dari ketinggian tanah semula. Hal ini untuk mencegah aliran dari sekitar yang masuk ke dalam *outlet*, terutama di musim hujan.
- f.4. Lebih baik *outlet* diatur agar panjangnya paralel dengan garis tengah. Apabila ada hambatan yang diakibatkan oleh tanah maka bisa saja dilakukan perubahan. Selalu bangun *overflow* pada dinding yang lebih rendah.

Penutup *outlet* dibuat pada saat proses pengecoran kubah. Penutup dapat dibuat di tanah yang rata sesuai ukuran yang diberikan untuk beberapa kapasitas tempat pengolahan. Perhatikan dengan seksama proses pemadatan campuran beton pada pelapisan penutup *outlet* karena lubang kecil yang tertinggal dapat memicu uap yang masuk ke *bio-slurry* dalam tangki. Uap akan menyebabkan pengaliran yang, dalam jangka waktu lama, bisa menghancurkan penutup. Meski hanya ada beberapa lubang, tetapi lubang-lubang tersebut harus



Proses pembuatan lempeng penutup *outlet*.

ditutup menggunakan lapisan plaster. Lempeng harus dibersihkan setidaknya 5 hari sebelum digunakan. Penutup itu juga harus setebal 5,5 cm. Ukurannya adalah seukuran benda yang mudah dibawa oleh 3-4 orang. Penutup *outlet* sangat penting untuk menghindari manusia, khususnya anak-anak, dan hewan jatuh ke dalamnya. Dan lagi, lempeng akan menghambat air hujan memasuki reaktor dan membantu mencegah penguapan *bio-slurry* pada musim kering.



Dimensi lempeng outlet dijelaskan dalam tabel berikut:

3 Ukuran reaktor	Ukuran penutup dalam cm		Jumlah Penutup	Diameter besi tulangan	Berat besi baja yang harus dibeli
	Panjang	Lebar			
4	164	62	3	8	12
6	174	68	3	8	16
8	184	72	3	8	18
10	204	78	3	10	20
12	224	82	3	10	22

Untuk semua lempeng:

- Tebal: 6 hingga 7.5 cm (2.5-3").
- Selimut beton : 2-2.5 cm (1").
- Besi tulangan yang diletakkan membujur: 15 cm (6").
- Besi tulangan pada bagian persimpangan: 30 cm (12").
- Perbandingan beton: 1: 2: 4.
- Masa perawatan: sekurang-kurangnya 5 hari.

g. Pembangunan *Inlet*

Biasanya *inlet* baru dibangun setelah *outlet* selesai dibangun; namun bisa saja keduanya dikerjakan bersamaan. *Inlet* dibangun untuk mencampur kotoran hewan. Di dalam *inlet*, kotoran hewan akan bercampur dengan air sehingga menghasilkan campuran dengan kandungan padat sekitar 8-10%.



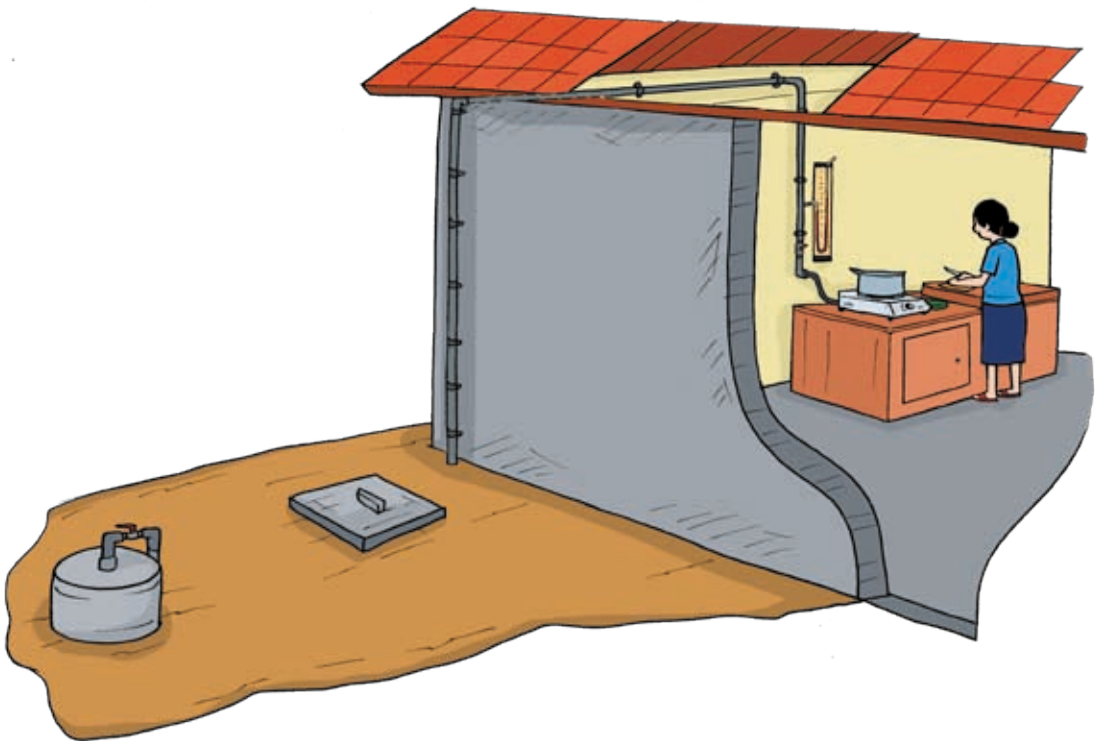
Proses konstruksi inlet.

Berikut ini adalah beberapa fakta yang harus dipertimbangkan saat membangun *inlet* untuk pengisian kotoran hewan ke dalam reaktor:

- g.1. Pipa *inlet* ditempatkan sejajar dengan posisi tiang pipa gas utama dan *overflow outlet*.
- g.2. Permukaan berbentuk lingkaran, tapi pondasinya berbentuk persegi. Ketinggian dasar bangunan dapat ditentukan dengan cara lantai tangki inlet ditempatkan lebih tinggi kira-kira 15 cm dari *overflow outlet*.
- g.3. Setelah dasar bangunan dibangun, bagian bundar dari tangki *inlet* juga harus dibangun sebagai tempat pencampuran kotoran dan air. Sebelum memulai pembangunan dinding melingkar *inlet*, persiapan-persiapan dapat dilakukan pada dasar bangunannya di tempat proses pencampuran berlangsung. Pembangunan tempat pencampuran ini sebaiknya tidak hanya mempertimbangkan kemudahan operasional, tetapi juga untuk memperbaiki kualitas campuran. Untuk menentukan posisi ketepatan tempat pencampuran, poros harus diletakkan di tengah-tengah lantai inlet. Kemudian, lantai *inlet* dibangun. Pada permukaan yang selesai dikerjakan, buatlah tanda bundar dengan menggunakan benang atau kawat untuk menentukan bagian dalam tangki.
- g.4. Dinding melingkar *inlet* sekarang sudah dapat dibangun dengan memakai batu bata secara melingkar mengikuti tanda yang telah dibuat. Pada saat ketinggian bundaran lubang telah mencapai 45 cm, batang pengikat *mixer* harus dipaskan untuk mengencangkan *mixer*. *Mixer* harus benar-benar bersatu dengan bangunan itu, sehingga mudah digunakan, efektif dalam proses pencampuran, dan tahan karat. Bagian baja yang mengenai *bio-slurry* perlu dicat.



- g.5. Tinggi dinding saluran masuk harus mencapai 60 cm. Tinggi keseluruhan termasuk dasar saluran adalah 90 cm. Pada kasus tertentu, ketinggian dari tanah harus di atas 100 cm.
- g.6. Setelah dinding bundar telah dibangun, biarkan hingga adukan kering sempurna. Kedua bagian tangki diplaster menggunakan adukan semen (1 bagian semen : 3 bagian pasir).
- g.7. Bagian dasar tangki setidaknya harus 15 cm di atas *overflow* dinding *outlet*.
- g.8. Posisi pipa saluran masuk di lantai harus disesuaikan sehingga tiang dan batangan pipa dapat masuk tanpa ada menyulitkan penutupan sementara, jika perlu dilakukan. Apabila posisi pipa saluran masuk tidak benar, dinding saluran tersebut harus dijebol sedikit untuk memasukkan batangan atau tiang ke dalamnya. Untuk kasus toilet yang terhubung dengan tempat pengolahan, maka lebih baik membangun tempat tanpa saluran atau pengumpul. Sebab, tempat semacam ini membutuhkan lebih banyak air untuk mengalirkan kotoran, sehingga air dalam digester dapat mempengaruhi massa genangan *hidrolik* dan jumlah zat padat di dalam *slurry*. Tidak mungkin memblok kembali pipa jika menggunakan pengumpul. Pipa saluran masuk dari toilet tidak boleh berjarak radius 30° dari garis tengah. Selain itu, tingkat tampungan toilet sekurang-kurangnya 20 cm di atas katup limbah dinding saluran keluar.

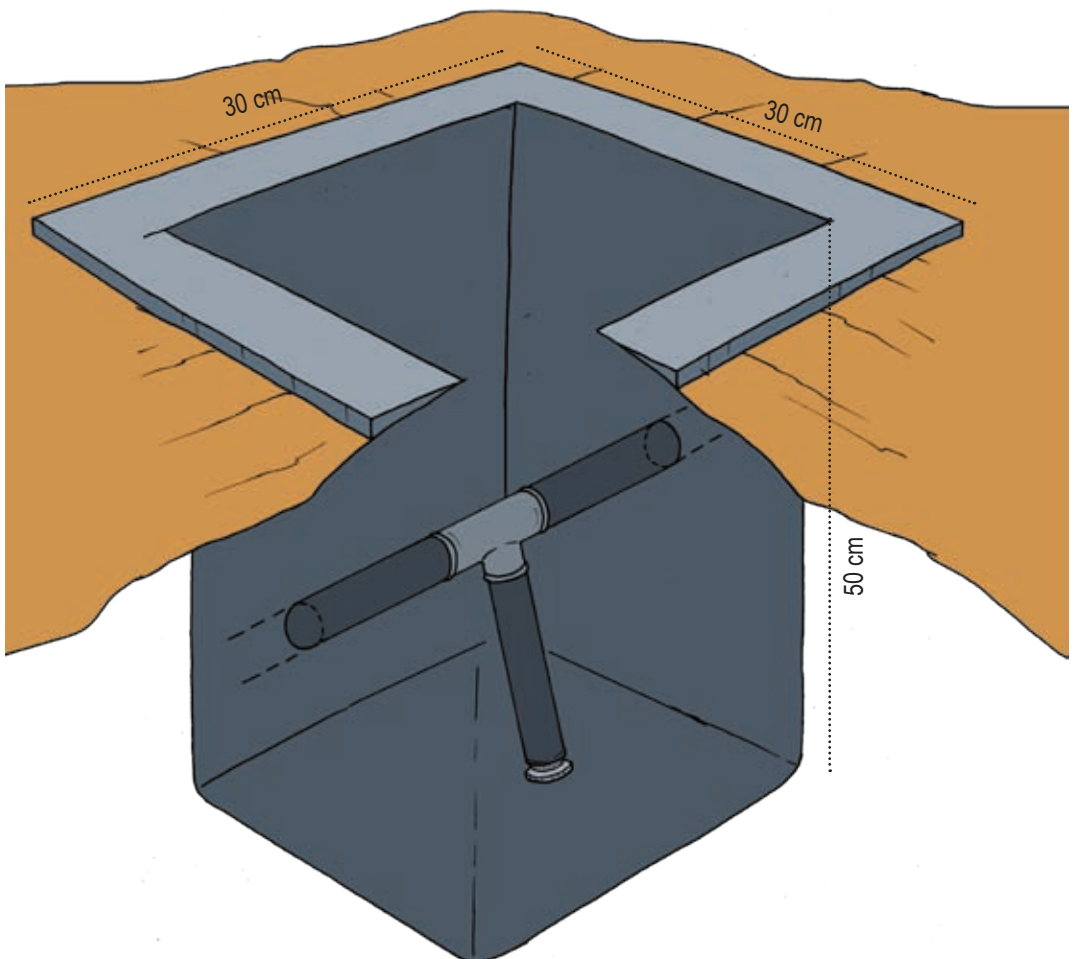


h. Penyesuaian Saluran Pipa dan Peralatan

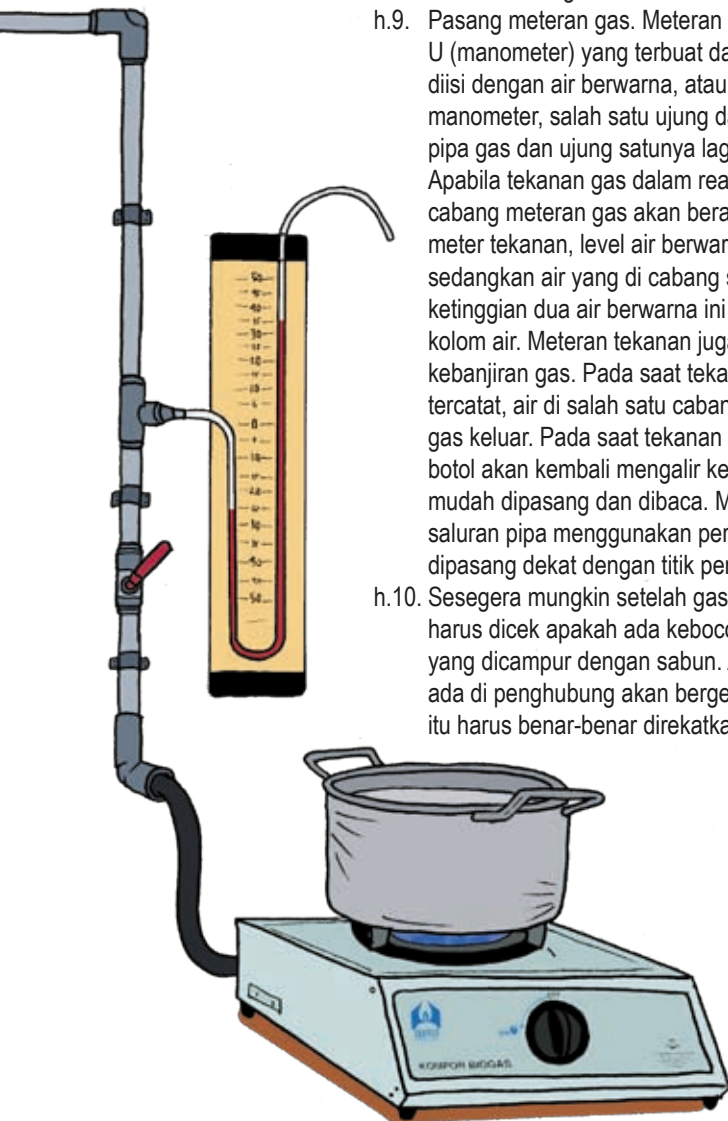
Biogas diproduksi di reaktor dan disimpan di penampungan gas, baru kemudian dialirkan melalui pipa. Apabila lapisan dan siku pipa tidak dikerjakan dengan benar, gas yang dihasilkan tidak dapat dialirkan dengan sempurna ke lokasi penggunaan. Langkah-langkah berikut harus dilakukan saat memasang pipa dan peralatan lainnya:

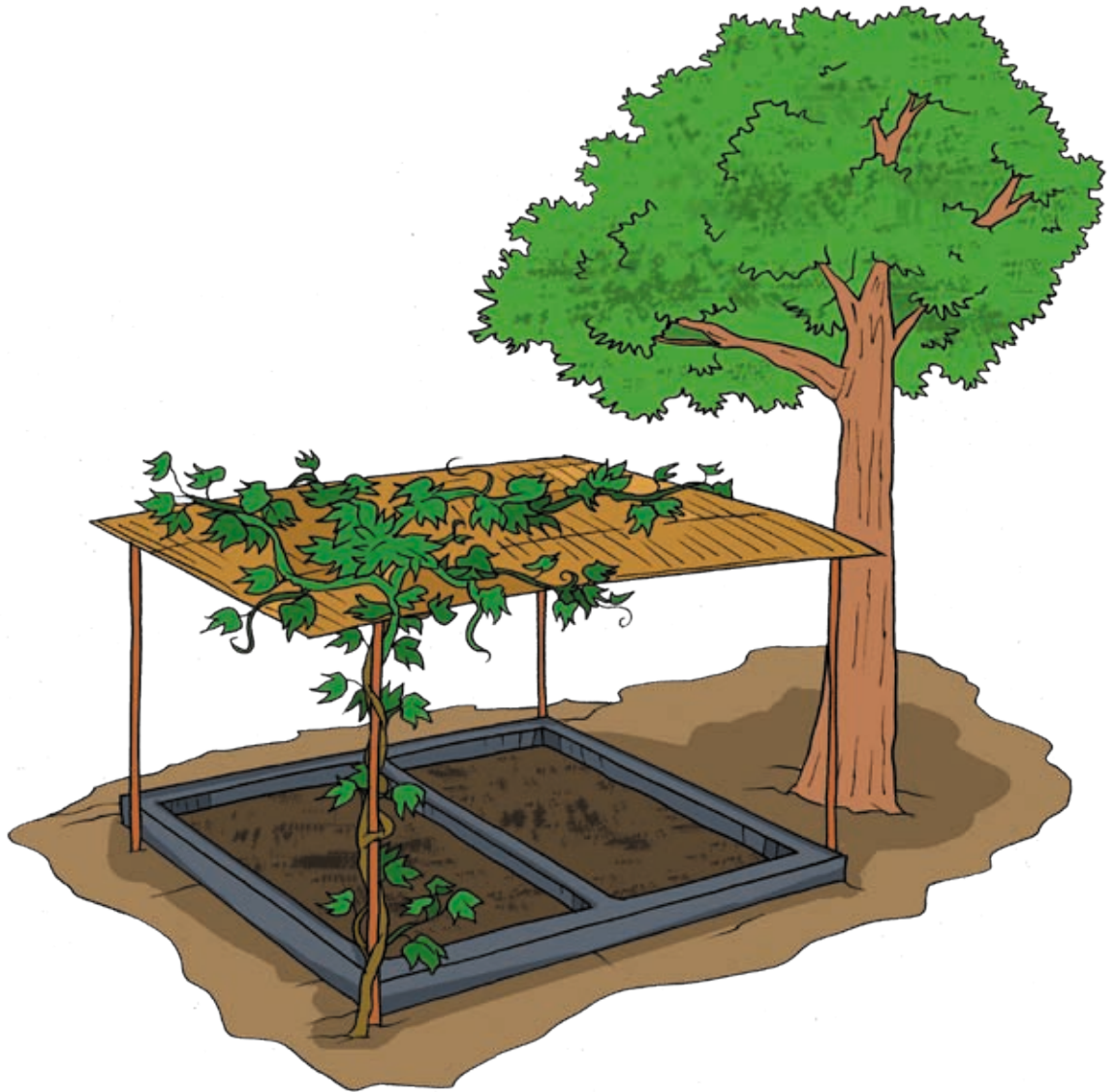
- h.1. Sebelum memasang pipa, panjang pipa dari reaktor biogas hingga ke titik aplikasi (dapur) harus diukur. Rute diusahakan sependek mungkin sehingga risiko kerusakan saluran pipa karena faktor luar dapat ditekan.

- h.2. Setelah panjang pipa ditentukan, penggalian parit tempat pipa dapat dimulai. Kemiringan parit tidak terlalu curam dan tepat, sehingga peletakan pipa ke dalamnya dapat dilakukan pada kemiringan tertentu.
- h.3. Pertama-tama katup pipa harus dipaskan posisinya. Pastikan tidak ada perkakas selain saluran pipa antara pipa gas utama yang terpasang di kubah dan katup gas utama. Hal ini untuk menghindari risiko kebocoran gas.
- h.4. Sebelum memasang saluran pipa, panjang pipa dan jumlah perkakas yang dibutuhkan harus ditentukan terlebih dahulu. Pipa harus dipotong sesuai kebutuhan dengan menggunakan mata pisau khusus. Urutan pipa harus dibuat seterampil mungkin apabila menggunakan pipa GI. Untuk membuat urutan dalam pipa, penanda dan pewarna dapat digunakan. Minyak dapat digunakan untuk pelumas sehingga memudahkan proses pemotongan dan membantu menyempurnakan urutan. Setelah urutan selesai dibuat dan peralatan disiapkan, pipa dapat segera dipasang dan digabung. Pipa mutu terbaik PVC dapat digunakan untuk menghemat biaya. Penggabungan dua pipa PVC harus benar-benar rekat dengan bantuan lem. Sementara perlengkapan lain yang harus tersambung dengan saluran pipa harus direkatkan dengan dempul seng, selotip teflon, atau gabungan goni dan cat untuk pipa GI dan cairan perekat getah karet dengan mutu terbaik untuk pipa PVC. Perekat jenis lain seperti minyak, cat kosong, sabun, tanah lempung, dll, tidak boleh digunakan. Untuk mengurangi resiko kebocoran, penggunaan perlengkapan tambahan harus seminimal mungkin. Ikatan dengan tali juga tidak boleh digunakan.
- h.5. Saluran pipa yang menyalurkan biogas dari tempat pengolahan ke alat pengguna rentan rusak karena ulah manusia, binatang peliharaan, dan hewan pengerat. Maka dari itu, beberapa cara perlindungan dapat dilakukan untuk mencegah kerusakan. Sangat disarankan untuk menggunakan pipa besi yang telah digalvanisasikan (GI) dan ditanam minimal 30 cm di dalam tanah. Namun begitu, pipa PVC kualitas terbaik bisa juga digunakan seperti telah dijelaskan di atas.



- h.6. Biogas yang dialirkan dari penampungnya telah bercampur dengan uap air. Air menguap ketika mengenai dinding pipa. Apabila penguapan air ini tidak teralirkan dengan lancar, maka bisa dipastikan akan menyumbat pipa. Maka *outlet* untuk mengalirkan air harus dipasang pada pipa. Posisi saluran air harus vertikal di bawah titik paling rendah dari saluran pipa sehingga air otomatis akan mengalir karena gaya tarik gravitasi ke *outlet*. Air harus dialirkan berkala, dan oleh sebab itu, *waterdrain* harus dipasang dengan baik. *Outlet* harus dilindungi dengan baik dalam sebuah ruangan (panjang 30 cm, lebar 30 cm, dan kedalaman 50 cm). Tutup ruangan ini harus dilapisi pada saat pelapisan lempeng untuk tangki *outlet*.
- h.7. Setelah pipa di tanah dipasang dengan benar dari kubah ke dapur, langkah selanjutnya adalah untuk menyesuaikan kompos gas dan lampu. Atur posisi keran terlebih dulu, baru gunakan pipa selang karet *neoprene* untuk menghubungkan keran dan kompor gas. Tidak ada yang boleh digunakan selain pipa selang yang telah disetujui. Pipa selang karet yang digunakan harus bermutu baik. Seperti yang disyaratkan bagi pengguna, lampu gas juga harus sesuai. Proses penyatuan bagian-bagian dari lampu gas harus dilakukan dengan teliti.
- h.9. Pasang meteran gas. Meteran pengukur tekanan dapat berbentuk huruf U (manometer) yang terbuat dari tabung plastik atau kaca transparan dan diisi dengan air berwarna, atau tipe jam digital, atau analog tekanan. Untuk manometer, salah satu ujung dari meteran ukur U dihubungkan ke saluran pipa gas dan ujung satunya lagi ditempelkan ke botol kosong ke udara. Apabila tekanan gas dalam reaktor nol, permukaan air berwarna di dua cabang meteran gas akan berada di tengah. Pada saat biogas memasuki meter tekanan, level air berwarna di cabang yang tertutup bergerak turun, sedangkan air yang di cabang satunya lagi bergerak naik. Perbedaan ketinggian dua air berwarna ini menunjukkan tekanan gas dalam ukuran cm kolom air. Meteran tekanan juga merupakan katup keamanan untuk mencegah banjir gas. Pada saat tekanan gas di reaktor melampaui nilai yang telah tercatat, air di salah satu cabang meteran ukur tertekan masuk ke botol dan gas keluar. Pada saat tekanan gas di reaktor normal kembali, air yang ada di botol akan kembali mengalir ke tempat semula. Meteran berbentuk jam digital mudah dipasang dan dibaca. Meteran jenis ini dapat langsung dipasang di saluran pipa menggunakan persimpangan T. Meteran ukur tekanan gas harus dipasang dekat dengan titik penggunaan gas.
- h.10. Sesegera mungkin setelah gas dihasilkan, penghubung dan katup (keran) harus dicek apakah ada kebocoran dengan menggunakan cairan kental air yang dicampur dengan sabun. Apabila ada kebocoran, gelembung busa yang ada di penghubung akan bergerak atau pecah. Jika hal ini terjadi, penghubung itu harus benar-benar direkatkan kembali.





i. Konstruksi Lubang Kompos

Lubang kompos adalah bagian tak terpisahkan dari suatu reaktor biogas; tempat pengolahan tidak sempurna tanpa lubang ini. Minimal ada dua lubang kompos yang harus digali di dekat katup pembuangan *outlet* sehingga *bio-slurry* dapat dengan mudah mengalir ke lubang tersebut. Namun demikian, luas tempat harus disisakan antara dinding *outlet* dan lubang kompos sekurang-kurangnya 100 cm untuk mencegah keretakan dinding *outlet*. Kedua lubang ini akan digunakan bergantian sebagai *outlet bio-slurry* dari reaktor. Volume dari kedua lubang kompos setidaknya sama dengan volume tempat pengolahan. Kedalaman lubang kompos tidak boleh melebihi 1 meter dan jarak antara kedua lubang maksimal 50 cm. Panjang dan lebar di bagian atas harus melebihi bagian bawah dan 10 cm lumpur harus ditambahkan di semua sisi untuk meninggikan tanah guna mencegah air hujan masuk ke lubang kompos. Angka-angka tersebut menggambarkan ukuran rinci lubang yang dibangun sesuai dengan kapasitas tempat pengolahan. Namun begitu, kebanyakan ukuran akan disesuaikan dengan ketersediaan tanah. Dengan volume dan tinggi yang tetap, panjang dan luas lubang dapat disesuaikan berdasarkan kondisi wilayah. Untuk menghasilkan pupuk yang potensial dan mudah digunakan, lubang kompos harus diisi dengan sisa limbah pertanian yang dicampur dengan *bio-slurry* dari tempat pengolahan. Disarankan untuk membangun atap peneduh di atas lubang kompos guna menghindari sinar matahari langsung. Atap peneduh ini bisa dimanfaatkan untuk penanaman sayuran dari jenis tanaman merambat.

j. Tahap Akhir Pengerjaan dan Petunjuk Penggunaan ke Para Pengguna

Apabila pekerjaan konstruksi telah selesai, area di sekitar pembangunan harus dibersihkan. Sisa bahan bangunan harus dibuang. Bagian atas kubah harus diisi dengan tanah yang berfungsi sebagai insulin perlindungan tempat pengolahan. Bagian luar outlet dan dasar inlet harus diisi dengan tanah yang dipadatkan. Sistem drainase yang baik harus dijalankan untuk menghindari air hujan masuk ke dalam reaktor biogas. Setelah pekerjaan konstruksi benar-benar selesai, mandor harus memberikan pengarahan kepada para pengguna mengenai pengoperasian dan pemeliharaan tempat pengolahan. Pentingnya memasukkan bahan baku sesuai ketentuan setiap hari, pengoperasian alat, hal-hal yang harus diperhatikan saat mengoperasikan tempat pengolahan, dan lain-lain, harus dijelaskan sebelum mandor meninggalkan tempat pembangunan.

Informasi yang berkaitan dengan aspek-aspek kegiatan operasional berikut harus disampaikan kepada para pengguna:

- j.1. Pengisian bahan baku awal dan harian untuk tempat pengolahan.
- j.2. Penggunaan katup utama.
- j.3. Pemeriksaan kebocoran.
- j.4. Penggunaan saluran air.
- j.5. Pembersihan *outlet*.
- j.6. Proses kompos/pemeliharaan lubang kompos.
- j.7. Pelumasan keran gas.
- j.8. Pembersihan kompor gas.
- j.9. Pembersihan lampu gas.
- j.10. Masuk ke lapisan *scum*.
- j.11. Membaca meteran ukur tekanan gas dan menyesuaikan aliran gas seperti tertera pada meteran.

k. Pemeriksaan Kerapatan Gas dan Air

Setelah tahap pembangunan dan instalasi pipa serta peralatan pendukung selesai, dan sebelum memasukkan bahan baku kotoran dan air, reaktor biogas harus diperiksa kedapannya air (pada reaktor) dan juga kedapannya gasnya (pada penampungan gas – kubah dan sistem pengaliran – pipa dan peralatan). Apabila tempat reaktor tidak mampu menahan air, maka akan berisiko terjadi kebocoran.

Reaktor biogas yang bocor juga menyebabkan kerusakan mutu pupuk alamnya. Sama halnya, jika penampung gas tidak kedap, gas yang diproduksi akan menguap ke udara yang menyebabkan kurangnya ketersediaan gas (pada skala kecil) dan bahaya untuk lingkungan (pada skala besar).

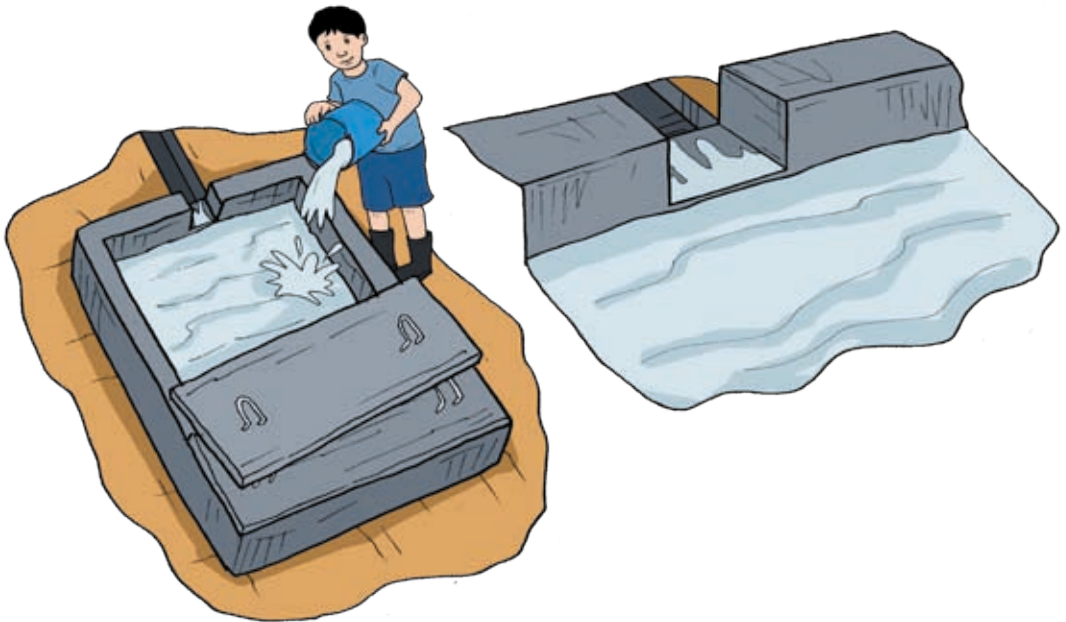
Dengan kata lain, efisiensi dan efektivitas reaktor biogas sangat tergantung pada daya tampung dan kedapannya tangki penyimpanan gas, pipa dan peralatan pendukung lainnya, serta kedapannya air dari reaktor. Unit produksi biogas kecil yang digunakan dapat mengurangi gas CO₂. Namun, reaktor biogas itu memproduksi metana, CH₄, yang lebih kuat dari gas rumah kaca. Maka dari itu, penyebaran gas (kebocoran metana) dari unit ini sangat penting bukan hanya dari sudut pandang efisiensi produksi dan keamanan, namun juga kelestarian iklim dan lingkungan hidup. Banyak dari unit ini, kecuali di Nepal, terdiri dari kubah batu yang sebagian dibangun di tanah, tempat metana diproduksi.

Terdapat beberapa metode yang dapat dipraktikkan untuk mengecek kedapannya air dan gas dari reaktor biogas. Namun demikian, metode pengujian ini haruslah sesederhana mungkin sehingga dapat dilaksanakan di tingkat bawah dengan kebutuhan waktu dan tenaga yang sedikit. Cara paling sederhana untuk uji coba dijelaskan dibawah ini:

Mengecek Kedapannya Air

Setelah pekerjaan tahap akhir dalam reaktor selesai, harus benar-benar dicek apabila ada retakan, meski hanya kecil di dinding dan lantai. Apabila retakan terlihat, maka dapat diperbaiki dengan memplaster dan mendempul. Bila tidak ada retak, langkah-langkah berikut harus diikuti untuk mengecek kedapannya air:

- k.1. Isi reaktor dengan air hingga mencapai *overflow bio-slurry* pada tangki *outlet*. Biarkan begitu selama 3 - 4 jam hingga dinding menyerap air.
- k.2. Tandai tingginya air atau *bio-slurry* pada dinding *outlet* ketika ketinggian air stabil.
- k.3. Biarkan selama 24 jam dan kembali cek tingginya air.
- k.4. Amati perubahan ketinggian air setelah 24 jam. Ukur perbedaannya. Apabila tingkat susutnya air lebih kecil dari 3 cm di tempat pengolahan berukuran kecil (4 dan 6 m³) dan kurang dari 4 cm di tempat pengolahan yang besar (8 dan 10 m³), maka reaktor dikatakan kedap air. Akan tetapi, apabila tingkat susutnya air melebihi dari 4 cm dalam waktu 24 jam, maka reaktor tidak kedap air.
- k.5. Apabila penyusutan air berlangsung secara bertahap, tunggu sampai ketinggian permukaan air menjadi statis. Air yang susut kemudian berhenti pada ketinggian tertentu menandakan kebocoran terjadi di atas ketinggian tersebut. Jika ketinggian air terus susut hingga lantai, maka kebocoran mungkin terjadi di dasar dinding atau di lantai.
- k.6. Lapisan tipis plaster (5 - 7 mm) (perbandingan 1:3) yang mampu menahan air harus digunakan di dinding reaktor untuk mencegah kebocoran.



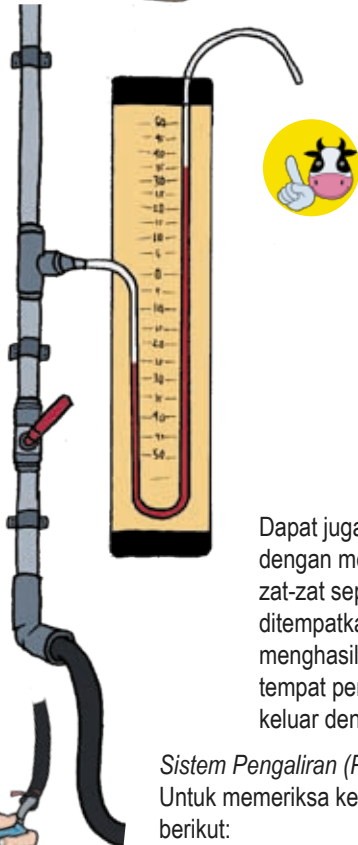
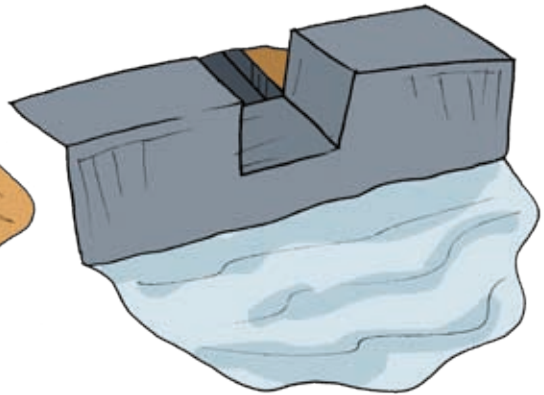
Mengecek Kecedapan Gas

Penampung gas

Untuk memeriksa kekedapan penampung gas, lakukan langkah-langkah berikut:

- k.1. Pastikan reaktor dan tangki outlet sudah kedap air.
- k.2. Dari tempat pengolahan yang telah diisi (untuk memeriksa kekedapan air), keluarkan air dari situ sampai ketinggiannya mencapai 15 cm di bawah *overflow*.
- k.3. Buka katup utama yang terletak di bagian paling atas kubah.
- k.4. Pompa udara melalui sistem pipa (lebih disarankan untuk membuka sambungan kompor dan selang pipa karet) dengan menggunakan pompa ukuran kecil sebesar tangan/kaki yang mirip dengan pompa ban sepeda hingga tingginya air mencapai tingginya *overflow* buangan di *outlet*. Selain itu, tekanan dapat diamati pada meteran ukur tekanan yang terpasang pada saluran pipa gas.
- k.5. Tutup Katup Gas Utama. Periksa bila ada kebocoran pada katup gas utama dan pastikan bahwa tidak ada kebocoran di dalamnya.
- k.6. Tandai tingginya air pada tangki outlet. Juga perhatikan cara baca ukuran tekanan yang terpasang pada saluran pipa gas.
- k.7. Tunggu selama lebih dari 4 jam.
- k.8. Setelah 4 jam, ukur ketinggian air di *outlet* dan pada meteran ukur.

- k.9. Apabila tingkat susutnya air di tangki outlet kurang dari 2 cm, maka penampung gas kedap gas. Dan jika meteran tidak terjadi perbedaan ketinggian lebih dari 2 cm, maka penampung tersebut kedap udara. Apabila tingkat susutnya melebihi 2 cm, kubah sekali harus diperbaiki.



catatan:

Pada saat memeriksa kedap gas di tempat penampung yang relatif besar seperti tempat pengolah biogas, tempo ukur harus selama mungkin untuk hasil yang lebih baik (24 jam). Penting untuk mengalokasikan waktu sehingga gas yang ada di dalam tempat pengolahan dapat stabil terlebih dahulu. Apalagi, kebocoran kecil saja dapat mengakibatkan perubahan tekanan udara, dan hal ini tidak mampu dideteksi oleh peralatan yang sensitif sekalipun kecuali dalam waktu cukup lama.

Dapat juga dilakukan, pengecekan kedap udara dari penampung, dengan menggunakan tes asap. Untuk tes ini, asap yang memproduksi zat-zat seperti *sulfur*, sebagian debu kering atau sekam padi, dapat ditempatkan dalam wadah yang mengapung di air dalam reaktor guna menghasilkan asap. Atau, asap dapat diinjeksi dari saluran pipa ke tempat pengolahan. Jika ada kebocoran di penampung gas, asap akan keluar dengan mudah.

Sistem Pengaliran (Pipa dan Peralatan Lainnya)

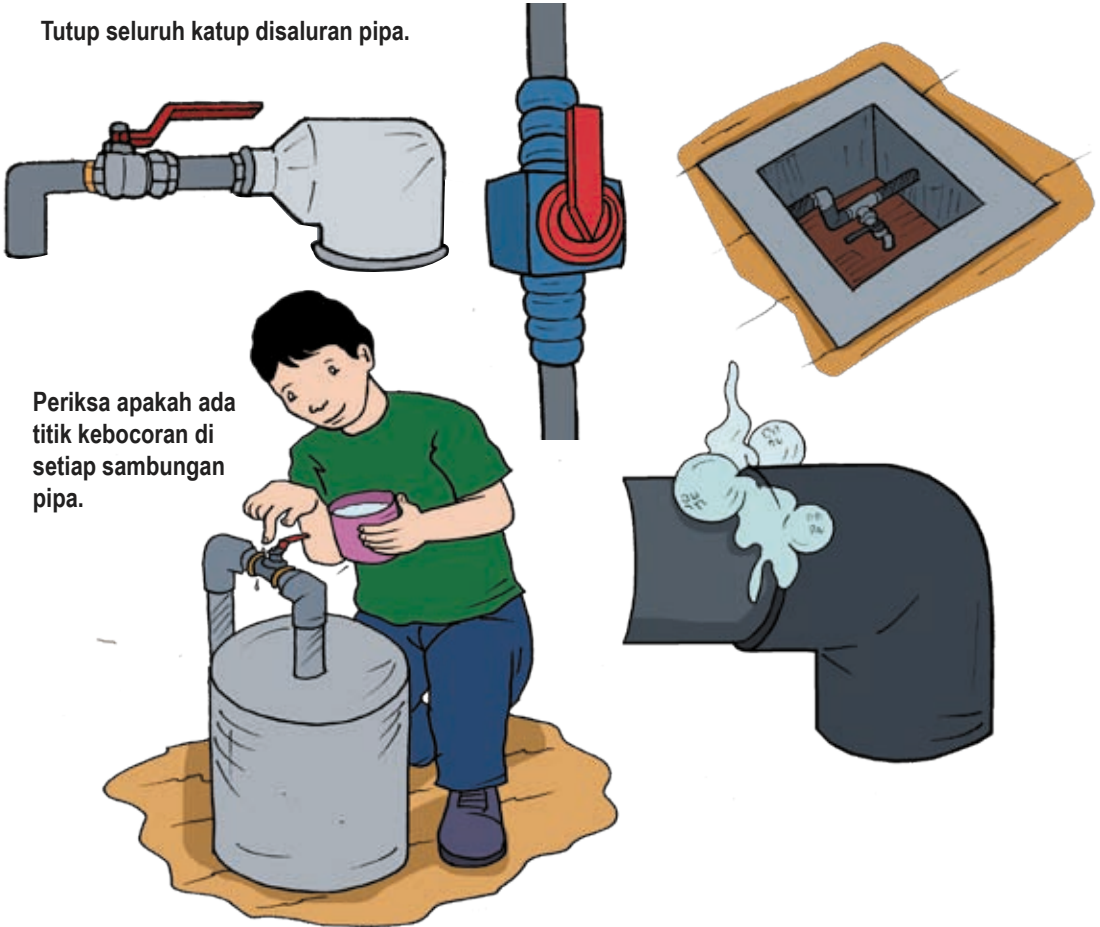
Untuk memeriksa kebocoran dari pipa dan peralatan, ikutilah langkah-langkah berikut:

- k.1. Pastikan tidak ada kebocoran dari katup utama.
- k.2. Tutup katup gas utama; keran gas, penyaring air atau katup di saluran pipa.
- k.3. Pompa udara di sistem pengalir melalui selang karet yang tersambung ke kompor dan saluran pipa hingga tekanan yang terbaca di meteran ukur naik menjadi 20 cm kolom air.
- k.4. Tunggu selama 2 jam.
- k.5. Setelah 2 jam, catat tekanan yang terbaca pada meteran ukur.



- k.6. Apabila tekanan berkurang lebih dari 2 cm kolom air, maka dapat dipastikan ada kebocoran pada sistem pengaliran.
- k.7. Untuk mencari tahu titik kebocoran, gunakan air sabun pada setiap persimpangan dan peralatan pendukung.
- k.8. Gelembung air sabun akan bergerak sangat cepat atau pecah bila ada kebocoran.
- k.9. Juga bisa dilakukan dengan menginjeksi asap ke dalam saluran pipa guna memeriksa kebocoran di dalamnya.
- k.10. Perbaiki apabila ada kebocoran yang terdeteksi.

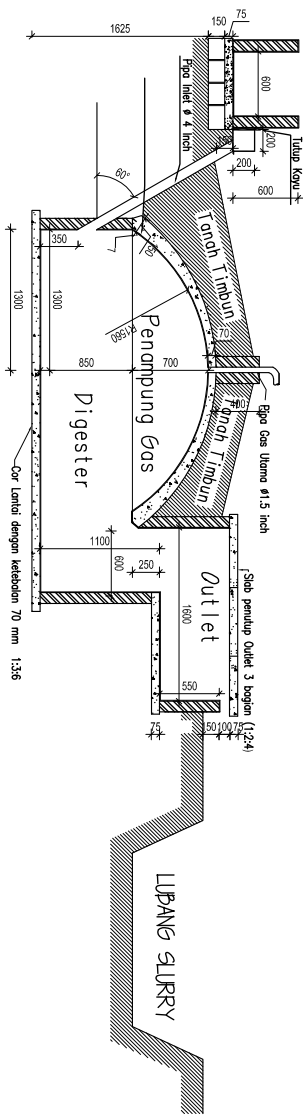
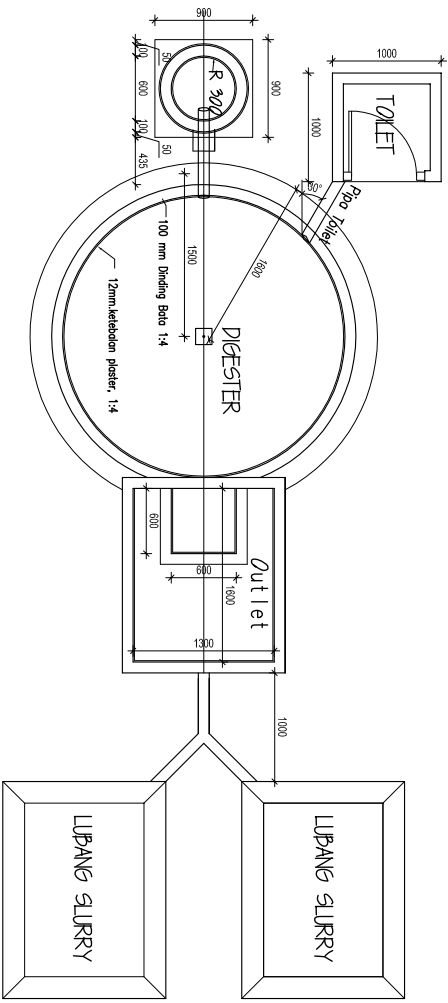
Tutup seluruh katup disaluran pipa.



Kesimpulan

Mandor/tukang pipa yang peduli dan patuh mengikuti instruksi dalam panduan konstruksi ini pada saat bekerja, akan mampu membuat reaktor biogas yang berfungsi baik dengan efisien sesuai dengan perkiraan. Sang pemilik akan mendapatkan hasil investasinya. Keberhasilan ini akan mendorong keluarga dan tetangga lain untuk ikut memasang reaktor biogas. Namun, jika reaktor biogas kurang berfungsi dengan baik, maka tidak ada yang akan termotivasi untuk ikut memasang reaktor biogas. Tempat pengolahan bermutu rendah akan membahayakan reputasi teknologi biogas dan akan menyulitkan kegiatan promosi dan penyuluhan. Maka dari itu, seorang mandor harus sadar dan memahami bahwa mutu tempat yang pengolahan yang tinggi akan membantu menaikkan tingkat pemasangan. Hal ini akan dibuktikan langsung dari keuntungan pemasang itu sendiri, para petani, dan pada skala yang besar juga berdampak baik terhadap negara.

Program Biogas Domestik Indonesia dikelola dan dilaksanakan oleh Hivos (Institut Humanis untuk Kerjasama dengan Negara-negara Berkembang) dengan asistensi teknis dari SNV (Organisasi Pembangunan dari Belanda), dan bekerja sama dengan pemangku kepentingan lokal dan nasional. Program BIRU (Biogas Rumah) didukung penuh oleh Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Indonesia dan didanai oleh Kedutaan Besar Kerajaan Belanda di Jakarta.



Indonesian Domestic Biogas Programme

Ukuran Reaktor : 6 M3

Modifikasi Oleh : Prakash

Skala 1:30

Tanggal 9 July 2009