

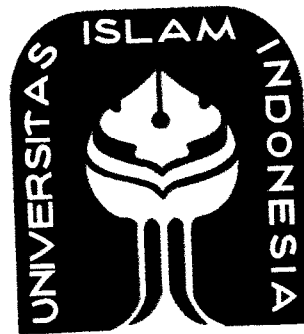
No : TA/TL/2007/0176

PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/SELI
TGL. TERIMA : 10 Mei 2007
NO. JUDUL : 00 24 29
NO. INV. : 120002429001
NO. MEK :

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN REAKTOR BIOGAS DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA LIMBAH TINJA DI KAMPUS FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1 Teknik Lingkungan

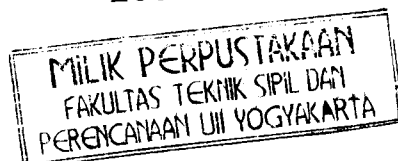


Oleh :

Nama : Indrasto Ary Widagdo

No. MHS : 01 513 100

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2007




LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN REAKTOR BIOGAS
DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA LIMBAH TINJA
DI KAMPUS FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Nama : Indrasto Ary Widagdo
No. Mhs : 01 513 100

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen pembimbing I
Ir. H. Kasam, MT


Tanggal : 8-3-07

Dosen pembimbing II
Andik Yulianto, ST

Tanggal :

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan tulisan sederhana ini kepada :
Sang penguasa bumi langit dan seisinya, ALLAH SWT
Penuntun umat manusia di muka bumi Rasulullah SAW
Dua insan yang telah disatukan Tuhan lewat cinta..
Bapak Sunardi, BE, SPd dan Bunda tercinta yang telah mengorbankan jiwa dan
raganya demi sang buah hati..
Kakak-kakakku tersayang
Anung ary Sudewo, ST dan Nining Tri Harsini, S. Hut; Bakti Priyo Sambodo, ST
dan Dewi, Amd; Enggar Sawitri S.Farm, Apt
Inspirasiku
Franssepta Yuanindya Sudewo, Djankgan Widayaka Sudewo, Arya Kunta
Sudewo dan Arya Bisma Sudewo
Kalian anugerah terindah dari ALLAH... dukungan, kasih sayang yang menjadi
Motivasi ku untuk menjadi yang terbaik dan selalu memberi warna dalam
perjalanan hidupku
Semoga Allah SWT mencatatnya sebagai amal kebajikan
Amin.

MOTTO

Apabila Allah SWT menghendaki Kebaikan Untuk hamba-Nya, maka Allah menimpakan untuknya musibah sebagai ujian untuk memperkuat dirinya.

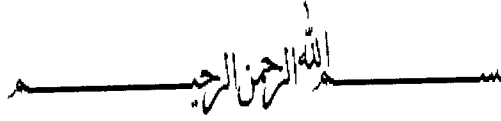
Dan janganlah kamu mengikuti apa yang kamu tidak mempunyai pengetahuan tentangnya. Sesungguhnya pendengaran, penglihatan dan hati, semuanya itu akan diminta pertanggung jawabnya.

[QS. 17. Al Israa': 36]

Dosa terbesar adalah ketakutan, Keberanian terbesar adalah kesabaran, Musibah terbesar adalah keputusasaan, Guru terbaik adalah pengalaman, Modal terbesar adalah kemandirian, Rekreasi terbaik adalah bekerja, Kehormatan terbesar adalah kesetiaan, Misteri terbesar adalah Kematian.

(Ali Bin Abi Tholib)

KATA PENGANTAR



Assalamu alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah segala puji dan syukur saya panjatkan kepada ALLAH SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, tidak lupa juga sholawat serta salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **"Perencanaan Reaktor Biogas Dengan Menggunakan Media Limbah Tinja di Kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia"**

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tentunya penyusun tidak lepas dari kesalahan-kesalahan dan kekurangan sehingga penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Selama menyelesaikan tugas akhir ini, penyusun telah banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. **ALLAH SWT**, Sang Pencipta dan Penguasa bumi dan seisinya.
2. **Muhammad SAW, Keluarga, Sahabat**, yang telah menuntun kita menuju kehidupan yang lebih terang.
3. **Bapak Prof. Dr. Drs. Edy Suandi Hamid, MEd** selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
4. **Bapak Dr. Ir. H. Ruzardi, MS** selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

5. **Bapak Luqman Hakim, ST., M.Si.** selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
6. **Bapak H. Kasam, MT** selaku pembimbing I Tugas Akhir.
7. **Bapak Andik Yulianto, ST** selaku pembimbing II Tugas Akhir.
8. **Bapak Hudori, ST** selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan.
9. **Bapak Eko Siswoyo, ST** selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan.
10. **Mas Agus Adi Prananto,** selaku staf Jurusan Teknik Lingkungan.
11. **Mas Iwan Amd** selaku laboran di laboratorium kualitas lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan.
12. The big family TL 01 : **Wisnu ST, Vqor, de2, Joko, Ajiis, Affan ST, Warih ST, Kinoj ST, The Pandoe, Azri ST, Imam, Mas Djatu, Ma'el ST, Andre ST, Muchtar, Pay, Deni, Anton, John, Idef ST, teman2 wisma Windy (pit, nial, na, veny, mel n irma) thnx tumpangan makannya tiap tanggal tua;... Retno ST, Ye2n ST, Indri, Yanti, Nunik ST, Kalfi ST,** dan semua dari yang telah lulus, yang dalam perjuangan untuk lulus, dan juga yang terdegradasi oleh kampus yang tidak dapat disebutkan satu persatu... Kenapa kita ditakdirkan untuk bertemu??? Karena kita selalu bersama dalam kesenangan dan kesusahan, selalu kompak dalam 'kegilaan' dan selalu serius dalam jalan keimanan dan ketaqwaan... **"Jika kita bersedih maka menangislah, Jika kita bahagia tersenyumlah, dan Jika kita senang dan gembira maka tertawalah, Jangan paksakan diri kita untuk tidak menangis, jangan bungkam mulut kita untuk tidak**

tersenyum ataupun tertawa...Karena jika kita lakukan, maka kita akan membunuh hati kita secara perlahan. Akibatnya hati kita akan kering dan gersang. Percayalah, pada saat itu kita tidak akan merasakan kebahagiaan...”

Terima kasih atas do'a, bantuan, dukungan dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

13. Keluarga besar **Teknik Lingkungan** dari '99-'06 yang telah banyak memberikan do'a, bantuan, dukungan dan motivasi.
14. Rumah keduku, **Keluarga Bapak Subroto, SPd** di Imogiri, buat do'a, bimbingan, serta semua yang telah diberikan selama di Jogja. Matur sembah Nuwun...
15. “The Real Adventurer..” Keluarga besar **MAPALA UNISI** Jogjakarta.
16. Teman2 **unit SL-18+** (Hofman, Dekhy, Tio, Gu2n, Adi, Rinto, Akhmad, Atties, Udjie, Lia, Lita).
17. Nyang c'lalu ngejer2 penulis untuk cepet nyelecei'in kuliah; **Fauziah Indie Meyasari, SE; Yosephine Liesworo Purwandani, S.Farm, Apt; Ina Nirmala**. Thank's buat c'mua nyang telah diberikan c'lama ini...;)
18. Nyang nganter k'mana2 baik urusan akademik ataupun non akademik; **Ad 3752 Kn**, Thnx dah mau diajak pecicilan ngejar waktu meski kadang c'dikit protes...!!!
19. Semua pihak yang telah memberi bantuan dan dukungan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhirnya penulis sangat berharap agar tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis sendiri maupun bagi semua pihak yang menggunakan laporan Tugas Akhir ini.

Wassalamu alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, Februari 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

HALAMAN PERSEMBAHAN

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

INTISARI

ABSTRACT

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang	1
1.2	Perumusan Masalah	3
1.3	Tujuan Perencanaan	3
1.4	Manfaat Perencanaan	4
1.5	Batasan Masalah.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Tinjauan Pustaka	5
2.1.1	Pengertian Tinja	5
2.1.2	Sumber Tinja	6
2.1.3	Karakteristik Tinja	7
2.1.4	Efek Samping Terhadap Kesehatan Manusia.....	8
2.2	Landasan Teori	10
2.2.1	Dasar Hukum Pengelolaan Tinja.....	10
2.2.2	Standarisasi Pengelolaan Limbah Tinja.....	13
2.3	Gambaran Umum Reaktor Biogas	23
2.3.1	Pengertian Biogas.....	23

2.3.2	Biogas Sebagai Sumber Energi	26
2.3.3	Mekanisme Terbentuknya Biogas.....	27
2.3.4	Tahap Pembentukan Unit Biogas.....	31
2.3.5	Proses Kerja Reaktor Biogas.....	32
2.3.6	Sistem Pengurusan dan Kontrol Lanjutan.....	35
2.3.7	Uji Kebocoran Unit Biogas.....	37
2.3.8	Contoh–Contoh Reaktor Biogas.....	39

BAB III GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

3.1	Gambaran Umum Kampus FTSP	43
3.1.1	Umum.....	43
3.1.2	Geografis dan Keadaan Alam.....	44
3.1.3	Demografi.....	45
3.1.4	Lingkungan Hidup.....	46
3.1.5	Fasilitas Toilet Kampus FTSP.....	47
3.1.6	Denah Gedung FTSP.....	48

BAB IV METODE PERENCANAAN

4.1	Ide Tugas Akhir	50
4.2	Studi Pustaka	50
4.3	Pengumpulan Data.....	50
4.4	Sampling.....	51
4.5	Pengolahan Data.....	52
4.6	Perencanaan Pengelolaan Tinja.....	53

BAB V HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN VOLUME

MASUKAN TINJA

5.1	Produksi Tinja per orang per hari dari hasil observasi	55
5.2	Produksi Tinja per orang per hari dari hasil kuisisioner	56
5.3	Perbandingan produksi tinja maksimal, rata-rata dan minimal..	58

BAB VI	PERENCANAAN PENGELOLAAN TINJA DENGAN TEKNOLOGI BIOGAS	
6.1	Umum.....	59
6.2	Perhitungan Dimensi Reaktor.....	59
6.3	Perbandingan produksi gas maksimal, rata-rata dan minimal...	63
6.4	Rencana bentuk reaktor.....	64

BAB VII	<i>BILL OF QUANTITY (BOQ)</i> DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB).....	67
---------	--	----

BAB VIII	KESIMPULAN DAN SARAN	
7.1	Kesimpulan.....	69
7.2	Saran	70

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perkiraan komposisi tinja.	8
Tabel 2.4	Kandungan yang terdapat dalam biogas.	31
Tabel 2.5	Pelaksanaan pembuatan reaktor biogas.	32
Tabel 5.1	Produksi Tinja Total Dalam Satu Minggu	55
Tabel 5.2	Data kuisisioner jumlah orang buang air besar dalam seminggu.	56
Tabel 5.3	Perbandingan Produksi Tinja Dalam Seminggu	58
Tabel 6.1	Perhitungan Dimensi Reaktor.	61
Tabel 6.2	Perbandingan Produksi Gas	63
Tabel 7.1	Bahan-bahan	67
Tabel 7.2	Macam Alat	67
Tabel 7.3	Macam Tenaga	68
Tabel 7.4	Uraian Pekerjaan	68
Tabel 7.5	Rekapitulasi	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Proses Kerja Biogas	39
Gambar 2. Contoh Reaktor Biogas	39
Gambar 3. Contoh Reaktor Biogas	40
Gambar 4. Contoh Reaktor Biogas Jogja International Hospital	40
Gambar 5. Contoh Reaktor Biogas Jogja International Hospital	41
Gambar 6. Contoh Reaktor Biogas Jogja International Hospital	41
Gambar 7. Contoh Reaktor Biogas Bebeng	42
Gambar 8. Denah Gedung FTSP	48
Gambar 10. Grafik Produksi Tinja Total Dalam Satu Minggu.	56
Gambar 11. Rencana Bentuk Reaktor	65

PERENCANAAN REAKTOR BIOGAS DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA LIMBAH TINJA DI KAMPUS FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA JOGJAKARTA

Intisari

Limbah tinja merupakan limbah yang sudah tidak terpakai lagi sebagai hasil dari kotoran manusia. Limbah tinja tersebut biasanya ditampung ke dalam *septic tank* untuk mengendapkan padatan dan menghindari pencemaran pada air tanah sekitar. Limbah tinja sebelum masuk ke *septic tank* sebenarnya bisa kita manfaatkan. Kampus FTSP Universitas Islam Indonesia saat ini juga tidak memanfaatkan limbah tinjanya melainkan langsung disalurkan ke *septic tank*. Untuk memanfaatkan limbah tinja di kampus FTSP, maka dibuat suatu reaktor biogas yang dapat menghasilkan sumber energi alternatif.

Pada reaktor biogas ini, tinja sebelum masuk ke *septic tank* akan di salurkan dahulu ke dalam reaktor biogas untuk dapat menghasilkan gas metan (CH_4). Dalam reaktor ini tinja sebagai bahan organik akan terdegradasi senyawa-senyawa pembentuknya dalam keadaan tanpa oksigen atau biasa disebut kondisi *anaerobic*. Sebelum merencanakan dimensi reaktor biogas ini terlebih dahulu mencari jumlah produksi tinja yang dihasilkan kampus FTSP. Dalam mencari produksi tinja di kampus FTSP dipakai dua metode yaitu observasi dan kuisioner yang dilakukan selama satu minggu.

Perencanaan ini dilakukan untuk memanfaatkan limbah tinja dari kampus FTSP agar dapat dimanfaatkan secara optimal dan dapat menghasilkan sumber energi alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi di kampus FTSP.

Produksi gas yang didapat dari hasil observasi (produksi gas maksimum) adalah sebesar $48,4243 \text{ m}^3/\text{hari}$. Produksi gas yang didapat dari kuisioner (produksi gas optimum) adalah sebesar $31,58 \text{ m}^3/\text{hari}$. Sedangkan Produksi gas apabila kampus tidak aktif (produksi gas minimum) adalah sebesar $2,53 \text{ m}^3/\text{hari}$. Dalam perencanaan ini untuk mencari besar dimensi reaktor dipakai produksi gas optimum dan diperoleh dimensi reaktor sebesar 4.32 m^3 .

Kata kunci : Tinja, biogas, metan (CH_4).

**PLANNING OF BIOGAS REACTOR WITH USE FESES WASTE IN
CIVIL ENGINEERING AND PLANNING FACULTY
ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA**

Abstract

Feses is human waste as a result of human metabolism it usually is being distributed into septic tank. So that is fuens to excess and avoids the contaminations of surrounding soil water. Rather than just being thrown away, feses waste actually can be very useful. In the site of civil engineering and planning faculty, that waste hasn't being used yet. That feses waste is directly being distributed into septic tank without being used first. To take this advantages of the waste, we propose to built biogas reactor to produce alternative energy resource.

In the biogas reactor, the feses will be located into it to get methan (CH₄) gas, before being dumped into the septic tank. In the reactor, feses as an organic substance, its molecules will be degraded in anaerobic condition. Before planning this dimension of biogas rector, the amount of feses being produced in the faculty in an average week has to be known first. And to get the valid amount of feses in a week, we use observation and questionnaire method. We did this planning to take the benefit of feses waste in the faculty site to produce alternative energy source for the site its eif.

From observation (the maximum gas production) is 48, 4243 m³/day. An gas production from quisioner result (optimum gas production) is 31,58 m³/day. And when there is no activities in the faculty (minimum gas production) is 2, 53 m³/day. Accordingly, the calculation result of dimension needed for this reactor based on optimum gas production is 4,32 m³.

Key word : Feses, Biogas, Methan (CH₄).

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Limbah tinja merupakan limbah yang sudah tidak terpakai lagi sebagai hasil dari kotoran manusia pada saat ini. Limbah tinja tersebut biasanya ditampung ke dalam *septic tank* untuk mengendapkan padatan dan menghindari pencemaran pada air tanah sekitar. Limbah tinja sebelum masuk ke *septic tank* sebenarnya bisa kita manfaatkan. Salah satu dari beberapa manfaat limbah tinja sebelum dimasukkan ke dalam *septic tank* adalah dimasukkan ke dalam reaktor biogas. Dimana manfaat reaktor biogas ini adalah dapat menimbulkan gas-gas tertentu yang berfungsi sebagai sumber energi baru pengganti bahan bakar.

Kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) merupakan salah satu unit bangunan yang berada di kampus terpadu Universitas Islam Indonesia. Dalam sehari-hari kampus FTSP digunakan para mahasiswa, dosen, karyawan dan orang lainnya untuk melakukan aktivitasnya. Oleh karena itu dalam beraktivitas, manusia pasti akan menghasilkan limbah. Tidak sedikit orang yang melakukan aktivitas di kampus FTSP yang membuang limbah di kamar mandi kampus FTSP. Jumlah limbah tinja yang akan dibuang selalu bertambah dengan meningkatnya aktivitas mahasiswa, dosen dan karyawan yang ada di kampus dan makin bertambahnya jumlah mahasiswa baru yang masuk. Sehingga sangat disayangkan apabila limbah tinja tersebut hanya disalurkan langsung ke *septic tank* tanpa dimanfaatkan sama sekali.

Biogas adalah gas yang mudah terbakar (*flammable gas*) yang diperoleh dari menguraikan senyawa-senyawa organik dalam biomassa sebagai akibat aktivitas mikroorganisme (fermentasi) pada kondisi tanpa udara (*anaerobic*). Kandungan utama biogas adalah gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Sebagian kecil adalah gas hidrogen sulfida (H_2S), nitrogen (N_2), hidrogen (H_2), dan karbonmonoksida (CO). Kehadiran gas metana yang besar ini membuat biogas mudah terbakar dan dapat dipakai sebagai sumber energi untuk memasak, penerangan, bahkan pada skala besar dapat menghasilkan energi listrik.

Biogas merupakan salah satu sumber energi alternatif yang berkembang pesat dalam dasawarsa terakhir. Teknologi pembuatan biogas memanfaatkan kotoran organik, baik itu kotoran hewan maupun sampah sayuran dan tumbuhan dengan memanfaatkan bakteri anaerobik yang terdapat dalam kotoran tersebut untuk proses fermentasi yang menghasilkan semacam gas. Sampai tahun 1997 negara yang paling maju dalam aplikasi teknologi ini adalah India.

Akhir-akhir ini di Indonesia juga banyak mengaplikasikan teknologi tepat guna ini. Sebagai contoh, di kawasan Kaliadem (Bebeng), sampai saat ini di daerah ini sudah terdapat dua unit reaktor biogas. Proyek biogas ini dipromotori langsung oleh LPM Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Reaktor yang telah dibuat di daerah ini menggunakan bahan baku kotoran ternak sapi. Hasilnya, pemilik ternak tersebut sekarang dapat memasak dengan kompor yang bahan bakarnya berasal dari biogas tersebut. Dengan demikian mereka tidak perlu membeli bahan bakar (minyak) untuk memenuhi kebutuhan memasaknya sehari-hari. Contoh lain juga terdapat di rumah sakit Jogja International Hospital (JIH). Di sini pihak rumah sakit bekerjasama dengan DEWATS untuk pengerjaan

proyek biogas tersebut. Biogas di JIH ini menggunakan bahan baku limbah tinja rumah sakit tersebut. Hasilnya belum dapat diketahui mengingat rumah sakit ini belum beroperasi sehingga reaktor tersebut juga belum dioperasikan.

Pada saat ini kampus FTSP belum memiliki reaktor biogas, dengan melihat persoalan yang ada, maka saat ini telah diperkenalkan pengelolaan limbah tinja dengan membuat reaktor biogas di kampus FTSP, dimana pelayanan reaktor biogas ini hanya melayani buangan limbah dalam kampus FTSP, jadi lingkup pelayanannya tidak untuk semua fakultas yang ada di kampus terpadu Universitas Islam Indonesia. sistem ini sendiri merupakan teknologi tepat guna, selain karena pemeliharaannya cukup mudah, biaya pengoperasiannya pun relatif terjangkau. Meskipun demikian, limbah tinja yang dicerna akan menghasilkan gas yang optimal.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah pada Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana pengelolaan limbah di kampus FTSP agar dapat dimanfaatkan secara optimal.
2. Bagaimana potensi pemanfaatan limbah tinja untuk sumber energi alternatif (biogas).

1.3. Tujuan Perencanaan

Tujuan dari Tugas akhir ini adalah :

1. Merencanakan sistem pengolahan limbah tinja dengan menggunakan reaktor biogas.

2. Merencanakan Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

1.4. Manfaat Perencanaan

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Dimanfatkannya limbah tinja dari kampus FTSP yang selama ini hanya langsung disalurkan ke dalam *septic tank* tanpa dimanfaatkan secara optimal.
2. Terdapatnya reaktor biogas di kampus FTSP, dimana reaktor biogas tersebut dapat menghasilkan sumber energi baru yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar.

1.5. Batasan Masalah

Agar menghindari melebarnya masalah, maka perlu dibuatkan batasan-batasan terhadap masalah yang berhubungan dengan tugas akhir ini, adapun batasan masalah pada perencanaan ini adalah :

1. Perencanaan sistem penyaluran limbah tinja di kampus ftsp bukan menggunakan sistem konvensional, tetapi sistem alternatif.
2. Perencanaan unit biogas hanya sebatas merencanakan sistem penyaluran limbah tinja menuju reaktor biogas serta bentuk dan ukuran reaktor.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan pustaka

2.1.1 Pengertian tinja

Tinja adalah bahan buangan yang dikeluarkan dari tubuh manusia melalui anus sebagai sisa dari proses pencernaan makanan di sepanjang sistem saluran pencernaan (*tractus digestifus*). (Soeparman dan Suparmin; 2001) Beberapa kepustakaan menyebut tinja dengan istilah kotoran manusia. Istilah ini sebenarnya kurang tepat karena pengertiannya mencakup seluruh bahan buangan yang dikeluarkan dari tubuh manusia termasuk karbon monoksida (*CO*) yang dikeluarkan sebagai sisa dari proses pernafasan, keringat, lendir dari ekskresi kelenjar dan sebagainya. Dalam ilmu kesehatan lingkungan, dari berbagai jenis kotoran manusia, yang lebih dipentingkan adalah tinja (*faeces*) dan air seni (*urine*) karena kedua bahan buangan ini mempunyai karakteristik tersendiri dan dapat menjadi sumber penyebab timbulnya berbagai macam penyakit saluran pencernaan. Pembuangan tinja manusia yang tidak ditangani sebagaimana mestinya menimbulkan pencemaran permukaan tanah serta air tanah yang berpotensi menjadi penyebab timbulnya penularan berbagai macam penyakit saluran pencernaan. Berbagai dampak negatif pada kehidupan manusia dan lingkungan yang dapat ditimbulkan oleh tinja, secara disadari atau tidak, telah mendorong tumbuhnya dan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi untuk penanganan tinja. Limbah tinja tersebut biasanya ditampung ke dalam *septic tank* untuk mengendapkan padatan dan menghindari pencemaran pada air

tanah sekitar. Apabila dikelola secara benar-benar, tinja tersebut sebenarnya banyak sekali manfaatnya. Limbah tinja antara lain dapat dijadikan sebagai pupuk kompos, penghasil energi gas bio dan sebagainya. Akan tetapi, fenomena yang terjadi sampai dengan saat ini 99% orang tidak ada yang memperhatikan bahkan mengelola keberadaan tinja tersebut.

2.1.2 Sumber tinja

Sebagaimana telah dikemukakan di atas, tinja bersumber dari manusia. Dalam hubungannya dengan strategi penanganan tinja, manusia sebagai sumber tinja dibedakan dalam dua macam, yaitu: manusia sebagai individu atau perorangan dan manusia sebagai kelompok.

- **Manusia sebagai individu atau perorangan**

Manusia sebagai individu dalam hal ini adalah seorang manusia yang hidup sendiri dalam suatu tempat tinggal terpisah dari individu yang menempati tempat tinggal lain atau kelompok manusia yang satu individu dengan individu lainnya terikat dalam satu hubungan kekeluargaan atau kekerabatan yang menempati satu tempat tinggal sebagai keluarga. Tinja yang dihasilkan dari sumber ini biasanya ditangani secara perorangan oleh individu atau keluarga yang bersangkutan dengan menggunakan sarana pembuangan tinja berupa jamban perorangan atau jamban keluarga (*private latrine*). Dalam hal ini, perencanaan, pembangunan, penggunaan, serta pemeliharaan sarana itu merupakan tanggung jawab individu atau keluarga yang menggunakannya.

- **Manusia sebagai kelompok**

Manusia sebagai kelompok adalah kumpulan manusia yang bertempat tinggal di satu wilayah geografis dengan batas-batas tertentu. Individu dalam kelompok terikat oleh satu hubungan kemasyarakatan yang memiliki norma kelompok yang telah disepakati bersama. Masalah penanganan tinja pada kelompok ini sering bersifat sangat kompleks. Berbagai faktor penyebab, yaitu keterbatasan penyediaan lahan, kepentingan yang berbeda antara individu, faktor sumber daya, faktor fisibilitas pengelolaan, dan sebagainya sangat menentukan keberhasilan penanganan tinja dari manusia sebagai kelompok ini. Penanganan tinja dari manusia sebagai kelompok biasanya dilakukan secara kolektif dengan menggunakan jamban umum (*public latrine*). Dalam hal ini, perencanaan, pembangunan, penggunaan, serta pemeliharaan sarana itu merupakan tanggung jawab kelompok individu yang bersangkutan.

2.1.3 Karakteristik Tinja

Menurut Azrul Azwar, seorang yang normal diperkirakan menghasilkan tinja rata-rata sehari sekitar 83 gram dan air seni sekitar 970 gram. Kedua jenis kotoran manusia ini sebagian besar berupa air, terdiri dari zat organik (sekitar 20% untuk tinja dan 2,5% untuk air seni), serta zat-zat organik seperti nitrogen, asam fosfat, sulfur dan sebagainya. Menurut Gotaas, perkiraan kuantitas tinja manusia tanpa air seni adalah 135-270 gram per hari berat basah, atau 35-70 gram per hari berat kering.

Tabel 2.1 Perkiraan komposisi tinja

Komponen	Kandungan (%)
Air	66-80
Bahan organik (dari berat kering)	88-97
Nitrogen (dari berat kering)	5,0-7,0
Fosfor (sebagai P_2O_5) (dari berat kering)	3,0-5,4
Potassium (sebagai K_2O) (dari berat kering)	1,0-2,5
Karbon (dari berat kering)	40-55
Kalsium (Sebagai CaO) (dari berat kering)	4-5
C/N rasio (dari berat kering)	5-10

(Soeparman dan Suparmin; 2001)

Selain komponen-komponen tersebut di atas, per gram tinja juga mengandung berjuta-juta mikroorganisme yang pada umumnya bersifat tidak menyebabkan penyakit. Tinja potensial mengandung mikroorganisme patogen, terutama apabila manusia yang menghasilkannya menderita penyakit saluran pencernaan makanan (*enteric or intestinal diseases*). Mikroorganisme tersebut dapat berupa bakteri, virus, protozoa, ataupun cacing-cacing parasit. *Coliform bacteria* yang dikenal sebagai *Escherichia coli* dan *Fecal streptococci* (*Enterococci*) yang sering terdapat di saluran pencernaan manusia, dikeluarkan dari tubuh manusia dan hewan berdarah panas lainnya dalam jumlah besar rata-rata sekitar 50 juta per gram.

2.1.4 Efek samping terhadap kesehatan manusia

- **Hubungan dengan pelestarian lingkungan**

Pelestarian lingkungan adalah upaya nyata yang dilaksanakan manusia yang meliputi berbagai kegiatan yang ditujukan pada manusia dan faktor-faktor

lingkungan secara terpadu dan komprehensif. Upaya itu bertujuan untuk memotivasi manusia untuk berbuat akrab terhadap lingkungan dan memelihara kapasitas sumber daya alam agar dapat berfungsi sebagai sumber pemenuhan kebutuhan manusia untuk dapat hidup sehat dan sejahtera. Sebagaimana yang telah dikemukakan diatas, tinja yang tidak ditangani sebagaimana mestinya dapat menimbulkan dampak negatif terhadap manusia dan lingkungannya. Keseimbangan ekosistem tanah, air dan udara dapat terganggu karena pencemaran ekosistem itu oleh berbagai jenis bahan pencemar biologis, kimia, maupun fisik yang terdapat pada tinja. Daya dukung lingkungan akan menurun sampai tingkat yang sangat kritis akibat dari pencemaran tinja pada ekosistem. Pembuangan tinja yang dilaksanakan dengan semestinya, secara aman dan saniter, akan mencegah pencemaran lingkungan. Hal ini jelas sangat mendukung upaya pelestarian lingkungan.

- **Hubungan dengan kesehatan masyarakat**

Pembuangan tinja dan limbah cair yang dilakukan secara saniter merupakan salah satu kegiatan dalam rangka penyehatan lingkungan, disamping berbagai kegiatan penyehatan lingkungan yang lain, seperti penyediaan air bersih, pembuangan sampah, higiene sanitasi makanan dan minuman, pengendalian vektor, higiene perusahaan dan kesehatan kerja, pengendalian pencemaran lingkungan fisik, sanitasi tempat umum, penyehatan perumahan dan lingkungan permukiman. Dalam rangka menyehatkan lingkungan, pembuangan tinja tidak berdiri sendiri, tetapi bersama-sama dengan upaya penyehatan lingkungan yang lain. Dengan demikian, penurunan angka kejadian penyakit diare yang terjadi sebagai hasil pelaksanaan program perbaikan sistem pembuangan tinja, mungkin

pula merupakan hasil dari pelaksanaan kegiatan penyehatan lingkungan lain yang dilaksanakan pada saat yang sama.

Hubungan pembuangan tinja dengan kesehatan masyarakat dapat dilihat dari contoh yang diberikan oleh Fair & Geyer yang menyatakan bahwa pembuangan tinja yang tidak dilakukan sebagaimana mestinya dapat menimbulkan penyakit tifus dan paratifus. Menurut Okun dan Ponghis, pembuangan limbah tinja yang tidak semestinya dapat menimbulkan terjadinya infeksi penyakit *amoebiasis*, *ascariasis*, kolera, penyakit cacing tambang, *leptospirosis*, *shigellosis*, *strongyloidiasis*, tetanus, *trichuriasis* dan tifus. Menurut Wagner & Lanoix, pembuangan tinja yang tidak semestinya akan menimbulkan insidensi penyakit kolera, tifus dan paratifus, disentri, diare pada anak-anak, cacing tambang, *ascariasis*, *bilharziasis*, dan infeksi serta infestasi parasit pada usus.

2.2 Landasan teori

2.2.1 Dasar hukum pengelolaan tinja

- **Aspek hukum dalam pembuangan tinja dan limbah cair**

Tinja dan limbah cair merupakan bahan buangan yang timbul karena adanya kehidupan manusia. Bahan tersebut dapat menimbulkan masalah bagi manusia yang menghasilkannya, manusia lain, maupun komponen lingkungan lain yang ada di sekitarnya. Untuk menghilangkan dan menekan dampak negatif seminimal mungkin, tinja dan limbah cair harus ditangani secara saniter. Upaya penanganan tinja dan limbah cair sejak proses dihasilkan, proses pengumpulan, proses pengolahan sampai dengan pembuangan akhirnya akan melibatkan

aktivitas manusia. Banyak manusia yang atas dasar pengetahuan serta kesadaran diri berupaya melakukan kegiatan penanganan tinja dan limbah cair yang dihasilkan sebaik-baiknya agar tidak menimbulkan gangguan atau malapetaka bagi manusia yang lain. Namun tidak sedikit pula manusia yang tahu bahwa tinja dan limbah cair yang dihasilkannya dapat menimbulkan bahaya bagi manusia lain, tetapi ia bersikap tidak peduli dan tidak terdorong untuk berupaya menangani bahan buangan tersebut dengan sebaik-baiknya.

Banyak faktor yang mempengaruhi manusia agar mau bertindak atau berbuat sesuatu. Salah satu faktor itu disebut motif. Motif dapat timbul dari diri manusia dengan sendirinya secara cepat atau lambat. Namun faktor lingkungan akan berpengaruh terhadap timbulnya motif tersebut. Salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh adalah norma yang berlaku di masyarakat. Norma merupakan perwujudan sistem nilai diberbagai aspek kehidupan yang telah dipahami, dihayati serta disepakati bersama oleh kelompok manusia di lingkungan masyarakat tertentu. Peraturan perundang-undangan merupakan bentuk formal dari norma yang berlaku secara nasional maupun regional, yang telah disepakati oleh wakil rakyat yang duduk di DPR atau DPRD dan yang telah diterbitkan oleh pemerintah dalam bentuk Undang-Undang, Peraturan Pemerintah, Keputusan Presiden, Keputusan Menteri, Peraturan Daerah, Surat Edaran dan sebagainya.

Peraturan perundang-undangan bersifat mengikat bagi seluruh aparat pemerintah maupun seluruh warga masyarakat untuk wajib ditaati dan dilaksanakan. Dalam peraturan perundang-undangan melekat sanksi yang harus diterapkan terhadap siapa saja, tanpa pandang bulu, yang menentang atau tidak mau melaksanakan ketentuan-ketentuan dalam peraturan perundang-undangan

tersebut. Dalam hubungannya dengan upaya penanganan tinja dan limbah cair, peraturan perundang-undangan yang bersifat umum maupun spesifik sangat diperlukan untuk mengikat semua warga negara untuk melaksanakan ketentuan-ketentuan yang berhubungan dengan upaya penyehatan pembuangan tinja dan limbah cair. Peraturan itu terutama penting bagi masyarakat yang bersikap tidak peduli atau masa bodoh terhadap pembuangan produk tinja dan limbah cair yang mencemari lingkungan dan mengganggu kenyamanan hidup warga lain.

Dewasa ini, di Indonesia telah diterbitkan banyak perundang-undangan yang secara umum atau secara khusus berhubungan dengan upaya penanganan tinja dan limbah cair. Beberapa produk perundang-undangan akan diuraikan di bawah ini.

- **Produk hukum yang berkaitan dengan pembuangan tinja dan limbah cair.**

Produk hukum yang berhubungan dengan upaya penanganan tinja dan limbah cair diterbitkan oleh berbagai departemen, lembaga non departemen, pemerintah daerah serta dinas/ instansi/ unit pelaksana teknis yang terkait. Sebagai contoh adalah keputusan menteri negara lingkungan hidup nomor 112 tahun 2003 tentang baku mutu air limbah domestik.

2.2.2 Standarisasi Pengelolaan Limbah Tinja

- **Aspek yang perlu Diperhatikan dalam Pelaksanaan dan Pengembangan Teknik Pembuangan Tinja**

Setiap manusia mempunyai kebutuhan alami untuk membuang hajat karena tinja yang berada di dalam ususnya harus dikeluarkan. Mengingat kuantitas dan karakteristik tinja yang dihasilkan manusia, maka diperlukan teknik pembuangan yang memadai agar tinja tidak menimbulkan masalah kenyamanan ataupun kesehatan bagi manusia. Teknik pembuangan tinja, dalam arti cara serta sarana yang digunakan untuk membuang tinja telah berkembang sejak adanya kehidupan manusia sampai sekarang. Pada awalnya, hanya diupayakan agar pembuangan tinja dilakukan ditempat yang agak tersembunyi dari pandangan orang lain. Namun, dewasa ini teknik pembuangan tinja sudah berkembang sangat pesat, sudah mempertimbangkan serta mengarah pada pemenuhan berbagai keinginan berikut:

1. Sedapat mungkin pembuangan tinja dilakukan orang dengan tenang, tanpa terganggu privasinya.
2. Sedapat mungkin pembuangan tinja dilakukan orang dengan nyaman (*comfort*) dalam posisi dan suasana yang disukainya.
3. Sedapat mungkin pembuangan tinja dapat dilakukan oleh orang yang sedang menderita penyakit saluran pencernaan dengan tidak menimbulkan resiko bahaya penularan bagi orang lain.
4. Sedapat mungkin pembuangan tinja dapat dilakukan orang dengan semaksimal mungkin memperoleh manfaat dari tinja yang dibuang, yang dapat diproses menjadi gas bio atau kompos.

5. Sedapat mungkin pembuangan tinja dapat dilakukan orang di berbagai daerah dengan teknik yang sesuai dengan kondisi setempat.

Dalam pelaksanaan dan pengembangan teknik pembuangan tinja, berbagai aspek perlu diperhatikan. Menurut Wagner dan Lanoix, beberapa aspek yang mempengaruhi pemilihan dan perencanaan sistem pembuangan tinja, bagi kelompok masyarakat tertentu, adalah karakteristik biologis manusia, sifat teknik sarana yang digunakan, dan pertimbangan yang seksama terhadap perilaku manusia yang akan menggunakannya.

- **Kuantitas tinja manusia**

Tenaga kesehatan lingkungan sangat berkepentingan dengan informasi tentang kuantitas tinja manusia. Seperti telah dikemukakan pada bab terdahulu, kuantitas tinja bervariasi dari satu daerah ke daerah lain. Selain itu, kuantitas tinja dipengaruhi oleh kebiasaan makan, kondisi kesehatan, kondisi psikologis, kehidupan agama serta kondisi sosial ekonomi dan budaya yang mempengaruhi kebiasaan hidup, termasuk kebiasaan menggunakan bahan pembersih. Informasi tentang kuantitas tinja diperlukan untuk bahan pertimbangan atau perhitungan dalam menentukan dimensi sarana pembuangannya, disamping berbagai informasi lainnya (jumlah pengguna, lama penggunaan dan sebagainya).

- **Pencemaran tanah dan air tanah**

Informasi tentang pola pencemaran tanah dan air tanah oleh tinja sangat bermanfaat dalam perencanaan sarana pembuangan tinja, terutama dalam

penentuan lokasi sumber air minum. Setelah tinja ditampung dalam lubang di dalam air tanah, bakteri tidak dapat berpindah jauh dengan sendirinya. Bakteri akan berpindah secara horizontal dan vertikal ke bawah bersama dengan air, air seni, atau air hujan yang meresap. Jarak perpindahan bakteri dengan cara itu bervariasi, tergantung pada berbagai faktor, diantaranya yang terpenting adalah porositas tanah. Perpindahan horizontal melalui tanah dengan cara itu biasanya kurang dari 90 cm dan ke bawah kurang dari 3 m pada lubang yang terbuka terhadap air hujan, dan biasanya kurang dari 60 cm pada tanah berpori.

Gotaas dkk (dalam Wagner & Lanoix) yang meneliti pembuangan secara buatan limbah cair ke akuifer di negara bagian California USA menemukan bahwa bakteri dapat dipindahkan sampai jarak 30 m dari titik pembuangannya dalam waktu 33 jam. Selain itu, terdapat penurunan cepat jumlah bakteri sepanjang jarak itu karena terjadi filtrasi yang efektif dan kematian bakteri. Mereka juga menemukan bahwa pencemaran kimiawi dua kali berjalan lebih cepat. Peneliti lain yang meneliti pencemaran air tanah di Alaska mencatat bahwa bakteri dapat dilacak sampai jarak 15 m dari sumur tempat dimasukkannya bakteri yang dicoba. Lebar jalan yang dilewati bakteri bervariasi, antara 45 dan 120 cm. Kemudian, terjadi penurunan jumlah jalan organisme, dan setelah satu tahun hanya tempat lubang pemasukannya saja yang dinyatakan positif mengandung mikroorganisme. Penelitian itu menegaskan penemuan para peneliti yang lain menyatakan bahwa kontaminasi dari sistem pembuangan tinja cenderung berjalan menurun sampai mencapai permukaan air. Selanjutnya, organisme bergerak bersama aliran air tanah menyilang jalan yang semakin lebar sampai batas tertentu sebelum hilang secara berangsur-angsur.

Pada tanah kering, gerakan bahan kimia dan bakteri relatif sedikit. Gerakan ke samping praktis tidak terjadi. Dengan pencucian yang berlebihan (tidak biasa terjadi pada jamban atau tangki pembusukan) perembesan ke bawah secara vertikal hanya sekitar 3 m. Apabila tidak terjadi kontaminasi air tanah, praktis tidak ada bahaya kontaminasi sumber air.

Sumber kontaminasi dalam penelitian ini adalah tinja manusia yang ditempatkan dalam lubang yang menembus permukaan air tanah. Sampel positif organisme koliform didapatkan segera pada jarak antara 4 dan 6 m dari sumber kontaminasi. Daerah kontaminasi melebar keluar sampai kira-kira 2 m dari titik yang berjarak sekitar dari jamban dan menyempit kira-kira pada 11 m. Kontaminasi tidak bergerak melawan arah aliran air tanah. Setelah beberapa bulan, tanah sekitar jamban akan mengalami penyumbatan (*clogging*), dan sampel yang positif dapat diperoleh hanya pada jarak 2-3 m dari lubang. Dengan kata lain, daerah kontaminasi tanah telah menyempit. Pola pencemaran secara kimiawi sama bentuknya dengan pencemaran bakteriologis, hanya jarak jangkauannya lebih jauh.

Dari sudut pandang sanitasi, yang penting diperhatikan adalah jarak perpindahan maksimum dari bahan pencemar dan kenyataan bahwa arah perpindahan selalu searah dengan arah aliran air tanah. Dalam penempatan sumur harus diingat bahwa air yang berada dalam lingkaran pengaruh sumur akan menuju ke arah sumur itu. Tidak boleh ada bagian daerah kontaminasi kimiawi ataupun bakteriologis yang berada dalam jarak jangkauan lingkaran pengaruh sumur.

Dengan memperhatikan pola pencemaran tanah dan air tanah tersebut di atas, penempatan sarana pembuangan air tinja perlu memperhatikan ketentuan sebagai berikut:

1. Tidak ada aturan pasti yang menentukan jarak yang diperlukan untuk keamanan antara jamban dan sumber penyediaan air. Banyak faktor yang mempengaruhi perpindahan bakteri melalui air tanah, antara lain kemiringan dan permukaan air tanah dan permeabilitas tanah. Hal penting yang harus diperhatikan adalah bahwa jamban atau pembuangan (*cesspool*) harus ditempatkan lebih rendah, atau sekurang-kurangnya sama tinggi dengan sumber air bersih. Bila mungkin, harus dihindari penempatan langsung dari bagian yang lebih tinggi dari sumur. Jika penempatan di bagian yang lebih tinggi tidak dapat dihindarkan, jarak 15 m akan mencegah pencemaran bakteriologis ke sumur. Penempatan jamban ke sebelah kanan atau kiri akan mengurangi kemungkinan kontaminasi air tanah yang mencapai sumur. Pada tanah pasir, jamban dapat ditempatkan pada jarak 7.5 m dari sumur rumah tangga yang dibangun secara semestinya bila tidak ada kemungkinan untuk menempatkan pada jarak yang lebih jauh.
2. Pada tanah yang homogen, kemungkinan pencemaran air tanah sebenarnya nol apabila dasar lubang jamban berjarak lebih dari 1,5 m di atas permukaan air tanah, atau apabila dasar kolam pembuangan berjarak lebih dari 3 m di atas permukaan air tanah.
3. Penyelidikan yang seksama harus dilakukan sebelum membuat jamban cubluk (*pit privy*), kakus bor (*bored-hole latrine*), kolam pembuangan dan

sumur peresapan di daerah yang mengandung lapisan batu karang atau batu kapur. Alasannya, pencemaran dapat terjadi secara langsung melalui saluran dalam tanah tanpa filtrasi alami ke sumur yang jauh atau sumber penyediaan air minum lainnya.

Berkaitan dengan penempatan jamban yang harus memperhatikan rumah, pengalaman menunjukkan bahwa jarak antara keduanya merupakan pertimbangan penting dalam penerimaan fasilitas sanitasi oleh masyarakat. Lokasi jamban, perorangan ataupun umum, pada jarak yang terlalu jauh atau terlalu tinggi dari rumah dapat menghambat penggunaan yang teratur serta pemeliharaan jamban yang layak. Jamban hendaknya senantiasa bersih bila berdekatan dengan rumah atau bangunan lain yang dilayaninya.

Pertimbangan lain yang berhubungan dengan rencana penempatan jamban adalah:

1. Tempatnya harus kering, terkeringkan dengan baik, dan berada di atas permukaan air banjir.
2. Di sekitar jamban, yaitu di daerah selebar 2 m di sekitar rumah jamban, harus bersih dari tumbuhan, sampah dan semak.

- **Tutup Lubang**

Tutup lubang atau tempat duduk atau tempat jongkok penting, meskipun merupakan segi yang kontroversial dalam perencanaan jamban. Tidak diragukan lagi bahwa tutup memang diinginkan, dan di beberapa tempat memang diperlukan untuk mencegah masuknya lalat dan serangga lain serta mengurangi bau.

Namun, disemua literatur bidang kesehatan masyarakat dan pembuangan tinja khususnya, tidak pernah dilaporkan bahwa tutup lubang jamban digunakan secara berhasil dan tetap pada tempatnya selama berbulan-bulan atau bertahun-tahun. Bahkan di Amerika Serikat yang masyarakatnya mempunyai kesadaran tinggi dalam bidang sanitasi, masalah tutup lubang jamban belum teratasi.

Tutup yang dapat menutup sendiri (*self-clossing cover*) belum berhasil karena pemakai tidak menyukai pengembunan yang terjadi di sisi bawah tempat duduk. Tutup yang dipasang dengan engsel biasanya dibiarkan dalam posisi terbuka. Tutup yang tidak diberi engsel jarang ditempatkan lagi di atas lubang dan sering dibawa pergi oleh anak-anak. Telah dicoba untuk membuat tutup yang otomatis. Pintu rumah jamban tidak akan terbuka apabila pemakai belum menutup jamban. Namun, jenis penutup itu gagal karena terlalu unik dan mengecilkan hati penggunaanya yang akhirnya membuang tutup itu jauh-jauh. Bagaimanapun juga, apapun bentuk tutup yang akan dipakai, pengguna harus diingatkan cara menggunakannya sebagaimana mestinya.

- **Aspek Teknik**

Pemilihan perencanaan, penempatan dan pembangunan instalasi pembuangan tinja memerlukan penerapan pengetahuan teknik. Pengetahuan itu sangat penting untuk daerah tertentu karena adanya faktor dan kesulitan tertentu. Sifat lapisan tanah yang sering menjadi faktor penentu dalam pemilihan jenis instalasi. Di daerah yang mengandung karang, batu besar, batu kapur, permukaan air tanah yang tinggi, terjadi longsor lubang petugas kesehatan lingkungan

memerlukan bantuan dari seorang insinyur untuk mendapatkan cara pemecahan yang memadahi dan ekonomis.

Pemilihan dan penggunaan bahan setempat yang sesuai juga merupakan faktor teknik yang penting dalam pembangunan dan pembiayaan jamban dalam skala besar. Penggunaan bambu untuk penguat dinding lubang dan kerangka *slaf* beton dan penggunaan tanah yang distabilkan dengan pasir merupakan beberapa contoh dari penggunaan bahan setempat. Setiap daerah disarankan untuk melakukan penelitian lapangan dan percobaan sebelum memilih dan menggunakan bahan yang murah dan tersedia di tempat.

Pemilihan aspek-aspek perencanaan yang dapat ditangani oleh tenaga kerja setempat merupakan pertimbangan teknik yang penting. Tenaga terampil setempat harus dimanfaatkan semaksimal mungkin. Jika jenis instalasi yang dipilih tidak dapat dibangun oleh tenaga kerja setempat, rencana jamban akan terbatas pada instalasi yang dapat dikerjakan oleh tenaga dari luar.

- **Aspek Manusia**

Dalam hal pembuangan tinja, aspek manusia sama pentingnya dengan aspek teknik. Manusia, khususnya yang tinggal di wilayah pedesaan, tidak akan mau menggunakan tipe jamban yang tidak disukainya, atau yang tidak menawarkan privasi yang memadahi, atau yang tidak diupayakan untuk tetap bersih. Sehubungan dengan tipe jamban yang akan dipilih, survey pendahuluan dalam bidang sanitasi dan sosiologi akan menunjukkan tipe sarana yang cocok untuk daerah tertentu. Tahap pertama dalam perencanaan adalah mencoba untuk

meningkatkan sistem yang sudah ada dan memelihara semaksimal mungkin aspek sosiologisnya.

Aspek manusia yang juga penting untuk dipertimbangkan adalah masalah privasi dan sarana untuk laki-laki dan perempuan. Jamban yang dibuat untuk sejumlah besar manusia mungkin akan cepat kotor dan tetap kotor. Akibatnya, pengguna berikutnya akan lebih suka membuang tinjanya disekitar bangunan jamban. Jamban dengan satu lubang cukup untuk satu keluarga yang terdiri dari lima sampai enam orang. Pada jamban umum di perkemahan, pasar dan tempat yang sejenis, satu lubang disediakan untuk 15 orang. Pada jamban sekolah, disediakan satu lubang bagi setiap 15 anak perempuan dan satu lubang dan satu urinoir untuk setiap 25 anak laki-laki.

- **Aspek Biaya**

Tipe jamban yang dianjurkan untuk satu kelompok masyarakat atau keluarga harus sederhana, dapat diterima dan ekonomis dalam pembuatan, pemeliharaan dan pemindahan atau pengantiannya apabila kebutuhan meningkat. Namun ada kontradiksi diantara dua syarat itu. Disatu pihak ada jamban sederhana dan diterima di masyarakat tetapi tidak murah dalam pembuatan, pemeliharaan dan pemindahannya. Di pihak lain, sistem jamban yang paling mahal, seperti tipe jamban yang tuang siram (*water-flash latrine*), ternyata paling murah pada jangka panjang sebab awet dan mudah dalam pemeliharaannya.

Pengalaman menunjukkan bahwa dalam memilih atau merencanakan tipe jamban, biaya jangan dijadikan faktor yang dominan. Diperlukan suatu jalan

tengah setelah mempertimbangkan dengan seksama semua unsur yang terlibat dan faktor yang kondusif bagi lingkungan saniter dan diterima oleh masyarakat.

- **Evaluasi dan Pemilihan Sistem pembuangan Tinja**

Masalah pemilihan tipe instalasi sanitasi untuk masyarakat tertentu tidak mungkin dijawab secara pasti, jelas dan sederhana. Kenyataan menunjukkan bahwa untuk mengatasi secara tetap masalah pembuangan tinja, banyak faktor terkait yang harus dipertimbangkan. Diantara faktor itu dapat disebutkan pola budaya, kebiasaan yang berhubungan dengan agama, kondisi klimatologis dan geologis, standar ekonomi, organisasi sosial dan politik, pendidikan umum dan pendidikan kesehatan, ketrampilan penduduk setempat dan tersedianya bahan pembangunan serta tenaga untuk pengawasan teknis. Masalah yang semula tampak sederhana, setelah dikaji secara lebih seksama, ternyata relatif kompleks.

Pemilihan tipe instalasi yang paling sesuai dengan kebutuhan setempat harus memperhitungkan unsur biaya. Sistem pembuangan limbah cair yang dilengkapi dengan penggelontor sangat mahal dan mungkin berat di luar jangkauan kemampuan ekonomi dari kebanyakan anggota masyarakat. Sementara itu, mungkin saja seseorang memilih tipe jamban yang paling primitif tanpa biaya sama sekali, namun cara itu mengandung bahaya. Artinya, cara itu dapat menimbulkan penularan penyakit serta kematian dan mengakibatkan kerugian ekonomi. Di antara dua kondisi ekstrem itu harus diperoleh pemecahan yang akan memberikan perlindungan terbesar sekaligus terjangkau oleh ekonomi masyarakat.

Menurut Ehlers & Steel (Wagner & Lanoix), hasil studi literatur menyatakan bahwa terdapat keragaman yang besar dalam metode pembuangan tinja di seluruh dunia. Karakteristik jamban sering sangat berbeda. Namun, dari segi teknik murni, disepakati bahwa jamban atau metode pembuangan tinja lainnya harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Tanah permukaan tidak boleh terkontaminasi.
2. Tidak boleh terjadi kontaminasi pada air tanah yang mungkin memasuki mata air atau air sumur.
3. Tidak boleh terjadi kontaminasi air permukaan.
4. Tinja tidak boleh terjangkau lalat atau hewan lain.
5. Tidak boleh terjadi penanganan tinja segar, atau bila memang memang benar-benar diperlukan, harus dibatasi seminimal mungkin.
6. Jamban harus bebas dari bau atau kondisi yang tidak sedap dipandang.
7. Metode pembuatan dan pengoperasian harus sederhana dan tidak mahal.

Wagner & Lanoix mengelompokkan teknik pembuangan tinja ke dalam dua kategori, yaitu teknik yang menggunakan sistem jamban (*privy method*) dan teknik yang menggunakan sistem aliran air (*water carried method*).

- **Pemeliharaan Sarana Pembuangan Tinja**

Sarana pembuangan tinja, baik yang menggunakan sistem jamban maupun yang menggunakan sistem aliran air, perlu dipelihara dengan baik. Apabila tidak, maka sarana tersebut akan menjadi sumber penyakit karena:

1. Apabila tidak dibersihkan/ digelontor setiap selesai dipakai, tinja yang tertinggal pada sisi lubang pembuangan atau pada leher angsa akan menarik kedatangan lalat, menimbulkan bau serta pemandangan yang tidak sedap.
2. Jamban yang tidak dirawat akan menimbulkan kesan kotor sehingga orang akan segan atau bahkan takut untuk menggunakannya.
3. Lubang jamban yang terlambat dikuras akan menimbulkan kesulitan bagi pemakai karena sulit digelontor atau dibersihkan.

Beberapa kegiatan yang dianjurkan dalam pemeliharaan sarana pembuangan tinja adalah sebagai berikut:

1. Pembersihan halaman disekitar rumah jamban dari sampah dan tumbuhan rumput atau semak yang tidak dikehendaki.
2. Pembersihan lantai, dinding dan atap rumah jamban secara teratur, minimal seminggu sekali, dari lumut, debu, tanah dan sarang laba-laba.
3. Penggelontoran tinja pada lubang masukan tinja atau leher angsa setiap selesai penggunaan.
4. Pemantauan isi lubang jamban cubluk, jamban air, jamban bor dan jamban kompos secara berkala terutama pada akhir periode pemakaian yang direncanakan.
5. Pemakaian isi tangki pembusukan secara berkala (tiap 12-18 bulan pada tangki pembusukan rumah tangga dan tiap 6 bulan pada tangki pembusukan sekolah dan kantor pelayanan umum) untuk menjaga efisiensi kerjanya.

6. Hindarkan pemasukan sampah padat yang sukar atau tidak bisa diuraikan (kain-kain bekas, pembalut, logam, kaca dan sebagainya) dan bahan kimia yang beracun bagi bakteri (karbol, lysol, formalin dan sebagainya) ke dalam lubang jamban atau tangki pembusukan.

Dalam pemantauan tangki pembusukan dilakukan pengukuran jarak dasar busa ke dasar *outlet*, dan kedalaman akumulasi lumpur di atas dasar tangki. Jarak dasar busa ke dasar *outlet* minimal 7,5 cm dan kedalaman akumulasi lumpur maksimal 50 cm.

2.3. Gambaran Umum Reaktor Biogas

2.3.1. Pengertian biogas

Biogas adalah gas yang mudah terbakar (*flammable gas*) yang diperoleh dari menguraikan senyawa-senyawa organik dalam biomassa sebagai akibat aktivitas mikroorganisme (fermentasi) pada kondisi tanpa udara (*anaerobic*). Kandungan utama biogas adalah gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Sebagian kecil adalah gas hidrogen sulfida (H_2S), nitrogen (N_2), hidrogen (H_2), dan karbonmonoksida (CO). Kehadiran gas metana yang besar ini membuat biogas mudah terbakar dan dapat dipakai sebagai sumber energi untuk memasak, penerangan, bahkan pada skala besar dapat menghasilkan energi listrik.

Biogas merupakan salah satu sumber energi alternatif yang berkembang pesat dalam dasawarsa terakhir. Teknologi pembuatan biogas memanfaatkan kotoran organik, baik itu kotoran hewan maupun sampah sayuran dan tumbuhan

dengan memanfaatkan bakteri anaerobik yang terdapat dalam kotoran tersebut untuk proses fermentasi yang menghasilkan semacam gas yang mengandung. Sampai tahun 1997 negara yang paling maju dalam aplikasi teknologi ini adalah India. Keuntungan teknologi biogas dibanding sumber energi alternatif yang lain adalah:

1. Menghasilkan gas yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari hari sebagai pengganti sumber energi.
2. Mematikan atau memotong siklus penyakit.
3. Kotoran yang telah digunakan untuk menghasilkan gas dapat digunakan sebagai pupuk organik yang sangat baik.
4. Mengurangi bahkan meredam bau kotoran.
5. Dapat mengurangi kadar bakteri patogen yang terdapat dalam kotoran yang dapat menyebabkan penyakit bila kotoran hewan atau sampah tersebut ditimbun begitu saja.
6. Yang paling utama yaitu bisa mengurangi permasalahan penanggulangan sampah atau kotoran makhluk hidup menjadi sesuatu yang bermanfaat.

2.3.2. Biogas sebagai sumber energi

Dapat dipakai sebagai sumber energi selayaknya BBM atau BBG.

Nilai kalor (*heating value*) rata-rata biogas mencapai kisaran $4700 - 6000 \text{ kkal/m}^3$ ($20 - 24 \text{ MJ/m}^3$). Dengan nilai kalor sebesar itu, penggunaan 1 m^3 biogas (dihasilkan oleh 1,5 ekor kotoran sapi perah per hari) akan setara dengan energi yang dihasilkan oleh :

- ⊙ 1 pon (0,48 kg)
- ⊙ gas LPG 0,52 liter
- ⊙ minyak diesel (solar)
- ⊙ 0,8 liter gasoline
- ⊙ 0,62 liter minyak tanah (kerosin)
- ⊙ 0,6 liter minyak mentah (crude oil)
- ⊙ 1,1 liter alkohol
- ⊙ 1,5 m³ gas kota
- ⊙ 1,4 kg batubara
- ⊙ 4,7 kWh listrik
- ⊙ 3,5 kg kayu bakar

Berdasarkan konversi di atas, maka aplikasi 1 m³.

Biogas di lapangan mampu melakukan kegiatan-kegiatan seperti :

- 1 .Memasak untuk keperluan keluarga (5-6 orang) selama 3 jam.
- 2 .Menyalakan lampu listrik 80 Watt selama 6 jam.
3. Menjalankan motor berkekuatan 1 hp selama 2 jam.
4. Menggerakkan truk berbobot 3 ton sejauh 2,8 km.
5. Membangkitkan listrik sebesar 1,25 kW.

2.3.3. Mekanisme terbentuknya biogas

Biogas dihasilkan apabila bahan organik terdegradasi senyawa-senyawa pembentuknya dalam keadaan tanpa oksigen atau biasa disebut kondisi anaerobik. Dekomposisi anaerobik ini biasa terjadi secara alami di tanah yang

basah, seperti dasar danau, dan di dalam tanah pada kedalaman tertentu. Proses dekomposisi ini dilakukan oleh bakteri bakteri dan mikroorganisme yang hidup di dalam tanah. Dekomposisi anaerobik dapat menghasilkan gas yang mengandung sedikitnya 60% metan. Gas inilah yang biasa disebut dengan biogas dengan nilai heating value sebesar 39 MJ/m³ kotoran. Biogas dapat dihasilkan dari dekomposisi sampah organik seperti sampah pasar, daun daunan, dan kotoran hewan yang berasal dari sapi, babi, kambing, kuda, atau yang lainnya, bahkan kotoran manusia sekalipun. Gas yang dihasilkan memiliki komposisi yang berbeda tergantung dari jenis hewan yang menghasilkannya.

Proses dekomposisi anaerobik pada dasarnya adalah proses yang terdiri atas dua tahap, yaitu :

1. Proses Asidifikasi (proses pengasaman)

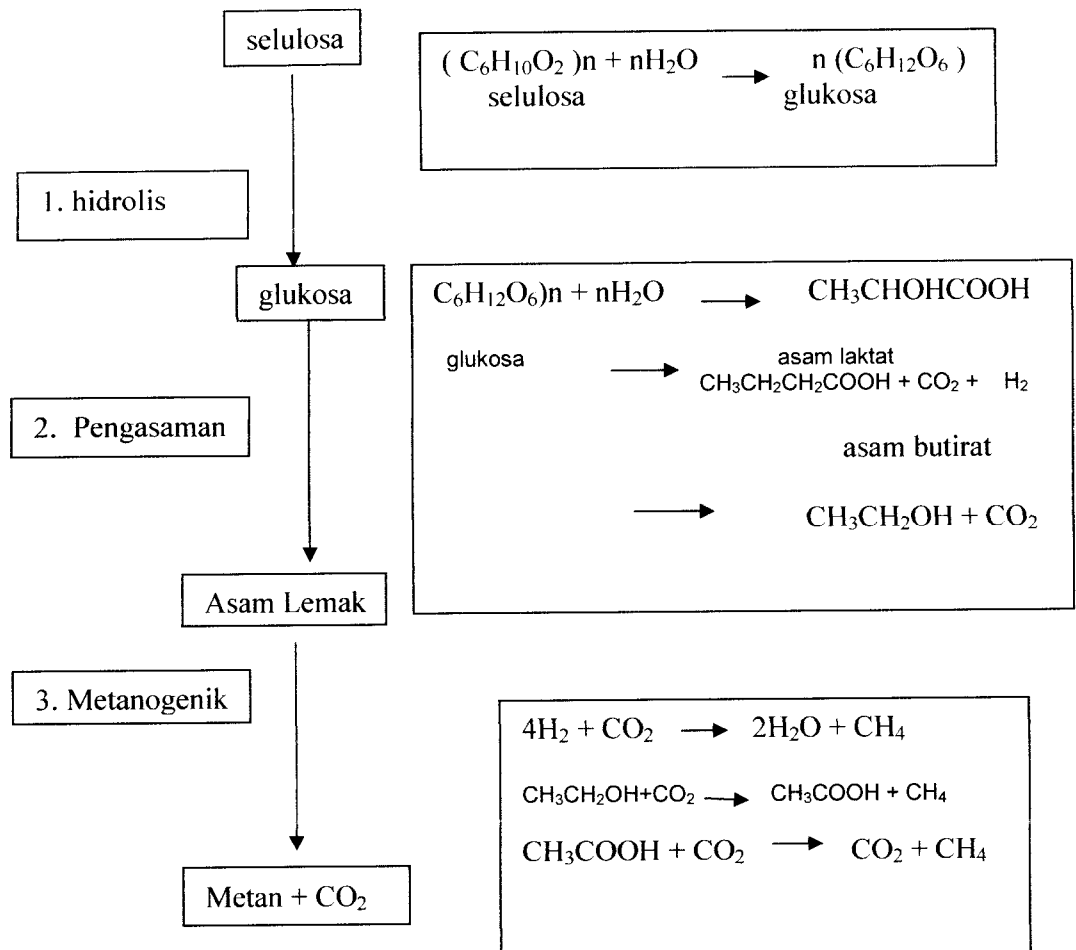
Proses asidifikasi terjadi karena kehadiran bakteri pembentuk asam yang disebut dengan bakteri asetogenik. Bakteri ini akan memecah struktur organik kompleks menjadi asam asam volatil (struktur kecil). Protein dipecah menjadi asam asam amino. Karbohidrat dipecah menjadi gula dengan struktur yang sederhana. Lemak dipecah menjadi asam yang berantai panjang. Hasil dari pemecahan ini akan dipecah lebih jauh menjadi asam asam volaid. Bakteri asetogenik juga dapat melepaskan gas hidrogen dan gas karbondioksida.

2. Proses Produksi Metan

Bakteri pembentuk metan (bakteri metanogenik) menggunakan asam yang

terbentuk dari proses asidifikasi. Selain itu juga terdapat bakteri yang dapat membentuk gas metan dari gas hidrogen dan karbondioksida yang dihasilkan dari proses pertama.

Pembentukan gasbio dilakukan oleh mikroba pada situasi anaerob, yang meliputi tiga tahap, yaitu tahap hidrolisis, tahap pengasaman, dan tahap metanogenik. Pada tahap hidrolisis terjadi pelarutan bahan-bahan organik mudah larut dan pencernaan bahan organik yang kompleks menjadi sederhana, perubahan struktur bentuk primer menjadi bentuk monomer. Pada tahap pengasaman komponen monomer (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam. Produk akhir dari gula-gula sederhana pada tahap ini akan dihasilkan asam asetat, propionat, format, laktat, alkohol, dan sedikit butirrat, gas karbondioksida, hidrogen dan amoniak. Sedangkan pada tahap metanogenik adalah proses pembentukan gas metan. Sebagai ilustrasi dapat dilihat salah satu contoh bagan perombakan serat kasar (selulosa) hingga terbentuk gasbio seperti di bawah ini:



Bagan tahap pembentukan biogas (FAO, 1978)

Bahan bakar yang berasal dari unit biogas mengandung berbagai macam jenis zat, baik yang bisa dibakar maupun yang tidak bisa terbakar. Zat yang tidak bisa terbakar ini biasanya yang menjadi penghalang atau pengurang nilai energi dari biogas. Untuk lebih jelasnya kandungan biogas dapat diuraikan sbb :

Tabel 2.4 Kandungan yang terdapat dalam biogas

No	Jenis gas	presentase
1	Methana (CH ₄)	54% - 70%
2	Karbon dioksida (CO ₂)	27% - 35%
3	Nitrogen (N ₂)	0,5% - 2%
4	Karbon monoksida (CO)	0,10%
5	Oksigen (O ₂)	0,10%
6	Hidrogen sulfida (H ₂ S)	kecil
7	Hidrogen (H ₂)	kecil
8	Gas lain	kecil

2.3.4. Gambaran umum tahap pembuatan unit biogas :

1. Data letak dan lingkungan sekitar.
2. Data umum pengguna (*user*).
3. Penentuan formulasi.

Tabel 2.5 Pelaksanaan pembuatan reaktor biogas

Hari ke	Kegiatan	pekerja (org)
1	Penentuan lokasi	1
2	Penggalian lubang tangki pencerna	3
3	Pembuatan pondasi	3
4	Plester pondasi	2
5	Pembuatan dinding tangki pencerna	2
6	Pembuatan lubang masukan	3
7	Pembuatan lubang keluaran	3
8	pembuatan tutup dan plester TP	3
9	Melanjutkan plester bagian dalam	3

- Tata letak unit biogas :

Ada tiga macam tata letak di dalam menempatkan tangki pencerna pada unit biogas:

1. Seluruh tangki pencerna berada di permukaan tanah.
2. Sebagian tangki pencerna berada dipermukaan tanah.
3. Seluruh tangki pencerna berada dibawah permukaan tanah.

2.3.5. Proses kerja reaktor biogas

Proses kerja dari reaktor biogas sangatlah sederhana. Pada pengisian bahan baku awal ke dalam tangki pencerna memang membutuhkan tinja yang cukup banyak. Pengisian awal tangki pencerna kira-kira membutuhkan tinja sebanyak 40% dari volume total. Untuk itu perlu mengumpulkan tinja terlebih dahulu. Volume reaktor yang akan direncanakan sebelumnya disesuaikan dengan

kapasitas orang yang berada di kampus FTSP. Dengan melihat banyaknya WC yang ada di FTSP dan jumlah orang yang melakukan aktivitasnya setiap hari di gedung ini kebutuhan akan tinja seperti diatas tentunya tidak terlalu sulit.

Produksi gas bio yang terbentuk sangat tergantung pada suhu substrat dalam tangki pencerna. Menurut hadi (1981), gas bio terbentuk sekitar 10 hari sampai 24 hari, tetapi menurut Sahidu (1983), gas bio terbentuk pada hari ke 5 dengan suhu tangki pencerna 28°C. Secara praktis terbentuknya gas bio itu sulit diketahui, tetapi pada minggu pertama gas dari dalam tangki pencerna sudah terbentuk. Untuk itu dalam penutupan awal pada mulut lubang tangki pencerna sebaiknya pada hari ke 5 setelah pengisian. Berikutnya pada hari ke 6 kran gas dibuka apabila terdengar ada gas yang keluar berarti gas bio sudah dapat digunakan. Sebelum digunakan sebaiknya kran gas tidak ditutup, melainkan dihubungkan dengan manometer air, jika posisi air di dalam pipa manometer tidak seimbang berarti gas bio sudah dihasilkan. Perlakuan yang harus diperhatikan pada saat kontrol awal ini disamping memperhatikan produksi gas bio juga mengecek pH bahan isian. Substrat yang digunakan sebagai bahan isian pada mulanya mempunyai pH rendah, secara perlahan akan naik setelah gas bio terbentuk. Bahan isian tangki pencerna yang keluar jika mempunyai pH mendekati atau diatas netral berarti pembentukan gas bio sudah berjalan normal. Gas bio yang terbentuk pada minggu pertama harus dibuang. Cara pembuangannya mudah saja yaitu dengan cara membuka kran gas bio selama 1 atau 2 jam. Keterlambatan dalam pembuangan gas bio akan menimbulkan reaksi antara gas metan dengan sisa udara di dalam tangki pencerna. Hasil reaksi antara gas metan dengan sisa udara di dalam tangki pencerna akan menimbulkan letusan.

Pada saat letusan kemungkinan tutup tangki pencerna akan melompat keluar, disamping itu juga dapat merusak bangunan. Letusan dapat terjadi jika konsentrasi gas metan di dalam tangki pencerna sudah mencapai 5 persen sampai dengan 14 persen. Oleh karena itu kontrol awal harus hati-hati agar tidak menimbulkan bahaya. Cara lain untuk mencegah letusan itu sebenarnya tidak sulit seperti yang dibayangkan. Pencegahannya dapat dilakukan pada saat pengumpulan tinja. Pada saat itu tinja bisa langsung masuk ke dalam tangki pencerna dengan perbandingan air yang sudah ditentukan. Kemudian dibiarkan sampai dengan dua minggu. Selanjutnya tangki pencerna dikontrol pHnya dengan lakmus atau pH meter. Jika sudah mencapai pH 7 atau lebih, maka tutup tangki pencerna dapat dipasang. Perlakuan yang demikian ini dapat menghindari letusan yang tidak diinginkan. Hal ini disebabkan karena udara yang tersisa didalam tangki pencerna didorong keluar oleh gas bio yang terbentuk, sehingga reaksi antara gas metan dengan sisa udara tidak terjadi.

Untuk kelangsungan dan kelestarian produksi gas bio dari tangki pencerna, maka perlu adanya pengisian secara kontinyu. Disamping tangki pencerna berguna untuk menampung limbah tinja juga berfungsi sebagai tempat memproses menjadi bahan yang mudah digunakan untuk kepentingan makhluk hidup lainnya. Pengisian tangki pencerna ini sebenarnya berdasarkan pada lamanya limbah tinja habis terproses menjadi bahan organik lain maupun gas bio. Secara umum lamanya tinja habis terproses menjadi gas bio ini bermacam-macam. Selain dipengaruhi oleh kotoran yang digunakan, makanan yang digunakan juga suhu daerah yang bersangkutan. Perbandingan C/N akan menentukan lama tidaknya proses pencernaan. Umumnya semakin rendah C/N ratio pembentukan gas bio

lebih cepat, begitu juga proses pencernaannya. Namun yang lebih penting dalam proses pencernaan tinja menjadi gas bio ini adalah suhu udara atau suhu tanah. Suhu yang relatif tinggi di daerah tropis akan lebih cepat dalam proses pencernaan menjadi gas bio dibanding pada daerah yang mempunyai suhu rendah. Khusus daerah dataran tinggi tangki pencerna lebih direkomendasikan yang berada di bawah permukaan tanah agar suhu yang dikehendaki terpenuhi. Sedang untuk daerah panas atau dataran rendah bisa di atas atau di bawah permukaan tanah.

2.3.6. Sistem Pengurasan dan kontrol lanjutan

Bahan baku (tinja dan lain-lain asalkan bahan organik) pembentuk gas bio tidak seluruhnya dicerna oleh mikroba, melainkan ada yang mengapung, melayang dan mengendap. Bahan isian yang mengapung selalu berada di permukaan, sehingga lama-kelamaan akan menjadi tebal dan menghambat pembentukan gas bio.

Apabila akan melakukan pengurasan lebih baik dirancang terlebih dahulu. Sehingga semua bahan isian yang akan dikeluarkan diestimasi sudah tercerna seluruhnya. Setelah itu dilakukasn pengurasan. Untuk memudahkan pengurasan dapat dilakukan dengan cara memasukkan lubang air ke dalam lubang masukan. Masuknya air ke dalam lubang masukan dapat membuat bahan isian di dalam tangki pencerna banyak keluar dan sisanya menjadi encer. Keenceran bahan isian di dalam tangki pencerna akan mempermudah proses pemompaan keluar atau mengakhirnya substrat. Bagi daerah yang kekurangan air proses pengurasan dapat dilakukan dengan dua cara:

1. Secara manual
2. Dilakukan pada saat musim hujan

Pengurasan secara manual berarti menggunakan tenaga manusia seluruhnya. Cara ini dapat dilakukan setiap saat. Caranya sangat mudah saja yaitu mengeluarkan bahan isian dengan timba yang diikat tali. Jadi sedikit demi sedikit akhirnya menjadi habis. Umumnya cara ini membosankan para pemilik unit biogas. Akibatnya tidak sedikit unit biogas yang macet beroperasi karena tidak dilakukan pengurasan. Selain itu apabila timbanya terbuat dari seng dan mengurasnya melalui lubang mulut tangki pencerna membutuhkan pekerjaan yang hati-hati. Terkadang hal ini dapat merusak bibir mulut tangki pencerna. Namun demikian semua itu tergantung pada pemilik masing-masing untuk menghasilkan yang lebih baik.

Pengurasan pada saat musim hujan, prinsipnya sama dengan di atas yaitu mengalirkan air hujan ke dalam tangki pencerna melalui lubang masukan. Kemudian bahan isian terdorong keluar dan sisanya menjadi encer. Sisa bahan isian yang encer tersebut dapat dengan mudah dikeluarkan melalui proses pemompaan ataupun menggunakan gaya gravitasi. Setelah selesai pengurasan diadakan pembersihan dinding permukaan di dalam tangki pencerna. Selanjutnya di telaah keretakan dan kerusakan lainnya. Apabila terjadi keretakan berat, lebih baik plesternya dikelupas, kemudian ditutup yang baru. Sebaliknya apabila hanya terjadi pengelupasan cat, lebih baik yang mudah lepas dikelupas semua. Akhirnya baik yang ditambal atau dikelupas dicat semua agar terhindar dari kebocoran. Selang beberapa hari kemudian tangki pencerna dapat diisi seperti perlakuan pengisian awal. Perlakuan ini sebenarnya tidak hanya dilakukan satu kali

melainkan berkali-kali karena umur reaktor biogas dapat mencapai 30 tahun. Untuk itu pemeliharaan dan penelitian dalam mengoperasikan mutlak diperlukan.

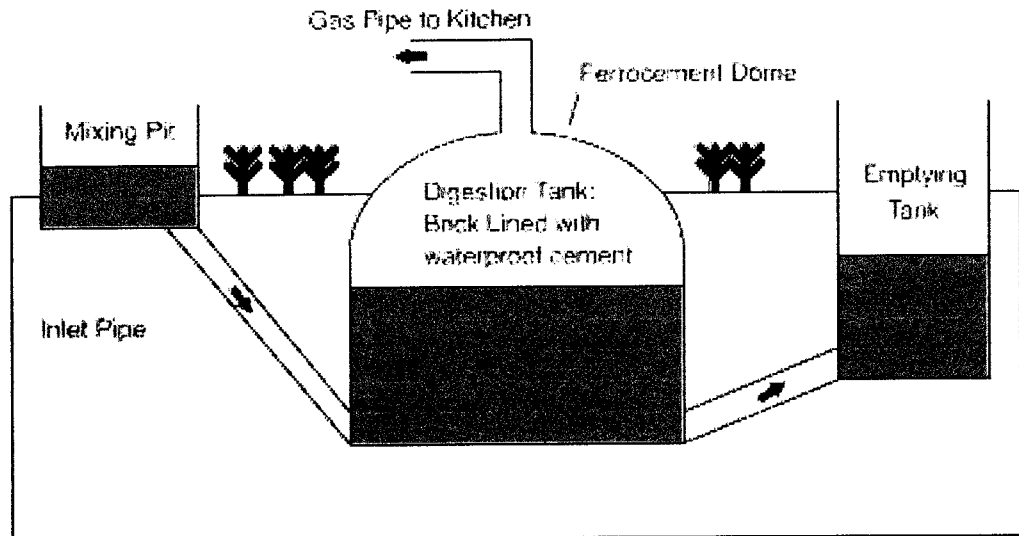
2.3.7. Uji kebocoran unit biogas

Bangunan unit biogas yang telah berumur satu minggu biasanya sudah kuat dan mulai mengeras. Hanya kedapatan terhadap air dan udara masih diragukan. Pengecekan kedapatan bangunan tangki pencerna terhadap air dan udara mutlak perlu dilakukan. Untuk melaksanakan pengecekan kedapatan tangki pencerna terhadap air dan udara (uji kebocoran) memerlukan alat dan bahan sbb:

- a. Alat : - Air 6 m³
 - Tanah liat 50 kg
- b. Bahan : - Kran gas 1 buah
 - Pipa plastik secukupnya
 - Manometer air 1 buah
 - Pompa udara

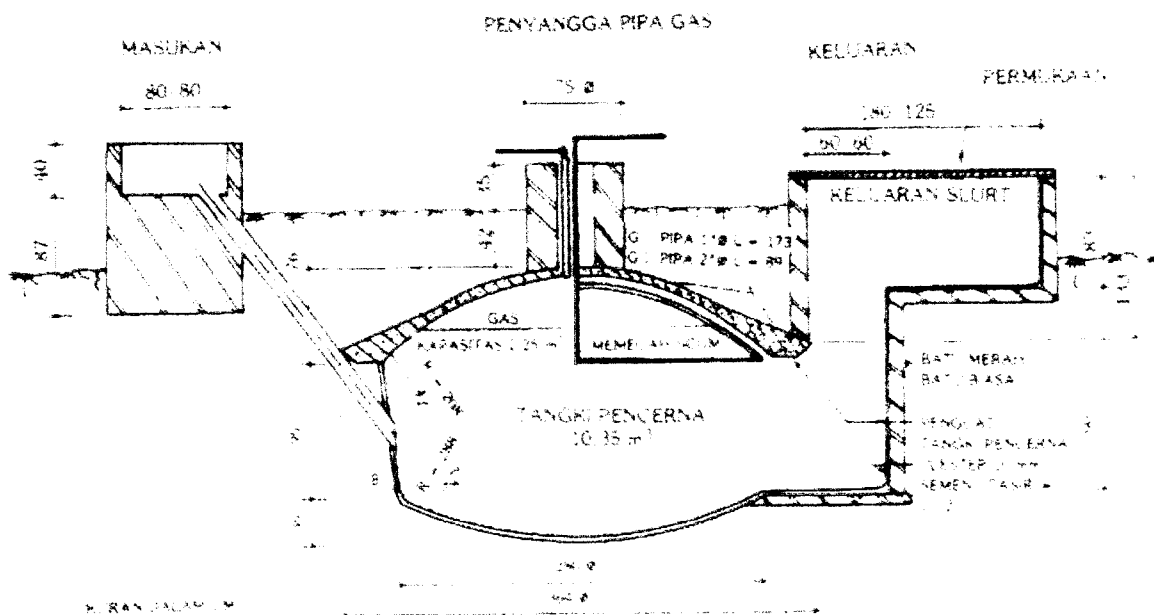
Cara pengujian kebocoran bangunan unit biogas yaitu pertama masukkan air yang telah dipersiapkan ke dalam tangki pencerna sehari sebelum pelaksanaan uji kebocoran. Air yang digunakan bisa berasal dari mana saja yang penting jernih dan tidak kotor. Akan tetapi air yang paling baik adalah air alami yaitu air yang berasal dari sumber alam yang tawar atau sungai yang tidak tercemar bahan kimia.

Keesokan harinya apabila terdapat pengurangan air lebih dari 4 cm selama 24 jam dari permukaan berarti tangki pencerna masih kurang baik kedapannya, apalagi terhadap udara. Namun demikian bukan berarti hal ini dapat dipastikan bocor, melainkan masih perlu pengecekan lanjutan. Beberapa ahli memang menyarankan sebaiknya memang harus diperbaiki lagi daripada dilanjutkan. Menurut pengalaman ternyata penurunan permukaan air 4 cm itu tidak banyak mempengaruhi kebocoran. Artinya masih dalam batas yang bisa ditoleransi. Sebaliknya apabila permukaan air turun melebihi 4 cm berarti jelas bocor. Untuk memperbaiki hal seperti ini berarti semua air yang ada di dalam tangki pencerna harus dikeluarkan. Selanjutnya dinding bagian dalam tangki pencerna diperhatikan kemungkinan-kemungkinan terdapat keretakan atau kebocoran yang diakibatkan oleh kelalaian tukang cat. Cara untuk memperbaiki dinding bagian dalam ini adalah melabur dengan cat kolam kembali sebanyak dua kali. Akan tetapi apabila penurunan permukaan air tidak banyak atau kurang dari 4 cm berarti tidak bocor maka penutupan mulut tangki pencerna dapat segera dilaksanakan.

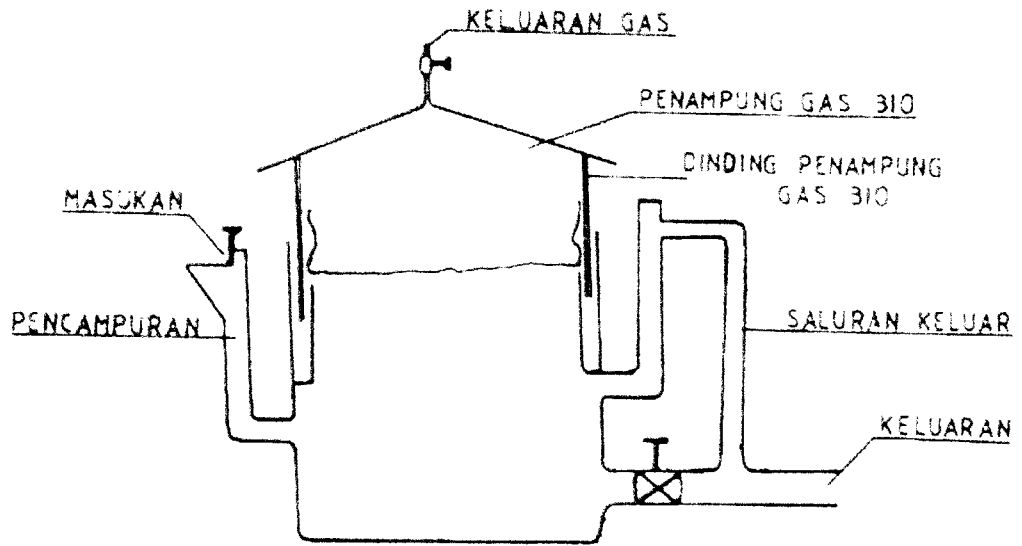


Gambar 1. Reaktor Biogas

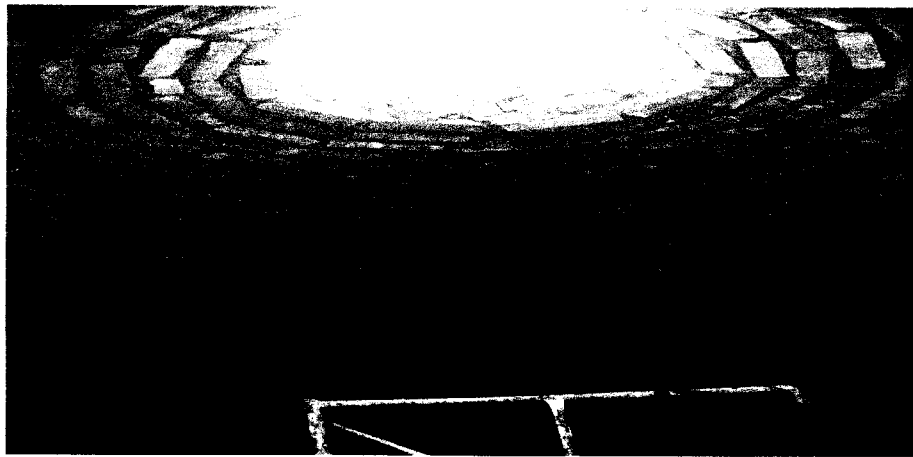
2.3.8. Contoh-contoh reaktor biogas



Gambar 2. Contoh reaktor biogas sistem Nepal



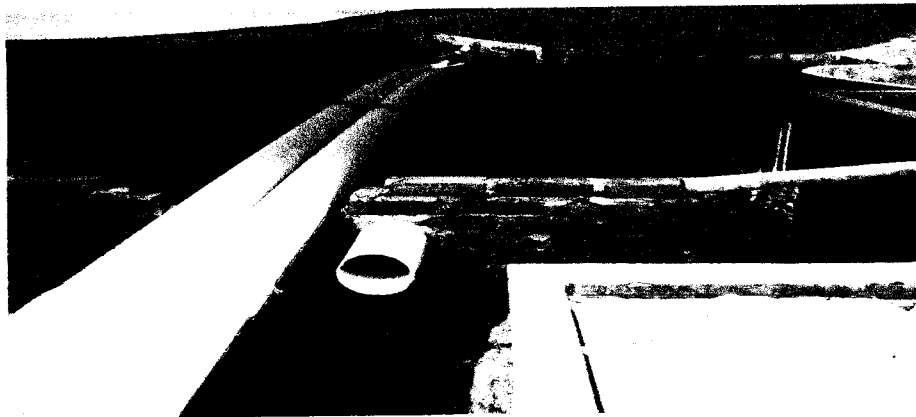
Gambar 3. Contoh reaktor biogas yang disitasi oleh proyek laboratorium PST PPTMGB LEMIGAS Cepu



Gambar 4. Reaktor biogas (lubang distribusi gas) Jogja International Hospital



Gambar 5. Reaktor biogas (outlet) Jogja International Hospital



Gambar 6. Reaktor biogas (bak outlet) Jogja International Hospital



Gambar 7. Reaktor biogas (bak outlet) Bebeng

BAB III

GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

3.1. Gambaran Umum Kampus FTSP

3.1.1. Umum

Universitas Islam Indonesia berdiri pada tanggal juli 1945 di kantor imigrasi pusat, Gondangdia, Jakarta dengan nama Sekolah Tinggi Islam (STI). Pendirian STI merupakan hasil keputusan rapat yang diadakan oleh Masjoemi yang dihadiri oleh wakil-wakil PBNU, PB Muhammadiyah, PBPUII, para ulama, intelektual muslim serta pejabat pemerintah dari Departemen Agama. Ketua pendirian yang ditunjuk adalah Drs. Moh. Hatta.

Pada tanggal 4 januari 1946, pemerintahan RI pindah ke Jogjakarta, kota yang kemudian dijadikan ibukota sementara Republik Indonesia. STI yang baru berusia beberapa bulan terpaksa mengikuti pemerintah untuk pindah ke Jogjakarta, dan selanjutnya memulai kegiatan di Jogjakarta hingga sekarang.

Keinginan untuk mengembangkan STI menjadi sebuah universitas didasari oleh pertimbangan adanya keprihatinan karena tidak adanya sebuah perguruan tinggi yang mampu mengajarkan ilmu-ilmu agama secara integral dengan ilmu-ilmu umum. Akhirnya pada tanggal 14 desember 1947 Sekolah Tinggi Islam diubah menjadi Universitas Islam Indonesia (UII) yang terdiri dari 4 Fakultas, yaitu Fakultas Agama, Hukum, Pendidikan dan Ekonomi.

Dalam perkembangannya hingga sekarang UII telah berkembang menjadi beberapa fakultas, yaitu :

- a. Fakultas hukum
- b. Fakultas Ekonomi
- c. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
- d. Fakultas Teknologi Industri
- e. Fakultas Ilmu Agama Islam
- f. Fakultas Psikologi dan Ilmu Sosial Budaya
- g. Fakultas MIPA
- h. Fakultas Kedokteran

Pengembangan akademik juga diikuti pengembangan sarana yang memfasilitasi semua kegiatan akademik. Salah satu sarana yang sampai saat ini masih terus dikembangkan adalah fasilitas gedung.

Saat ini dikembangkan kawasan kampus terpadu yang direncanakan akan menampung semua fakultas dan lembaga dalam lingkungan UII. Fakultas-fakultas yang belum atau tidak berada dalam kawasan kampus terpadu yaitu:

- a. Fakultas hukum
- b. Fakultas Ekonomi

Selain Fakultas-fakultas di atas juga masih terdapat lembaga-lembaga yang belum berada di kampus terpadu seperti UII Press, UKM-UKM, dan lain-lain.

3.1.2 Geografis dan keadaan alam

Kampus FTSP merupakan suatu unit bangunan bagian dari kampus terpadu Universitas Islam Indonesia. Letak kampus FTSP yaitu di sisi sebelah utara kampus terpadu Universitas Islam Indonesia. Dilihat dari segi orang yang

beraktivitas sehari-hari disini, kampus FTSP tergolong sangat padat penghuninya dibanding dengan Fakultas lain di kampus terpadu ini. Karena yang beraktivitas di kampus FTSP bukan hanya mahasiswa, dosen dan karyawan FTSP saja melainkan banyak mahasiswa dan orang luar FTSP juga melakukan aktivitasnya di dalam kampus FTSP. Karena FTSP memiliki auditorium dan hall yang sering dipakai untuk acara-acara seminar, talk show, pameran-pameran dan masih banyak kegiatan-kegiatan lainnya. Hal ini menyebabkan kampus FTSP jadi padat akan penghuni.

Dilihat dari segi geografis kampus FTSP berbatasan dengan :

- a. Utara : Pemukiman penduduk
- b. Selatan : Jalan pulang utama kampus terpadu
- c. Timur : Kampus komunikasi dan parkir rektoriat
- d. Barat : Jalan keluar menuju pemukiman penduduk dan parkir Fakultas Teknik dan MIPA.

(Peta batasan Wilayah Terlampir)

Luas kampus ftsp adalah 5850 m^2 dengan tinggi dari permukaan laut $\pm 323 \text{ mdpl}$.

3.1.3 Demografi

a. Jumlah Penduduk

sampai dengan tahun ini jumlah mahasiswa, dosen dan karyawan yang masih duduk menduduki FTSP diperkirakan lebih dari 3000 orang. Jumlah mahasiswa rata-rata tiap tahun dapat dikatakan meningkat. Perbandingan antara mahasiswa masuk dengan mahasiswa yang keluar tiap tahunnya rata-rata 2:1. Dengan demikian semakin tahun semakin meningkat jumlah yang melakukan



aktivitasnya di kampus FTSP. Dengan jumlah penambahan penduduk yang tidak tetap seperti ini sehingga dalam perencanaan ini tidak dilakukan proyeksi terhadap jumlah penduduk yang ada, karena pertumbuhan penduduk yang ada pada wilayah perencanaan tidak signifikan.

3.1.4 Lingkungan Hidup

a. Kebersihan

Kebersihan di kampus FTSP sangatlah terjamin, sebab untuk masalah kebersihan kampus FTSP memiliki karyawan yang setiap harinya akan membersihkan setiap sudut ruangan FTSP. Pembersihan yang dilakukan karyawan ini antara lain meliputi ruang kelas dan ruang-ruang lainnya, luar ruang seperti teras-teras ruangan, hall, toilet, dan pekarangan-pekarangan lainnya. Dalam setiap sudut ruangan maupun luar ruangan juga sudah disediakan tempat sampah. Selanjutnya sampah yang sudah terkumpul akan dikumpulkan ke TPS yang sudah tersedia juga di FTSP. Oleh karena itu untuk masalah kebersihan di kampus FTSP tidak perlu di ragukan lagi.

b. Kamar mandi dan WC (*toilet*)

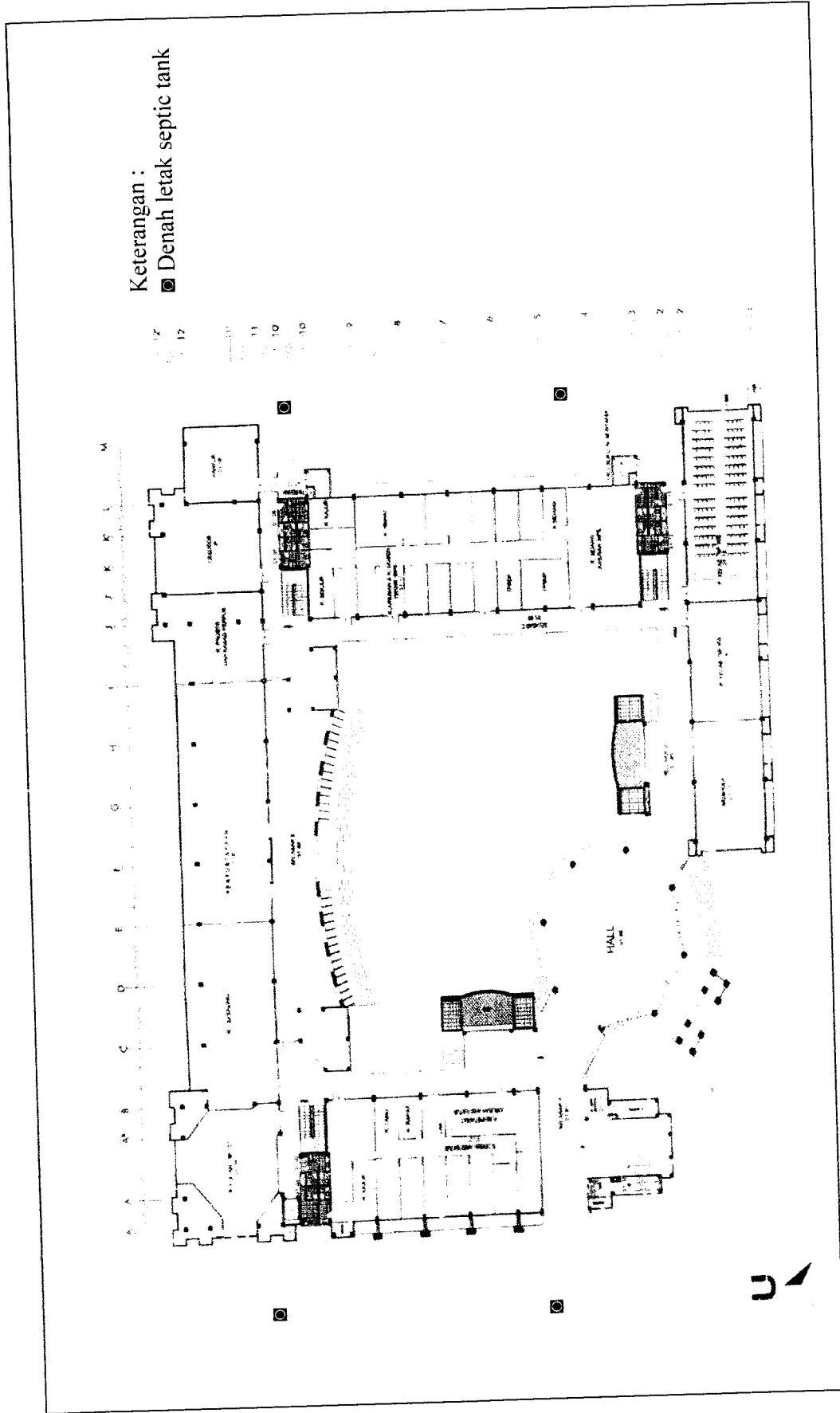
Fasilitas kamar mandi dan WC yang terdapat di kampus FTSP dapat di bilang sudah memenuhi standar. Pada setiap lantai rata-rata memiliki 4 buah kamar mandi. Dari sekian banyak kamar mandi yang ada diharapkan dapat memenuhi kebutuhan semua orang yang berada di FTSP. Sumber air yang untuk memenuhi sekian banyak kamar mandi gedung ini mengambil dari *ground reservoir* yang

terletak di sisi timur gedung FTSP. Air kotor, air kencing serta tinja akan disalurkan langsung ke *septic tank*.

3.1.5 Fasilitas Toilet di Kampus FTSP

- Lantai Basement : 3 buah
- Lantai I : 4 buah
- Lantai II : 5 buah
- Lantai III : 4 buah
- Lantai IV : 4 buah

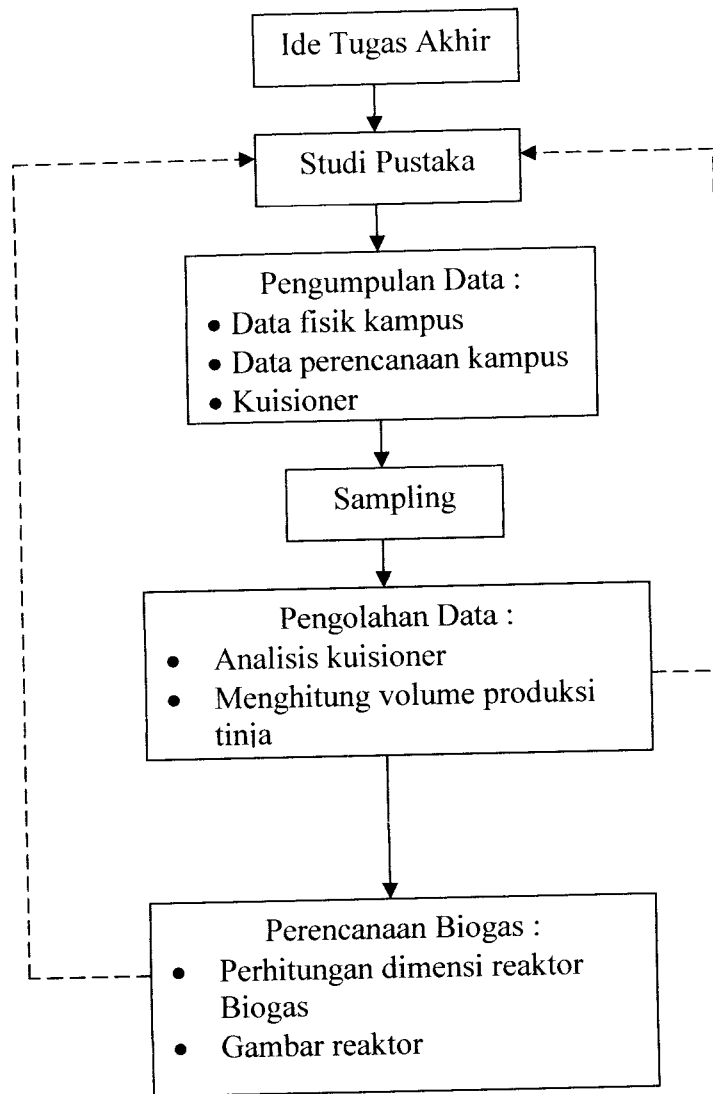
3.1.6 Denah Gedung FTSP



Gambar 8. Denah Gedung FTSP

BAB IV

METODE PERENCANAAN



4.1 Ide Tugas Akhir

Dengan diketahuinya bahwa tinja di kampus Fakultas teknik Sipil dan Perencanaan tidak dikelola secara optimal, munculah ide tugas akhir mengenai pengelolaan tinja yang ada di kampus fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan dengan teknologi bigas. Selain itu juga sebagai wujud aplikasi dari teknologi tepat guna.

4.2 Studi pustaka

Mencari dan mempelajari buku-buku tulisan ilmiah, pencarian referensi dengan menggunakan teknologi lewat internet, standar teknis dan perundang-undangan yang berhubungan dengan perencanaan tugas akhir ini.

4.3 Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penyusunan tugas akhir ini antara lain terdiri dari:

- a. Data primer
 1. Pengamatan langsung di lapangan
 2. Hasil pengukuran
 3. Data dari wawancara dan kuisisioner
- b. Data sekunder

Data sekunder berasal dari studi pustaka.

Data yang diperlukan antara lain:

- a. Data fisik kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
- b. Data hasil *sampling*
- c. Data jumlah orang yang membuang air besar di kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan selama satu minggu.
- d. Data volume produksi tinja di kampus fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan selama satu minggu.

Cara memperoleh data tersebut:

- a. Pengamatan dan pengukuran di lapangan
- b. Kuisisioner dan wawancara
- c. Penelitian kepustakaan

4.4 Sampling

- a. Lokasi

Pengambilan sampel dilakukan di semua toilet yang ada di gedung Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.

- b. Sistem sampling

1. Pengambilan sampel untuk mengetahui jumlah orang yang membuang air besar di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
2. Dari hasil sampling, maka dapat diketahui jumlah volume tinja yang di hasilkan.

- c. Teknik sampling

Dengan memasang tabel di setiap toilet, apabila ada orang yang buang air besar diharapkan mengisi tabel tersebut.

4.5 Pengolahan Data

Dalam menganalisa data antara jumlah orang yang buang air besar di toilet kampus dan produksi tinja serta menentukan volume yang dihasilkan dari kedua variabel tersebut menggunakan program (*software*) Microsoft Excel Windows 2003.

a. Menghitung volume produksi tinja

Dalam menghitung volume produksi tinja menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Volume = \frac{Jumlah\ orang\ buang\ air\ besar}{Berat\ tinja\ per\ orang}$$

Dimana berat tinja per orang didapat dari referensi yang ada dengan mengambil rata-ratanya yaitu sebesar 0,50 kg/orang. (*Dewats handbook*).

b. Menghitung volume produksi tinja total

$$Volume\ produksi\ tinja\ total = \frac{Jumlah\ total\ orang\ buang\ air\ besar}{Berat\ tinja\ per\ orang}$$

c. Menghitung volume reaktor biogas

Dalam menghitung volume reaktor biogas menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Vd = Sd \times Rt$$

Dimana:

Vd = Volume tangki pencerna

Sd = Jumlah masukan per hari (jumlah kotoran + air)

Rt = *Retention time* (lama pencernaan)

Perhitungan jumlah orang yang membuang air besar di toilet kampus berdasarkan pada jumlah orang yang mengisi tabel yang ditempel di semua toilet selama satu minggu.

4.6 Perencanaan Pengelolaan Tinja

Perencanaan meliputi pengumpulan data seperti jumlah orang yang buang air besar di toilet kampus dan peran serta semua pengguna fasilitas toilet kampus. Perencanaan dilakukan berdasarkan anklisa dari hasil penelitian, meliputi:

1. Analisa hasil dari wawancara dan kuisisioner dapat diketahui seberapa peran serta mahasiswa dan karyawan yang menggunakan fasilitas toilet kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
2. Perhitungan volume produksi tinja berdasarkan jumlah orang yang buang air besar di toilet kampus dan berat tinja per orang (dalam 1 minggu).

3. Perhitungan volume total produksi tinja berdasarkan jumlah total orang yang buang air besar di toilet kampus dan berat tinja per orang (dalam 1 minggu).
4. Perhitungan volume tangki pencerna (reaktor biogas)

BAB V
HASIL PENGUKURAN
DAN
PERHITUNGAN VOLUME MASUKAN TINJA

5.1 Produksi Tinja per orang per hari dari hasil observasi

Untuk pengukuran produksi tinja per orang per hari berdasarkan *observasi* di toilet gedung Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan selama satu minggu. Diasumsikan berat tinja per orang adalah 0,50 kg. (*Dewats Handbook; 1998*)

Tabel 5.1. Produksi Tinja Total Dalam Satu Minggu

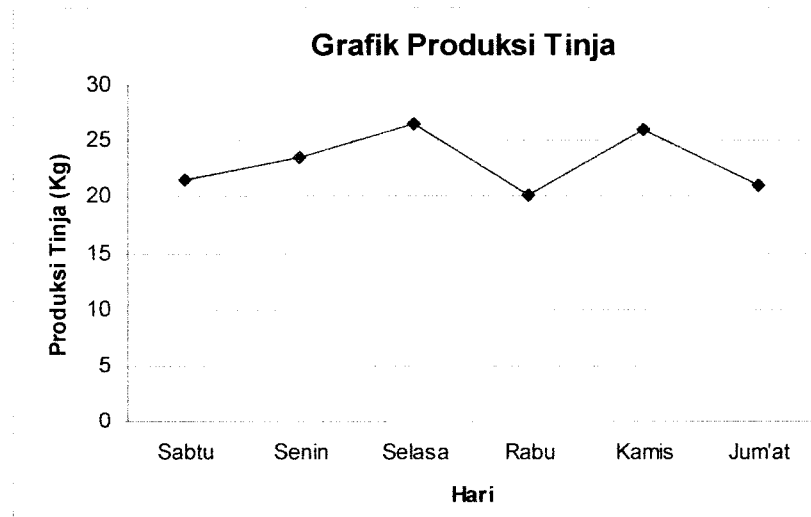
No	Toilet	Sabtu (Kg)	Senin (Kg)	Selasa (Kg)	Rabu (Kg)	Kamis (Kg)	Jum'at (Kg)
1	Lt. Basement	6.5	2	3	4.5	4.5	2.5
2	Lt. I	1.5	3.5	4	2.5	6	5.5
3	Lt. II	5	11	4.5	6	6.5	6
4	Lt. III	8.5	3.5	7.5	3.5	4.5	3.5
5	Lt. IV	0	3.5	7.5	3.5	4.5	3.5
Jumlah Total		21.5	23.5	26.5	20	26	21

Sumber: Hasil Observasi

Dari tabel di atas maka dapat dihitung jumlah produksi tinja dalam satu minggu dari hasil observasi adalah $= 21.5 + 23.5 + 26.5 + 20 + 26 + 21$

$$= 138.5 \text{ Kg}$$

Produksi rata-rata dalam sehari $= \frac{138.5}{6} = 23.08 \text{ Kg / hari}$



Grafik 5.1 Produksi Tinja Total Dalam Satu Minggu

5.2 Produksi Tinja per orang per hari dari hasil kuisisioner

Tabel 5.2 Data kuisisioner jumlah orang buang air besar dalam seminggu

Sering	Kadang-kadang	Tidak pernah
7 orang	17 orang	51 orang
9 %	23 %	68 %

* Keterangan :

Kriteria buang air besar dalam satu minggu:

1. Sering = 2 kali
2. Kadang-kadang = 1 kali

Dari data tabel diatas dapat disimpulkan jumlah orang buang air besar di toilet kampus ftsp dalam sehari adalah :

1. Sering $= \frac{7}{6} = 1,16 \text{ orang}$

2. Kadang-kadang $= \frac{17}{6} = 2,8 \text{ orang}$
3. Tidak pernah $= \frac{51}{6} = 8,5 \text{ orang}$

Dari 75 kuisisioner, diketahui jumlah orang yang buang air besar di kampus sebanyak 24 orang (18 %). Dari jumlah penduduk keseluruhan FTSP yaitu kurang lebih 3000 orang, dalam perhitungan ini asumsi untuk orang yang beraktivitas di kampus dalam sehari adalah 1000 orang. Di bawah adalah perhitungan produksi tinja dalam satu minggu sesuai dengan pertanyaan yang ada dalam kuisisioner.

Sehingga:

$$= \frac{18}{100} \times 1000$$

$$= 180 \text{ orang}$$

Produksi tinja dari hasil kuisisioner adalah :

$$= 180 \times 0,5$$

$$= 90 \text{ kg / min ggu}$$

$$= 15 \text{ kg / hari}$$

Dari hasil perhitungan kedua metode maka di dapatkan perbandingan hasil perhitungan jumlah berat tinja yang dihasilkan dalam sehari. Dari metode observasi didapatkan berat tinja sebesar 23,08 Kg/ hari sedangkan metode kuisisioner didapatkan berat tinja sebesar 15 Kg/ hari. Terjadinya perbedaan dalam hal ini disebabkan karena pada metode observasi orang lebih jujur dalam memberikan jawaban melihat kebutuhan buang air besar merupakan suatu privasi seseorang. Sedangkan dalam

metode kuisisioner karena dalam mengisi kuisisioner responden merasa tidak mau privasi mereka diketahui orang sehingga dalam menjawab pertanyaan dalam kuisisioner pun terkadang tidak sungguh-sungguh.

Dari kedua metode yang digunakan yaitu dengan observasi dan kuisisioner, untuk perhitungan selanjutnya dipakai jumlah produksi tinja total dengan metode kuisisioner yaitu 15 Kg. Dipakainya metode kuisisioner dikarenakan dalam suatu perencanaan biogas lebih baik mengambil hasil optimum daripada hasil maksimal. Karena dalam suatu perencanaan biogas apabila masukan tidak memenuhi standart dimensi reaktor maka gas tidak akan dihasilkan.

5.3 Perbandingan produksi tinja maksimal, rata-rata dan minimal

Tabel 5.2 Perbandingan produksi tinja dalam seminggu

No	Poduksi tinja	Jumlah (Kg/ hari)
1	Maksimal	23,08
2	Rata-rata	15
3	Minimal	1,2

BAB VI
PERENCANAAN PENGELOLAAN TINJA
DENGAN TEKNOLOGI BIOGAS

6.1 Umum

Masa perencanaan dalam pengelolaan tinja dengan teknologi biogas seperti yang terdapat pada referensi yaitu tangki pencerna reaktor biogas akan dapat terus dipakai selama kurang lebih 30 tahun.

6.2 Perhitungan Dimensi Reaktor

Untuk perhitungan dimensi reaktor asumsi-asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. *Hydraulic Retention Time (HRT)* atau lama cerna = 27 hari
- b. Temperatur dalam tangki pencerna = 30°C
- c. *Methan content* = 70 %
- d. *De-sludging interval* = 12 bulan
- e. *Free distance above slurry zero line* = 0.25 m
- f. *Outlet above zero* = 1.25 m
- g. *Diameter of left shaft* = 1.5 m

Sumber : Dewats Handbook

Masukan total dari hasil perhitungan dipakai dari hasil kuisisioner kuisisioner yaitu 15 Kg/ hari. Dengan asumsi berat padat tinja adalah 10% dari masukan total adalah 1,5 m³/ hari

Tabel 6.1 Perhitungan dimensi reaktor

General spread sheet for biogas plants, input and gas production data											
Daily flow	TS (DM) content	org. DM/ total DM	org. DM content	solids settleable within one day	HRT	Lowest digester temp.	Ideal biogas product at 30°C	Gas productions factors	Total gas product	Methan content	
Total	Total	assumed	calcul.	tested	chosen	given	given	calcul. acc. to graphs	calcul.	assumed	
m ³ /d	%	ratio	%	ml/l	d	°C	l/ Kg org. DM	f-HRT	f-temp	m ³ /d	ratio
1.5	8.00%	67%	5%	57.5	27	30	400	0.982	1	31.58112	70%
200-450											
Values for all digester shapes						For all fixed dome plants					
Non-dissolv. Methan prod. assumed	Approx. effluent COD	De-sludging interval	Sludge volume	Liquid volume	Total digester volume	Gas storage capacity	Gas holder volume VG	Free distance above slurry zero line	Outlet above zero	Diameter of left shaft	Diameter of expans. chamber
ratio	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	given	calcul.	chosen	chosen	chosen	calcul.
80%	mg/l 4164.437 9	months 12	m ³ 31.05	m ³ 40.5	m ³ 71.55	ratio 65%	m ³ 20.527728	m 0.25	m 1.25	m 1.5	m 4.31965
minimum 0.60 m											

Cylindrical floating drum plant						Ball shaped digester																								
Radius of digester chosen	Width of water ring chosen	Wall thickness of water ring chosen	Radius of gas holder calcul.	Theor. Height of gas holder calcul.	Theor. Depths of digester calcul.	Actual Height of gas holder calcul.	Actual Depths of digester calcul.	Volume of empty space above zero line calcul.	Radius ball shape requir	Actual digester radius (half round) chosen	Actual net volume of digester check	Lowest slurry level below zero line (fill and trial until "calcul." match "target")	trial !!	calcul.	target	Actual net volume of digester check	Actual digester radius (half round) chosen	Actual net volume of digester check	Lowest slurry level below zero line (fill and trial until "calcul." match "target")	trial !!	calcul.	target	Actual net volume of digester check	Actual digester radius (half round) chosen	Actual net volume of digester check	Gas pressure half ball calcul.				
m	m	m	m	m	m	m	m	m ³	m	m	m ³	m	m	m ³	m ³	m	m	m ³	m	m	m ³	m ³	m	m	m ³	m ³	m	m ³	m ³	m w.c.
1.5	0.25	0.12	1.375	3.456094	11.6169	3.606094	11.76697	0.33689	2.71649	1.8	13.0298																			
Ball shaped digester												Half-ball shaped digester																		
Lowest slurry level below zero line (fill and trial until "calcul." match "target")												Gas pressure ball shaped calcul.																		
trial !!	calcul.	target	calcul.	calcul.	requir	chosen	check	trial !!	calcul.	target	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m ³	m ³	m w.c.	m ³	m	m	m ³	m	m ³	m	m ³	m	m ³	m	m ³	m ³	m	m	m ³	m ³	m	m	m ³	m ³	m	m	m ³	m ³	m w.c.	
0.9	5.885904	20.86462	2.15	0.425208	3.42129	2.25	12.48812	0.74	5.91182	20.952	1.99																			
1.50 max												1.50 max																		

Sumber : Dewars Handbook

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh produksi gas dalam sehari sebesar 31.58112 m³ /hari. Angka tersebut merupakan hasil produksi gas dari jumlah masukan rata-rata dari dua metode yaitu metode observasi dan kuisioner.

6.3. Perbandingan produksi gas maksimal, rata-rata dan minimal dalam sehari

Tabel 6.1 Perbandingan produksi gas

No	Produksi gas	Jumlah (m ³ /hari)
1	Maksimal	48,4243
2	Rata-rata	31.58112
3	Minimal	2,5264

6.3. Alternatif Penggunaan

sekarang ini di kampus FTSP terdapat kantin juga dapur dimana dalam memasak menggunakan bahan bakar gas. Dari kantin sendiri dalam satu bulan membutuhkan 4 tabung gas untuk keperluan memasak, sedangkan bagian dapur membutuhkan 2 tabung gas.

▪ Perhitungan

1 tabung gas adalah 15 kg (dari hasil konversi 1 kg gas cair = 1,0432 liter)

• Untuk kantin :

$$\begin{aligned}
 4 \text{ tabung} &= 12 \times 4 = 48 \text{ kg / bulan} \\
 48 \times 1,0432 &= 50,0736 \text{ liter / bulan} \\
 &= 1,669 \text{ liter / hari}
 \end{aligned}$$

- Untuk dapur :

$$\begin{aligned}
 2 \text{ tabung} &= 12 \times 2 = 24 \text{ kg / bulan} \\
 24 \times 1,0432 &= 25,036 \text{ liter / bulan} \\
 &= 0,834 \text{ liter / hari}
 \end{aligned}$$

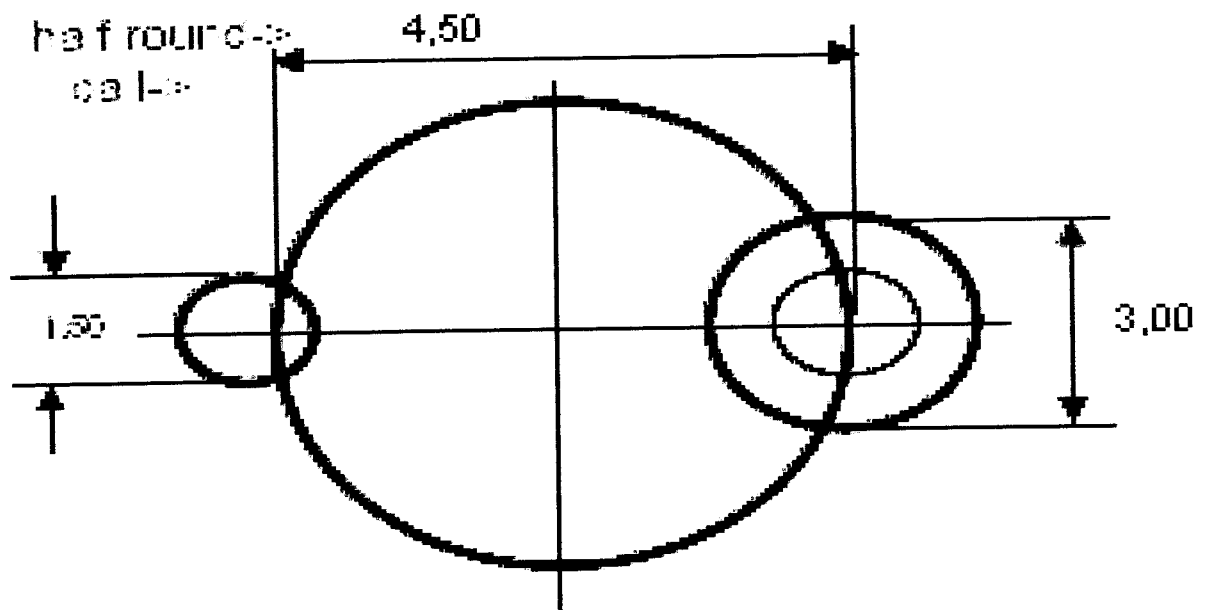
- Total kebutuhan gas :

$$\begin{aligned}
 &= 1,669 + 0,834 \\
 &= 2,503 \text{ liter / hari} \\
 &= 0,0025 \text{ m}^3 \text{ / hari}
 \end{aligned}$$

Produksi gas total pada perencanaan ini dari hasil perhitungan dengan asumsi gas *Methan* 70% adalah sebesar 31.581 m³ /hari. Total kebutuhan gas di kampus FTSP dalam satu hari adalah 0,0025 m³ /hari. Dengan demikian gas yang dihasilkan reaktor biogas dalam perencanaan ini dapat mencukupi kebutuhan gas di kampus FTSP.

6.4. Rencana Bentuk Reaktor

Bentuk reaktor yang akan dipakai dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:



plan of fixed dome digesters

Gambar 11. Rencana Bentuk Reaktor

6.5 Masalah Yang Timbul Pada Reaktor Biogas

Dalam reaktor biogas sering kali timbul berbagai masalah. Salah satu contoh masalah yang sangat urgent adalah tidak timbulnya gas. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain :

1. Terjadinya kebocoran pada reaktor

Pada reaktor biogas apabila terdapat kebocoran sekecil apapun akan sangat mempengaruhi produksi gas sampai berakibat tidak akan timbul produksi gas yang bisa dimanfaatkan sama sekali. Hal ini disebabkan karena gas yang telah terbentuk akan terbuang begitu saja lewat lubang yang bocor pada reaktor tersebut.

2. Kurangnya sumber masukan

Kurangnya sumber masukan juga sering terjadi pada sebuah reaktor biogas. Sebab banyak kejadian pada beberapa reaktor yang sudah jadi dan tidak dapat berfungsi karena kurangnya sumber masukan. Hal ini disebabkan karena pada saat perencanaan membuat reaktor banyak orang yang tidak begitu paham dengan perencanaan reaktor biogas dan langsung saja membuat reaktor. Oleh karena itu dalam merencanakan ukuran sebuah reaktor biogas haruslah direncanakan pula sesuai dengan perhitungan masukan yang akan dimasukkan setiap harinya.

Dari masalah-masalah diatas masih banyak lagi masalah yang terdapat pada sebuah reaktor biogas. Namun permasalahan yang sangat urgent adalah kedua masalah tersebut.

BAB VII
BILL OF QUANTITY (BOQ)
DAN
RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

Bill Of Quantity (BOQ) di bawah ini menyesuaikan perhitungan dimensi reaktor biogas pada perencanaan ini yaitu 4, 32 m³ dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) sesuai dengan harga yang berlaku di pasaran saat ini.

Tabel 7.1 Bahan-bahan

NO.	MACAM BAHAN	JUMLAH	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL (Rp)
1	Batu bata	2500	buah	300	750.000
2	Semen	2000	kg	850	1.700.500
3	Kerikil	4	m ³	95.000	380.000
4	Pasir	7	m ³	100.000	700.000
				JUMLAH	3.530.500

Tabel 7.2 Macam Alat

NO.	MACAM ALAT	JUMLAH	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL (Rp)
1	Pipa galvanis ø 1 inch	0.5	m	49.500	24.500
2	Pipa karet ø 1 cm	0.5	m	15.000	7.500
3	Pipa pvc ø 20 cm	1.5	m	275.500	413.250
4	Kran ø 1.2 cm	2	buah	13.750	27.500
5	Kran ø 1 inch	1	buah	11.500	11.500
6	Besi cor	10	m	7.500	75.000
				JUMLAH	559.250

Tabel 7.3 Macam Tenaga

NO.	MACAM TENAGA	JUMLAH	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL (Rp)
1	Kepala tukang	1	50.000	-
2	Tukang	2	30.000	60.000
3	Pekerja	2	20.000	40.000
			JUMLAH	150.000

Tabel 7.4 Uraian Pekerjaan

NO.	URAIAN PEKERJAAN	WAKTU (HARI)	PEKERJA (ORANG)	HARGA SATUAN (Rp)
1	Pekerjaan galian	3	5	450.000
2	Pekerjaan pondasi	2	5	300.000
3	Pembuatan dinding tangki pencernaan	5	5	750.000
4	Pembuatan lubang masukan (inlet)	1	5	150.000
5	Pembuatan lubang keluaran (outlet)	1	5	150.000
6	Pembuatan tutup dan plester tangki pencernaan	2	5	300.000
7	Memperbaiki plester serta pekerjaan lain	3	5	450.000
			JUMLAH	2.550.000

Tabel 7.5 Rekapitulasi

NO.	PEKERJAAN	HARGA (Rp)
1	Bahan-bahan	3.530.500
2	Macam alat	559.250
3	macam tenaga	2.550.000
	TOTAL	6.639.250
	<i>TERBILANG: Enam Juta Enam Ratus Tiga Puluh Sembilan Ribu Dua Ratus Lima Puluh Rupiah</i>	

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan layak untuk dibuat reaktor biogas sebagai aplikasi dari teknologi tepat guna untuk menghasilkan suatu sumber energi alternatif.
2. Dari hasil observasi didapat produksi tinja dalam sehari di kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan rata-rata dalam sehari adalah 23 Kg/ hari.
3. Dari hasil kuisioner didapat produksi tinja dalam sehari di kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan rata-rata dalam sehari adalah 15 Kg/ hari.
4. Dari kedua metode perhitungan produksi tinja dapat diambil rata-rata produksi adalah 19,04 Kg/ hari yang dalam jumlah masukan sebesar itu dapat menghasilkan gas sebesar 31,58 m³/ hari.
5. Untuk menentukan dimensi reaktor dipakai produksi tinja dari metode kuisioner yaitu 15 Kg/ hari dan didapat dimensi reaktor dengan ukuran 4,32 m³.

8.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diajukan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan observasi dengan waktu yang lebih lama dan presentase kuisioner yang lebih banyak agar diperoleh data produksi tinja di kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan yang lebih pasti.
2. Dalam perencanaan ini hanya sebatas menggunakan media tinja (*Black water*), untuk perencana selanjutnya bisa menggunakan campuran limbah domestik di kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
3. Perencana selanjutnya dapat merencanakan variasi bentuk reaktor, media yang digunakan, serta lokasi lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Junus M, 1995, *Teknik Membuat dan Memanfaatkan Unit Gas Bio*, Gadjah Mada University Press, Jogjakarta, 1995
- Masqudi, A dan Slamet, A, 2002, *Satuan Operasi Untuk Pengolahan Air*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya
- Wardhana, W, 2004, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Andi, Yogyakarta.
- Met Calf and Eddy, 2003, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse", Mc. Graw Hill.
- William G. COCHRAN, penerjemah: Radiansyah, 1991, *Teknik Penarikan Sampel*, Universitas Indonesia (UI PRESS), 1991
- Sasse L, 1998, *Decentralised Wastewater Treatment Handbook*, BORDA (Bremen Overseas Research and Development Association) Développement d'Outre Mer Industriestrasse 20, D-28199 Bremen.
- Soemirat, J.S., 1996, "Kesehatan Lingkungan " Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Soeparman, Suparmin 2001, *Pembuangan LimbahTinja dan Limbah Cair* , EGC, jakarta 2002
- <http://www.inkubator.itb.ac.id>
- <http://www.Roserworthy.adelaide.edu.au/pharis/biogas/begineers.html>
- <http://www.snvword.org>

LAMPIRAN

I

Kuisoner Tugas Akhir

**Mohon di isi dengan benar dan Sejujur-jujurnya*

Pertanyaan :

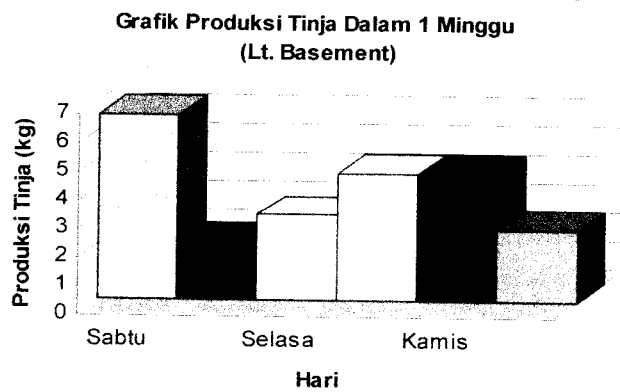
1. Dalam satu minggu berapa hari anda datang ke kampus (khususnya ftsp)?
 - a. setiap hari kecuali hari libur
 - b. 5 hari
 - c. 4 hari
 - d. 3 hari
 - e. lain-lain.....
2. Setiap kali anda ke kampus, rata-rata berapa kali anda menggunakan fasilitas toilet kampus ?
 - a. 1 kali
 - b. 2 kali
 - c. 3 kali
 - d. 4 kali
 - e. lain lain.....
3. Apakah anda pernah membuang air besar di toilet kampus ?
 - a. tidak pernah
 - b. kadang-kadang
 - c. sering
 - d. lain-lain.....
4. Dalam waktu seminggu anda datang ke kampus, adakah kemungkinan anda untuk membuang air besar di kampus ?
 - a. tidak ada
 - b. kadang-kadang
 - c. ada
 - d. lain-lain
5. Berapa kira-kira air yang anda gunakan setiap ankali anda ke toilet kampus?
 - a. 1 – 2 gayung
 - b. 3 – 4 gayung
 - c. 5 – 6 gayung
 - d. lain-lain.....

-----Terima Kasih-----

Produksi Tinja Dalam Satu Minggu (Lt. Basement)

No	Hari	Jumlah Orang BAB	Produksi Tinja (kg)
1	Sabtu	13	6.5
2	Senin	4	2
3	Selasa	6	3
4	Rabu	9	4.5
5	Kamis	9	4.5
6	Jum'at	5	2.5
	Jumlah	46	23

Sumber: Hasil Penelitian

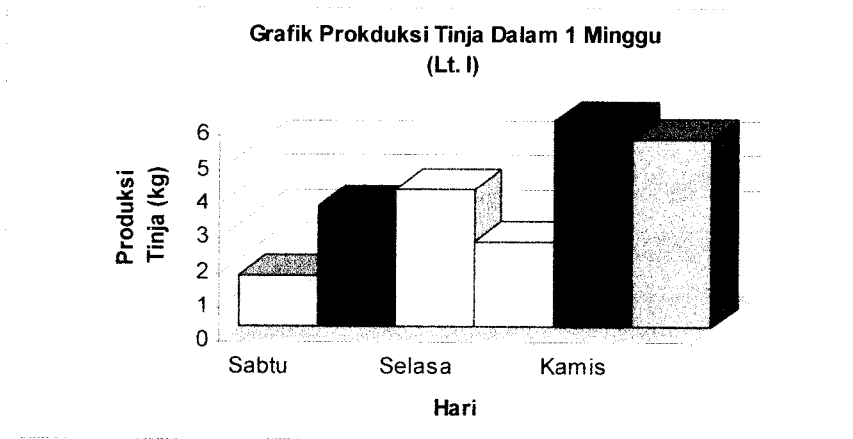


Produksi tinja dalam 1 minggu

Produksi Tinja Dalam Satu Minggu (Lt. I)

No	Hari	Jumlah Orang BAB	Produksi Tinja (kg)
1	Sabtu	3	1.5
2	Senin	7	3.5
3	Selasa	8	4
4	Rabu	5	2.5
5	Kamis	12	6
6	Jum'at	11	5.5
	Jumlah	46	23

Sumber: Hasil Penelitian



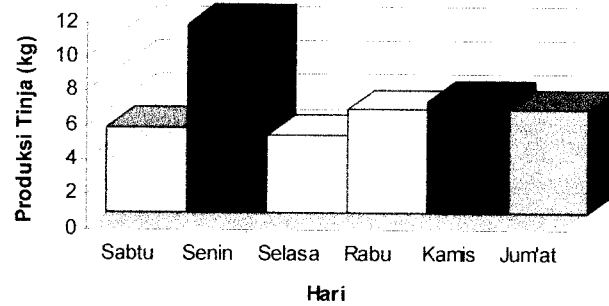
Produksi tinja dalam 1 minggu

Produksi Tinja Dalam Satu Minggu (Lt. II)

No	Hari	Jumlah Orang BAB	Produksi Tinja (kg)
1	Sabtu	10	5
2	Senin	22	11
3	Selasa	9	4.5
4	Rabu	12	6
5	Kamis	13	6.5
6	Jum'at	12	6
	Jumlah	78	39

Sumber: Hasil Penelitian

Grafik Produksi Tinja Dalam 1 Minggu (Lt. II)



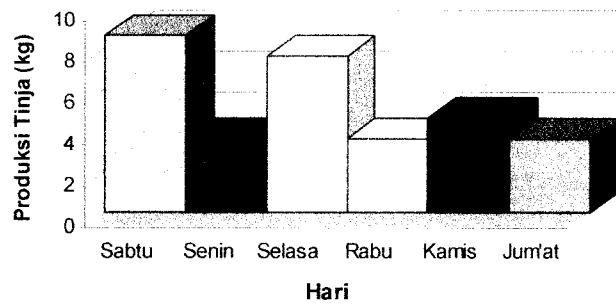
Produksi tinja dalam 1 minggu

Produksi Tinja Dalam Satu Minggu (Lt. III)

No	Hari	Jumlah Orang BAB	Produksi Tinja (kg)
1	Sabtu	17	8.5
2	Senin	7	3.5
3	Selasa	15	7.5
4	Rabu	7	3.5
5	Kamis	9	4.5
6	Jum'at	7	3.5
	Jumlah	62	31

Sumber: Hasil Penelitian

Grafik Produksi Tinja Dalam 1 Minggu (Lt. III)



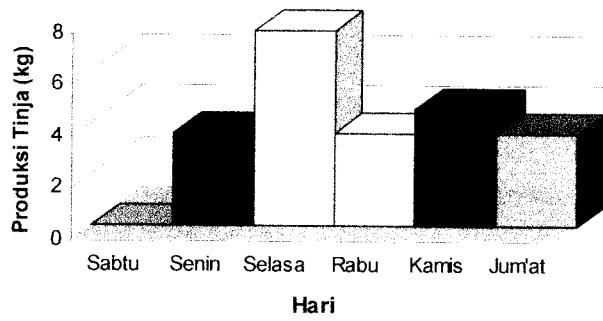
Produksi tinja dalam 1 minggu

Produksi Tinja Dalam Satu Minggu (Lt. IV)

No	Hari	Jumlah Orang BAB	Produksi Tinja (kg)
1	Sabtu	0	0
2	Senin	7	3.5
3	Selasa	15	7.5
4	Rabu	7	3.5
5	Kamis	9	4.5
6	Jum'at	7	3.5
	Jumlah	45	22.5

Sumber: Hasil Penelitian

Grafik Produksi Tinja Dalam 1 Minggu (Lt. IV)



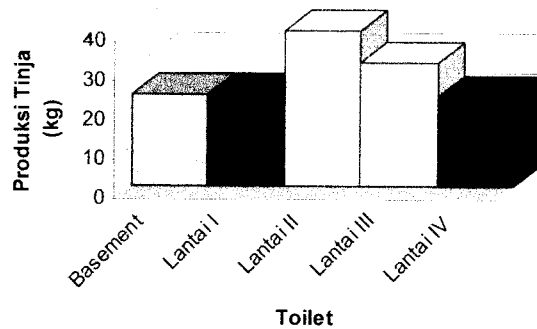
Produksi tinja dalam 1 minggu

Produksi Tinja Total Dalam Satu Minggu

No	Toilet	Jumlah Orang BAB	Produksi Tinja (kg)
1	Basement	46	23
2	Lantai I	46	23
3	Lantai II	78	39
4	Lantai III	62	31
5	Lantai IV	45	22.5
	Jumlah	277	138.5

Sumber: Hasil Penelitian

Grafik Produksi Tinja Total Dalam 1 Minggu



Produksi tinja dalam 1 minggu

LAMPIRAN

II

KEPUTUSAN
MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP
NOMOR 112 TAHUN 2003
TENTANG
BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK
MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP,

Menimbang : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 21 ayat (1) Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, maka dipandang perlu menetapkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik;

Mengingat : 1. Undang-undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Tahun 1997 Nomor 68, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3699);

2. Undang-undang Nomor 22 Tahun 1999 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Tahun 1999 Nomor 60, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3839);

3. Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 1999 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Tahun 1999 Nomor 59, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3838);
4. Peraturan Pemerintah Nomor 25 Tahun 2000 tentang Kewenangan Pemerintah dan Kewenangan Provinsi Sebagai Daerah Otonom (Lembaran Negara Tahun 2000 Nomor 54, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3952);
5. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lembaran Negara Tahun 2001 Nomor 153, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4161);
6. Keputusan Presiden Nomor 2 Tahun 2002 tentang Perubahan Atas Keputusan Presiden Nomor 101 Tahun 2001 tentang Kedudukan, Tugas, Fungsi, Kewenangan, Susunan Organisasi, Dan Tata Kerja Menteri Negara;

MEMUTUSKAN :

**Menetapkan : KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP
TENTANG BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK.**

Pasal 1

Dalam Keputusan ini yang dimaksud dengan :

1. Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama;
2. Baku mutu air limbah domestik adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah domestik yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan;
3. Pengolahan air limbah domestik terpadu adalah sistem pengolahan air limbah yang dilakukan secara bersama-sama (kolektif) sebelum dibuang ke air permukaan;
4. Menteri adalah Menteri yang ditugasi untuk mengelola lingkungan hidup dan pengendalian dampak lingkungan.

Pasal 2

- (1) Baku mutu air limbah domestik berlaku bagi usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan dan apartemen.
- (2) Baku mutu air limbah domestik sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) berlaku untuk pengolahan air limbah domestik terpadu.

Pasal 3

Baku mutu air limbah domestik adalah sebagaimana tercantum dalam lampiran Keputusan ini.

Pasal 4

Baku mutu air limbah domestik dalam keputusan ini berlaku bagi :

- a. semua kawasan permukiman (real estate), kawasan perkantoran, kawasan perniagaan, dan apartemen;
- b. rumah makan (restauran) yang luas bangunannya lebih dari 1000 meter persegi;
dan
- c. asrama yang berpenghuni 100 (seratus) orang atau lebih.

Pasal 5

Baku mutu air limbah domestik untuk perumahan yang diolah secara individu akan ditentukan kemudian.

Pasal 6

- (1) Baku mutu air limbah domestik daerah ditetapkan dengan Peraturan Daerah Provinsi dengan ketentuan sama atau lebih ketat dari ketentuan sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini.
- (2) Apabila baku mutu air limbah domestik daerah sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) belum ditetapkan, maka berlaku baku mutu air limbah domestik sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini.

Pasal 7

Apabila hasil kajian Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup atau hasil kajian Upaya Pengelolaan Lingkungan dan Upaya Pemantauan Lingkungan dari usaha dan atau kegiatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 mensyaratkan baku mutu air limbah domestik lebih ketat, maka diberlakukan baku mutu air limbah domestik sebagaimana yang dipersyaratkan oleh Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup atau Upaya Pengelolaan Lingkungan dan Upaya Pemantauan Lingkungan .

Pasal 8

Setiap penanggung jawab usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan dan apartemen wajib :

- a. melakukan pengolahan air limbah domestik sehingga mutu air limbah domestik yang dibuang ke lingkungan tidak melampaui baku mutu air limbah domestik yang telah ditetapkan;
- b. membuat saluran pembuangan air limbah domestik tertutup dan kedap air sehingga tidak terjadi perembesan air limbah ke lingkungan.
- c. membuat sarana pengambilan sample pada *outlet* unit pengolahan air limbah.

Pasal 9

- (1) Pengolahan air limbah domestik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 8 dapat dilakukan secara bersama-sama (kolektif) melalui pengolahan limbah domestik terpadu.

- (2) Pengolahan air limbah domestik terpadu harus memenuhi baku mutu limbah domestik yang berlaku.

Pasal 10

- (1) Pengolahan air limbah domestik terpadu sebagaimana dimaksud dalam Pasal 8 menjadi tanggung jawab pengelola.
- (2) Apabila pengolahan air limbah domestik sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) tidak menunjuk pengelola tertentu, maka tanggung jawab pengolahannya berada pada masing-masing penanggung jawab kegiatan

Pasal 11

Bupati/Walikota wajib mencantumkan persyaratan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 dalam izin pembuangan air limbah domestik bagi usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restauran*), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama.

Pasal 12

Menteri meninjau kembali baku mutu air limbah domestik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 secara berkala sekurang-kurangnya sekali dalam 5 (lima) tahun.

Pasal 13

Apabila baku mutu air limbah domestik daerah telah ditetapkan sebelum keputusan ini :

- a. lebih ketat atau sama dengan baku mutu air limbah sebagaimana dimaksud dalam Lampiran Keputusan ini, maka baku mutu air limbah domestik tersebut tetap berlaku;
- b. lebih longgar dari baku mutu air limbah sebagaimana dimaksud dalam Lampiran Keputusan ini, maka baku mutu air limbah domestik tersebut wajib disesuaikan dengan Keputusan ini selambat-lambatnya 1 (satu) tahun setelah ditetapkannya Keputusan ini.

Pasal 14

Pada saat berlakunya Keputusan ini semua peraturan perundang-undangan yang berkaitan dengan baku mutu air limbah domestik bagi usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama yang telah ada, tetap berlaku sepanjang tidak bertentangan dengan Keputusan ini.

Pasal 15

Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di: Jakarta

pada tanggal : 10 Juli 2003

Menteri Negara Lingkungan Hidup.

LAMPIRAN

III

Formulas of spread sheet „baffled septic tank“

C5=A5/B5

F5=D5/E5

K5=G5/0,6*IF(J5<1;J5*0,3;IF(J5<3;(J5-1)*0,1/2+0,3;IF(J5<30;(J5-30)*0,15/27+0,4;0,55)))

The formula relates to Fig. 68. The number 0,6 is a factor found by experience.

A11=K5*A12

B11=D5*(1-K5)

C11=E5*(1-A11)

D11=B11/C11

E11=IF(J23<6;1;1-(J23<6)*0,28/14)

The formula relates to Fig. 77.

F11=IF(C11<150;C11*0,37150+0,4;IF(C11<300;(C11-150)*0,1/150+0,77;IF(C11<500;(C11-300)*0,08/200+0,87;IF(C11<1000;(C11-500)*0,1/500+0,95;IF(C11<3000;(C11-1000)*0,1/2000+1,05;1,15)))

The formula relates to Fig. 78.

G11=IF(H5<15;(H5-10)*0,25/5+0,55;IF(H5<20;(H5-15)*0,11/5+0,8;IF(H5<25;(H5-20)*0,09/5+0,91;IF(H5<30;(H5-25)*0,05/5+1;(H5-30)*0,03/5+1,05)))

The formula relates to Fig. 78 b.

H11=IF(J17=1;0,4;IF(J17=24;0,7;IF(J17=3;0,9;(J17-3)*0,06+0,9)))

The formula relates to Fig. 76

J9=E11*F11*G11*H11*I11

J11=WENN(J9<0,8;J9;WENN(J9(1-0,37*((J9)-0,8))<0,95;J9*(1-0,37*((J9)-0,8));0,95))

The formula limits unrealistic BOD removal rates

K11=(1-J11)*C11

A12=IF(K5<0,5;1,06;IF(K5<0,75;(K5-0,75)(K5-0,5)*0,065/0,25+1,06;IF(K5<0,85;1,125-(K5-0,75)*0,1/0,1;1,025)))

The formula relates to Fig. 65.

K12=IF(A17<0,5;1,06;IF(A17<0,75;(A17-0,5)*0,065/0,25+1,06;IF(A17<0,85;1,125-(A17-

0,75)*0,1/0,1;1,025)))

The formula relates to Fig. 65.

A17=1-K11/E5

B17=A17*K12

C17=(1-B17)*D5

F17=0,005*IF(I5<36;1-I5*0,014;IF(I5<120;0,5-(I5-36)*0,002;1/3))

The formula relates to Fig. 67.

G17=IF(A11>0;IF(F17*(E5-C11)/1000*30*15*A5+J5*C5<2*J5*C5;2*J5*C5;F17*(E5-C11)/1000*30*15*A5+J5*C5);0)/D17/E17

The formula takes care that sludge volume is less than half the total volume, the settler may be omitted.

A23=K17*0,5

C23=C5/I17

D23=C23/B23

F23=C5/B23/E23

H23=(G23+B23)*J17*K17*E23

I23=H23/(A5/24)/105%

J23=C11*C5*24/H23/1000

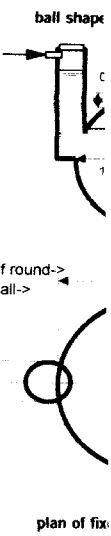
K23=(D5-K11)*A5*0,35/1000/0,7*0,5

350 l methane is produced from each kg COD removed.

13.1.10 Biogas Plant

The biogas plant as it is known in rural households of India functions more or less as a fully mixed reactor, where cattle dung is thoroughly mixed by hand with water. The substrate, even as effluent is very viscous, little sludge settles as a result and for many years no sludge is removed at all. The same rural biogas plant in China receives a substrate which is a mixture of human excreta, pigs dung and water, however by far not as homogeneous as commonly found in India. Other wastewater, for

le from
differen
lt to fin
g“ was
could l
l sheet
ation an
ed locall
read sh
ng fact
followin
ds which
ch scale
leable s
re is a
er due t
which
ge to se
only ma
by com
g sludg



on to spre

example from slaughter houses may have again different properties. It is therefore difficult to find dimensions for all kind of „strong“ wastewater for which a biogas plant could be suitable. The following spread sheet should be used with certain reservation and formulas may need to be adapted locally.

The spread sheet, however, reveals the influencing factors. The formulas are based on the following assumptions:

- ☐ Solids which settle within one day of bench scale testing represent 95% of all settleable solids.
- ☐ There is a mixing effect inside the digester due to relatively high gas production which does not allow additional sludge to settle. Any additional sludge will only make good for the loss in volume by compression. Thus, the accumulating sludge volume is the same vol-

ume which is calculated from the one day of bench scale testing.

- ☐ All settleable and non-settleable solids will digest within hydraulic retention times typical for sludge reactors
- ☐ 95% of their BOD is removed after 25 days and 30°C, this is equivalent to 400 l of biogas produced from 1 kg of organic dry matter

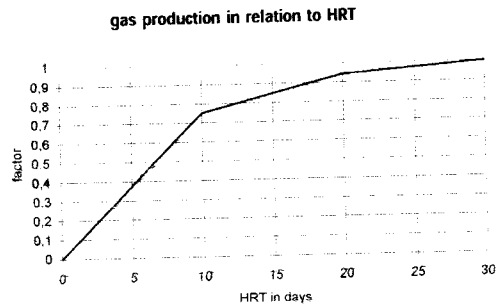


Fig. 80. Gas production of fixed dome biogas plants in relation to HRT

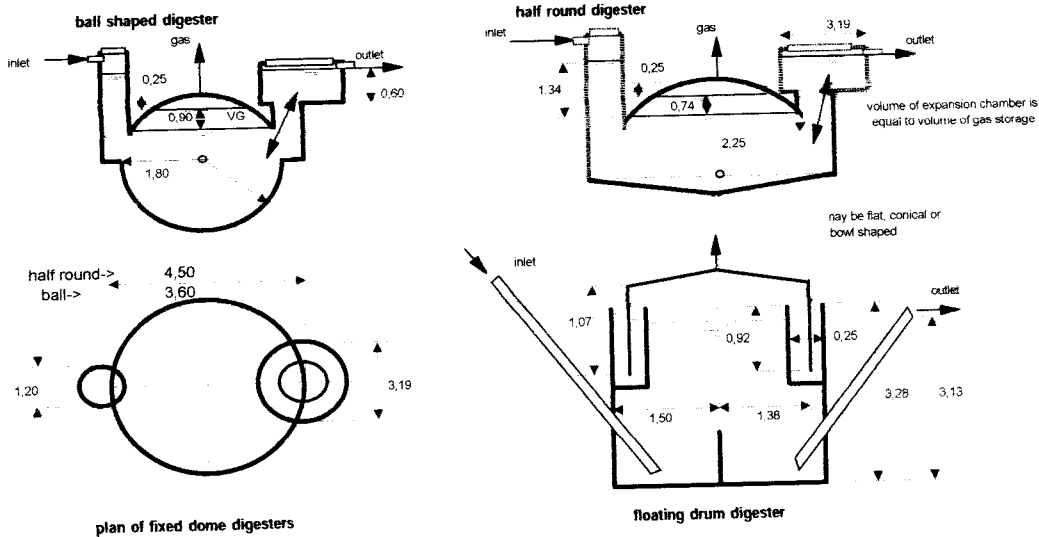


Fig. 82. Illustration to spread sheet for calculation of biogas plant dimensions

Tab. 27.
Spread sheet for calculation of biogas plant dimensions

General spread sheet for biogas plants, input and gas production data												
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
2	daily flow	TS (DM) content	org. DM / total DM	org. DM content	solids settleable within one day	HRT	lowest digester temper.	ideal biogas product. at 30°C	gas production factors		total gas product.	methan content
3	given	given	assumed	calcul.	tested	chosen	given	given	calcul. acc. to graphs		calcul.	assumed
4	m ³ /d	%	ratio	%	ml/l	d	°C	l/kg org DM	f-HRT	f-temp	m ³ /d	ratio
5	0,60	6,0%	67%	4,0%	20	25	25	400	0,97	0,90	8,42	70%
6	200-450											
7	values for all digester shapes											
8	non-dissolv. methan prod.	approx. effluent COD	de-sludging interval	sludge volume	liquid volume	total digester volume	gas storage capacity	gas holder volume VG	free distance above slurry zero line	outlet above zero	diameter of left shaft	diameter of expans. chamber
9	assumed	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	given	calcul.	chosen	chosen	chosen	calcul.
10	ratio	mg/l	months	m ³	m ³	m ³	ratio	m ³	m	m	m	m
11	80%	7,943	12	4,32	15,0	19,3	65%	5,5	0,25	0,60	1,20	3,19
12	minimum 0,60 m											
13	cylindrical floating drum plant											
14	radius of digester	width of water ring	wall thickness of water ring	radius of gas holder	theor. height of gas holder	theor. depths of digester	actual height of gas holder	actual depth of digester	volume of empty space above zero line	radius ball shape	actual digester radius (ball)	actual net volume of digester
15	chosen	chosen	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.	requir.	chosen	check
16	m	m	m	m	m	m	m	m	m ³	m	m	m ³
17	1,50	0,25	0,12	1,38	0,92	3,13	1,07	3,28	0,34	1,77	1,80	20,56
18	half-ball shaped digester											
19	ball shaped digester			half-ball shaped digester								
20	lowest slurry level below zero line (fill in trial until "calcul." match "target")			gas pressure ball shaped	volume of empty space above zero line	radius half round shape	actual digester radius (half round)	actual net volume of digester	lowest slurry level below zero line (fill in trial until "calcul." match "target")			gas pressure half-ball
21	trial !!	calcul.	target	calc.	calcul.	requir.	chosen	check	trial !!	calcul.	target	calc.
22	m	m ²	m ²	m w.c.	m ³	m	m	m ³	m	m ²	m ²	m w.c.
23	0,90	5,89	5,81	1,50	0,43	2,23	2,25	20,01	0,74	5,91	5,90	1,34
24	1,50 max.				1,50 max.							

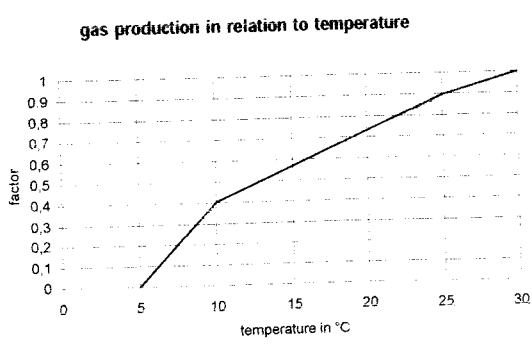


Fig. 81.
Gas production of fixed dome biogas plants in relation to temperature

Formulas of spread sheet „biogas plants“

D5=B5*C5
 I5=IF(F5<10;F5*0,75/10;IF(F5<20;(F5-10)*0,19/10+0,75;(F5-20)*0,06/10+0,94))
 The formula relates to Fig. 80
 J5=IF(G5<5;0;IF(G5<10;(G5-5)*0,4/5;IF(G5<25;(G5-10)*0,5/15+0,4;(G5-25)*0,1/5+0,9)))
 The formula relates to Fig. 81

$$K5=H5*I5*J5*A5*D5$$

$$B11=1,1*((1000*K5*L5/A11/0,35)/(0,95*I5*J5))*(1-0,95*I5*J5)/A5$$

The formula finds the influent COD and calculates the COD removal by assuming 350l methane per kg COD removed; the additional 10% stand for the anorganic COD which is not removed.

$$D11=30*C11*A5*E5/1000$$

$$E11=F5*A5$$

$$F11=D11+E11$$

$$H11=K5*G11$$

$$L11=2*SQRT((H11/J11-(K11/2)*(K11/2)*PI()/PI()))$$

The mathematical expression is:

$$2 \times \sqrt{\frac{\left(\frac{H11}{J11} - \left(\frac{K11}{2}\right)^2 \times \pi\right)}{\pi}}$$

$$D17=A17-B17/2$$

$$E17=H11/(D17*D17*PI())$$

The mathematical expression is:

$$H11/(D17^2 \times \pi)$$

$$F17=(F11-POWER(A17-B17-C17;2)*PI()*E17)/(A17*A17*PI()+E17)$$

The mathematical expression is:

$$F11 - \frac{(A17 - B17 - C17)^2 \times \pi \times E17}{A17^2 \times \pi} + E17$$

$$G17=E17+0,15$$

$$H17=F17+0,15$$

$$I17=3,14*I11*I11*(K17-I11/3)$$

$$J17=0,02+POWER((F11+H11/2+I17)/4,19;1/3)$$

The theoretical digester volume is taken as the volume below the zero line plus half the gas storage; 0,02 m are added for plaster. The mathematical expression is:

$$0,02 + \sqrt[3]{\frac{(F11 + H11/2 + I17)}{4,19}} ; 4,19 \text{ is } 4/3\pi$$

$$L17=4,19*(K17-0,02)*(K17-0,02)*(K17-0,02)-I17-H11/2$$

$$B23=PI()*((I11+A23)*(I11+A23)*(K17-(I11+A23)/3)$$

The volume above the lowest slurry level is found by trial and error; π is expressed as $PI()$.

$$C23=I17+H11$$

$$D23=A23+J11$$

$$E23=3,14*I11*I11*(G23-I11/3)$$

$$F23=0,02+POWER((F11+H11/2+E23)/2,09;1/3)$$

The mathematical expression is:

$$0,02 + \sqrt[3]{\frac{(F11 + H11/2 + E23)}{2,09}} ; 2,09 \text{ is } 2/3\pi$$

$$H23=2,09*(G23-0,02)*(G23-0,02)*(G23-0,02)-E23-H11/2$$

$$J23=PI()*((I23+I11)*(I23+I11)*(G23-(I23+I11)/3)$$

The volume above the lowest slurry level is found by trial and error; π is expressed as $PI()$.

$$K23=E23+H11$$

$$L23=I23+J11$$

13.1.11 Gravel Filter

Volume, number of flow and pollution load are the basic entries. Starting from these data, the „entrance parameter“ is the desired effluent quality (BOD_{out} , cell E₅). The hydraulic retention time and temperature have the greatest influence on treatment performance. The HRT depends on desired BOD removal rate (Fig. 84.). The curve is based on 25°C and 35% pore space. The pore space inside the filter defines the „real“ HRT, and the type of plantation plays also a certain role. However, more influencing factors may be near to 1.0 and, more importantly, the information needed to define these factors in any case, are most probably not available at site.

TUGAS
us falult

endaftar
erentua
embimbi
embuate
eminar p
onsultas
idang - s
endcJar

PEMBIN
PEMBIN
PEMBIN



Seminar
Sidang
Pendada

LAMPIRAN

IV

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO M.P.S	PRODI
1	Indrasto Ary W	01513100	Teknik Lingkungan
2			

JUDUL TUGAS AKHIR : Perencanaan Reaktor Biogas dengan menggunakan media limbah tinja di kampus falultas TSPuii

PERIODE : IV
TAHUN : Geanp 2005/2006

No	kegiatan	Bulan Ke ;					
		Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Nov
1	Pendaftaran						
2	Perentuan Dosen pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA						
6	Sidang - sidang						
7	Pendadaran						

DOSEN PEMBIMBIG I
DOSEN PEMBIMBIG II
DOSEN PEMBIMBIG III

: Ir. H. Kasam, MT
: ~~Eko Siswoyo, ST~~ *Andik Julianto, ST.*

Yogyakarta, 15-Sep-06
Koordinator TA



(Eko Siswoyo, ST)

Catatan

Seminar :

Sidang :

Pendadaran :

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

No	Tanggal	Catatan Konsultasi	Tanda Tangan	
			Pemb I	Pemb II
1	16/06	Bandingkan data		A
	14/11/06	- Pustaka di perbanyak referensi yg berkaitan dgn biogas. - Catatan lain: jenis catatan mang ² keimanan. lanjutkan	Phur	
	27/11/06	lanjutkan ke bagian + analisis		A
	16/12/06	lanjutkan		A
	23/1/07	- Alternatif yg baru - lokasi		A
	1/2/07	- lanjutkan ke bagian analisis - lanjutkan ke bagian analisis	Phur	
	7/2/07	- lanjutkan ke bagian analisis		

Olykopi (kardus
 Prayek) Phur

14/2/07 fase akhir seminar
 (lanjutan di konsultasi) Phur