

DESAIN ALAT PENANGKAP GAS METHAN PADA SAMPAH MENJADI BIOGAS

Murjito

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang

ABSTRAK

Potensi sampah di Kota Malang sebagai energi alternatif yaitu sebagai bahan pembuatan bio gas pengganti minyak tanah sebenarnya cukup besar namun belum banyak dimanfaatkan, bahkan dapat menimbulkan masalah pencemaran dan kesehatan lingkungan, karena umumnya sampah dibuang begitu saja atau dibuang ditempat pembuangan akhir. Untuk memanfaatkan sampah menjadi energi alternatif pengganti minyak tanah perlu suatu alat untuk menangkap gas metan yang terkandung dalam sampah untuk dijadikan bio gas.

Alat penangkap gas methan pada sampah sangat membantu pengembangan sistem daur ulang sampah untuk diproduksi menjadi bio gas sebagai pengganti minyak tanah (BBM) yang pada akhir-akhir ini sudah sulit untuk dicari.

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain alat penangkap gas methan pada sampah menjadi biogas yang mudah dirakit, murah dan berkinerja baik yang terbuat dari plastik polyethilene untuk skala kecil. Penelitian ini menghasilkan rancangan alat penangkap gas metan yang berbahan dasar plastik polyethilene dengan spesifikasi sebagai berikut: biodigester dengan volume total 11 m³, volume basah 8,8 m³, waktu proses 40 hari, isian bahan 220 kg/hari, luas lahan 18 m², dan memiliki penampung gas dengan dimensi tinggi 4,6 m, diameter 0,954 m, volume efektif 2,5 m³.

Kata kunci :

Desain, energi alternatif, biogas, gas methan

1. Pendahuluan

Sampah pada dasarnya merupakan suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu sumber hasil aktivitas manusia maupun proses-proses alam yang tidak mempunyai nilai ekonomi, bahkan dapat mempunyai nilai ekonomi yang negatif karena dalam penanganannya baik untuk membuang atau membersihkannya memerlukan biaya yang cukup besar.

Masalah yang sering muncul dalam penanganan sampah kota adalah masalah biaya operasional yang tinggi dan semakin sulitnya ruang yang pantas untuk pembuangan. Sebagai akibat biaya operasional yang tinggi, kebanyakan kota-kota di Indonesia hanya mampu mengumpulkan dan membuang 60% dari seluruh produksi sampahnya. Dari 60% ini, sebagian besar ditangani dan dibuang dengan cara yang tidak saniter, boros dan mencemari

Untuk mendapatkan tingkat efektifitas dan efisiensi yang tinggi dalam penanganan sampah di kota maka dalam pengelolaannya harus cukup layak diterapkan yang sekaligus disertai upaya pemanfaatannya sehingga diharapkan mempunyai keuntungan berupa nilai tambah. Untuk mencapai hal tersebut maka perlu pemilihan cara dan teknologi yang tepat, perlu partisipasi aktif dari masyarakat sumber sampah berasal dan mungkin perlu dilakukan kerjasama antar lembaga pemerintah yang terkait.

Solusi alternatif memanfaatkan sampah adalah memanfaatkan gas metan menjadi bahan bakar alternatif pengganti minyak tanah atau elpiji yaitu menjadi biogas. Biogas (mengandung metana atau CH_4) adalah sumber energi berharga yang harus dimanfaatkan.

Penelitian ini bertujuan memperoleh disain alat penangkap gas metan dari sampah yang selama ini sebagai sumber masalah dinegeri kita ini menjadi energi alternatif yang bisa dimanfaatkan sebagai biogas sebagai pengganti minyak tanah. Desain alat ini diharapkan, sebagai solusi untuk mengatasi kekurangan energi, terutama mengurangi subsidi BBM. Disain yang dimaksud adalah berupa gambar teknik lengkap dari gambar masing-masing komponen dan elemen gambar assembling dilengkapi dengan informasi bahan dan spesifikasinya. Penelitian ini dirancang dalam 4 tahapan besar, dengan tujuan tahap 1) Memperoleh disain teknis alat penangkap gas metan . Tahap 2) Menguji performa prototype (analisa hasil gas dan nilai bakar gas), Tahap 3) Menguji Hasil gas metan yang dikeluarkan oleh alat dengan penambahan sparator terhadap kualitas gas., Tahap 4) Aplikasi alat dan produksi gas di Tempat Pembuangan Akhir Di TPA Supit urang.

Dalam penelitian ini digunakan metode Pahl & Beitz yang sekalipun sederhana tetapi efektif digunakan dalam penelitian pendahuluan. Metode ini memiliki 4 fase utama yaitu: 1.) Perencanaan dan penjelasan tugas, yang merupakan inventarisasi lanjut atas syarat, kebutuhan, keinginan dari produk yang dirancang.; 2.) Perancangan konsep produk, untuk menunjukkan bahwa prinsip kerjanya; Perancangan bentuk produk (embodiment design); dan Perancangan detail. Setiap fase proses perancangan berakhir pada hasil fase, Hasil setiap fase tersebut kemudian menjadi masukan untuk fase berikutnya dan menjadi umpan balik untuk fase yang mendahului. Yang berarti bahwa hasil fase setiap saat dapat berubah oleh umpan balik yang diterima dari hasil fase-fase berikutnya

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Bio Gas

Biogas adalah gas mudah terbakar (flammable) yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara).

Pada umumnya semua jenis bahan organik bisa diproses untuk menghasilkan biogas, baik bahan organik padat, dan cair cocok untuk sistem biogas. Di daerah yang banyak industri pemrosesan makanan antara lain tahu, tempe, ikan pindang atau Brem bisa menyatukan saluran limbahnya ke dalam sistem Biogas, sehingga limbah industri tersebut tidak mencemari lingkungan di sekitarnya. Hal ini memungkinkan karena limbah industri tersebut diatas berasal dari bahan organik yang homogen. Jenis bahan organik yang diproses sangat mempengaruhi produktifitas sistem biogas disamping parameter-parameter lain seperti temperatur digester, pH, tekanan dan kelembaban udara.

Salah satu cara menentuka bahan organik yang sesuai untuk menjadi bahan masukan sistem Biogas adalah dengan mengetahui perbandingan Karbon (C) dan Nitrogen (N) atau disebut rasio C/N. Beberapa percobaan yang telah dilakukan oleh *ISAT* menunjukkan bahwa aktifitas metabolisme daribakteri methanogenik akan optimal pada nilai rasio C/N sekitar 8-20.

Bahan organik dimasukkan ke dalam ruangan tertutup kedap udara (disebut Digester) sehingga bakteri anaerob akan membusukkan bahan organik tersebut yang kemudian menghasilkan gas (disebut Biogas). Biogas yang telah terkumpul di dalam digester selanjutnya dialirkan melalui pipa penyalur gas menuju tabung penyimpan gas atau langsung kelokasi penggunaannya

Komposisi gas yang terdapat di dalam Biogas dapat dilihat pada tabel berikut:

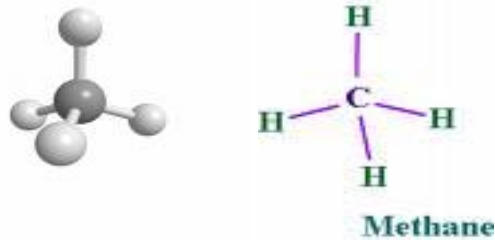
Tabel : 1.

Jenis Gas	Volume (%)
Methana (CH ₄)	40 - 70
Karbondioksida (CO ₂)	30 - 60
Hidrogen (H ₂)	0 - 1
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	0 - 3

Nilai kalori dari 1 meter kubik Biogas sekitar 6.000 watt jam yang setara dengan setengah liter minyak diesel. Oleh karena itu Biogas sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah, LPG, butana, batubara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil

Sumber metana:

- Industri gas dan minyak (45%)
- Sektor sampah (25%)
- Pertanian (20%)
- Sumber daya alam (10%)



Gambar1: Reaksi kimia gas mathan

2.2 Proses Pembentukan Gas Bio

Secara garis besar proses pembentukan gas bio dapat dilihat pada Gambar: 2 dan dibagi dalam tiga tahap yaitu: hidrolisis, asidifikasi (pengasaman) dan pembentukan gas metana.

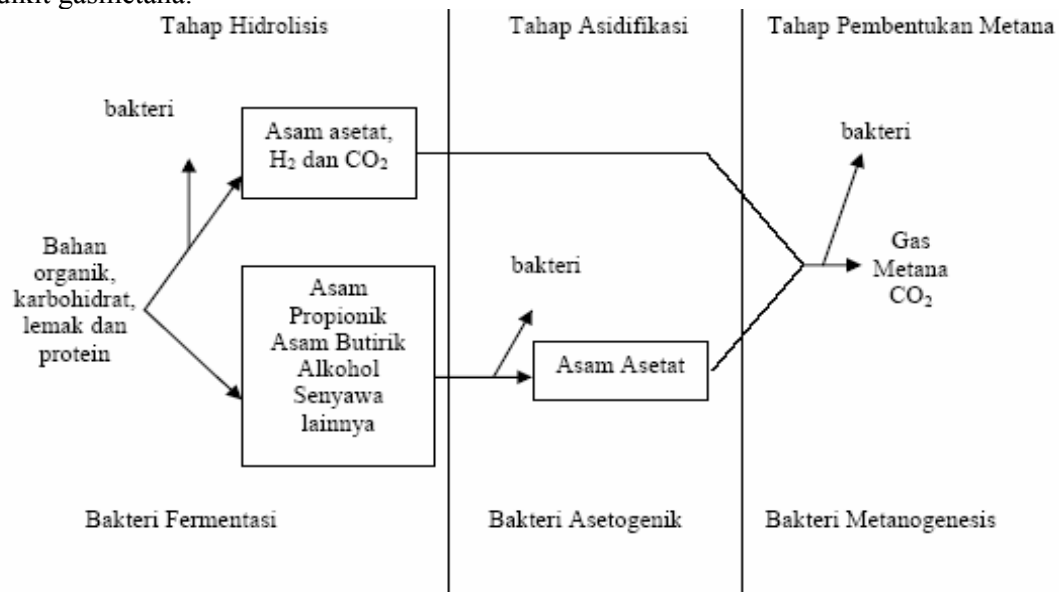
2.2.1 Tahap Hidrolisis

Pada tahap hidrolisis, bahan organik dienzimatik secara eksternal oleh enzim ekstraselular (selulose, amilase, protease dan lipase) mikroorganisme. Bakteri memutuskan rantai panjang karbohidrat kompleks, protein dan lipida menjadi senyawa rantai pendek. Sebagai contoh polisakarida diubah menjadi monosakarida sedangkan protein diubah menjadi peptida dan asam amino.

2.2.2 Tahap Asidifikasi (Pengasaman)

Pada tahap ini bakteri menghasilkan asam, mengubah senyawa rantai pendek hasil proses pada tahap hidrolisis menjadi asam asetat, hidrogen (H₂) dan karbondioksida. Bakteri tersebut merupakan bakteri anaerobik yang dapat tumbuh dan berkembang pada keadaan asam. Untuk menghasilkan asam asetat, bakteri tersebut memerlukan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen yang terlarut dalam larutan. Pembentukan asam pada kondisi anaerobik tersebut penting untuk pembentuk gas metana oleh mikroorganisme pada proses selanjutnya. Selain itu bakteri tersebut juga mengubah senyawa yang

bermolekul rendah menjadi alkohol, asam organik, asam amino, karbondioksida, H₂S, dan sedikit gasmetana.



Gambar 2. Proses pembentukan biogas

2.2.3 Tahap Pembentukan Gas Metana

Pada tahap ini bakteri metanogenik mendekomposisikan senyawa dengan berat molekul rendah menjadi senyawa dengan berat molekul tinggi. Sebagai contoh bakteri ini menggunakan hidrogen, CO₂ dan asam asetat untuk membentuk metana dan CO₂. Bakteri penghasil asam dan gas metana bekerjasama secara simbiosis. Bakteri penghasil asam membentuk keadaan atmosfer yang ideal untuk bakteri penghasil metana. Sedangkan bakteri pembentuk gas metana menggunakan asam yang dihasilkan bakteri penghasil asam. Tanpa adanya proses simbiotik tersebut, akan menciptakan kondisi toksik bagi mikroorganisme penghasil asam.

2.3 Faktor yang Berpengaruh Pada Proses Anaerobik

Aktivitas metabolisme mikroorganisme penghasil metana tergantung pada faktor:

2.3.1 Temperatur

Gas metana dapat diproduksi pada tiga range temperatur sesuai dengan bakteri yang hadir. Bakteri psychrophilic 0 – 7 °C, bakteri mesophilic pada temperatur 13 – 40 °C sedangkan thermophilic pada temperatur 55 – 60 °C (Fry).

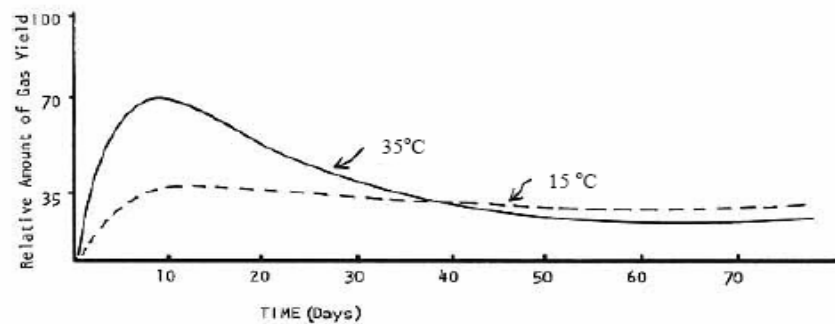
Temperatur yang optimal untuk digester adalah temperatur 30 – 35 °C, kisaran temperatur ini mengkombinasikan kondisi terbaik untuk pertumbuhan bakteri dan produksi methana di dalam digester dengan lama proses yang pendek. Temperatur yang tinggi/ range thermophilic jarang digunakan karena sebagian besar bahan sudah dicerna dengan baik pada range temperatur mesophilic, selain itu bakteri thermophilic mudah mati karena perubahan temperatur, keluaran/ sludge memiliki kualitas yang rendah untuk pupuk, berbau dan tidak ekonomis untuk mempertahankan pada temperatur yang tinggi, khususnya pada iklim dingin (Fry).

Bakteri mesophilic adalah bakteri yang mudah dipertahankan pada kondisi buffer yang mantap (*well buffered*) dan dapat tetap aktif pada perubahan temperatur yang kecil, khususnya bila perubahan berjalan perlahan. Pada temperatur yang rendah 15 °C laju aktivitas bakteri sekitar setengahnya dari laju aktivitas pada temperatur 35 °C. Pada temperatur 10°C – 7 °C dan dibawah temperatur aktivitas, bakteri akan berhenti

beraktivitas dan pada range ini bakteri fermentasi menjadi dorman sampai temperatur naik kembali hingga batas aktivasi. Apabila bakteri bekerja pada temperatur 40 °C produksi gas akan berjalan dengan cepat hanya beberapa jam tetapi untuk sisa hari itu hanya akan diproduksi gas yang sedikit (Fry,).

Massa bahan yang sama akan dicerna dua kali lebih cepat pada 35 °C dibanding pada 15 °C dan menghasilkan hampir 15 kali lebih banyak gas pada waktu proses yang sama. Di dalam Gambar 2 dapat dilihat bagaimana perbedaan jumlah gas yang diproduksi ketika digester dipertahankan pada temperatur 15 °C dibanding dipertahankan 35 °C.

Seperti halnya proses secara biologi tingkat produksi metana berlipat untuk tiap peningkatan temperatur sebesar 10 °C – 15 °C. Jumlah total dari gas yang diproduksi pada jumlah bahan yang tetap, meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur (Meynell, 1976).



Gambar 3. Perbandingan tingkat produksi gas pada 15 °C dan 35 °C

Lebih lanjut, yang harus diperhatikan pada proses biometanisasi adalah perubahan temperatur, karena proses tersebut sangat sensitif terhadap perubahan temperatur. Perubahan temperatur tidak boleh melebihi batas temperatur yang diijinkan. Untuk bakteri psychrophilic selang perubahan temperatur berkisar antara 2 °C/ jam, bakteri mesophilic 1 °C/jam dan bakteri thermophilic 0.5 °C/jam. Walaupun demikian perubahan temperatur antara siang dan malam tidak menjadi masalah besar untuk aktivitas metabolisme (Sufyandi, 2001).

Sangat penting untuk menjaga temperatur tetap stabil apabila temperatur tersebut telah dicapai. Panas sangat penting untuk meningkatkan temperatur bahan yang masuk ke dalam biodigester dan untuk mengganti kehilangan panas dari permukaan biodigester. Kehilangan panas pada biodigester dapat diatasi dengan meminimalkan kehilangan panas dari bahan. Misalnya, Sampah segar memiliki temperatur 35 °C Apabila jarak waktu antara memasukkan sampah dan biodigester dapat waktu diminimalkan, kehilangan panas dari sampah dapat dikurangi dan panas yang dibutuhkan untuk mencapai 35 °C lebih sedikit.

2.3.2 Ketersediaan Unsur Hara

Bakteri Anaerobik membutuhkan nutrisi sebagai sumber energi yang mengandung nitrogen, fosfor, magnesium, sodium, mangan, kalsium dan kobalt (Space and McCarthy didalam Gunerson and Stuckey, 1986). Level nutrisi harus sekurang-kurangnya lebih dari konsentrasi optimum yang dibutuhkan oleh bakteri metanogenik, karena apabila terjadi kekurangan nutrisi akan menjadi penghambat bagi pertumbuhan bakteri. Penambahan nutrisi dengan bahan yang sederhana seperti glukosa, buangan industri, dan sisa tanaman terkadang diberikan dengan tujuan menambah pertumbuhan di dalam digester. Walaupun demikian kekurangan nutrisi bukan merupakan masalah bagi mayoritas bahan,

karena biasanya bahan memberikan jumlah nutrisi yang mencukupi (*Gunerson and Stuckey, 1986*).

Nutrisi yang penting bagi pertumbuhan bakteri, dapat bersifat toksik apabila konsentrasi di dalam bahan terlalu banyak. Pada kasus nitrogen berlebihan, sangat penting untuk mempertahankan pada level yang optimal untuk mencapai digester yang baik tanpa adanya efek toksik (*Gunerson and Stuckey, 1986*).

2.3.3 Lama Proses

Lama proses atau jumlah hari bahan terproses didalam biodigester. Pada digester tipe aliran kontinyu, bahan akan bergerak dari inlet menuju outlet selama waktu tertentu akibat terdorong bahan segar yang dimasukkan, setelah itu bahan akan keluar dengan sendirinya. Misalnya apabila lama proses atau pengisian bahan ditetapkan selama 30 hari, maka bahan akan berada didalam biodigester atau menuju outlet selama 30 hari.

Setiap bahan mempunyai karakteristik lama proses tertentu, sebagai contoh untuk kotoran sapi diperlukan waktu 20 – 30 hari. Sebagian gas diproduksi pada 10 sampai dengan 20 hari pertama (*Fry, 1974*), pada Gambar 2 ditunjukkan bahwa hari ke – 10 adalah puncak dari jumlah relatif gas yang diproduksi, setelah hari ke-10 maka produksi gas mulai menurun. Oleh karena itu digester harus didesain untuk mencukupi hanya hari terbaik dari produksi dan setelah itu sludge/ lumpur dapat dikeluarkan atau dipindahkan ke digester selanjutnya.

Apabila terlalu banyak volume bahan yang dimasukkan (*overload*) maka akibatnya lama pengisian menjadi terlalu singkat. Bahan akan terdorong keluar sedangkan gas masih diproduksi dalam jumlah yang cukup banyak.

2.4.Pemanfaatan Bio Gas

Biogas atau metana dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti halnya gas alam. Tujuan utama pembuatan biogas adalah untuk mengisi kekurangan atau mensubstitusi sumber energi alternatif sebagai bahan bakar keperluan rumah tangga, terutama untuk memasak dan lampu penerangan. Selain itu dapat digunakan untuk menjalankan generator untuk menghasilkan listrik dan menggerakkan motor bakar.

Biogas mengandung berbagai macam zat, baik yang terbakar maupun yang dapat dibakar. Zat yang tidak dapat dibakar merupakan kendala yang dapat mengurangi mutu pembakaran gas tersebut. Seperti terlihat pada Tabel 4 walaupun kandungan kalornya relatif rendah dibanding dengan gas alam, butana dan propana, tetapi masih lebih tinggi dari gas batubara. Selain itu biogas ramah lingkungan, karena sumber bahannya memiliki rantai karbon yang lebih pendek bila dibandingkan dengan minyak tanah, sehingga gas CO yang dihasilkan relatif lebih sedikit.

Tabe2. Perbandingan nilai kalor biogas

Jenis Gas	Nilai Kalor (joules/cm ³)
Gas batubara	16.7-18.5
Gas bio	20-26
Gas metana	33.2-39.6
Gas alam	38.9-81.4
Gas propana	81.4-96.2
Gas butana	107.3-125.8

Sumber: Meynell, 1976

Nilai kalori biogas tergantung pada komposisi metana dan karbondioksida, dan kandungan air di dalam gas. Gas mengandung banyak kandungan air akibat dari temperatur pada saat proses, kandungan air pada bahan dapat menguap dan bercampur

dengan metana. Pada biogas dengan kisaran normal yaitu 60-70% metana dan 30-40% karbondioksida, nilai kalori antara 20 – 26 J/cm³. Nilai kalori bersih dapat dihitung dari persentase metana seperti berikut (Meynel, 1976) :

$$Q = k \times m$$

Dimana Q = Nilai kalor bersih (joule/cm³)
k = Konstanta (0,33)
m = Persentase metana (%)

3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan metode rekayasa (suatu kegiatan rancang bangun) yang tidak rutin, sehingga di dalamnya terdapat kontribusi baru, baik dalam bentuk proses maupun produk/ prototipe

3.1. Desain (Perancangan)

Konsep desain yang merupakan solusi dari masalah perancangan yang harus dipecahkan, berupa gambar teknik atau gambar skema yang sederhana, tetapi telah memuat semua fungsi yang diperlukan. Fungsi yang perlu ditambah atau diperbaiki dari desain adalah pengembangan prototype . Hal penting yang menjadi tambahan dalam penelitian ini adalah mudah dioperasikan, aman bagi kesehatan, ergonomis, ramah lingkungan dan mudah perawatannya

Perancangan meliputi rancangan fungsional untuk menentukan fungsi dari komponen utama alat penangkap gas methan dan rancangan struktural untuk menentukan bentuk dan tata letak dari komponen utama.

3.1.1. Rancangan Fungsional

Terdapat dua tipe alat penangkap gas methan yaitu tipe batch dan tipe kontinyu.

Pada tipe batch bahan organik ditempatkan di tangki tertutup dan diproses secara anaerobik selama 2 – 6 bulan tergantung pada jumlah bahan yang dimasukkan. Isi dari digester biasanya dihangatkan dan dipertahankan temperaturnya. Selain itu kadangkala diaduk untuk melepaskan gelembung- gelembung gas dari sludge. Tipe digester ini tidak membutuhkan banyak perhatian selama proses. Meskipun demikian hampir semua bahan organik tetap akan diproses. Efisiensi maksimal dari proses hanya dapat diharapkan bila digester diisi dengan hati-hati.

Pada tipe aliran kontinyu bahan dimasukkan ke dalam digester secara teratur pada satu ujung dan setelah melalui jarak tertentu, keluar di ujung yang lain Tipe ini mengatasi masalah pada proses pemasukan dan pengosongan pada tipe batch. Terdapat dua jenis dari tipe aliran kontinyu:

1. Vertikal, dikembangkan oleh *Gobar Gas Institute*, India
2. Horisontal, dikembangkan oleh Fry di Afrika Selatan dan California, selain itu dikembangkan oleh *Biogas Plant Ltd.* dengan digester yang terbuat dari karet Butyl (*butyl rubber bag*).

3.1.2. Rancangan struktural

Menentukan bentuk dan tataletak dari komponen dari alat penangkap gas metan pada sampah.

Analisis teknik dilakukan untuk menghitung ukuran dimensi reaktor dan ukuran penyimpan gas sementara. Selain itu anthropometri dari reaktor perlu dipertimbangkan untuk kenyamanan kerja operator.

3.1.3. Pembuatan Gambar Teknik

Tahap ini adalah membuat gambar desain atau gambar teknik dari Reaktor dan istalasinya yang dirancang dengan menggunakan software Autocad dibuat di laboratorium perancangan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang

4. Analisa Perancangan Perancangan

4.1. Analisa Teknik

4.1.1. Bak pencampur

Volume sampah = 110 kg/hari

Volume air (1:1) = 110 liter

Volume bahan = Volume sampah + Volume air Volume bahan = 220 kg

Tinggi dan diameter bak pencampur diketahui dengan rumus volume silinder yaitu:

Volume silinder = $3,14 \times r^2 \times \text{tinggi}$

$0,22 \text{ m}^3 = 3,14 \times 0,42^2 \times \text{tinggi}$

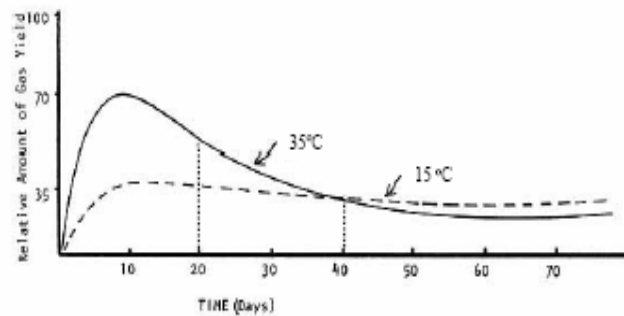
Daerah operasi minimum tangan laki-laki yaitu 40 – 50 cm. Pengadukan dilakukan dengan menggunakan tongkat pengaduk sehingga bak pencampur yang memiliki bentuk silinder maksimum diameter 100 cm. Diameter silinder ditentukan 80 cm.

Tinggi = $0,22 \text{ m}^3 / 3,14 \times 0,42^2$

Tinggi = 0,44 m

Tinggi silinder ditambah 20 cm untuk pengadukan sehingga bahan tidak meluap. Sehingga tinggi silinder adalah 64 cm.

4.1.2 Digester



Gambar 4. Perbandingan tingkat produksi gas pada 15°C dan 35°C

Lama proses ditentukan melalui pendekatan Gambar , yaitu dengan membandingkan tingkat produksi gas pada temperatur (15^o–35^oC) sesuai gambar dengan temperatur lingkungan. Kemudian dari temperatur lingkungan dapat ditarik lama proses yang memiliki hari terbaik dari produksi dan setelah itu sludge/ lumpur dapat dikeluarkan. Dari gambar tersebut dapat diperkirakan bahwa hari yang optimal adalah 40 hari untuk temperatur bahan yang bekerja pada 19 – 20^oC.

a. Volume digester

Volume total = (lama proses × aliran bahan) / 80%

Maka aliran perhari adalah 220 kg

Lama proses 40 hari

Volume basah = 220 liter × 40 = 8800 liter

Volume total = (8800 liter) / 80% = 11000 liter = 11 m³

b. Panjang digester

Penentuan panjang digester didasarkan pada volume digester yang telah diketahui sebelumnya dan diameter plastik polyethylene yang digunakan.

$V = \pi \times r^2 \times \text{panjang}$

Diameter plastik = 0,954 m ; r = 0,477 m ; Volume 11 m³

Panjang = $11 \text{ m}^3 / \pi \times 0,477^2 \text{ m} = 15,39 \text{ m} = 15,4 \text{ m}$

c. Kebutuhan plastik untuk digester

Panjang Plastik = a + b + c Panjang digester = 15,4 m

Panjang untuk pengikatan dan diameter plastik (0,50 m × 2) + 0,954 m

Panjang plastik = 17,354 m.

Untuk menjaga kemungkinan plastik tergesek maka sebaiknya plastik dirangkap dua sehingga kebutuhan plastik untuk digester adalah 34,7 m atau dibulatkan menjadi 35 m.

d. Lubang digester dan kemiringan

Volume bahan basah = 8,8 m³

Lebar atas = 90 cm

Panjang digester = 15,4 m

Tinggi = 80 % × 0,954 m = 0,76 cm = 80 cm

$V_p = A \times p = 8,8 \text{ m}^3 = A \times 15,4 \text{ m}$

$A = 0,57 \text{ m}^2$

$A = (a+b) / 2 \times t$

$0,57 \text{ m}^2 = (0,9 \text{ m} + b) / 2 \times 0,8 \text{ m}$

$b = 0,53 \text{ m}$

Jadi lubang biodigester memiliki bentuk prisma dengan ukuran lebar atas 0,9 m, lebar bawah 0,53 m, tinggi 0,8 m, panjang 15,4 m. Kemiringan antara inlet dan outlet dihitung berdasarkan sudut alir bahan dimana bahan mulai bergerak.

4.1.3. Penampung gas

Sampah memiliki tingkat produksi gas 0,094 – 0,31 m³ / kg VS. Dengan mengetahui jumlah volatil solid yang terdapat pada bahan dapat dihitung kebutuhan volume penampung gas sebagai berikut (Meynell, 1976):

Volume gas = jumlah VS/m³ (Kg) × tingkat produksi gas (m³ / kg VS)

Jumlah volatil solid dari 1 kg sampah segar adalah sebesar 14,34% atau 0,1434 kg (lihat Lampiran uji VS). Jumlah volatil solid dari sampah dalam satu hari sebesar 110 kg /hari adalah 15,774 kg VS.

Maka dari 15,774 kg VS/hari dengan aliran gas 0,094 – 0,31 m³ / kg VS akan dihasilkan gas bio sebesar 1,48 – 4,89 m³/hari. Volume penampung gas yang dibutuhkan adalah untuk menampung gas selama setengah hari karena gas digunakan setiap hari. Maka volume penampung gas adalah 4,89m³ / 2 yaitu 2,5m³.

a. Penentuan panjang penampung gas didasarkan pada volume gas yang ditampung dan diameter plastik polyethylene yang digunakan.

Diameter plastik = 0,954 m ; r = 0,477 m

Volume gas 2,445 m³

$V = \pi \times r^2 \times \text{panjang}$

$\text{Panjang} = 2,445 \text{ m}^3 / \pi \times 0,477^2 \text{ m} = 3,42 \text{ m} = 3,4 \text{ m}.$

b. Kebutuhan plastik untuk penampung gas

Panjang plastik yang dibutuhkan untuk penampung gas dengan volume 2,445 m³ dan panjang 3,4 m adalah:

$\text{Panjang Plastik} = a + b + c$

$\text{Panjang penampung} = 3,4 \text{ m}$

$\text{panjang untuk pengikatan} + \text{Diameter plastik} = (0,30 \text{ m} \times 2) + 0,954 \text{ m}$

$\text{Panjang plastik} = 4,954 \text{ m} = 5 \text{ m}$

4.1.4 Tekanan Yang Terjadi Pada Biodigester

a. Tekanan pada digester di dalam lubang (Tekanan Hidrostatik)

Tekanan pada dasar digester oleh bahan adalah sebagai berikut:

$P = \gamma_{\text{bahan}} \cdot H$

$P = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/det}^2 \cdot 0,8 \text{ m}$

$= 7840 \text{ kg m/det}^2 \cdot \text{m}^2 = 7,84 \text{ kN/m}^2.$

Tekanan Air Tanah

$P = \gamma_{\text{air}} \cdot H$

$$P = 998 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/det}^2 \cdot 0,8 \text{ m}$$

$$= 7824,3 \text{ kg m/det}^2 \cdot m_2 = 7,82 \text{ kN/m}^2$$

Apabila keadaan lubang kering

$$P_{\text{tanah}} = \text{tekanan akibat gaya normal hidrostatik bahan} = 7,84 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{\text{total}} = P_{\text{hidrostatik}} - P_{\text{tanah}}$$

$$P_{\text{total}} = 7,82 \text{ kN/m}^2 - 7,82 \text{ kN/m}^2 = 0 \text{ kN/m}^2$$

Apabila keadaan lubang tergenang air

$$P_{\text{total}} = P_{\text{hidrostatik}} - (P_{\text{tanah}} + P_{\text{air tanah}})$$

$$P_{\text{total}} = 7,84 \text{ kN/m}^2 - 7,82 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{\text{total}} = 0,02 \text{ kN/m}^2$$

Sedangkan berat bahan di digester adalah

$$G = \gamma_{\text{bshsn}} \cdot V = (\gamma_{\text{bshsn}} \cdot V)_{\text{bahan}} + (\gamma_{\text{bshsn}} \cdot V)_{\text{air}}$$

$$= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/det}^2 \cdot 8,8 \text{ m}^3 + 2,2 \text{ m}^3 \cdot 0,666 \text{ kg/m}^3$$

$$= 86240 \text{ kg m/det}^2 + 1,4 \text{ kg m/det}^2 = 86,2414 \text{ kN}$$

Dan berat air yang terdesak atau gaya angkat air adalah

$$F = \gamma_{\text{air}} \cdot V$$

$$= 998 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/det}^2 \cdot 8,8 \text{ m}^3$$

$$= 86,067 \text{ kg m/det}^2 = 86,067 \text{ kN}$$

Berat bahan dibanding dengan gaya angkat air adalah $G > F$ sehingga dapat dipastikan bahwa digester tidak terangkat oleh gaya angkat air.

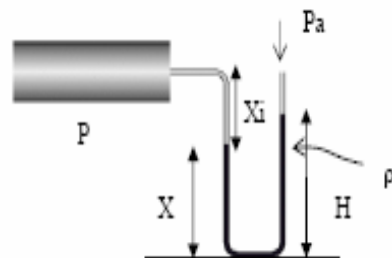
b. Tekanan pada penampung gas

Tekanan Gas dihasilkan dari pemberat yang memiliki berat 5,7 kg.

$$P = F / A$$

Melalui pengukuran dengan manometer didapat tekanan dalam tabung adalah tekanan pengukuran 78,4 Pa dan tekanan absolut 101,3784 kPa.

$$P + \rho_{\text{gasbio}} gX_i + \rho gX = P_a + \rho gH$$



$$P_a = 101,3 \text{ kPa}$$

$$X_i = 12,6 \text{ cm}$$

$$X = 42,6 \text{ cm}$$

$$H = 43,4 \text{ cm}$$

$$\rho_{\text{air}} = 998 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{gasbio}} = \% \text{ metana} \times \rho_{\text{Metana}} + \% \text{ CO}_2 \times \rho_{\text{CO}_2} + \% \text{ N}_2 \times \rho_{\text{N}_2} + \% \text{ O}_2 \times \rho_{\text{O}_2}$$

$$= 34,47\% \cdot 0,68 \text{ kg/m}^3 + 15,11\% \cdot 0,28 \text{ kg/m}^3 + 37\% \cdot 1,185 \text{ kg/m}^3 + 13,14\% \cdot 1,354 \text{ kg/m}^3$$

$$= 0,23 + 0,28 + 0,44 + 0,18 = 1,14 \text{ kg/m}^3$$

$$P + \rho_{\text{gasbio}} gX_i + \rho gX = P_a + \rho gH$$

$$P = P_a + \rho gH - \rho gX - \rho_{\text{gasbio}} gX_i$$

$$= 101,3 \text{ kPa} + (998 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 0,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}) - 1,14 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 12,6 \cdot 10^{-2}$$

$$= 101,3 \text{ kPa} + (79,84 - 1,44) \text{ kg/m}^3 \text{ s}^2 = 101,3 \text{ kPa} + 78,4 \text{ Pa}$$

$$= 101,3784 \text{ kN/m}^2 = 10340 \text{ kgf/m}^2 = 1,001 \text{ atm}$$

Selain tekanan dalam penampung terdapat juga tekanan atmosfer yang menekan plastik polyethilene, maka tekanan total adalah:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{absolute}} - P_{\text{atmosfer}}$$

$$P_{\text{total}} = 101,3784 \text{ kN/m}^2 - 101,3 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{\text{total}} = 78,4 \text{ N/m}^2$$

Kekuatan tarik plastik polyethilene tekanan/ gaya yang terjadi perhitungkan dengan

Tegangan tangensial dan longitudinal

1. Tegangan tangensial dan longitudinal dari bahan di dalam digester

$$\sigma_t = \frac{pD}{4r} = \frac{0,02 \text{ kN/m}^2 \times 0,954 \text{ m}}{4 \times 0,15 \times 10^{-3} \text{ m}} = 31800 \text{ N/m}^2$$

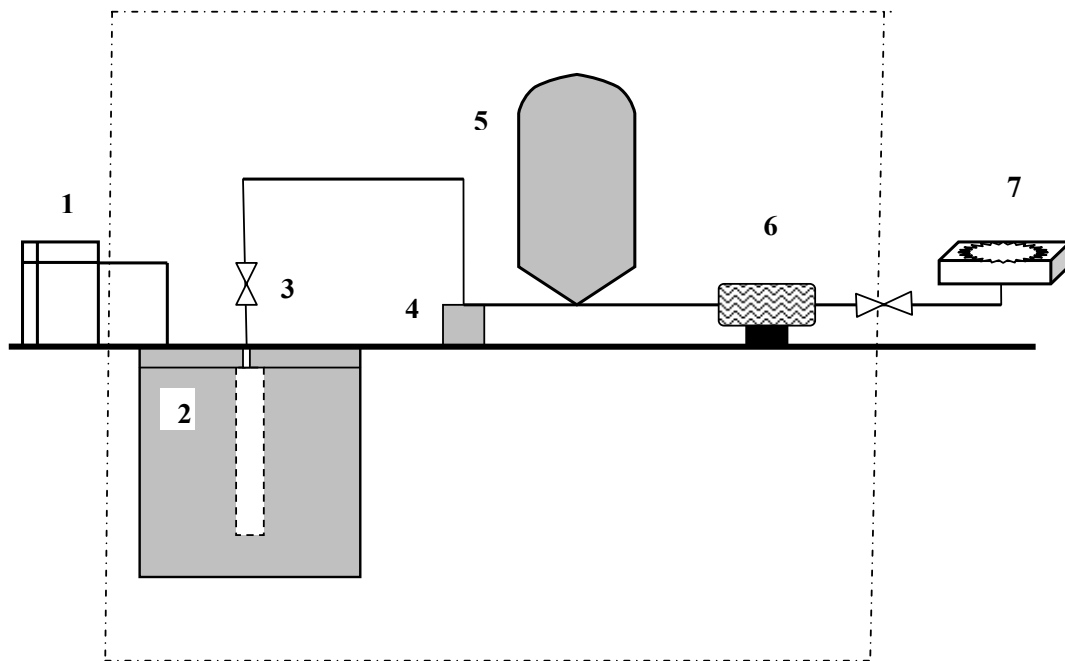
$$\sigma_l = \frac{pD}{2r} = \frac{0,02 \text{ kN/m}^2 \times 0,954 \text{ m}}{2 \times 0,15 \times 10^{-3} \text{ m}} = 63600 \text{ N/m}^2$$

2. Tegangan tangensial dan longitudinal di penampung gas dari beban penekan

$$\sigma_t = \frac{pD}{4r} = \frac{78,4 \text{ N/m}^2 \times 0,954 \text{ m}}{4 \times 0,15 \times 10^{-3} \text{ m}} = 124656 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_l = \frac{pD}{2r} = \frac{78,4 \text{ N/m}^2 \times 0,954 \text{ m}}{2 \times 0,15 \times 10^{-3} \text{ m}} = 249312 \text{ N/m}^2$$

Berdasarkan perhitungan tegangan tangensial dan longitudinal tegangan yang menahan gaya pecah dan sobek pada digester adalah tegangan tangensial sebesar 31,8 kN/m² dan tegangan longitudinal sebesar 63,6 kN/m². Sedangkan pada penampung gas tegangan tangensial sebesar 124,656 kN/m² dan tegangan longitudinal sebesar 249,312 kN/m². Tekanan tersebut masih dibawah kekuatan tarik plastik polyethylene yaitu sebesar 5 – 15 MN/m², Berdasarkan itu plastic polyethylene ini aman digunakan sebagai biodigester plastik.



Keterangan :

- | | |
|----------------------|------------------|
| 1. Bak sampah | 5. Penampung gas |
| 2. Reaktor Biogas | 6. Sparator |
| 3. Katup | 7. Kompiler gas |
| 4. Perangkap uap air | |

Gambar 5: Komponen-komponen alat penangkap gas methan pada sampah untuk biogas

5. Kesimpulan

Hasil Rancangan alat penangkap gas metan pada sampah untuk biogas sebagai berikut

1. Bak pencampur
 - a. Volume 300 liter.
 - b. Berbentuk silinder dengan diameter 78 cm dan tinggi 60 cm.
2. Inlet dan Outlet
 - a. Hong tanah liat diameter 15 cm, panjang 80 cm.
 - b. Tali karet pelilit hong lebar 2 – 3 cm
3. Biodigester/ reaktor
 - a. Volume bahan basah 8,8 m³.
 - b. Volume total 11 m³.
 - c. Aliran bahan 220 liter/hari.
 - d. Lama proses 40 hari.
 - e. Plastik polyethielene diameter 0,954 m.
 - f. Lubang digester, berbentuk prisma trapesium dengan lebar dasar 53 cm, lebar atas 90 cm, tinggi 80 cm dan panjang 15,4 m.
4. Penampung Gas
 - a. Volume penampung gas 2,5 m³, diameter 0,95 m, tinggi 3,4 m
 - b. Rangka bambu tinggi 4,6 m.
 - c. Pemberat penampung gas 5,7 kg atau tekanan 0,8 cm air.

6. Saran

Penelitian ini masih dititik beratkan pada desain alat penangkap gas metan yang selanjutnya akan dikembangkan pada pengembangan prototype, dan uji karakteristiknya serta diaplikasikan pada tempat pembuangan akhir (TPA) di kota Malang .

Daftar Pustaka

1. Fry, L. J., 1973, Methane Digesters for Fuel Gas and Fertilizer, The NewAlchemy Institute, Massachusetts, 8th Printing.
2. http://journeytoforever.org/biofuel_library/MethaneDigesters/MD1.html ,26 sept 2003
3. Fry, L.J., 1974, Practical Building of Methane Power Plant For Rural Energy Independence, 2nd edition, Chapel River Press, Hampshire-Great Britain.
4. Goodfellow – Material Information, 2000, Polyethylene – Low Density, LDPE. <http://www.goodfellow.com/csp/active/gfMaterialInfo.csp?MATID=ET31&result=13> , 6 Oktober 2003.
5. Culp W Archie. “Prinsip –prinsip Koversi Energi,” Erlangga Jakarta, 1985
6. Tjokrowisastro Harmadi E. Ir. ME. Dan Widodo B.U. Ir.ME. “Teknik pembakaran Dasar dan Bahan Bakar,” ITS, Surabaya, 1990
7. Mikheyev M, “ Fundamental of Heat Transfer, “ Peace, Moscow
8. Durban David, Norman A. Fleck, “Singular Plastic Fied in steady Penetration of rigid Con”, Journal of engineering material and technology.
9. Anonymous., 1983, Sifat Papan Partikel Datar, Standart Industri Indonesia SII. 0797-83, Departemen Perindustrian, Jakarta.
10. Assauri, S., 1993, Manajemen Produksi dan Operasi, Edisi ke-4, LPFEUI, Jakarta.
11. Hutasoit, G.F. dan Prihastuti, 1996, Orientasi Penelitian Pembuatan Papan Partikel, Berita P3GI, Pusat Penelitian Perkebunan Indonesia (P3I), Pasuruan.
12. Smith, W.F., 1986, Principle of Materials Science and Engineering, Mc Graw Hill Inc.