

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Penelitian mengenai perencanaan potensi biogas dari limbah manusia dalam penyediaan energi menggunakan energi listrik sudah pernah dibuat dengan studi kasus beberapa kota di Indonesia. Berikut ini akan dipaparkan beberapa penelitian yang berkaitan dan dijadikan sebagai sumber referensi dalam penyusunan tugas akhir ini

Penelitian yang dilakukan oleh Didik Waksito mengenai analisis pembangkit listrik tenaga biogas dengan pemanfaatan kotoran sapi di kawasan usaha peternakan sapi. Lokasi yang dipilih adalah peternakan kawasan usaha peternakan sapi perah (KUNAK) Bogor.

Peternakan Kawasan Usaha Peternakan Sapi Perah (KUNAK) diresmikan pada tanggal 7 Januari 1997, bermula dari keinginan peternak sapi perah kabupaten dari Kota Bogor untuk membentuk satu kawasan / perkampungan peternakan sapi perah. Kawasan tersebut di Desa Situ Udik Kecamatan Cibungbulang, dan Desa Pasarean, Desa Pamijahan Kecamatan Pamijahan Kabupaten Daerah Tk II Bogor. KUNAK memiliki 181 kavling luas 1 kavling rata-rata 4.500m<sup>2</sup> yang terdiri dari bangunan kandang, Kebun rumput dan rumah kandang.

Pada saat ini di Kawasan Usaha Peternakan Sapi Perah (KUNAK) jumlah populasi sapi perah 2200 ekor. 15% s.d 20% kotoran ternak sudah digunakan untuk kompor sedangkan sisanya sudah dibuang. Nilai tanah daerah tersebut (NJOP) Rp30.000/m<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil reset sebelumnya secara sederhana dapat dihitung potensi biogas sebagai berikut:

Produksi kotoran sapi yang setiap hari darinya dari 2200 ekor dengan rata-rata kotoran tiap harinya 25kg / hari maka produksi kotoran sapi perah di KUNAK Bogor adalah:

$$2200 \times 25 = 55.000\text{kg/hari} = 55 \text{ ton / hari}$$

Melalui proses digestifikasi anaerobik, kotoran ternak sapi di perternakan kawasan usaha perternakan sapi dapat dimanfaatkan menjadi energi primer untuk pembangkit listrik tenaga listrik biogas. Dengan rata- rata produksi kotoran sapi perah sebesar 55 ton / hari menghasilkan produksi bioagas sebesar 2.200m<sup>3</sup>/ hari potensi energi listrik yang dihasilkan sebesar 16,390,86 kWh/ hari.

Berdasarkan jurnal yang berjudul Optimisasi Pembangkit listrik tenaga Bayu Dan Diesel Generator Menggunakan Software Homer yang di tulis oleh dedi nugroho menjelaskan bahwa Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah sistem listrik berbasis energi terbarukan. Tujuan utamanya untuk menghemat pemakaian bahan bakar dan mengurangi emisi terutama CO<sub>2</sub>.

Secara menyeluruh sistem PLTB ini merupakan sistem yang multi variabel sehingga di gunakan bantuan perangkat lunak, dalam hal ini HOMER versi 2.68. Perangkat lunak ini mengoptimasi berdasarkan nilai NPC terendah.

Dengan studi kasus optimasi PLTB di DIY kecamatan jetis istimewa yogyakarta, yang diintegrasikan dengan PLTD. Hasil simulasi dan optimasi berbantuan software HOMER menunjukkan bahwa secara keseluruhan sistem yang optimum untuk di terapkan di area studi di atas adalah intergasi antara PLTB dan PLTD. Pada kondisi yang optimum ini, kontribusi PLTB sebesar 71% dan PLTD 29% dengan bersih sekarang (net present cost,NPC) sebesar \$ 407.037.472, biaya pembangkitan listrik (cost of electricity, COE) sebesar \$ 0.197 per kWh, konsumsi BBM dalam pertahun 29.700.928 liter, emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sistem sebesar 67.046.650 kg per tahun atau berkurang sebesar 37,5% kelebihan energinya selama setahun 115.135.670 kWh.

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Sejarah biogas**

Sejarah penemuan biogas Gas methan pertama digunakan oleh warga mesir, china, dan roma kuno untuk dibakar dan digunakan sebagai penghasilan panas. Gas methan pertama kali di temukan oleh alessandro Volta (1776), oleh Willam Henry pada tahun 1806 dikembangkan lagi. Dan Becham (1868), murid

Louis Pasteur dan Tappiener(1882), adalah orang pertama yang memperlihatkan asal mikrobiologis dari pembentukan metana.

Alat penghasil biogas secara anaerobik pertama dibangun pada tahun 1990. Pada akhir abad ke 19, riset untuk menjadikan gas metana biogas dilakukan oleh Jerman dan Perancis saat ini, negara berkembang lainnya, seperti China, Filipina, Korea, Taiwan, dan Papua Nugini, telah melakukan berbagai riset dan pengembangan alat biogas. Selain negara berkembang, teknologi biogas juga telah dikembangkan di negara maju.

### **2.2.2. Pengertian dan Tahapan Pembentukan Biogas**

Biogas adalah yang mudah terbakar dan dihasilkan oleh aktifitas anaerob atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga) sampah biodegradable atau setiap limbah organik yang biodegradable dalam kondisi anaerobik. Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida. Sistem biogas sederhana. Disamping itu daerah yang banyak industri pemrosesan makanan antara lain tahu, tempe, ikan cue atau brem bisa menyatukan saluran limbahnya ke dalam sistem biogas. Sehingga limbah industri tersebut tidak mencemari lingkungan disekitarnya. Hal ini memungkinkan karena limbah industri tersebut di atas berasal dari bahan organik yang homogen.

Biogas merupakan renewable energi yang dapat dijadikan bahan bakar alternatif untuk menggantikan bahan bakar yang berasal dari fosil seperti minyak tanah dan gas alam (Houdkova et.al., 2008). Biogas juga sebagai salah satu jenis bioenergi yang didefinisikan sebagai gas yang dilepaskan jika bahan – bahan organik seperti kotoran ternak, kotoran manusia, jerami, sekam dan daun-daun hasil sortiran sayur difermentasi atau mengalami proses metanisasi (Hambali E., 2008).

Gas ini berasal dari berbagai macam limbah organik seperti sampah biomassa, kotoran manusia, kotoran hewan dapat dimanfaatkan menjadi energi melalui proses anaerobik digestion(Pambudi,2008). Biogas yang terbentuk dapat dijadikan bahan bakar karena gas metana ( $CH_4$ ) dalam persentase yang cukup tinggi.

Jenis bahan organik yang di proses sangat mempengaruhi produktifitas sistem biogas di samping parameter – parameter lain seperti temperatur digester, pH, tekanan dan kelembaban udara. Salah satu cara menentukan bahan organik tersebut yang sesuai untuk menjadi bahan masukan sistem biogas adalah dengan mengetahui perbandingan Karbon (C) dan Nitrogen (N) atau di sebut rasio C/N. Beberapa percobaan yang telah dilakukan oleh ISAT menunjukkan bahwa aktifitas metabolisme dari bakteri methanogenik akan optimal pada nilai rasio C/N sekitar 8-20. Komponen biogas tersajikan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komponen Penyusun Biogas

Jenis gas		Persentase
Metan	(CH <sub>4</sub> )	50-70%
Karbon dioksida	(CO <sub>2</sub> )	30-40%
Air	(H <sub>2</sub> O)	0,3%
Hidrogen sulfide	H <sub>2</sub> S	Sedikit sekali
Nitrogen	N <sub>2</sub>	1-2%
Hidrogen		5-10%

Sumber : Didit Waskito, 2011

Biogas yang dihasilkan oleh aktifitas anaerobik sangat populer digunakan untuk mengolah limbah biodegradable karena bahan bakar dapat dihasilkan sambil menghancurkan bakteri patogen dan sekaligus mengurangi volume limbah buangan. Metana dalam biogas , bila terbakar akan relatif lebih bersih dari batu bara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Sebagai pembangkit tenaga listrik , energi yang dihasilkan oleh biogas setara dengan 60-100 watt lampu selama 6 jam penerangan. Kesetaraan biogas di bandingkan dengan bahan bakar lain dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.2 Nilai Kesetaraan Biogas dan Energi yang dihasilkan

Aplikasi	1m <sup>3</sup> Biogas Setara Dengan
1m <sup>3</sup> Biogas	Elpiji 0,46 kg Minyak tanah 0,62 liter Minyak Solar 0,52 liter Kayu Bakar 3,50 kg

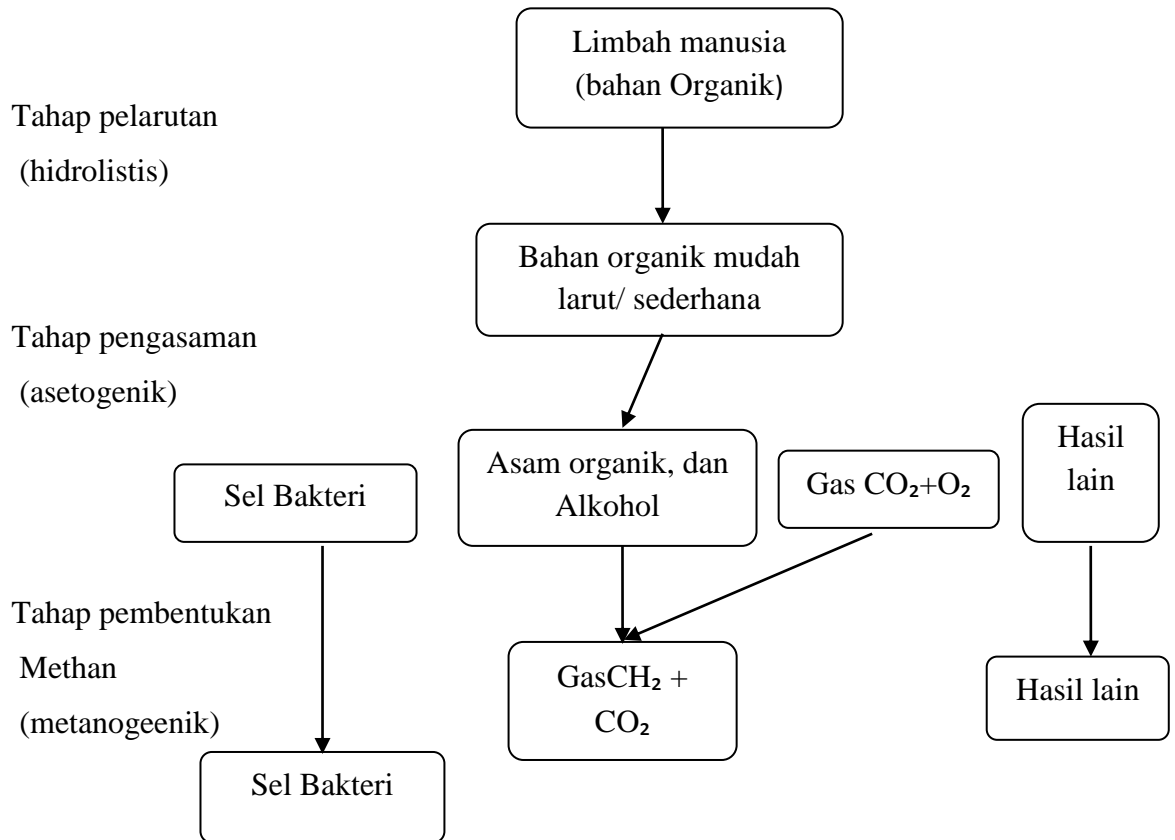
Sumber :Wahyuni 2008

Biogas sebagai salah satu sumber energi yang dapat diperbarui dapat menjawab kebutuhan akan energi sekaligus menyediakan kebutuhan hara tanah dari pupuk cair dan padat yang merupakan hasil sampingannya serta mengurangi efek rumah kaca. Pemanfaatan biogas sebagai sumber energi alternatif dapat mengurangi penggunaan kayu bakar. Dengan demikian dapat mengurangi usaha penebangan hutan, sehingga ekosistem hutan terjaga. Biogas menghasilkan api biru yang bersih dan tidak menghasilkan asap.

Energi biogas sangat potensial untuk dikembangkan karena produksi biogas pembuangan limbah manusia yang di tunjang oleh kondisi yang kondusif dari perkembangan dunia limbah manusia di indonesia saat ini. Disamping itu, kenaikan tarif listrik kenaikan harga LPG (liquefied Petroleum Gas), premium minyak tanah, minyak solar minyak diesel dan minyak bakar telah mendorong pengembgan sumber elternatif yang murah , berkelanjutan dan ramah lingkungan.

### **2.2.3 Proses Perombakan Limbah Manusia**

Proses awal perombakan limbah manusia dalam sumur digester adalah proses hidrolisis dari bahan organik yang mudah larut dan terurai dari bentuk kompleks menjadi sederhana Tahap berikut dilanjutkan pada proses pengasaman dimana bagian yang telah telarut dan disedrhanakan membentuk asam organik dan alkohol/ etanol. Tahap akhir pembentukan gas methane (CH<sub>4</sub>) melalui tiga cara



Gambar 2.2 Perombakan Limbah Manusia Secara Anaerob

Pertama melalui perombakan asam- asam organik membentuk gas methana; Kedua, melalui oksidasi alkohol /ethanol oleh karbondioksida membentuk gas methana; Ketiga , melalui reduksi karbondioksida membentuk gas methane

Akumulasi gas methana dari ketiga proses perombakan akan ditampung pada tungkup gas (holding gas) dan di salurkan melalui pipa distribusi menggunakan kran control ke tempat pengguna gas.

#### 2.2.4 Prinsip Teknologi

Prinsip Biogas adalah memanfaatkan proses fermentasi (pembusukan) dari sampah organik secara anaerobik (tanpa udara ) oleh bakteri methan sehingga di hasilkan gas methan. Gas methan mengandung satu atom C dan 4 atom H yang memiliki sifat mudah terbakar Bahan bahan baku biogas adalah sampah organik , limbah yang sebagian besar terdiri dari kotoran hewan, manusia dan potongan – potongan kecil sisa-tanaman, seperti jerami dan sebagainya, serta air yang cukup banyak.

Prinsip pembangkit biogas, yaitu menciptakan alat yang kedap udara dengan bagian – bagian pokok terdiri atas pencera (digester), lubang pemasukan bahan baku dan pengeluaran lumpur sisa hasil pencernaan (slurry), dan pipa penyaluran biogas yang terbentuk. Di dalam digester ini terdapat bakteri methan yang mengolah limbah bio atau biomassa dan menghasilkan biogas. Dengan pipa yang di desain sedemikian rupa, gas tersebut dapat dialirkan ke kompor.

### **2.2.5 Biogas Sebagai Sumber Energi Alternatif**

Biogas merupakan gas yang bisa dibakar yang dihasilkan oleh aktifitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya; kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah *biodegradable* atau setiap limbah organik yang *biodegradable* dalam kondisi anaerobic. Komposisi biogas yang dihasilkan dari fermentasi tersebut terbesar adalah gas Methan (CH<sub>4</sub>) sekitar 54-70% serta gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) sekitar 27-45%. (Haryati, T.2006). Didalam aplikasinya untuk pembangkit listrik, unsur biogas yang digunakan adalah metana, dimana nantinya dapat digunakan langsung sebagai penggerak mesin diesel atau turbin pembangkit listrik. (Marchaim, U.1992). kandungan energi dari biogas bahwa nilai kalori dari 1 meter kubik biogas sekitar 6000 watt jam yang setara dengan setengah liter minyak diesel. Oleh karena itu, biogas sangat cocok digunakan sebagai bahan bakara lternative yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah, LPG dan butane. Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) biogas merupakan model tempat pengolahan limbah cair organik yang akan mengalami proses anaerobik sehingga menghasilkan gas.

Tujuan utama dari IPAL biogas adalah mengendalikan pencemaran limbah cair organik agar tidak mencemari lingkungan. Biogas yang dihasilkan dari IPAL biogas dapat dimanfaatkan secara optimal yaitu untuk kebutuhan rumah tangga seperti memasak dan untuk penerangan (Yunus, 1995:77).

### **2.2.6 Perkembangan Biogas di Indonesia**

Biogas mulai di dikembangkan di indonesia sekitar tahun 1970. Namun tingginya penggunaan bahan bakar minyak tanah dan tersedia kayu bakar menyebabkan penggunaan biogas menjadi kurang berkembang teknologi biogas mulai berkembang kembali sejak tahun 2006 ketika kelangkaan energi menjadi

topik utama indonesia Penanganan limbah cair dari jenis dan jumlah proses pengolahan limbah cair bergantung pada kualitas *influen* dan pemanfaatan *efluen* limbah cair. Jenis teknologi yang digunakan bergantung pada analisis kualitas limbah cair serta penggunaan *efluen*. *Efluen* limbah cair dengan konsentrasi tinggi yang dibuang disungai dapat dimanfaatkan sebagai air baku minum, namun memanfaatkan air tersebut menuntut proses pengolahan yang lengkap dibandingkan limbah cair.

### **2.2.7 Prospektif Pemanfaatan Energi Biogas**

Berkembangnya usaha pemanfaatan limbah menjadi biogas turut mengembangkan beragam alat instalasi biogas, seperti kompor biogas, rice cooker, lampu biogas, pompa air, traktor pertanian, dan alat pasteurisasi yang dimodifikasi agar sesuai dengan penggunaan biogas. Alat tersebut fungsinya sama dengan yang terdapat dipasaran, hanya saja bahan bakar yang digunakan berbeda dan sama mudahnya dalam penggunaannya.

Pengembangan sumber energi alternatif yang murah, berkelanjutan dan ramah lingkungan. Ketiga, kenaikan harga dan kelengkapan pupuk organik dipasaran karena distribusi pemasaran yang kurang baik menyebabkan petani berpaling pada penggunaan pupuk organik. Pemanfaatan untuk kompor, penerangan, pemanas air dan penggunaan lainnya yang mendukung kegiatan industri kecil dipedesaan. Sedangkan lumpur keluaran dari digester dapat dimanfaatkan untuk pupuk atau dialirkan ke kolam ikan. Pengembangan lebih lanjut dari kegiatan riset ini adalah meliputi pengemasan biogas dalam tabung dan sebagai sumber energy pada motor bakar untuk menghasilkan sumber daya mekanis maupun listrik. (Kariyasa, K. 2005).

## **2.3 Pembuangan Limbah**

### **2.3.1 Garis Besar Sistem Pembuangan Limbah yang Ada**

Sistem pembuangan limbah di kota Yogyakarta yang berupa pembuangan limbah serta satu instalasi pengolahan limbah skala kecil dibangun oleh Belanda pada tahun 1930. Instalasi pengolahan limbah itu tidak berfungsi lagi saat ini. Pada saat ini, sistem pembuangan limbah dikembangkan di sebagian wilayah Kota



Yogyakarta dengan trunk sewer dan instalasi pengolahan limbah kali code yang dibangun pada tahun 1996 oleh bantuan dari pemerintah Jepang dan fasilitas-fasilitas lain seperti trunk sewer, jaringan pembuangan limbah, dan pipa pembilas dibangun oleh Belanda dan sekitar 60.000 limbah cair manusia, sama dengan 15% dari populasi kotamadya telah diolah

melibatkan oksigen anerobik digestion gas yang dihasilkan sebagian besar (lebih 50%) berupa methana. Material organik yang terkumpul pada digester (reaktor) akan diuraikan dalam 2 tahap dengan bantuan 2 bakteri .Tahap pertama material organik akan degradasi menjadi asam lemah dengan bantuan bakteri pembentuk asam. Bakteri ini akan mengurai sampah pada tingkat hidrolis dan asidifikasi. Hidrolis yaitu mengurai senyawa kompleks atau senyawa rantai panjang seperti lemak ,protein , karbon hidrat menjadi senyawa sederhana. Sedangkan asidifikasi yaitu pembentukan asam dari senyawa sederhana . Limbah manusia dalam jumlah banyak dan kontinu terdapat di tempat padat penduduk seperti Perumahan Sederhana Desa Sidojungkung Menganti Gresik. Bila diasumsikan bahwa penghuni berjumlah 200 jiwa serta kapasitas rata-ran tinja manusia dewasa sebesar 0.2 kg/hari/jiwa. maka jumlah tinja yang terakumulasi setiap harinya dapat dihitung dengan dengan mengalikan jumlah penduduk terhadap limbah kotoran yang dihasilkannya perhari.

$$_n = 0.2x \text{ (Pers. 1)}$$

Keterangan :  $_n$  = Jumlah limbah manusia yang dihasilkan per hari (kg)

$X$  = Jumlah penduduk

Maka jumlah limbah yang terakumulasi setiap harinya sebesar 30 kg, sehingga pembuatan Bio gas (bahan bakar gas) dapat diupayakan dengan bantuan mikroba alam pada kondisi anaerob.

Pengoperasian & pemeliharaan dan konstruksi jaringan pembuangan limbah dilakukan oleh Departemen Lingkungan Hidup Yogyakarta, dan instalasi pengolahan limbah kotoran manusia kali code yang dijalankan oleh Kotamadya Yogyakarta. Rangkuman tentang instalasi pengolahan limbah ditunjukkan berikut ini.

- Target Wilayah : 1.250 ha (Yogyakarta 1.220 ha, Sleman 30 ha, Bantul 0 ha)

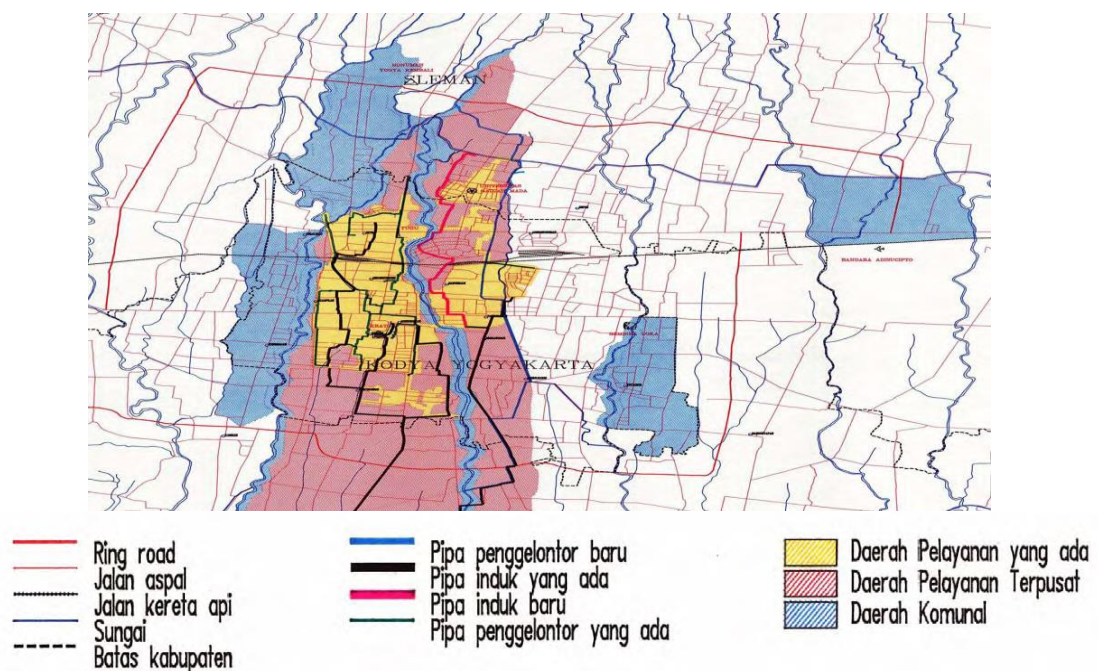
Target Tahun: 2002

- Jumlah Penduduk: 110,000
- Sambungan yang dilayani: 18.420 unit

(Sambungan rumah 17.330 unit, Lain-lain 1.090 unit)

- Tingkat Aliran : 15.500 m<sup>3</sup>/hari
- Lokasi Instalasi Pengolahan Limbah : Kecamatan Jetis Kota Yogyakarta

Pada saat ini, target tahun diperpanjang menjadi tahun 2012. Wilayah pembuangan limbah saat ini maupun yang direncanakan di masa yang akan datang ditunjukkan. Walau pembuangan limbah dibangun di sekitar Universitas Gajah Mada di Kabupaten Sleman, tidak ada sambungan dari tiap rumah dan kantor, dan pembuangan limbah tidak diolah secara substansial di Kabupaten Sleman.



Gambar 2.3. Area Pembuangan Limbah di Kota Yogyakarta

### **2.3.2 Saluran Pembuangan Kotoran**

Pipa oval 20/30cm dengan panjang sekitar 120 km untuk cabang saluran pembuangan dipasang di tengah Kota Yogyakarta dan di sekitar Universitas Gajah Mada di Kabupaten Sleman untuk Trunk Sewer dengan diameter pipa 600 mm, panjang sekitar 34 km dipasang di tengah kota Yogyakarta dan pipa diameter 1.000mm/1.300mm sepanjang 10 km dipasang dari Kota Yogyakarta ke instalasi pengolahan limbah kecamatan Jetis. Untuk tujuan pencucian saluran pembuangan kotoran dengan menggunakan air sungai, pipa pembilas berdiameter 600 mm sepanjang 20 km dipasang di Kota Yogyakarta dan sebagian kabupaten Sleman.

### **2.3.3 Konversi Energi Biogas**

Biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar dan sebagai sumber energi alternatif untuk penggerak generator pembangkit tenaga listrik serta menghasilkan energi panas. Pembakaran 1 kaki kubik (0,028 meter kubik) biogas menghasilkan energi panas sebesar 10 Btu (2,25 kcal) yang setara dengan 6 kWh/m<sup>3</sup> energi listrik atau 0,61 L bensin, 0,58 L minyak tanah, 0,55 L diesel, 0,45 LPG (natural gas), 0,61 Kg kayu bakar, 0,97 L bioethanol.

Konversi energi biogas untuk pembangkit tenaga listrik dapat dilakukan dengan menggunakan gas turbin, microturbines dan otto cycle engine. Pemilihan teknologi ini sangat dipengaruhi potensi biogas yang ada seperti konsentrasi gas metana maupun tekanan biogas, kebutuhan beban dan ketersediaan dana yang ada.

Dalam buku *Renewable energy conversion, transmission and storage* karya Bent Sorense, bahwa 1 kg gas methane setara dengan  $6,13 \times 10^7$  J, sedangkan 1 kWh setara dengan  $3,6 \times 10^6$  Joule. Untuk masa jenis gas metana 0,656 kg/m<sup>3</sup> gas methane menghasilkan energi listrik sebesar 11,17 kWh.

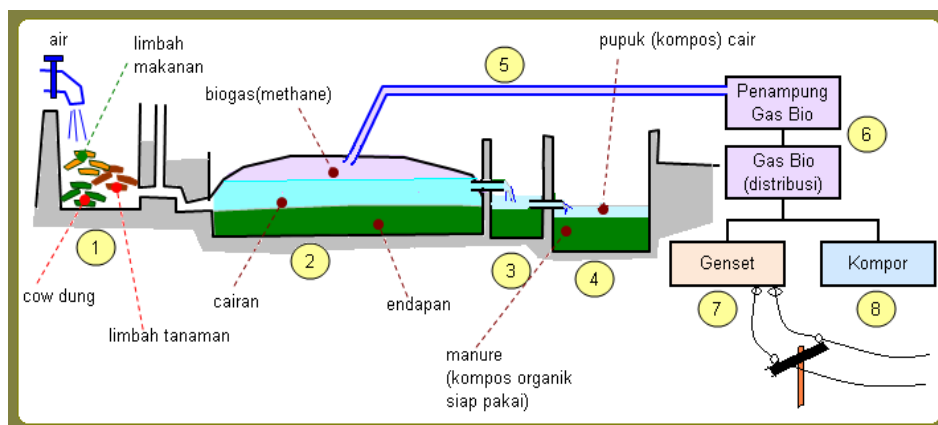
Tabel 2.3 konversi energi gas metan menjadi energi listrik

Jenis Energi	Setara Energi	Referensi
1. 1 Kg Gas metan	6,13 x 10 <sup>7</sup> J	Renewable Energy Conversion, Transmission and Storage, Bent Sorensen, Juni 2007
2. 1 kwh	3,6 x 10 <sup>6</sup> J	
3. 1m <sup>3</sup> gas metan Masa jenis gas metan adalah 0,0656 Kg/m <sup>3</sup>	4,0213 x 10 <sup>7</sup> J	
4. 1 m <sup>3</sup> Gas metan	11,17 kwh	

Sumber : Didit waskito, 2011.

### 2.3.4 Komponen Utama PLT Biogas

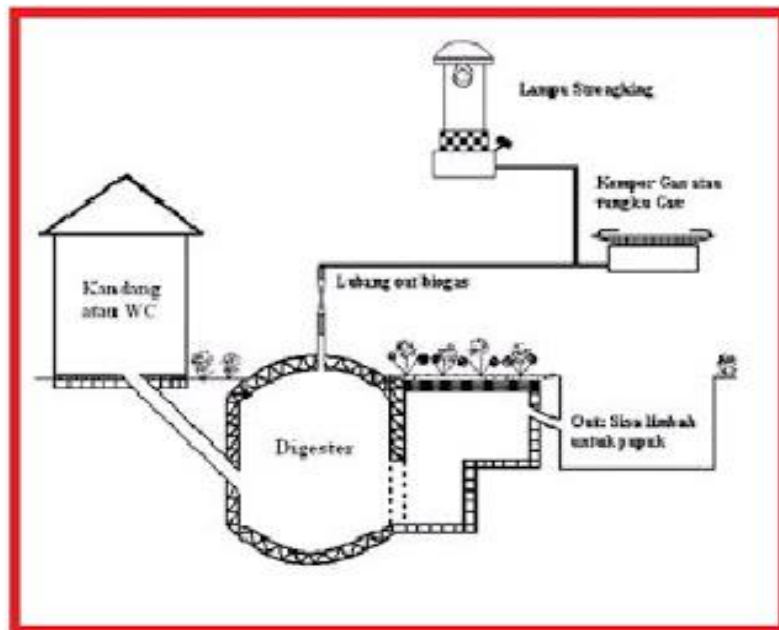
Sistem PLT Biogas secara lengkap terdiri dari di gester anaerob, feedstock ,biogas conditioning ( untuk memurnikan metan dalam biogas ), Engine generator (microturbines), Heat Recovery Use, Exhaust Heat Recovery dan engine Heat Recovery. Berikut ini gambar penyaluran energi listrik dan pamas PLTB Biogas.



Gambar 2.3.4 Penyaluran Tenaga Energi Listrik Biogas

### 2.3.5 Teknologi Digester

Saat ini berbagai bahan dan jenis peralatan biogas telah banyak dikembangkan sehingga dapat disesuaikan dengan karakteristik wilayah, jenis, jumlah dan pengelolaan kotoran ternak. Secara umum terdapat dua teknologi yang digunakan untuk memperoleh biogas. Pertama, proses yang sangat umum yaitu fermentasi kotoran ternak menggunakan digester yang didesain khusus dalam kondisi anaerob. Kedua, teknologi yang baru dikembangkan yaitu dengan menangkap langsung gas metan dari lokasi tumpukan sampah tanpa harus membuat digester khusus. Peralatan dan proses pengolahan dan pemanfaatan biogas ditampilkan pada gambar berikut.



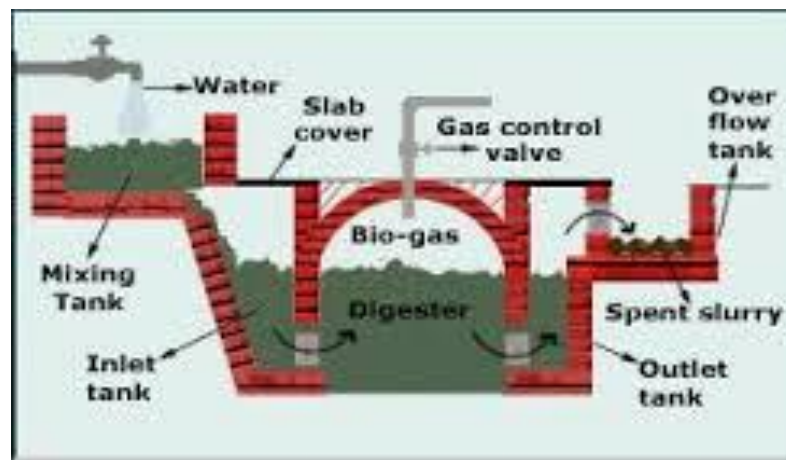
Gambar 2.3.5 Peralatan Dan Proses Pengolahan dan Pemanfaatan Biogas

### 2.3.6 Jenis Jenis DIGester Biogas

Terdapat beberapa jenis digester yang dapat dilihat di berdasarkan konstruksi, jenis aliran, dan posisinya terhadap permukaan tana. Jenis digester yang dipilih dapat didasarkan pada tujuan pembuatan degester tersebut. Hal yang penting adalah apapun yang dipilih jenisnya, tujuan utama adalah mengurangi kotoran dan menghasilkan biogas yang mempunyai kandungan  $CH_4$  tinggi. dari segi konstruksi, digester di bedakan menjadi:

a. Fixed Dome (kubah tetap)

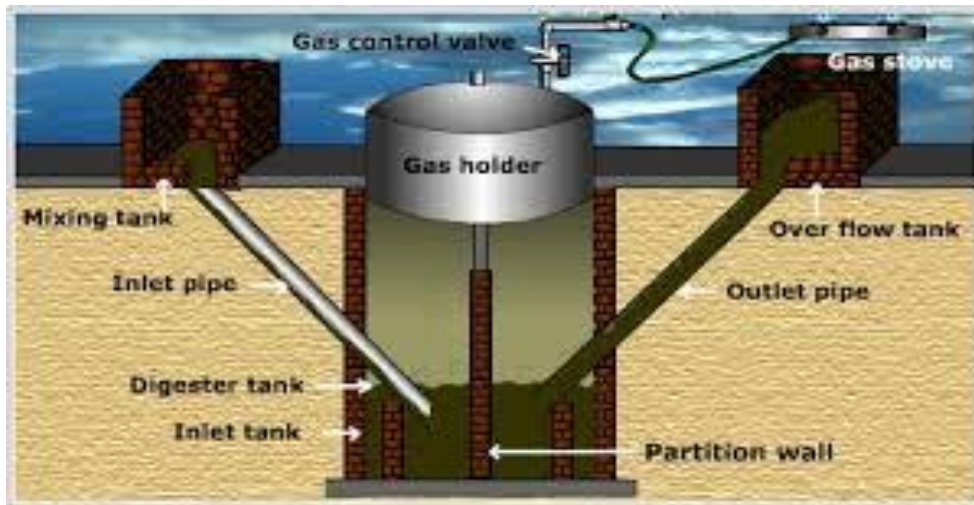
Digester jenis ini mempunyai volume tetap. Seiring dengan dihasilkan biogas, terjadi peningkatan tekanan dalam digester. Karena itu dalam konstruksinya digester jenis kubah tetap, gas yang terbentuk akan segera alirkan ke pengumpulan gas di luar reaktor. Indikator produksi gas dapat dilakukan dengan memasang indikator tekanan. Skema digester jenis kubah dapat dilihat pada gambar 2.36



Gambar. 2.3.6 Digester Tipe Fixed Dome

b. Floating Dome (Kubah Apung)

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



Gambar 2.3.7 Digester Tipe Floating Dome

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

a. Bak (Batch)

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

b. Mengalir (continuous).

Untuk digester jenis mengalir, aliran bahan baku dimasukkan dan residu dikeluarkan pada selang waktu tertentu. Lamanya bahan baku berada dalam reaktor digester disebut waktu retensi (retention time / RT).

### 2.3.7 Komponen Utama digester

Komponen – komponen digester cukup banyak dan bervariasi. Komponen yang digunakan untuk membuat digester tergantung dari jenis digester yang digunakan dan tujuan pembangunan digester. Secara umum komponen digester terdiri dari empat komponen utama sebagai berikut:

1. Saluran masuk

Saluran ini digunakan untuk memasukkan slurry (campuran sampah organik dan air) ke dalam reaktor utama biogas. Tujuan pencampuran

adalah untuk memaksimalkan produksi biogas, memudahkan mengalirkan bahan baku dan menghindari endapan pada saluran masuk.

2. Ruang digestion ( ruang fermentasi)

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

3. Saluran keluar residu (*sludge*)

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

4. Tangki penyimpanan biogas

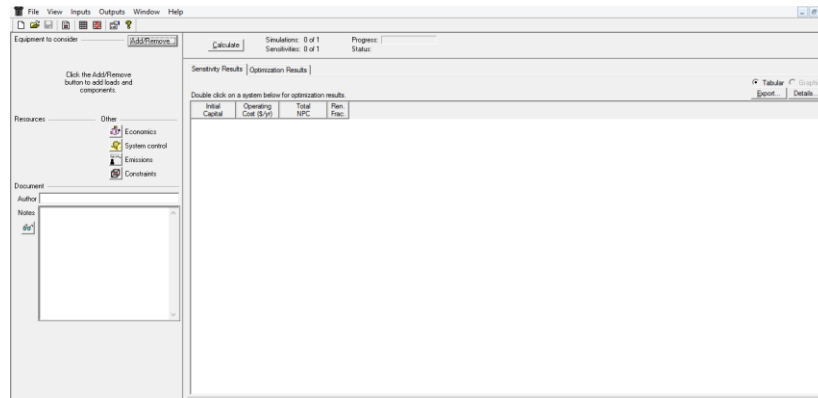
Tujuan dari tangki penyimpanan biogas adalah untuk menyimpan biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerobik. Jenis tangki penyimpanan biogas ada dua yaitu tangki bersatu dengan unit reaktor(*fixed dome*) dan terpisah dengan reaktor (*flooded dome*). Untuk tangki terpisah, konstruksi di buat khusus sehingga tidak bocor dan tekanan yang dihasilkan dalam tangki seragam.

## 2.4 HOMER

Homer adalah singkatan dari *the hybrid optimisation model for electric renewables*, merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membantu pemodelan dari sebuah sistem tenaga listrik dengan menggunakan berbagai pilihan sumber daya terharukan dan salah satu tool populer untuk desain sistem PLH(Pembangkit Listrik Hybrid) menggunakan energi terbarukan. HOMER mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik *stand-alone* maupun *gridconnected* yang dapat terdiri dari kombinasi turbin angin , photovoltaic, mikrohidro , biomassa , generator ( diesel / bensin), *microturbine*, *fuel-cell*, batrai



, dan penyimpanan hidrogen , melayani beban listrik maupun termal. Dengan HOMER, dapat diperoleh spesifikasi paling optimal dari sumber energi- sumber energi yang mungkin diterapkan.

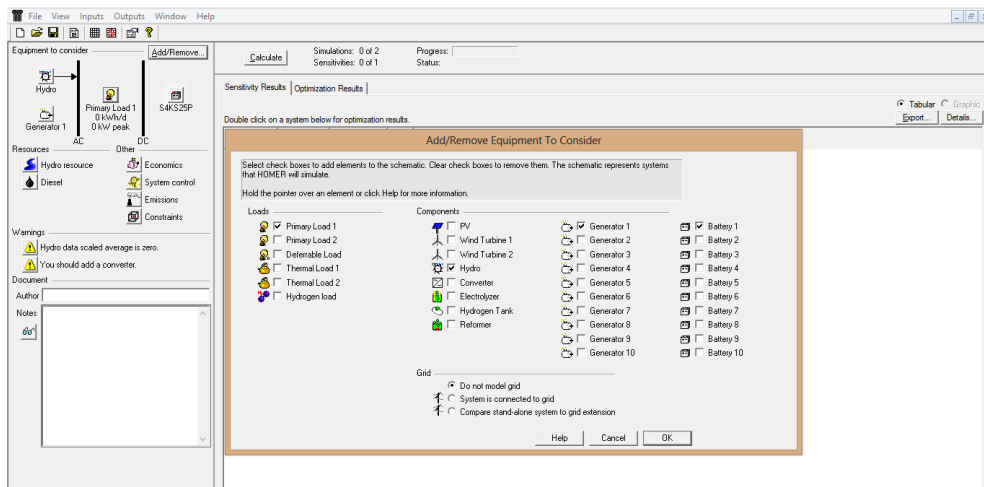


Gambar 2.4 Tampilan Utama HOMER

Setelah membuka program HOMER, maka yang akan kita lakukan adalah memberikan atau menambahkan masukan device pada system hybrid yang akan kita buat. Disini yang harus kita masukan jenis beban yang ditopang dari system. HOMER memberikan pilihan berbagai jenis beban sesuai dengan kebutuhan pengguna. Begitu juga pada pilihan komponen yang akan kita buat. Komponen pembangkit energi yang disediakan homer adalah: Wind Turbine, PV, Hydro, Hydrogen tank, Electrolyzer, Reformer, Generator, dan system battery. Di HOMER juga terdapat pilihan untuk menyalurkan pembangkit dengan gird PLN atau tidak.

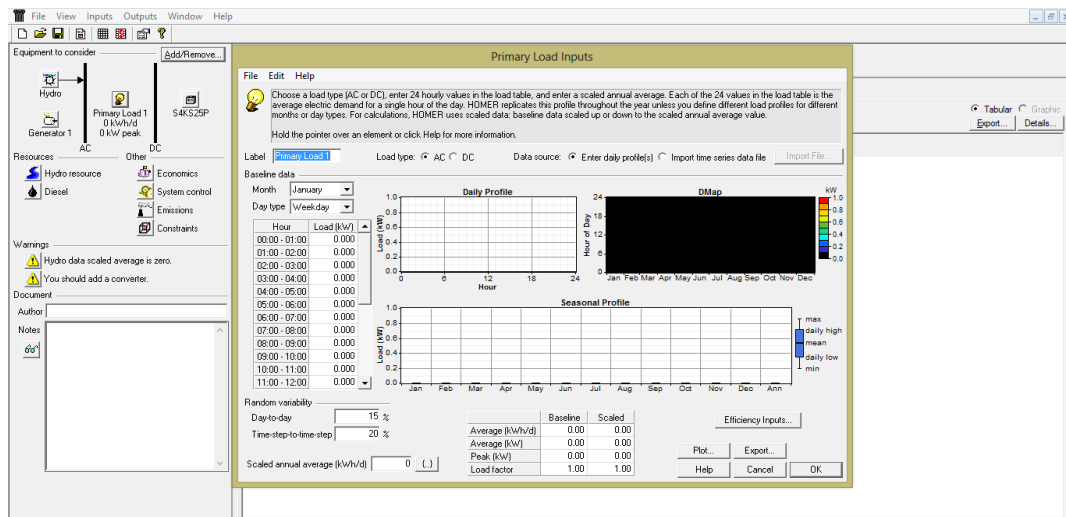
#### 2.4.1 Tutorial HOMER

Tampilan perangkat lunak HOMER bisa dilihat di gambar 2.3 dibawah ini. Perancang dapat menyusun sistem pembangkit dari berbagai jenis sumber daya, baik sumber daya konvensional maupun yang terbarukan. Proses simulasi pada HOMER dilakukan untuk mengetahui karakteristik atau performasi dari suatu sistem pembangkit.



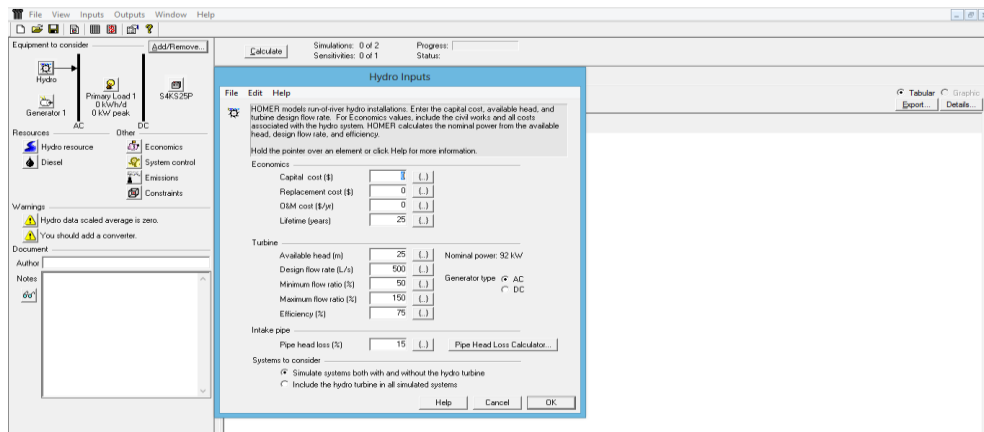
Gambar 2.5 Pemilihan Tipe Beban Dan Komponen Pembangkit

Setelah menentukan tipe beban dan komponen pembangkit maka hal yang selanjutnya dilakukan adalah memasukan data beban tiap jamnya disini adalah beban yang kita buat, tipe DC dan AC. Selanjutnya simulasi dari variasi beban tiap wktunya dapat kita simulasikan dengan memasukkan presentase pada *random variability*.



Gambar 2.6 Proses Input Data Beban

Data beban yang telah kita inputkan secara otomatis akan langsung dihitung oleh Homer dan menghasilkan rata-rata pemakaian, data beban puncak dan load factor beban.



Gambar 2.7 Proses Memasukkan Data Hydro Power

Sesudah itu, dilakukan proses memasukkan data tentang hydro power yang akan disimulasikan. Data yang akan di inputkan berupa data dari Economic yaitu Capital cost, Replacement cost, O/M Cost, dan Lifetime. Selanjutnya pada sisi turbin yang harus kita masukan adalah data rancangan turbin yang akan kita simulasikan seperti ketinggian, data debit air, aliran minimal dan maksimal, serta efisiensi dari turbin itu sendiri. Disini HOMER tidak melakukan analisa mengenai jenis turbin yang digunakan.