

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Tujuan tinjauan pustaka dalam tugas akhir ini sebagai kerangka acuan yang disusun berdasarkan kajian dan literatur – literature yang ada dalam berbagai aspek baik secara teoritis maupun empiris.

- Kukul Siwi Kuncoro dari Jurusan Teknik Elektri, FTI, ITS melakukan studi pembangunan pembangkit listrik tenaga sampah di Kota Medan. Dari penelitian ini didapatkan potensi biomassa dengan memanfaatkan sampah kota sebagai sumber energi alternatif untuk pembangkitan PLTSA sangat melimpah di Kota Medan dan belum dimanfaatkan. Berdasarkan analisa diperoleh bahwa estimasi timbunan sampah kota tahun 2009 mencapai 620.979 ton/tahun dengan komposisi sampah organik mencapai 434.685 ton/tahun. Dan tahun 2025 mencapai 718.335 ton/hari dengan sampah organik mencapai 502.835 ton/tahun dengan rata-rata produksi sampah perhari mencapai 1190 ton/hari sampah organik. Dan diperkirakan mampu memproduksi listrik setiap tahunnya sebesar 72,42 GWh.
- Didik Eko Budi Santoso dan Gunawan, Jurusan Teknik Elektro FTI Universitas Sultan Agung Semarang (2011), melakukan studi perencanaan mengenai pembangkit listrik tenaga sampah bahwa potensi sampah kota Semarang dengan jumlah penduduk pada tahun 2009 sekitar 1.507.826 jiwa akan dapat menghasilkan buangan sampah mencapai 753 ton/hari. Dengan 75 % dari jumlah keseluruhan sampah kota akan dihasilkan sampah organik sebesar 565 ton/hari. Dimana bila sampah organik ini dikonversikan menjadi biogas akan menghasilkan gas methan (CH<sub>4</sub>) sebesar 88.140 m<sup>3</sup>. Kemampuan gas methan bila dikonversikan menjadi listrik sebesar 572.910 kw

- Aziz Wildan IPB (2011) melakukan penelitian konversi sampah organik pasar dengan sistem fermentasi media padat menjadi biogas dan pupuk organik, mengungkapkan pada proses penentuan jenis bahan yang berpotensi menghasilkan biogas terbanyak diperoleh jenis bahan sampah pasar-1 (sampah pasar Gunung Batu, Bogor) dengan akumulasi gas 4500 ml/kg biomassa (w.b) yang difermentasi pada suhu ruang selama 45 hari. Adapun komposisi sampah pasar-1 tersebut adalah daun pisang 7.5%, kulit jagung 24.2%, pare 14.8%, kol 19.9%, sosin 6.2%, kangkung 8.0%, sawi 8.0%, dan wortel 11.5% (b:b). Pada proses identifikasi degradasi padatan organik bahan didapatkan korelasi antara pembentukan biogas dengan penurunan bahan organik sebesar 37.63 ml/gVS. Fermentasi anaerobik ini dilakukan pada temperature konstan yaitu 32oC, dengan waktu fermentasi selama 17 hari.
- Menurut Suprihatin (1999) di dalam Nisandi (2007), berdasarkan asalnya sampah (padat) dapat digolongkan sebagai berikut:
  1. Sampah organik yaitu sampah yang diambil dari alam terdiri dari hewan dan tumbuhan, kegiatan pertanian, perikanan atau yang lainnya. Proses penguraian alami mudah terjadi pada sampah organik. Sebagian besar sampah rumah tangga adalah sampah organik, termasuk sampah dapur, sayuran, buah-buahan, daun dan sisa tepung.
  2. Sampah anorganik yaitu sampah yang berasal dari sumber daya alam tak terbarui seperti seperti mineral, alumunium, botol kaca, kaleng, plastik, minyak bumi dan sampah industri. Secara keseluruhan zat anorganik tidak bisa diuraikan oleh alam dan memakan waktu yang lama untuk bisa diuraikan..

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Biogas

Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah pasar tradisional, sampah mudah terurai (biodegradable) atau setiap limbah organik yang memiliki sifat mudah terurai dalam kondisi anaerobik. Dalam kondisi tanpa udara (anaerobic), biogas dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dengan bantuan bakteri *metanogen* atau *metanogenik*. Bakteri ini secara alami terdapat dalam limbah yang mengandung bahan organik. Umumnya, biogas diproduksi menggunakan alat yang disebut reaktor biogas (digester) yang dirancang agar kedap udara (anaerobic), sehingga proses penguraian oleh mikroorganisme dapat berjalan secara optimal. Biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan maupun untuk menghasilkan listrik.

Kandungan utama dalam biogas adalah gas metana dan karbon dioksida. dan beberapa kandungan yang jumlahnya kecil diantaranya *hydrogen sulfide* (H<sub>2</sub>S) dan *ammonia* (NH<sub>3</sub>) serta *Hydrogen* (H<sub>2</sub>) dan nitrogen sulphur, kandungan air dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).

Tabel 2.1 Komposisi Biogas

Komponen	%
Metana (CH <sub>4</sub> )	50-70
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	25-45
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	0-0.3
Hidrogen (H <sub>2</sub> )	1-5
Hidrogen sulfida (H <sub>2</sub> S)	0-3
Oksigen (O <sub>2</sub> )	0.1-0.5

### 2.2.2 Manfaat Energi Biogas

Energi biogas adalah salah satu dari banyak macam sumber energi terbarukan (*renewable fuel*), karena energi biogas memiliki kandungan gas

metana yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar memasak dan juga sebagai pembangkit energi listrik. Pemanfaatan sampah organik sebagai bahan baku biogas memberikan tiga kelebihan yaitu meningkatnya efisiensi energi karena sampah organik memiliki kandungan energi yang besar, penghematan biaya untuk bahan baku.

Produksi energi biogas memungkinkan pertanian berkelanjutan dengan sistem proses terbaru dan ramah lingkungan. Energi biogas telah menjadi energi alternatif yang bagus sebagai pengganti penggunaan bahan bakar fosil untuk produksi energi.

<b>Biogas</b>	<b>Bahan Bakar Lain</b>
<b>1 m<sup>3</sup> Biogas</b>	• Elpiji 0,46 kg
	• Minyak Tanah 0,62 liter
	• Minyak Solar 0,52 liter
	• Bensin 0,80 liter
	• Gas kota 1,50 m <sup>3</sup>
	• Kayu Bakar 3,50 kg

Sumber : Sri wahyuni, 2008

Gambar 2.1 Perbandingan Biogas Dari Bahan Bakar Lain

Hasil produksi biogas memiliki beberapa keuntungan, yaitu:

- a. Dapat menurunkan emisi gas rumah kaca
- b. Meningkatkan kualitas udara karena jumlah karbon dioksida dan asap dapat dikurangi secara signifikan.
- c. Menghasilkan pupuk organik berkualitas
- d. Hasil daur ulang sampah organik dapat digunakan untuk menghasilkan energi biogas dengan banyak keuntungan.
- e. Sebagai salah satu energi alternatif yang dapat menghasilkan listrik.

### 2.2.3 Biogas dari Sampah Sayur Pasar

Biogas adalah gas hasil dari bahan-bahan organik melalui proses fermentasi oleh bakteri-bakteri anaerob. Bakteri anaerob merupakan

bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara. Setelah fermentasi, biogas menghasilkan gas metana dan ampas biogas berupa lumpur cair (*bio-slurry*). Gas metana dapat digunakan untuk berbagai sistem pembangkit energi sedangkan *bio-slurry* cair maupun padat digunakan sebagai pupuk organik berkualitas tinggi untuk perkebunan dan pertanian.



Gambar 2.2 Sampah Sayur Pasar Bekasi

Tabel 2.2 Jumlah Potensi Sayuran Pasar Induk Kramat Jati

Komoditas Sayuran	Jumlah Pasokan (Ton/Minggu)	Perkiraan Penyusutan	Potensi Limbah Sayuran (Ton/Minggu)
Kol Bulat	757.5	20	151.5
Kembang Kol	29.5	25	5.9
Bawang Merah	805.25	12	161.05
Bawang Putih	216.25	4	43.25
Sawi	268.25	11	53.65
Buncis	9.75	3	1.95
Wortel	269.5	8	53.9
Tomat	574.5	10	114.9
Daun Bawang	86.75	6	17.35
Daun Sledri	38.25	6	7.65
Kelapa	133.25	8	26.65
Jagung	216.5	20	43.3
Tauge	41.75	15	8.35

Sumber: Data kantor Pasar Induk Kramat Jati Bulan Maret 2009.

Dari tabel diatas, hanya beberapa sayuran yang memiliki kadar air cukup tinggi sehingga dapat mempercepat proses pembusukan.

a. Kol

Di pasar Induk Kramat Jati, limbah kol mencapai 17,2% dari total jumlah kol yang masuk setiap harinya. Kol menjadi salah satu sayuran dengan kadar air tinggi (>90%) sehingga mudah mengalami pembusukan.

b. Sawi

Kadar air yang dimiliki sawi juga cukup tinggi yaitu mencapai lebih dari 95%.

c. Kulit Tauge

Dalam pengkajian tepung limbah organik pasar, kulit tauge merupakan jenis limbah yang paling berpotensi untuk dibuat menjadi tepung limbah. Pengeringan dengan menggunakan sinar matahari membutuhkan waktu rata-rata 2 hari, dengan kadar air 65-70%. Tepung kulit tauge dapat menjadi salah satu pakan sumber energi, dengan kandungan energi metabolisme sebesar 3737 kcal/kg.

d. Kembang kol

Kadar protein dalam tepung daun kembang kol mempunyai cukup tinggi yaitu 25,18g/100g dan kandungan energi metabolisme sebesar 3523 kcal/kg.

e. Jagung

Limbah pasar yang berasal dari jagung ada dua macam, kulit jagung dan tongkol jagung. Kadar gula pada kulit jagung manis cukup tinggi, sedangkan tongkol jagung merupakan bagian dari buah jagung setelah bijinya dipipil. Limbah ini pada umumnya mempunyai kelemahan kadar protein yang cenderung rendah serta serat kasar yang cenderung tinggi.

#### **2.2.4 Proses Konversi Energi Dari Sampah ke Listrik**

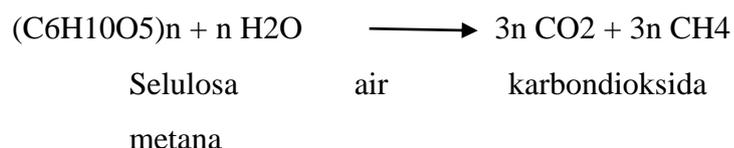
Secara umum, ada 2 kategori proses konversi sampah menjadi energi, karakteristik masing-masing kategori membutuhkan bahan baku

berbeda. Proses thermal, karakteristik bahan baku yang diperlukan memiliki tingkat panas yang tinggi. Dalam hal ini seperti kertas, karet, plastik, bahan kain, karet dan bahan yang memiliki kelembapan sangat rendah. Pada biogas, bahan baku seperti sayuran, sampah pasar, sampah hijau/kebun merupakan bahan-bahan yang memiliki kandungan organik tinggi. Dapat melalui proses secara biologi dengan memakai teknologi *Landfill* dan penguraian anaerobik (*Anaerobic Digestion*).

Pernyortiran sampah harus dilakukan agar menyisihkan komponen selain bahan baku yang memiliki kandungan organik tinggi atau biogas. Tempat penyortiran terdiri dari *platform* terbuka hal ini bertujuan agar sampah disortir manual dengan tangan oleh para pemulung.

### 2.2.5 Tahap Pembentukan Biogas

Bahan baku sampah organik sayuran adalah substrat yang digunakan untuk menghasilkan biogas. Proses pembuatan biogas dilakukan secara fermentasi yaitu proses terbentuknya gas metana dalam kondisi anaerob dengan bantuan bakteri anaerob seperti *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanococcus* dan *Methanosarcina* di dalam satu digester agar bakteri anaerob membantu proses penguraian. Penguraian tersebut menghasilkan volume gas metana dan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) lebih besar dari gas hydrogen, nitrogen, dan asam sulfida. Setelah penguraian, selanjutnya tahap fermentasi untuk menghasilkan biogas dengan suhu optimum 35°C dan pH optimum pada *range* 6,4 – 7,9. Lama waktu fermentasi sekitar 7 – 10 hari.

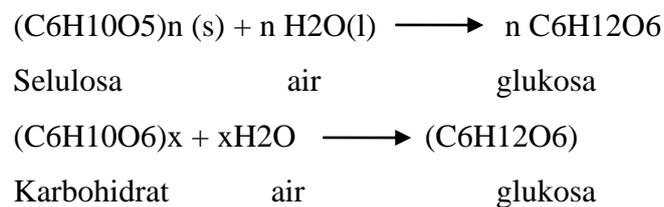


Menurut Toerien et al. (1970) reaksi kimia pembuatan biogas (gas metana) ada 3 tahap, yaitu:

### 1. Hidrolisis

Pada proses pelarutan (hidrolisis) terjadi pemecahan enzimatik yang besar dari bahan yang tidak mudah larut seperti lemak, polisakrida, protein, asam nukelat, selulosa menjadi bahan yang mudah larut dalam air seperti karbohidrat dan asam lemak. Tahap pelarutan berlangsung pada suhu 25°C di biodigester. Dalam tahap hidrolisis tidak terjadi pembentukan gas metana.

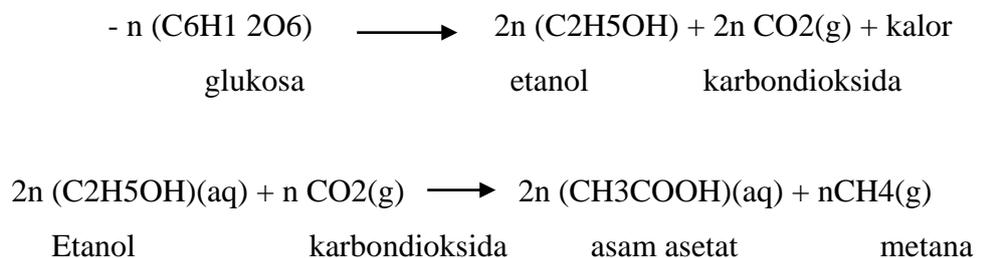
Reaksi kimia:



### 2. Asetogenesis

Produk akhir dari tahap hidrolisis akan difermentasi menjadi asam organik dalam kondisi anaerob sangat penting untuk membentuk gas metan oleh bakteri pada proses selanjutnya. Produk utama tahap ini selain asam asetat adalah asam propionate (gas karbon dioksida dibebaskan selama pembentukan asam propionate). Tahap ini berlangsung pada suhu 25°C hingga 30°C di digester dan pH 5 – 6.

Reaksi kimia:



### 3. Metanogenesis

Proses pembentukan gas metana merupakan produk akhir penguraian anaerobik. Reaksi utama dalam tahap metanogenesis adalah

fermentasi pembentukan asam asetat menjadi gas metana dan karbondioksida. Bakteri pembentuk asam membentuk keadaan atmosfer yang ideal untuk bakteri gas metan, sedangkan bakteri pembentuk gas metan menggunakan asam yang dihasilkan bakteri penghasil asam. Proses ini berlangsung 14 hari dengan suhu 25°C hingga 35°C dan pH pembentukan gas metan sekitar 7. Dari proses ini akan dihasilkan 72% asam asetat, 30% karbon dioksida, 28% hidrogen.

Dalam reaktor atau digester biogas sesuai dengan kebutuhan bakteri yang akan mengurai atau mendekomposisi semua biomassa termasuk jenis sampah dan bahan organik adalah dengan kondisi *anaerob*, material memiliki pH diatas 6, suhu diatas 30°C dan kelembapan udara 60% diperlukan waktu 8 – 12 minggu untuk memulai proses ini. Selama proses pengolahan anaerobik tidak sensitif terhadap senyawa beracun karena keseimbangan karbon sekitar 95% diuraikan menjadi biogas dan 5% dikonversi menjadi biomassa (bio-slurry).

## **2.2.6 Faktor yang Mempengaruhi Produksi Biogas**

### **1. Laju pembebanan**

Laju pembebanan adalah besaran yang menyatakan jumlah material organik dalam satuan volume yang diumpankan pada reaktor. Substrat cair yang diumpamakan dapat didegradasi oleh bakteri mikroba, lalu diubah menjadi gas metana melalui proses biologi oleh mikroba pengurai didalam biodigester.

Perubahan laju pembebanan yang mendadak dapat mengakibatkan peningkatan yang setara dalam pembentukan asam, pembentukan produk asam asetat akan mengakibatkan penurunan pH dan penghambatan lebih jauh dari produksi gas metana.

## 2. Konsentrasi substrat

Konsentrasi bahan baku organik sangat berpengaruh terhadap perencanaan pembuatan dimensi reaktor dan juga bagi kelangsungan proses penguraian zat organik kompleks menjadi senyawa sederhana.

## 3. Kandungan asam lemak organik

Asam lemak yang dibentuk dalam hidrolisa polisakarida umumnya adalah jenis rantai pendek seperti asetat, propionate dan butirat. Konsentrasi asam lemak yang tinggi akan menyebabkan turunnya pH reaktor dan akan membuat terbentuknya asam lemak rantai panjang, batas konsentrasi asam asetat dibawa 10 mg/L apabila diatas batas tersebut menyebabkan rusaknya sistem biologi.

## 4. Alkalinitas

Alkalinitas pada proses fermentasi anaerobic adalah kemampuan lumpur didalam reaktor untuk menetralkan asam, agar dapat mengimbangi fluktuasi asam didalam reaktor.

## 5. pH

pH adalah besaran yang menyatakan banyaknya ion H<sup>+</sup>. Nilai pH ini dirumuskan sebagai  $pH = -\log (H)$ . stabilitas proses fermentasi anaerobik sangat tergantung pada nilai pH didalam reaktor, pH yang baik untuk operasi adalah 6,0 – 7,5. Diawal operasi atau pada saat inokulasi pH dalam biodigester dapat turun menjadi 6 atau lebih rendah. Hal ini terjadi karena terbentuknya asam-asam lemak organik. Setelah beberapa saat pH akan naik kembali yang disebabkan karena terbentuknya gas metana dari asam-asam tersebut. Pengaturan pH sangat penting untuk menjaga pertumbuhan mikroba yang terbaik dari proses pengubahan sistem mikroba anaerobik.

## 6. Suhu

Suhu mempengaruhi proses perubahan zat organik polimer menjadi senyawa lebih sederhana didalam reaktor. Suhu terbaik untuk pertumbuhan bakteri mikroba mesofilik adalah 30°C atau lebih tinggi sedikit. Apabila suhu rendah 20°C, maka pertumbuhan mikroba sangat lambat dan sulit pada awal operasi untuk beberapa biodigester.

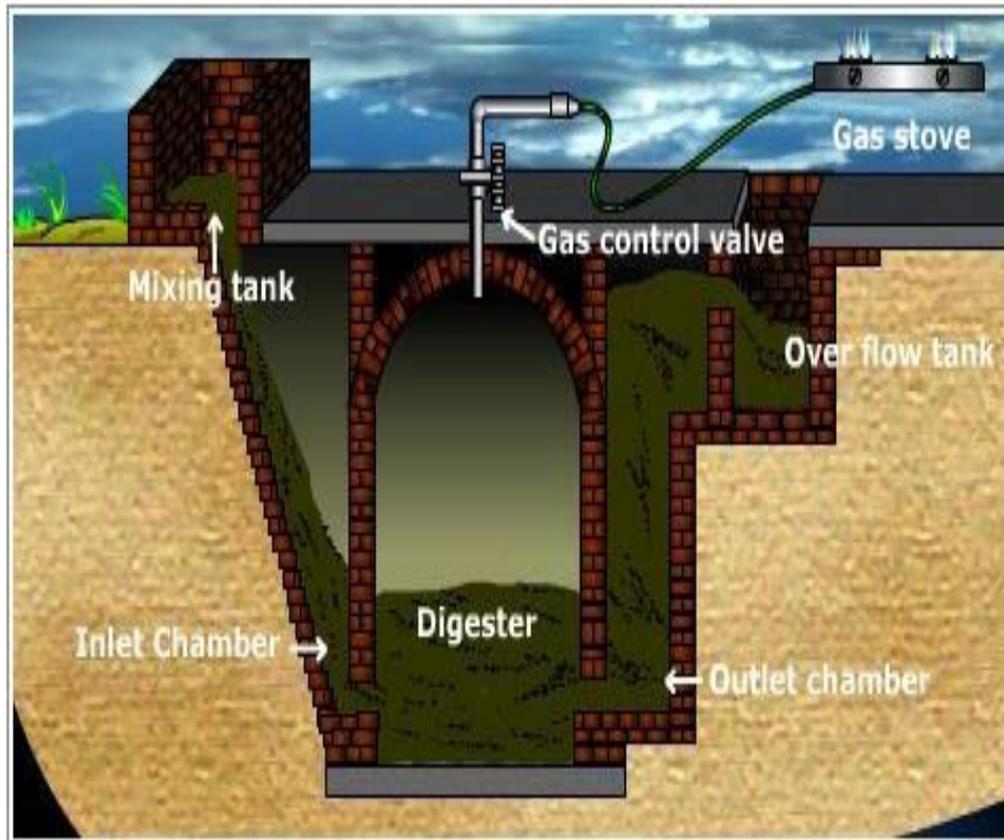
## 7. Senyawa racun dan penghambat

Senyawa pemnghambat atau inhibitor pada proses fermentasi anaerob dapat dibedakan dua jenis yaitu penghambat fisik dan kimia. Penghambat fisik yaitu dimana suhu dan penghambat kimia bersatu. Proses pengolahan yang dilakukan tidak hanya secara anaerobik akan tetapi dilakukan pula secara aerobik.

### **2.3 Biodigester**

Reaktor merupakan komponen utama dalam produksi biogas. Biodigester merupakan tempat dimana bahan organik diurai oleh bakteri secara anaerob (tanpa udara) menjadi gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>. Digester harus dirancang sedemikian rupa sehingga proses fermentasi anaerob dapat berjalan dengan baik. Dari segi konstruksi, biodigester dibedakan menjadi 2 tipe :

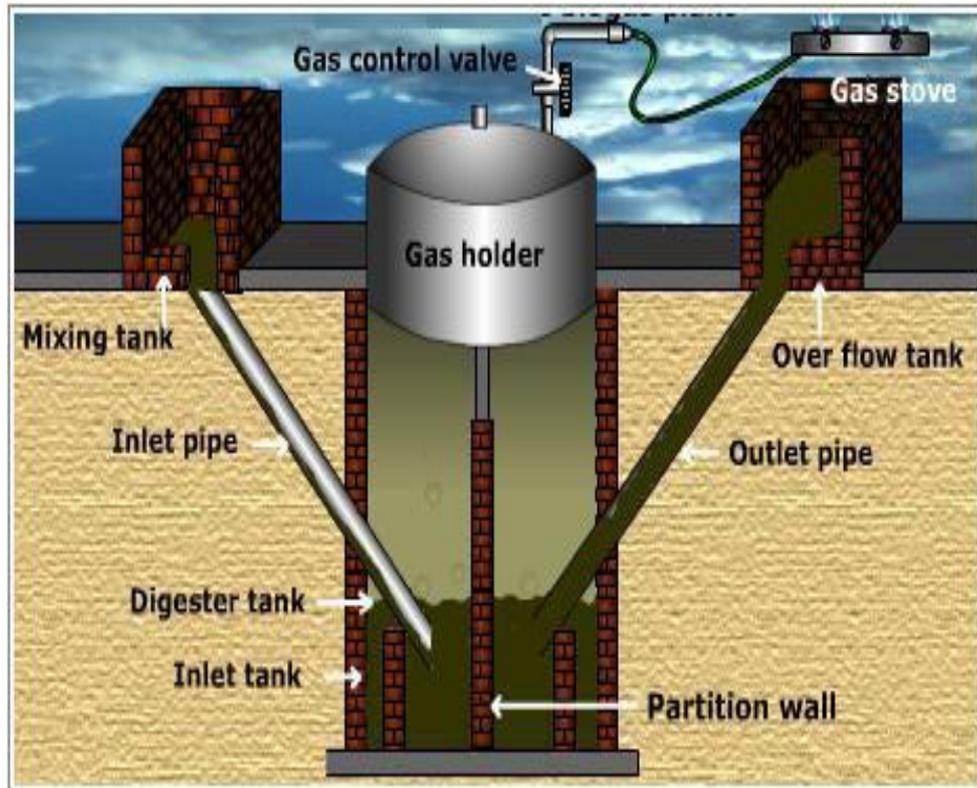
- Fixed dome



Gambar 2.3 Fixed Dome

Tipe ini memiliki volume tetap sehingga produksi gas akan meningkatkan tekanan di dalam reactor biodigester. Karena itu, dalam konstruksi ini gas yang terbentuk akan segera dialirkan ke pengumpul gas di luar reaktor. Indikator produksi gas dapat dilakukan dengan memasang indikator tekanan.

- Floating dome



Gambar 2.4 Floating Dome

Pada tipe ini terdapat bagian reaktor yang bisa bergerak untuk menyesuaikan dengan kenaikan tekanan reaktor, dapat menjadi tanda telah dimulainya produksi gas didalam reaktor biogas. Pada reaktor tipe ini, pengumpul gas berada dalam satu dengan reaktor tersebut. Kelebihan pada tipe ini, apabila terjadi lemah pada tekanan gas yang berfluktuasi pada reaktor biodigester jenis *fixed dome* tetap dapat diatas sehingga tekanan gas menjadi konstan. Kekurangannya adalah membutuhkan teknik khusus untuk membuat tumpangan gas bergerak seiring naik atau turunnya produksi biogas dan material tumpangan gas yang dapat bergerak harus mempunyai sifat tahan korosi, hal tersebut menyebabkan harganya relatif lebih mahal. Dari segi aliran bahan baku untuk biodigester:

- Bak (*batch*), bahan baku ditempatkan di dalam suatu bak sejak awal hingga selesainya proses *digestion* untuk mengetahui potensi gas dari limbah organik.

- *Continous*, aliran bahan baku masuk dan residu keluar pada selang waktu tertentu. Lamanya bahan baku selama dalam reaktor disebut waktu retensi hidrolis (hydraulic retention time/HRT).

Tata letak penempatan biodigester:

- Seluruh digester berada diatas permukaan tanah, pada umumnya digester jenis ini dibuat dari tong bekas minyak tanah. Kekurangan tipe ini adalah tidak tahan lama karena kemampuan material tidak dapat menahan korosi dan volume yang kecil akan menghasilkan biogas untuk kebutuhan satu rumah tangga saja. Untuk skala yang besar, digester jenis ini juga memerlukan luas lahan yang besar juga.
- Tangki biogas sebagian berada dibawah permukaan tanah. Digester ini berbentuk seperti sumur dan diatasnya ditutup plat baja. dibutuhkan campuran semen, pasir, kerikil dan kapur untuk membangun digester. Kelemahan pada sistem ini jika ditempatkan pada daerah yang memiliki suhu rendah akan merambat ke bahan baku biogas melalui plat baja sehingga pertumbuhan bakteri menjadi lambat.
- Seluruh tangki digester diletakkan dibawah permukaan tanah, model ini merupakan model yang paling populer dimana seluruh instalasi biodigester dibuat di dalam tanah dengan konstruksi permanen, berguna mempertahankan suhu digester stabil dan mendukung pertumbuhan bakteri methanogen. Sangat sulit diperbaiki apabila terjadi kebocoran gas.

### 2.3.1 Komponen Biodigester

Penggunaan komponen dalam membangun digester tergantung jenis digester itu sendiri sesuai dengan tujuan digunakan dan tujuan pembangunannya, sebagai berikut :

1. Saluran masuk *slurry*. Saluran ini digunakan untuk memasukkan *slurry* (campuran sampah organik dan air) kedalam reaktor utama. Tujuan pencampuran adalah untuk memaksimalkan produksi biogas, memudahkan mengalirkan bahan baku dan menghindari endapan pada saluran masuk.
2. Ruang fermentasi, tempat terjadi proses fermentasi anaerobik dalam ruang kedap udara.
3. Saluran keluar residu, saluran ini digunakan untuk mengeluarkan kotoran yang telah difermentasikan oleh bakteri. Saluran ini bekerja berdasarkan prinsip keserimbangan tekanan hidrostatik. Residu yang keluar pertama kali merupakan *slurry* masukan pertama setelah waktu retensi.
4. Katup pengaman tekanan (*control valve*) digunakan sebagai pengatur tekanan gas dalam biodigester. Katup ini menggunakan prinsip pipa T, yaitu apabila tekanan gas dalam saluran lebih tinggi dari air, maka gas akan keluar melalui pipa T, sehingga tekanan akan menurun.
5. Sistem pengaduk. Pengadukan dilakukan dengan berbagai cara dengan pengadukan mekanis, sirkulasi substrat biodigester, atau sirkulasi ulang produksi biogas ke atas biodigester menggunakan pompa. Pengadukan ini bertujuan untuk mengurangi pengendapan dan meningkatkan produktifitas biodigester karena kondisi yang sama.
6. Saluran gas. untuk menghindari korosi lebih baik menggunakan bahan polimer. Cara lain mencegah korosi adalah pada ujung saluran pipa tungku yang digunakan untuk pembakaran disambung dengan pipa baja anti korosi.

7. Ada dua jenis tangki penyimpanan gas yaitu tangki menyatu bersama unit reaktor (*floating dome*) dan tangki yang terpisah dengan reaktor (*fixed dome*).

#### **2.4 Mesin Pencacah Sampah Organik**

Mesin pencacah sampah organik digunakan untuk menghancurkan berbagai jenis sampah organik berukuran kecil, dengan hasil cacahan berukuran sekitar <3cm, sampah yang telah dicacah langsung difermentasi menjadi kompos atau dihaluskan lebih lanjut dengan menggunakan mesin penghancur sampah organik.

#### **2.5 Jenis Emisi CO<sub>2</sub> Serta Dampak Yang Ditimbulkan Sampah**

Salah satu elemen penunjang kehidupan di bumi adalah udara, sehingga apabila udara tercemar dari masuknya zat pencemar yang berbentuk gas dan partikel kecil, kimia atau biologi dapat berdampak pada kesehatan, kelangsungan hidup ekosistem, mengganggu kenyamanan dan keindahan. Sumber pencemaran udara berasal dari biogenik dan antropogenik (*non biogenic*).

Sumber biogenik merupakan sumber pencemar secara alami tanpa adanya pengaruh dari manusia seperti akibat kebakaran hutan, letusan gunung api, debu, area pertanian, peternakan dan laut.

- a. Proses yang paling dominan menimbulkan pencemaran udara adalah kebakaran hutan. Ini terjadi karena ada beberapa bahan polutan dari hasil pembakaran dapat meningkatkan substrat fisik atau kimia ke udara dalam jumlah tertentu. Bahan polutan primer yaitu karbon dioksida, senyawa sulfur oksida, senyawa nitrogen oksida, hidrokarbon dan nitrogen dioksida. Selain bahan polutan primer, ada polutan berbentuk partikel yaitu asap berupa partikel karbon yang sangat halus bercampur dengan debu. Dampak dari polutan berbentuk partikel akan mengganggu saluran pernafasan, iritasi mata dan asap kebakaran membuat terbatasnya jarak pandang

- b. Gas dikeluarkan dari letusan gunung berapi ada 7, diantaranya  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $HF$  dan  $He$ . Sulfur dioksida ( $SO_2$ ) adalah gas utama pencemar udara karena dapat membahayakan kesehatan dan menyebabkan anomali cuaca.
- c. Salah satu pencemaran udara dari sumber biogenik adalah angin berdebu yang berasal padang pasir dimana di daerah tersebut tidak ada tumbuhan.
- d. Di area pertanian seringnya menggunakan obat anti hama seperti insektisida dan pestisida yang mengandung amonia dan  $NH_3$ . Senyawa tersebut sangat berbahaya bagi atmosfer, polusi air dan kesehatan.
- e. Hewan ternak seperti sapi bisa menghasilkan gas metana dan gas-gas lain melalui pencernaan makanan.
- f. Laut merupakan sumber pembuangan gas metana hasil dari sistem pencernaan hewan-hewan laut. Pencemaran udara dari garam laut karena hembusan angin dari air laut yang ter vaporasi di udara melepaskan natrium klorida.

Sumber antropogenik (*non biogenic*) adalah sumber pencemaran berbentuk gas dan partikel kecil ke udara yang dihasilkan oleh kegiatan manusia seperti aktivitas transportasi, aktivitas industri, penangkapan ikan menggunakan bom ikan, pengambilan terumbu karang secara illegal, aktivitas rumah tangga dan Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Aktivitas transportasi menghasilkan gas buang karbon dioksida ( $CO$ ), nitrogen oksida ( $NO_x$ ), sulfur dioksida ( $SO_x$ ) dan timbal sangat besar sebagai sumber polusi udara hingga 60 – 70%, gas buang dari aktivitas industri sebesar 10 – 15%. Aktivitas rumah tangga dan pembuangan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA), umumnya sampah organik yang tertumpuk mengalami proses pembusukan. Sampah yang busuk mengalami degradasi lalu terurai secara anaerobic, menghasilkan gas metana ( $CH_4$ ) dan karbondioksida ( $CO_2$ ). Gas metana dan karbondioksida atau lebih dikenal gas rumah kaca berpotensi menjadi penyebab

pemanasan global dan perubahan iklim. Dengan menerapkan sistem pengolahan yang tepat dapat membantu mengurangi produksi sampah yaitu *Sanitary Landfill*, sesuai dengan 3 langkah berikut 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*).

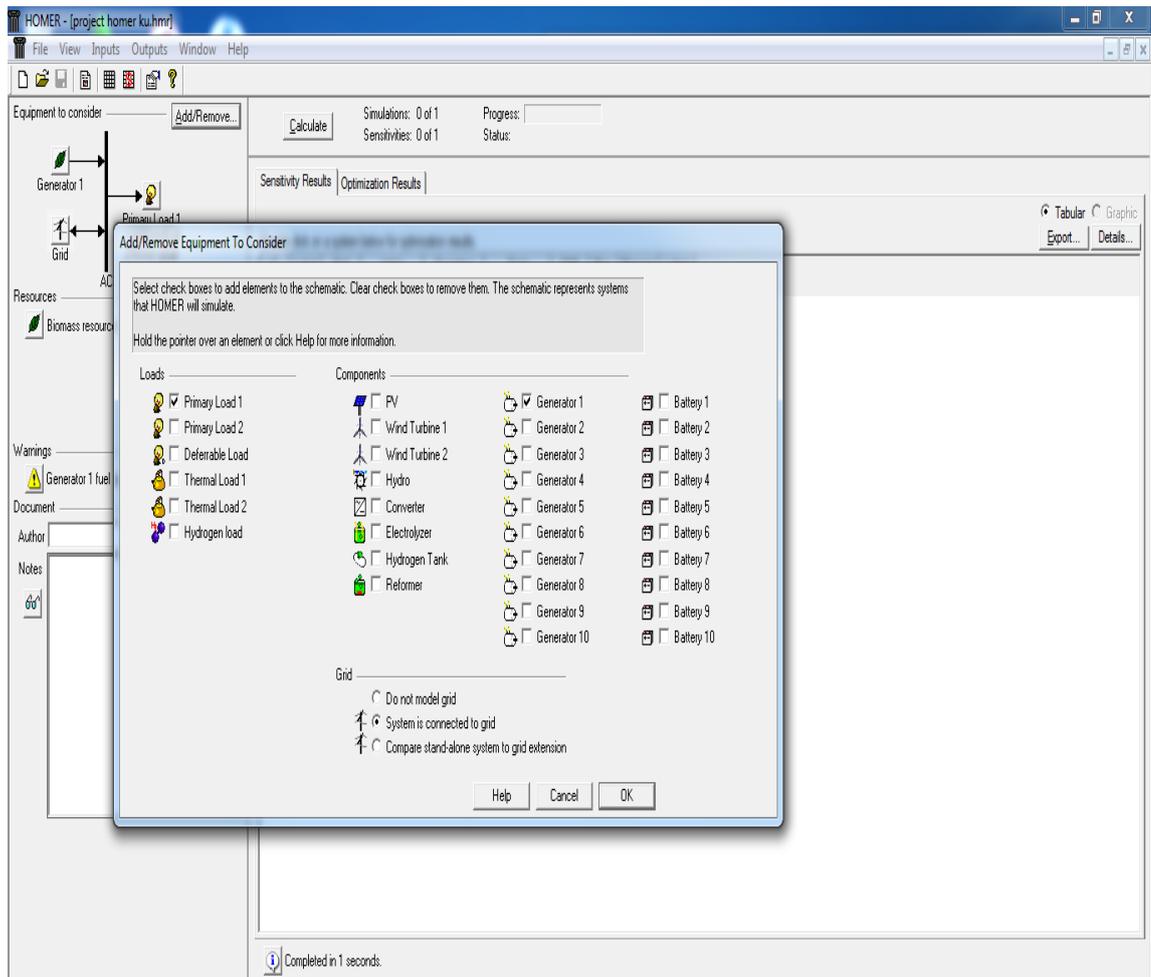
Selain pemanasan global, sampah yang menumpuk menyebabkan air limbah yang mencemari sumber air disekitar TPA, bau menyengat hingga ledakan gas metan ( $CH_4$ ) yang memakan korban jiwa, dalam kasus TPA Leuwi Gajah Bandung dan TPA Bantar Gebang Bekasi.

## **2.6 Software HOMER Energy**

Alat bantu *software* HOMER energy merupakan *the hybrid optimisation model for electric renewables*, salah satu teknologi populer untuk pemodelan desain sistem pembangkit listrik berbagai macam sumber daya termasuk energi terbarukan yaitu mikrohidro, *photovoltaic*, biomassa, biogas dan angin. HOMER mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik mandiri maupun tersambung ke Grid.

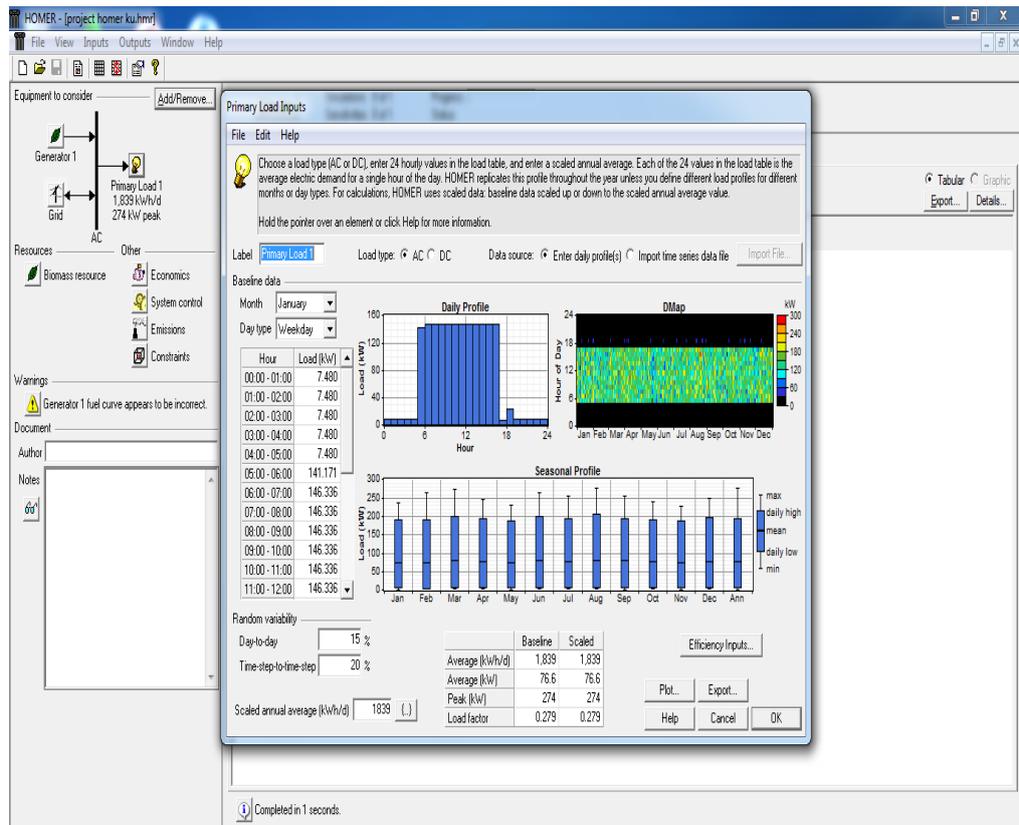
### **2.6.1 Tutorial Simulasi HOMER**

Perancang dapat menyusun sistem pembangkit dari berbagai jenis sumber daya konvensional maupun terbarukan. Proses simulasi pada HOMER dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari suatu sistem pembangkit.



Gambar 2.5 Tampilan Daftar Beban

Gambar 2.5 menunjukkan window pemilihan komponen pada HOMER. Berbagai komponen seperti PV, wind turbine, hydro, converter, electrilyzer, hydrogen tank, reforme, generator, dan bank baterai. Setelah menentukan tipe beban dan komponen pembangkit, hal selanjutnya masukkan data beban tiap jamnya. Terdapat dua pilihan beban yaitu AC dan DC. Selanjutnya simulasi dari variasi beban tiap jamnya dapat disimulasikan dengan *input* presentase pada *random variable*. Dapat dilihat tampilan memasukkan nilai data beban pada gambar dibawah ini.



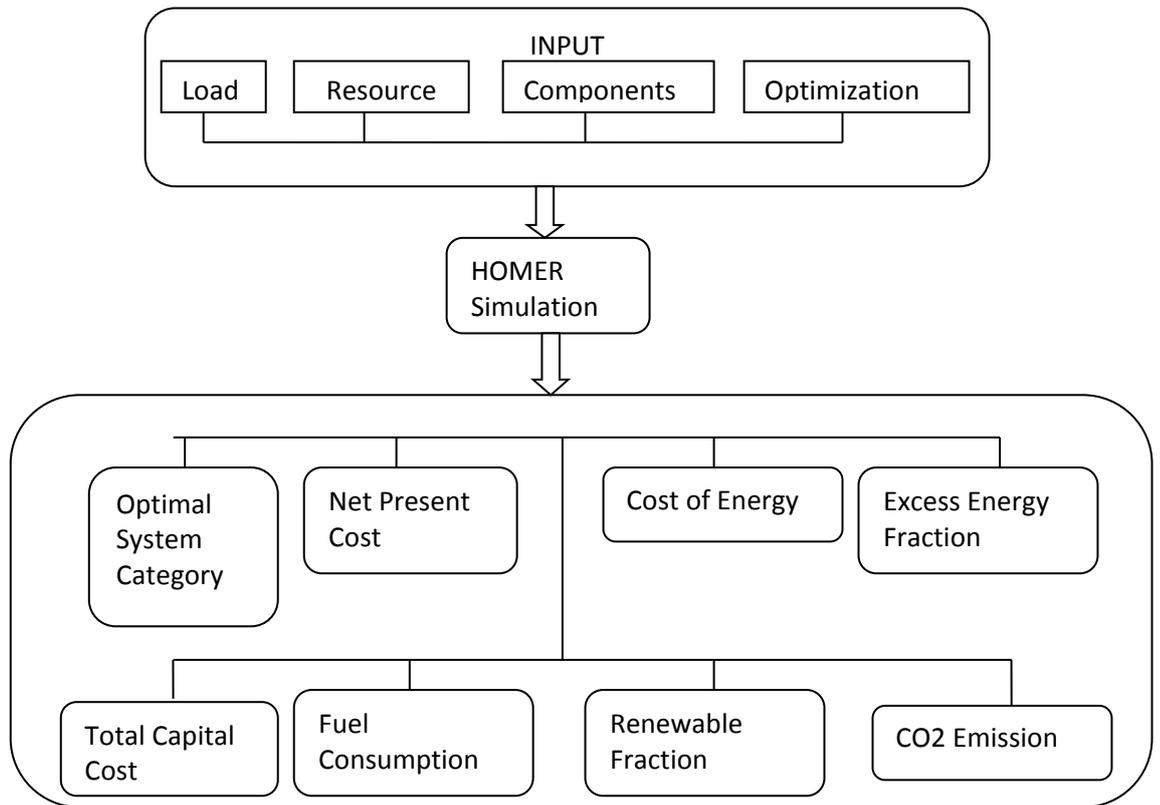
Gambar 2.6 Tampilan *Input* Data Beban Per Jam

Data beban yang telah diinput secara otomatis akan dihitung oleh HOMER dan menghasilkan data rata-rata pemakaian beban, beban puncak dan *load factor*.

## 2.6.2 Konfigurasi HOMER

Tahap awal sebelum konfigurasi adalah memasukan data beban, sumber daya untuk sistem pembangkit listrik, komponen yang digunakan dalam pemodelan sistem dan optimisasi. Ketika HOMER disimulasikan, HOMER akan menentukan semua konfigurasi sistem yang paling optimal melalui metode perhitungan. Kemudian, hasil simulasi HOMER akan menampilkan menurut *net presents costs* (NPC) atau disebut juga *life cycle costs* paling terendah. Selain NPC hasil simulasi lainnya yaitu, biaya pembelian energi listrik dan biaya langganan ke Grid, nilai variable investasi awal sistem pembangkit listrik, berapa banyak bahan bakar yang

dikonsumsi, sisa energi listrik akan menjadi kelebihan energi bagi sistem pembangkit, dan dapat mengetahui hasil emisi gas karbondioksida oleh sistem pembangkit listrik.



Gambar 2.7 Bagian Utama Arsitektur HOMER