

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai perancangan dan pembuatan pembangkit energi listrik dengan menggunakan sumber energi terbarukan sudah dilakukan oleh berbagai negara, tidak terkecuali di Indonesia. Indonesia merupakan negara dengan sumber energi yang melimpah, berbagai penelitian telah dilakukan untuk menemukan sumber energi terbarukan. Berikut ini merupakan rujukan penelitian yang pernah dilakukan untuk mendukung penulisan tugas akhir ini, diantaranya:

Wahyuni (2015) dalam buku berjudul “ Panduan Praktis Biogas”. Membahas tentang segala hal yang berhubungan dengan biogas. dimulai dari pembuatan biogas dari bahan baku biogas, jenis-jenis digester, sampai pengolahan limbah digester biogas untuk dijadikan pupuk.

Latiefah dan Nugroho (2014) Dengan Judul Penelitian “ Konversi Energi Biogas Menjadi Energi Listrik Sebagai Alternatif Energi Terbarukan dan Ramah Lingkungan Di Desa Panjung Madura”. Penelitian ini menganalisis tentang pemanfaatan energi biogas sebagai pembangkit energi listrik. menurut penelitian yang telah dilakukan di desa panjung madura, energi biogas mampu di konversi menjadi energi listrik dengan daya 700 watt.

Dari tinjauan pustaka di atas, penulis mengambil tempat penelitian di Pasar Buah Dan Sayur Gemah Ripah Gamping. Setiap harinya pasar buah ini menghasilkan sampah sisa buah sebesar empat ton per hari atau 28 ton per minggu. Pada awalnya sampah sisa buah dibiarkan menumpuk di area pasar yang selanjutnya akan di buang ke TPA (tempat pembuangan akhir) dengan periode angkut dua kali dalam seminggu. Karena banyaknya sampah sisa buah yang dihasilkan, sampah yang dapat di buang ke TPA hanya sebesar delapan ton sekali angkut, sehingga sampah yang dapat dibuang ke TPA hanya 16 ton per minggu

dan menyisakan 12 ton sampah sisa buah yang tidak dapat di buang ke TPA. Pada awalnya sampah sisa buah yang tidak dapat diangkut ke TPA dijadikan sebagai pupuk kompos, namun hal ini menimbulkan beberapa masalah baru diantaranya:

1. Bau yang menyengat
2. Lendir mengalir dan meresap hingga mencemari lingkungan sekitar pasar
3. Timbul protes dari pedagang
4. Timbul protes dari masyarakat sekitar.

Dari permasalahan diatas, pengurus koperasi pasar gemah ripah memutuskan untuk mencari solusi baru dari permasalahan penumpukan sampah sisa buah pada area pasar. Pada tahun 2008 pengurus koperasi pasar gemah ripah, bekerja sama dengan Pemda Kab. Sleman, Pemerintah Kota Boras (Swedia), dan Universitas Gajah Mada untuk membangun unit biogas pada pasar buah gemah ripah. Unit biogas ini diharapkan mampu dimanfaatkan untuk mengurangi sampah sisa buah yang ada pada area pasar dan dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik (PLT Biogas). Pembangunan unit biogas pada pasar buah gemah ripah dimulai pada tahun 2010 dan selesai pada tahun 2011. Pada saat ini sampah sisa buah yang di kelola untuk dijadikan biogas sebesar satu sampai dua ton setiap hariya. Pada kenyataanya, sampah sisa buah yang mampu di tampung oleh digester pada pasar buah sebesar empat ton per hari. digester pada pasar buah belum digunakan secara maksimal karena belum tersedianya media pengubah biogas ke energi listrik (Genset) yang berkapasitas besar.

Saat ini pasar buah gemah ripah gamping sudah memiliki unit pembangkit listrik (genset) yang berbahan bakar biogas dengan kapasitas 6500 VA. Dengan kapasitas tersebut listrik yang dihasilkan baru dimanfaatkan untuk menghidupkan lampu-lampu jalan dan beberapa lampu di area pasar. Diharapkan dari penelitian yang dilakukan penulis, dapat di dapatkan perhitungan yang benar tentang potensi biogas dari sisa buah sebagai pembangkit listrik tenaga biogas.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sumber Energi Terbarukan

Secara sederhana energi terbarukan merupakan sumber energi yang dapat diperoleh secara berulang-ulang (terbarukan) seperti sinar matahari dan angin. Sumber energi ini termasuk dalam jenis sumber energi yang tidak mencemari lingkungan dan tidak memberikan kontribusi terhadap perubahan iklim dan pemanasan global.

Sumber energi terbarukan diharapkan mampu memberikan peran aktif di masa yang akan datang karena sumber energi ini merupakan sumber energi yang keberadaannya dapat diperbaharui dan tidak akan pernah habis. Sebagai contoh biogas, biogas merupakan bahan yang dapat ditemukan dimana saja, dan dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif dengan ketersediaan yang cukup melimpah. Sumber energi ini juga merupakan sumber energi yang sangat potensial untuk dikembangkan di Indonesia.

Biogas memiliki kandungan energi yang cukup tinggi, biogas memiliki kandungan metana sampai 75%. Semakin besar nilai metana semakin besar pula kalori yang dihasilkan. Oleh karena itu, jika biogas diolah dengan benar, biogas akan dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil.

Saat ini biogas sudah dapat digunakan sebagai bahan bakar pembangkit energi listrik. Generator yang sebelumnya menggunakan bahan bakar fosil, dimodifikasi sedemikian rupa sehingga mampu mengubah biogas menjadi energi listrik. Sementara itu, limbah dari biogas, dapat digunakan sebagai pupuk. Banyak kandungan-kandungan pada limbah biogas yang tidak dapat digantikan oleh pupuk kimia seperti protein, selulose, dan lignin.

Meskipun demikian energi ini masih perlu untuk dikembangkan lebih lanjut, agar memperoleh hasil yang maksimal. Sumber energi alternatif memiliki potensi untuk menghasilkan energi listrik guna memenuhi kebutuhan masyarakat.

2.2.2 Pengertian Biogas

Sumber energi terbarukan merupakan sumber energi yang berkelanjutan, karena merupakan sumber energi yang selalu ada di alam dalam jangka waktu yang lama. Biogas 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 anaerobik. Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida.

Biogas yang dihasilkan dari sampah organik merupakan gas yang mudah terbakar dan didominasi senyawa metana (CH_4) dan senyawa CO_2 . Gas ini dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob yang hidup pada daerah kedap udara. Semua jenis bahan organik yang mengandung senyawa karbohidrat, protein, lemak bisa diproses untuk menghasilkan biogas. Namun, keheterogenan sampah organik dapat mengakibatkan bakteri anaerobik tidak dapat hidup sehingga perlu pengolahan lebih lanjut agar sampah tersebut benar-benar dapat digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi biogas. Sampah dari bahan organik yang homogen, baik padat maupun cair sangat cocok sebagai umpan pada sistem peralatan produksi biogas secara sederhana. Kandungan metana dalam biogas yang diproduksi oleh reaktor/digester berbeda-beda tergantung jenis feed, komposisi masukan, dan lama waktu fermentasi serta kapasitas reaktor. Zhang et al. (1997) di muat dalam Hermawan. B, dkk. (2007) menunjukkan bahwa biogas yang dihasilkan mengandung gas metana sebesar 50-80 (% Volume) dan gas karbondioksida 20-50 (% Volume). Sedangkan Hansen (2001) dimuat dalam Hermawan. B, dkk. 2007, dalam reaktor biogasnya mengandung sekitar 60-70 (% Volume) gas metana, 30-40 (% Volume) gas karbon dioksida serta gas-gas lain, meliputi ammonia, hidrogen sulfida, merkaptan (tio-alkohol) dan gas lainnya. Secara umum komposisi biogas dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1. Komposisi Biogas

Komponen	Presentase (% volume)
Metana (CH ₄)	55-75
Karbon dioksida (CO ₂)	25-45
Nitrogen (N ₂)	0-0.3
Hidrogen (H ₂)	1-5
Hidrogen sulfida (H ₂ S)	0-3
Oksigen (O ₂)	0.1-0.5

Sumber: Hermawan. B, dkk. 2007

Biogas dihasilkan oleh sebuah biodigester (digester). Proses penguraian material organik pada digester terjadi secara *anaerob* (tanpa oksigen). Biogas terbentuk pada hari ke 4-5 sesudah biodigester terisi penuh, dan mencapai puncak pada hari ke 20-25. Biogas yang dihasilkan oleh biodigester sebagian besar terdiri dari 54-70% (volume) metana (CH₄), dan 27-45 % karbondioksida (CO₂), dan gas lainnya dalam jumlah yang kecil (rahmanta, 2010).

2.2.3 Digester

Menurut Wahyuni, (2015) Untuk dapat memproduksi biogas diperlukan unit biodigester (digester). Biodigester digunakan untuk mengurangi emisi gas metana (CH₄) yang dihasilkan dari sektor pertanian dan peternakan. Digester digunakan untuk proses fermentasi limbah hasil pertanian dan peternakan menjadi gas metana (biogas). Gas metana termasuk dalam gas yang berbahaya dan dapat menimbulkan pemanasan global. Gas metana memiliki efek 21 kali lipat lebih berbahaya dari gas yang dihasilkan oleh karbondioksida (CO₂). Pengurangan gas metana tersebut dapat berperan aktif dalam upaya mengatasi pemanasan global yang berakibat pada perubahan iklim global.

A. Jenis-Jenis Digester Biogas

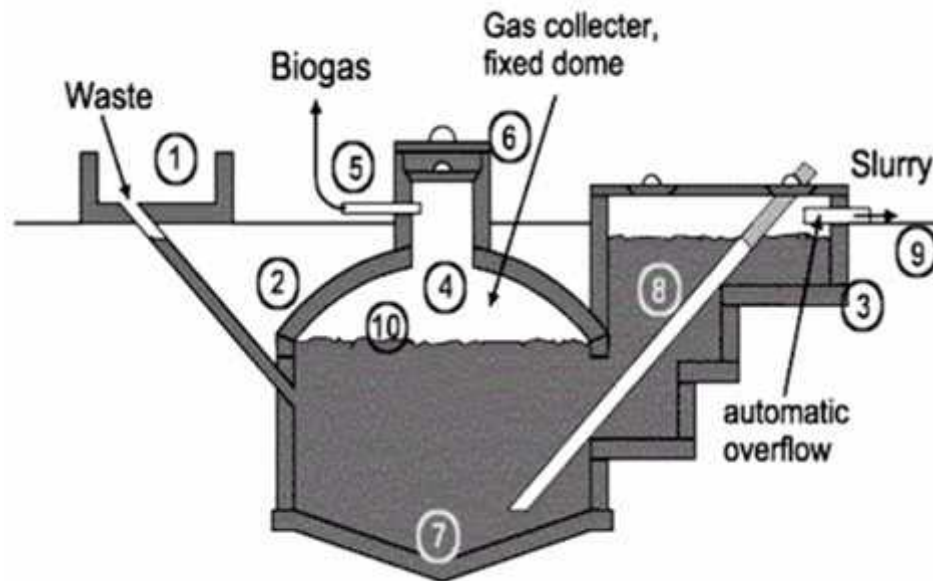
Reaktor biogas (digester) di Indonesia sudah dikembangkan di berbagai daerah. Terdapat empat tipe yang banyak digunakan di Indonesia, setiap tipe mempunyai kelebihan dan kekurangan. Berikut merupakan tipe digester yang banyak digunakan di Indonesia.

1. Tipe kubah (*fixed dome*) terbuat dari batu bata atau batu beton.
2. Tipe silinder (*floating drum*) terbuat dari tong/drum/plastik
3. Tipe plastik terbuat dari plastik
4. Tipe *fiberglass* terbuat dari bahan fiber glass

1. Reaktor Kubah Tetap (*Fixed dome*)

Reaktor kubah tetap atau disebut juga sebagai reaktor Cina. Dinamakan demikian karena reaktor ini pertama kali dibangun di Cina, tepatnya pada tahun 1930. Reaktor tipe ini memiliki dua bagian, yaitu digester sebagai bagian pencernaan material biogas dan sebagai rumah bakteri. Baik bakteri pembentuk asam maupun bakteri pembentuk gas metana. Bagian ini dapat dibuat dengan kedalaman tertentu menggunakan beton, batu bata, atau pun batu. Struktur dari bagian pertama ini harus dibuat kuat, agar dapat digunakan untuk menahan gas dan tidak terjadi kebocoran. Pada bagian kedua dinamakan kubah tetap (*fixed dome*). Diberi nama kubah tetap karena berbentuk seperti kubah. Gas hasil fermentasi akan berkumpul pada kubah tetap.

Biogas yang dihasilkan dari material organik pada digester akan mengalir dan disimpan dalam kubah. Keuntungan dari reaktor ini adalah biaya pembangunannya lebih murah dibanding digester terapung karena mengurangi penggunaan besi. Sementara kekurangan dari reaktor ini adalah mudah retak bila terjadi gempa bumi dan sulit diperbaiki jika terjadi kebocoran. Reaktor ini juga memiliki pori-pori yang cukup besar sehingga rawan kebocoran gas.



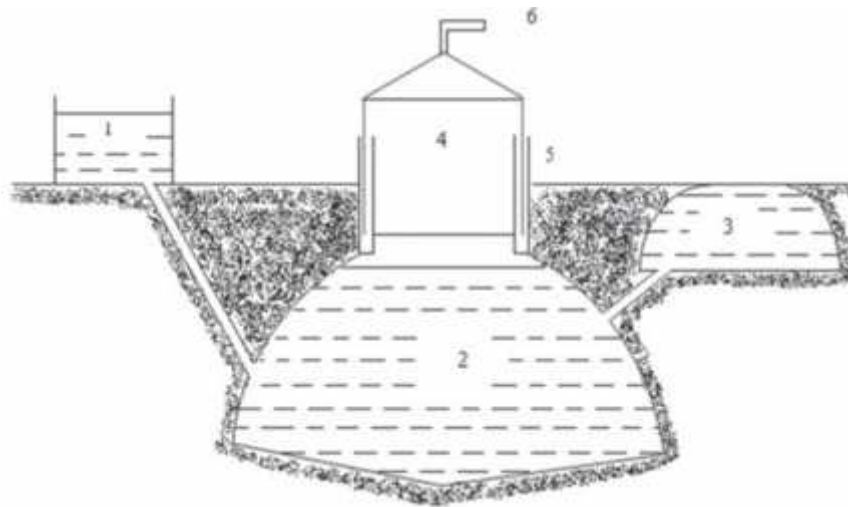
Gambar 2.1 Digester *fixed dome*

Sumber: google.com

2. Digester *Floating drum*

Reaktor digester *Floating drum* pada awalnya dikembangkan di wilayah India oleh Jashu Bhai Patel J pada tahun 1937 sehingga dinamakan reaktor india. Reaktor ini memiliki banyak kesamaan dengan reaktor kubah, perbedaannya terdapat di bagian penampung gas hasil fermentasi. Gas hasil fermentasi di simpan pada peralatan bergerak drum.

Digester *Floating drum* terdiri dari dua bagian utama yaitu tempat material bahan organik dan tempat penampungan gas . keuntungan dari digester tipe ini adalah volume gas dapat dilihat secara langsung. Kekurangan dari digester drum ini adalah biaya investasi yang mahal, faktor korosi pada drum juga menjadi masalah sehingga bagian pengumpul gas pada reaktor ini memiliki umur yang pendek dibandingkan dengan menggunakan kubah tetap.



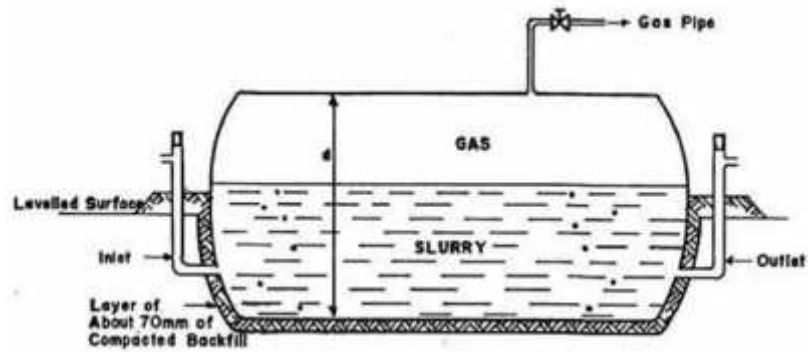
Gambar 2.2 Digester *floating drum*

Sumber : google.com

3. Reaktor Balon

Digester ini merupakan jenis digester yang digunakan pada skala rumah tangga. Struktur reaktor ini terbuat dari bahan plastik sehingga lebih efisien dalam penanganan biogas. Digester ini pertama kali dikembangkan di Taiwan pada tahun 1960. Tipe ini memecahkan masalah mahalnya investasi menggunakan batu bata atau semen. Selain itu pemakaiannya mudah dan mudah dipindahkan. Namun berdasarkan hasil studi plastik yang dapat digunakan tidak tersedia diberbagai tempat, terutama di pedesaan.

Digester ini terdiri atas satu bagian yang berfungsi sebagai digester sekaligus tempat penyimpanan gas. Gas yang dihasilkan dan material organik tercampur pada satu tempat dan tidak menggunakan sekat sebagai pemisah. Material organik sebagai bahan baku pembentuk biogas terletak pada bagian bawah digester. Hal tersebut dikarenakan berat dari material organik lebih berat dari pada kandungan gas yang dihasilkan. Sedangkan rongga atas pada digester akan diisi dengan gas . kelemahan utama dari digester ini adalah mudah bocor.



Gambar 2.3. Digester tipe balon

Sumber : FAO, 1996

4. Digester *Fiberglass*

Digester tipe ini banyak digunakan pada skala industri dan rumah tangga. Seperti namanya, reaktor ini menggunakan bahan *fiberglass* sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas.

Digester ini terdiri atas satu bagian yang berfungsi sebagai digester sekaligus tempat penyimpanan gas. Gas yang dihasilkan dan material organik bercampur dalam satu tempat tanpa menggunakan sekat. Digester ini termasuk dalam digester yang efisien karena selain kedap udara digester ini juga ringan dan kuat. Jika terjadi kebocoran digester ini mudah untuk diperbaiki. Digester ini juga mudah dipindahkan jika sewaktu-waktu tidak diperlukan.



Gambar 2.4. Digester tipe *fiberglass*

Sumber: google.com

B. Komponen Utama **Digester**

Digester mempunyai komponen yang banyak dan bervariasi. Komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan digester tergantung dari jenis digester dan tujuan dari pembangunan unit digester. Secara umum komponen digester dapat dikelompokkan menjadi empat komponen utama :

1. Saluran masukan bahan organik (*slurry*)

Saluran ini digunakan untuk memasukkan *slurry* (campuran sampah organik dan air) kedalam reaktor utama biogas. Tujuan pencampuran adalah untuk memaksimalkan produksi biogas, memudahkan mengalirkan bahan baku dan menghindari endapan pada saluran masuk.

2. Ruang fermentasi (*digestion*)

Ruang *digestion* berfungsi sebagai tempat terjadinya fermentasi anaerobik dan dibuat kedap udara. Ruangan ini dapat juga dilengkapi dengan penampungan biogas.

3. Saluran keluaran residu (*sludge*)

Fungsi saluran ini adalah untuk mengeluarkan kotoran (*sludge*) yang telah mengalami fermentasi anaerob oleh bakteri. Saluran ini bekerja berdasarkan prinsip kesetimbangan hidrostatis. Residu yang keluar pertama kali merupakan *slurry* masukan yang pertama setelah waktu fermentasi. *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 (*floatated dome*). Untuk tangki terpisah, konstruksi dibuat khusus sehingga tidak bocor dan tekanan yang dihasilkan dalam tangki seragam.

biogas akan dibongkar dan diganti dengan lakukan pengisian kembali bahan baku penghasil biogas.

Continues feeding merupakan jenis digester dimana pengisian bahan baku penghasil biogas dilakukan secara *continue* dengan jumlah tertentu. Pada awalnya digester akan diisi penuh dengan bahan baku penghasil biogas. Ketika digester telah mampu menghasilkan biogas, pengisian bahan baku dilakukan secara *continue* dan selalu diikuti dengan pengeluaran bahan sisa hasil produksi biogas (*sludge*). Oleh sebab itu jenis digester ini di desain sedemikian rupa sehingga terdapat saluran untuk memasukkan bahan baku dan saluran untuk mengeluarkan sisa hasil produksi.

Sludge merupakan sisa hasil produksi biogas yang telah mengalami proses fermentasi. *Sludge* dapat dikategorikan menjadi dua bagian yaitu bagian padat dan cair. *Sludge* dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Pupuk organik yang dihasilkan oleh *sludge* berupa pupuk organik padat dan pupuk organik cair.

Digester jenis *continues feeding* memiliki dua model yaitu model terapung (*Floating*) dan model tetap (*Fixed*). Terdapat perbedaan pada dua model tersebut. Pada model terapung (*floating*) biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi akan terapung diatas tempat material pembentuk gas. Sehingga kapasitas dari digester akan naik turun sesuai dengan produksi biogas yang dihasilkan dan juga tergantung dengan konsumsi biogas yang dihasilkan.

Model konstruksi tetap (*Fixed*) *continue*, pada digester ini tepat penampungan bahan baku penghasil biogas menjadi satu dengan penampungan biogas yang telah di hasilkan. Pengisian pada digester ini dilakukan secara *continue* dengan jumlah tertentu.

Sudah banyak yang menggunakan digester dengan model konstruksi tetap kontinu. Penggunaanya tersebar di berbagai provinsi di Indonesia. Bahkan, saat ini sudah ada produsen yang menyediakan model digester biogas tersebut sehingga bagi mereka yang ingin menerapkan biogas, tidak perlu repot membuatnya. Namun, jika ingin membuat sendiri juga bisa dilakukan.

D. Proses Pembentukan Biogas

Menurut Febriyanita (UNNES) 2015 prinsip pembentukan biogas adalah adanya dekomposisi organik secara anaerobik (tertutup dari udara bebas) untuk menghasilkan gas yang sebagian besar adalah berupa gas metan (yang memiliki sifat mudah terbakar) dan karbon dioksida, gas inilah yang disebut biogas. Proses dekomposisi anaerobik dibantu oleh sejumlah mikroorganisme, terutama bakteri metan. suhu yang baik untuk proses fermentasi adalah 30-50°C, dimana pada suhu tersebut mikroorganisme mampu merombak bahan-bahan organik secara optimal.

Limbah sisa-sisa buah dan sayuran termasuk dalam kategori sampah organik, Sampah sisa buah dan sayuran yang tidak terjual di pasar seringkali hanya dibuang. Jika diolah dengan benar, sampah sisa tersebut dapat diolah dan dijadikan biogas. Bangunan utama dari biogas merupakan sebuah biodigester, biodigester berfungsi menampung gas metan (CH₄) hasil perombakan bahan-bahan organik oleh bakteri pengurai. menurut N. Agung Pambudi (2008) terdapat tiga jenis reaktor biogas (biodigester) yaitu jenis reaktor kubah tetap (*fixed dome*), jenis *floating drum* dan jenis balon. Banyaknya biogas yang dihasilkan tergantung dari ukuran biodigester dan banyaknya limbah buah dan sayuran yang digunakan. Untuk membuat digester dibutuhkan bahan bangunan seperti pasir, semen, batu kali, batu koral, batu merah, dll.

Biogas merupakan energi terbarukan yang dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil yang keberadaannya semakin menipis. Kesetaraan biogas dengan bahan bakar lain dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 nilai kesetaraan biogas dengan energi yang dihasilkan

Aplikasi	1 m ³ biogas setara dengan
1 m ³ biogas	Elpiji 0,46 kg
	Minyak tanah 0,62 liter
	Minyak solar 0.52 liter
	Kayu bakar 3,50

Sumber: wahyuni, 2008

Pembentukan biogas dilakukan secara biologis dengan memanfaatkan sejumlah mikroorganisme *anaerob* yang meliputi tiga tahapan, yaitu tahapan *hidrolisis* (pelarutan), tahap *asidogenesis* (pengasaman), dan tahap *metanogenesis* (pembentukan gas metana)

a. Hidrolisis

Bahan Organik yang terdiri dari karbohidrat, lemak, protein yang terdapat pada material organik terhidrolisis. Materi organik kompleks dipecah oleh *enzim extraseluler* yang dihasilkan bakteri hidrolitis menjadi materi organik yang lebih sederhana. Produk yang dihasilkan larut di dalam air yang selanjutnya digunakan oleh bakteri pembentuk asam.

b. Asidogenesis

Molekul monomer glukosa yang merupakan hasil dari tahap hidrolisis difermentasikan dalam keadaan anaerob menjadi beberapa bentuk asam dengan bantuan enzim yang diproduksi oleh bakteri pembentuk asam. Monomer glukosa yang terdiri dari enam atom diubah menjadi molekul-molekul yang mempunyai atom karbon sedikit (bersifat asam) yaitu antara lain molekul asam asetat (CH_3COOH) dan etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$).

c. Tahap Methanogenik

Pada tahap methanogenik, asam-asam organik selanjutnya dirombak oleh bakteri Methanogen menjadi gas metana, karbondioksida dan beberapa gas dalam jumlah rendah. Beberapa referensi menyebutkan bahwa bakteri yang berperan dalam proses degradasi bahan organik secara anaerob, yaitu:

- | | |
|------------------------------------|---|
| a. Kelompok bakteri Fermentatif | Streptococoi, Bacterioides dan beberapa jenis bakteri sejenis Enterobacteriaceae. |
| b. Kelompok bakteri Asetogenik | Desulfovibrio |
| c. Kelompok bakteri Methanogenesis | Methanobacterium, Methanococcus. |

Keberhasilan proses pembuatan biogas dipengaruhi oleh beberapa faktor. Lingkungan sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan aktivitas dari bakteri pada proses pembuatan biogas. Kondisi lingkungan yang optimal akan membuat produksi biogas menjadi lebih optimal. Kondisi lingkungan yang perlu diperhatikan antara lain sebagai berikut:

- Lingkungan Abiotis

Pada proses methanogenesis yang dilakukan oleh bakteri methanogen di dalam digester harus terjadi secara anaerob (kedap udara) sempurna. Oleh karena itu digester sebisa mungkin harus kedap udara, sehingga oksigen (O_2) yang masuk ke dalam digester jumlahnya bisa seminimal mungkin. Meskipun masuknya oksigen (O_2) tidak menyebabkan kegagalan dalam proses fermentasi anaerob, namun hal tersebut akan mempengaruhi pertumbuhan bakteri dan proses produksi biogas. Dengan demikian, adanya konsentrasi oksigen (O_2) dalam fermentasi anaerob akan menghambat produksi gas metana. Penurunan gas metana pada digester berbanding lurus dengan banyaknya oksigen (O_2) yang masuk ke dalam digester.

- Temperature

Aktivitas pembentukan biogas pada digester juga dipengaruhi oleh temperature. Secara umum ada tiga range temperatur dalam proses fermentasi anaerob, yaitu:

- a. *Thermophilic*, fermentasi terjadi pada range temperatur 47 – 55 °C;
- b. *Mesophilic*, fermentasi terjadi pada range temperatur 35 – 38 °C;
- c. *Psicrophilic*, fermentasi terjadi pada range temperatur 4 – 20 °C.

Menurut Harahap, F. (1978), fermentasi anaerob pada digester dapat berlangsung pada temperatur 5 – 55 °C. Sedangkan temperatur optimal untuk fermentasi anaerob adalah 35 °C.

- **Derajat Keasaman**

Fermentasi anaerob dapat berlangsung dengan baik jika pH bahan organik di dalam digester diupayakan pada nilai 6,6 – 7,0 dengan pH optimum 7,0 – 7,2. Pada awal pencernaan dalam digester, pH bahan isian dalam digester dapat turun menjadi enam atau lebih rendah. Walaupun bakteri pembentuk asam dapat berkembang dengan baik pada pH kurang dari enam, hal tersebut berbanding terbalik dengan bakteri methanogen yang pertumbuhannya malah menjadi terhambat.

- **Rasio C/N**

Unsur karbon (C) dalam proses fermentasi anaerob diperlukan untuk pembentukan gas metana, sedangkan unsur nitrogen (N) diperlukan oleh bakteri untuk pembentukan sel baru. Ratio C/N yang ideal adalah 25 – 30, apabila ratio C/N bahan organik tinggi, maka kadar karbon lebih banyak dari pada kadar nitrogen, sehingga mikroorganisme akan kekurangan nitrogen untuk metabolisme yang akan mengakibatkan terhambatnya proses perkembangan dari organisme dan menyebabkan produksi biogas akan berkurang. Sebaliknya, jika ratio C/N rendah, maka unsur karbon akan habis terlebih dahulu dan unsur nitrogen akan hilang membentuk ammonia (NH₃). Untuk mendapatkan ratio C/N yang ideal, perlu dilakukan penambahan bahan yang mengandung karbon atau nitrogen yang tinggi.

- **Kadar Bahan Kering Isian**

Kadar bahan kering dalam bahan organik yang dimasukan digester ikut berperan terhadap jumlah biogas yang dihasilkan. Kebutuhan air tiap bakteri berbeda-beda untuk aktifitasnya. Jika air yang terkandung dalam bahan dalam kapasitas tepat, maka aktifitas bakteri dapat berlangsung secara optimal, sehingga fermentasi anaerob juga menjadi optimal. Oleh karena itu produksi biogas juga ditentukan oleh kadar kering bahan isian. Kadar kering bahan isian yang optimal adalah 7 – 9%. Menurut penelitian Basuki, (1990) kadar bahan kering kotoran sapi potong adalah 20,86% dan kadar bahan kering isian adalah 7,82% (Fitri 2006).

- Pengadukan

Pengadukan limbah buah dan air sangat penting dilakukan agar kontak antara bahan isian dengan mikroorganisme berjalan secara optimal, sehingga produksi biogas optimal. Pengadukan *slurry* dalam digester dilakukan untuk menghindari terbentuknya lapisan kerak pada dasar digester dan permukaan atas *slurry*, yang akan menghambat keluarnya biogas dari digester. Selain itu, pengadukan juga bermanfaat untuk memberikan kondisi temperatur yang seragam pada digester.

- Zat Toxic (Zat Penghambat)

Zat toxic adalah zat yang dapat membunuh mikroorganisme yang diperlukan dalam pembuatan biogas, seperti air sabun, creolin, dan lain-lain. Oleh karena itu, bahan pembuatan biogas harus dihindarkan dari terkontaminasi oleh zat toxic agar fermentasi anaerob dapat berlangsung dengan baik.

- Starter Yang Digunakan

Starter adalah bahan yang mengandung bakteri methanogen yang berfungsi untuk mempercepat proses fermentasi anaerob. Berdasarkan jenisnya, dikenal beberapa macam starter, yaitu: 1). Starter alami : berasal dari alam, misalnya : Lumpur aktif, *sludge*, timbunan kotoran dan timbunan sampah; 2). Starter semi buatan: berasal dari instalasi unit biogas yang dalam keadaan aktif; 3). Starter buatan: bakteri methanogen yang dibiakkan secara laboratoris dengan media buatan.

Untuk dapat memanfaatkan limbah sisa buah menjadi biogas diperlukan hal-hal yang berkaitan dengan aspek teknis, infrastruktur, management, dan sumber daya manusia yang baik. Bila faktor-faktor tersebut dapat terpenuhi, maka pemanfaatan limbah sisa buah menjadi biogas dapat berjalan dengan optimal.

2.3 Potensi Pemanfaatan Limbah Sisa Buah Sebagai Biogas

Dimasa kini energi sudah menjadi salah satu kebutuhan pokok manusia. berbagai macam jenis energi telah digunakan oleh manusia baik energi fosil maupun energi alternatif. Mengingat energi fosil merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui dan suatu saat akan habis, masyarakat mulai beralih menggunakan energi alternatif. Sudah banyak penelitian yang dilakukan oleh para ahli untuk menemukan sumber energi terbarukan yang keberadaanya melimpah dan dapat diperbaharui. Salah satu energi tersebut adalah biogas, biogas merupakan gas yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik akibat aktivitas bakteri anaerob pada lingkungan tanpa oksigen (*anaerob*). Energi biogas didominasi gas metan (60% - 70%), karbondioksida (40% - 30%) dan beberapa gas lain dalam jumlah lebih kecil (Candra Nur Wahyudiyanto, UMY 2015).

2.4 Manfaat Biogas

Produk utama dari instalasi biogas adalah gas metan yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung kehidupan masyarakat. Manfaat biogas yang tidak secara langsung adalah menjaga kelestarian lingkungan hidup dan konservasi sumberdaya alam, dan lain-lain. Secara lebih rinci manfaat penggunaan biogas adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai sumber untuk memasak

Biogas yang diproduksi oleh satu unit instalasi biogas dapat digunakan sebagai sumber energi untuk memasak. Biogas yang menggunakan bahan baku sisa buah dan sayuran mampu menghasilkan biogas. 1m^3 setara dengan 0,62 liter minyak tanah per hari, dan diperkirakan mampu untuk memenuhi energi memasak satu rumah tangga dengan 5 orang anggota keluarga.

- b. Sebagai sumber energi untuk penerangan

Biogas sebagai sumber energi untuk penerangan dengan cara yang sama seperti pemanfaatan untuk memasak, artinya kompor sebagai titik akhir

penggunaan biogas diganti dengan lampu. Lampu yang digunakan adalah lampu yang dirancang khusus atau lampu petromaks yang dimodifikasi.

2.5 Konversi Biogas Menjadi Listrik

Energi biogas merupakan energi yang potensial untuk dikembangkan dan dimanfaatkan di Indonesia maupun di dunia. Disamping itu dengan terus meningkatnya tarif dasar listrik, kenaikan harga LPG (Liquefied Petroleum Gas), premium, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel dan minyak bakar telah mendorong pengembangan sumber energi alternatif yang murah, berkelanjutan dan ramah lingkungan (Nurhasanah et al 2006).

Konversi energi biogas untuk pembangkit tenaga listrik dapat dilakukan dengan menggunakan *gasturbine*, *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 (Saragih, 2010).

Dikutip dari buku *Renewable Energi Conversion, Transmsision and Storage*, Bent Sorensen, bahwa 1 Kg gas metana setara dengan $6,13 \times 10^7$ J, sedangkan 1 kWh setara dengan $3,6 \times 10^7$ J. massa jenis metana $0,656 \text{ kg/m}^3$. sehingga 1 m^3 gas metana menghasilkan energi listrik sebesar 11,17 kWh. Konversi energi gas metana menjadi energi listrik adalah seperti pada tabel 2.2

Tabel 2.2 konversi energi gas metana menjadi energi listrik

Jenis energi	Setara
1 kg gas metana	$6,13 \times 10^7$ J
1 kWh	$3,6 \times 10^7$ J
1 m^3 gas metana massa jenis gas metana adalah $0,656 \text{ kg/m}^3$	$4,0213 \times 10^7$ J
1 m^3 gas metana	11,17 kWh

Sumber : *Renewable Energi Conversion, Transmsision and Storage*, Bent Sorensen (juni 2007)

2.6 Genset (Generator Set)

Genset (Generator set) adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Genset merupakan gabungan dari dua perangkat yang berbeda yaitu, *engine* dan generator. *Engine* merupakan perangkat mesin diesel yang dapat berbahan bakar solar, bensin, biogas, dll. Engine merupakan alat yang digunakan untuk memutar rotor pada generator.

Generator merupakan alat yang digunakan untuk mengubah tenaga mekanik menjadi energi listrik. Generator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, yaitu dengan memutar suatu kumparan dalam medan magnet sehingga timbul ggl induksi. Generator mempunyai dua komponen utama, yaitu bagian yang diam (stator) dan bagian yang bergerak (rotor). Rotor terhubungan dengan poros generator yang berputar di pusat stator. Terdapat dua jenis generator yaitu generator arus bolak-balik (AC) dan generator arus searah (DC). Generator Generator berhubungan erat dengan hukum faraday “ bahwa apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah-ubah, maka dalam kawat tersebut akan terbentuk Gaya Gerak Listrik ”.

2.7 Listrik

Pada saat ini energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok masyarakat. Hal ini terjadi karena hampir setiap kebutuhan masyarakat berkaitan dengan energi listrik sebagai sumber energinya seperti mesin cuci, setrika, lampu, televisi, dll.

Menurut kamus besar bahasa indonesia (KBBI) listrik diartikan sebagai suatu daya yang muncul akibat terjadinya suatu gesekan atau dikarenakan sebab lain seperti proses kimia. Secara umum listrik dibedakan menjadi listrik statis dan listrik dinamis. Listrik statis merupakan energi listrik yang terkandung dalam benda yang memiliki muatan listrik. Pembentukan listrik stastis ini berasal dari beberapa atom yang terdiri dari proton dan elektron yang kemudian menghasilkan energi listrik. Listrik dinamis merupakan energi listrik yang dapat bergerak.

Listrik dinamis ini dapat dibagi menjadi dua jenis rangkaian yaitu rangkaian seri dan rangkaian paralel.

2.8 Besaran Dan Satuan Listrik

Besaran merupakan segala sesuatu yang dapat diukur atau dihitung, dinyatakan menggunakan angka maupu nilai dan setiap besaran pasti memiliki satuan. Contoh-contoh besaran dalam Ilmu kelistrikan dan Elektronika adalah Tegangan, Arus listrik, Hambatan, Frekuensi dan Daya Listrik. Sedangkan yang dimaksud dengan satuan adalah acuan yang digunakan untuk memastikan kebenaran pengukuran atau sebagai pembanding dalam suatu pengukuran besaran. Satuan ini dalam bahasa Inggris sering disebut dengan Unit. Contoh-contoh satuan dalam ilmu kelistrikan dan Elektronika seperti Ampere, Volt, Ohm, Joule, Watt, Farad dan Henry. Berikut ini merupakan besaran-besaran dan satuan-satuan listrik yang sering digunakan. Standar yang digunakan pada umumnya merupakan standart internasional.

Tabel 2.3 besaran dan satuan listrik

Besaran	Satuan	Simbol
Tegangan	Volt	V
Arus Listrik	Ampere	A
Hambatan/Resistansi	Ohm	
Konduktansi	Siemens	G
Kapasitansi	Farad	F
Muatan Listrik	Coulomb	C
Induktansi	Henry	H

Terusan Tabel 2.3 besaran dan satuan listrik

Besaran	Satuan	Simbol
Daya Listrik	Watt	W
Impedansi	Ohm	
Frekuensi	Hertz	Hz
Energi	Joule	J

2.9 Daya

Daya merupakan energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang dikeluarkan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya listrik biasa dinyatakan dalam satuan watt (W) atau *Horsepower* (HP). 1 energi HP setara dengan 746 watt. Watt merupakan satuan daya listrik dimana daya watt di dapat dari perkalian arus (I) dengan Tegangan (V). Daya dinyatakan dalam P. Sehingga diperoleh persamaan: $P = V \cdot I$.

2.9.1 Daya Aktif

Daya aktif merupakan daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah Watt. Daya ini digunakan secara umum oleh konsumen dan dikonversi dalam bentuk kerja. Persamaan untuk daya aktif adalah: $P = V \cdot I \cdot \cos$

2.9.2 Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan jumlah daya yang digunakan untuk pembentukan medan magnet. Dari medan magnet tersebut akan terbentuk *fluks* medan magnet. Contoh beban listrik yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain-lain. Satuan daya reaktif adalah Var dengan persamaan $Q = V \cdot I \cdot \sin$

2.9.3 Daya Nyata

Daya nyata merupakan daya yang dihasilkan antara perkalian arus dan tegangan dalam suatu jaringan atau daya yang diperoleh dari hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan reaktif. Satuan yang digunakan adalah VA dan dinyatakan dengan S. Sehingga memperoleh persamaan $S = V.I$

2.9.4 Faktor Daya

Faktor daya (Cos) adalah rasio perbandingan antara daya aktif (Watt) dengan daya nyata (VA) atau beda sudut fasa antara V dengan I yang biasanya dinyatakan dalam Cos ϕ . Hal tersebut dapat dijabarkan dalam persamaan berikut:

$$\begin{aligned}\text{Faktor Daya} &= \text{Daya Aktif (P)} / \text{Daya Nyata (S)} \\ &= \text{kW} / \text{kVA} \\ &= \frac{V.I \cos \phi}{V.I} \\ &= \cos \phi\end{aligned}$$

faktor daya mempunyai range antara 0-1 dan dapat dinyatakan dalam persen. Faktor daya dapat dikatakan bagus apabila mendekati nilai satu. Terdapat keuntungan dari besarnya faktor daya, diantaranya:

1. Tagihan listrik akan menjadi kecil (PLN akan memberikan denda jika pf lebih kecil dari 0,85)
2. Kapasitas distribusi sistem tenaga listrik akan meningkat
3. Mengurangi rugi – rugi daya pada sistem
4. Adanya peningkatan tegangan karena daya meningkat.

Jika nilai faktor daya (pf) lebih kecil dari 0.85 maka kapasitas daya aktif (W) yang digunakan akan berkurang. Nilai kapasitas daya aktif berbanding lurus dengan nilai faktor daya. Apabila faktor daya (pf) turun maka nilai daya aktif (W) juga akan turun. Akibat penurunan faktor daya (pf) akan menimbulkan beberapa persoalan diantaranya:

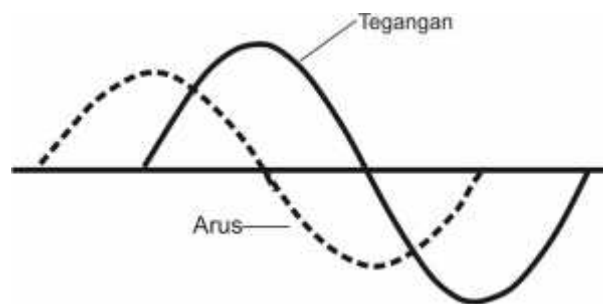
1. Membesarnya penggunaan daya listrik KWh karena rugi – rugi
2. Membesarnya penggunaan daya listrik KVAR

3. Mutu listrik menjadi rendah karena jatuh tegangan (*voltage drops*)

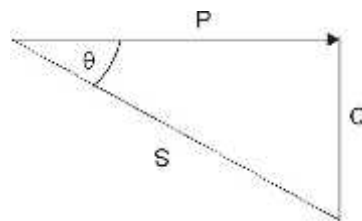
Faktor daya terdiri dari dua sifat daya yaitu faktor daya *leading* dan faktor daya *lagging*. Faktor daya tersebut memiliki karakteristik sebagai berikut:

a. Faktor daya *leading*.

Faktor daya dikatakan *leading* ketika arus (I) mendahului tegangan (V). Faktor daya ini terjadi apabila bebannya berupa beban kapasitif, seperti *capasitor*, dan *synchronous generator*.



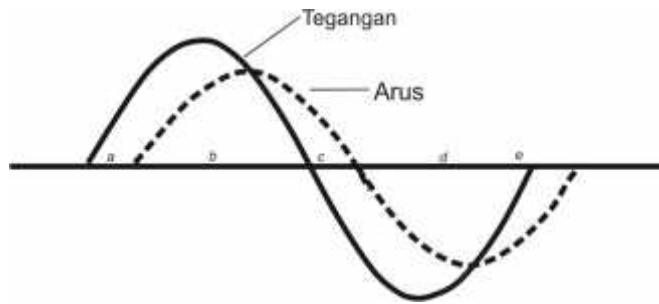
Gambar 2.6 Faktor daya *leading*



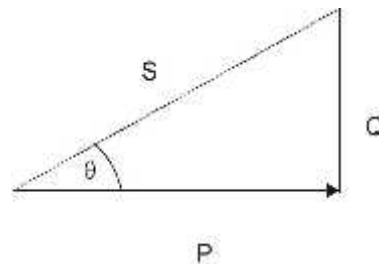
Gambar 2.7 Segitiga daya untuk beban kapasitif

b. Faktor Daya *Lagging*.

Ketika tegangan (V) mendahului arus (I) maka faktor daya dikatakan *Lagging*. Faktor daya ini terjadi ketika beban berupa beban induktif seperti AC dan *transformator*.



Gambar 2.8 Faktor Daya *Lagging*



Gambar 2.9 Segitiga daya untuk beban induktif

2.10 Sifat Beban Listrik

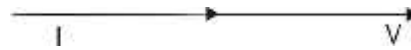
Rangkaian listrik selalu terdiri oleh sumber dan beban. Ketika sumber listrik berupa DC maka sifat beban hanya bersifat resistif murni, karena frekuensi DC adalah 0.

Reaktansi induktif (X_L) akan menjadi nol yang berarti bahwa induktor tersebut akan *short circuit*. Reaktansi kapasitif (X_C) akan menjadi tak berhingga yang berarti bahwa kapasitif tersebut akan *open circuit*. Jadi sumber DC akan mengakibatkan beban beban induktif dan beban kapasitif tidak akan berpengaruh pada rangkaian. Bila sumber listrik AC maka beban dibedakan menjadi 3 sebagai berikut :

2.10.1 Beban Resistif

Beban resistif merupakan beban yang menggunakan resistor murni seperti, lampu pijar, dan pemanas. Beban ini hanya menyerap daya aktif (W) dan

tidak menyerap daya reaktif (VAR). Tegangan dan arus sefasa dan dapat dinyatakan sebagai berikut:

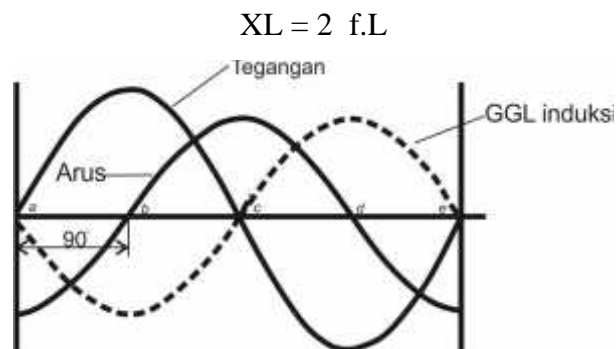
$$R = V / I$$


The diagram shows a horizontal line with an arrow pointing to the right. Below the left end of the line is the letter 'I', and below the right end is the letter 'V'. Above the line, centered, is the equation $R = V / I$.

Gambar 2.10 Arus dan tegangan pada beban resistif

2.10.2 Beban Induktif

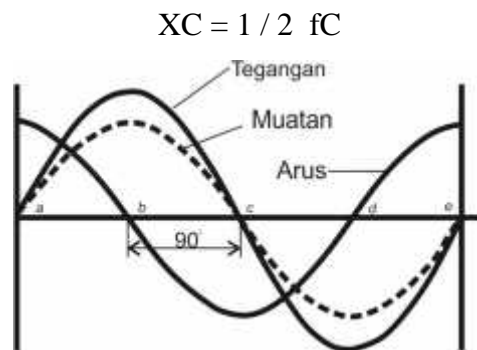
Beban induktif merupakan beban yang mengandung kumparan kawat yang dililitkan pada sebuah inti besi seperti motor listrik, transformator, dan induktor. Tipe beban ini mempunyai faktor daya antara 0-1 *lagging*. Beban ini hanya menyerap daya aktif (W) dan daya reaktif (VAR). Tegangan mendahului arus sebesar 90° . Secara sistematis dinyatakan sebagai berikut:



Gambar 2.11 Arus dan tegangan dan GGL induksi diri pada beban induktif

2.10.3 Beban Kapasitif

Beban kapasitif merupakan beban yang mengandung kapasitor. Tipe beban ini mempunyai faktor daya antara 0-1 *leading*. Beban ini hanya menyerap daya aktif (W) dan daya reaktif (VAR). Arus mendahului tegangan sebesar 90° . Secara sistematis dinyatakan sebagai berikut:



Gambar 2.12 Arus, tegangan dan GGL induksi-diri pada beban kapasitif

2.11 Homer

HOMER adalah singkatan dari *the hybrid optimisation model for electric renewables*, merupakan *software* yang digunakan untuk melakukan pemodelan dan perancangan sistem tenaga listrik dengan menggunakan *renewable energy*. Homer memiliki berbagai macam pilihan sumber daya energi terbarukan dalam melakukan pemodelan mulai dari angin, mikrohidro, biomassa, dll. Homer mampu melakukan simulasi pembangkit listrik dengan lebih dari satu sumber energi terbarukan maupun pembangkit listrik dengan satu sumber energi. Dengan Homer dapat diperoleh simulasi perancangan sistem pembangkit listrik yang optimal.

Secara umum homer bekerja berdasarkan tiga hal yaitu, simulasi, optimalisasi, dan analisis sensitifitas. Ketiga hal tersebut bekerja secara berurutan dan mempunyai fungsi masing-masing.

2.11.1 Simulasi

Simulasi merupakan hasil dari konfigurasi yang telah dilakukan pada Homer. Homer mampu melakukan berbagai simulasi dari konfigurasi yang dilakukan. Hasil konfigurasi yang di dapat berupa simulasi tentang kelistrikan dan keuangan pada pembangkit listrik yang dirancang.

2.11.2 Optimisasi (Optimization)

Proses optimalisasi dilakukan dengan menentukan hasil simulasi terbaik yang dilakukan oleh Homer. Optimalisasi dilakukan untuk menemukan simulasi paling baik dan paling optimal. Homer menggunakan nilai NPC (*Net Present Cost*) sebagai acuan dalam menentukan hasil simulasi paling baik dan paling optimal.

2.11.3 Analisis sensitifitas (sensitiviti analysis)

Tahap selanjutnya adalah tahap analisis sensitifitas. Analisis sensitifitas ini akan menunjukkan bagaimana hasil konfigurasi sistem yang optimal apabila nilai parameter masukan (*input*) berbeda-beda. Pengguna dapat menunjukkan analisis sensitifitas dengan memasukan beberapa nilai variabel sensitifitas. Pada tahap ini, pengguna HOMER dapat memasukan rentang nilai untuk nilai variabel tunggal ataupun nilai variabel ganda yang dinamakan variabel sensitifitas. Contohnya termasuk harga tenaga listrik pada jaringan transmisi, harga bahan bakar, suku bunga per tahun, dan lain-lain.

2.11.4 Pemodelan HOMER

Dalam merancang sistem tenaga listrik menggunakan Homer diperlukan penganturan pada komponen-komponen yang akan digunakan. Pengaturan tersebut dilakukan agar homer dapat melakukan simulai perancangan dengan benar.

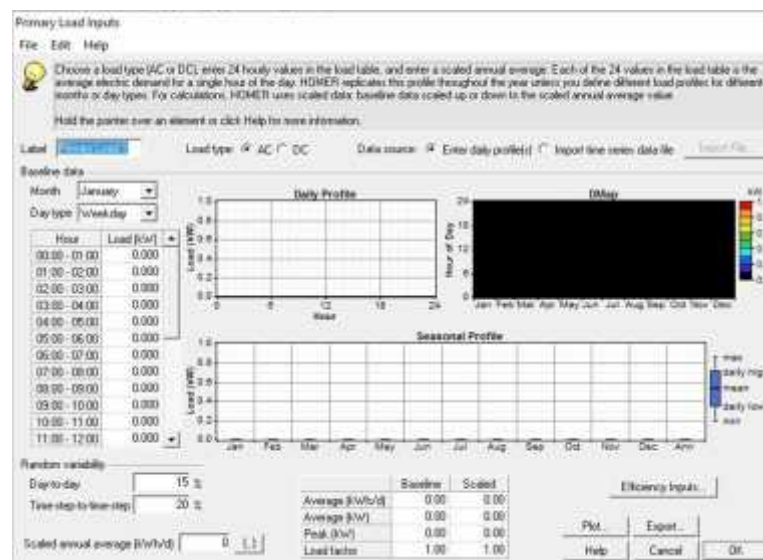
Dalam perancangan sistem tenaga listrik menggunakan *software* HOMER dibutuhkan sumber energi yang mampu di ubah menjadi energi listrik, baik berasal dari sumber konvensional maupun sumber energi terbarukan. Selain itu perancangan juga harus memikirkan beban yang akan digunakan. Beban tersebut dapat berupa beban *theramal* maupun beban listrik.

1. Beban

Pada perancangan homer beban yang digunakan terdiri dari beban *thermal* dan beban listrik. selain itu beban dibedakan lagi menjadi beban utama (*primari load*) dan beban Tunda (*deferrable Load*).

a. Beban Utama (*primari load*).

Beban utama merupakan penggunaan energi listrik yang dilakukan oleh pengguna yang dilakukan pada selang waktu yang telah ditentukan. Data yang dimasukkan merupakan data pemakaian energi listrik perjam (KWh). Homer dapat membuat nilai data beban perjam berdasarkan profil beban harian. Homer juga dapat memodelkan dua beban yang berbeda seperti model beban AC atau model beban DC.

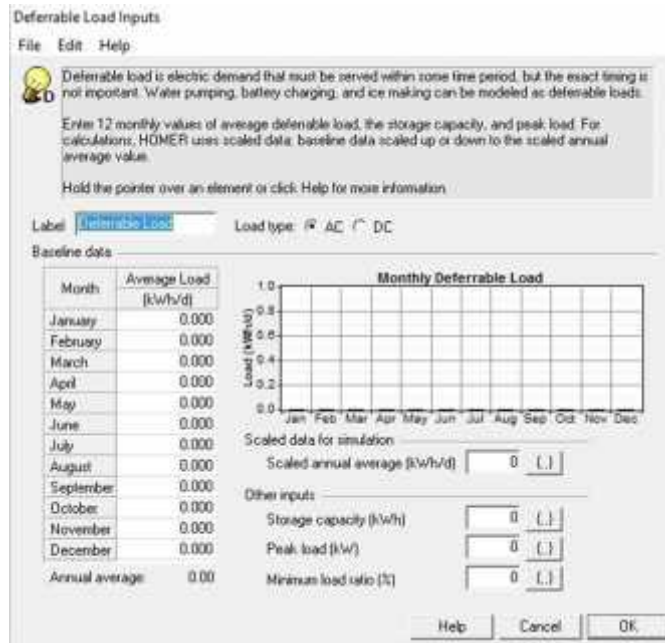


Gambar 2.13 Beban utama pada HOMER

b. Beban Tunda (*Deferrable Load*)

Beban tunda adalah permintaan energi listrik yang dapat ditentukan berdasarkan interval waktu seperti pompa air, alat pengisian baterai dan lainnya. Pada beban tunda sama halnya dengan beban utama dapat dipilih beban

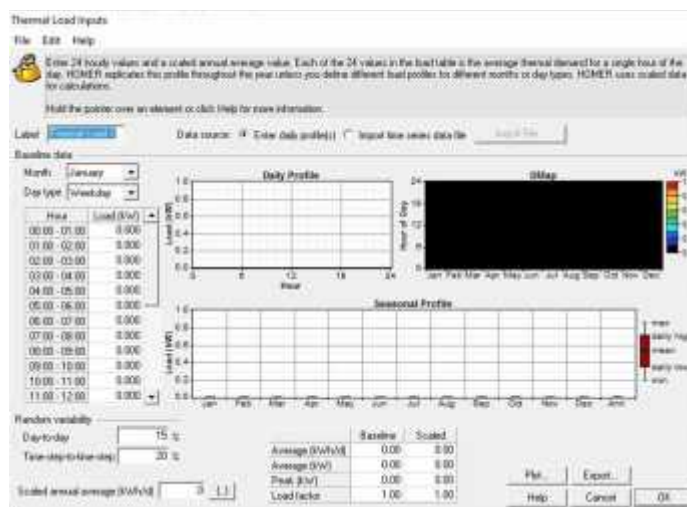
berupa AC ataupun DC dan tetapi data yang dimasukan merupakan data perbulan, dukan data per jam.



Gambar 2.14 Beban Tunda pada HOMMER

c. Beban *thermal* (*Thermal Load*)

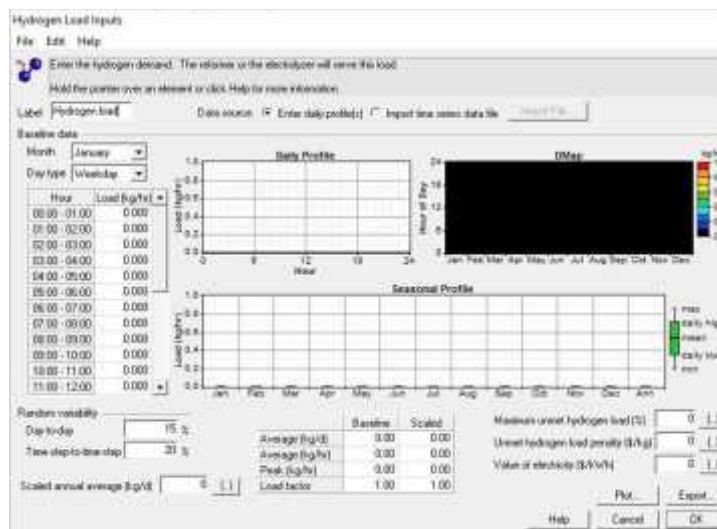
Homer dapat digunakan untuk memodelkan beban panas seperti pemodelan beban listrik. Akan tetapi konsep penggunaan tenaga cadangan tidak diterapkan pada beban *thermal*.



Gambar 2.15 Beban panas pada HOMER

d. Beban Hidrogen (*Hydrogen Load*)

Data yang masukan pada beban hidrogen merupakan data pemakaian perjam.



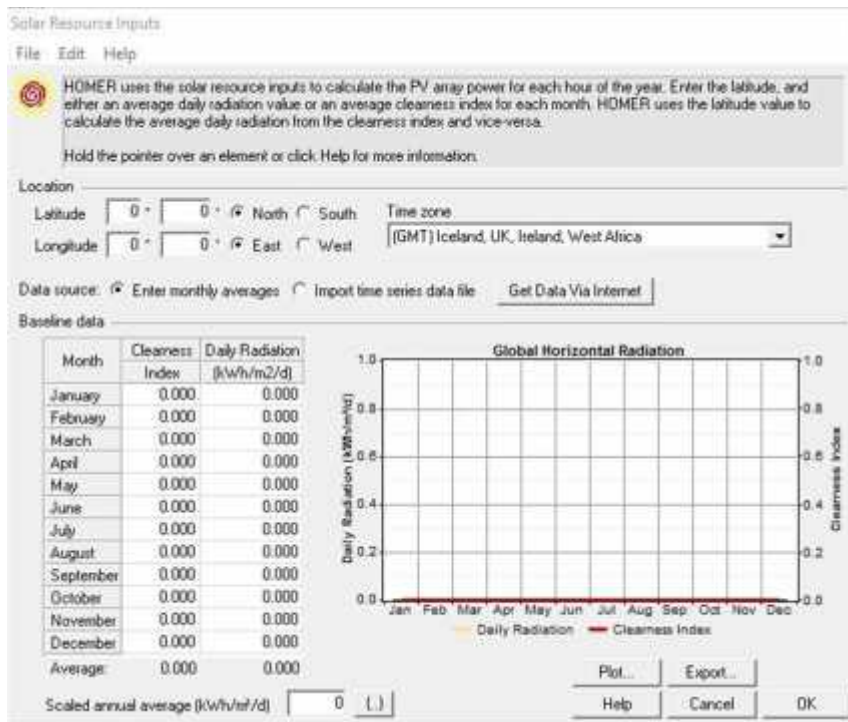
Gambar 2.16 Beban Hidrogen HOMER

2. Sumber Daya Alam (SDA)

Dalam perancangan suatu sistem tenaga listrik menggunakan HOMER, diperlukan sumber daya alam, sumber daya alam berfungsi sebagai bahan bakar yang akan digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Pada HOMER terdapat empat jenis sumber daya alam yang bisa digunakan sebagai sumber energi yaitu, panas matahari, Air (*Hidro*), Angin, dan biomassa.

a. Sumber energi Matahari (*solar resource*)

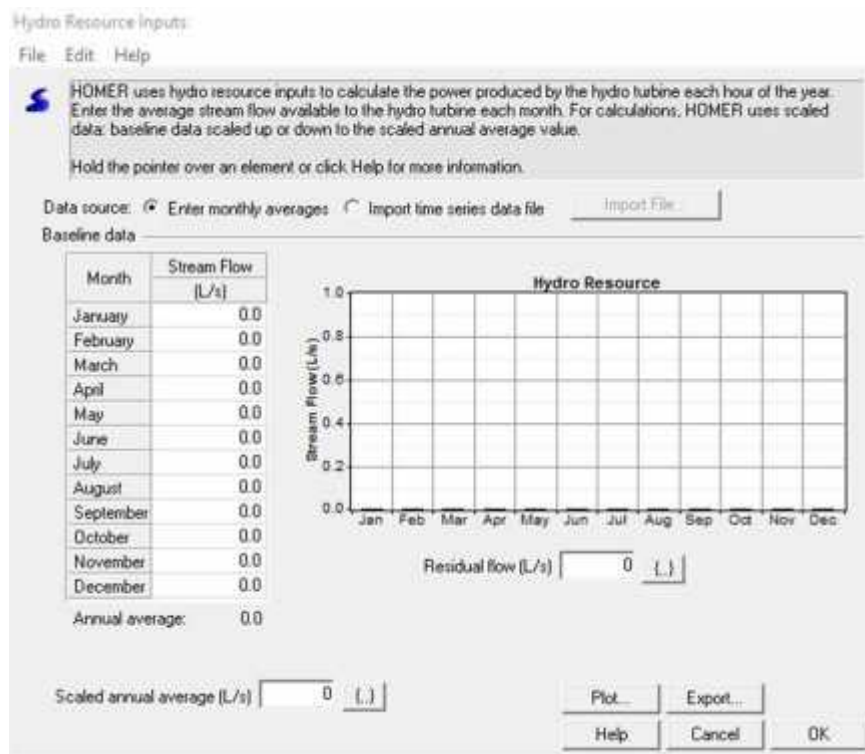
Sumber energi matahari digunakan ketika merencanakan sistem tenaga listrik dengan sumber energi utamanya berupa sinar matahari yang di terima oleh panel surya. Data yang dimasukkan ke dalam HOMER merupakan jumlah rata-rata dari radiasi sinar matahari yang mengarah langsung ke permukaan bumi dalam kurun waktu satu tahun.



Gambar 2.17 Parameter *input* Sumber Energi Matahari

b. Sumber energi Air (*Hydro Resource*)

Air merupakan sumber energy yang banyak digunakan di Indonesia, baik yang berskala besar maupun berskala kecil (*mikro*). Debit air yang ada pada sungai, waduk, maupun danau dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit energi listrik. Pada prinsipnya, air menyimpan energi potensial (pada air yang jatuh dari tempat yang lebih tinggi) dan energi kinetik (air mengalir), kedua energi tersebut dapat dimanfaatkan untuk memutar turbin pada generator yang akhirnya akan menghasilkan energi listrik. Dalam perencanaan sistem tenaga listrik dengan menggunakan HOMER data yang dimasukkan merupakan debit air dalam waktu satu tahun. Perencanaan juga melibatkan aliran sisa, yaitu jumlah air minimum yang harus dilewatkan turbin. HOMER akan mengurangi aliran sisa dari data aliran sungai untuk mengetahui apakah turbin dapat teraliri air atau tidak.



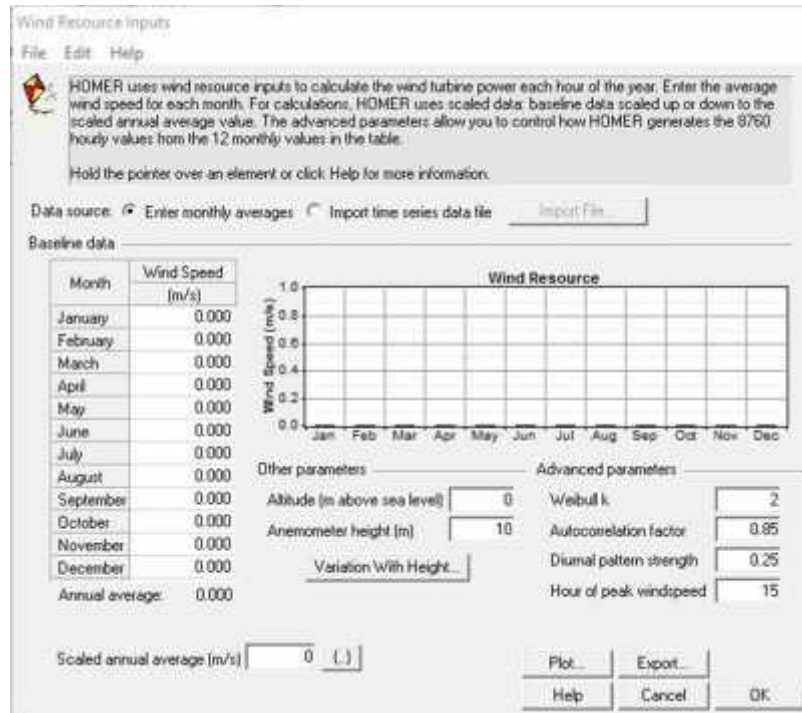
Gambar 2.18 *Input untuk hydro resource*

c. Sumber energi Angin (*wind Resource*)

Dalam perencanaan sistem tenaga listrik dengan menggunakan angin sebagai sumber energi utamanya, data yang dimasukkan ke HOMER merupakan data kecepatan angin dalam waktu satu tahun. Pada prinsipnya energi angin digunakan untuk memutar turbin angin yang terhubung langsung dengan generator, sehingga menghasilkan energi listrik. Terdapat empat parameter pada *input* sumber energi angin, yaitu:

1. *Weibull shape factor*, Merupakan data pengukuran besar kecepatan angin dalam kurun waktu satu tahun.
2. *Autocorrelation factor*, merupakan pengukuran kecepatan angin dalam waktu satu jam, dan cenderung bergantung pada kecepatannya pada jam sebelumnya

3. *Diurnal pattern strength* dan *hour of peakwid speed*, merupakan parameter yang megindikasikan magnitude dan phase dari rata-rata pola harian kecepatan angin.

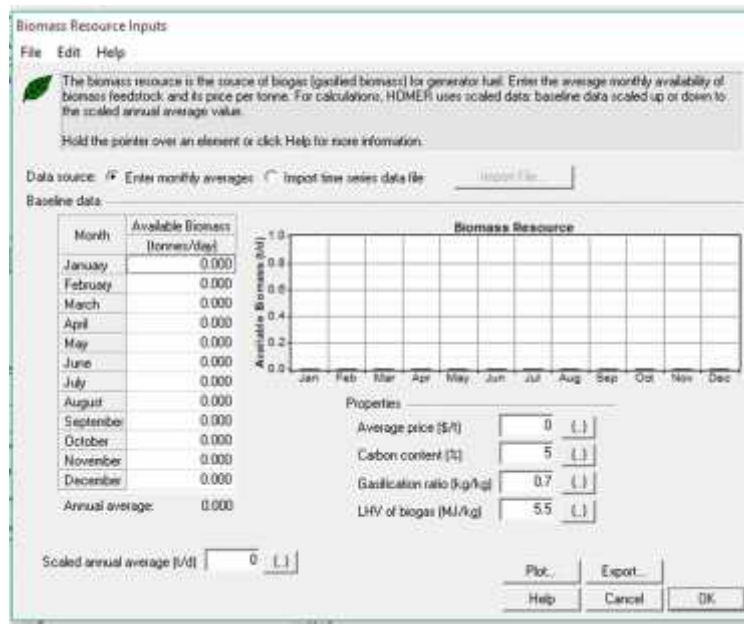


Gambar 2.19 Parameter *input wind resource*

d. Sumber daya Biomassa (*Biomass Recource*)

Pada sumber energi biomassa, Homer memodelkan sistem tenaga biomassa untuk di jadikan bahan bakar genset. Sumber energi biomasa merupakan sumber energi yang keberadaanya tergantung dari usaha manusia. Sumber energi biomassa diubah menjadi bahan bakar gas yang selanjutnya digunakan untuk menyalakan generator set. Penggunaan biomassa pada pemodelan dengan HOMER dilakukan dengan dua cara yaitu:

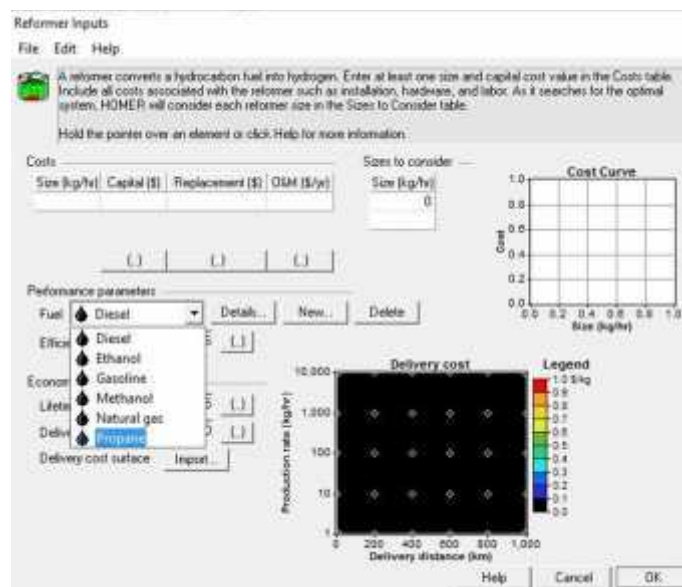
1. Menentukan ketersediaan sumber daya alam yang ada dan menentukan konsumsi bahan bakar generator untuk menghasilkan energi listrik.
2. Menggunakan *input* sumber daya biomassa untuk mengetahui ketersediaan biomassa selama satu tahun.



Gambar 2.20 Parameter *input* Biomassa

e. Bahan Bakar (*Fuel*)

Homer menyediakan berbagai macam jenis bahan bakar mulai dari biogas, diesel, ethanol, gasolune, methanol, propane, natural gas, dan store hidrogen. Sedangkan untur properti fisik bahan bakar terdiri dari *density*, *carbon content*, *lower heating value* dan *sulfur content*.



Gambar 2.21 Parameter *input* bahan bakar (*fuel*)