

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Untuk menentukan energi sistem biomassa, kandungan energi setiap jenis bahan baku biomassa harus ditentukan terlebih dahulu. Nilai kalor sering kali digunakan sebagai indikator kandungan energi yang dimiliki biomassa. Nilai kalor adalah jumlah panas yang dihasilkan saat bahan menjalani pembakaran sempurna atau dikenal sebagai kalor pembakaran. Nilai kalor ditentukan melalui rasio komponen dan jenisnya serta rasio unsur di dalam biomassa itu sendiri terutama kadar karbon. (Yokoyama, 2008).

Anis dkk. (2009)., berpendapat bahwa gasifikasi merupakan metode mengkonversi secara termokimia bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas (*syngas*) dalam wadah *gasifier* dengan menyuplai agen gasifikasi seperti uap panas, udara dan lainnya. Metode gasifikasi dinilai lebih menguntungkan dan gas pembakaran lebih bersih dibanding pembakaran langsung.

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTB) *gasifier* yang dirancang belum bekerja dengan maksimal. Dikarenakan AFR gasifikasi yang maksimum saat ini 0,54, masih jauh dibawah AFR ideal untuk gasifikasi sekam padi yaitu 1,25. Dalam mengoperasikan semua perangkat PLTB pada titik operasi terbaik, daya listrik yang dibangkitkan masih dibawah 100 W (Putra, 2013).

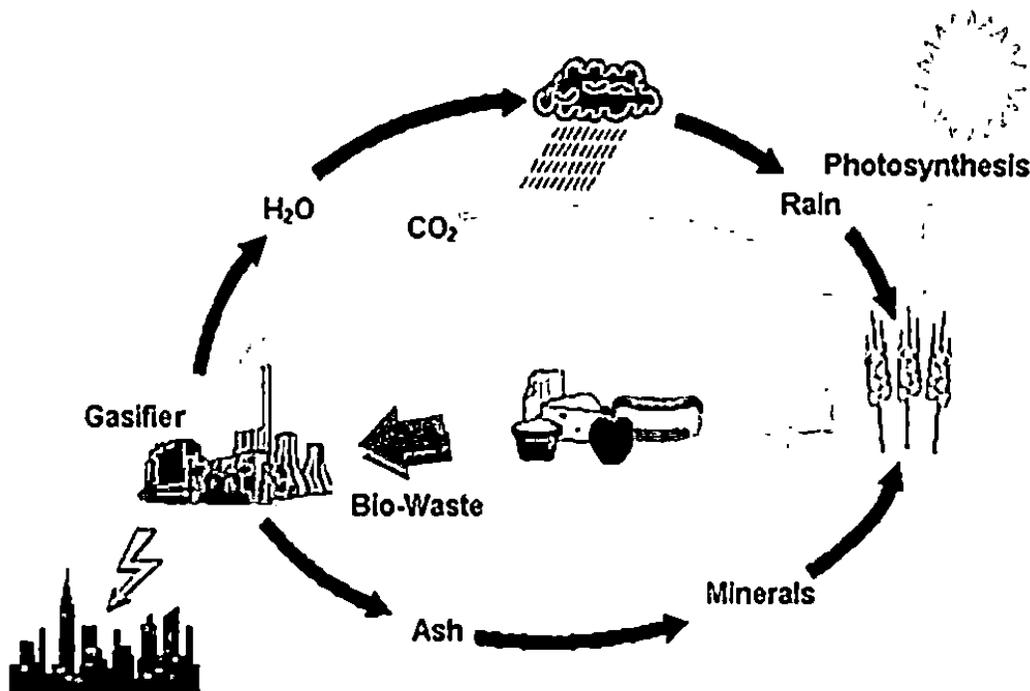
Kualitas daya listrik (*power quality*) didefinisikan sebagai suatu problem daya yang ditimbulkan berupa deviasi tegangan, arus, ataupun frekuensi yang mengakibatkan kegagalan atau tidak beroperasinya peralatan pelanggan. (Purnama, 2013).

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Biomassa

Siklus energi biomassa sebagaimana diperlihatkan gambar 2.1, proses biomassa dimulai dari tanaman yang menyerap energi matahari. Tanaman juga

menyerap air dan unsur hara dari dalam tanah dan CO_2 dari atmosfer melalui fotosintesis, akan dihasilkan bahan organik untuk memperkuat jaringan dan membentuk daun, bunga, atau buah. Hewan memanfaatkan energi yang telah berubah bentuk menjadi daun dan rumput untuk kelangsungan hidupnya. Hewan karnivora, memanfaatkan energi yang telah berubah bentuk menjadi hewan lain. Bahan-bahan inilah yang menjadi bahan dasar energi biomassa. Saat biomassa diubah menjadi energi, CO_2 akan dilepaskan ke atmosfer. Siklus CO_2 akan lebih pendek dari pada yang dihasilkan dari pembakaran minyak bumi atau gas bumi. CO_2 yang dihasilkan tidak memiliki efek terhadap kesetimbangan CO_2 di atmosfer. Kelebihan CO_2 dapat dimanfaatkan untuk mendukung terciptanya energi yang berkelanjutan (Kristiati, 2011).



Gambar 2.1. Siklus energi biomassa
(uksmp24.blogspot.com)

Indonesia memiliki ketersediaan bahan organik biomassa sisa pertanian dan perkebunan yang berlimpah, seperti potongan kayu, sekam padi, ampas tebu, cangkang dan tandan kosong sawit, serbuk kayu, sabut dan cangkang kelapa. Selain itu, sampah organik dari pemukiman merupakan potensi besar lainnya yang

juga amat melimpah. Dari data Kementerian Negara Lingkungan Hidup (Meneg LH), sepanjang tahun 2008 produksi sampah permukiman di Indonesia mencapai 167 ribu ton perhari [radar sulteng, 2009]. Volume timbunan sampah di DKI Jakarta adalah 29.676,24 m³ atau 6.594,72 ton/hari, dengan komposisi sumber sampah berasal dari industri 8,97%, perkantoran 27,35%, sekolah 5,32%, pasar 4%, pemukiman 52,97%, lainnya 1,4% (Nasir, 2010 dalam Fachrizal, 2013).

2.2.2. Kayu Sengon

Sengon yang dalam bahasa latinnya *albazia falcataria*, termasuk dalam keluarga petai-petaian. Pada awalnya Sengon hanyalah pohon biasa yang tumbuh secara bebas. Di masa lampau masyarakat mengenal Sengon tidak lebih sekedar pohon yang kayunya dapat dijadikan kayu bakar, daunnya untuk pakan ternak, dan pohonnya dapat dijadikan peneduh. Dengan adanya perkembangan dalam bidang teknologi dan rekayasa perkayuan yang sangat pesat dan semakin menipisnya ketersediaan kayu dari hutan alam, Sengon merupakan jenis pohon yang cukup potensial untuk dikembangkan.

Dari berbagai penelitian diketahui karakteristik yang dimiliki oleh Sengon sangat sesuai dengan kebutuhan industri. Dibandingkan kayu jenis lain, masa tebang Sengon relatif cepat, budi daya mudah, dan dapat tumbuh diberbagai jenis tanah. Selain itu harga jual Sengon sangat menggiurkan pada masa sekarang ini dan oleh karna itu, kayu Sengon banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan dalam bentuk kayu olahan jadi berupa papan-papan dengan ukuran tertentu sebagai bahan baku pembuat peti, papan penyekat, pengecoran semen dalam kontruksi, industri korek api, pensil, papan partikel, serta bahan baku industri pulp dan kertas.

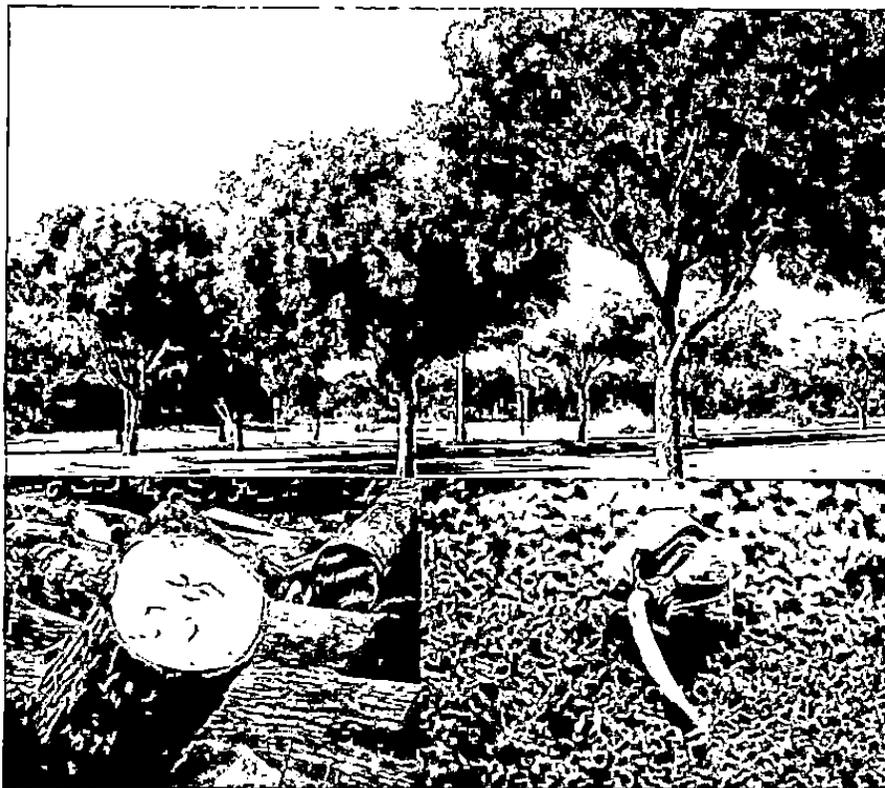
Dengan potensi pengembangan dan pemanfaatan yang dimiliki Sengon yang begitu besar, menjadikan kayu Sengon sebagai sumber potensi bahan baku untuk mendukung aplikasi penerapan energi terbarukan semakin terbuka lebar. Limbah dari hasil industri olahan kayu Sengon dapat dijadikan sebagai sumber pasokan kebutuhan akan bahan baku energi terbarukan biomassa khususnya pada biomassa

Berikut pada gambar 2.2 ditunjukkan pohon, bibit dan biji dari Sengon.



Gambar 2.2. Pohon (kiri), bibit (tengah) dan biji Sengon (kanan)
(budidayasengon.blogspot.com)

2.2.3. Kayu Mahoni



Gambar 2.3. Pohon (atas), batang (kiri bawah) dan buah Mahoni (kanan bawah)
(formatnews.com dan jamuborobudur.com)

Tanaman Mahoni atau dalam bahasa latinnya *swietenia marchophylla king*, merupakan salah satu jenis pohon hutan yang berasal dari India dan banyak di temui di Indonesia. Tanaman mahoni dapat tumbuh di lokasi mana saja tidak pilih jenis tanah dan kesuburan tanah, Mahoni merupakan tanaman yang tumbuh liar sering ditemukan di hutan-hutan iati dan tempat-tempat lain yang dekat dengan

Mahoni termasuk pohon besar dengan tinggi pohon mencapai 35-40 meter dan diameter mencapai 125 cm. Sejak 20 tahun terakhir ini, tanaman Mahoni mulai dibudidayakan karena kayunya mempunyai nilai ekonomis yang cukup tinggi. Kualitas kayunya sangat baik untuk meubel, furnitur, barang-barang ukiran dan kerajinan tangan. Sering juga dibuat penggaris karena sifatnya yang tidak mudah berubah. Kualitas kayu mahoni berada sedikit dibawah kayu jati sehingga sering dijuluki sebagai primadona kedua dalam pasar kayu. Pemanfaatan lain dari tanaman mahoni adalah kulitnya dipergunakan untuk mewarnai pakaian. Sedangkan getah mahoni yang disebut juga blendok dapat dipergunakan sebagai bahan baku lem, dan daun mahoni baik sebagai pakan ternak.

Sama halnya dengan kayu Sengon, kayu Mahoni dengan potensi ketersediaan dan pemanfaatan yang begitu besar, menjadikan kayu ini juga sebagai sumber potensi bahan baku untuk mendukung aplikasi penerapan energi terbarukan terbuka lebar. Limbah dari hasil industri olahan kayu Mahoni dapat dijadikan sebagai sumber pasokan kebutuhan akan bahan baku energi terbarukan biomassa terutama pada biomassa aplikasi konversi thermokimia.

2.2.4. Pelet kayu

Pelet kayu yang dimaksudkan dalam hal ini yaitu gabungan dari beberapa jenis serbuk kayu yang dibentuk berupa pelet tidak lebihnya menyerupai pelet pakan ikan, namun ukuran pelet kayu ini lebih besar yaitu berdiameter 6 cm dan memiliki panjang lebih kurangnya 2-4 cm. Berikut pada gambar 2.4 dapat dilihat bentuk dan rupa dari Pelet kayu.



Gambar 2.4. Pelet kayu (kiri), Pelet kayu dalam kemasan @ 20 kg (kanan)

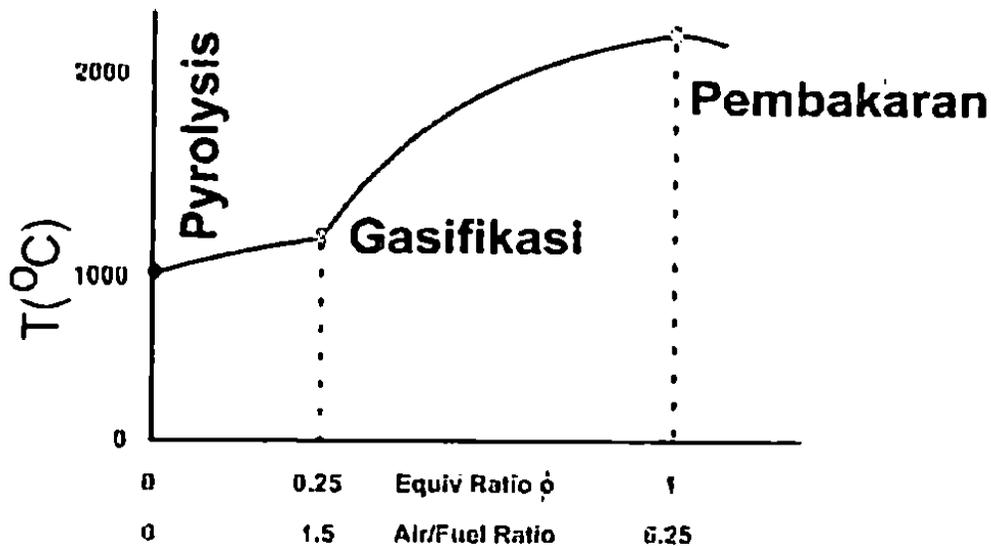
Bahan baku pelet kayu ini didapatkan dari hasil penggergajian pada pengolahan industri kayu disekitar daerah kabupaten Wonosobo propinsi Jawa Tengah, yang dimana biasanya hasil penggergajian ini dianggap sebagai limbah industri. Hal ini mendorong keinginan beberapa kelompok Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) di daerah Wonosobo untuk memanfaatkan limbah industri, dan dihasilkanlah Pelet kayu yang bisa digunakan menjadi bahan bakar.

Dengan melimpahnya bahan baku dan harganya yang sangat terjangkau untuk Pelet kayu ini mendorong PT. PLN cabang Jateng untuk mensponsori penelitian lebih lanjut terhadap pemanfaatan dan kualitas hasil daya listrik yang dimiliki oleh Pelet kayu apabila dimanfaatkan sebagai bahan baku gasifikasi. Hal ini akan mendukung langkah ke depan PT. PLN untuk tidak selalu bergantung pada bahan bakar fosil sebagai bahan bakar generator pembangkit listrik mereka.

2.3. Gasifikasi Biomassa

Gasifikasi adalah proses pengubahan materi yang mengandung karbon seperti batubara, minyak bumi, maupun biomassa kedalam bentuk karbon monoksida (CO) dan hidrogen (H₂) dengan mereaksikan bahan baku yang digunakan pada temperatur tinggi dengan jumlah oksigen yang diatur. Tujuan proses gasifikasi adalah mengubah unsur-unsur pokok dari bahan bakar yang digunakan ke dalam bentuk gas yang lebih mudah dibakar, sehingga hanya menyisakan abu dan sisa-sisa material yang tidak terbakar.

Gasifikasi berbeda dengan pirolisis dan pembakaran. Ketiganya dibedakan berdasarkan kebutuhan udara yang diperlukan selama proses. Jika jumlah udara atau bahan bakar atau AFR (*air fuel ratio*) sama dengan 0, maka proses disebut pirolisis. Jika AFR yang diperlukan selama proses kurang dari 1,5 maka proses disebut gasifikasi. Dan jika AFR yang perlukan selama proses lebih dari 1,5 maka proses disebut pembakaran. Berikut ini pada gambar 2.5, ditunjukkan grafik perbedaan gasifikasi, pirolisis dan pembakaran yang mengacu pada nilai



Gambar 2.5. Grafik perbedaan pirolisis, gasifikasi dan pembakaran (PNPM Mandiri, 2011)

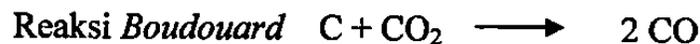
2.3.1. Proses gasifikasi

Proses gasifikasi biomassa dilakukan dengan cara melakukan pembakaran secara tidak sempurna didalam sebuah ruangan yang mampu menahan temperatur tinggi yang disebut dengan reaktor gasifikasi. Agar pembakaran tidak sempurna dapat terjadi, maka udara dengan jumlah yang lebih sedikit dari kebutuhan stokiometrik pembakaran dialirkan kedalam reaktor untuk mensuplai kebutuhan oksigen menggunakan *fan/blower*. Proses pembakaran yang terjadi menyebabkan reaksi termo-kimia yang menghasilkan CO, H₂, dan gas metan (CH₄). Selain itu, dalam proses ini juga dihasilkan uap air (H₂O) dan karbon dioksida (CO₂) yang tidak terbakar.

Proses gasifikasi biomassa terdiri dari 4 tahap utama dan beberapa tahapan tambahan yaitu:

- 1) Tahapan pertama adalah tahap pengeringan (*drying*), dimana tahap ini merupakan proses penurunan nilai kadar air biomassa agar bisa diproses ke tahap berikutnya.
- 2) Tahapan kedua adalah pyrolysis yang terjadi ketika biomassa mulai mengalami kenaikan temperatur. Pada tahap ini volatil yang terkandung pada biomassa terlepas sehingga menghasilkan tar dan arang (*char*)

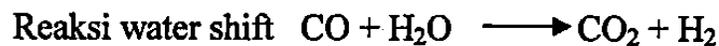
- 3) Tahapan ketiga adalah terjadinya proses pembakaran (*combustion*). Pada tahapan ini volatile meter dan sebagian arang yang memiliki kandungan karbon (C) bereaksi dengan oksigen membentuk CO₂ dan CO serta menghasilkan panas yang digunakan pada tahap selanjutnya yaitu tahap gasifikasi, reaksi yang terjadi pada tahap ini adalah:



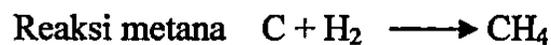
- 4) Tahap berikutnya adalah tahap reduksi. Tahapan ini merupakan tahapan utama dan terjadi ketika arang bereaksi dengan CO₂ dan uap air (H₂O) yang menghasilkan CO dan H₂ yang merupakan produk yang diinginkan dari keseluruhan proses gasifikasi. Reaksi kimia yang terjadi pada tahap ini adalah:



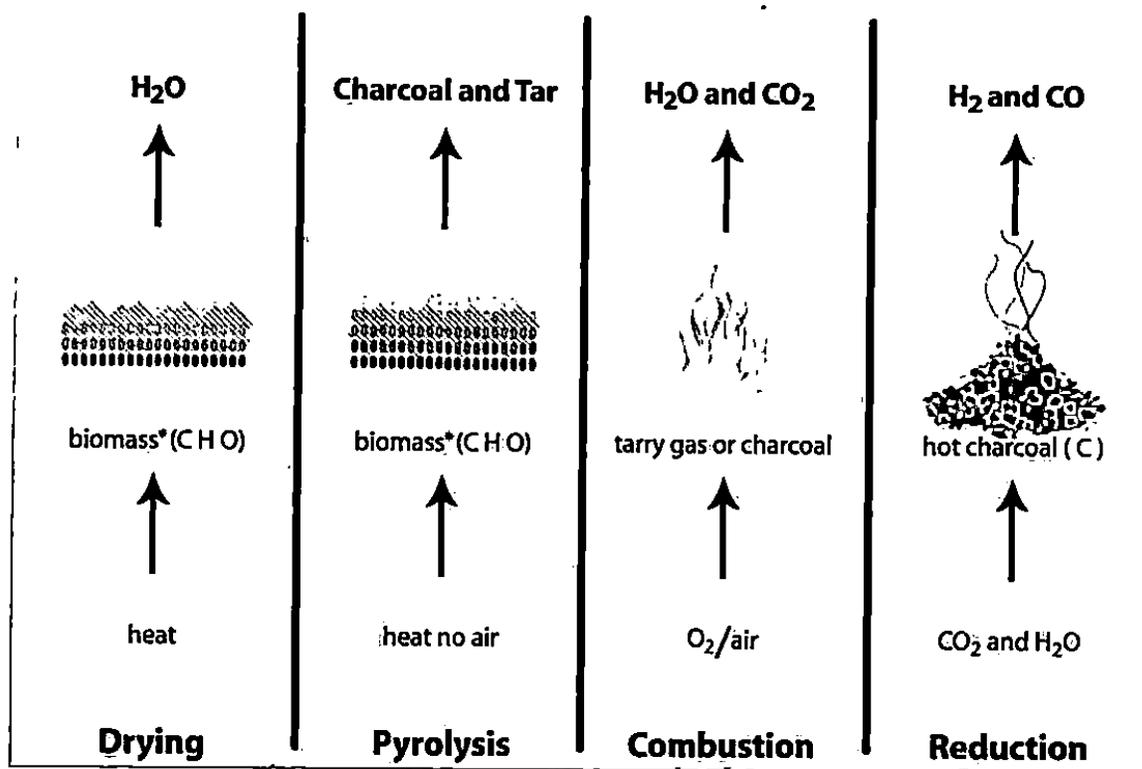
- 5) Tahapan tambahan dalam proses ini adalah tahap water shift reaction. Melalui tahapan ini, reaksi termo-kimia yang terjadi didalam reaktor gasifikasi mencapai keseimbangan. Sebagian CO yang terbentuk dalam reaktor bereaksi dengan uap air dan membentuk CO₂ dan H₂. Reaksi kimia yang terjadi pada tahap ini adalah:



Jika proses gasifikasi dapat dikendalikan sehingga temperatur reaksi terjadi dibawah 1000 °C, maka akan terjadi reaksi pembentukan CH₄. Hal ini terjadi ketika C bereaksi dengan H₂, sesuai dengan reaksi berikut:



Gambar berikut menunjukkan bagaimana proses 4 tahap utama berlangsung dalam proses gasifikasi mulai dari tahap pengeringan hingga tahap reduksi



Gambar 2.6. Empat tahap proses utama pada gasifikasi
(adiimrf.wordpress.com)

2.3.2. Bahan bakar gasifikasi

Bahan bakar yang cocok untuk gasifikasi biomassa adalah bahan biomassa kering seperti kayu kering, daun kering, sekam padi, arang, ampas tebu, bongkol jagung dan batok kelapa. Perbedaan mendasar antara gasifikasi biomassa dan produksi biogas adalah bahwa dalam bahan baku produksi biogas adalah bahan organik basah seperti kotoran hewan yang bekerja oleh mikroba untuk menghasilkan gas metana.

Nilai kalor rendah (LHV, *lower heating value*) biomassa 15-20 (MJ/kg) lebih rendah dibanding nilai kalor batubara 25-33 (MJ/kg) dan bahan bakar minyak *gasoline* 42,5 (MJ/kg). Artinya untuk setiap kg biomassa hanya mampu menghasilkan energi 2/3 dari energi 1 kg batubara dan 1/2 dari energi 1 kg *gasoline*. Nilai kalor berhubungan langsung dengan kadar C dan H yang dikandung oleh bahan bakar padat. Semakin besar kadar keduanya akan semakin besar nilai kalor yang dikandung. Menariknya dengan proses *charing* (pembuatan arang) nilai kalor arang yang dihasilkan akan meningkat cukup tajam. Sebagai

gambaran, dari hasil proses pembuatan arang batok kelapa pada temperatur 750 °C dapat dihasilkan arang dengan nilai kalor atas (HHV, *height heating value*) 31 (MJ/kg). Nilai ini setara dengan nilai kalor batubara kelas menengah ke atas. Coba bandingkan dengan arang batubara yang mempunyai nilai kalor atas 35 (MJ/kg). Nilai kalor rendah (LHV) adalah jumlah energi yang dilepaskan dari proses pembakaran suatu bahan bakar dimana kalor laten dari uap air tidak diperhitungkan, atau setelah terbakar, temperatur gas pembakaran dibuat 150 °C. Pada temperatur ini, air berada dalam kondisi fase uap (Rislima Sitompul, 2011).

Abu dari biomassa lebih ramah dibandingkan abu dari batubara karena banyak mengandung mineral seperti fosfat dan potassium. Pada saat pembakaran maupun gasifikasi, abu dari biomassa juga lebih aman dibandingkan abu dari batubara. Dengan temperature operasi tidak lebih dari 950 °C atau 1000 °C, abu dari biomassa tidak menimbulkan terak dan selain itu abu biomassa juga mempunyai jumlah oksida keras (silica dan alumina) yang lebih rendah.

2.3.3. Mesin gasifikasi

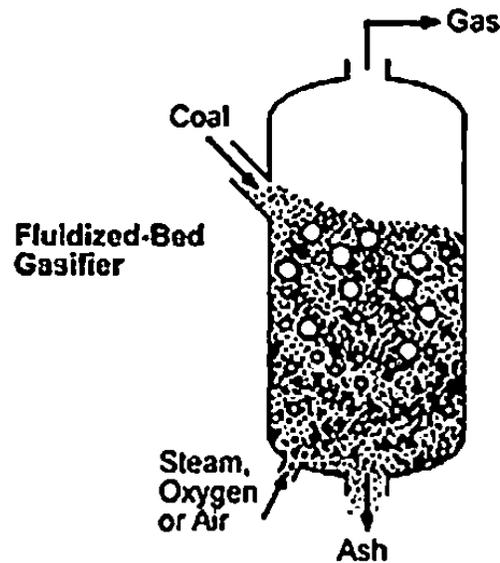
Mesin gasifikasi dapat dibedakan berdasarkan:

1) Berdasar mode fluidisasi, mesin gasifikasi dapat dibedakan menjadi:

a) Gasifikasi dengan tetapan dan bergerak (*fixed and moving bed gasifier*)

Gasifikasi unggun tetap atau bergerak beroperasi pada tekanan atmosfer. Bahan bakar berbentuk partikel-partikel besar, dan di dalam reaktor dimuat diatas pelat besi berlubang (*grate*) tahan api, bahan bakar bergerak perlahan ke bawah melalui *grate*, dan bereaksi dengan gas kandungan oksigen tinggi yang dihembuskan di bagian bawah yang mengalir secara berlawanan ke atas di dalam reaktor.

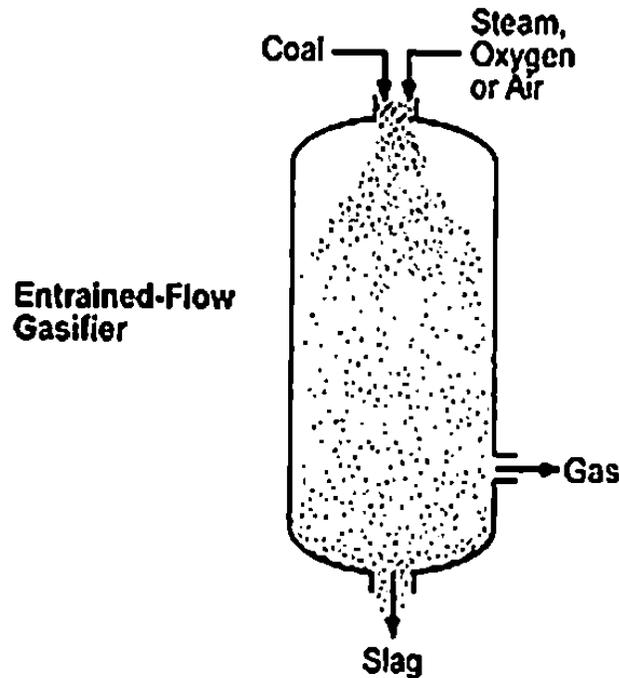
b) Gasifikasi unggun terfluidasi (*fluidized bed gasifier*)



Gambar 2.8. Fluidized bed gasifier
(www.netl.doe.gov)

Fluidized bed gasifier memproses partikel bahan bakar dalam gas yang kaya oksigen. Pada gasifikasi ini proses mengalami *mixing* atau pengadukan, sehingga partikel bahan bakar baru dengan partikel bahan bakar yang sudah menjalani gasifikasi tercampur secara efisien. Jenis reaktor ini juga disebut sebagai reaktor transportasi

c) *Entrained flow gasifier*

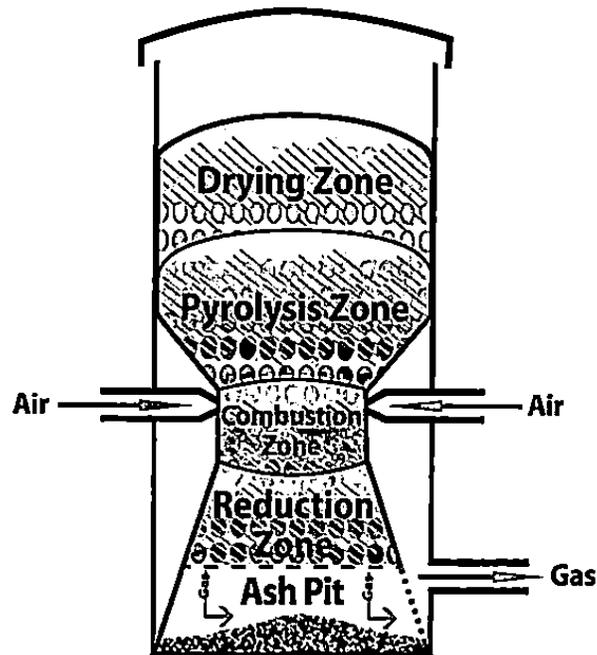


Gambar 2.9. Entrained flow gasifier
(www.netl.doe.gov)

Pada gasifikasi *entrained flow* umpan bahan bakar dan udara diberikan melalui satu lubang masuk pada bagian reaktor, hal ini akan mempercepat reaksi gasifikasi karena tahap pengeringan langsung terjadi disaat bahan bakar masuk dan melalui asap padat yang terdapat di dalam reaktor. Gasifikasi *entrained flow* memiliki kemampuan untuk menangani hampir semua bahan baku padat dan menghasilkan tar bersih bebas *syngas*.

2) Berdasar arah aliran, mesin gasifikasi dapat dibedakan menjadi:

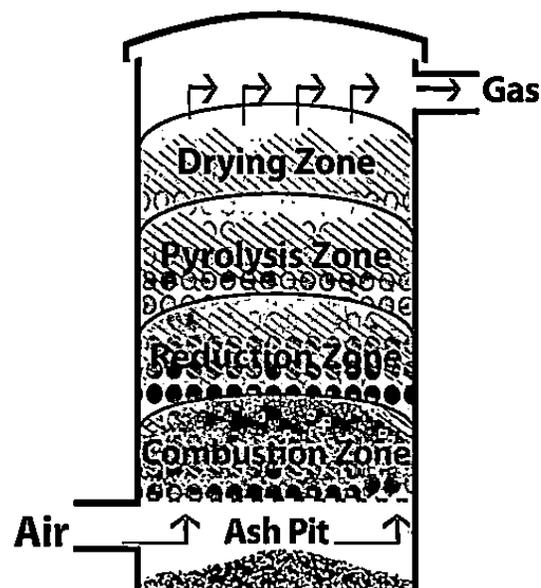
a) Gasifikasi aliran searah (*downdraft gasifier*)



Gambar 2.10. Skema downdraft gasifier
(www.gekgasifier.com)

Pada gasifikasi *downdraft*, arah aliran gas dan arah aliran padatan adalah sama-sama ke bawah.

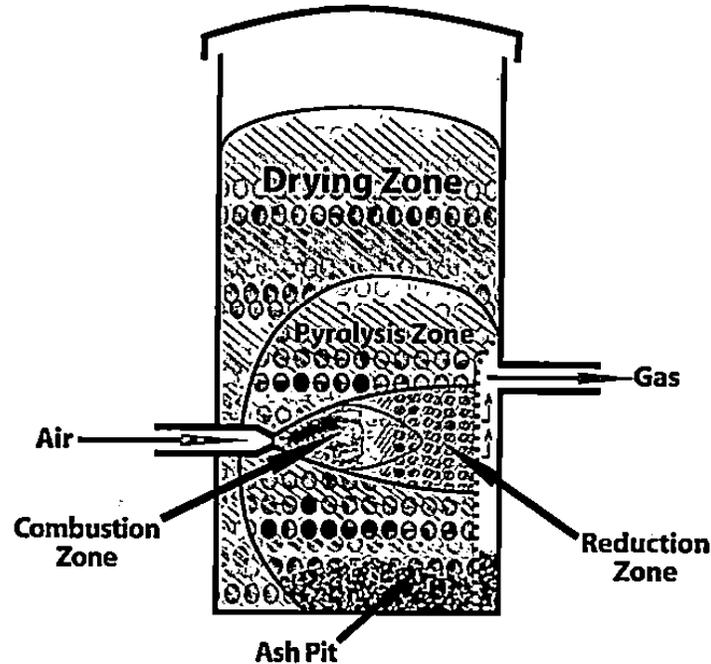
b) Gasifikasi aliran berlawanan (*updraft gasifier*).



Gambar 2.11. Skema updraft gasifier
(www.gekgasifier.com)

Pada gasifikasi *updraft*, arah aliran padatan ke bawah sedangkan arah

c) Gasifikasi aliran samping (*crossdraft gasifier*).



Gambar 2.12. Skema crossdraft gasifier
(www.gekgasifier.com)

Pada gasifikasi ini gas mengalir ke arah samping dan padatan mengalir ke bawah.

2.4. Kualitas Daya Listrik

2.4.1. Pengertian

Kualitas daya listrik dapat didefinisikan sebagai suatu masalah daya yang ditimbulkan berupa deviasi tegangan, arus, ataupun frekuensi yang mengakibatkan kegagalan atau tidak beroperasinya peralatan elektronik.

2.4.2. Faktor eksternal dan internal

Kualitas daya listrik pada sektor instansi yang mendapatkan pasokan listrik dari PLN akan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

- 1) Kualitas daya listrik dari pembangkit listrik (PLN).
- 2) Kualitas daya listrik pada bagian transmisi dan distribusi (PLN).
- 3) Kualitas daya listrik pada instansi tersebut (faktor internal)

Kualitas daya listrik dan pembangkit listrik, transmisi dan distribusi (PLN) dituntut dapat memenuhi syarat dasar kebutuhan layanan (*service requirement*) kepada konsumennya yaitu:

- 1) Dapat memenuhi beban puncak.
- 2) Mempunyai deviasi tegangan dan frekuensi yang minimum.
- 3) Distorsi gelombang tegangan dan harmonik yang minimum.
- 4) Terbebas dan surja tegangan
- 5) Suplai sistem tegangan dalam keadaan setimbang.
- 6) Urutan phase terjamin dengan benar.
- 7) Memberikan suplai daya dan waktu layanan dengan keandalan tinggi dimana sistem dapat melayani beban secara kontinu.

Selain faktor eksternal yang penyebabnya datang dari PLN, kualitas daya listrik suatu instansi juga dipengaruhi oleh faktor internal pada instansi tersebut diantaranya:

- 1) Konsumen belum memiliki dan mendapat informasi yang cukup menyangkut masalah kualitas daya listrik (*power quality*).
- 2) Besarnya kapasitas beban terpasang dengan kapasitas beban pemakaian.
- 3) Beban-beban non linier seperti peralatan-peralatan elektronik, AC *drives*, DC *drives* dan sebagainya yang berpengaruh terhadap tingkat harmonisa.

2.4.3. Parameter - parameter kualitas daya listrik

Secara umum kualitas daya listrik pada kondisi *steady state* ditentukan oleh parameter-parameter sebagai berikut:

- 1) Tegangan (Volt)
- 2) Frekuensi (Hz)
- 3) Faktor daya ($\cos \phi$)
- 4) Harmonisa
- 5) Ketidak seimbangan beban

2.4.4. Tegangan

Tegangan listrik yang ideal adalah tegangan dalam bentuk gelombang sinus murni tanpa distorsi dengan nilai amplitudo yang konstan. Oleh karena adanya faktor gangguan yang terjadi yang tidak bisa dihindari, sehingga nilai tegangan menjadi tidak konstan (turun-naik). Dalam kondisi normal, toleransi tegangan boleh naik atau turun yang diijinkan oleh PLN adalah -10 % s/d +5 % . Jika dalam kondisi darurat berdasarkan IEEE Std. 446-1995 "*Recommended Practice for Emergency and Standby power system industrial and Commercial Applications*" toleransi tegangan adalah -13 % s/d +6 %.

Gangguan - gangguan pada tegangan listrik yang berpengaruh pada kualitas daya listrik antara lain:

- 1) Fluktuasi tegangan.
- 2) Tegangan tidak setimbang (*unbalance voltage*).
- 3) Tegangan sag.
- 4) Tegangan swell.

2.4.5. Frekuensi

Yaitu jumlah siklus arus bolak-balik (*alternating current*) per detik. Beberapa negara termasuk Indonesia menggunakan frekuensi listrik standar, sebesar 50 Hz.

Gangguan-gangguan yang terjadi pada sistem frekuensi:

- 1) Penyimpangan terus-menerus (*Continuous Deviation*), yaitu frekuensi berada diluar batasnya pada saat yang lama (secara terus menerus), frekuensi standar 50 Hz dengan toleransi $\pm 0,5$ Hz (49,5 - 50,5 Hz).
- 2) Penyimpangan sementara (*Transient Deviation*), yaitu penurunan atau kenaikan frekuensi secara tiba-tiba dan sesaat.

2.5. Power Pallet

Power Pallet merupakan solusi yang sepenuhnya otomatis untuk pembangkit listrik biomassa yang dimana Power Pallet mengkonversi biomassa kayu menjadi listrik, panas, atau daya poros. Power Pallet tersedia dalam kapasitas bahan daya listrik sebesar 10 kW dan 20 kW, menggunakan mesin

motor bakar Kubota dan GM mesin industri, dipasangkan dengan generator Mecc Alte AVR. Hasil Kombinasi mesin motor bakar dan generator tersebut memberikan listrik yang stabil dari biomassa di 120, 208, 240 VAC, dan 60 Hz atau 50 Hz, dalam rangkaian satu, split, atau tiga fase .

Pada saat sekarang ini dapat ditemukan lebih dari 400 sistem, di lebih dari 40 negara, dimana pada sisi lain Power Pallet juga mendukung penelitian di lebih dari 50 universitas atau perguruan tinggi didunia. Di Indonesia lokasi penerapan dan penggunaan Power Pallet salah satunya untuk mendukung penelitian terdapat pada Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

2.5.1. Spesifikasi Power Pallet

Pada tabel 2.1 dibawah ini dapat dilihat perbedaan spesifikasi dari Power Pallet 10 kW dan 20 kW

Tabel 2.1. Spesifikas Power Pallet 10 kW dan 20 kW

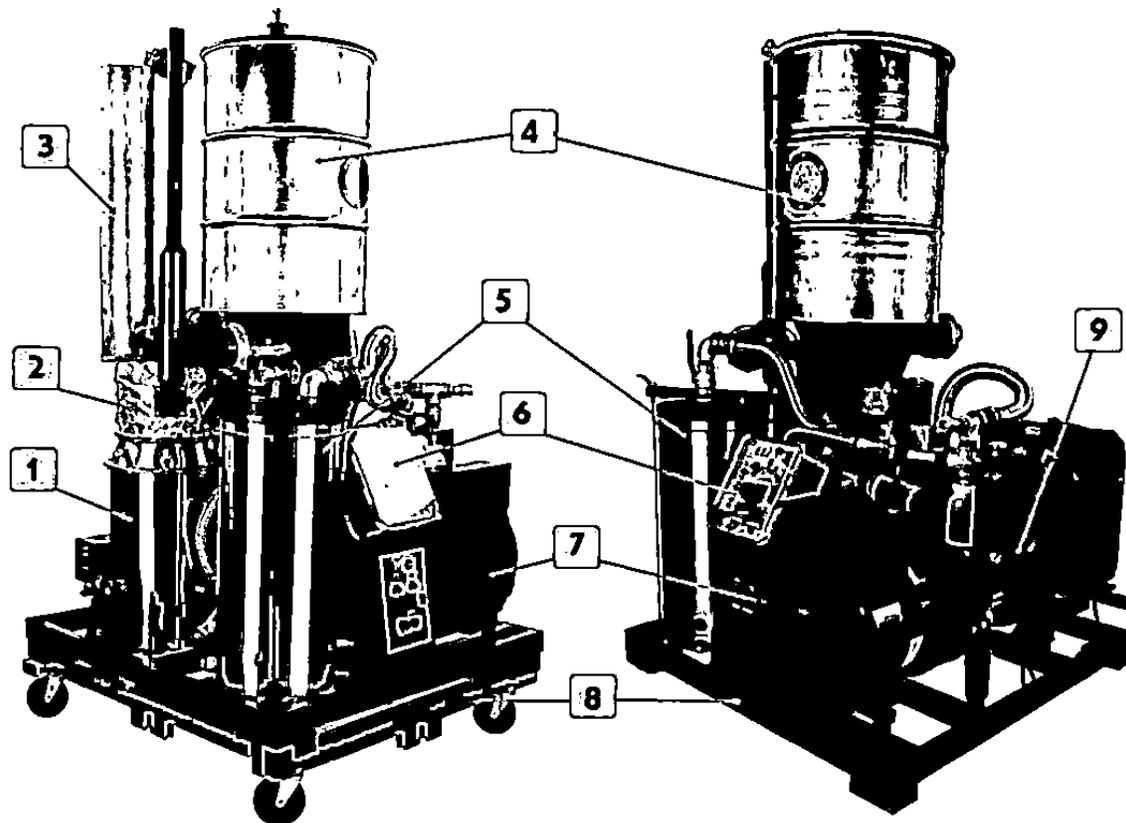
POWER PALLET SPECS	10 kW	20 kW
Power Output	1-10 kW	2-20 kW
Biomass Consumption	12 kg / 26 lbs perhour at 10 kW	22 kg / 50 lbs perhour at 20 kW
Fuel Moisture Tolerance	Up to 30%	Up to 30%
Dimensions	1.2m x 1.2m x 1.8m 48" x 48" x 72"	1.2m x 1.3m 1.8m 51" x 53" x 72"
Weight	499 kg / 1100 lbs	658 kg / 1450 lbs

Sumber: ALL Power Labs (www.gekgasifier.com)

2.5.2. Komponen Power Pallet

Power Pallet terdiri dari gasifier multi tahap, mesin motor bakar, kepala generator dan *Proses Control Unit* (PCU). PCU memantau dan merespon semua reaksi internal mesin secara keseluruhan, dan kondisi filter, hasilnya ditampilkan pada layar LCD. PCU juga secara otomatis menyesuaikan campuran syngas atau udara melalui sebuah pembalut sensor oksigen dan mengontrol otomatis getar abu

Pada gambar 2.13 berikut merupakan gambar bagian komponen utama dari Power Pallet.



Gambar 2.13. Generator Power Pallet 10 kW
(www.gekgasifier.com)

Keterangan gambar 2.13:

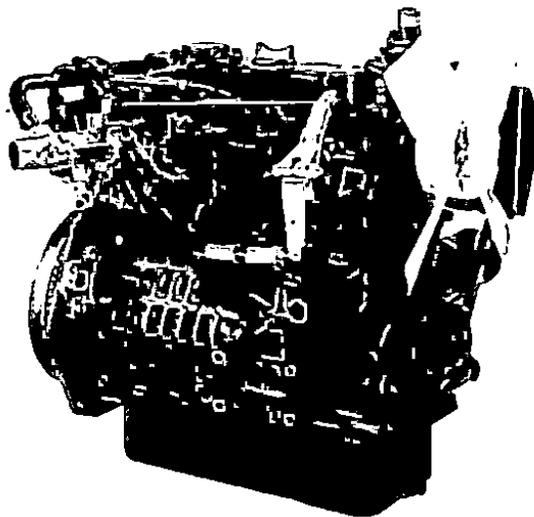
- 1) *GEK Gasifier*: mesin gasifikasi downdraft multi-tahap, sistem tempat berlangsungnya pembakaran yang akan menghasilkan gas dan reaksi-reaksi kimia lainnya melalui tahapan-tahapan gasifikasi.
- 2) *Totti* : bagian pengkondisian panas yang dihasilkan dan sebagai tempat sirkulasi sistem untuk meningkatkan konversi tar dan fleksibilitas bahan bakar yang sesuai dengan toleransi.
- 3) *Flare* : cerobong pembakar untuk menjamin kebersihan polusi yang dihasilkan sebelum temperatur kerja tercapai.
- 4) *Hopper* : Reis hopper menampung hingga 10 jam bahan bakar

- 5) Gas Filter : Didesain sebagai tempat filter gas berupa dua buah busa dan serpihan kayu yang terdapat didalamnya sebagai penyaring.
- 6) *Power Control Unit (PCU)* : Kontrol Otomatis sistem, sensor oksigen, penyesuaian syngas atau udara, dan parut pengocok abu.
- 7) *Genhead* (kepala generator) : 10kW atau 20kW Mecc Alte industri generator dengan otomatis pengaturan tegangan (AVR). Dua belas kawat genhead adalah reconfigurable di tempat untuk 120/208/240 VAC. 50Hz atau 60Hz di rangkaian satu, split, atau 3-fase.
- 8) *Skid Base* : dudukan yang mampu menopang keseluruhan berat komponen dan didesain anti selip terhadap getaran.
- 9) Mesin : Power Pallet didukung oleh mesin motor bakar Kubota 3 silinder 962 cc.

2.5.3. Mesin Power Pallet

Mesin untuk menghasilkan energi sebagai proses lanjutan dari pemanfaatan energi gasifikasi biomassa pada Power Pallet dengan kapasitas 10 kW berbeda dengan Power Pallet kapasitas 20 kW.

- 1) Power Pallet 10 kW

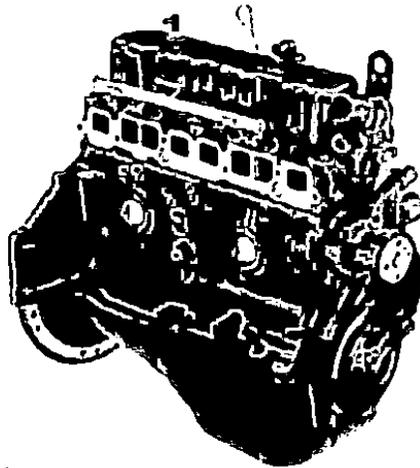


Gambar 2.14. Mesin motor bakar Power Pallet 10 kW
(www.gekgasifier.com)

Pada Power Pallet 10 kW digunakan Mesin Kubota, mesin jenis ini telah memiliki reputasi yang baik untuk keandalan yang tinggi dan umur

umur panjang dengan berbagai penerapan aplikasi ekstrim. Kinerja yang kuat dan tampak fisik yang kokoh telah membuat mesin ini menjadi pilihan untuk industri skala kecil, pertanian, dan aplikasi pembangkit lainnya. Kapasitas silinder mesin ini adalah 962 cc dengan jumlah ruang bakar 3 silinder. Pada sistem pelumasan bahan bakar, mesin dirancang khusus untuk mesin bahan bakar gas, sehingga dapat mengurangi emisi dan meningkatkan efisiensi rasio kompresi.

2) Power Pallet 20 kW

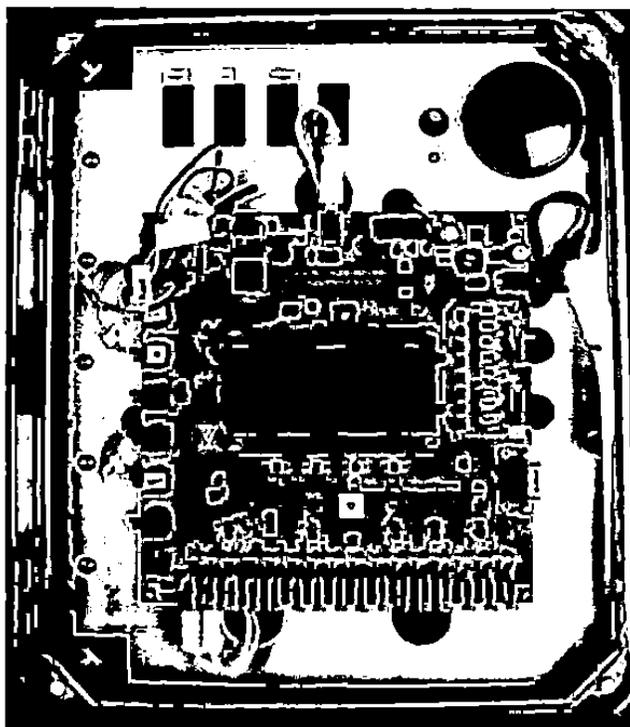


Gambar 2.15. Mesin motor bakar Power Pallet 20 kW
(www.gekgasifier.com)

Untuk Power Pallet 20 kW digunakan mesin motor bakar The Vortec 3.0L dengan kapasitas mesin 2966,59 cc dan memiliki jumlah ruang bakar 4 silinder. Mesin diproduksi khusus untuk industri dan aplikasi laut. GM Powertrain sebagai produsen mesin The Vortec memiliki reputasi yang baik dan telah diakui banyak pihak sebagai produsen mesin-mesin pendukung pada dunia industri karena ketahanan dan keandalan kualitas mesin yang tinggi. Mesin The Vortec 3.0L dibuat dan diproduksi khusus sebagai mesin berbahan bakar gas, dengan kemampuan dan fitur yang berbeda dengan mesin The Vortec lainnya. Perbedaan tersebut antara lain adalah peningkatan rasio kompresi dan pada komponen mekanis katup dan beberapa poros dibuat dari bahan logam khusus untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahan.

2.5.4. Power Control Unit (PCU) Power Pilet

PCU Power Pallet memiliki instrumen yang dirancang khusus untuk otomatisasi konversi panas sebagai persyaratan proses gasifikasi biomassa. PCU merekam sejumlah data termokopel, tekanan, sinyal analog, dan input frekuensi. Terdapat sebuah perangkat *servo driver* yang mampu pembaca arus tinggi searah (DC) dari komponen keluaran generator. Penghubung jaringan PCU ke perangkat lain didukung melalui USB, serial, kartu SD dan CANbus (standar jaringan untuk sistem mesin).



Gambar 2.16. Power Control Unit (PCU)
(www.gekgasifier.com)

PCU sangat ideal untuk aplikasi yang memerlukan pengendalian atau pengontrolan yang terintegrasi, dengan data masukan dan kontrol otomatis. Desain dan jumlah instrumen kontrol pada PCU terdapat pada tabel 2.2 berikut

Tabel 2.2. Bagian-bagian instrumen kontrol PCU

FEATURES (V3.02)	
Processor	Atmel Atmega 1280
Thermocouple Inputs	16 K-type
High/Low Pressure Inputs ($\pm 28''/8''$ H 2O)	4/2
FET Outputs (5 A continuous)	8
Analog Inputs (10-bit, Phidgets connectors)	8
Frequency/Counter Input	1
R/C Hobby Servo Outputs	3
Display (4x20 Character)	YES
4 Button Keypad	YES
MicroSD Slot	YES
CANbus Hardware	YES
RS-232 Interface	YES
Prototype/Expansion Area	YES

Sumber: ALL Power Labs (www.gekgasifier.com)

2.5.5. Bahan bakar Power Pallet

Bahan bakar yang baik untuk Power Pallet adalah bahan bakar yang memiliki sifat ketersediaan terjangkau, kering, dan untuk kayu yang memiliki nilai karbon tinggi. Ukuran bahan bakar yang ideal mulai dari ukuran 0,5" sampai 1,5" (10 mm - 50mm) dalam betuk pelet atau serpihan. Pada tabel 2.3 dapat diamati tipe dan bagaimana perlakuan bahan bakar tersebut sehingga bisa di manfaatkan sebagai bahan bakar Power Pallet

Tabel 2.3. Tipe dan perlakuan bahan bakar Power Pallet

Tipe bahan bakar	Penggunaan	Perlakuan	Ketrangan
Kayu keras	Ya	Biasa	0.5" to 1.5" (10mm – 50mm) chips
Kayu lunak	Ya	Biasa	0.5" to 1.5" (10mm – 50mm) chips
Kulit kacang	Ya	Biasa	Kebutuhan minimal
Tempurung kelapa	Ya	Biasa	Bentuk potongan
Tongkol jagung	Ya	Biasa	Bentuk potongan
Kopi	Ya	Perlakuan	Bentuk pelet
Serbuk gergaji	Ya	Perlakuan	Bentuk pelet
Sekam padi	Tidak		
Jerami	Tidak		
Ampas tebu	Tidak		
Batang jagung	Tidak		
Sampah unggas	Tidak		

Sumber: ALL Labs (www.gekgasifier.com)

2.5.6. Penerapan Power Pallet

Sistem Power Pallet adalah salah satu sistem energi terbarukan yang paling terjangkau dan dapat diterapkan sebagai sumber listrik, diantaranya yaitu pada industri kecil, tower stasiun radio, klinik dan rumah sakit, kehutanan, pertanian, produksi makanan, daerah atau desa-desa terpencil dan sebagai alat pengujian atau penelitian pada dunia pendidikan.

Sistem Power Pallet jauh lebih murah dari pada energi biomassa tenaga surya atau angin. Bila diukur secara ekonomis kisaran harga energi listrik yang dihasilkan adalah 0,02 sampai 0,05 US\$/kWh, jika dibandingkan dengan membangkitkan listrik menggunakan diesel jauh lebih mahal yakni sekitar 0.35

sampai 0,50 US\$/kWh (Sumber: ALL Power Labs). Penggunaan dan pemeliharaan yang sederhana menjadikan Power Pallet adalah sistem pertama dari jenisnya sebagai mesin gasifikasi yang dapat dengan mudah dioperasikan oleh siapapun. Power Pallet dirancang pada skala yang bisa digunakan secara individu atau komunitas dengan sumber bahan bakar biomassa lokal dan berkelanjutan. Hal ini dimungkinkan untuk operasi dan manajemen yang mudah dan tanpa ketergantungan pada rantai pasokan biomassa skala besar, sehingga memungkinkan operasi di lokasi terpencil dan negara-negara berkembang.