

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Penelitian Terdahulu**

Pada penelitian ini penulis mencari acuan dari riset-riset sebelumnya, seperti tercantum di bawah ini :

Tampubolon (2008) dalam jurnalnya yang berjudul “kayu sebagai sumber energi” menjelaskan tentang penggunaan energi terbarukan (*renewable energy*) dalam konteks diversifikasi energi sangat strategis karena sejalan dengan pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) dan ramah lingkungan (emisi gas rumah kaca relatif rendah). Hal ini sejatinya sudah diakomodasikan dalam Peraturan Presiden No.5/2006 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN). Energi biomassa, khususnya kayu bakar, masih merupakan sumber energi dominan bagi masyarakat pedesaan yang pada umumnya berpenghasilan rendah. Diperkirakan 50% penduduk Indonesia menggunakan kayu bakar sebagai sumber energi dengan tingkat konsumsi 1,2 m<sup>3</sup>/orang/tahun. Selain itu, sekitar 80% sumber energi masyarakat pedesaan diperoleh dari kayu bakar (Departemen ESDM, 2005), khususnya untuk memasak. Hal ini menuntut Kementerian Kehutanan untuk proaktif memfasilitasi dan mensosialisasikan energi biomassa secara luas kepada masyarakat. Jika tidak dilakukan, kemungkinan akan menimbulkan ancaman peningkatan degradasi hutan akibat pengambilan kayu yang tidak memperhatikan asas kelestarian seperti yang telah terjadi pada hutan-hutan muda yang dikelola Perhutani di Jawa.

Zulkifliani (2011) dalam laporannya menjelaskan tentang salah satu pelopor biomassa yaitu PT. Harjhon Timber sebagai penerima Penghargaan Energi Pratama Tahun 2011 yang ditetapkan dengan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 2231 K/74/MEM/2011 Tanggal 27 September 2011 tentang Penerima Penghargaan Energi Prakarsa tahun 2011. PT.Harjhon Timber dalam lampiran Keputusan Menteri ESDM tersebut dinyatakan berjasa luar biasa memprakarsai untuk pertama kali bagi industri *plywood* di Kalimantan Barat untuk mengembangkan limbah kayu olahan sebagai bahan bakar PLTU, dengan menunjukkan keberhasilannya membangun PLTU berkapasitas 7,5 Mega

Watt di Pontianak dan diikuti di Ketapang berkapasitas 7 Mega Watt, yang diharapkan berdampak besar terhadap pembangunan Sektor Energi dan Sumber Daya Mineral secara luas kepada Masyarakat, Bangsa, dan Negara. Limbah biomassa yang dihasilkan dari proses produksi pabrik kayu setiap harinya ber jumlah besar dan penanganannya memerlukan biaya yang tidak kecil. Untuk mengatasi masalah limbah biomassa ini PT. Harjhon Timber mendirikan unit pembangkit listrik tenaga uap yang menggunakan bahan bakar biomassa limbah kayu. Satu sisi limbah yang dihasilkan pabrik bisa dimusnahkan dan di sisi lain dari proses pengolahan ini dihasilkan energi listrik yang dapat digunakan kembali oleh pabrik yang sebelumnya menggunakan minyak diesel sebagai bahan bakar pembangkit listriknya. Pemanfaatan limbah biomassa untuk menghasilkan energi listrik memberikan dampak yang signifikan terhadap efisiensi biaya produksi pabrik, yaitu mencapai 50%.

## **2.2. Dasar Teori**

Jepara sudah identik dengan kerajinan ukir. Kerajinan ukir tersebut kini telah berkembang menjadi industri, terutama industri mebel. Industri mebel di Jepara tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan pasar domestik, tetapi juga melayani pasar internasional. Cikal bakal industri tersebut sudah muncul sejak ratusan tahun yang lalu sehingga pemusatan industri dilakukan secara geografis dengan industri pendukung yang kita kenal sebagai klaster (cluster) Industri. kalau dilihat dari segi omset maupun jumlah tenaga kerja yang terserap di dalamnya, Jepara merupakan klaster terbesar di Indonesia. Kabupaten ini memiliki diferensiasi sebagai pusat klaster industri mebel ukir. Sentra industri mebel ukir tersebar di 13 kecamatan di Jepara. Menurut catatan pemerintah, tahun 2004 di jepara terdapat 3.539 unit produksi unit usaha mebel. Itu merupakan unit usaha yang terdaftar pada Dinas Perindustrian, perdagangan, koperasi, penanaman modal. Di luar itu, diperkirakan masih terdapat 15.000 unit usaha dengan skala kecil. Selain talenta, cluster Jepara didukung oleh tersedianya pasokan bahan baku kayu jati, mahoni dan jenis kayu lainnya dari daerah seputar Jepara. Kayu tersebut bisa didapatkan dari Perhutani, pedagang kayu, maupun hutan rakyat. Daerah penghasil kayu yang selama ini memasok kayu untuk mebel Jepara adalah

Boyolali, Blora, Kendal, Klaten, Pemalang, Rembang, dan Sragen. Namun belakangan ini kayu jati menjadi langka karena kebijakan Perhutani yang membatasi volume tebang kayu jati, sedangkan, permintaan pasar yang terus meningkat membutuhkan pasokan dalam jumlah besar. Berikut data jenis – jenis kayu yang dipakai didaerah jepara yang disajikan dalam tabel.

Tabel 2.1. Data kebutuhan kayu per tahun di daerah jepara

NO.	Jenis kayu	Kebutuhan m <sup>3</sup> /th
1	Jati	800.000
2	Mahoni	750.000
3	Sengon	750.000
4	Trembesi	750.000
5	Akasia	750.000
6	Sonokeling	750.000

Sumber : Herman kertajaya (2008)

### 2.2.1 Nilai Kalor dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya

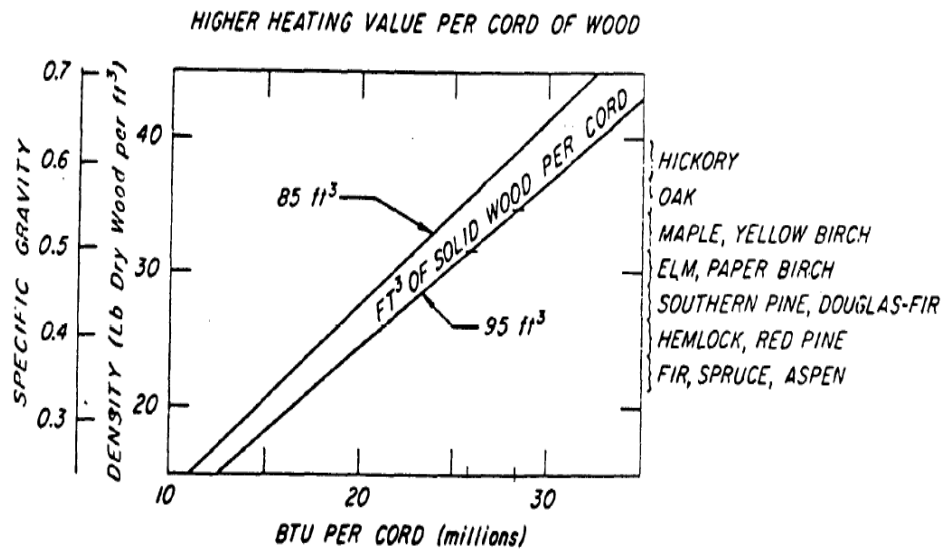
. Nilai kalor kayu ditentukan oleh berat jenis kayu, kadar air, dan komposisi kimia kayu khususnya kadar lignin dan kadar ekstraktif.

#### A. Berat Jenis Kayu

Definisi berat jenis kayu adalah perbandingan antara kerapatan kayu yang diukur atas dasar berat kering tanur dan volume pada kandungan air yang telah ditentukan dengan kerapatan air pada suhu 4°C. Berat jenis kayu dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu dimensi serat, letak kayu awal dan kayu akhir, persentase selulosa dan lignin serta kandungan ekstraktif yang ada dalam kayu (Hygreen dan Bowyer, 1996).

Ada perbedaan berat jenis kayu antara *softwood* dan *hardwood*. *Softwood* dan *hardwood* bisa dibedakan secara nyata dengan melihat atau membandingkan struktur anatomi kayunya. *Softwood* tidak memperlihatkan pori atau pembuluh sedangkan *hardwood* menampakkan pori pada irisan atau bidang pengamatan kayu. *Softwood* terdiri atas lebih dari 90% trakeid sedangkan *hardwood* terdiri atas sel-sel yang lebih banyak dan kompleks, seperti pembuluh, parenkim, jari –

jari, serat dan lainnya. Pada *softwood*, berat jenis kayu ditentukan oleh trakeid sedangkan pada kayu daun ditentukan oleh porsi sel yang terbanyak. Berdasarkan pernyataan di atas, dapat dikatakan bahwa *softwood* cenderung memiliki berat jenis kayu lebih tinggi daripada *hardwood*. Dalam kimia kayu, berat jenis menunjukkan jumlah lignoselulosa pada volume kayu tertentu (Prayitno, 2007).



Sumber : Baker (1983)

Gambar 2.1. Grafik hubungan antara berat jenis kayu dengan nilai kalor

Berat jenis berpengaruh terhadap nilai kalor yang dihasilkan oleh kayu sebagai sumber energi. Dari Gambar 1. diketahui bahwa semakin tinggi berat jenis suatu biomassa, semakin tinggi pula nilai kalor yang dihasilkan. Dengan demikian, *softwood* cenderung memiliki nilai kalor lebih tinggi daripada *hardwood*.

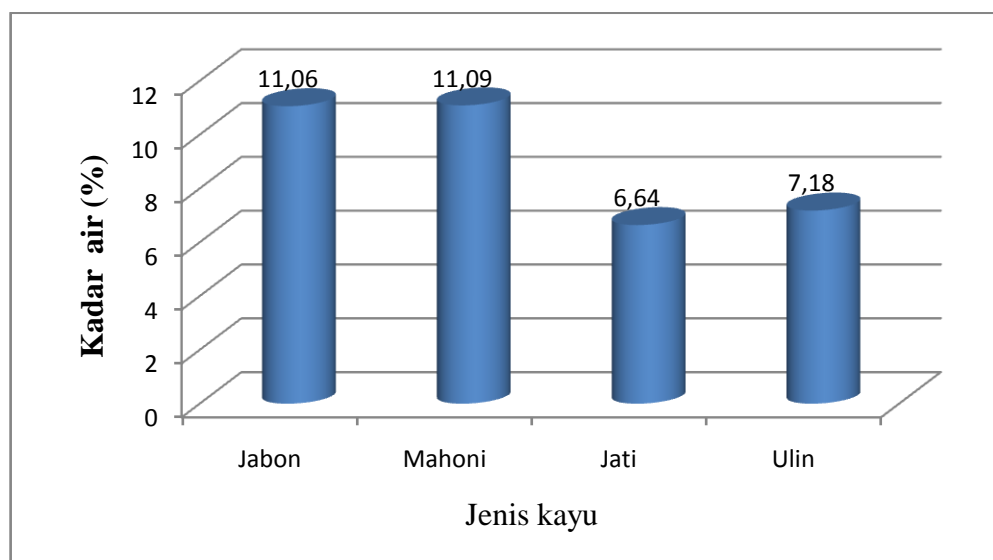
#### B. Kadar Air

Salah satu faktor yang perlu dipertimbangkan ketika menggunakan biomassa sebagai energi adalah kadar air. Saputro *et al.* (2012) menyatakan bahwa kadar air berhubungan langsung dengan nilai kalor yang dihasilkan. Kadar air yang tinggi akan mengakibatkan penurunan nilai kalor dan semakin tinggi kadar air suatu bahan maka nilai kalor yang dihasilkan akan semakin rendah (Haygreen & Bowyer 1986). Hal ini disebabkan panas yang dihasilkan terlebih dahulu digunakan untuk menguapkan air dalam bahan bakar sebelum menghasilkan

panas yang dapat digunakan sebagai panas pembakaran, sehingga energi yang dihasilkan oleh bahan bakar menjadi lebih kecil.

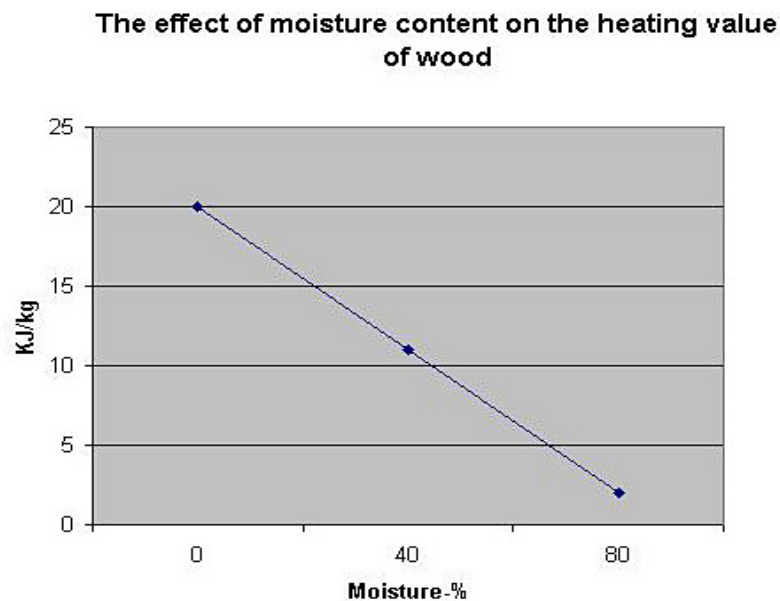
Kadar air kayu dapat beragam antar jenis kayu dalam satu jenis dan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (Tsoumis 1991). Kadar air kayu basah dipengaruhi oleh kerapatan kayu, sedangkan kadar air kering udara dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, khususnya kelembaban udara. Kadar air kondisi kering udara dari kayu yang diuji berkisar 6.64-11.09% (Gambar 2). Kayu mahoni memiliki kadar air tertinggi (11.09%) dan kayu jati memiliki kadar air terendah (6.64%).

Berdasarkan nilai kadar airnya, keenam jenis kayu yang diuji termasuk kategori bahan energi biomassa yang baik. Cahyono *et al.* (2008) mendapatkan nilai kalor yang optimum pada kayu kering udara berkadar air 12% dengan nilai kalor sekitar 4000 kkal/kg. Sementara itu, Rajvanshi (1986); Ragland dan Aerts (1991) menyatakan bahwa secara umum, kayu sebagai bahan baku energi biomassa sebaiknya berkadar air lebih rendah dari 20% sehingga akan memudahkan pada tahap pengeringan dan tidak banyak energi terbuang. Semakin tinggi kadar air kayu maka akan menyulitkan pembakaran awal dan lebih banyak kalor yang dibutuhkan untuk mengeluarkan air menjadi uap sehingga efisiensi konversi energi rendah. Cahyono *et al.* (2008) mengestimasi bahwa peningkatan 1% kadar air kayu dapat menurunkan nilai kalor kayu sekitar 50 kkal/kg.



Gambar 2.2. Kadar air pada beberapa jenis kayu bahan baku energi

Berdasarkan penelitian Huhtinen (2005), kadar air berpengaruh signifikan terhadap nilai kalor bersih. Hubungan antara kadar air dengan nilai kalor dapat dilihat pada Gambar 3. berikut ini :



*Gambar2.3.* Grafik hubungan antara kadar air dengan nilai kalor

Dari Gambar 3. di atas diketahui bahwa hubungan antara kadar air dan nilai kalor berbanding terbalik. Semakin tinggi kadar air kayu maka semakin rendah nilai kalornya.

Menurut Soeparno (2000) dalam Prawirohatmodjo (2004), kadar air kayu sangat menentukan kualitas arang yang dihasilkan. Arang dengan nilai kadar air rendah cenderung memiliki nilai kalor tinggi dan menunjukkan arang ini dihasilkan dari jenis kayu yang memiliki kadar air rendah. Dalam proses karbonisasi, makin tinggi kadar air kayu maka makin banyak pula kalor yang dibutuhkan untuk mengeluarkan air dalam kayu tersebut menjadi uap sehingga energi yang tersisa dalam arang menjadi lebih kecil.

Panas sesungguhnya yang dihasilkan pada pembakaran kayu basah lebih rendah daripada nilai  $H$ . Hal ini dikarenakan sebagian panas dipakai untuk

mengeluarkan air dan menguapkannya. Rumus yang mendekati nilai bakar kayu yang sesungguhnya adalah :

$$\text{BTU per pon kayu} = \frac{H \times 100 - \left(\frac{Ka}{7}\right)}{100 + Ka}$$

Dimana :

H = panas pembakaran kayu

Ka = kadar air kayu dalam persen

Nilai kalor kering udara  $\pm 15\%$  lebih rendah daripada kayu kering tanur. Pengaruh kadar air dapat ditaksir dari persamaan berikut :

$$H = \frac{4.500 - 600 Ka}{1 + Ka}$$

Dimana :

H = nilai kalor kayu pada kadar air Ka (kkal/kg)

Ka = kadar air kayu dalam persen dari berat kayu kering tanur (dalam tangensial)

atau dari hubungan persamaan berikut

$$H = Hd - (0,0114 Hd \times Ka)$$

Dimana :

H = nilai kalor kayu pada kadar air Ka (kkal/kg)

Hd = nilai panas kayu kering tanur (kkal/kg)

Ka = kadar air kayu (dalam persen dari berat basah)

Kadar air dari bahan bakar kayu bervariasi dari 20 – 65% dan dipengaruhi oleh kondisi iklim, waktu, spesies pohon, bagian batang, dan fase penyimpanan. Biasanya cukup menggunakan kadar air 40% sebagai standar ketika nilai energi per luas area diperkirakan. Kadar air sekitar 70 – 80% tidak mendukung proses pembakaran. Penguapan air memerlukan energi dari proses pembakaran (0,7 kWh atau 2,6 MJ per kilogram air) (Huhtinen, 2005).

### C. Komposisi Kimia Kayu

Menurut Tillman (1976), komponen penyusun kimia kayu memberikan nilai kalor yang berbeda, yaitu :

- a. Nilai kadar holoselulosa : 7.567 BTU/lb (17.600 J/kg)
- b. Nilai kadar lignin : 11.479 BTU/lb (26.700 J/kg)
- c. Nilai kadar ekstraktif : 11.500 BTU/lb (26.749 J/kg)

Daridata di atas diketahui bahwa holoselulosa, lignin, dan ekstraktif memberikan kontribusi yang berbeda-beda terhadap nilai kalor, khususnya lignin dan ekstraktif memiliki nilai kalor lebih besar daripada holoselulosa. Menurut Prawirohatmodjo (2004), pengaruh susunan kimia berasal dari lignin yang memiliki nilai kalor lebih tinggi ( $\pm 6.100$  kkal/kg) dibandingkan dengan selulosa (4.150 – 4.350 kkal/kg). Untuk mendapatkan kayu dengan kadar lignin tinggi, dapat dilakukan upaya pemuliaan tanaman, rekayasa genetika, mengatur waktu pemanenan dimana pemanenan hanya dilakukan pada pohon yang telah mengalami tahapan pengerasan dinding sel.

Sementara itu, adanya resin dalam kayu mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan. Kayu yang mengandung resin memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dibanding dengan kayu yang tidak beresin. Sebagai contoh, oleoresin mempunyai nilai kalor tinggi (8.500 kkal/kg) (Haygreen *et al.*, 2003). Oleh karena itu, kayu jarum (pinus) yang mengandung resin mempunyai nilai kalor yang lebih tinggi. Rata-rata kandungan kimia dari kayu energi disajikan pada Tabel 1. berikut ini :

Tabel 2.2. Rata-rata Kandungan Kimia dalam Kayu Energi

<b>Kandungan Kimia</b>	<b>Persentase Berat Kering (%)</b>
Karbon	45 – 50 (11 – 15% padat, 35% volatile)
Hidrogen	6,0 – 6,5
Oksigen	38 – 42
Nitrogen	0,1 – 0,5
Sulfur	Maks. 0,05

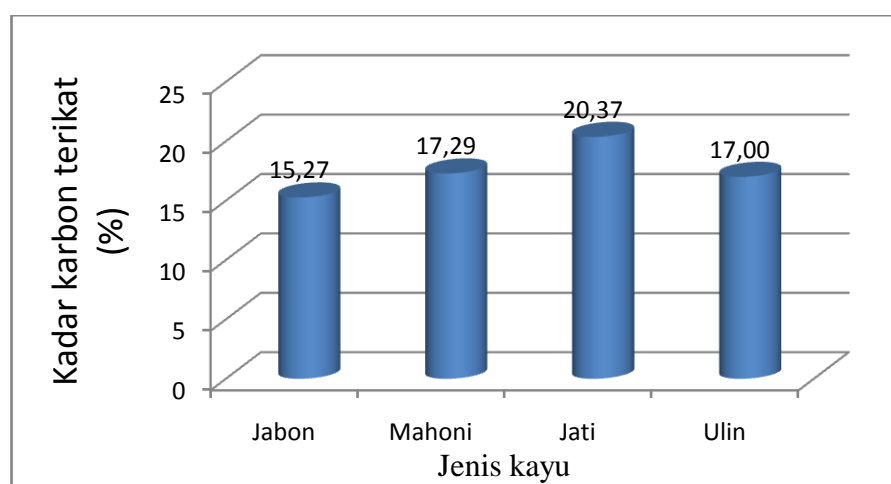
Sumber : Huhtinen (2005)



#### D. Kadar Karbon Terikat dan Kadar Abu

##### Kadar Karbon Terikat

Karbon terikat (*fixed carbon*) didefinisikan sebagai fraksi karbon dalam biomassa selain fraksi abu, air, dan zat terbang (Saputro *et al.* 2012). Kadar karbon terikat mempunyai peranan yang penting dalam menentukan kualitas bahan bakar karena dapat mempengaruhi besarnya nilai kalor yang dihasilkan. Kadar karbon terikat jenis kayu yang diuji berkisar 15.27- 20.37% (Gambar 4).



Gambar 2.4. Kadar karbon terikat pada beberapa jenis kayu bahan baku energi

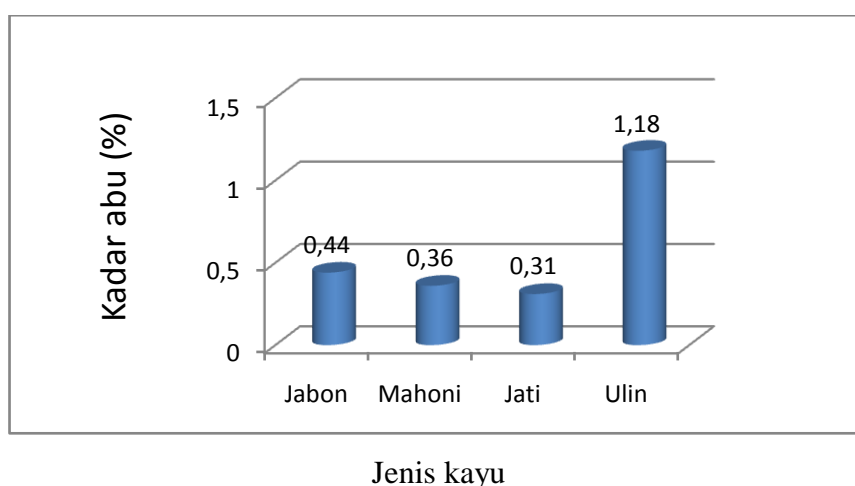
Kayu jati memiliki kadar karbon terikat tertinggi yaitu sebesar 20.37% dan kayu balsa memiliki nilai karbon terikat terendah yaitu sebesar 15.27%. Kadar karbon terikat untuk energi biomassa minimal 16% (Stahl *et al.* 2004), sehingga sebagian besar jenis kayu yang diuji tergolong baik untuk sumber energi biomassa kecuali kayu jabon dan balsa. Kadar karbon terikat dipengaruhi oleh kadar abu dan kadar zat terbang. Semakin tinggi kadar zat terbang dan abu maka kandungan karbon terikat semakin rendah

Kadar karbon terikat tinggi akan meningkatkan nilai kalor yang dihasilkan, sedangkan kadar karbon terikat yang rendah menunjukkan bahwa kualitas bahan bakar yang kurang baik (Saputro *et al.* 2012). Faktor yang mempengaruhi kadar karbon terikat dalam kayu adalah selulosa (Satmoko *et al.* 2013) terutama selulosa kristalin, dan lignin (Basu 2010). Hal ini disebabkan komponen lignin disusun oleh karbon aromatik dan selulosa memiliki fraksi kristalin. Oleh sebab itu,

penilaian mutu bahan energi biomassa dapat pula didasarkan pada kadar komponen kimianya (selulosa, hemiselulosa, dan lignin) atau unsur penyusunnya yaitu karbon, hidrogen, dan oksigen (Basu 2010).

#### Kadar Abu

Informasi mengenai kadar abu biomassa untuk bahan energi diperlukan sebagai penduga kualitas dari bahan bakar. Jamilatun (2011) menyatakan bahwa abu yang terkandung dalam bahan bakar padat adalah mineral yang tidak dapat terbakar dan tertinggal setelah proses pembakaran. Satmoko *et al.* (2013) menyatakan bahwa abu yang tersisa pada proses pembakaran sudah tidak memiliki unsur karbon lagi. Kadar abu jenis kayu yang diteliti tergolong cukup rendah berkisar 0.31-1.18% (Gambar 5). Tsoumis (1991) menyatakan bahwa kadar abu untuk kayu daun lebar berkisar 0.1-5.4%.



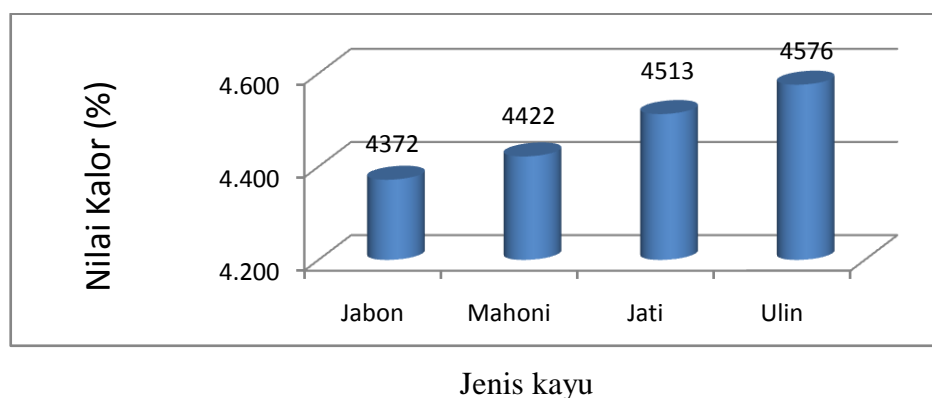
Gambar 2.5. Kadar abu pada beberapa jenis kayu bahan baku energi

Faktor jenis kayu sangat berpengaruh terhadap tinggi rendahnya kadar abu yang dihasilkan. Kadar abu tertinggi terdapat pada kayu ulin yaitu sebesar 1.18% dan terendah pada kayu jati sebesar 0.31%. Hal ini dapat disebabkan jenis kayu yang di uji memiliki komposisi kimia dan jumlah mineral yang berbeda-beda sehingga mengakibatkan kadar abu yang dihasilkan berbeda pula (Hendra & Winarni 2003). Komponen utama abu pada kayu tropis diantaranya kalium, kalsium, magnesium, dan silika (Haygreen & Bowyer 1986).

Fang *et al.* (2013) menyatakan bahwa untuk bahan bakar biomassa berkadar abu tinggi sangat tidak diharapkan karena berpengaruh terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Selain itu, kadar abu tinggi juga beresiko terbentuknya endapan atau kerak mineral pada saat pembakaran, sehingga dapat meninggalkan kotoran pada permukaan tungku, korosi, dan menurunkan konduktivitas termal yang dapat menurunkan kualitas pembakaran (Saputro *et al.* 2012). Bahan baku energi biomassa dengan kadar abu kurang dari 5% termasuk kategori bahan energi biomassa yang baik karena tidak menyebabkan pembentukan kerak mineral (Rajvanshi 1986).

#### Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan indikator utama dalam menentukan kualitas bahan baku untuk sumber energi yang bergantung pada komposisi kimia, kadar air, dan kandungan abu pada kayu (Silva *et al.* 2011). Nilai kalor kayu merupakan hasil interaksi dari berbagai komponen kimia penyusun kayu dan air. Nilai kalor jenis kayu yang diuji berkisar 4243-4576 kkal/kg. Kayu ulin memiliki nilai kalor tertinggi dan kayu balsa memiliki nilai kalor terendah (Gambar 6). Menurut Basu (2010) nilai kalor dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan kadar karbon. Persentase kadar air yang rendah dapat meningkatkan nilai kalor yang dihasilkan, sehingga kadar air menjadi salah satu penduga kualitas biomassa untuk sumber energi (Zanuncio *et al.* 2013). Nilai kalor yang tinggi akan membuat laju pembakaran menjadi lebih efisien dan dapat menghemat kebutuhan bahan baku yang digunakan (Jamilatun 2008). Hal ini disebabkan laju pembakaran semakin lambat dengan meningkatnya nilai kalor (Tiruno & Sabit 2011).



Gambar 2.6. Nilai kalor pada beberapa jenis kayu bahan baku energy

Nilai kalor pada jenis kayu yang diuji dipengaruhi oleh kadar karbon terikat. Semakin tinggi kadar karbon terikat maka nilai kalor yang dihasilkan semakin tinggi. Kadar karbon terikat tersebut dipengaruhi oleh kadar zat terbang dan abu. Semakin tinggi kadar zat terbang dan abu maka karbon terikat yang dihasilkan semakin rendah.

### **2.2.2 Biomass**

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan (Trisna Dasa Wardana 2012). Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk tujuan primer serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Umum yang digunakan sebagai bahan bakar adalah biomassa yang nilai ekonomisnya rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya .

Awalnya, biomassa dikenal sebagai sumber energi ketika manusia membakar kayu untuk memasak makanan atau menghangatkan tubuh pada musim dingin. Kayu merupakan sumber energi biomassa yang masih lazim digunakan tetapi sumber energi biomassa lain termasuk bahan makanan hasil panen, rumput dan tanaman lain, limbah dan residu pertanian atau pengolahan hutan, komponen organik limbah rumah tangga dan industri, juga gas metana sebagai hasil dari timbunan sampah.

Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*).

Di Indonesia, biomassa merupakan sumber daya alam yang sangat penting dengan berbagai produk primer sebagai serat, kayu, minyak, bahan pangan dan lain-lain yang selain digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik juga diekspor dan menjadi tulang punggung penghasil devisa negara.

Potensi biomassa di Indonesia yang bisa digunakan sebagai sumber energi jumlahnya sangat melimpah. Limbah yang berasal dari hewan maupun tumbuhan semuanya potensial untuk dikembangkan. Tanaman pangan dan perkebunan menghasilkan limbah yang cukup besar, yang dapat dipergunakan untuk keperluan lain seperti bahan bakar nabati. Pemanfaatan limbah sebagai bahan bakar nabati memberi tiga keuntungan langsung. Pertama, peningkatan efisiensi energi secara keseluruhan karena kandungan energi yang terdapat pada limbah cukup besar dan akan terbuang percuma jika tidak dimanfaatkan. Kedua, penghematan biaya, karena seringkali membuang limbah bisa lebih mahal dari pada memanfaatkannya. Ketiga, mengurangi keperluan akan tempat penimbunan sampah karena penyediaan tempat penimbunan akan menjadi lebih sulit dan mahal, khususnya di daerah perkotaan.

Pemanfaatan limbah, biomassa sebagai produk utama untuk sumber energi juga akhir-akhir ini dikembangkan secara pesat. Kelapa sawit, jarak, kedelai merupakan beberapa jenis tanaman yang produk utamanya sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Sedangkan ubi kayu, jagung, sorghum, sago merupakan tanaman-tanaman yang produknya sering ditujukan sebagai bahan pembuatan bioethanol.

Biomassa bisa digunakan sebagai bahan bakar maka diperlukan teknologi untuk mengkonversinya. Terdapat beberapa teknologi untuk konversi biomassa. Teknologi konversi biomassa tentu saja membutuhkan perbedaan pada alat yang digunakan untuk mengkonversi biomassa dan menghasilkan perbedaan bahan bakar yang dihasilkan.



Gambar 2.7. Contoh Limbah Biomassa

Secara umum teknologi konversi biomassa menjadi bahan bakar dapat dibedakan menjadi tiga yaitu pembakaran langsung, konversi termokimiawi dan konversi biokimiawi. Pembakaran langsung merupakan teknologi yang paling sederhana karena pada umumnya biomassa telah dapat langsung dibakar. Beberapa biomassa perlu dikeringkan terlebih dahulu dan didensifikasi untuk kepraktisan dalam penggunaan. Konversi termokimiawi merupakan teknologi yang memerlukan perlakuan termal untuk memicu terjadinya reaksi kimia dalam menghasilkan bahan bakar. Sedangkan konversi biokimiawi merupakan teknologi konversi yang menggunakan bantuan mikroba dalam menghasilkan bahan bakar.

Maka dari itu, agar kelangkaan bahan bakar minyak (BBM) dapat diatasi sudah saatnya pemerintah dan masyarakat petani untuk mengembangkan lahan pangan sebaik mungkin dalam menggalakan biomasa sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Selain itu juga keterlibatan pihak peneliti dan perusahaan besar maupun swasta juga sangat diperlukan dalam mengembangkan sumber energi ini yang nantinya dapat dapat mengantisipasi kelangkaan BBM khususnya di Indonesia dimasa yang akan datang.

### 2.2.3 Pengelolaan Sumberdaya Biomassa

Yang termasuk sumberdaya biomassa adalah semua bahan organik yang pada dasarnya dapat di perbarui termasuk tanaman dan pohon khusus untuk energi tersebut, tanaman pangan, sampah dan sisa tanaman pertanian, sisa dan sampah

kehutanan, tanaman air, kotoran hewan dan sampah perkotaan, dan material sampah lain. Penanganan material, logistik dan infrastuktur pengumpulan merupakan aspek penting dalam rantai suplai sumber daya biomassa.

Sumber-sumber biomassa antara lain:

a. Tanaman khusus energi

Berupa tanaman hijau yang dapat di panen setiap tahun setelah menunggu 2-3 tahun untuk mencapai produktivitas penuh, antara lain tanaman rumput-rumputan seperti semak, *meschantus* (rumput gajah), bambu, tebu, tanaman gandum dsb.

b. Pohon Khusus Energi

Kayu siklus pendek merupakan pohon berkayu keras yang cepat tumbuh dan di panen dalam 5-8 tahun setelah penanaman. Umumnya berupa pohon hibrida.

c. Tanaman Industri

Tanaman industri di kembangkan untuk menghasilkan material atau bahan kimia khusus untuk industri, antara lain *kenaf* dan jerami untuk serat optik, dan pohon jarak untuk untuk asam *ricinoleic*. Tanaman transgenik baru sedang di kembangkan untuk menghasilkan bahan kimia yang di inginkan yang hanya membutuhkan ekstraksi dan pemurnian produk.

d. Tanaman pertanian

Yang termasuk dalam cadangan makanan ini antara lain produk bahan pokok seperti tepung jagung dan minyak jagung, minyak dan bahan makanan dari kacang kedelai, tepung terigu, minyak sayur lain, dan semua tanaman bahan pokok lainnya. Umumnya bahan-bahan tersebut menghasilkan gula, minyak dan bahan-bahan baku, namun dapat juga menghasilkan plastik dan bahan-bahan kimia.

e. Tanaman air

Ada banyak variasi sumber daya biomassa air seperti ganggang, rumput laut, dan mikroflora laut.

f. Sisa-sisa tanaman pertanian

yang termasuk di sini adalah biomassa, batang dan daun, yang tidak di panen atau di buang dari ladang kerana alasan komersil, misalnya sisa jagung (batang, daun, kulit buah, dan tongkol jagung), jerami gandum, dan jerami padi.

g. Sisa-sisa hasil hutan

Sisa-sisa hasil hutan adalah biomassa yang tidak di manfaatkan atau di buang dari lokasi pengolahan kayu baik dari pengolahan komersil maupun dari operasi manajemen kehutanan seperti tebang pilih dan pembuangan tunggul-tunggul kayu.

h. Sampah perkotaan

Sampah-sampah rumah tangga, pasar dsb memiliki kandungan yang berasal dari material organik yang merupakan sumber daya energi terbarukan. Sampah kertas, kardus, sampah kayu dan sampah di halaman rumah adalah contoh sumber daya biomassa dalam sampah perkotaan.

i. Sisa pengolahan biomassa

Semua pengolahan biomassa menghasilkan produk sampingan dan aliran sampah yang di sebut limbah, yang memiliki potensi energi. Sisa-sisa tersebut gampang di gunakan karena telah di pilih, sebagai contoh pemrosesan kayu untuk produk atau pulp menghasilkan sisa gergajian dan tumpukan kulit kayu, ranting-ranting dan daun-daun / biji-bijian.

j. Kotoran hewan

Ladang dan operasi pemrosesan hewan, membuang sampah yang merupakan sumber kompleks material organik. Sampah ini dapat di gunakan untuk membuat berbagai produk termasuk energi.

Peningkatan dalam bidang pertanian akan membawa peningkatan hasil-hasil biomassa, pengurangan biaya pengolahan dan peningkatan kualitas lingkungan. Elemen kuncinya antara lain teknologi genetika tanaman dan pemuliaan, teknik analitik dan evaluasi baru serta pengembangan alat bantu untuk memungkinkan penentuan tanaman yang tepat untuk di tanam.

Sistem penanganan material biomassa, merupakan bagian yang cukup besar dalam modal investasi dan biaya operasi dalam fasilitas konversi energi bio. Kebutuhannya tergantung pada tipe biomassa yang akan di olah dalam teknologi konversi seperti halnya kebutuhan gudang cadangan makanan, diantaranya penyimpanan biomassa, penanganan, pengangkutan, pengurangan ukuran, pembersihan, pengeringan serta peralatan dan sistem pencedokannya.



### 2.2.4 Biopower

Teknik biopower telah terbukti merupakan salah satu pilihan pembangkitan listrik di negara Amerika Serikat dengan kapasitas terpasang sebesar 10 GW( bandingkan dengan kapasitas terpasang Jawa-Bali15 GW ). Semuanya berdasar pada teknologi *mature direct-combustion*. Pengembangan untuk efisiensi di masa mendatang adalah pembangkar biomassa bersama-sama dalam boiler batubara eksisting dan pengenalan sistem *combined-cycle* gasifikasi efisiensi tinggi, sistem fuel cell, dan sistem modular.

Teknologi pemanfaatan biomassa untuk energi atau cadangan energi berdasar pada sistem:

a. Pembakaran langsung

Pembakaran langsung melibatkan pembakaran biomassa dengan udara berlebihan, menghasilkan gas asap panas yang digunakan untuk menghasilkan uap di dalam bagian pertukaran panas dari boiler. Uap digunakan untuk menghasilkan listrik dalam generator turbin uap.

b. Pembakaran bersama

Pembakaran bersama mengarah pada penggunaan biomassa dalam boiler pembakar batubara efisiensi tinggi sebagai sumber energi tambahan. Pembakaran bersama sudah dievaluasi untuk berbagai teknologi boiler termasuk batubara bubuk, *cyclone*, *fluidized bed* dan *spreader stokers*. Untuk perusahaan utilitas dan pembangkitan dengan sistem pembakaran batubara, pembakaran bersama dengan biomassa dapat merepresentasikan salah satu pilihan energi terbarukan berbiaya rendah.

c. Gasifikasi

Gasifikasi biomassa untuk menghasilkan energi melibatkan pemanasan biomassa dalam lingkungan beroksigen rendah untuk menghasilkan gas berkalori sedang atau rendah. Biogas ini kemudian digunakan sebagai bahan bakar dalam unit pembangkit listrik *combined cycle* yang terdiri atas turbin gas di siklus atas dan turbin uap di siklus bawah.

Limbah kayu mempunyai kandungan kalori yang rendah, sehingga diperlukan tungku pembakaran yang efisien karena besarnya massa bahan bakar

yang harus dimasukkan ke dalamnya. Hal inilah yang menjadi penyebab mengapa PLTU Biomassa memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan batubara. Dalam hal ini, perlu dipertimbangkan pencampuran (*blending*) dengan biomassa/material yang memiliki kandungan kalori yang lebih tinggi. Kondisi rendahnya kalori yang dikandung material biomassa mengharuskan penggunaan boiler khusus dengan tempat pembakaran bervolume lebih besar dibandingkan bahan bakar batubara yang kandungan kalornya 2 kali lebih tinggi, menyebabkan biaya pembangunan PLTU Biomassa akan lebih tinggi dibandingkan PLTU Batubara.

Walaupun secara kasar dipandang kurang ekonomis, ada beberapa pertimbangan yang mendukung kelayakan realisasi PLTU Biomassa antara lain:

1. Ketersediaan bahan bakar di alam dapat dikatakan tidak terbatas, karena merupakan bahan terbarukan.
2. Untuk tujuan yang khusus seperti pertimbangan sosial dan lingkungan misalnya masalah sampah atau limbah yang akan menjadi masalah besar terhadap masyarakat di masa mendatang.
3. Kontribusi yang lebih kecil terhadap pencemaran dan efek rumah kaca di bandingkan batubara.

### **2.2.5 Aspek pengembangan**

#### **a. Kombinasi panas dan listrik**

Kombinasi panas dan listrik ini merupakan co-generation yang memberikan efisiensi tinggi dengan menggunakan listrik dan keluaran panas pembakaran biomassa tersebut untuk industri.

#### **b. Sistem listrik modular**

Sistem energi kecil dapat digunakan dalam sistem perkebunan dan secara umum menghasilkan listrik di lokasi yang dekat konsumen, suatu konsep yang dikenal dengan pembangkitan terdistribusi (*distributed generation*). Teknologi PLTU Biomassa telah digunakan di Indonesia khususnya pada skala pemakaian sendiri. Sudah mulai dikembangkan di Indonesia untuk skala utilitas. Saat ini, PLN telah merencanakan pembangunan PLTU Biomassa di Jakarta untuk mengurangi permasalahan sampah di Jakarta.

### 2.2.6 Aspek Lingkungan

Teknologi bioenergi lebih ramah terhadap lingkungan di bandingkan teknologi konvensional yang bersumber dari bahan bakar fosil. Saat ini bahan bakar fosil memberikan kontribusi terbesar terhadap masalah lingkungan seperti gas-gas rumah kaca, polusi udara dan kontaminasi air tanah. Teknologi biomassa dapat membantu kita untuk menghilangkan pola pemakaian energi konvensional untuk meningkatkan kualitas lingkungan hidup.

a. Kualitas udara

Penggunaan bioenergi dapat mengurangi emisi  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , dan polutan udara lainnya terkait dengan penggunaan bahan bakar fosil.

b. Perubahan iklim global

Peningkatan emisi dan gas-gas rumah kaca dari penggunaan bahan bakar fosil, khususnya  $\text{CO}_2$ , telah membuat rumah kaca semakin tinggi yang umum di sebut perubahan iklim global atau pemanasan global.

c. Konservasi tanah

Isu konservasi tanah terkait dengan produksi biomassa antara lain pengendalian erosi tanah, penyimpanan makanan, dan stabilisasi pinggir sungai.

d. Konservasi air

Siklus hidup teknologi biomassa dapat memberikan dampak terhadap stabilitas batas air, kualitas air tanah, aliran dan kualitas permukaan dan penggunaan air setempat untuk irigasi pertanian dan atau kebutuhan fasilitas pengolahan.

e. Keaneragaman hayati dan perubahan habitat

Keaneragaman hayati merupakan keragaman genetika dan spesies makhluk hidup dalam area atau wilayah tertentu. Perubahan penggunaan lahan untuk menunjang peningkatan produksi biomassa dapat menyebabkan perubahan habitat dan tingkat keragaman hayati.

### 2.2.7 Potensi Energi Biomassa

Gasifikasi adalah konversi termal dari limbah biomassa / sampah padat untuk dijadikan gas bakar. Di dalam proses gasifikasi, proses pembakaran dari biomassa dilakukan dengan mengalirkan oksigen dalam jumlah tertentu agar dihasilkan gas bakar. Gas yang dihasilkan memiliki nilai kalor medium dan dapat digunakan untuk menjalankan motor bakar atau bahan bakar boiler, tungku, dan oven. Untuk menghasilkan listrik sebesar 6 MW diperlukan limbah biomassa (sampah) 500 ton per hari.

Limbah biomassa lainnya yang mudah digunakan di dalam proses gasifikasi dengan kapasitas pembangkit listrik sampai dengan 100 kW adalah arang, limbah kayu dan tempurung kelapa. Sekam padi dapat digunakan sebagai bahan bakar sistem gasifikasi tetapi memerlukan disain yang berbeda dan dioperasikan dengan menggunakan bahan bakar ganda (*dual fuel*), seperti misalnya mesin genset diesel dengan kapasitas pembangkitan listrik 50 kW.

Potensi volume / jumlah sampah padat terbuang dan potensi jumlah ternak beserta kotorannya yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas yang selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan bakar pembangkit tenaga listrik. Untuk kota-kota besar seperti Semarang dan Surakarta dapat dikembangkan pembangkit energi biomassa ini, untuk kabupaten-kabupaten yang sampahnya tidak mencapai 500 ton/hari dapat bergabung beberapa kabupaten yang berdekatan untuk membangun pusat pembangkit energi biomasa ini. Dengan pusat pembangkit energi biomasa ini ada dua hal yang sekaligus dapat dicapai yaitu: menghasilkan listrik dan memecahkan masalah pembuangan sampah.