

PENGUKURAN NILAI KALOR BIOMASA BAHAN BAKU BIOFUEL

Pandit Hernowo¹⁾, Nia Astuti²⁾, Mahardika Agung Prabowo²⁾ dan Yendranis Sutoyo²⁾

¹⁾ **Dosen Program Studi Teknik Kimia, Institut Sains dan Teknologi Al Kamal**

²⁾ **Alumni Program Studi Teknik Kimia, Institut Sains dan Teknologi Al Kamal**

Jl. Raya Al-Kamal No.2, Kedoya, Kebon Jeruk, Jakarta Barat 11520

Email: pan_hernowo@yahoo.com

ABSTRAK

Perkembangan *biofuel* atau energi terbarukan di Indonesia terus didukung pemerintah dalam upaya mengurangi subsidi terhadap bahan bakar minyak yang selalu menjadi dilema dalam hal penerapan kebijakannya dalam kehidupan masyarakat, khususnya masyarakat yang tergolong miskin. Kebijakan pengurangan subsidi BBM akan selalu diikuti dengan kenaikan harga barang-barang kebutuhan primer rumah tangga dan juga tarif angkutan umum yang tentunya akan sangat membebani masyarakat golongan menengah ke bawah. Setiap wilayah memiliki potensi biomasa lokal yang melimpah, untuk itu pemanfaatannya sebagai sumber energi lokal dapat menjadi potensi kemandirian energi yang dapat meningkatkan ketahanan energi di wilayah tersebut. Pemanfaatan biomasa yang sesuai dapat dijadikan sebagai bahan bakar keperluan rumah tangga atau dapat dijadikan bahan bakar pembangkit listrik skala kecil. Untuk itu penelitian data termodinamika suatu biomasa dalam kaitannya dengan penelitian biofuel sangat diperlukan sebagai acuan dasar dalam perhitungan kesetimbangan energi pada reaksi biomasa atau dalam aplikasi perhitungan kebutuhan energi pemanas atau pendingin pada suatu sistem reaktor yang didalamnya terjadi reaksi biomasa. Nilai kalor atas atau *highest heating value* (HHV) dan komposisi biomassa padat merupakan sifat penting yang menentukan kandungan energi dan menentukan penggunaan energi bersih dan efisien suatu bahan bakar. Jumlah energi yang dilepaskan pada proses pembakaran dinyatakan sebagai entalpi pembakaran yang merupakan beda entalpi antara produk dan reaktan dari proses pembakaran sempurna. Entalpi pembakaran ini dapat dinyatakan sebagai *Higher Heating Value* (HHV) atau *Lower Heating Value* (LHV). HHV diperoleh ketika seluruh air hasil pembakaran dalam wujud cair sedangkan LHV diperoleh ketika seluruh air hasil pembakaran dalam bentuk uap. Pengetahuan tentang data termodinamika suatu biomasa dapat dijadikan landasan untuk memilih bahan baku biomasa lokal yang sesuai dengan kebutuhan energi masyarakat setempat sehingga pemanfaatannya lebih optimal. Penelitian ini diawali dengan mencari nilai HHV menggunakan metode proksimat yang kemudian dibandingkan dengan metode analitis pengukuran nilai kalor menggunakan *bomb calorimeter*. Hasil penelitian menggunakan *bomb calorimeter* diperoleh nilai HHV sekam padi, kulit kacang dan bagas tebu berturut-turut yaitu 13,82 MJ/kg, 14,34 MJ/kg dan 17,79 MJ/kg. Hasil penelitian menggunakan metode proksimat didapat nilai HHV untuk sekam padi dan bagas tebu berturut-turut yaitu 13,70 MJ/kg, dan 16, 12 MJ/kg.

Kata Kunci: Energi Terbarukan, Biomassa, Kalor, HHV

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

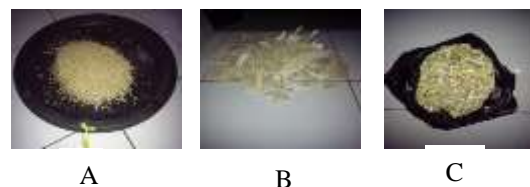
Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk tujuan primer serat, bahan pangan, pakan ternak, 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.

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.

II. TINJAUAN PUSTAKA

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.

Nilai kalor atas atau *highest heating value* (HHV) dan komposisi biomassa padat merupakan sifat penting yang menentukan kandungan energi dan menentukan penggunaan energi bersih dan efisien suatu bahan bakar. Ada berbagai korelasi untuk memprediksi HHV umumnya dari analisis ultimat bahan bakar. Namun, analisis ultimat atau elemen komponen kimia (C, H, O, N, S) memerlukan peralatan yang sangat mahal dan seorang analis yang sangat terlatih. Analisis proksimat (*fixed carbon, volatile matter, ash*) hanya membutuhkan peralatan laboratorium standar dan dapat dijalankan secara sederhana. Penelitian ini fokus pada analisis proksimat mengukur nilai HHV dan menghitung nilai HHV estimasi sesuai korelasi termodinamika yang ada biomassa padat dari bagas tebu, sekam padi, dan kulit kacang.



Gambar 1. Bahan Baku Biomassa. A). Sekam Padi, B). Bagas Tebu, C). Kulit Kacang



Gambar 2. Tepung Biomassa

2.1 Kadar Zat Terbang

Kadar zat terbang menunjukkan kandungan zat-zat yang mudah menguap yang hilang pada pemanasan 950 °C yang terkandung pada arang. Secara kimia zat terbang terbagi menjadi tiga sub golongan, yaitu senyawa alifatik, terpena dan senyawa fenolik. Zat-zat yang menguap ini akan menutupi pori-pori kayu dari arang (Haygreen dan Bowyer 1982). Zat mudah terbang adalah presentase gas yang dihasilkan dari pemanasan arang yang ditetapkan pada temperature dan selang waktu standar yaitu 950 ± 20 °C selama 2 menit (ASTM 1990b).

2.2 Kadar Abu

Kadar abu adalah jumlah oksida-oksida logam yang tersisa pada pemanasan tinggi. Abu tersusun dari mineral-mineral terikat kuat pada arang seperti kalsium, kalium dan magnesium. Komponen utama abu dalam kayu tropis ialah kalium, kalsium, magnesium dan silika. Galat dalam penetapan kadar abu dapat disebabkan oleh hilangnya klorida logam alkali dan garam-garam amonia serta oksidasi tidak sempurna pada karbonat dari logam alkali tanah (Achmadi 1990). Menurut Haygreen dan Bowyer (1982) kayu mengandung senyawa anorganik yang tetap tinggal setelah terjadi pembakaran pada suhu tinggi pada kondisi oksigen yang melimpah, residu semacam ini dikenal sebagai abu. Abu dapat ditelusuri karena adanya senyawa yang tidak terbakar yang mengandung unsur-unsur seperti kalsium, kalium, magnesium, mangan dan silika. Karena mineral-mineral yang penting untuk fungsi fisiologis pohon cenderung terkonsentrasi dalam jaringan kulit, kadar abu kulit biasanya lebih tinggi daripada kayu.

2.3 Potensi Karbon

Kadar karbon rata-rata pada bagian-bagian pohon pinus (*Pinus merkusii* Jungh et de Vriese) adalah sebagai berikut pada bagian akar sebesar 41,39 %, batang sebesar 46,63 %, cabang sebesar 33,92 %, ranting sebesar 32,78 % sedangkan daun sebesar 31,12 %. Secara keseluruhan rata-rata kadar karbon pohon pinus adalah 41,51 %. Potensi massa karbon pada tegakan pinus (*Pinus 9 merkusii* Jungh et de Vriese) di KPH Sukabumi, Perhutani Unit III, Jawa Barat adalah sebagai berikut pada kelas umur I sebesar 15,9108 ton C/ha, kelas umur II sebesar 36,4361 ton C/ha, kelas umur III sebesar 60,1183 ton C/ha, kelas umur IV sebesar 122,1232 ton C/ha, kelas umur V sebesar 127,0875 ton C/ha dan kelas umur \geq VI sebesar 165,3442 ton C/ha (Erlangga 2009). Potensi kandungan karbon pohon pada tegakan sengon (*Paraserienthes falcataria* L Nielsen) yang paling tinggi terdapat pada kelas diameter 50 keatas yaitu sebesar 34,379 ton C/ha dan yang paling rendah terdapat pada kelas diameter 5-10 cm yaitu 0,078 ton C/ha. Presentase kandungan karbon pada bagian-bagian tegakan sengon (*Paraserienthes falcataria* L Nielsen) yang

tertinggi terdapat pada bagian batang yaitu sebesar 47,23 %, sedangkan terkecil terdapat pada bagian daun yaitu sebesar 36, 12 % (Rachman 2009). Kadar karbon rata-rata pada bagian pohon Akasia mangium terbesar terdapat pada bagian batang yaitu sebesar 49,30 %, tunggak sebesar 43,31 %, bagian cabang tidak beraturan 42,55 %, bagian cabang beraturan 42,15 %, dan bagian ranting sebesar 37,78 % sedangkan kadar karbon terkecil terdapat pada bagian daun yaitu sebesar 37,73 %. Potensi massa karbon rata-rata dalam tegakan Akasia mangium berdasarkan persamaan $C = 0,53 D^{1,44} H^{0,667}$ sebesar 90.385,57 kg C/ha (Fadhli 2009). Fungsi hutan selain memiliki fungsi ekonomis dan sosial juga memiliki fungsi konservasi lingkungan yaitu untuk konservasi karbondioksida (CO₂), konservasi tanah, air, gudang nutrisi serta perbaikan iklim mikro. Hutan akasia pun dapat berperan dalam konservasi lingkungan terutama sebagai penyerap karbon. *Acacia mearnesii* menunjukkan potensial karbon tertinggi 78 ton C/ha dalam rotasi 10 tahun. Sedangkan akasia jenis lain seperti *Acacia nilotica* memiliki simpanan karbon rata-rata 17 ton C/ha pada tempat tumbuh sedang dan hanya menyerap sebesar 12 ton C/ha pada tempat tumbuh terdegradasi (Mungkomdin 1993 dalam Ismail 2005).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Bahan-bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biomasa limbah pertanian antara lain bagas tebu, kulit kacang dan sekam padi. Bahan baku diambil dari sentra pertanian di Banten dan Jawa Barat. Bahan baku tersebut terlebih dahulu dikeringkan kemudian dicacah dan dihaluskan.

3.2 Alat-alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah, *furnace*, oven, timbangan analitik, kalorimeter bom, alat pencacah, *stopwatch* dan alat pendukung lainnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah diketahui bahwa *biomassa* terdapat pada berbagai macam sumber, maka sudah tentu sifat dan karakteristik masing-

masing biomassa juga cukup bervariasi, tergantung pada sumber biomassa tersebut. Sebagai contoh kadar air biomassa yang rendah sekitar 10 persen ditemukan pada jerami sebagai bahan baku atau kadar air yang sangat tinggi berkisar sampai dengan 95 persen dapat ditemukan pada bahan baku biomassa limbah industri atau rumah tangga.

Lau, 2011 menyatakan sifat fisik yang penting dari suatu biomassa antara lain dimensi, berat jenis, ukuran partikel, kadar air, nilai kalor dan berat jenis energi. Selain itu, biomassa sering kali juga ditentukan oleh kadar abu dan struktur fisik dari materi penyusun biomassa tersebut. Meskipun sumber biomassa bervariasi, beberapa sifat biomassa sebagai bahan bakar sangat seragam jika dibandingkan dengan bahan baku bersaing seperti batu bara atau minyak bumi. Sebagai contoh, ada banyak jenis batu-bara memiliki nilai kalor berkisar dari 20 sampai 30 GJ / ton. Sedangkan, hampir semua jenis biomassa memiliki nilai kalor di kisaran 15-19 GJ / ton (Lau, 2011). Nilai kalor biomassa memang relatif lebih rendah dibandingkan nilai kalor batu bara, akan tetapi biomassa memiliki keunggulan yang patut diperhitungkan sebagai bahan bakar dibandingkan batu bara antara lain :

1. Biomassa lebih mudah untuk mengubah menjadi gas dari batu bara, hal ini dikarenakan mereka lebih reaktif, dengan stabilitas pengapian yang lebih tinggi. Karakteristik ini juga membuat mereka lebih mudah untuk memproses *thermochemically* menjadi bahan bakar bernilai tinggi seperti *metanol* atau *hidrogen*.
2. Kadar abu *biomassa* lebih rendah daripada batu bara
3. Kadar *sulfur* yang jauh lebih rendah dibandingkan banyak bahan bakar *fossil*.
4. Tidak seperti abu batubara, yang mungkin mengandung logam beracun dan kontaminan jejak lainnya, abu *biomassa* dapat digunakan sebagai amandemen tanah untuk membantu mengisi kembali nutrisi dihapus oleh panen.

Pada penelitian ini biomassa yang dipilih adalah sekam padi, kulit kacang dan bagas tebu. Sekam padi dan bagas tebu merupakan sumber bahan bakar alternatif yang sudah cukup populer. Penelitian-penelitian tentang

pemanfaatan sekam padi dan bagas tebu telah banyak dilakukan dalam rangka pemanfaatan limbah pertanian yang tersedia dalam jumlah melimpah dan menjadi tanaman unggulan yang banyak dibudidayakan hampir di seluruh wilayah belahan dunia. Berbeda dengan sekam padi dan bagas tebu, kulit kacang belum banyak dijadikan referensi sebagai bahan bakar terbarukan yang dapat menggantikan bahan bakar fosil.

4.1 Perhitungan HHV Biomassa Menggunakan Metode Analitis

Bahan baku sekam padi dan bagas tebu (Gambar 1 A dan B) yang digunakan diambil dari daerah pertanian di wilayah Kota Serang, sedangkan bahan baku kulit kacang (Gambar 1 C) digunakan kulit kacang asin GARUDA yang dapat dibeli dari mini market atau warung terdekat. Sebelum diukur nilai kalornya menggunakan alat *bomb calorimeter* bahan baku terlebih dahulu dilakukan perlakuan awal yaitu penggilingan dan pengayakan sampai dengan bahan baku *biomassa* menjadi tepung dengan ukuran 60 *mesh* (Gambar 2). Hasil penelitian analisa nilai HHV menggunakan metode analitis dengan peralatan *bomb calorimeter* disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1

Nilai kalor pembakaran atas atau HHV (*High Heating Value*) sekam padi, bagas tebu dan kulit kacang dengan alat *bomb calorimeter*

No	Biomassa	HHV (MJ/Kg)
1	Sekam Padi	13,82
2	Bagas Tebu	17,79
3	Kulit Kacang	14,34

Dari tabel di atas diketahui bahwa nilai HHV yang paling besar adalah bagas tebu. Hasil penelitian ini masih akan dibandingkan dengan komposisi penyusun masing-masing *biomassa* dan dibandingkan dengan nilai HHV dengan metode prediksi.

4.3 Perhitungan HHV Biomassa Menggunakan Metode Prediksi

Berbeda dengan metode analitis, metode prediksi menghitung nilai kalor pembakaran atas atau HHV (*High Heating Value*)

PENGUKURAN NILAI KALOR BIOMASA BAHAN BAKU BIOFUEL

Pandit Hernowo, Nia Astuti, Mahardika Agung Prabowo, Yendranis Sutoyo

dilakukan dengan menghitung secara matematis menggunakan persamaan matematis yaitu, persamaan Parikh.

$$HHV = 0.3536FC + 0.1559VM + 0.0078ASH$$

Dimana :

FC, *Fixed Carbon* : Jumlah karbon dalam biomasa

VM, *Volatile Matter* : Jumlah bahan mudah menguap

ASH : Kandungan debu

Untuk dapat menghitung nilai HHV dengan persamaan tersebut di atas, maka harus dilakukan analisa kadar zat terbang dan kadar abu terhadap masing-masing *biomassa*. Seluruh *biomassa* yang digunakan terlebih dahulu digiling dan diayak dengan ukuran 60 *mesh*. Sampai dengan saat ini penelitian *proksimat* baru dilakukan terhadap bahan baku sekam padi dan bagas tebu. Sedangkan kulit kacang masih dalam tahapan penelitian di bulan Oktober 2013. Hasil penelitian nilai HHV menggunakan metode prediksi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2

Komposisi zat terbang, abu, karbon dan nilai HHV sekam padi dan bagas tebu menggunakan persamaan parikh

No	Biomassa	Kadar Zat Terbang (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Karbon (%)	HHV (MJ/Kg)
1	Sekam Padi	66,65	23,47	9,88	13,70
2	Bagas Tebu	92,58	2,59	4,67	16,09

Nilai HHV kedua *biomassa* sekam padi dan bagas tebu menggunakan metode prediksi dan metode *analitis relative* berdekatan atau sama.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Biomassa bagas tebu memiliki nilai HHV tertinggi (17,79 MJ/Kg) dengan metode penentuan nilai HHV

menggunakan *bomb calorimeter* dibandingkan dengan nilai HHV biomassa sekam padi dan kulit kacang

2. Biomassa bagas tebu memiliki nilai HHV tertinggi (16,09 MJ/Kg) dengan metode penentuan nilai HHV menggunakan persamaan parikh dibandingkan dengan nilai HHV biomassa sekam padi.

5.2 SARAN

1. Pengujian komposisi zat terbang, abu dan *karbon biomassa* kulit kacang
2. Perhitungan nilai HHV terhadap komposisi *biomassa* kulit kacang
3. Pengujian *proksimat biomassa* sekam padi, bagas tebu dan kulit kacang

DAFTAR PUSTAKA

- [ASTM] American Society for Testing Material. 1990b. ASTM D 5832-98. Standard Test Method For Total ash Content of Activated Carbon. Philadelphia.
- Erlangga J. 2009. Pendugaan Potensi Karbon pada Tegakan Pinus (*Pinus Merkusii* Jungh et de Vriese) di KPH Sukabumi, Perhutani Unit III, Jawa Barat dan Banten [skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Fadhli. 2009. Pendugaan Potensi Karbon dan Limbah Pemanenan pada Tegakan *Acacia mangium* Willd. di BKPH Parung Panjang, KPH Bogor, PT. Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten [skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Haygreen JG dan Bowyer JL. 1982. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu, Suatu Pengantar. Hadikusumo SA. Penerjemah; prawirohatmodjo S, Editor. Yogyakarta: Gadjah Mada.
- Ismail AY. 2005. Dampak Kebakaran Hutan terhadap Potensi Kandungan Karbon pada Tanaman *Acacia mangium* Willd di Hutan Tanaman Industri (HTI) [tesis]. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Parikh, J., Channiwala, S.A., Ghosal, G.K. 2005. A correlation for calculating HHV

from proximate analysis of solid fuels.
Journal fuel: (84), 487–494.

Rachman S. 2009. Pendugaan Potensi Kandungan Karbon pada Tegakan Sengon (*Paraserienthes falcataria* L Nielsen) di Hutan Rakyat [skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

Thomas, S.C. Malczewski, G. 2007. Wood carbon content of tree species in Eastern China: Interspecific variability and the importance of the volatile fraction.
Journal of Environmental Management: (85), 659–662