

Calorific Value of Several Types of Wood Through Proximate Analysis and Chemical Components Approach

Fauzan Fahrussiam^{1*}, Dini Lestari¹, Rima Vera Ningsih¹

¹Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Article History

Received : November 27th, 2022

Revised : December 28th, 2022

Accepted : January 16th, 2023

*Corresponding Author: **Fauzan Fahrussiam**,

Program Studi Kehutanan,
Fakultas Pertanian, Universitas
Mataram, Mataram, Indonesia;
Email: fauzan@unram.ac.id

Abstract: The most potential biomass to be developed with a high lignocellulose content is wood. Calorific value estimation based on the results of biomass analysis such as the proximate test can be used as an alternative to predict the calorific value accurately, quickly, and economically. Therefore, in this study, it is important to measure the calorific value simply using the proximate method with an analytical approach to the chemical content of the raw material. This study used three species of wood consisting of jabon (*Anthocephalus cadamba* Miq), ulin (*Eusideroxylon zwageri*), and api- api (*Apicennia* sp.). This study's chemical components that examined in this study consist of extractive, holoselulose, and lignin content. The proximate analysis consists of volatile matter content, ash content, fixed carbon, and calorific value. The results show that ulin wood has the highest calorific value (20.13 MJ/kg), then api-api wood and last jabon wood. The high amount of calorific value is contributed by the high value of lignin, extractive, and fixed carbon.

Keywords: calorific value, chemical components, proximate analysis, jabon wood, api-api wood, ulin wood

Pendahuluan

Pengembangan energi biomassa sebagai energi terbarukan dari berbagai sumber bahan berlignoselulosa semakin banyak dilakukan. Hal ini penting terkait dengan keberadaan energi berbasis fosil yang semakin terbatas dan dampak lingkungan yang dihasilkan. Biomassa dapat dikonversi menjadi beberapa produk akhir yang digolongkan menjadi sumber energi padat, cair, dan gas. Teknologi pengolahan biomassa yang paling sederhana yaitu dalam bentuk padatan seperti pellet dan briket. *International energy outlook* (2013) memperkirakan bahwa permintaan *wood pellet* pada tahun 2025 sebesar 50.5 juta ton. Hal ini akan menyebabkan permintaan bahan baku yang semakin meningkat.

Biomassa yang paling berpotensi untuk dikembangkan dengan nilai lignoselulosa yang tinggi adalah kayu. Nilai HHV biomassa selain kayu yaitu sekam padi 13.82 MJ/Kg, kulit kacang 14.34 MJ/Kg, dan bagas tebu 17.79 (Hernowo et al, 2017). Nilai-nilai tersebut lebih rendah dari

nilai kalor biomassa dari bahan berlignoselulosa kayu yang mencapai 20.6 MJ/Kg untuk kayu cepat tumbuh (Moya dan Tenorio, 2013). Empat sumber bahan kayu potensial untuk membangkitkan energi adalah kayu bulat dari pohon yang tumbuh, sisa-sisa pabrik, sisa pembalakan, dan hutan tanaman.

Perbedaan sifat dan karakteristik kayu seperti komponen kimia dalam kayu akan menghasilkan nilai kalor yang berbeda pula. Maka dari itu, penting untuk mengetahui karakteristik kimia berbagai jenis kayu untuk mendapatkan bahan baku dengan nilai kalor yang optimal. Penelitian ini menggunakan kayu jabon (*Anthocephalus cadamba* Miq), ulin (*Eusideroxylon zwageri*), dan api-api (*Apicennia* sp.) yang masing-masing mewakili habitat tumbuh yang berbeda-beda. Kayu jabon adalah jenis yang sedang banyak di tanam di kawasan hutan rakyat yang perkembangannya semakin meningkat setiap tahun. Sementara api-api mewakili habitat hutan pantai yang oleh masyarakat setempat digunakan sebagai kayu bakar, dan kayu ulin adalah jenis kayu alam yang

memiliki kekuatan yang tinggi dan jumlahnya semakin terbatas.

Penentuan nilai kalor suatu biomassa dapat melalui metode pendekatan bahan penyusunnya yaitu ultimate (C,H,O,N,S) dan proksimat (zat terbang, karbon terikat, kadar abu) atau pengukuran langsung menggunakan alat bomb calorimeter. Selisih nilai antara pengukuran menggunakan alat dan pendekatan ultimate mencapai kesalahan yang cukup kecil sekitar 5% (Dirgantara *et al.*, 2019; Wahyudi, 2006). Analisis termudah untuk menilai karakteristik bahan bakar yaitu berdasarkan zat yang mudah menguap (zat terbang), karbon terikat, dan kadar abu (Hygreen dan Bowyer, 2003). Nilai kalor berdasarkan pendekatan proksimat mengacu pada nilai HHV (high heating value) yaitu kalor yang dihasilkan selama proses pembakaran. Estimasi nilai kalor berdasarkan hasil analisis biomassa seperti proksimat dan ultimate dapat digunakan sebagai alternatif untuk mendapatkan akurasi prediksi yang yang tepat, cepat, dan ekonomis (Dirgantara *et al.* 2020). Maka dari itu dalam penelitian ini penting untuk mengukur nilai kalor secara sederhana menggunakan metode proksimate dengan pendekatan analisa kandungan kimia bahan bakunya

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratoriu Kimia Kayu Departemen Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan, IPB University pada bulan April 2015. Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode deskriptif. Bahan utama penelitian ini adalah kayu jabon, api-api, dan ulin berbentuk serbuk dengan ukuran 40 mesh.

Tabel 1. Analisis Komponen kimia kayu jabon, api-api dan ulin (%)

Kayu	Ekstraktif	Holoseululosa	Lignin	Nilai kalor (MJ/kg)
Ulin	15.95	69.23	30.83	20.13
Api-api	6.19	65.92	23.06	19.89
Jabon	3.62	61.05	26.21	19.56

Kayu ulin memiliki komponen kimia yang paling tinggi, kemudian kayu api-api dan terakhir kayu jabon (Tabel 1). Hal ini terkait dengan kerapatan dan berat jenis masing-masing kayu.

Analisis data

Pengujian sampel terdiri dari penentuan komponen kimia dan analisis proksimat. Komponen kimia yang dianalisis terdiri dari zat ekstraktif, lignin klason, dan holoseululosa dari masing-masing sampel. Penentuan zat ekstraktif mengacu pada standar TAPPI T 204 om-88. Sampel bebas ekstraktif dilakukan pengujian lignin klason sesuai prosedur TAPPI T 222 om 88. Pengujian terakhir yaitu penentuan komponen holoseululosa berdasarkan standar metode yang dikembangkan oleh Browning (1967). Analisis Proksimat dilakukan berdasarkan standar *American Society for testing material* (ASTM) yang meliputi kadar air (ASTM E-871), zat terbang (ASTM E-872), kadar abu (ASTM D-1102), dan karbon terikat yang diperoleh dari hasil pengurangan kadar abu dan zat terbang terhadap 100% bahan dalam sampel. Penghitungan nilai kalor didasarkan pada persamaan 1.

$$\text{HHV} = 354,3\text{FC} + 170,8\text{VC} \quad (1)$$

FC= karbon terikat
VC= zat terbang

Hasil dan Pembahasan

Analisis komponen kimia

Struktur kimia utama dari semua jenis kayu terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin, dan ekstraktif. Komponen ini akan sangat berpengaruh terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Kandungan selulosa dan hemiselulosa pada hardwood umumnya lebih tinggi daripada softwood (43-48 %, 27-35%), namun kandungan lignin pada hardwood lebih rendah (16-24%) (Fengel dan Wegener, 1995). Komponen kimia dari masing-masing kayu jabon, api-api, dan ulin disajikan dalam Tabel 1.

Berat jenis kayu ulin mencapai 1.04 sehingga komponen kimia yang dikandung dalam dinding sel akan semakin tinggi (PTHH, 2004). Terkait dengan nilai kalor yang dihasilkan, kandungan

lignin dan ekstraktif berkorelasi positif dengan kalor yang dihasilkan. Korelasi antara kandungan lignin dan ekstraktif terhadap nilai kalor cukup kuat dengan $R^2 = 0.79$ dengan persamaan nilai kalor yang diperoleh $HHV = 6.15 + 0.11 \text{ EXT} + 0.39 \text{ LIG}$ (Nasser dan Aref, 2014).

Kandungan lignin yang diperoleh dari ketiga kayu sampel berkisar antara 26.21-30.83 %. Nilai minimum kandungan lignin yang disyaratkan oleh sebagian besar perusahaan adalah 28% untuk memproduksi arang (Pareira *et al.*, 2013). Hasil penelitian ini juga membuktikan bahwa kandungan lignin yang paling tinggi pada kayu ulin memberikan nilai kalor yang paling tinggi pula. Kandungan unsur karbon yang tinggi dengan ikatan C-C dan C=C pada struktur lignin akan memberikan kontribusi yang tinggi pada nilai kalor yang dihasilkan. Kayu jabon memiliki kandungan lignin yang lebih tinggi daripada kayu api-api namun memiliki nilai kalor yang lebih rendah.

Kandungan lignin yang tinggi harus dibarengi dengan nilai perbandingan komponen siringil-guaiacyl (S/G) yang rendah pada struktur lignin tersebut (Pareira *et al.*, 2013, Nawawi *et al.* 2017). Kandungan lignin yang lebih rendah pada kayu api-api diduga memiliki perbandingan S/G yang lebih rendah daripada kayu jabon sehingga nilai kalor kayu api-api yang dihasilkan lebih tinggi. Ketidaksesuain ini juga bisa diindikasikan oleh kandungan ekstraktif pada kayu api-api yang lebih tinggi. Kandungan ekstraktif seperti terpenoid dan lipid yang tinggi akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi dibandingkan dengan ekstraktif dengan kandungan komponen phenolik yang tinggi (Moya dan Tenorio, 2013).

Kandungan holoselulosa yang dihasilkan dari ketiga jenis kayu tidak jauh berbeda yaitu berkisar antara 61.05-69.23 %. Terkait dengan

nilai kalor, kandungan karbohidrat (selulosa dan hemiselulosa) berkorelasi negative terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Selulosa dan hemiselulosa memiliki nilai kalor yang lebih rendah yaitu 18.64 MJ/kg daripada lignin yaitu sebesar 23.3-25.64 MJ/kg (Bakar, 1983). Kandungan holoselulosa yang tinggi akan memiliki tingkat oksidasi yang lebih tinggi sehingga akan menurunkan nilai kalor yang dihasilkan.

Kandungan holoselulosa yang lebih rendah pada kayu jabon (61.05%) dibandingkan pada kayu ulin (69.23%) tidak secara langsung menghasilkan nilai kalor yang lebih tinggi pada kayu jabon. Dalam hal ini kontribusi lignin dan ekstraktif yang jauh lebih tinggi sehingga perbedaan kandungan holoselulosa tidak secara langsung mempengaruhi nilai kalor. Hal serupa juga dilaporkan oleh Moya dan Tenorio (2013) bahwa perbedaan kandungan selulosa pada 10 jenis spesies cepat tumbuh di Costa Rica tidak memberikan perbedaan yang nyata pada nilai kalor yang dihasilkan.

Analisis proximat

Hasil analisis proximat pada kayu jabon, api-api, dan ulin disajikan pada Tabel 2. Analisis proximat digunakan untuk menduga nilai kalor suatu material yang meliputi kadar air, zat terbang, kadar abu dan karbon terikat. Nilai kalor yang dihasilkan dari analisis proximat ketiga jenis kayu berkisar antara 19.5 MJ/kg-20.1 MJ/kg. Nilai ini tidak jauh berbeda dari nilai kalor untuk jenis hardwood yang dilaporkan oleh Basu (2010) yaitu 19.54 MJ/kg. Nilai kalor pada penelitian ini juga masuk dalam kisaran nilai kalor untuk jenis tanaman cepat tumbuh di Costa Rica yang berkisar antara 16.5-20.6 MJ/kg (Moya dan Tenorio 2013). Hasil analisis proximat menunjukkan nilai kalor berkorelasi positif dengan karbon terikat material.

Tabel 2. Analisis Proximat kayu jabon, api-api, dan ulin

Kayu	Zat Terbang	Kadar Abu	Karbon terikat	Kadar air	Nilai Kalor (MJ/Kg)
Ulin	81.07	1.19	17.74	16.25	20.13
Api-api	84.00	0.34	15.66	8.96	19.89
Jabon	85.64	0.43	13.93	10.68	19.56

Karbon terikat pada kayu eucalyptus berkorelasi positif dengan kandungan lignin dan berkorelasi negative dengan kandungan selulosa

(Pereira *et al.*, 2013). Hal ini menjelaskan bahwa karbon terikat sangat tergantung pada kandungan lignin karena mengandung atom karbon paling

tinggi. Konsentrasi karbon pada lignin adalah sekitar 63-66% (Oberberger *et al.*, 2006). Nilai karbon terikat pada penelitian ini diperoleh dari pengurangan 100% bahan dalam kayu terhadap kandungan zat terbang dan kadar abu. Maka dari itu, semakin tinggi kadar abu dan zat terbang maka nilai karbon terikat akan semakin rendah dan nilai kalor akan semakin rendah pula. Zat terbang adalah komponen-komponen yang menguap pada saat pembakaran di atas suhu 950°C. Selama proses devolatisasi, kandungan volatil akan keluar dalam bentuk gas seperti CO, CO₂, CH₄ dan H₂.

Kandungan zat terbang pada kayu akasia menunjukkan korelasi yang positif terhadap kandungan ekstraktif dan korelasi negatif terhadap kandungan selulosa (Pereira *et al.*, 2013). Kayu jabon yang digunakan pada penelitian ini memiliki zat terbang yang paling tinggi (85.64%) dibandingkan jenis kayu yang lain, padahal kayu ini memiliki zat ekstraktif yang paling rendah. Hal ini diindikasikan bahwa zat ekstraktif kayu jabon lebih bersifat volatil daripada zat ekstraktif kayu yang lain. Perbedaan banyaknya kandungan unsur-unsur yang mudah menguap pada kayu jika mengalami pemanasan akan meningkatkan kadar zat terbang dengan unsur seperti H₂O, CO₂, CH₄, CO, O₂ (Sjostrom, 1995). Kandungan zat terbang yang tinggi mempunyai beberapa keuntungan diantaranya penyalaan dan pembakaran lebih mudah tetapi mempunyai kelemahan yaitu kadar karbon terikat yang rendah.

Kadar abu untuk kayu tropis cenderung lebih tinggi daripada daerah beriklim sedang yaitu mencapai 3.4% (Wegner dan Fengel, 1995). Hal ini disebabkan oleh kandungan mineral yang diserap pohon selama pertumbuhan lebih tinggi. Syarat kandungan abu untuk proses pengarangan yang baik minimal sebesar 3 % (FAO, 1985). Kadar abu yang diperoleh dalam penelitian ini tergolong cukup rendah yaitu berkisar antara 0.34-1.19 %. Kadar abu yang tinggi akan mengurangi kualitas pembakaran (Basu 2010, Nawawi *et al.* 2018). Hal ini disebabkan abu dalam kayu tidak mengalami degradasi selama proses pyrolysis sehingga akan menghasilkan endapan pada tungku, kemudian dalam waktu yang lama akan menghambat konduktivitas panas pada saat pembakaran.

Kadar air sangat berperan penting dalam menghasilkan nilai kalor. Proses penguapan

kadar air pada saat pembakaran diestimasi menghabiskan 2.44 MJ/ kg per 1 kilo air (Francescato 2008). Kadar air pada penelitian tertinggi diperoleh pada kayu ulin yaitu sebesar 16.25%. Hal ini diindikasikan karena kayu ulin memiliki berat jenis yang tinggi (1.04) sehingga air yang terperangkap pada dinding sel (air terikat) lebih banyak. Kadar air yang tinggi akan menghasilkan kalor yang lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh panas yang dihasilkan terlebih dahulu digunakan untuk menguapkan air yang tersimpan dalam kayu.

Kesimpulan

Hasil pengujian komponen kimia dan analisis proximat kayu jabon, api-api dan ulin sangat berpengaruh terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Analisis proximat memberikan hasil bahwa kayu ulin memiliki nilai kalor paling tinggi kemudian kayu api-api dan terakhir kayu jabon. Penelitian ini juga telah mengkonfirmasi beberapa teori yang berkaitan dengan nilai kalor yaitu semakin tinggi komponen lignin dan ekstraktif suatu biomassa maka akan menghasilkan nilai kalor yang lebih tinggi pula. Kedepan perlu dilakukan penelitian dengan sampel yang lebih beragam terutama pada jenis-jenis kayu cepat tumbuh.

Ucapan terima kasih

Penulis sampaikan terima kasih atas segala bantuan kepada rekan-rekan pasca sarjana 2014 atas segala bantuan dalam pengujian dan pengolahan data sehingga penelitian ini bisa diselesaikan dengan baik

Referensi

- ASTM] American Society for Testing Material. 2013. ASTM D-1102. Test Method for Ash in Wood. USA.
- USA.
- _____. 2013. ASTM E-871. Test Method for Moisture in the Analysis of Particulate Wood Fuels. USA.
- _____. 2013. ASTM E-872. Test Method for Volatile Matter in the Analysis of Particulate Wood Fuels. USA.

- Baker, A. (1983). *Wood Fuels Properties and Fuel Properties from Wood*. Michigan State University, East Lansing.
- Browning, BL. (1967). *Methods of Wood Chemistry*. Vol. 1. Interscience Publ. New York
- Demirbaş, A., & Demirbaş, A. H. (2004). Estimating the calorific values of lignocellulosic fuels. *Energy exploration & exploitation*, 22(2), 135-143. DOI: <https://doi.org/10.1260/014459804147519>
- Dirgantara, M., Kristian, N., & Karelius, K. (2019). Evaluasi Prediksi Nilai Higher Heating Value (HHV) Biomassa Berdasarkan Analisis Ultimate: Evaluation of Prediction Higher Heating Value (HHV) of Biomass-Based on Ultimate Analysis. *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*, 1(2), 107-113. DOI: <https://doi.org/10.36873/jjms.v1i2.218>
- FAO. (1985). *Industrial Charcoal Making*. FAO Forestry Paper No. 63, food and Agricultural Organization of the United Nation, Rome.
- Fengel D, Wegener G. (1995). *Kayu; Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi*. Terjemahan. Yogyakarta: Gajaha Mada University Press.
- Francescato, Valter. Eliseo Antonini, Luca Zuccoli Bergomi. (2008). *Wood Fuels Handbook*. Italian Agroforestry Energy Association: Italy
- Haygreen JG, Bowyer JL. (1986). *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu, Suatu Pengantar*. Hadikusumo SA. penerjemah; Prawirohatmodjo S. editor. Yogyakarta (ID): UGM Press. Terjemahan dari: Forest Product and Wood Science, an Introduction.
- Haykiri-Acma, H., Yaman, S., & Kucukbayrak, S. (2010). Comparison of the thermal reactivities of isolated lignin and holocellulose during pyrolysis. *Fuel Processing Technology*, 91(7), 759-764. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2010.02.009>
- Hernowo, P., Astuti, N., Prabowo, M. A., & Sutoyo, Y. (2017). Pengukuran Nilai Kalor Biomasa Bahan Baku Biofuel. *Jurnal Teknologi* Vol, 6(2). URL: https://ista.ac.id/files/jurtek/17-1/Jurnal_Pandit_17-1.pdf
- International Energy Outlook (IEO). (2013). Independent statistic and analysis. U.S. Energy Information Administration. U.S. *Departement of Energy Washington (US)*: 9-19. DOI www.eia.gov/ieo/
- Moya, R., & Tenorio, C. (2013). Fuelwood characteristics and its relation with extractives and chemical properties of ten fast-growth species in Costa Rica. *Biomass and bioenergy*, 56, 14-21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.04.013>
- Nasser, R. A. S., & Aref, I. M. (2014). Fuelwood characteristics of six acacia species growing wild in the southwest of Saudi Arabia as affected by geographical location. *BioResources*, 9(1), 1212-1224.
- Neenan, M., & Steinbeck, K. (1979). Caloric values for young sprouts of nine hardwood species. *Forest Science*, 25(3), 455-461. DOI: <https://doi.org/10.1093/forests/25.3.455>
- Obernberger I, T Bruner, G Barnthaler. (2005). *Chemical Properties of Solid Biofuels-Significance and Impact*. Graz University of Technology.
- [PTHH]. Puslitbang Teknologi Hasil Hutan. (2004). *Atlas Kayu Indonesia, Puslitbang Teknologi Hasil Hutan*
- Pereira, B. L. C., Carneiro, A. D. C. O., Carvalho, A. M. M. L., Colodette, J. L., Oliveira, A. C., & Fontes, M. P. F. (2013). Influence of chemical composition of Eucalyptus wood on gravimetric yield and charcoal properties. *BioResources*, 8(3), 4574-4592.
- Sjostrom E. (1991). *Wood Chemistry: Fundamentals and Applications*. New York (US): Academic Pr.
- Wahyudi, W. (2006). Penelitian Nilai Kalor Biomassa: Perbandingan Antara Hasil Pengujian Dengan Hasil Perhitungan. *Semesta Teknika*, 9(2), 208-220. DOI: <https://doi.org/10.18196/st.v9i2.875>