

Analisa Nilai Kalor dan Laju Pembakaran Pelet Kayu Akasia Sebagai Bahan Bakar Alternatif pada Tungku Pembakaran

Sindhu Satya Prathama^{1*}, Ramon Trisno¹

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

* Corresponding author: sindhuprathama@gmail.com

Abstrak. Penggunaan bahan bakar fosil (minyak bumi dan batu bara) di Indonesia semakin meningkat, akan tetapi cadangan bahan bakar fosil terus menurun dari tahun ke tahun. Salah satu upaya yang dilakukan oleh pemerintah dalam mengatasi kekurangan energi yang tidak terbarukan adalah menggunakan energi alternatif berupa energi yang terbarukan, salah satunya penggunaan pelet kayu sebagai energi biomassa. Pelet kayu merupakan hasil pengempaan biomassa berupa serbuk kayu yang diproses dengan tekanan pengempaan yang lebih besar dibandingkan briket. Bahan bakar pelet kayu berdiameter antara 3-12 mm dengan panjang antara 6-25 mm. Penelitian ini membahas tentang analisa nilai kalor dan laju pembakaran pada pelet kayu sebagai alternatif pengganti bahan bakar padat berupa batubara. Metode pengujian yang dilakukan melalui uji lab dengan kalorimeter dan tungku pembakaran dimana dikombinasikan dengan memanaskan bejana yang berisi air dengan variabel massa bahan bakar dari 100 gram hingga 1000 gram serta variabel volume air dari 1300 ml hingga 4500 ml. Nilai kalor yang dihasilkan oleh pelet lebih rendah daripada batubara namun masih dianggap memiliki nilai kalor yang cukup sebagai bahan bakar.

Kata kunci— Pelet kayu, nilai kalor, laju pembakaran

1. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar fosil (minyak bumi dan batu bara) di Indonesia semakin meningkat, akan tetapi cadangan bahan bakar fosil terus menurun dari tahun ke tahun. Sebagai contoh, cadangan minyak bumi di Indonesia terus berkurang dari tahun ke tahun. Saat ini Indonesia memiliki cadangan terbukti minyak bumi sekitar 3,3 milyar barrel. Dengan asumsi produksi konstan 800.000 barrel per hari tanpa adanya cadangan minyak bumi baru, maka dalam 11 sampai 12 tahun ke depan Indonesia tidak mampu memproduksi minyak bumi lagi (Kementrian ESDM, 2018).

Salah satu upaya yang dilakukan oleh pemerintah dalam mengatasi kekurangan energi yang tidak terbarukan adalah menggunakan energi alternatif berupa energi yang terbarukan, salah satunya penggunaan energi biomassa. Sumber energi biomassa mempunyai kelebihan berupa sumber energi yang dapat diperbaharui sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (Arhamsyah, 2010). Pelet kayu akasia berasal dari limbah hasil produksi berupa serbuk gergaji kayu akasia yang berasal dari pemotongan kayu yang digunakan untuk keperluan mebel. Penggunaan pelet kayu sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil menghasilkan emisi lebih rendah dibandingkan dengan batubara, minyak tanah dan gas. Emisi CO₂ dari pelet kayu sekitar sepuluh kali lebih rendah dibandingkan dengan batubara dan bahan bakar minyak, serta delapan kali lebih rendah daripada gas. Selain emisi CO₂ yang dikeluarkan dari hasil pembakarannya rendah, juga berasal dari bahan baku terbarukan yang bersifat *carbon neutral* (Genissa, Boedoyo, and Yoesgiantoro 2018)

Bahan bakar adalah suatu bahan yang mengandung kalor yang dapat dilepas dan dapat berubah menjadi energi yang lain. Secara umum bahan bakar mengalami proses melepaskan panas akibat tereaksi oleh oksigen yang disebut dengan proses pembakaran. Berdasarkan wujudnya bahan bakar dapat diklasifikasikan dalam 3 jenis berupa:

1. Bahan Bakar Padat
2. Bahan Bakar Cair
3. Bahan Bakar Gas

Pelet kayu merupakan salah satu bahan bakar berbasis biomassa. Pelet kayu merupakan hasil pengempaan biomassa berupa serbuk kayu yang mempunyai tekanan lebih besar dibandingkan briket. Bahan bakar pelet kayu berdiameter antara 3-12 mm dengan panjang antara 6-25 mm. Tahapan Proses pembuatan pelet kayu dimulai dari pemilahan bahan baku berupa serbuk gergajian kayu yang disaring dengan ukuran tertentu untuk kemudian dilakukan pengempaan. Proses pengempaan di-lakukan

dengan menggunakan alat pres hidrolik hasil rekayasa dan dilengkapi dengan electric heater (Hendra, 2012)

Batubara merupakan suatu bahan bakar padat yang berasal dari sedimen organik terbentuk dari tumbuh-tumbuhan yang telah mengalami dekomposisi secara biokimia, kimia serta fisika dalam kondisi bebas oksigen dan berlangsung pada tekanan serta temperatur tertentu pada kurun waktu yang lama.

Proses pembakaran didefinisikan sebagai reaksi cepat eksotermik yang melepaskan energi substansial seperti panas dan api sebagai reaksi pembakaran dengan kemampuan penyebaran melalui medium yang cocok (Ragland and Bryden, 2011). Penyebaran ini dihasilkan oleh gabungan reaksi dari proses perpindahan molekul. Mekanisme pembakaran biomassa terdiri dari tiga tahap yaitu pengeringan, devolatilisasi, dan pembakaran arang. Pengeringan merupakan tahap ketika sebuah partikel dipanaskan dengan dikenai temperatur tinggi atau radiasi api, air dalam bentuk kelembapan (*moisture*) di permukaan bahan bakar akan menguap, dan kelembapan yang berada pada sisi dalam akan menguap melalui celah partikel. Devolatilisasi atau proses pirolisis merupakan tahap dimana bahan bakar mulai mengalami proses dekomposisi, yaitu terjadinya pemisahan ikatan kimia akibat proses termal dan kemudian zat terbang keluar dari partikel. Zat terbang sendiri terdiri dari gas yang mampu terbakar (*combustible*) maupun yang tidak mampu terbakar (*non-combustible*) dan juga zat hidrokarbon. Pembakaran arang merupakan sisa proses dari pengeringan dan devolatilisasi. Laju pembakaran arang tergantung pada konsentrasi oksigen, temperatur gas, bilangan Reynolds, ukuran, dan porositas arang. Arang mempunyai porositas yang tinggi. Porositas arang kayu berkisar 0,9 (Jamilatun, 2012)

Nilai kalor merupakan jumlah energi panas secara maksimal yang dilepaskan oleh bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna persatuan massa atau volume dari bahan bakar tersebut (Sabit and Tirono, 2012). Analisa nilai kalor suatu bahan bakar dimaksudkan untuk memperoleh data tentang energi kalor yang dilepaskan dengan terjadinya proses pembakaran. Nilai kalor terdiri dari *highest heating value* (HHV) atau *gross calorific value* (GCV) dan *lowest heating value* (LHV) atau *nett calorific value* (NCV). HHV adalah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna persatuan berat bahan bakar pada tekanan tetap. LHV adalah kalor yang besarnya samadengan nilai kalor pada HHV, dikurangi dengan kalor yang dibutuhkan oleh air dalam kandungan bahan bakar dan air yang terbentuk pada proses pembakaran.

Kalorimeter adalah alat yang digunakan untuk menganalisa nilai kalor suatu bahan. Proses pembakaran bahan dilakukan di dalam suatu bejana dengan atmosfer oksigen. Bahan uji dibenamkan di dalam air, baik di dalam maupun di luar bejana kalorimeter. Temperatur air di dalam dan di luar bejana akan dimonitor. Analisa nilai kalor dengan menggunakan kalorimeter dinilai lebih praktis dan murah dibandingkan dengan menggunakan analisa secara *ultimate* dengan meneliti setiap fraksi susunan kimia yang terdapat pada sampel bahan bakar (Novita and Damanhuri, 2010)

Kalorimeter dapat digunakan untuk mengukur beberapa penerapan penggunaan yang sesuai dengan standar seperti ISO, DIN, dan standar lainnya. Kalorimeter digunakan hanya untuk menentukan nilai energi kotor. Analisa nilai bersih menggunakan pengurangan nilai energi kotor dengan perkalian zat H₂O hasil dari pembakaran yang terjadi di dalam bom dan panas laten penguapan H₂O. Dalam analisa nilai kalor dengan kalorimeter untuk bahan bakar yang masih mengandung air atau nilai kalor bruto (HHV) menggunakan persamaan:

$$HHV = \frac{(T_2 - T_1)W_c}{m} \quad (1)$$

Dengan :

HHV = Nilai kalor bruto,

T₁ = Suhu akhir

T₂ = Suhu awal

W_c = Energi sepadan dari alat kalorimeter, sebesar 2.416 kal/g

Setelah nilai kalor bruto didapatkan, maka untuk menghitung nilai kalor netto atau LHV menggunakan rumus:

$$LHV = HHV - mh_{fg} \quad (2)$$

Dengan :

LHV = Nilai kalor netto,

HHV = Nilai kalor bruto

m = massa air yang terjadi dalam pembakaran

h_{fg} = kalor laten uap air sebesar 539 kal/g

Maka biasanya nilai LHV lebih mewakili sebagai pertimbangan teknologi lebih lanjut (Elfiano, Subekti, and Sadil, 2014). Laju pembakaran didefinisikan sebagai besarnya massa yang terbakar dalam satuan waktu (Almu, Syahrul, and Padang, 2014). Uji laju pembakaran bertujuan untuk menentukan kadar efisiensi dalam bahan bakar. Semakin sedikit massa yang terbakar per satuan waktu menunjukkan bahwa kemampuan nyala api lebih tahan lama. Adapun rumus untuk mengetahui laju pembakaran adalah:

$$LP = \frac{m_0 - m_1}{t} \quad (3)$$

Dengan :

LP = Laju pembakaran,
 m_1 = Massa sesudah pembakaran
 m_2 = Massa sebelum pembakaran
 t = Durasi pembakaran

Kalor atau panas adalah energi yang berpindah akibat perbedaan suhu. Satuan SI untuk kalor adalah Joule. Kalor bergerak dari daerah yang bersuhu tinggi menuju ke daerah yang bersuhu rendah (Holman, 2010). Kalor pada sebuah benda yang bertukar suhu dapat dihitung. Jumlah kalor adalah nilai kalor yang diperlukan atau dilepaskan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = mc\Delta T \quad (4)$$

Dengan :

Q = Kalor
 m = Massa
 ΔT = Selisih temperatur
 t = Durasi pembakaran

Relasi antara kalor dengan energi listrik adalah sebagai berikut:

$$Q = W = Pt \quad (5)$$

Dimana W merupakan energi listrik dan P merupakan daya yang dinyatakan dalam satuan Watt serta t adalah waktu yang dinyatakan dalam satuan detik.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode studi literatur, uji laboratorium dan observasi lapangan.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dipakai dalam penelitian ini meliputi *bomb calorimeter*, termometer, *stopwatch*, bejana, tungku pembakaran, neraca digital, pelet kayu dan batubara brongkol sub-bitumen

Pengujian Nilai Kalor

Pengujian nilai kalor yang terkandung pada pelet kayu dan batubara menggunakan alat *bomb calorimeter*. Sampel bahan bakar dengan massa sebesar 1 gr dimasukkan dalam *bomb cylinder* untuk kemudian didetonasikan. Selisih pembacaan temperatur pada *water jacket* dicatat untuk kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai kalor bruto, untuk kemudian dikurangkan dengan massa air yang terjadi setelah pembakaran guna menentukan besar nilai kalor netto yang terjadi.

Pengujian Laju Pembakaran

Pengujian laju pembakaran dilakukan untuk mengetahui efektivitas dari suatu bahan bakar. Pengujian ini dilakukan secara manual dengan cara menimbang massa bahan bakar dalam cawan untuk kemudian dibakar pada tungku pembakaran. Durasi laju pembakaran dihitung dari penyalaan hingga seluruh bahan bakar berubah menjadi abu.

Pengujian Laju Pembakaran

Pengujian laju pembakaran dilakukan untuk mengetahui efektivitas dari suatu bahan bakar. Pengujian ini dilakukan secara manual dengan cara menimbang massa bahan bakar dalam cawan untuk kemudian dibakar pada tungku pembakaran. Durasi laju pembakaran didapatkan dengan cara mengukur waktu yang dibutuhkan oleh sampel bahan bakar untuk terbakar hingga menjadi abu.

Pengujian Daya Yang Dihasilkan oleh Pelet Kayu

Pengujian daya yang dihasilkan dilakukan dengan cara memanaskan sejumlah volume air pada sebuah bejana. Kenaikan temperatur serta durasi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur puncak akan dicatat.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisa Nilai Kalor

Analisa nilai kalor dilakukan dengan tujuan mengetahui nilai kalor bruto dan netto yang terkandung pada pelet kayu serta perbandingannya dengan nilai kalor bruto dan netto pada batubara

Tabel. 1 Data nilai kalor bruto (HHV) dan nilai kalor netto (LHV)

Jenis Bahan Bakar	HHV (kal/g)	LHV (kal/g)
Pelet Kayu	4021.6	3901.6
Batubara Sub-bitumen	6214.2	6117

Tabel. 2 Data laju pembakaran pelet kayu

No.	Massa Sebelum Pembakaran (g)	Laju Pembakaran (g/detik)
1	100	0,021
2	200	0,026
3	300	0,027
4	400	0,029
5	500	0,030
6	600	0,030
7	700	0,030
8	800	0,030
9	900	0,031
10	1000	0,029

Tabel. 3 Data laju pembakaran batubara

No.	Massa Sebelum Pembakaran (g)	Laju Pembakaran (g/detik)
1	100	0,0131
2	200	0,0156
3	300	0,0162
4	400	0,0177
5	500	0,0186
6	600	0,0185
7	700	0,0185
8	800	0,0184
9	900	0,0188
10	1000	0,0179

Tabel. 4 Data daya yang dihasilkan oleh pembakaran pelet kayu

Massa Bahan Bakar (g)	Kalor yang diterima oleh air (kal)	Daya yang dihasilkan (Watt)
100	70,460	612
200	74,230	397
400	167,500	647
600	198,450	599
700	291,200	506
900	283,950	580
1000	333,900	627

Nilai kalor netto pelet kayu sebesar 3901,6 kal/g, lebih rendah dibandingkan dengan nilai kalor netto batubara sebesar 6117 kal/g.

Analisa Laju Pembakaran

Pada tabel 2 didapatkan data laju pembakaran pelet kayu dan tabel 3 didapatkan data laju pembakaran batubara. Rata-rata laju pembakaran pelet kayu sebesar 0.028 gram/detik, lebih cepat daripada laju pembakaran batubara sebesar 0.185 gram per detik. Pada percobaan massa sampel pelet kayu sebesar 900 gram laju pembakaran yang dihasilkan lebih cepat dibandingkan dengan laju pembakaran 800 gram, hal ini dikarenakan cuaca yang berangin mampu mempercepat laju pembakaran dikarenakan terjadi proses konveksi paksa pada tungku pembakaran.

Analisa daya yang dihasilkan oleh pelet kayu saat memanaskan air dalam bejana

Pada tabel 4 didapatkan data daya rata-rata yang dihasilkan oleh pelet kayu pada saat proses

memanaskan air pada bejana sebesar 567 Watt. Kalor yang dihasilkan dihitung dari waktu awal penyalaan sampai dengan waktu mencapai temperatur puncak. Daya yang dihasilkan pada setiap sampel pembakaran sangat bervariasi dikarenakan oleh faktor volume air yang beragam dan pencatatan durasi pembakaran dalam durasi menit, sehingga toleransi waktu yang terkonversi dari menit ke detik adalah sebesar 60 detik.

4. Kesimpulan

1. Nilai kalor bruto yang dihasilkan oleh pelet kayu adalah sebesar 4021,6 kal/g, lebih rendah 35% dibandingkan dengan batubara sub-bitumen
2. Rata-rata laju pembakaran yang dihasilkan oleh pembakaran pelet kayu sebesar 0,028 gram/detik, lebih cepat apabila dibandingkan dengan rata-rata laju pembakaran batubara sebesar 0.0173 gram/detik
3. Rata-rata daya yang dihasilkan oleh pembakaran pelet kayu pada proses pemanasan air hingga mencapai suhu puncak sebesar 567 Watt.

5. Referensi

- [1] Almu, M. Afif, S. Syahrul, and Yesung Allo Padang. 2014. "Analisa Nilai Kalor Dan Laju Pembakaran Pada Briket Campuran Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Dan Abu Sekam Padi." *Dinamika Teknik Mesin* 4 (2): 117–22.
- [2] Arhamsyah, Arhamsyah. 2010. "Pemanfaatan Biomassa Kayu Sebagai Sumber Energi Terbarukan." *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* 2 (1): 42–48.
- [3] Elfiano, Eddy, Purwo Subekti, and Ahmad Sadil. 2014. "Analisa Proksimat Dan Nilai Kalor Pada Briket Bioarang Limbah Ampas Tebu Dan Arang Kayu." *Jurnal Aptek* 6 (1): 57–64.
- [4] Genissa, Nomaridha, Mohamad Sidik Boedoyo, and Donny Yoesgiantoro. 2018. "Analisis Biaya Dan Manfaat Pelet Kayu Eceng Gondok Sebagai Energi Alternatif Dalam Rangka Peningkatan Ketahanan Energi." *Jurnal Ketahanan Energi* 4 (2): 92–114.
- [5] Hendra, Djeni. 2012. "Rekayasa Pembuatan Mesin Pelet Kayu Dan Pengujian Hasilnya." *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 30 (2): 144–54.
- [6] Holman, J.P. 2010. *Heat Transfer*. 10th ed. New York: McGraw Hill. <https://doi.org/10.1016/b978-1-933762-24-1.50019-x>.
- [7] Indonesia, Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik. 2018. "Ini Angka Cadangan Migas Indonesia Dan Cara Meningkatkan." 2018. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/ini-angka-cadangan-migas-indonesia-dan-cara-meningkatkannya>.
- [8] Jamilatun, Siti. 2012. "Sifat-Sifat Penyalaan Dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara Dan Arang Kayu." *Jurnal Rekayasa Proses* 2 (2): 37–40.
- [9] Novita, Dian Marya, and Enri Damanhuri. 2010. "Heating Value Base on Composition and Characteristics of Municipal Solid Waste Indonesia in Waste to Energi." *Environmental Engineering Journal, ITB* 16 (2): 103–14.
- [10] Ragland, K. W., and K. M. Bryden. 2011. *Combustion Engineering*. 2nd ed. New York: CRC Press. <https://doi.org/10.2307/3102126>.
- [11] Sabit, Ali, and M. Tirono. 2012. "Efek Suhu Pada Proses Pengarangan Terhadap Nilai Kalor Arang Tempurung Kelapa." *Jurnal Neutrino* 3 (2): 143–52.