

ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN BAHAN ADITIF PADA BRIKET KAYU TERHADAP KALOR

ANALYSIS THE EFFECT OF ADDITIVE MATERIALS ADDITION ON WOOD BRIQUETTE TOWARDS HEAT ENERGY

Eiffel Fatimah Mardan¹, Suwandi², Amaliyah R. I. U.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹eiffel.mardan@gmail.com, ²suwandi.sains@gmail.com,

³amaliyahriu@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Penambahan bahan aditif pada briket kayu dapat dijadikan solusi pada masyarakat untuk membuat briket yang lebih berkualitas dan memiliki daya saing. Hal ini dikarenakan bahan aditif dapat memperkuat struktur briket agar tidak mudah hancur sehingga tidak memerlukan tekanan tinggi, briket kayu menjadi lebih mudah dibuat, dan mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan. Pada penelitian ini digunakan bahan aditif pati singkong, pati kentang, dan daun kering, dimana setiap bahan aditif divariasikan komposisinya sebesar 10%, 20%, dan 30% dari massa briket kayu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai komposisi bahan aditif yang berbeda terhadap nilai kalor pada briket kayu yang dihasilkan dengan dua metode yaitu kalorimeter bom dan kompor gasifikasi. Hasil nilai kalor dari bom kalorimeter menunjukkan nilai kalor briket kayu jati murni memiliki nilai kalor tertinggi yaitu 4690 kalori/gram dan nilai kalor terkecil merupakan nilai kalor briket kayu dengan bahan aditif pati kentang 30% yaitu 4498 kalori/gram. Hasil nilai kalor dengan kompor gasifikasi didapatkan briket kayu dengan bahan aditif pati kentang 20% memiliki nilai kalor tertinggi yaitu 3144 kalori/gram dan waktu nyala api terlama yaitu 871 detik.

Kata kunci : Briket kayu, aditif, kalorimeter bom, kompor gasifikasi.

Abstract

Adding additives to wood briquettes can be used as a solution for people to make briquettes with higher quality and competitiveness. Additives can strengthen the structure of the briquette so that it does not break easily so that it does not require high pressure, wood briquettes become easier to make, and affect the heating value produced. In this study, cassava starch, potato starch, and dried leaves were used as additives, where each additive was varied by 10%, 20%, and 30% of the mass of wood briquettes. This study aims to determine the effect of different compositions of additive ingredients on the heating value of wood briquettes produced with two methods namely bomb calorimeter and gasification stove. The results of the heating value of the bomb calorimeter show the heating value of pure teak wood briquettes has the highest heating value of 4690 calories / gram and the smallest heating value is the heating value of wood briquettes with 30% potato starch additive, which is 4498 calories / gram. The results of the heating value with a gasification stove obtained wood briquettes with 20% potato starch additives have the highest heating value of 3144 calories / gram and the longest flame time which is 871 seconds.

Keywords: Wood briquettes, additives, bomb calorimeters, gasification stove.

1. Pendahuluan

Bahan bakar alternatif merupakan hal yang penting pada era ini mengingat semakin menipisnya bahan bakar konvensional terutama bahan bakar fosil. Salah satu upayanya adalah dengan memanfaatkan limbah kayu. Limbah kayu di Indonesia memiliki banyak potensi mengingat banyaknya industri-industri perindustri berskala besar maupun kecil.

Indonesia juga merupakan salah satu negara penghasil serbuk kayu gergaji terbesar di dunia dengan produksi mencapai 1.4 juta m³ per tahun dan akan terus bertambah setiap tahunnya namun

limbah tersebut belum dimanfaatkan secara optimal [2]. Dalam hal ini, limbah berupa serbuk gergaji dapat dimanfaatkan untuk dijadikan briket kayu sebagai bahan bakar alternatif.

Pemanfaatan limbah organik untuk dijadikan bahan pembuatan briket kayu di Indonesia dapat mengarah pada pemanfaatan sumber daya alam secara optimal serta untuk penganeekaragaman sumber energi non-minyak. Dengan bentuk padat dan seragam, briket kayu akan mudah untuk dipasarkan dalam jarak yang cukup jauh baik antar kota maupun antar pulau. Briket kayu terbuat dari beraneka macam jenis limbah kayu kering berbentuk serbuk gergaji kayu yang kemudian diberikan bahan aditif (bahan tambahan) lainnya lalu diberi perlakuan tekanan tinggi [15]. Dalam kegunaannya sebagai bahan bakar, diketahui 1 kg dapat menyala hingga lebih dari 5 jam saat digunakan pada kompor gasifikasi, tergantung bahan yang ada dalam briket kayu tersebut.

Salah satu faktor briket berkualitas baik adalah dengan memiliki nilai kalor dan suhu api yang tinggi [12]. Untuk meningkatkan kualitas dan daya saing, dapat dilakukan dengan memberikan zat aditif yang ramah lingkungan dan hemat biaya, mengingat penelitian ini berfokus pada bahan organik sebagai bahan bakar alternatif dan kualitas suatu briket dipengaruhi oleh bahan penyusunnya, oleh karena itulah bahan aditif yang digunakan berupa bahan pati dan daun kering.

Melihat dari potensi yang ada, sangat menarik untuk dilakukan penelitian terhadap pengaruh pemberian bahan aditif yang berbeda terhadap kalor yang dihasilkan oleh briket kayu, untuk mengetahui briket kayu yang menghasilkan nilai kalor terbaik, dan melihat performasinya pada kompor gasifikasi.

2. Dasar Teori

2.1 Kalor

Kalor adalah energi yang dapat merubah suhu dan wujud suatu benda dan memiliki satuan joule (J) [4]. Energi dalam yang dipindahkan dari satu benda ke benda lain akibat perpindahan suhu disebut kalor. Kalor selalu mengalir dari benda bersuhu tinggi ke ke benda yang bersuhu lebih rendah. Tidak pernah terjadi kalor mengalir dari benda bersuhu rendah ke benda bersuhu tinggi. Untuk menaikkan suhu sebesar 1 °C untuk 1 gram air, maka dibutuhkan energi sebesar 4.18 Joule. Energi sebesar ini dinamakan 1 kalori (kal).

2.2 Briket Kayu

Briket kayu merupakan padatan yang digunakan sebagai bahan bakar. Seperti briket pada umumnya, briket kayu terbuat dari serbuk gergaji kayu yang kemudian diberi perlakuan tekanan tinggi hingga berupa padatan. Serbuk gergaji kayu yang digunakan dapat berasal dari limbah industri kayu atau limbah eksploitasi kayu. Secara umum briket kayu nilai kalor yang bervariasi tergantung dengan jenis kayu yang digunakan [9]. Untuk mengualifikasi briket kayu bermutu baik, penelitian ini mengacu pada surat keputusan direktorat pertambangan umum tahun 1993 tentang standar mutu briket non-karbonasi. Adapun standar lain yang dapat dijadikan acuan adalah *European Standards* EN 14918.

Tabel 1. Standar Mutu Briket Non-Karbonasi. [14]

Parameter Uji	Surat Keputusan Direktorat Pertambangan Umum	EN 14918
Nilai Kalor	> 4000 kalori/gram	≥ 3561 kalori/gram
Kadar Air	< 20%	≤ 15%

2.2.1 Bahan Aditif

Bahan aditif pada briket merupakan bahan tambahan yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas briket. Peningkatan kualitas yang dimaksud dapat merujuk pada kualitas briket dalam parameter fisik dan thermalnya, termasuk nilai kalor yang dihasilkannya.

2.2.1.1 Pati

Pati adalah karbohidrat yang terdiri dari dua polimer yaitu amilose (polisakarida linear) dan amilopektin (polisakarida bercabang). Karbohidrat ini diproduksi oleh semua tanaman hijau sebagai penyimpanan energi, yang terdapat dalam makanan pokok seperti kentang, beras, jagung, gandum, dan singkong. Pati tidak dapat larut dalam air dingin dan alkohol namun ketika pati dilarutkan dalam air hangat, pati tersebut dapat dijadikan sebagai bahan peneras, penebal, atau perekat [7]. Diketahui bahwa pati kentang memiliki 25% amilose dan 75% amilopektin sedangkan pati singkong memiliki

17-20% amilose, dengan kadar abu masing-masing 0.4% dan 0.2% [3]. Beberapa kandungan lain yang terkandung pada pati yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada tabel 2.

Tabel 2. Tabel Komposisi Pati per 100 gram. (DKBM Indonesia)

Nutrisi	Pati Tapioka	Pati kentang
Energy (kal)	362	347
Protein (gr)	0.5	0.3
Lemak (gr)	0.3	0.1
Karbohidrat (gr)	86.9	85.6
Kalsium (mg)	0	20
Fosfor (mg)	0	30
Zat Besi (mg)	0	1
Air (%)	12	13

2.2.1.2 Daun Kering

Daun kering yang jatuh (gugur) merupakan limbah yang memiliki potensi besar dalam *biofuel*. Diketahui rata-rata nilai kalor dari berbagai daun kering yang jatuh dari pohon adalah 17755 joule/gr atau sekitar 4243.5 kal/gr [10].

2.3 Kalorimeter Bom

Bomb calorimeter atau kalorimeter bom adalah alat yang digunakan untuk mengukur panas yang dihasilkan oleh pembakaran dalam atmosfer yang penuh dengan oksigen dalam wadah tertutup dan dikelilingi dengan air dalam kondisi yang terkontrol [1]. Hasil pengukuran dari alat ini berupa nilai kalor.

Kalorimeter bom yang digunakan pada penelitian ini merupakan kalorimeter bom keluaran IKA dengan tipe C2000 *Basic*, seperti pada gambar 1. Pengujian pada penelitian ini menggunakan mode *isoperibolic* untuk mencapai akurasi terbaik dengan lama pengukuran sekitar 30 menit.



Gambar 1. Kalorimeter Bom IKA C2000 *Basic*.

2.4 Gasifikasi

Gasifikasi merupakan salah satu teknik pembakaran atau konversi material cair maupun padat menjadi bahan bakar gas dengan udara yang terbatas. Gas yang dihasilkan dari teknik pembakaran ini memiliki nilai bakar sehingga dapat menghasilkan energi. Proses gasifikasi akan menghasilkan bahan padat berupa arang dan abu, bahan cair seperti uap arang, dan beberapa gas utama yaitu H₂, CO, CH₄, emisi CO₂ dan NO₂.

Terdapat beberapa tahapan dalam gasifikasi yang terjadi dalam ruang pembakaran atau gasifier yang terdiri dari empat proses. Proses tersebut merupakan pengeringan, dekomposisi termal (pirolisis), pembakaran parsial (oksidasi), dan reduksi.

Pada penelitian ini akan digunakan tipe Top-Lit Updraft gasifier (T-LUD) dimana pemberian dan penyalaan bahan bakar dengan T-LUD dilakukan pada bagian atas gasifier. Panas yang dihasilkan dari penyalaan bahan bakar membuat bahan bakar terdekomposisi. Hasil dekomposisi bergerak ke bawah dimana pergerakannya bergantung dengan suplai udara, sedangkan gas hasil pirolisisnya bergerak ke atas. Hal ini membuat bahan bakar pada bagian atas menjadi arang atau karbon. Karbon kemudian bereaksi dengan udara yang disuplai, sehingga gas yang terkonversi merupakan gas yang mudah terbakar.

3. Metodologi

3.1. Prosedur Pembuatan Briket Kayu

3.1.1 Persiapan Pembuatan Briket

Pada tahap ini, serbuk kayu diayak dengan saringan berukuran 30 mesh. Hal ini untuk menyamaratakan ukuran partikel yang digunakan. Ukuran partikel serbuk kayu yang lebih besar (< 30 mesh) akan lebih mudah hancur dan tidak dapat dibentuk briket [17]. Setelah diayak, sisihkan serbuk kayu untuk dicampurkan dengan bahan aditif dengan massa total 2 gram dan dicampurkan bahan aditif dengan variasi masing-masing sebesar 10%, 20%, dan 30% dari massa sampel. Sebelumnya bahan aditif yang semula berupa pati telah dicampurkan air dan dimasak hingga mendidih dan mengental seperti jel. Untuk daun kering sebelumnya dikeringkan terlebih dahulu untuk mengurangi kadar air lalu di-blending dan diayak dengan saringan 40 mesh.

3.1.2 Pembuatan Briket

Seusai serbuk kayu tercampur dengan bahan aditif, bahan campuran dimasukkan ke dalam cetakan yang kemudian ditekan oleh mesin press hidrolik dengan tekanan maksimum alat 25 ton/cm² dengan waktu penekanan 60 detik untuk dicetak.

Briket yang telah tercetak kemudian disimpan dalam wadah. Setelah itu, briket dikeringkan dengan menggunakan oven. Pengerinan ini berlangsung sekitar 50 menit dengan suhu tidak melebihi 100 °C. Semakin lama waktu pengerinan akan mengurangi kadar air dan semakin tinggi suhu yang digunakan semakin bagus namun tidak melebihi 100 °C karena akan menyebabkan stabilitas briket menurun [8].

3.2 Pengujian Briket Kayu

Pengujian menggunakan kalorimeter bom dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik Institut Teknologi Bandung. Penulis memberikan sampel yang kemudian diuji dan hasilnya dapat didapatkan pada hari berikutnya.

Untuk pengujian menggunakan kompor gasifikasi dilakukan dengan menyiapkan briket kayu sebanyak 10 gram (5 butir) untuk memanaskan air uji sebanyak 250 ml dengan suhu awal air 27-28 °C. Pengujian dilakukan di ruang terbuka. Penyalaan kompor menggunakan trigger minyak tanah untuk memudahkan briket terbakar. Waktu nyala api hingga padam dalam sekon, suhu api, dan suhu air uji diukur dengan arduino uno menggunakan thermocouple. Hasil sisa pembakaran akan ditimbang.

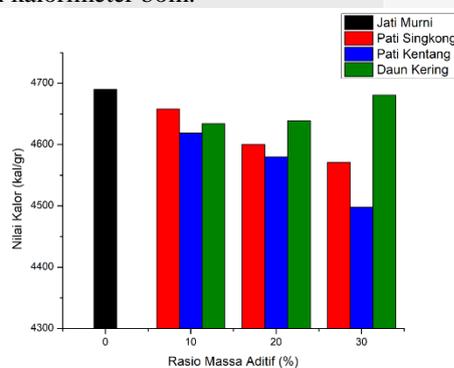
3.3 Pengolahan Data

Data yang didapatkan dari kalorimeter bom berupa nilai kalor briket serbuk kayu. Data ini diolah untuk dilihat pengaruh aditif pada briket serbuk kayu dengan membuat grafik nilai kalor dan kadar air yang berkurang. Grafik tersebut dibandingkan dengan data yang didapatkan dari kompor gasifikasi kemudian dianalisa hasilnya.

4. Pembahasan

4.1 Hasil Nilai Kalor Dengan Menggunakan Kalorimeter Bom

Berikut adalah seluruh hasil nilai kalor yang didapatkan dari briket kayu yang telah dicampur bahan aditif dan diuji dengan kalorimeter bom:



Gambar 4.1 Grafik Nilai Kalor Briket Kayu.

4.1.1 Hasil Nilai Kalor Briket Kayu dengan Bahan Aditif Pati Singkong

Hasil nilai kalor briket kayu dengan bahan aditif pati singkong tertinggi adalah pada saat briket kayu tidak diberi aditif yaitu sebesar 4690 kalori/gram dan kalor terendah pada saat briket kayu dicampurkan dengan 30% pati singkong dengan nilai 4571 kalori/gram. Terlihat dari grafik bahwa setiap penambahan aditif sebesar 10% akan menyebabkan nilai kalor relatif menurun namun tidak memberikan pengaruh yang signifikan.

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa setiap penambahan aditif menyebabkan penurunan nilai kalor. Hal ini sesuai dikarenakan semakin banyak kadar aditif pati singkong yang digunakan maka semakin sedikit berat serbuk kayu yang digunakan dan semakin banyak air yang terkandung pada briket, menyebabkan nilai kalor semakin menurun. Dengan demikian, penambahan pati singkong sebagai aditif dapat mempengaruhi nilai kalor briket yaitu membuat nilai kalor semakin menurun.

4.1.2 Hasil Nilai Kalor Briket Kayu dengan Bahan Aditif Pati Kentang

Hasil nilai kalor briket dengan aditif pati kentang tertinggi merupakan briket kayu jati murni tanpa aditif yaitu sebesar 4690 kalori/gram dan nilai kalor terendah ketika diberikan aditif pati kentang sebesar 30% yaitu sebesar 4498 kalori/gram.

Dari gambar 4.1 terlihat bahwa pemberian aditif pati kentang pada briket kayu menyebabkan nilai kalor semakin menurun. Seperti pada penggunaan aditif pati singkong, penggunaan pati kentang sebagai aditif mengakibatkan berkurangnya kadar serbuk kayu jati yang digunakan dan meningkatkan kadar air briket kayu, mengingat pembuatan bahan aditif menggunakan unsur air. Meskipun demikian, nilai kalor dari briket kayu dengan penambahan aditif pati kentang memiliki nilai kalor yang relatif lebih kecil dari briket kayu dengan aditif pati singkong. Hal ini disebabkan oleh komposisi penyusun yang berbeda antara kedua aditif tersebut, antara lain kandungan abu dan kandungan air sehingga nilai kalor menjadi lebih kecil, sesuai dengan pernyataan Ndraha (2009) dimana semakin tinggi kadar abu maka semakin buruk nilai kalor. Dengan ini, penambahan bahan aditif pati kentang mempengaruhi nilai kalor briket kayu yaitu menurunkan nilai kalor lebih banyak dari penggunaan aditif pati singkong.

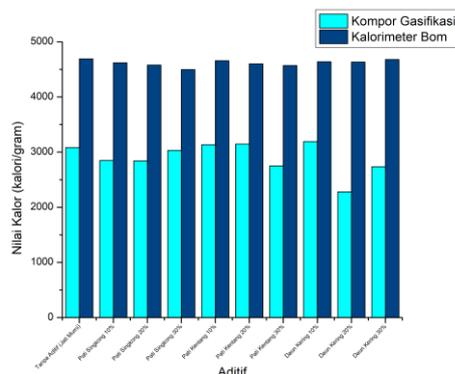
4.1.3 Hasil Nilai Kalor Briket Kayu dengan Bahan Aditif Daun Kering

Hasil nilai kalor briket dengan aditif daun kering mendapatkan nilai kalor terendah merupakan pada briket dengan aditif daun kering 10% yaitu bernilai 4639 kalori/gram dan nilai kalor tertinggi ada pada briket kayu jati tanpa aditif yaitu 4690 kalori/gram. Meski demikian, nilai kalor briket kayu dengan aditif daun kering 30% sebesar 4681 kalori/gram, tidak berpengaruh secara signifikan dengan ketika briket tidak diberikan aditif.

Hal ini dikarenakan jenis aditif yang berbeda dari dua sebelumnya, dimana pada proses preparasi aditif daun kering tidak membutuhkan air, sehingga semakin banyaknya aditif daun kering yang digunakan maka kadar air juga semakin berkurang menyebabkan nilai kalor briket meningkat seiring semakin bertambahnya komposisi aditif daun kering.

4.2 Hasil Pengujian Menggunakan Kompor Gasifikasi

Nilai kalor yang didapatkan dari perhitungan kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan nilai kalor yang diterima oleh air pada saat menggunakan kompor gasifikasi.



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai Kalor.

Pada gambar 4.2 terlihat nilai kalor yang dihasilkan oleh kompor gasifikasi jauh lebih rendah dibandingkan dengan nilai kalor yang didapatkan dari kalorimeter bom, hal ini dikarenakan pengujian dilakukan pada ruang terbuka dan tidak adanya pengondisian khusus pada ruang tempat

pengujian saat menggunakan kompor gasifikasi. Nilai kalor terkecil dari pengujian menggunakan kompor gasifikasi adalah briket kayu dengan aditif daun kering 20% yaitu sebesar 2280 kalori/gram,

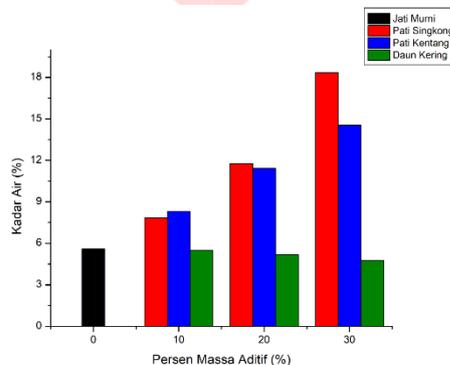
Meskipun memiliki nilai kalor yang kecil, namun briket kayu dengan aditif pati memiliki keunggulan lain. Briket kayu dengan bahan kentang 20% memiliki waktu nyala api yang lebih lama yaitu selama 871 detik atau sekitar 14 menit 31 detik. Briket kayu dengan bahan aditif pati singkong juga memiliki keunggulan dapat memanaskan air hingga suhu 100.66 °C dimana briket dengan aditif lain hanya mampu memanaskan air hingga 94.5 °C.

Suhu api dapat dipengaruhi oleh banyaknya angin dalam ruang pengujian, hal ini kemudian mempengaruhi lama waktu briket terbakar dan meningkatkan dan atau mengurangi suhu air yang diuji, menyebabkan nilai kalor pada kompor gasifikasi dari perhitungan tidak memiliki kolerasi terhadap nilai kalor dari kalorimeter bom. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Selilana (2017) dimana kecepatan udara mempengaruhi laju kalor pada kompor.

4.3 Data Tambahan

4.3.1 Kadar Air Hilang Briket Kayu

Kadar air hilang briket kayu didapatkan dengan menimbang briket kayu pada saat sebelum dan sesudah proses pengeringan.

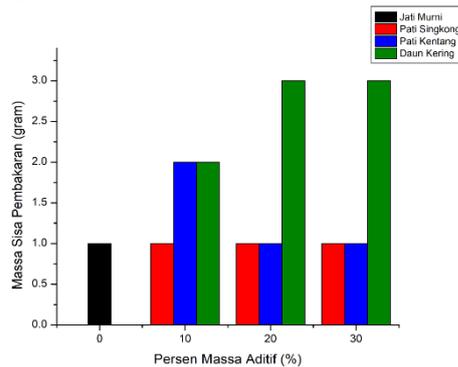


Gambar 4.3 Grafik Kadar Air Hilang Briket Kayu.

Dari gambar 4.3, kadar air hilang briket kayu tertinggi dimiliki oleh briket kayu dengan bahan aditif pati singkong 30% yaitu sebesar 18.35%, 12.76% lebih banyak dari briket kayu jati murni yaitu 5.59%. Sebaliknya, kadar air hilang terendah didapatkan oleh briket kayu dengan aditif daun kering 30% dengan kadar air 4.76%, menurunnya kadar air hilang sebanyak 0.83% dari briket kayu jati murni.

Berdasarkan hasil yang terdapat pada gambar 4.4 dan 4.2, terlihat bahwa semakin tinggi kadar aditif pati maka semakin tinggi pula kadar air yang hilang dan semakin menurunnya nilai kalor briket kayu, menandakan semakin banyaknya kandungan air yang ada pada briket kayu berdampak menurunkan kualitas briket kayu karena meningkatkan kadar air briket.. Hal ini terjadi karena dalam campuran aditif terdapat kandungan air sehingga jika semakin tinggi kadar bahan aditif maka semakin tinggi pula kadar air yang hilang. Sebaliknya, penambahan bahan aditif daun kering menurunkan kadar air karena kandungan air dalam daun kering jauh lebih sedikit dibandingkan bahan aditif pati.

4.3.2 Massa Sisa Pembakaran



Gambar 4.4 Grafik Massa Sisa Pembakaran.

Massa sisa pembakaran briket kayu berupa arang dan abu. Pada gambar 4.4 dapat terlihat bahwa hampir sebagian besar briket kayu terbakar hampir keseluruhan, kecuali pada briket dengan bahan aditif daun kering dimana menghasilkan sisa pembakaran yang lebih banyak dari briket dengan aditif lain yaitu sebanyak 3 gram atau sekitar 33% dari bahan bakar briket yang digunakan. Pada briket kayu dengan aditif pati kentang 10% terdapat 2 gram massa sisa pembakaran namun menurun menjadi 1 gram pada penambahan 10% aditif berikutnya. Bahan aditif pati singkong tidak memberi pengaruh signifikan pada briket kayu terhadap massa sisa pembakaran.

Tingginya massa sisa pembakaran pada briket kayu dengan bahan aditif daun kering disebabkan oleh komponen kimia dalam daun kering, seperti kalsium dan magnesium, juga mempengaruhi massa abu karena akan menaikkan titik leleh abu sehingga menyebabkan abu sulit meleleh dalam suhu rendah (kurang dari 805°C), menghasilkan massa abu sisa pembakaran yang lebih banyak [10]. Semakin tinggi kadar abu maka semakin buruk kualitas briket[9], hal ini sesuai dengan gambar 4.2 dimana briket kayu dengan bahan aditif daun kering 20% dan 30% memiliki nilai kalor paling rendah.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa simpulan yaitu:

1. Pemberian bahan aditif dengan komposisi yang berbeda terbukti mempengaruhi nilai kalor briket. Nilai kalor briket kayu jati murni memiliki nilai kalor tertinggi yaitu 4690 kalori/gram, diikuti oleh nilai kalor briket kayu dengan bahan aditif daun kering 30% sebesar 4681 kalori/gram, dan nilai kalor terkecil merupakan nilai kalor briket kayu dengan bahan aditif pati kentang 30% yaitu 4498 kalori/gram. Bahan aditif pati cenderung mengurangi nilai kalor briket kayu seiring bertambahnya massa aditif yang digunakan. Penggunaan bahan aditif daun kering tidak memberi pengaruh signifikan terhadap nilai kalor briket kayu.
2. Pemberian bahan aditif dengan komposisi yang berbeda terbukti mempengaruhi nilai kalor briket meskipun menghasilkan nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan dengan bom kalorimeter. Nilai kalor tertinggi diperoleh briket kayu dengan bahan aditif pati kentang yaitu 3144 kalori/gram dan nilai terendah diperoleh briket kayu dengan bahan aditif daun kering 20% yaitu 2280 kalori/gram. Rendahnya nilai kalor disebabkan oleh kondisi ruangan terbuka sehingga aliran udara tidak konstan, mempengaruhi suhu api dan nilai kalor hasil perhitungan.

Daftar Pustaka:

- [1] Anonymous. (2011). IKA - Analytical Technology. 201107_Analytical_Technology_EN, 2-7. Retrieved from www.ika.com
- [2] Billah, M. (2009). Bahan Bakar Alternatif Padat (BBAP) Serbuk Gergaji Kayu. UPN Press.
- [3] Breuninger, W. F., Piyachomkwan, K., & Sriroth, K. (2009). Tapioca/Cassava Starch: Production and Use. In J. N. BeMiller, & R. L. Whistler (Eds.), *Starch Chemistry and Technology* (3rd ed.). Elsevier.
- [4] Cengel, D. Y., & Boles, M. A. (2014). *Thermodynamics An Engineering Approach* (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- [5] Hartono, R. (2008). *Penanganan & Pengolahan Sampah*. Jakarta: Penebar Swadaya.

- [6] Hendra, D., & Winarni, I. (2003). Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang Campuran Limbah Kayu Gergajian dan Sabetan Kayu. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 21(3), 211-226.
- [7] Kuokkanen, M., Vilppo, T., Kuokkanen, T., Stoor, T., & Niinimäki, J. (2011). Additives in wood Pellet Production - A Pilot Scale Study of Agent Usage. *BioResources*, 4331-4355.
- [8] Nawawi, M. A. (2018). Pengaruh Suhu Dan Lama Pengeringan Terhadap Karakteristik Briket Arang Tempurung Kelapa. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- [9] Ndraha, N. (2009). Uji Komposisi Bahan Pembuatan Briket Bioarang Tempurung Kelapa dan Serbuk Kayu Terhadap Mutu Yang Dihasilkan. Skripsi.
- [10] Pňakovič, L., & Dzurenda, L. (2015). Combustion Characteristics of Fallen Fall Leaves from Ornamental Trees in City and Forest Parks. *Leaf Combustion*, 5563-5572.
- [11] Purwanto, D. (2009). Analisa Jenis Limbah Kayu Pada Industri Pengolahan Kayu di Kalimantan Selatan. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 01(01), 14-20.
- [12] Saleh, A., Novianty, I., Murni, S., & Nurrahma, A. (2017). Analisis Kualitas Briket Serbuk Gergaji Kayu Dengan Penambahan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Kimia*, 5(1), 21-30.
- [13] Selilana, E. A. (2017, Desember). Pengaruh Tinggi dan Jumlah Lubang Udara Pada Tungku Pembakaran Serta Variasi Kecepatan Aliran Udara Terhadap Kinerja Kompor Gasifikasi Biomassa. *E-Proceeding of Engineering*, 4(3), 3862-3868.
- [14] Setiadi, W. (2018). Analisis Briket Serbuk Gergaji Kayu Jati Dengan Variasi Perekat Tar, Kanji, dan Oli Sebagai Bahan Bakar Alternatif. Publikasi Ilmiah.
- [15] Sudjarat, R. (1984). Pengaruh Kerapatan Kayu, Tekanan Pengempaan, dan Jenis Perekat Terhadap Sifat Briket Kayu. *Jurnal PHH*, 1(1), 11-16.
- [16] Surya, P. Y. (2009). Suhu dan Termodinamika. PT. KANDEI.
- [17] Sutrisno, Anggono, W., Suprianto, F. D., Kasrun, A. W., & Siahaan, I. H. (2017, February). The Effects of Particle Size and Pressure on the Combustion Characteristics of Cerbera manghasleaf Briquettes. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(4).
- [18] Tipler, P. A. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik* (3 ed., Vol. 1). Jakarta: Erlangga.