

PENGARUH PEMBAKARAN LIMBAH ORGANIK RUMAH TANGGA DENGAN CAMPURAN BAHAN ADITIF TERHADAP NILAI KALOR

THE INFLUENCES OF COMBUSTION OF HOUSEHOLD ORGANIC WASTE WITH MIXTURE OF ADDITIVE MATERIALS TO CALOR VALUE

Berna Wahyu Setiawan¹, Suwandiz², Amaliyah R. I. U³
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹bernasetiawan@gmail.com, ²suwandi.sains@gmail.com,
³amaliyahriu@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Energi merupakan permasalahan utama dunia saat ini. Maka dibutuhkan energi alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu energi alternatif tersebut adalah energi berbahan dasar briket. Selain lebih murah, bahan dasar pembuatan briket juga bisa berasal dari limbah organik rumah tangga yang mudah didapat. Pada penelitian ini, briket dibuat dengan bahan dasar limbah organik rumah tangga yang dicampur dengan arang kayu, arang tempurung kelapa, dan arang sekam padi. Metode yang digunakan untuk mencampur bahan tersebut adalah dengan tekanan hidrolis pada sampel dengan rasio perbandingan massa 1:1, 1,25:0,75, 1,50:0,50. Pengujian ini dilakukan untuk mencari nilai kalor, suhu air, suhu api, dan waktu pembakaran dengan menggunakan *bomb calorimeter* dan kompor gasifikasi. Dari pengujian tersebut, diperoleh nilai tertinggi pada briket limbah dengan arang kayu 1:1 sebesar 5.246 kal/gr menghasilkan suhu air 94,49^oφφ, suhu api 324,75^oφ dalam waktu 631s.

Kata kunci : Briket, Kalor, *Bomb Calorimeter*, Kompor Gasifikasi.

Abstract

Energy is a major problem in the world today. Then alternative energy is needed to overcome these problems. One such alternative energy is briquette-based energy. Besides being cheaper, the basic ingredients for making briquettes can also come from household organic wastes that are easily available. In this study, briquettes were made with basic ingredients of household organic waste mixed with wood charcoal, coconut shell charcoal, and rice husk charcoal. The method used to mix the material is with hydraulic pressure in the sample with a mass ratio of 1:1, 1,25: 0,75, 1,50: 0,50. This test was conducted to find the heating value, water temperature, fire temperature, and combustion time using the bomb calorimeter and gasification stove. From the test, the highest value on waste briquettes with wood charcoal 1: 1 was 5.246 cal / gr resulting in water temperature 94.49 ° C, fire temperature 324.75 ° C within 631s.

Keywords: Briquettes, Calor, Bomb Calorimeter, Gasification Stove

1. Pendahuluan

Energi merupakan permasalahan utama dunia saat ini. Tiap tahunnya kebutuhan akan energi semakin meningkat seiring dengan semakin meningkatnya aktivitas manusia yang menggunakan bahan bakar terutama bahan bakar minyak yang diperoleh dari fosil tumbuhan maupun hewan. Briket limbah organik mampu menjadi jawaban sebagai energi alternatif. Briket dengan bahan dasar limbah organik memang belum menjadi primadona bagi masyarakat luas. Briket ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan briket batubara. Salah satu keunggulannya yaitu dapat mengurangi limbah sampah organik khususnya di daerah rumah tangga dan masyarakat sekitar. Cukup banyak penelitian yang telah dilakukan sebagai bentuk pengembangan dari pengolahan limbah organik menjadi briket sebagai bahan bakar alternatif. Salah satunya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Siti Jamilatun, setiap jenis briket dengan nilai kalor maksimal pada Arang tempurung kelapa 5.780 kal/gr, Arang kayu 3.583 kal/gr, dan Selam padi 3.073 kal/gr [5]. Dari penelitian yang dilakukan oleh Siti, dihasilkan beberapa hasil terkait dengan nilai kalor pada masing-masing bahan. Pembuatan bahan dilakukan dengan menambahkan tepung tapioka sebagai bahan perekat.

Variasi perbandingan antara perekat dengan arang adalah 80:20. Sedangkan pada penelitian tugas akhir ini, digunakan limbah organik sebagai bahan dasar briket dengan campuran arang kayu, arang sekam padi, dan arang tempurung kelapa tanpa menggunakan bahan perekat dengan variasi rasio perbandingan massa 1:1, 1,25:0,75, 1,50:0,50 akan menjadi fokus pada penelitian ini. Ada beberapa variabel pengujian nilai kalor yaitu rasio perbandingan, massa sampel, laju pembakaran, dan suhu air. Diharapkan dari penelitian ini akan menghasilkan nilai kalor, suhu air, suhu api, dan waktu pembakaran yang lebih tinggi dari penelitian sebelumnya serta dapat menjadi bahan bakar alternatif pengganti batubara untuk dapat dipergunakan oleh masyarakat luas.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Kalor

Kalor adalah energi panas yang dipindahkan dari satu benda ke benda lain akibat perbedaan suhu dengan satuan joule (J). Kalor selalu mengalir dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu lebih rendah dan tidak pernah mengalir dari benda bersuhu rendah ke benda bersuhu tinggi. Peristiwa ini terus berlangsung hingga semua molekul memiliki energi dalam yang sama (suhu kedua benda sama tinggi). Untuk menaikkan suhu sebesar 1°C untuk 1 gram air, maka dibutuhkan energi sebesar 4.184 Joule. Energi sebesar ini dinamakan 1 kalori (kal).

$$1 \text{ kkal} = 4.184 \text{ kJ} \quad 2-1$$

2.2 Briket

Bioarang merupakan arang yang dibuat dari berbagai macam bahan hayati atau biomassa seperti kayu, ranting, daun-daunan, rumput jerami, ataupun limbah pertanian lainnya [12]. Pada penelitian ini, bahan utama pembuatan briket ini adalah limbah organik rumah tangga dengan bahan aditif yaitu arang kayu, arang tempurung kelapa, dan arang sekam padi.

2.3 Alat Pengujian

Pada penelitian ini, alat pengujian untuk mengetahui nilai kalor, suhu air, suhu api, dan waktu pembakaran adalah dengan menggunakan *bomb calorimeter* dan kompor gasifikasi. *Bomb Calorimeter* atau kalorimeter bom tipe C2000 adalah suatu rangkaian alat instrumen untuk mengukur besaran kalori dari suatu material, baik cair maupun padatan. Pengujian dengan alat ini bertujuan untuk mengetahui nilai kalori per gram pada sampel bermassa maksimal 2 gr. Gasifikasi adalah proses terjadinya perubahan bahan bakar padat berupa biomassa menjadi gas dengan proses secara termokimia. Proses gasifikasi dalam reaktor pada gasifikasi *Top-Lit Up Draft* (TLUD) di mana pemberian dan penyalaan bahan bakar dilakukan pada bagian atas *gasifier*. Kompor gasifikasi ini menggunakan termokopel sebagai sistem elektrik untuk mengetahui suhu air, suhu api, dan waktu pembakaran.

2.4 Pengujian Dengan *Bomb Calorimeter*

Umumnya, kalori bom bekerja secara adiabatik. Kalor yang dilepas saat proses pembakaran didalam kalorimeter bom akan menaikkan suhu kalorimeter dan nilai tersebut dapat dijadikan sebagai dasar penentuan kalor pembakaran.

Energi dalam proses (ΔH) merupakan nilai yang dicari. Perhitungan ini dapat dihitung dengan Hukum Hess [8].

Jika dalam percobaan sebesar m (gram) zat terbakar dan menimbulkan kenaikan suhu sebesar ΔT , maka kalor pembakaran zat (dalam kal/gr) dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\Delta H = \frac{-C \Delta T}{m} \quad 2-2$$

2.5 Pengujian Dengan Kompor Gasifikasi

Gasifikasi adalah proses terjadinya perubahan bahan bakar padat berupa biomassa menjadi gas dengan proses secara termokimia untuk pembentukan kriteria penentuan kemungkinan terjadi atau spontanitas dari transformasi yang diperlukan. Proses ini memanfaatkan panas dari hasil proses reaksi pembakaran. Gas yang dihasilkan pada teknik pembakaran memiliki nilai bakar sehingga dapat menghasilkan suatu energi. Proses gasifikasi pada biomassa akan menghasilkan gas yang utama yaitu C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , H_2 , bahan cair dan bahan padat.

Secara umum untuk mendeteksi adanya kalor yang dimiliki oleh suatu benda yaitu dengan mengukur suhu benda tersebut. Kalor pada suhu 25 °C - 100 °C (kalor sensible air) dapat dicari dengan persamaan [1]:

$$Q_s = m_a \cdot C_p \cdot \Delta T \quad 2-3$$

Dimana:

Q_s = kalor sensible air (KJ)

m_a = massa air mula-mula (Kg)
 C_p = kalor jenis air (4,200 KJ/Kg.0C)
 ΔT = $T_2 - T_1$ (perubahan suhu °C)

Kalor pada saat air mendidih (kalor laten air), dapat dicari dengan persamaan:

$$Q_L = m_{uap} \cdot h_{fg} \quad 2-4$$

Dimana:

Q_L = kalor laten air (KJ)
 m_{uap} = massa uap (Kg)
 h_{fg} = enthalpi penguapan (KJ/Kg)

Massa uap air dapat dicari :

$$m_{uap} = m_a \cdot m_b \quad 2-5$$

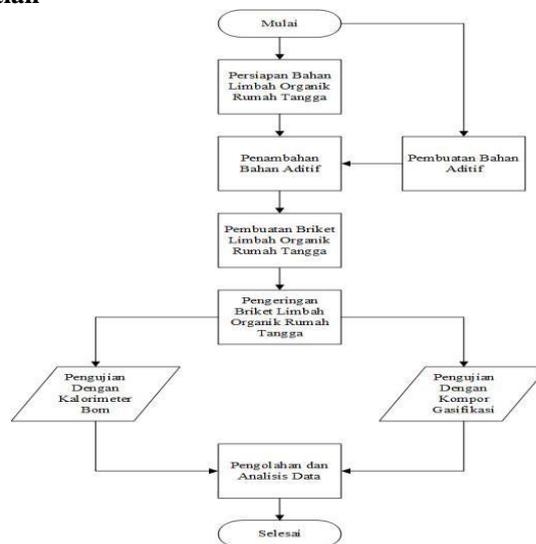
Dimana:

m_a = massa air mula-mula (Kg)
 m_b = massa air akhir (Kg)

Kalor yang terpakai = kalor sensible air + kalor laten air

$$Q = Q_s + Q_L \quad 2-6$$

2.6 Rancangan Penelitian



Gambar 2.1 Diagram Alir Pengujian

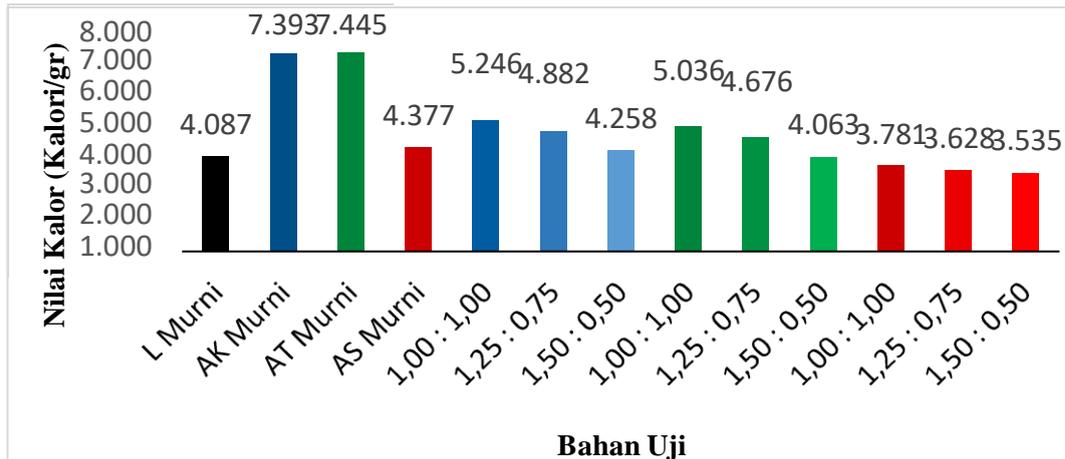
Pada penelitian ini, bahan-bahan yang dibutuhkan adalah limbah organik yang bisa kita dapatkan di rumah, tempat sampah, maupun pasar. Limbah organik di tekan dengan menggunakan tekanan hidrolik 23,394 MPa atau 25 ton, lalu di jemur dibawah sinar matahari selama 8 jam perhari untuk menguraikan kadar air. Setelah kering, bahan tersebut ditumbuk dengan menggunakan lesung untuk dihaluskan. Setelah halus, bahan disaring dengan saringan 60 mesh untuk menjadi bubuk.

Bahan aditif yang terdiri dari arang kayu, arang tempurung kelapa, dan arang sekam padi ditumbuk dengan lesung lalu disaring dengan saringan 60 mesh untuk menjadi bubuk. Selanjutnya bubuk limbah organik dan bubuk bahan aditif dicampur dengan rasio perbandingan massa 1:1, 1,25:0,75, 1,50:0,50 gr. Setelah dicampur, bahan tersebut dicetak dengan menggunakan cetakan yang ditekan dengan tekanan hidrolik. Selanjutnya bahan tersebut di uji dengan *bomb calorimeter* dan kompor gasifikasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Nilai Kalor Dari Pengujian Menggunakan *Bomb Calorimeter*

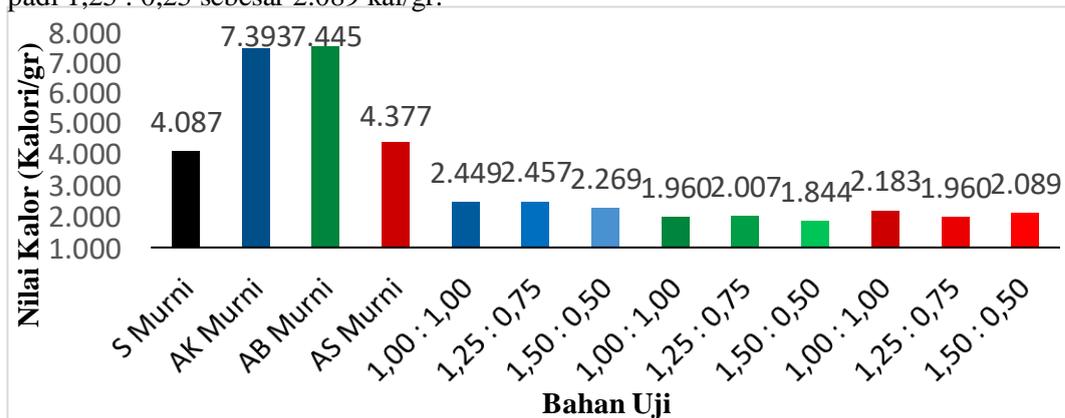
Pada pengujian ini ditampilkan kurva hasil dari uji nilai kalor pada keseluruhan bahan. Pada kurva tersebut massa yang ditampilkan pada sampel adalah dari 1:1, 1,25:0,75. Dan 1,50:0,50 (gr). Nilai kalor tertinggi pada briket limbah organik dengan arang kayu pada rasio massa 1:1 dengan nilai 5.246 kal/gr dan yang terendah pada briket dengan campuran arang sekam padi pada rasio massa 1,50:0,50 dengan nilai kalor sebesar 3.535 kal/gr.



Gambar 3.1 Nilai Kalor Limbah Organik Dengan Seluruh Bahan Aditif

3.2 Hasil Nilai Kalor Dari Pengujian Menggunakan Kompur Gasifikasi

Pada kurva tersebut menampilkan nilai tertinggi dan terendah yang dihasilkan oleh sampel limbah organik yang dicampurkan dengan ketiga bahan aditif. Dapat dilihat bahwa nilai kalor tertinggi yang dihasilkan oleh limbah dengan arang kayu pada rasio massa 1,25:0,75 dengan nilai 2.457 kal/gr, dan nilai terendah pada limbah dengan arang sekam padi 1,25 : 0,25 sebesar 2.089 kal/gr.



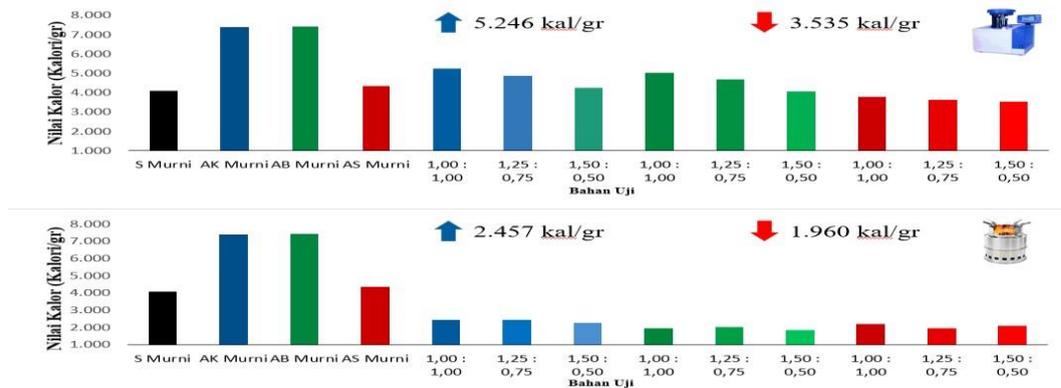
Gambar 3.2 Nilai Kalor Limbah Organik Dengan Seluruh Bahan Aditif

3.3 Perbandingan Hasil Uji Nilai Kalor Pada Bom Kalorimeter dan Kompur Gasifikasi

Pada gambar 3.3 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 tertinggi dari pengujian menggunakan kalorimeter bom adalah pada limbah dengan arang kayu pada massa 1:1 dengan nilai kalor 5.246 kal/gr dan yang terendah pada limbah dengan arang sekam padi 1,50 : 0,50 dengan nilai 3.535 kal/gr, sedangkan hasil yang ditunjukkan oleh kompor gasifikasi adalah briket dengan bahan aditif arang kayu dengan perbandingan massa 1,25:0,75 yaitu sebesar 2.457 kal/gr dan yang terendah pada limbah dengan arang sekam padi 1,25 : 0,75 dengan nilai 2.089 kal/gr.

Perbedaan nilai kalor ini disebabkan oleh *human error* dan teknik pada saat pembakaran sampel. Perbedaan ini juga disebabkan oleh perbedaan pada tiap alat uji.

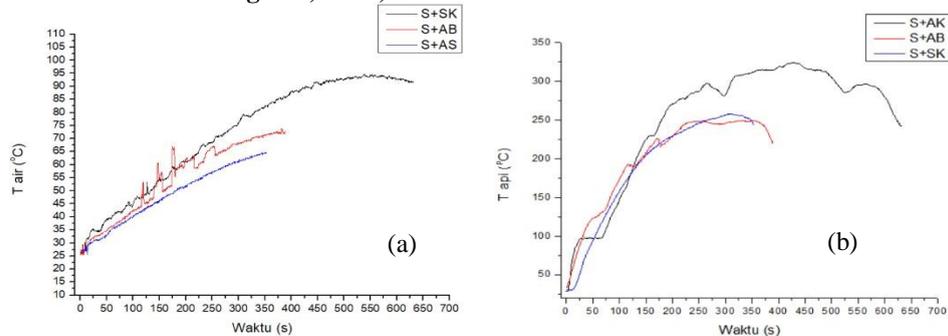
Kalorimeter bom menggunakan sistem adiabatik sehingga menghasilkan pembakaran sempurna. Sedangkan pada kompor pasifikasi adalah menggunakan sistem terbuka, sehingga pembakaran tidak sempurna yang dapat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan.



Gambar 3.3 Nilai Uji Kalor Pada Bom Kalorimeter dan Kompor Gasifikasi

3.4 Data Tambahan

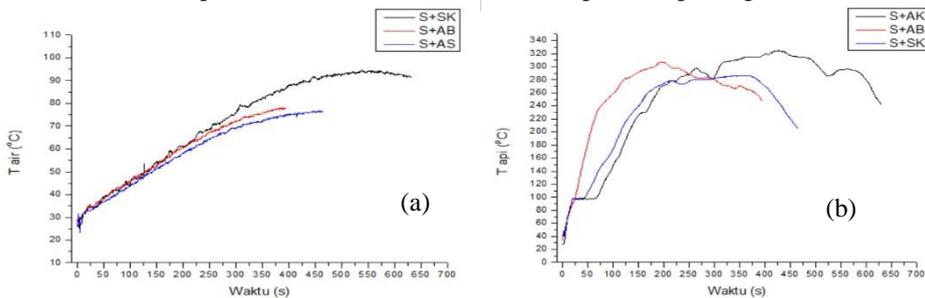
3.4.1 Rasio Perbandingan 1,00 : 1,00



Gambar 3.4 (a) Kurva Temperatur Air Terhadap Waktu
(b) Kurva Temperatur Api Terhadap Waktu

3.4.2 Rasio Perbandingan 1,25 : 0,75

Pada pengujian ini menghasilkan kurva temperatur air dan kurva temperatur api. Nilai tertinggi pada temperatur air adalah pada sampel limbah dengan arang sekam padi dengan nilai 93,77 °C untuk temperatur api menghasilkan 286,17 °C untuk temperatur air dan 509,75 °C untuk temperatur api dengan waktu 394s. Untuk nilai temperatur pada limbah dengan arang sekam padi menghasilkan 76,67 °C untuk temperatur air dan 286,50 °C untuk temperatur api dengan waktu 465s.

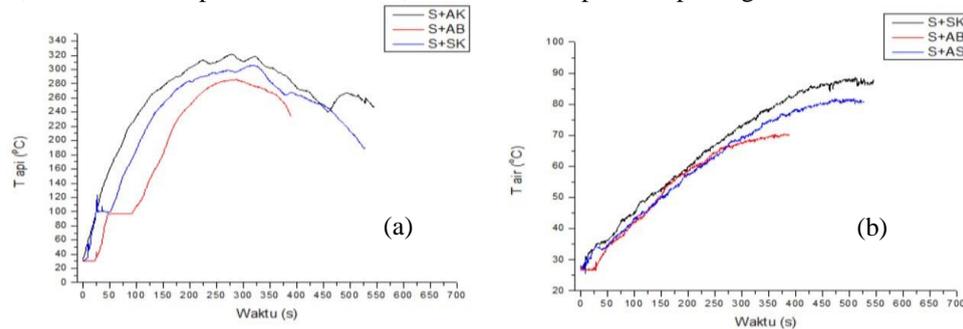


Gambar 3.5 (a) Kurva Temperatur Air Terhadap Waktu
(b) Kurva Temperatur Api Terhadap Waktu

3.4.3 Rasio Perbandingan 1,50 : 0,50

Pada pengujian ini menghasilkan kurva temperatur air dan kurva temperatur api. Nilai tertinggi pada temperatur air adalah pada sampel limbah dengan arang sekam kayu dengan nilai 88,31 °C

untuk temperatur air dan 321,44 °C dalam waktu 545s. Untuk nilai temperatur pada limbah dengan arang tempurung kelapa menghasilkan 70,30 °C untuk temperatur air dan 283,77 °C untuk temperatur api dengan waktu 389s. Untuk nilai temperatur pada limbah dengan arang sekam padi menghasilkan 81,42 °C untuk temperatur air dan 306,10 °C untuk temperatur api dengan waktu 526s.



Gambar 3.6 (a) Kurva Temperatur Air Terhadap Waktu
(b) Kurva Temperatur Api Terhadap Waktu

4. Simpulan dan Saran

4.1 Simpulan

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

1. Proses pembuatan dan pengolahan briket berbahan dasar limbah organik dengan campuran bahan aditif arang kayu, arang tempurung kelapa, dan arang sekam padi cukup mudah dan ekonomis. Pengujian menggunakan bom kalorimeter jauh lebih akurat dibandingkan dengan pengujian dengan kompor gasifikasi.
2. Penggunaan limbah organik ternyata mampu digunakan sebagai bahan bakar alternatif bagi masyarakat. Namun karena nilai kalor pada limbah organik masih minim, maka harus dicampurkan dengan bahan aditif untuk meningkatkan nilai kalornya. Variasi rasio perbandingan massa pada pengujian limbah organik dengan bahan aditif arang kayu, arang tempurung kelapa, dan arang sekam padi sangat berpengaruh terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Berdasarkan penelitian ini, semakin tinggi massa bahan dasar maka nilai kalor yang dihasilkan lebih rendah daripada sebaliknya.
3. Nilai kalor tertinggi dari pengujian menggunakan kalorimeter bom adalah pada limbah dengan arang kayu pada massa 1:1 dengan nilai kalor 5.246 kal/gr, sedangkan hasil yang ditunjukkan oleh kompor gasifikasi adalah briket dengan bahan aditif arang kayu dengan perbandingan massa 1,25:0,75 yaitu sebesar 2.457 kal/gr.

4.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian serupa berikut adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan nilai kalor yang lebih baik lagi, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai komposisi dari limbah organik itu sendiri dan juga bahan aditif lainnya.
2. Meningkatkan rasio perbandingan massa campuran dari tiap-tiap bahan pada proses pengolahan briket agar ketelitian nilai kalor yang dihasilkan lebih akurat.

Daftar Pustaka:

- [1] M. R. KHOIRI, RANCANG BANGUN TUNGKU GASIFIKASI TIPE DOWNDRAFT CONTINUE BAHAN BAKAR SEKAM PADI, SURAKARTA: UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA, 2016.
- [2] L. d. B. Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, "Informasi Pengolahan Sampah," 05 02 2018. [Online]. Available: <http://sipsn.menlhk.go.id/>.
- [3] M. Afif Almu, Syahrul, Yesung Allo Padang, "ANALISA NILAI KALOR DAN LAJU PEMBAKARAN PADA BRIKET CAMPURAN BIJI NYAMPLUNG (*Calophyllum Inophyllum*) DAN ABU SEKAM PADI," *Dinamika Teknik Mesin*, pp. 117-122, 2014.
- [4] Didi Dwi Anggoro, Muhammad Dzikri Hanif W *, Moch Zainal Fathoni, "Pembuatan Briket Arang Dari Campuran Tempurung Kelapa dan Serbuk Gergaji Kayu Sengon," *Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro*, pp. 76-80, 2017.
- [5] R. Arifah, Potensi Sampah Organik dalam Penyediaan Briket Arang untuk Memperkuat Ketahanan Energi, Medan: Universitas Sumatera Utara, 2016.
- [6] S. Jamilatun, "Sifat-Sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu," *Jurnal Rekayasa Proses*, pp. 37-40, 2008.
- [7] P. A. Tipler, Fisika untuk Sains dan Teknik, 3 ed., vol. 1, Jakarta: Erlangga, 1998.
- [8] A. Tajalli, Panduan Penilaian Potensi Biomassa Sebagai Alternatif Di Indonesia, Penabulu Alliance, 2015.
- [9] P. S. Kurniawan, "Cara membuat arang sekam padi," 04 02 2013. [Online]. Available: <https://alamtani.com/>.
- [10] Christi N. L Bentian, Ignoranta A. C. Lawendatu, Intan A. Logor, Jessica I. Kawuluan, Marsela Kario, Reffan Y. Kolinug, Venny Manuel, ARANG DAN ASAP CAIR DARI SEKAM PADI (*Oryza sativa L.*), Manado: UNIVERSITAS NEGERI MANADO, 2014.
- [11] J. Seran, Bioarang Untuk Memasak, Yogyakarta: Liberti, 1990.
- [12] Anonymous, "Termokima," in *Penuntun Praktikum Kimia Fisika*, Bandung, Institut Teknologi Bandung, 2019.
- [13] K. A. S. 1. C. (NECIS), "1," SMAN 1 Ciasem (NECIS), 11 2012. [Online]. Available: <http://chemistrynecistry.blogspot.com>. [Accessed 19 08 2019].
- [14] R. Winata, Perancangan dan optimasi kompor gas biomassa yang berimisi gas CO rendah menggunakan bahan bakar pelet biomassa dari limbah bagas," dalam Winata, Resiana, Depok, 2012., Depok: Universitas Indonesia, 2012.
- [15] Teguh Tarsito, Heri Sutanto dan Indras Marhaendrajaya, "PENGARUH VARIASI KOMPOSISI BRIKET ORGANIK TERHADAP TEMPERATUR DAN WAKTU PEMBAKARAN," *Berkala Fisika*, pp. 21-26, 2013.
- [16] Silvia Septhiani, Eka Septiani, "Peningkatan Mutu Briket dari Sampah Organik dengan Penambahan Minyak Jelantah dan Plastik High Density Polyethylene (HDPE)," *Jurnal Kimia VALENSI*, pp. 91-96, 2015.
- [17] AJIE SYAFAAT, EKA SARI WIDI SEPTYANI, INTAN APRILLYANA DEWI, YOHANES ROBERT WANDRI, ANALISA BRIKET SERABUT TEMPURUNG KELAPA DENGAN STYROFOAM GUNA MENINGKATKAN NILAI KALOR, Depok: Politeknik Negeri Jakarta, 2014.
- [18] N. A. Gemilang, "Arang kayu : Arang kayu sebagai bahan bakar," 11 11 2014. [Online]. Available: <http://woodcharcoalbbq.com/>.
- [19] T. Sutrisno, PEMBUATAN BRIKET ARANG DARI TEMPURUNG KELAPA DENGAN PERLAKUAN PENAMBAHAN SOLAR DAN KANJI PADA KONSENTRASI YANG BERBEDA, Purwokerto: Universitas Muhammadiyah Purwokerto, 2016.
- [20] A. Triono, "KARAKTERISTIK BRIKET ARANG DARI CAMPURAN SERBUK GERGAJIAN KAYU AFRIKA (*Maesopsis eminii Engl*) DAN SENGON (*Paraserianthes falcataria L. Nielsen*) DENGAN PENAMBAHAN TEMPURUNG KELAPA (*Cocos nucifera L.*)," *INSTITUT PERTANIAN BOGOR*, p. 4, 2006.

- [21] "Perancangan dan optimasi kompor gas biomassa yang berimisi gas CO rendah menggunakan bahan bakar pelet biomassa dari limbah bagas," in *Winata, Resiana*, Depok, 2012.
- [22] Anonymous, "IKA Bomb Calorimeter," IKA, [Online]. Available: <https://www.ika.com/id>. [Accessed 25 Juli 2019].