

OPTIMASI KUALITAS BRIKET BIOMASSA PADI DAN TONGKOL JAGUNG DENGAN VARIASI CAMPURAN SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Laily Noer Hamidah* dan Ardhana Rahmayanti

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo

*e-mail: lailynoer.tkl@unusida.ac.id

Abstract

The energy crisis demands the development of an alternative energy that can meet daily needs. The existence of rice straw biomass waste and corn cob are potential to be utilized as bioenergy in the briquettes form. This research was conducted to develop and to test the characteristics of biomass briquettes as alternative fuels. Biomass used in this research is rice straw and corn cob. The making of briquettes is done through carbonation and compaction with 10% starch adhesive. To know the best quality of briquettes, a mixture of rice straw (100%) was used, mixed rice straw:corn cobs (25%:75%, 50%:50%, and 75%:25%), and corn cob (100 %). Test parameters used were ash content, volatile matter content, and calorific value. The results showed that briquettes from corn cobs were the best briquettes from ash content and volatile matter content of 9.52% and 9.7% respectively. While based on calorific value, briquettes with highest heating value was rice straw briquettes which was equal to 3562 Kcal/kg.

Keywords: Biomass Briquette, Rice Straw, Corn cob, Ash Content, Volatile Matter, Calorific Value, Bioenergy.

Abstrak

Krisis energi menuntut dikembangkan suatu energi alternatif yang dapat memenuhi kebutuhan sehari-hari. Keberadaan limbah biomassa jerami padi dan tongkol jagung merupakan potensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai bioenergi berupa briket. Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan dan menguji karakteristik briket biomassa sebagai bahan bakar alternatif. Biomassa yang digunakan dalam penelitian ini adalah jerami padi dan tongkol jagung. Pembuatan briket dilakukan melalui karbonasi dan pemadatan dengan bahan perekat kanji sebanyak 10%. Untuk mengetahui kualitas briket terbaik, maka digunakan variasi campuran biomassa yaitu jerami padi (100%), campuran jerami padi:tongkol jagung (25%:75%; 50%:50%; dan 75%:25%), serta tongkol jagung (100%). Parameter uji yang digunakan berupa kadar abu, kadar volatile matter, dan nilai kalor. Hasil uji menunjukkan briket dari tongkol jagung merupakan briket terbaik dinilai dari kadar abu dan kadar volatile matter yaitu masing-masing sebesar 9,52% dan 9,7%. Sedangkan berdasarkan nilai kalor, briket dengan nilai kalor tertinggi adalah briket jerami padi yaitu sebesar 3562 Kcal/kg.

Kata kunci: Briket Biomassa, Jerami Padi, Tongkol Jagung, Kadar Abu, Volatile Matter, Nilai Kalor, Bioenergi.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan teknologi diikuti dengan peningkatan konsumsi energi. Energi merupakan kebutuhan utama dalam seluruh aspek kehidupan di seluruh negara (Ozturk dkk, 2017). Semakin bertambahnya penduduk di muka bumi, maka jumlah kebutuhan juga semakin bertambah, sehingga konsumsi energi ikut meningkat yang menyebabkan ketersediaan cadangan energi tidak terbarukan seperti minyak bumi makin menipis.

Peningkatan penggunaan energi tidak cukup diimbangi dengan efisiensi pemakaian energi, sehingga pelaksanaan konservasi energi dinilai cukup penting. Kebutuhan energi di Indonesia umumnya diperoleh dari hasil tambang, dimana persediannya makin lama makin menipis hingga suatu saat akan habis (Mangkau dkk, 2011). Selain itu bahan bakar minyak di Indonesia merupakan sumber devisa yang diperlukan dan dikonsentrasikan untuk menunjang biaya pembangunan. Oleh karena itu peranan bahan bakar minyak di wilayah pedesaan perlu dikurangi dengan mengoptimalkan sumber-sumber energi selain minyak. Mengingat hal ini, maka perlu diupayakan untuk mencari solusi dengan mengembangkan berbagai macam sumber energi alternatif yang dapat memenuhi kebutuhan sehari-hari.

Sementara itu disektor pertanian, adanya peningkatan penduduk juga menyebabkan peningkatan limbah pertanian seperti jerami padi. Indonesia sebagai negara agraris, dimana sebagian masyarakat di pedesaan khususnya memiliki mata pencaharian sebagai petani, keberadaan limbah biomassa padi menjadi suatu permasalahan tersendiri,

dimana setiap satu hektar lahan sawah akan dihasilkan 5-8 ton jerami padi. Jerami padi sebagian besar dianggap sebagai limbah dan dibiarkan menumpuk yang akan menimbulkan masalah sebagai sumber kontaminasi air. Ketika terlalu banyak terakumulasi, tumpukan biasanya dibakar pada lahan terbuka dan menjadi sumber utama polusi udara dan gas rumah kaca (Jittabut, 2015).

Pemanfaatan biomassa pertanian secara langsung tanpa melalui pengolahan hanya akan menimbulkan masalah terkait penyimpanan, transportasi (Muazu dan Stegemann, 2015), dan pencemaran yang dapat ditimbulkan seperti bau tidak sedap akibat pembusukan dan mengurangi estetika.

Pemanfaatan jerami padi yang telah dilakukan sejauh ini hanya sebatas pakan ternak, bahan baku pengomposan dan sebagai sumber bioenergi dimana sekam dibakar secara langsung. Pembakaran biomassa secara langsung akan menghasilkan efisiensi yang rendah, sehingga perlu adanya pemanfaatan limbah biomassa padi secara lebih maksimal sebagai contoh pembuatan briket.

Hingga saat ini, pemanfaatan biomassa sebagai energi alternatif untuk menghasilkan panas, listrik, dan bahan bakar untuk transportasi masih cukup rendah yaitu 15%, dan diperkirakan di tahun 2050 yang akan datang mencapai 33-50%. Hal ini disebabkan berbagai negara berlomba untuk mencari energi alternatif dalam rangka memenuhi kebutuhan terhadap energi yang terus meningkat (Vasillev dkk, 2017).

Briket biomassa merupakan salah satu alternatif pemanfaatan limbah biomassa dalam meningkatkan nilai

tambah limbah hasil pertanian dan perkebunan sehingga dapat meningkatkan pendapatan (Nurhayati dkk, 2016). Briket terbuat dari sampah organik yang memiliki nilai kalor bervariasi tergantung bahan baku yang digunakan (Rafsanjani dkk, 2012). Briket ini menyerupai arang dengan kerapatan yang lebih tinggi. Briket merupakan energi terbarukan yang dapat dibuat secara sederhana baik ditinjau dari segi bahan baku yang digunakan maupun proses pembuatannya. Sehingga briket memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif (Hiloidhari dkk, 2014), selain itu pemanfaatan limbah biomassa sebagai bahan baku briket dapat memecahkan permasalahan lingkungan khususnya bidang pertanian (Zhang dkk, 2018).

Selain jerami padi, biomassa lain yang dapat dimanfaatkan adalah tongkol jagung. Tongkol jagung memiliki sifat mudah dibakar karena memiliki kandungan serat yang sangat besar yaitu 29,89% (Hamidi dkk, 2011), selain itu menurut Faiz dkk, (2015), dari Data Biro Pusat Statistik Indonesia (BPS) tahun 2014 menunjukkan bahwa produksi jagung secara keseluruhan di Indonesia sekitar 19.032.677 ton jagung per tahun. Total potensi tongkol jagung di Indonesia mencapai 14.967.211 ton per tahun, sehingga memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai sumber bioenergi.

Pemanfaatan tongkol jagung sebagai biomassa pembuatan briket diharapkan dapat menjadi bioenergi dengan kualitas lebih baik. Dalam pembuatan briket biomassa perlu adanya bahan perekat. Bahan perekat yang sering digunakan adalah tepung kanji, molasses, tepung terigu, silikat. Briket tongkol jagung

dengan bahan perekat kanji memiliki kualitas yang lebih baik daripada briket tongkol jagung dengan bahan perekat sagu (Lestari dkk, 2010), dan briket dengan perekat kanji lebih baik daripada briket dengan perekat terigu (Sulistiyaningkarti dan Utami, 2017). Selain itu kanji mudah didapat, dan harganya juga lebih murah.

Pemanfaatan limbah organik untuk pembuatan briket telah banyak dilakukan penelitian, diantaranya adalah:

- 1). Penelitian oleh Chou dkk (2009), Melakukan penelitian pembuatan briket jerami padi non karbonisasi dan mendapatkan hasil mengenai kondisi optimum briket dengan menggunakan sekam sebagai zat pengikat, pengepresan panas pada suhu 150°C , ukuran partikel jerami < 2mm, rasio jerami:zat pengikat adalah 80:20.
- 2). Penelitian oleh Riyanto (2009), yaitu pembuatan briket jerami padi dengan variasi pemberian zat pengikat dan tanpa zat pengikat serta variasi tekanan dan kecepatan udara. Hasil terbaik diperoleh pada briket jerami padi dengan tekanan 1000 kg/cm^2 , tanpa zat pengikat, dan kecepatan udara $0,05\text{ m/s}$.
- 3). Penelitian oleh Jittabut (2015), yaitu pembuatan briket campuran jerami padi dan daun tebu dengan berbagai rasio dan menggunakan gula tetes sebagai zat pengikat. Briket terbaik terdapat pada campuran jerami padi:daun tebu dengan rasio 50:50 berpotensi untuk diproduksi secara masal.

Mengacu pada penelitian sebelumnya, pembuatan briket dilakukan dalam penelitian ini dengan variasi

campuran biomassa jerami padi dan tongkol jagung untuk meningkatkan kualitas briket ditinjau dari parameter kadar abu, kadar *vollatile matter*, dan nilai kalor.

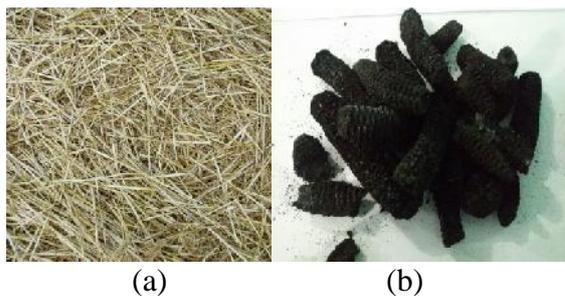
2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pembakar, alu, dan lumpang sebagai penumbuk biomassa yang telah dibakar, ayakan, timbangan, gelas ukur, dan cetakan briket dari pipa berdiameter 4,5 cm dengan tinggi 6 cm (Gambar 1).



Gambar 1. Cetakan Briket



Gambar 2. Biomassa Briket (a) Jerami Padi, (b) Tongkol Jagung yang Telah Dikarbonasi.

Sedangkan bahan yang digunakan adalah jerami dan tongkol jagung (Gambar 2) sebagai sumber biomassa, air, dan kanji sebagai bahan pengikat.

Biomassa jerami padi didapatkan di area persawahan di Desa Durung Bedug Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo,

sedangkan tongkol jagung didapatkan dari area persawahan di Desa Tawangrejo Kabupaten Kediri.

2.2 Prosedur penelitian

2.2.1 Pembuatan Briket

Dalam proses pembuatan briket terdapat beberapa tahap agar didapatkan briket dengan hasil yang maksimal, tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

a. Pengeringan Bahan

Penyiapan bahan dilakukan dengan cara mengeringkan limbah biomassa dengan menjemurnya selama 10-15 jam. Selanjutnya limbah biomassa jerami, dan tongkol jagung dikarbonasi. Setelah proses karbonasi selesai dilakukan pembongkaran dan pendinginan. Proses karbonasi dilakukan dengan menggunakan drum yang diberi lubang disalah satu sisinya untuk memasukkan bahan yang akan dikarbonasi dan selanjutnya lubang tersebut ditutup (Gambar 3). Hal ini dilakukan untuk meminimalisasi udara keluar masuk, sehingga proses pembakaran dapat sempurna (Lubwama dan Yiga, 2017).

b. Penggilingan

Proses selanjutnya adalah pengecilan ukuran. Arang yang sudah dingin dihaluskan/ditumbuk hingga halus, selanjutnya dilakukan pengayakan dengan menggunakan ayakan berukuran 20 mesh untuk mendapatkan ukuran serbuk yang homogen (Gambar 4).

c. Pencampuran Bahan Perikat

Bahan baku yang telah diayak berupa serbuk, selanjutnya dicampur dengan perekat kanji dan air masing-masing sebanyak 10% dari berat bahan baku. Bahan perekat terlebih dahulu

disiapkan dengan mencampurkan kanji dengan air dalam wadah sebelum dicampurkan dengan bahan baku.



Gambar 3. Drum untuk Proses Karbonasi.



Gambar 4. Serbuk Jerami (Kiri) dan Tongkol Jagung (Kanan) yang Telah Diayak.

d. Pencampuran Adonan

Dalam penelitian ini digunakan variasi campuran biomassa. Perbandingan biomassa jerami padi dan tongkol jagung yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Briket A menggunakan jerami padi (100%).
2. Briket B menggunakan campuran jerami padi (JR) dan tongkol jagung (JG) dengan perbandingan JR:JG = 25%:75%.
3. Briket C menggunakan campuran jerami padi (JR) dan tongkol jagung

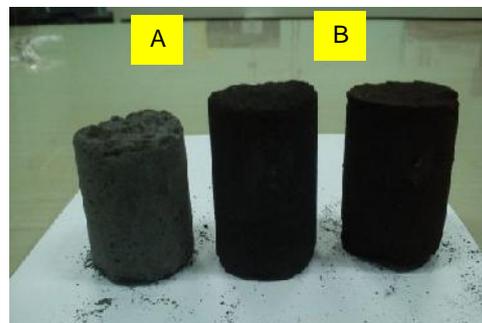
(JG) dengan perbandingan JR:JG = 50%:50%.

4. Briket D menggunakan campuran jerami padi (JR) dan tongkol jagung (JG) dengan perbandingan JR:JG = 75%:25%.
5. Briket E menggunakan tongkol jagung (100%).

Bahan perekat yang telah diaduk dalam wadah dicampurkan dengan serbuk biomassa sesuai dengan variasi di atas.

e. Pengepresan

Campuran yang telah siap selanjutnya dicetak menggunakan cetakan briket, kemudian dilakukan proses pengepresan. Dalam penelitian ini digunakan alu sebagai alat pengepres. Proses pengepresan dilakukan untuk memadatkan briket sehingga merekat dengan kuat dan menghilangkan kandungan air yang terdapat dalam adonan briket.



Gambar 5. Briket Siap Uji Analisis *Proximate* (A). Briket 100% Jerami (B). Briket 100% Tongkol Jagung.

f. Pengeringan Briket

Briket biomassa yang telah dicetak selanjutnya dikeringkan dibawah sinar matahari selama 2-3 hari hingga siap digunakan sebagai bahan bakar (Gambar 5).

2.2.2 Analisis Uji *Proximate*

Briket yang telah siap kemudian diuji kualitasnya. Parameter uji *proximate* yang

digunakan untuk melihat kualitas briket adalah nilai kalor, kadar *volatile matter*, dan kadar abu. Pengujian nilai kalor dilakukan dengan menggunakan bom kalorimeter dengan metode analisis ASTM. Bom kalorimeter yang digunakan untuk mengetahui nilai kalor briket, dan *furnace* untuk mengetahui kadar abu dan *volatile matter* D 5865. Sedangkan penentuan kadar abu dan *volatile matter* menggunakan *furnace* masing-masing dengan metode ASTM D 3174 dan ASTM D 3175.

Bom kalorimeter adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur bahan pembakaran atau daya kalori dari suatu material. Proses pembakaran diaktifkan didalam suatu atmosfer oksigen didalam suatu kontainer volume tetap. Semua bahan terbenam di dalam suatu rendaman air sebelah luar dan keseluruhan alat dalam bejana kalorimeter tersebut. Bejana kalorimeter juga terbenam didalam air bagian luar. Temperatur air di dalam bejana kalorimeter dan rendaman dibagian luar keduanya dimonitor (Almu dkk, 2014).

3. HASIL DAN DISKUSI

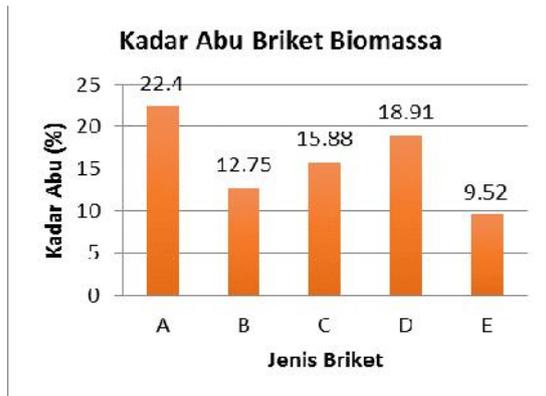
Pembuatan briket biomassa jerami padi dan tongkol jagung telah berhasil dibuat dengan tambahan bahan perekat kanji dan air masing-masing sebanyak 10%. Tepung kanji dipilih sebagai bahan perekat karena mudah terbakar dan menghasilkan kalor yang tinggi, selain itu murah dan mudah diperoleh. Menurut Jamilatun dkk, (2010), jumlah tepung kanji terbaik yang dapat ditambahkan dalam pembuatan briket biomassa sebanyak 10%. Variasi campuran briket dengan perbandingan prosentase jerami padi dan tongkol jagung yang berbeda

dilakukan bertujuan untuk mendapatkan briket dengan kualitas terbaik dinilai dari parameter nilai kalor, kadar *volatile matter*, dan kadar abu.

Dari hasil analisis kualitas briket didapatkan kadar abu tiap jenis briket berbeda (Gambar 5). Kadar abu paling tinggi adalah jenis Briket A yaitu 22,4%, selanjutnya diikuti briket campuran jerami padi dan tongkol jagung yaitu Briket D, C, dan B masing-masing memiliki kadar abu sebesar 18,91%, 15,88%, dan 12,75%. Selanjutnya kadar abu paling rendah adalah briket E sebesar 9,52%. Semakin banyak campuran biomassa jerami padi yang digunakan, semakin tinggi kadar abunya. Hal ini sesuai dengan yang dituliskan oleh Muazu dan Stegemann (2015), bahwa tingginya kadar abu dalam briket jerami padi menyebabkan penyumbatan pada *boiler* yang digunakan dalam industri dan kompor briket skala rumah tangga. Kadar abu pada briket tongkol jagung lebih rendah disebabkan porositas tongkol jagung lebih besar dibandingkan pada jerami padi, sehingga mampu untuk menyerap air lebih banyak, dan ketika dilakukan pembakaran, air tersebut akan habis menguap dan meninggalkan abu yang lebih sedikit (Nuha dkk, 2015).

Kadar abu biomassa merupakan residu dari sisa pembakaran yang bersifat tidak mudah terbakar. Abu sudah tidak memiliki nilai kalor dan unsur karbon. Kadar abu memiliki pengaruh yang kurang baik terhadap kualitas briket, dimana kadar abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor briket yang dihasilkan. Sehingga semakin rendah kadar abu suatu briket, maka semakin bagus kualitas briket tersebut. Dalam penelitian ini briket dengan kualitas

paling baik berdasarkan kadar abunya adalah jenis briket tongkol jagung. Menurut Mangkau dkk (2011), tingginya kadar abu dalam briket disebabkan karena proses karbonasi yang belum optimal.

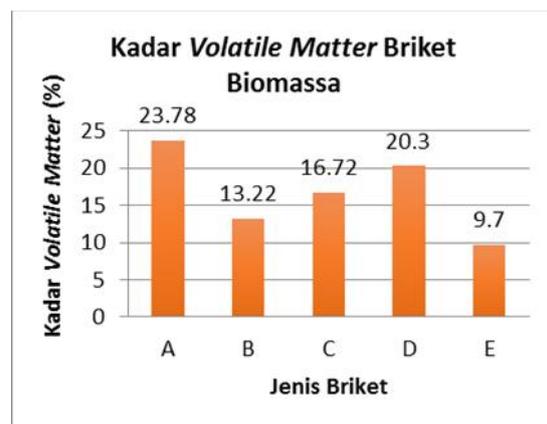


Gambar 5. Kadar Abu (%) Briket Biomassa

Hasil analisis *volatile matter* untuk setiap sampel briket biomassa berbeda (Gambar 6). Kadar abu paling tinggi adalah jenis Briket A yaitu 23,78%, selanjutnya diikuti briket campuran jerami padi dan tongkol jagung yaitu Briket D (20,3%), Briket C (16,72%), dan Briket B (13,22%), selanjutnya kadar *volatile matter* paling rendah adalah Briket E sebesar 9,7%.

Seperti halnya kadar abu, kadar *volatile matter* juga dipengaruhi oleh jumlah biomassa jerami padi yang digunakan, dimana semakin banyak campuran biomassa jerami padi yang digunakan, semakin tinggi kadar *volatile matter* nya. Kandungan *volatile matter* ini akan mempengaruhi kesempurnaan pembakaran dan intensitas nyala api (Yuliah dkk, 2017). Menurut Mangkau dkk, (2011), kandungan *volatile matters* memegang peranan penting dari bahan bakar padat dalam hal kemampuan menyala (*ignitability*) dan kemampuan terbakar (*combustibility*). Umumnya

bahan bakar padat seperti biomassa apabila dipanasi sampai mencapai temperatur tertentu, maka *volatile matter* mulai dilepaskan, dan pada temperatur tertentu mulai terjadi pengapian/menyala dan selanjutnya terbakar.



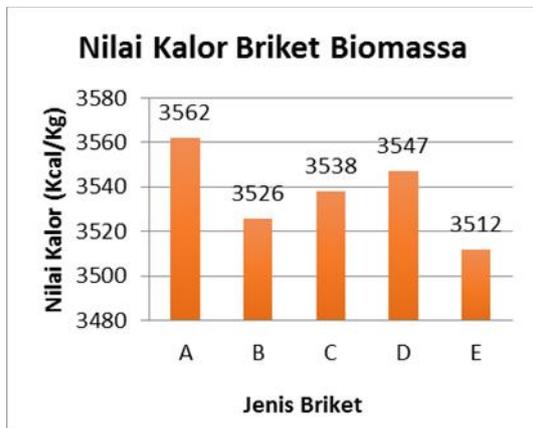
Gambar 6. Kadar *Volatile Matter* (%) Briket Biomassa.

Volatile matter atau zat terbang adalah zat yang dapat menguap sebagai hasil dekomposisi senyawa-senyawa yang masih terdapat di dalam briket selain air, karbon terikat dan abu (Yuliah dkk, 2017), yang umumnya adalah hidrokarbon, hidrogen, karbon monoksida, dan gas yang tidak mudah terbakar seperti karbon dioksida dan nitrogen. Sehingga semakin rendah kadar *volatile matter* suatu briket, maka semakin bagus kualitas briket tersebut. Dalam penelitian ini briket dengan kualitas paling baik berdasarkan kadar *volatile matter* nya adalah jenis briket tongkol jagung (100%). Penambahan campuran jerami padi dalam briket tidak dapat meningkatkan kadar *volatile matter*.

Selain kadar abu dan kadar *volatile matter*, juga dilakukan analisis nilai kalor. Nilai kalor bahan bakar padat termasuk bahan bakar biomassa adalah nilai kalori kotor HHV (*gross calorific value*) yang

diperoleh melalui percobaan Bom kalorimeter menurut ASTM D 5865 dan dinyatakan dalam satuan Kcal/Kg.

Nilai kalor bahan bakar adalah jumlah energi panas maksimum yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna persatuan massa atau volume bahan bakar tersebut. Analisis nilai kalor suatu bahan bakar dimaksudkan untuk memperoleh data tentang energi kalor yang dapat dibebaskan oleh suatu bahan bakar dengan terjadinya reaksi atau proses pembakaran (Almu dkk, 2014).



Gambar 7. Nilai Kalor (Kcal/Kg) Briket Biomassa.

Berdasarkan hasil analisis nilai kalor briket biomassa jerami padi dan tongkol jagung (Gambar 7) menunjukkan bahwa nilai kalor tertinggi terdapat pada jenis Briket A yaitu sebesar 3562Kcal/Kg, selanjutnya diikuti Briket D (3547 Kcal/Kg), Briket C (3538 Kcal/Kg), Briket B (3526 Kcal/Kg), dan nilai kalor paling rendah terdapat pada Briket E (3512 Kcal/Kg).

Berdasarkan hasil tersebut semakin banyak kandungan jerami padi, semakin tinggi nilai kalornya. Nilai kalor sangat menentukan kualitas briket yang dihasilkan. Hal ini berbeda dengan kadar

abu dan kadar *volatile matter*, semakin tinggi nilai kalor, maka kualitas briket justru semakin baik, sehingga berdasarkan nilai kalornya jenis briket dengan kualitas terbaik adalah Briket A yaitu 100% dari jerami padi. Penambahan campuran tongkol jagung dalam pembuatan briket tidak dapat meningkatkan nilai kalor briket tersebut.

Kualitas dari briket yang paling utama ditentukan melalui nilai kalornya yang dihitung dengan menggunakan alat bom kalorimeter karena nilai kalornya yang menjadi acuan apakah bioarang tersebut layak digunakan sebagai bahan bakar pengganti minyak atau tidak. Jika nilai kalor terlalu kecil, maka nilai ekonomis dari bioarang tersebut juga akan kecil sehingga tidak menguntungkan apabila dipakai sebagai pengganti bahan bakar minyak (Junary dkk, 2015).

4. KESIMPULAN

Briket biomassa dari jerami padi dan tongkol jagung telah berhasil dibuat. Hasil uji kualitas briket menunjukkan bahwa briket dari tongkol jagung (100%) merupakan briket terbaik dinilai dari *kadar abu* dan *kadar volatile matter* yaitu masing-masing sebesar 9,52% dan 9,7%. Sedangkan berdasarkan nilai kalor, briket terbaik dengan nilai kalor tertinggi adalah briket jerami padi (100%) yaitu sebesar 3562 Kcal/kg.

DAFTAR PUSTAKA

- Almu, M.A., Syahrul, dan Padang, Y.A. 2014. Analisis nilai kalor dan laju pembakaran pada briket campuran biji nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) dan abu sekam padi. *Jurnal dinamika teknik mesin*, Vol. 4: 117-122.

- Chou, C.S., Lin, S.H., dan Lu, W.C. (2009). Preparation and characterization of solid biomass fuel made from rice straw and rice bran. *Fuel processing technology*, Vol. 90: 980-987.
- Faiz, T., Harahap, L., dan Daulay, S. (2015). Pemanfaatan tongkol jagung dan limbah teh sebagai bahan briket. *Jurnal rekayasa pangan dan pertanian*, Vol.4, No.3: 427-432.
- Hamidi, N., Wardana, ING., dan Sasmito, H. (2011). Pengaruh penambahan tongkol jagung terhadap performa pembakaran bahan bakar briket blotong (*Filter Cake*). *Jurnal rekayasa mesin*, Vol 02, No. 2: 92-97.
- Hiloidhari, M., Das, D., dan Baruah, D.C. (2014). Bioenergy potential from crop residue biomass in India. *Renewable and sustainable energy reviews journal*, Vol. 32: 504-512.
- Jamilatun, S., Shakti, D.K., dan Ferdiant, F. (2010). Pembuatan Biocoal sebagai Bahan Bakar Alternatif dari Batubara dengan Campuran Arang Serbuk Gergaji Kayu Jati, Glugu dan Sekam Padi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*.1-6.
- Jittabut, Pongsak. (2015). Physical and thermal properties of briquette from rice straw and sugercane leaves by mixing molasses. *Energy procedia*, Vol 79: 2-9.
- Junary, E., Pane, J., dan Herlina, N. (2015). Pengaruh suhu dan waktu karbonisasi terhadap nilai kalor dan karakteristik pada pembuatan bioarang berbahan baku pelepah aren (*Arenga Pinnata*). *Jurnal teknik kimia USU*, Vol. 4, No. 2: 46-52.
- Lestari, L., Aripin, Yanti, Zainudin, Sukmawati, dan Marliani, (2010). Analisis kualitas briket arang tongkol jagung yang menggunakan bahan perekat sagu dan kanji. *Jurnal aplikasi fisika*, Vol. 6, No 2: 93-96.
- Lubwama, M., dan Yiga, V.A. (2017). Accepted manuscript: Characteristics of briquettes developed from rice and coffee husks for domestic cooking applications in Uganda. *Journal of renewable energy*, Vol 118: 43-55.
- Mangkau, A., Rahman, A., dan Bintaro, G. (2011). Penelitian Nilai Kalor Briket Tongkol Jagung dengan Berbagai Perbandingan Sekam Padi. *Prosiding Hasil Penelitian Fakultas Teknik: Teknik Mesin*, Vol. 5: 01-10.
- Muazu, R.I., dan Stegemann, J.A. (2015). Effects of operating variables on durability of fuel briquettes from rice husks and corn cobs. *Journal of fuel processing technology*, Vol 133: 137-145.
- Nuha, A.U., Luthfianto, S., dan Soebyakto. 2015. Analisis Nilai Kalor dan Kadar Abu Briket Bioarang Campuran Serbuk Gergaji Kayu Johar dan Limbah Kulit Pisang Kepok sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Engineering: Jurnal bidang teknik*, Vol 11, No.2: 39-47.
- Nurhayati, A., Hariadi, Y., dan Hasanah, W. (2016). Endeavoring to food sustainability by promoting corn cob and rice husk briquetting to

- fuel energy for small scale industries and household communities. *Agriculture and agricultural science procedia*, Vol 9: 386-395.
- Ozturk, M., Saba, N., Altay, V., Iqbal, R., Hakeem, K.R., Jawaid, M., dan Ibrahim, F.H. (2017). Biomass and Bioenergy: An overview of the development potential in turkey and malaysia. *Renewable and sustainable energy reviews*, Vol. 79: 1285-1302.
- Rafsanjani, K. A., Sarwono, dan Noriyanti, R. D. (2012). Studi Pemanfaatan Potensi biomass dari sampah organik sebagai bahan bakar alternatif (briket) dalam mendukung program eco-campus di ITS Surabaya. *Jurnal teknik pomits*, Vol. 1, No. 1: 1-6.
- Riyanto, S. (2009). Uji Kualitas Fisik dan Uji Kinetika Pembakaran Briket Jerami Padi dengan dan Tanpa Bahan Pengikat. *Skripsi*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta, Surakarta.
- Sulistiyaningarti, L., dan Utami, B. (2017). Pembuatan briket arang dari limbah organik tongkol jagung dengan menggunakan variasi jenis dan persentase perekat. *Jurnal kimia dan pendidikan kimia*, Vol. 02, No. 1: 43-53.
- Vasillev, S.V., Vassileva, C.G, Song, Y.C., Li, W.Y., dan Feng, J. (2017). Ash contents and ash-forming elements of biomass and their significance for solid biofuel combustion. *Journal of Fuel*, Vol 208: 377-409.
- Yuliah, Y., Suryaningsih, S., dan Khoirima, U. (2017). Penentuan kadar air yang hilang dan volatile matter pada bio-briket dari campuran arang sekam padi dan batok kelapa. *Jurnal ilmu dan inovasi fisika*, Vol. 01, No. 01: 51-57.
- Zhang, G., Sun, Y., dan Xu, Y. (2018). Review of briquette binders and briquetting mechanism. *Renewable and sustainable energy reviews journal*, Vol. 82: 477-487.