

ANALISA NILAI KALOR DAN LAJU PEMBAKARAN PADA BRIKET CAMPURAN BIJI NYAMPLUNG (*Calophyllum Inophyllum*) DAN ABU SEKAM PADI

M. Afif Almu, Syahrul, Yesung Allo Padang

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram
Jln. Majapahit No.62 Mataram Nusa Tenggara Barat Kode Pos: 83125
Telp. (0370) 636087; 636126; ext 128 Fax (0370) 636087

ABSTRACT

The fuel is a source of energy with greatest consumption today. Where that stock is become less until 2025th. That's way, it must to find some new energy to replacement, that one of alternative that is a fuel of solid phase that become from briquette. The briquette that use is compound between nyamplung's fruit and rice husk. In this case because in NTB nyamplung's fruit and rice husk is overabundance.

This research conducted three testing that are testing of heat value, testing of combustion rate, and testing of dry measure. In case where to testing of heat value using bomb calorimeter. Independent variable both of this research is combine. Between nyamplung's fruit and rice husk with comparison 1:1, 2:1, 3:1, 1:2, and 1:3.

The highest heating value is obtained from sample 3:1 as big as 4792,40 cal/gr, the lowest rate of combustion from sample 3:1 as big as 0,00156 gr/s and the lowest of dry measure lowest from sample 1:1 that is 21,52%.

Keywords: *Nyamplung's Fruit, Rice Husk, Bomb Calorimeter, Heating Value, Combustion Rate, Dry Measure.*

PENDAHULUAN

Bahan bakar minyak adalah sumber energi dengan konsumsi terbesar saat ini jika dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Padahal cadangan minyak bumi kita semakin menipis hanya bertahan hingga 2025 (ESDM, 2006).

Kondisi ini memberikan dorongan untuk mencari sumber-sumber energi alternatif yang melimpah serta dapat diperbaharui dibandingkan dengan minyak bumi, gas alam maupun batu bara. Salah satu pilihan menarik adalah biomassa. Dimana biomassa sendiri sangat cocok dikembangkan di Indonesia, khususnya di wilayah NTB karena jumlahnya yang cukup melimpah (Dinas Kehutanan Prov. NTB, 2013).

Salah satu sumber biomassa yang cukup menarik dipakai berasal dari biji nyamplung, di wilayah NTB biji nyamplung banyak ditemukan di pesisir pantai pulau Lombok dan Sumbawa dengan jumlah yang cukup besar diperkirakan sejumlah 1.273 pohon dengan pertumbuhan buah mencapai ± 300 buah/pohon (Dinas Kehutanan Prov. NTB, 2012). Kulit biji nyamplung bisa dikatakan layak untuk menjadi bahan baku briket. Hal ini dikarenakan kulit biji nyamplung memiliki nilai kalor sebesar 4261,97 cal/gr (Hartanto & Alim, 2012).

Abu sekam padi yang berasal dari sekam padi yang merupakan bahan yang bisa dibuang tidak asing bagi masyarakat. Abu sekam padi merupakan limbah dari pembakaran sekam padi, yang dalam pemanfaatannya masih belum maksimal. Pada pembakaran batu bata yang menggunakan sekam padi dapat dilihat bahwa tidak semua hasil pembakaran masih berupa abu, tetapi juga masih mengandung sedikit arang sehingga bisa dikatakan nilai kalor dari bahan tersebut masih ada dan bisa dimanfaatkan untuk menjadi bahan bakar.

Beberapa jenis perekat yang umum digunakan dalam pembuatan briket adalah : perekat kanji, perekat tanah liat, perekat getah karet, perekat getah pinus dan perekat buatan pabrik. Dalam penelitian ini pembuatan briket biomassa menggunakan perekat dari tepung kanji, karena lebih mudah didapat dan harganya relatif murah.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh campuran briket antara biji nyamplung dan abu sekam padi terhadap:

1. Nilai kalor pada briket campuran biji nyamplung dan abu sekam padi.
2. Laju pembakaran pada briket biji nyamplung dan abu sekam padi.

LANDASAN TEORI

Bahan bakar adalah suatu materi/bahan apapun yang bisa diubah menjadi energi. Biasanya bahan bakar mengandung energi panas/kalor yang dapat dilepaskan dan dimanipulasi. Kebanyakan bahan bakar yang digunakan oleh manusia melalui proses pembakaran dimana bahan bakar tersebut akan melepaskan panas setelah direaksikan dengan oksigen.

Pembakaran adalah reaksi kimia antara bahan bakar dan pengoksidasi yang menghasilkan panas dan cahaya. Sehingga proses pembakaran bisa berlangsung jika ada (Alamsyah, 2009):

1. Bahan Bakar
2. Pengoksidasi (Oksigen/Udara)
3. Panas atau Energi aktivasi.

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. Analisa 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 (Tjokrowisastro dan Widodo, 1990).

Nilai kalor bahan bakar terdiri dari Nilai Kalor Atas (*Highest Heating Value*) dan Nilai Kalor Bawah (*Lowest Heating Value*). Nilai Kalor Atas (NKA) adalah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna satu satuan berat bahan bakar padat atau cair, atau satu satuan volume bahan bakar gas, pada tekanan tetap, apabila semula air yang mula-mula berwujud cair setelah pembakaran mengembun kemudian menjadi cair kembali. Nilai Kalor Bawah (NKB) adalah kalor yang besarnya sama dengan nilai kalor atas dikurangi kalor yang diperlukan air yang terkandung dalam bahan bakar dan air yang terbentuk dari pembakaran bahan bakar. (Farel, 2006).

Automatic bomb calorimeter adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur bahan pembakaran atau daya kalori dari suatu material. Proses pembakaran diaktifkan di dalam suatu atmosfer oksigen di dalam 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 di dalam air bagian luar. Temperatur air di dalam bejana kalorimeter dan rendaman dibagian luar keduanya dimonitor.

Automatic bomb calorimeter dapat digunakan untuk mengukur beberapa aplikasi dan telah dirancang sehingga sesuai dengan ISO, DIN dan standard internasional lainnya. *Automatic bomb calorimeter* adalah alat yang digunakan untuk menentukan nilai energi kotor. Sedangkan nilai energi bersihnya adalah pengurangan nilai energi kotor dengan perkalian anantara H₂O hasil pembakaran yang tertampung dalam bomb dan panas laten penguapan H₂O. Satuan yang digunakan pada *automatic bomb calorimeter* adalah kalori/gram, karena kalori merupakan unit untuk mengukur energi kimia (INFIC, 1997).

Dalam analisa nilai kalor dengan oxygen *automatic bomb calorimeter* untuk briket bioarang yang masih mengandung air yaitu Gross Energy (GE) atau nilai kalor bruto menggunakan persamaan :

- Rumus untuk nilai kalor

$$\text{Nilai kalor} = \frac{(T_2 - T_1) \times c}{m} \text{ (cal/gr) (1)}$$

Dimana :

1. $c = 2575,6 \text{ (Cal/}^\circ\text{C)}$ merupakan ketetapan setiap bahan yang dibakar untuk menaikkan 1°C temperatur air dan perangkat kalorimeter.
2. T_1 = Suhu awal selama pengujian ($^\circ\text{C}$)
3. T_2 = Suhu akhir selama pengujian ($^\circ\text{C}$)

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah pepohonan, rumput, tanaman, limbah pertanian, limbah hutan, dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk tujuan primer yaitu sebagai serat, bahan pangan, minyak nabati, bahan bangunan, pakan ternak dan lainnya, biomassa juga digunakan sebagai bahan bakar. Bahan baku biomassa berasal dari bahan yang nilai ekonomisnya rendah dan biasanya limbah setelah diambil produk primernya.

Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) termasuk family *Gutiferae* dan marga *Calophyllum*. Tanaman nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) atau Bintagur merupakan tanaman yang berkayu keras dengan tinggi mencapai 20 m dan diameter 0,8 m yang dapat ditemukan di pesisir selatan pulau jawa pada ketinggian 0-200m dari permukaan laut. Buah nyamplung dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dengan diambil kandungan minyaknya, sedangkan kulitnya menjadi limbah bagi pabrik pengolah minyak nyamplung (Samino, 2009).

Sekam padi yaitu kulit terluar gabah yang berwarna kuning kecoklatan. Sekam padi mempunyai lapisan keras yang membungkus *kariopsis* putih gabah yang terdiri dari dua belahan yaitu *lemma* dan *pelea* yang saling bertautan (Aritonang, 2010). Pemanfaatan sekam padi masih sangat terbatas itu bisa dilihat pada pemanfaatannya selama ini yang masih berkisar sebagai media tanaman hias, alas pada peti telur, kadang juga dimanfaatkan pada energi alternatif lainnya berupa kompor sekam. Dari segi komposisi kimia sekam mempunyai potensi lebih, hal ini ditunjukkan pada tabel 1.

Briket adalah bahan bakar yang dipadatkan dan dibentuk dalam cetakan. Briket dapat berbentuk kubus maupun silinder dengan ukuran yang beragam. Briket biasanya terbuat dari sampah-sampah atau limbah yang tidak digunakan lagi. Bahan baku yang paling disarankan adalah sampah organik dari sisa pertanian yang sudah tidak digunakan lagi. Briket sangat cocok digunakan untuk industri kecil dan masyarakat umum karena murah dan pembakarannya cukup bersih (Tjokrowisastro dan Widodo, 1990).

Briket arang juga harus mempunyai kualitas yang baik, entah itu dari nilai ekonomis, bahan baku, dan cara pembuatan yang mudah dan murah. Hal ini dikarenakan briket arang harus mempunyai nilai lebih dibandingkan dengan bahan bakar yang lain. Karena dalam aplikasinya nanti briket arang merupakan energi alternatif dari bahan bakar yang sudah ada saat ini.

Perekat adalah suatu zat atau bahan yang memiliki kemampuan untuk mengikat dua benda melalui ikatan permukaan. Beberapa istilah lain dari perekat yang memiliki kekhususan meliputi *glue*, *mucilage*, *paste*, dan *cement*. *Glue* merupakan perekat yang terbuat dari protein hewani seperti kulit, kuku, urat, otot, dan tulang yang digunakan dalam industri kayu. *Mucilage* adalah perekat yang dipersiapkan dari getah dan air yang diperuntukkan terutama untuk perekat kertas. *Paste* adalah perekat pati (*starch*) yang dibuat dari pemanasan campuran pati dan air dan dipertahankan dalam bentuk pasta. *Cement* adalah istilah yang digunakan untuk perekat yang bahan dasarnya karet dan mengeras melalui pelepasan pelarut (Manalu, 2010).

Jenis perekat yang terbaik untuk pembuatan briket dari kulit biji nyamplung adalah tepung tapioka. Briket dengan konsentrasi perekat 17,66% dengan ukuran

partikel 20 mesh menghasilkan nilai kalor tertinggi sebesar 6772,582 kal/gr yang telah memenuhi standar nasional Indonesia maupun standar Jepang (Budiarto, 2012).

Prinsip pembakaran bahan bakar sejatinya adalah reaksi kimia bahan bakar dengan oksigen (O). kebanyakan bahan bakar mengandung unsur karbon (C), Hidrogen (H) dan Belerang (S). Akan tetapi yang memiliki kontribusi yang penting terhadap energi yang dilepaskan adalah C dan H. Masing-masing bahan bakar mempunyai kandungan unsur C dan H yang berbeda-beda. Proses pembakaran terdiri atas dua jenis yaitu pembakaran sempurna (*complete combustion*) dan pembakaran tidak sempurna (*incomplete combustion*). Pembakaran sempurna terjadi apabila seluruh unsur C yang bereaksi dengan oksigen hanya akan menghasilkan CO₂, seluruh unsur H menghasilkan H₂O dan seluruh unsur S menghasilkan SO₂. Sedangkan pembakaran tak sempurna terjadi apabila seluruh unsur C yang bereaksi dengan oksigen seluruhnya tidak menjadi gas CO₂. Keberadaan CO pada hasil pembakaran menunjukkan bahwa pembakaran berlangsung tidak sempurna.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran bahan bakar padat, antara lain :

1. Ukuran partikel
Partikel yang lebih kecil ukurannya akan cepat terbakar.
2. Kecepatan aliran udara
Laju pembakaran briket akan naik dengan adanya kenaikan kecepatan aliran udara dan kenaikan temperatur.
3. Jenis bahan bakar
Jenis bahan bakar akan menentukan karakteristik bahan bakar. Karakteristik tersebut antara lain kandungan *volatile matter* dan kandungan *moisture*.
4. Temperatur udara pembakaran
Kenaikan temperatur pembakaran menyebabkan semakin pendeknya waktu pembakaran. Sehingga menyebabkan laju pembakaran meningkat.

Pengujian laju pembakaran adalah proses pengujian dengan cara membakar briket untuk mengetahui lama nyala suatu bahan bakar, kemudian menimbang massa briket yang terbakar. Lamanya waktu penyalan dihitung menggunakan *stopwatch* dan massa briket ditimbang dengan timbangan digital.

Persamaan yang digunakan untuk mengetahui laju pembakaran adalah:

Massa briket terbakar = massa briket awal - massa briket sisa (gram) (2)

Laju Pembakaran = $\frac{\text{massa briket terbakar}}{\text{waktu pembakaran}}$ (gr/menit).... (3)

Proses pengeringan kadar air merupakan proses untuk menghilangkan kadar air dalam briket. Hal ini dikarenakan, dalam proses pengeringan briket terjadi pengurangan massa karena briket yang baru dicetak masih banyak mengandung air, sehingga perlu dikeringkan agar tidak mengganggu besar nilai kalor dan laju pembakaran. Untuk mengetahui kadar air dari suatu bahan bakar padat dapat dilakukan pengeringan dengan menggunakan sinar matahari dan oven listrik, kemudian dianalisis dengan menggunakan persamaan berikut :

Pengeringan kadar air = $\frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \times 100\%$ (4)

Dimana :

M_1 = massa awal (gr)

M_2 = massa setelah dikeringkan (gr)

METODE PENELITIAN

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

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian ini antara lain, Biji Nyamplung, Abu Sekam Padi, dan Larutan Tepung Kanji.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Alat penumbuk, Ayakan, *Bomb Calorimeter* untuk mengukur nilai kalor, *Stopwatch* untuk menghitung waktu proses pembakaran, Timbangan untuk menimbang massa briket, Tungku Briket, Alat pencetak briket, dan Korek api.

Pembuatan Briket

biji nyamplung dan sekam padi dijemur di bawah sinar matahari selama 72 jam (3 hari), hal ini dilakukan untuk menghilangkan kadar air. Kemudian dilanjutkan dengan proses pengabuan, yang disini hanya dilakukan pada sekam padi saja. Dengan cara dibakar pada tungku pembakaran sampai sekam padi menjadi abu. Setelah itu biji nyamplung dan abu sekam padi ditumbuk secara terpisah sampai berukuran cukup kecil ± 18 mesh (1 mm). Perekat yang digunakan disini yaitu perekat kanji, dimana tepung kanji 15 gr dicampur dengan 50 ml air bersih, kemudian diaduk sampai tercampur sambil dipanaskan diatas kompor sampai

larutan tepung kanji mengental dan berubah warna. Kemudian Proses pencampuran dilakukan sesuai dengan persentasi perbandingan yang sudah ditetapkan dengan penambahan perekat 15% dari massa total campuran. Bahan yang sudah dicampur kemudian dicetak dengan alat press yang biasa digunakan dalam pencetakan briket.

Bahan yang sudah dicetak kemudian dikeringkan untuk mengurangi kadar air yang masih terkandung di dalamnya dengan cara dijemur di terik matahari selama 14 jam (2 hari) dimulai dari jam 09.00-16.00.

Pengujian Nilai Kalor

Pengujian nilai kalor yang terkandung pada briket dengan menggunakan alat Bomb Calorimeter. Jumlah kalor diukur dalam kalori dan dihasilkan apabila suatu briket dioksidasi dengan sempurna di dalam suatu bomb calorimeter disebut energi total dari briket.

Karena kapasitas maksimum cawan bom calorimeter adalah 1,1 gr, maka berat sampel yang diuji tidak boleh lebih dari berat tersebut. Bomb calorimeter yang digunakan juga harus dalam keadaan bersih dan kering. Bomb calorimeter kemudian dihidupkan. Nilai kalor sampel akan diketahui dengan membaca setiap kenaikan temperatur air yang ada di dalam faket bomb calorimeter, panjang kawat yang terbakar dan sisa sampel bila ada. Data temperatur diambil setiap menitnya.

Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, maka setiap sampel sejenis dilakukan pengujian sebanyak tiga kali. Setelah data temperatur sudah konstan, maka bomb set dibongkar. Maka setelah itu bisa didapatkan data mengenai nilai kalor dari bahan yang diuji tersebut.

Pengujian Laju Pembakaran

Pengujian laju pembakaran dilakukan secara manual dengan menggunakan tungku briket. Dimana lama nyala api dari tiap campuran briket dinilai mana yang lebih tahan lama untuk nyalanya. Sebelum melakukan pengujian massa setiap sampel ditimbang. Kemudian tiap sampel dibakar sampai menjadi abu, waktu pembakaran tersebut dihitung menggunakan *stopwatch* dan massa abu ditimbang lagi untuk mengetahui selisih massa yang terbakar dari massa mula-mula. Pengujian laju pembakaran ini dimaksudkan untuk mengetahui kadar efisiensi bahan bakar briket ini.

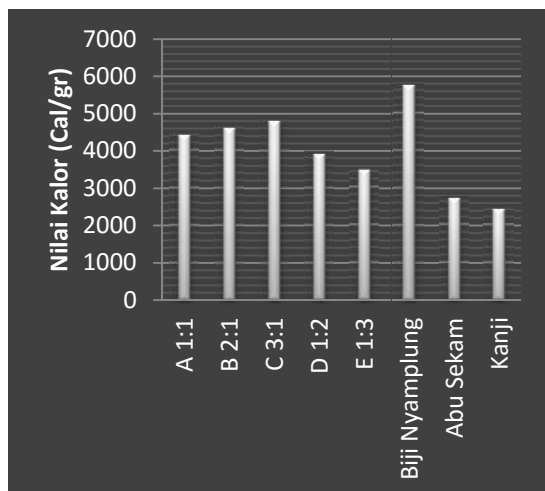
Proses Pengeringan Kadar Air

Dalam pengujian nilai kadar air, sampel briket dijemur dibawah terik matahari selama 2 hari (14 jam). Pengujian kadar dimaksudkan untuk mengetahui besarnya kadar air yang terkandung dalam briket biji nyamplung dan abu sekam padi dari setiap sampel yang diuji. Kadar air yang diperoleh dari pengujian ini dinyatakan dalam bentuk persentase. Untuk menghitung persentase kadar air dalam briket dengan bahan baku biji nyamplung dan abu sekam padi dihitung dengan persamaan (4) dari masing-masing sampel briket yang diuji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Nilai Kalor

Pengujian nilai kalor dilakukan dengan alat *bomb calorimeter* yang tujuannya adalah untuk mengetahui besar energi bruto yang terdapat pada briket campuran biji nyamplung dan abu sekam padi. Sebelum dilakukan pengujian, sampel ditimbang dengan berat maksimum 1,1 gram yang merupakan berat maksimal yang diizinkan pada alat tersebut. Sebagai pembandingan, dilakukan juga pengujian pada bahan baku yang digunakan yaitu biji nyamplung, abu sekam padi, dan perekat kanji.



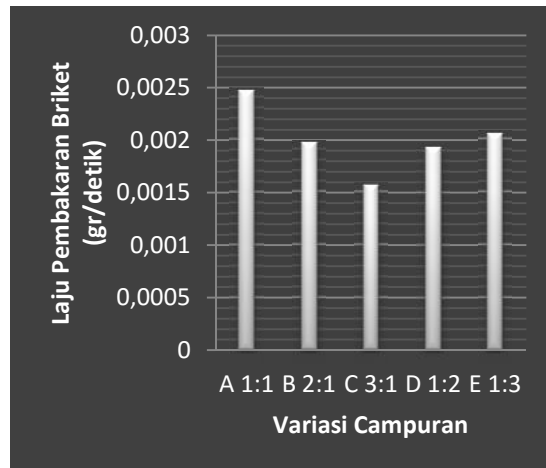
Gambar 1. Nilai kalor pada briket dan bahan dasar

Nilai kalor paling besar terdapat dari bahan dasar berupa buah nyamplung yaitu sebesar 5722,69 kal/gr. Sedangkan dari variasi campuran briket yang paling besar terdapat pada sampel C (3:1) yaitu sebesar 4792,40 kal/gr.

Faktor yang mempengaruhi turunnya nilai kalor dari setiap sampel dikarenakan jumlah dari konsentrasi buah nyamplung yang semakin turun pula.

Uji Laju Pembakaran

Pengujian laju pembakaran dilakukan untuk mengetahui efektifitas dari suatu bahan bakar. Hal ini untuk mengetahui sejauh mana kelayakan dari bahan baar yang diuji sehingga dalam aplikasinya nanti bisa digunakan.



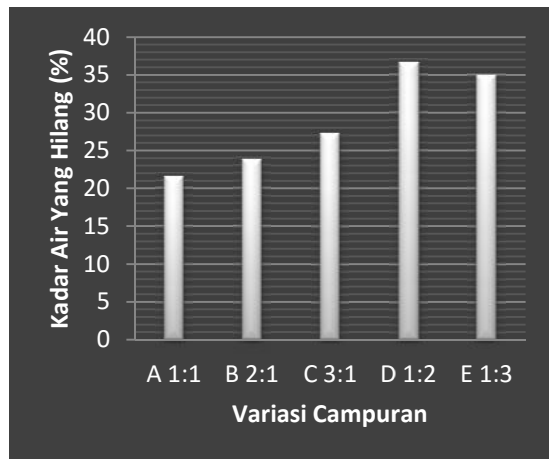
Gambar 2. Laju pembakaran pada briket

Pada pengujian ini bisa dilihat pada variasi campuran antara buah nyamplung dan abu sekam padi yang paling rendah laju pembakarannya yaitu pada sampel C 3:1 yaitu sebesar 0,00156 gr/detik. Sedangkan yang paling besar terdapat pada sampel A 1:1 yaitu sebesar 0,00246 gr/detik.

Faktor yang mempengaruhi hal ini dikarenakan konsentarsi buah nyamplung yang terdapat dalam campuran briket, dimana dalam buah nyamplung sendiri banyak terdapat kandungan minyak sehingga cukup mempengaruhi waktu pembakaran.

Uji Kadar Air

Tujuan dilakukan uji kadar air ini adalah untuk mengetahui persentase kadar air yang terkandung dalam briket dimana persentase kadar air yang dimiliki oleh setiap sampel briket campuran buah nyamplung dan abu sekam padi setelah dilakukan pengujian menunjukkan bahwa setiap sampel briket memiliki kandungan kadar air yang tidak terlalu jauh untuk setiap sampelnya.



Gambar 3. Presentase kadar air pada briket

Dimana bisa dilihat bahwa kandungan kadar air sampel briket yang tertinggi dengan kandungan 36,60% pada sampel (D 1:2) dan paling kecil pada sampel (A 1:1) yaitu sebesar 21,52%.

Faktor yang kemungkinan dapat menyebabkan perbedaan besarnya persentase kadar air pada masing-masing sampel briket bisa disebabkan karena pengaruh tidak meratanya campuran kanji, air, buah nyamplung dan abu sekam padi pada adonan briket saat pencampuran dilakukan sehingga mengalami penyerapan air yang berbeda-beda pada setiap sampel briket.

KESIMPULAN

1. Nilai Kalor paling besar didapat dari briket campuran buah nyamplung dan abu sekam padi pada sampel (C 3:1) yaitu sebesar 4.792,40 cal/gr. Sedangkan nilai kalor briket yang paling kecil didapat dari briket dengan sampel (E 1:3) yaitu hanya sebesar 3.431,00 cal/gr.
2. Laju pembakaran paling rendah didapat dari briket campuran buah nyamplung dan abu sekam padi dengan sampel (C 3:1) yaitu hanya sebesar 0,00156 gr/detik. Sedangkan laju pembakaran briket paling tinggi didapat dari briket dengan sampel (A 1:1) yaitu sebesar 0,00246 gr/detik.
3. Persentase pengeringan kadar air briket yang paling rendah didapat dari briket dengan campuran buah nyamplung dan abu sekam padi dengan sampel (A 1:1) yaitu hanya sebesar 21,52%. Sedangkan persentase pengeringan kadar air briket paling tinggi terdapat pada briket dengan sampel (D 1:2) yaitu sebesar 36,60%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alamsyah, 2009, *Mengenal Lebih Dekat Biodiesel Jarak Pagar*. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- [2] Aritonang, H., 2010. *Rancang Bangun Kompor Biobriket*. Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, UNSUM. Medan.
- [3] Budiarto, A., 2012, *Pemanfaatan Limbah Kulit Biji Nyamplung Untuk Bahan Bakar Briket Bioarang Sebagai Sumber Energi alternatif*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UNDIP. Semarang.
- [4] Dishut NTB, 2012. *Objek Daerah Tujuan Wisata Kawasan Hutan Lindung*. DIPA PHKA: NTB.
- [5] ESDM, 2006. *Indonesia Harus Mencapai Elastisitas Energi Kurang dari 1 di Tahun 2025*. <http://migas.esdm.go.id>[Desember 2006].
- [6] Farel, H. N., 2006, *Nilai Kalor Bahan Bakar Serabut dan Cangkang Sebagai Bahan Bakar Ketel Uap di Pabrik Kelapa Sawit*. Teknik Mesin, FT USU. Medan
- [7] Hartanto, F. P., dan Alim, F., 2009, *Optimasi Kondisi Operasi Pirolisis Sekam Padi Untuk Menghasilkan Bahan Bakar Briket Bioarang Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Jurusan Teknik Kimia FT-UNDIP. Semarang.
- [8] INFIC., 1997, *International Feed Data Bank system*, Publication No. 3 Nebraska, USA.
- [9] Manalu, R., 2010, *Pengaruh Jumlah Bahan Perekat Terhadap Kualitas Briket Bioarang Dari Tongkol Jagung*. Departemen Teknologi Pertanian. Sumatera Utara.
- [10] Samino, 2009, "Nyamplung". <http://www.kphbanyumasbarat.perumperhutani.com> (Tanaman Nyamplung ± 1.000 Ha di tahun 2008, 16 September 2008) Diunduh Tanggal 8 April 2011.
- [11] Tjokrowisastro, E.H., dan Widodo, B.U.K., 1990, *Teknik Pembakaran Dasar dan Bahan Bakar*, ITS, Surabaya.