

Biobriket Arang Sekam Padi Sebagai Sumber Energi Terbarukan untuk Aplikasi Pandai Besi

Wenny Maulina, Yudi Aris Sulistiyo, Endhah Purwandari
Faculty of Mathematics and Natural Science, University of Jember
wenny@unej.ac.id

Abstrak

Sumber energi terbarukan berbasis biomassa merupakan sumber daya potensial menggantikan kayu bakar atau batu bara yang persediannya semakin menipis sebagai bahan bakar industri pandai besi. Salah satu potensi biomassa adalah sekam padi yang dapat dijadikan bahan baku pembuatan biobriket. Oleh karena itu, tujuan pelaksanaan kegiatan ini adalah untuk menghasilkan biobriket arang sekam padi sebagai bahan bakar alternatif pada industri pandai besi. Kegiatan ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu 1) pembuatan alat pencetak yang mampu menghasilkan 4 buah biobriket sekali produksi, 2) pembuatan biobriket arang sekam dan diuji sifat dan karakteristiknya, dan 3) pelatihan pembuatan dan penerapan langsung biobriket untuk proses pemanasan besi pada industri pandai besi. Karakteristik biobriket arang sekam diuji berdasarkan nilai kapasitas kalor, kadar air, kadar abu, dan *volatile matter* berturut-turut adalah 3709,47 kalori per gram; 4,27%; 3,93%; dan 59,20%. Hasil pengujian pembakaran secara langsung menghasilkan nyala api berwarna biru dengan suhu berkisar 533,8 – 704,3 °C. Hasil biobriket telah diimplementasikan dan mampu diterima untuk menggantikan kayu bakar yang selama ini digunakan pada sentra pengrajin pandai besi di Desa Suger Kidul, Kec. Jelbuk, Kab. Jember.

Kata Kunci: Biobriket, Biomasa Sekam Padi, Industri Pandai Besi, Suger Kidul Jelbuk.

Abstract

Renewable energy source based on biomass is an excellent potential to replace depleting wood and coal that applied for blacksmith industry. One of the possibilities of biomass is rice husk, which can be used as raw material for making bio-briquettes. Therefore, the objective of this project is to produce bio-briquette from rice husk charcoal as an alternative fuel in the blacksmith industry. This activity is carried out in several stages, such as 1) creating the bio-briquette pressing equipment, 2) creating bio-briquette and analyzing its properties, and 3) give training to the blacksmith and applying bio-briquettes for the process of heating iron in the blacksmith industry. The characteristics of the bio-briquette were analyzed based on the value of heat capacity, water content, ash content, and volatile matters consecutively 3709.47 calories per gram; 4.27%; 3.93%; and 59.20%. The direct combustion test produces the blue flame with range temperatures 533.8 – 704.3 °C. The bio-briquette has been implemented and accepted to replace the firewood in the blacksmith craftsman's center in the village of Suger Kidul, Jelbuk, Jember.

Keywords: Bio-briquette, Rice Husk Biomass, Blacksmith Industry, Suger Kidul Jelbuk

I. PENDAHULUAN

Perkembangan ekonomi di era globalisasi mempengaruhi pertumbuhan konsumsi energi diberbagai sektor kehidupan. Badan energi dunia (IEA) tahun 2018 melaporkan kebutuhan energi dunia meningkat 2,3% dibanding tahun sebelumnya dan masih

bertumpu pada sumber energi fosil seperti minyak, gas, dan batu bara sebesar 81%¹. Penggunaan energi yang berlebihan dan tidak diimbangi dengan produksi yang berkelanjutan mengakibatkan terjadinya krisis energi dan harganya juga semakin meningkat. Oleh karena itu, kebutuhan bahan bakar menjadi persoalan dunia termasuk di Indonesia. Sektor paling terdampak adalah sektor rumah tangga yang menyerap sekitar 30% dari total konsumsi energi. Masyarakat pedesaan mengatasi tingginya harga bahan bakar untuk skala rumah tangga dengan beralih menggunakan energi terbarukan seperti kayu bakar yang lebih ekonomis. Substitusi ke kayu bakar sebesar 95% dibanding sumber terbarukan lainnya². Persentase konsumsi kayu di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga yaitu berkisar 42,46% pertahun³. Sementara itu, setiap tahun lahan hijau hutan semakin sempit karena perluasan lahan pertanian, pemukiman penduduk dan lahan industri. Oleh karena itu, sumber bahan bakar yang paling aman adalah menggunakan biomasa yang dihasilkan dari limbah pertanian karena lebih ramah lingkungan dibandingkan kayu bakar.

Salah satu jenis biomasa yang sumbernya mudah didapat dan belum dimanfaatkan dengan maksimal yaitu sekam padi. Berdasarkan data BPS tahun 2018 produksi gabah kering giling nasional mencapai 56,54 juta ton, sedangkan kabupaten Jember menghasilkan 0,75 juta ton⁴. Jika massa sekam padi sebesar 28 – 30%, maka total massa limbah sekam padi nasional dan kabupaten Jember adalah sebesar 22,12 dan 0,225 juta ton, berturut-turut. Sebagian besar pemanfaatan sekam padi adalah untuk pakan ternak (diubah menjadi bekatul), dan juga sebagai bahan bakar pembuatan batu bata. Oleh karena itu, sekam padi memiliki potensi sebagai sumber panas yang dapat berperan sebagai sumber energi terbarukan. Potensi penggunaan biomassa sekam padi sebagai sumber energi terbarukan alternatif telah banyak diteliti melalui biobriket. Potensi energi dari sekam padi Indonesia mencapai 27×10^9 J/tahun, dengan nilai kalor sekitar 4.000 – 5.000 kal/g⁵. Sumber lain menyebutkan bahwa nilai kalor briket sekam padi tanpa karbonasi sebesar 3.922 kal/g, sedangkan briket dengan pengarangkan sebesar 5.190 kal/g. Nilai kalor tersebut sedikit di bawah nilai kalor batu bara yaitu sebesar 6.058 kal/g⁶, dan lebih tinggi dibanding biobriket dari kulit kakao dan kulit buah nipah masing-masing sebesar 4.000 kal/g⁷ dan 2.753,71 kal/g⁸. Berdasarkan data

¹International Energy Agency. 2018. *World Energy Outlook 2018: Executive summary*. www.iea.org/weo/.

²Sedighi, M. dan H. Salarian. 2017. A Comprehensif Review of Technical Aspect of Biomass Cookstoves. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70:656-665.

³Badan Pusat Statistik. 2011. *Statistical Yearbook of Indonesia 2011*. Jakarta, Indonesia: Badan Pusat Statistik.

⁴Badan Pusat Statistik. 2018. *Ringkasan Eksekutif: Luas Panen Dan Produksi Beras 2018*. Jakarta, Indonesia: Badan Pusat Statistik.

⁵Qistina, I., D. Sukandar, dan Trilaksono. 2016. Kajian kualitas briket biomassa dari sekam padi dan tempurung kelapa. *Jurnal Kimia Valensi*, 2(2):136-142.

⁶Jamilatun, S. 2008. Sifat-sifat penyalan dan pembakaran briket biomassa, briket batubara dan arang kayu. *Jurnal Rekayasa Proses*, 2(2):37-40.

⁷Martynis, M., E. Sundari, dan E. Sari. 2012. Pembuatan biobriket dari limbah cangkang kakao. *Jurnal Litbang Industri*, 2(1):35-41.

eksperimen dari studi literatur, maka biobriket sekam padi dapat langsung dikenalkan dan diimplementasikan kepada masyarakat secara langsung.

Masyarakat yang menggunakan bahan bakar kayu bakar, arang, dan batu bara dengan jumlah besar adalah pada industri pemandai besi. Desa Suger Kidul, Kecamatan Jelbuk, Kabupaten Jember memiliki sentra unggulan yaitu pandai besi. Sebanyak 5 kelompok yang masing-masing anggotanya 3-4 orang pengrajin yang memiliki spesifikasi dalam menghasilkan pisau dapur, sabit, dan golok. Sebagian besar metode yang digunakan dalam industri pandai besi di tempat tersebut tergolong metode tradisional. Sumber bahan bakar untuk memanaskan logam adalah kayu bakar yang masih dapat diperoleh di sekitar.

Permasalahan yang ditemukan masyarakat pemandai besi tersebut adalah keterbatasan kayu bakar sebagai bahan pembuat api dan harganya yang terus naik. Disisi lain, masyarakat Desa suger kidul hanya menggunakan 3 hari untuk menempa logam dan 4 hari lainnya tidak bekerja. Oleh karena itu, penerapan biobriket arang sekam padi menjadi solusi yang dapat digunakan menyelesaikan permasalahan tersebut. Pembuatan biobriket arang sekam dengan komposisi dan perlakuan yang tepat dapat menghasilkan kualitas panas yang sangat baik. Produksi biobriket telah banyak dikembangkan dengan berbagai macam bahan, tetapi semuanya tidak membutuhkan metode yang rumit dan bahan mudah ditemukan. Selain itu, hasil pembakaran biobriket juga tidak menghasilkan cemaran udara karena bahan yang digunakan berasal dari bahan alami.

Pemanfaatan sekam padi sebagai biobriket juga diharapkan dapat memberikan keuntungan ganda yaitu meningkatkan nilai guna dan nilai jual sekam padi, serta mengurangi limbah pertanian yang jumlahnya sangat besar dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Produksi biobriket arang sekam yang melebihi kebutuhan untuk proses pandai besi, dapat dimanfaatkan untuk memasak dan juga dapat dijual sehingga pengrajin pandai besi dapat mendapatkan tambahan penghasilan selain melakukan aktivitas pandai besi.

II. METODE PELAKSANAAN

Berdasarkan analisis situasi yang telah disampaikan, maka solusi yang ditawarkan merupakan sebuah upaya untuk mengurangi limbah sekam padi dengan memanfaatkannya sebagai bahan biobriket pengganti bahan bakar pandai besi di sentra pandai besi Desa Suger Kidul, Kec. Jelbuk, Kab. Jember. Terdapat tiga tahapan di dalam pelaksanaan kegiatan. Berikut ini merupakan deskripsi dari ketiga tahapan tersebut.

⁸Mulyadi, A. F., I. A. Dewi, dan P. Deoranto. 2013. Pemanfaatan kulit buah nipah untuk pembuatan briket bioarang sebagai sumber energi alternatif. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 14(1):65-72.

A. *Persiapan Pembuatan Cetakan Biobriket*

Pembuatan cetakan biobriket dibagi menjadi 2 bagian. Bagian pertama adalah pembuatan modul cetakan yang berisi 4 potong briket dan dibuat dari logam besi dengan panjang 10 cm. Modul cetakan didesain untuk menghasilkan biobriket berongga. Bagian kedua adalah pembuatan mesin pengepres yang dibuat dari mesin hidrolik. Mesin hidrolik yang digunakan bertekanan 10 ton agar biobriket yang dihasilkan benar-benar padat.

B. *Persiapan Pembuatan Biobriket Arang Sekam Dan Uji Mutu di Laboratorium*

Sekam padi yang dikumpulkan dikeringkan di bawah sinar matahari dan diarangkan. Arang sekam dihaluskan dan ditambah dengan perekat yang dihasilkan dari campuran tepung tapioka dan air, perbandingan arang sekam dan perekat adalah 95% dan 5%. Campuran dicetak dengan mesin press dan hasilnya dikeringkan selama 1 hari di bawah sinar matahari untuk menurunkan kadar air. Pengujian kualitas dan karakteristik biobriket (SNI 01-6235-2000) yang dihasilkan meliputi analisis kapasitas kalor, kadar air, *volatile matters*, dan kadar abu.

C. *Kegiatan Pelatihan Dan Praktik Pembuatan Biobriket*

Pembuatan biobriket dari arang sekam padi dilakukan dengan pemaparan teknis cara pembuatan, serta keuntungan penggunaan biobriket kepada kelompok pengrajin pandai besi yang berjumlah 5 kelompok dengan masing-masing anggota 3-4 orang/kelompok. Dalam kegiatan ini juga diberikan sesi diskusi dan tanya jawab untuk menjangkau masukan dan saran terhadap pengalaman penggunaan kayu bakar dan substitusinya dengan biobriket arang sekam. Kegiatan dilanjutkan dengan praktik langsung pembuatan biobriket oleh mitra yang didampingi oleh pelaksana. Namun demikian, pada sesi uji pembakaran biobriket yang digunakan bukan dari hasil praktik karena kondisinya masih basah. Oleh karena itu, pengujian menggunakan hasil briket yang telah disiapkan sebelumnya.

III. HASIL KEGIATAN

A. *Desain Alat Pencetak Dan Pembuatan Biobriket Arang Sekam*

Kegiatan ini diawali dengan pembuatan alat pencetak biobriket menggunakan mesin hidrolik bertekanan 10 ton dan modul cetakan berongga seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.a. Mesin hidrolik adalah mesin pres yang bekerja berdasarkan teori hukum Pascal, yakni memanfaatkan tekanan yang diberikan untuk menekan atau membentuk biobriket. Komponen utama pada mesin ini adalah piston, silinder, pipa hidrolik dan beberapa komponen pendukung lainnya. Berikut cara pembuatan mesin hidrolik:

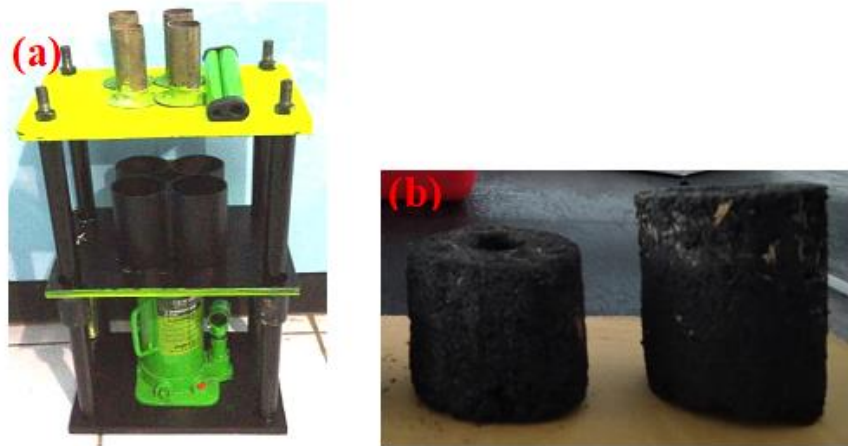
1. Bahan yang digunakan untuk pembuatan mesin hidrolik adalah besi plat dan besi pejal silinder

2. Langkah pertama membuat mesin hidrolik adalah membuat dasar pres dengan 4 lubang pada tiap sudut
3. Lubang pada alas tersebut digunakan untuk meletakkan 4 penyangga
4. Pada masing-masing salah satu ujung penyangga tersebut diskrap atau disenai
5. Fungsi ujung penyangga yang disenai tersebut untuk meletakkan penutup atas
6. Setelah alas dan penutup atas terpasang (presisi), penutup atas dibuka kembali
7. Tahap selanjutnya pembuatan tatakan tengah, tatakan ini berfungsi sebagai alas cetak biobriket
8. Tatakan tengah tersebut pada tiap sudutnya diberi lubang, pada lubang tersebut disambung dengan pipa besi yang fungsinya sebagai penggerak bebas (ke atas atau ke bawah)
9. Dongkrak hidrolik diletakkan di bawah tatakan

Adapun ukuran cetakan biobriket dibuat berbentuk silinder dengan diameter 5 cm dan tinggi 10 cm. Dalam sekali pengempaan dapat dihasilkan 4 biobriket sekaligus. Dari sisi ekonomis, secara keseluruhan, biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan mesin hidrolik dapat dijangkau dengan total biaya yang dibutuhkan berkisar Rp. 1.500.000,-. Namun demikian, biaya yang paling besar adalah untuk pengadaan piston. Produk biobriket dengan kualitas baik membutuhkan piston dengan kualitas yang baik pula. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk menekan biaya pembuatan mesin pencetak sesuai dengan kemampuan finansial masing-masing. Jika kita memanfaatkan bahan-bahan logam dari sisa industri atau daur ulang pemakaian pelat logam, dapat menghemat biaya hingga 40%.

Tahapan selanjutnya adalah pembuatan biobriket dari sekam padi. Tahap pertama pada pembuatan biobriket adalah proses pengarangan sekam padi yang dilakukan di dalam drum tertutup dan sudah diberi lubang untuk sirkulasi udara. Proses pembakaran arang di dalam drum dilakukan di atas tungku pembakaran sederhana, tetapi kondisinya terus diamati untuk menghindari pembentukan abu yang dapat menurunkan kualitas biobriket. Setelah semua sekam menjadi arang, drum dibiarkan dingin pada kondisi ruang selama kurang lebih 2-3 jam. Selanjutnya, arang sekam dihaluskan dan disaring menggunakan ayakan. Serbuk arang sekam padi kemudian dicampur dengan perekat kanji dengan prosentase 95% dan 5%. Campuran tersebut kemudian dicetak menggunakan mesin press yang telah disiapkan sebelumnya. Biobriket yang dihasilkan kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama 1 hari atau sampai bobot konstan yang menunjukkan kadar air dalam biobriket telah habis. Hasil biobriket (Gambar 1.b) memiliki bentuk silindris berongga. Rongga di dalam biobriket didesain untuk mempermudah pembakaran biobriket karena ada aliran udara (oksigen dari udara). Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, biobriket berongga lebih mudah dinyalakan dibanding biobriket tanpa rongga. Analisa biaya yang dibutuhkan untuk membeli bahan sangat murah bergantung pada harga kanji, karena bahan lainnya dapat diperoleh dengan gratis. Kanji yang digunakan juga

tidak mensyaratkan dengan kualitas yang baik dan jumlahnya-pun juga sangat sedikit, jika mengacu pada fungsinya sebagai perekat.



Gambar 1. (a) Desain alat pencetak biobriket dan (b) biobriket arang sekam padi

Pengujian mutu dan kualitas biobriket dari arang sekam mengacu berdasarkan SNI 01-6235-2000. Kegiatan ini dimaksudkan untuk menguji kelayakannya saat diaplikasikan kepada mitra. Tabel 1. menunjukkan bahwa kapasitas panas biobriket arang cukup tinggi mencapai 3709,47 kal/g, meskipun nilainya belum mencapai kapasitas panas batu bara yaitu 6.058 kal/g. Nilai tersebut juga lebih rendah dibandingkan dengan kapasitas kalor biobriket sekam padi dengan pengarangan yaitu 5.190 kal/g⁹. Rendahnya kapasitas kalor dimungkinkan akibat suhu karbonisasi yang relatif rendah karena tidak terkontrol selama perlakuan. Hal tersebut sesuai dengan Tirono dan Sabit (2011)¹⁰ yang melaporkan bahwa semakin tinggi suhu karbonasi menghasilkan kapasitas panas yang semakin besar. Selain itu, diperkuat juga dengan tingginya nilai *volatile matter* yang mengindikasikan bahwa karbonisasi terjadi pada suhu yang relatif rendah sehingga banyak senyawa volatil belum mengalami dekomposisi. Akan tetapi, mengacu pada rendahnya nilai kadar abu dan kadar air < 5%, maka biobriket dari arang sekam masuk dalam kelompok arang sekam yang baik. Disisi lain, hasil uji pembakaran menunjukkan bahwa biobriket memiliki suhu pembakaran antara 533,8 °C – 704,3 °C dengan nyala api berwarna biru (Gambar 2). Mengacu pada karakter tersebut, maka biobriket arang sekam telah dapat diaplikasikan sebagai bahan bakar untuk industri pandai besi yang akan diperkenalkan kepada mitra.

⁹Jamilatun, S. 2008. Sifat-sifat penyalaan dan pembakaran briket biomassa, briket batubara dan arang kayu. *Jurnal Rekayasa Proses*, 2(2):37-40.

¹⁰Tirono, M. dan Sabit, A. 2011. Efek suhu pada pengarangan terhadap nilai kalor arang tempurung kelapa (*Coconut Shell Charcoal*). *Jurnal Neutrino*, 3(2): 143-152.

Tabel 1. Karakteristik biobriket arang sekam hasil pengujian sesuai SNI 01-6235-2000

Parameter Uji	Hasil Analisa	Metode Analisa
Kalori	3709,47 kalori/gram	Bomb Calorimeter
Kadar Air	4,27 %	Gravimetri
Kadar Abu	3,93 %	
Volatile Matter	59,20 %	



Gambar 2. Uji kualitas nyala api biobriket arang sekam padi

B. Penyuluhan dan Pelatihan Pembuatan Biobriket Arang Sekam

Pelatihan dan praktik pembuatan biobriket arang sekam padi dilakukan di Desa Suger Kidul, Kec. Jelbuk, Kab. Jember selaku mitra kegiatan (Gambar 3). Kegiatan pelatihan pembuatan biobriket arang sekam padi diikuti oleh 14 peserta yang berprofesi sebagai pekerja pandai besi. Kegiatan ini dilakukan dalam bentuk diskusi dua arah. Mitra menyampaikan pengalaman dan permasalahan yang dihadapi selama menjadi pemandai besi. Mitra memiliki permasalahan terhadap bahan bakar yang selama ini digunakan yakni arang kayu. Arang kayu semakin lama semakin mahal akibat ketersediaan kayu bakar semakin menipis. Oleh karena itu, mitra sangat mengapresiasi dan sangat antusias mempelajari pembuatan biobriket dari sumber sampah pertanian. Selanjutnya, tim memaparkan hasil kajian pembuatan biobriket dari laboratorium yang berkaitan dengan komposisi bahan dan karakteristik hasil pengujian di laboratorium. Selama pemaparan, mitra proaktif dengan menanyakan hal-hal yang dianggap kurang jelas, seperti contohnya adalah penentuan komposisi jika proses tidak menggunakan timbangan. Hal tersebut dirasa menyulitkan jika nantinya diimplementasikan di masyarakat. Menyikapi hal tersebut tim menyiasati dengan menggunakan perbandingan takaran wadah yang dirasa lebih mudah diterapkan.

Diakhir sarasehan, tim juga menanyakan kemungkinan sumber-sumber bahan baku lain yang diperoleh dari limbah pertanian seperti sekam padi, dan daun-daunan. Tim memaparkan jika sumber daun kurang tepat digunakan sebagai bahan baku karena

daun akan langsung menjadi abu ketika dibakar saat proses pengarangan. Sumber bahan baku lebih tepat menggunakan kulit buah seperti sekam padi, cangkok kopi, cangkok kelapa yang memiliki tekstur keras.

Jika ditinjau dari sisi pembiayaan, pengadaan *project* ini dirasa tidak banyak membutuhkan biaya besar. Investasi pertama dilakukan untuk pengadaan mesin hidrolik. Upaya menekan biaya preparasi alat dilakukan dengan memanfaatkan bahan-bahan logam yang dapat di daur ulang, tentunya dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Di samping itu, seluruh bahan baku briket berasal dari limbah sekam padi, sehingga pengadaan sekam dapat diupayakan bebas biaya (dapat diupayakan sendiri). Dari sisi ekonomis, *project* ini dirasa tidak memberatkan oleh karena investasi program dilakukan hanya sekali di awal saja.

Secara umum, program ini dirasa tepat karena salah satu permasalahan mitra adalah banyaknya pengangguran di usia produktif. Jika kegiatan ini berlanjut, maka diharapkan dapat menyerap tenaga kerja dan memberikan keuntungan secara ekonomis kepada mitra. Kesan yang disampaikan oleh mitra, penggunaan biobriket arang sekam cukup mampu mensubstitusi penggunaan arang sekam dan panas yang dihasilkan dapat digunakan untuk memanaskan logam selama menempa.



Gambar 3. Tim pengabdian di Desa Suger Kidul Jelbuk Jember, September 2019 diikuti 14 peserta (pekerja pandai besi)

IV. KESIMPULAN

Beberapa hal telah dicapai dalam kegiatan ini. Kontribusi yang nyata telah diberikan, diantaranya adalah:

1. Dihasilkan biobriket dari arang sekam yang memenuhi standar SNI 01-6235-2000, dimana nilai kapasitas kalor, kadar air, kadar abu, dan *volatile matter*

berturut-turut adalah 3709,47 kalori per gram; 4,27%; 3,93%; dan 59,20%, sedangkan uji pembakaran menghasilkan nyala api berwarna biru dengan suhu berkisar 533,8 – 704,3 °C.

2. Masyarakat mitra di Desa Suger Kidul, Kec. Jelbuk, Kab. Jember sangat antusias dalam pelaksanaan kegiatan. Terjadi pertukaran informasi antara proses pembuatan biobriket dan proses memandai besi. Mitra tertarik untuk mengembangkan biobriket untuk mengatasi permasalahan pengangguran usia produktif. Tim dan mitra telah merumuskan rencana ke depan untuk meneruskan dan mengembangkan kegiatan tersebut.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Jember yang telah memberikan support pendanaan melalui Hibah Program Pengabdian Pemula (PPP) sesuai dengan SPK No. 3342/UN25.3.2/PM/2019 Tanggal 16 Agustus 2019.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2011. *Statistical Yearbook of Indonesia 2011*. Jakarta, Indonesia: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Ringkasan Eksekutif: Luas Panen Dan Produksi Beras 2018*. Jakarta, Indonesia: Badan Pusat Statistik.
- International Energy Agency. 2018. *World Energy Outlook 2018: Executive summary*. www.iea.org/weo/.
- Jamilatun, S. 2008. Sifat-sifat penyalaan dan pembakaran briket biomassa, briket batubara dan arang kayu. *Jurnal Rekayasa Proses*, 2(2):37–40.
- Martynis, M., E. Sundari, dan E. Sari. 2012. Pembuatan biobriket dari limbah cangkang kakao. *Jurnal Litbang Industri*, 2(1):35–41.
- Mulyadi, A. F., I. A. Dewi, dan P. Deoranto. 2013. Pemanfaatan kulit buah nipah untuk pembuatan briket bioarang sebagai sumber energi alternatif. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 14(1):65–72.
- Qistina, I., D. Sukandar, dan Trilaksono. 2016. Kajian kualitas briket biomassa dari sekam padi dan tempurung kelapa. *Jurnal Kimia Valensi*, 2(2):136–142.
- Sedighi, M. dan H. Salarian. 2017. A Comprehensif Review of Technical Aspect of Biomass Cookstoves. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70:656-665.
- Tirono, M. dan Sabit, A. 2011. Efek suhu pada pengarangan terhadap nilai kalor arang tempurung kelapa (*Coconut Shell Charcoal*). *Jurnal Neutrino*, 3(2): 143-152.