



Pembuatan Briket Campuran Arang Ampas Tebu dan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Bakar Alternatif

Asalil Mustain^{*}, Christyfani Sindhuwati, Agung Ari Wibowo, Adinda Sindi Estelita,
Nur Lailatur Rohmah

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

*E-mail: asalil89@polinema.ac.id

ABSTRAK

Pemanfaatan ampas tebu dan tempurung kelapa sebagai bahan baku utama pembuatan briket memiliki potensi besar sebagai bahan bakar alternatif. Briket merupakan arang dengan bentuk tertentu yang dihasilkan melalui proses pemampatan dengan penambahan sejumlah perekat tertentu. Pemanfaatan briket sebagai bahan bakar mampu menghasilkan kalor dengan sedikit asap. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh komposisi arang ampas tebu dan arang tempurung kelapa serta jenis perekat terhadap karakteristik briket. Variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu rasio massa arang ampas tebu terhadap arang tempurung kelapa (100:0, 50:50, 30:70 dan 0:100) dan jenis perekat briket (tepung tapioka atau tepung sagu). Tahapan penelitian pembuatan briket ini meliputi persiapan bahan baku, karbonisasi, pembriketan dan analisa produk. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karakteristik briket terbaik terdapat pada briket dengan perekat tepung tapioka dan komposisi arang ampas tebu terhadap arang tempurung kelapa 30:70. Karakteristik briket tersebut memiliki nilai kadar air sebesar 6,93%, kadar abu 3,50%, kadar zat menguap 24,75%, kadar karbon terikat 64,82% dan nilai kalor sebesar 5995 kal/g.

Kata kunci: Ampas tebu, briket, karbonisasi, tempurung kelapa.

ABSTRACT

The utilization of bagasse and coconut shells as the main raw materials for making briquettes has great potential as alternative fuels. Briquettes are charcoal with a certain shape which is produced through a compression process with the addition of a certain amount of adhesive. The utilization of briquettes as fuel is able to produce heat with less smoke. The purpose of this study was to determine the effect of the bagasse charcoal and coconut shell charcoal composition and the adhesive type on the characteristics of briquettes. The variables used in this study were the mass ratio of bagasse charcoal to coconut shell charcoal (100:0, 50:50, 30:70 and 0:100) and the type of briquette adhesive (tapioca flour or sago flour). The research stages of making briquettes include raw material preparation, carbonization, briquetting and product analysis. The results of this study indicated that the best characteristics of briquettes were found in briquettes with tapioca flour adhesive and the composition of bagasse charcoal to coconut shell charcoal 30:70. The characteristics of these briquettes had a water content value of 6.93%, ash content of 3.50%, volatile matter content of 24.75%, fixed carbon content of 64.82% and calorific value of 5995 cal/g.

Keywords: Bagasse, briquette, carbonization, coconut shell.

1. PENDAHULUAN

Biomassa atau limbah-limbah organik yang jumlahnya melimpah dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Penggunaan biomassa secara langsung sebagai bahan bakar kurang efisien dan menimbulkan munculnya polusi udara berupa asap hasil pembakaran, sehingga biomassa tersebut perlu diolah terlebih

dahulu seperti menjadi briket. Briket merupakan arang dengan bentuk tertentu yang dihasilkan melalui proses pemampatan dengan penambahan sejumlah perekat tertentu. Pemanfaatan briket sebagai bahan bakar mampu menghasilkan kalor dengan sedikit asap. Manfaat proses pembriketan adalah supaya didapatkan nilai kalor yang lebih tinggi jika dibandingkan bahan-bahan



tersebut dibakar secara langsung serta meminimalkan terbentuknya asap [1]. Salah satu limbah biomassa yang jumlahnya melimpah adalah ampas tebu. Hal ini seiring dengan terus meningkatnya luas areal perkebunan tebu di Indonesia dari tahun ke tahun. Pemanfaatan ampas tebu menjadi bahan yang lebih bernilai ekonomis perlu dilakukan untuk mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan. Limbah ampas tebu ini dapat dimanfaatkan salah satunya sebagai bahan baku pembuatan briket. Akan tetapi, briket dari arang ampas tebu ini memiliki nilai kalor yang cukup rendah yaitu sebesar 4375 kal/g [2]. Sebagai upaya untuk meningkatkan nilai kalor dari briket arang ampas tebu tersebut, pencampuran arang ampas tebu dengan biomassa lain yang mempunyai nilai kalor lebih tinggi perlu dilakukan seperti dicampur dengan arang tempurung kelapa. Tempurung kelapa termasuk jenis biomassa yang memiliki nilai kalor cukup tinggi bila dibandingkan dengan biomassa lain. Arang tempurung kelapa memiliki nilai kalor sekitar 6500-7600 kal/g [3]. Selain memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, limbah tempurung kelapa juga memiliki potensi jumlah yang cukup besar mengingat luasnya areal perkebunan kelapa di Indonesia [4]. Faktor lain yang mempengaruhi kualitas suatu briket adalah jenis perekat dimana perekat ini dibutuhkan untuk menghasilkan briket dengan struktur yang kompak. Perekat organik yang biasa digunakan dan mampu menghasilkan briket dengan kualitas yang baik antara lain tepung tapioka dan tepung sagu [5-7]. Kedua bahan perekat tersebut mengandung pati yang komposisinya pada umumnya terdiri dari amilopektin dan amilosa [8]. Bahan-bahan perekat tersebut memang tergolong sebagai bahan makanan. Akan tetapi, jumlah tepung tersebut yang ditambahkan pada pembuatan briket tidak terlalu besar. Penelitian terdahulu mengenai briket dari arang ampas tebu dan arang tempurung kelapa sudah pernah dilakukan oleh beberapa peneliti. Setiawan dan Syahrizal

[9] telah melakukan penelitian mengenai unjuk kerja dari briket campuran arang ampas tebu dan arang tempurung kelapa dengan perekat aci. Produk briket yang dihasilkan dapat digunakan untuk mendidihkan air. Setiani Dkk. [10] telah melakukan penelitian mengenai potensi emisi dari pembakaran briket dari campuran arang ampas tebu dan arang tempurung kelapa. Hasil penelitian tersebut menyebutkan bahwa pembakaran produk briket campuran tersebut menghasilkan emisi SO_2 , NO_x dan CO masing-masing sebesar 47 ppm, 6 ppm dan 4713 ppm serta potensi emisi karbon sebesar 15,936 CO_2 ekuivalen. Pada penelitian yang lain, Setiani Dkk. [11] juga telah menganalisis nilai mutu briket dari campuran arang ampas tebu dan arang tempurung kelapa berdasarkan uji proksimat (kadar abu, kadar air dan kadar zat menguap). Perekat yang digunakan pada penelitian tersebut menggunakan perekat tepung tapioka. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, penelitian tentang pembuatan briket dari arang ampas tebu dan arang tempurung kelapa perlu dilakukan lebih lanjut seperti karakteristik nilai kalor briket campuran tersebut serta pengaruh jenis perekat terhadap kualitas briket. Penelitian ini bertujuan untuk membuat briket dari arang ampas tebu dan arang tempurung kelapa dengan berbagai komposisi bahan baku serta variasi bahan perekat. Perekat yang digunakan berupa tepung tapioka atau tepung sagu. Karakteristik dari briket yang telah dihasilkan kemudian diamati berdasarkan berbagai macam uji analisa sampel untuk melihat kualitas produk briket.

2. METODE PENELITIAN

2.1. PEMBUATAN BRIKET

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampas tebu dan tempurung kelapa sebagai bahan baku utama pembuatan briket serta tepung tapioka dan tepung sagu sebagai bahan perekat. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah rasio persen massa arang ampas tebu dan arang

tempurung kelapa sebesar 100:0, 50:50, 30:70 dan 0:100.

Pembuatan briket ini dimulai dengan proses pengecilan ukuran bahan baku (ampas tebu dan tempurung kelapa) hingga ukuran tertentu. Bahan baku tersebut kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari langsung sampai kering. Setelah itu, proses dilanjutkan dengan proses karbonisasi masing-masing bahan baku di dalam tungku sampai muncul asap. Arang masing-masing bahan baku kemudian dicecilkan ukurannya sampai berukuran 30-40 *mesh*. Arang ampas tebu dan arang tempurung kelapa dengan komposisi variabel tertentu kemudian dicampur dan ditambahkan lem perekat.

Lem perekat dibuat dengan perbandingan massa air dan bahan perekat (tepung tapioka atau sagu) sebesar 5:2. Campuran air dan bahan perekat tersebut kemudian dipanaskan sampai membentuk lem perekat. Jumlah lem perekat yang ditambahkan pada campuran arang adalah sebesar 60% dari massa total briket yang akan dibuat. Komposisi jumlah lem perekat dalam campuran harus diatur supaya bisa menghasilkan briket dengan struktur yang kompak. Campuran arang dan lem perekat tersebut kemudian dicampur hingga merata. Proses selanjutnya adalah proses pemampatan campuran dalam bentuk silinder menggunakan alat pengepres. Briket yang terbentuk kemudian dikeringkan selama 2x24 jam di bawah sinar matahari langsung.

2.2. ANALISA SAMPEL

Analisa sampel yang dilakukan pada penelitian ini antara lain *yield*, analisa proksimat (kadar air, kadar abu, kadar zat menguap dan kadar karbon terikat) dan analisa nilai kalor [12].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode awal pada proses pembuatan briket adalah karbonisasi atau pengarangan. Bahan baku yang mengalami karbonisasi akan mengalami penyusutan massa. Hal ini dikarenakan pemanasan yang diberikan saat proses karbonisasi mampu menghilangkan

kandungan air dan zat menguap yang terkandung dalam bahan baku sehingga kandungan arang hasil karbonisasi diharapkan lebih banyak mengandung karbon terikat dibandingkan kandungan lainnya. Nilai *yield* arang yang dihasilkan dari proses karbonisasi ini dibandingkan dengan massa awal bahan baku ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai *yield* arang yang dihasilkan dari proses karbonisasi.

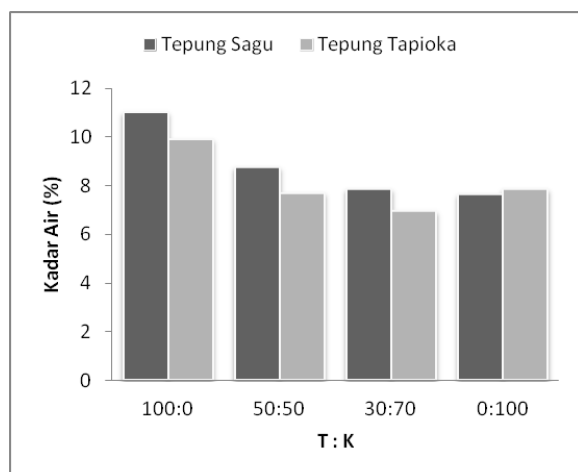
Bahan	Massa Awal (g)	Massa Arang (g)	Yield (%)
Tempurung Kelapa	1016,2	495,11	48,72
Ampas Tebu	644,44	64,54	10,01

Besarnya nilai *yield* dipengaruhi oleh kandungan penyusun tempurung kelapa dan ampas tebu. Berdasarkan Tabel 1, nilai *yield* ampas tebu lebih kecil dibandingkan dengan tempurung kelapa dikarenakan kandungan air ampas tebu lebih tinggi dibandingkan dengan tempurung kelapa. Selain itu, hal ini juga disebabkan karena kandungan lignin yang terkandung dalam ampas tebu jauh lebih kecil dibandingkan dengan tempurung kelapa. Struktur bahan baku tempurung kelapa secara fisik terlihat lebih padat dan kompak [13, 14].

Kadar air mempunyai pengaruh terhadap kualitas briket. Kadar air yang tinggi pada suatu produk briket dapat menurunkan nilai kalor serta kecepatan nyala karena panas yang diberikan akan digunakan terlebih dahulu untuk menguapkan kandungan air dalam produk briket. Hasil analisa kadar air pada produk briket penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil analisa menunjukkan bahwa komposisi bahan baku mempunyai pengaruh pada kadar air produk briket. Semakin besar komposisi ampas tebu, maka kandungan air semakin tinggi karena ampas tebu memiliki daya serap terhadap air lebih besar dibandingkan tempurung kelapa. Secara keseluruhan, nilai

kadar air antara briket dengan perekat tepung tapioka dan tepung sagu memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Faktor perekat juga berperan penting dalam peningkatan kadar air briket karena perekat juga memiliki kadar air bawaan sendiri. Berdasarkan Thoha dan Fajrin [15], kadar air pada tepung sagu sebesar 17,82% dan kadar air pada tepung tapioka sebesar 13,12%. Hal ini bisa menjadi penyebab mengapa briket dengan perekat tepung sagu cenderung menghasilkan kadar air lebih tinggi daripada briket dengan perekat tepung tapioka.

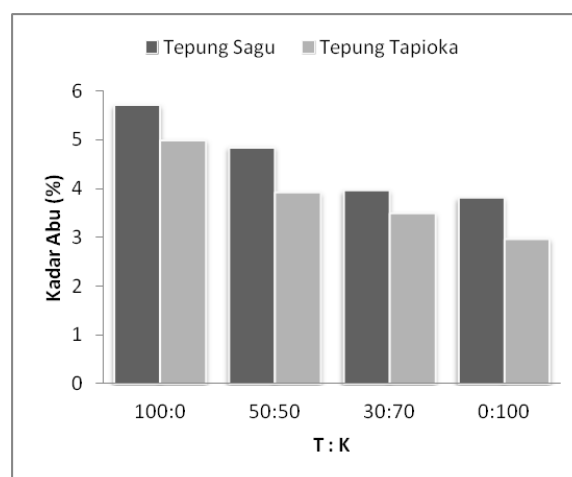
Hampir semua kadar air briket hasil penelitian ini telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) briket arang kayu yaitu maksimal sebesar 8%, kecuali briket variabel perekat tepung sagu dengan rasio persen massa arang ampas tebu dan arang tempurung kelapa sebesar 100:0, 50:50 dan briket variabel perekat tepung tapioka dengan rasio persen massa arang ampas tebu dan arang tempurung kelapa sebesar 100:0. Hal ini bisa saja disebabkan karena kurang maksimalnya proses pengeringan briket tersebut sehingga kandungan air dalam briket tidak sepenuhnya teruapkan.



Gambar 1. Hasil analisa kadar air pada berbagai variabel briket (T: arang ampas tebu & K: arang tempurung kelapa)

Kadar abu dalam suatu produk briket juga bisa menurunkan nilai kalornya serta dapat menimbulkan kerak pada peralatan sehingga

kadar abu ini perlu dibatasi jumlahnya [11]. Hasil analisa kadar abu pada produk briket penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2. Jika dilihat dari sudut pandang komposisi bahan baku penyusun briket, briket dengan komposisi arang ampas tebu yang lebih banyak memiliki kadar abu yang lebih tinggi. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Setiani, Dkk. [11]. Sedangkan dari sudut pandang jenis perekat, kadar abu briket dengan perekat tepung sagu memiliki nilai yang lebih besar daripada briket dengan perekat tepung tapioka. Hal ini disebabkan karena kadar abu bawaan tepung sagu sedikit lebih besar dibandingkan dengan tepung tapioka [15]. Kadar abu maksimal dari produk briket menurut SNI adalah sebesar 8%. Sehingga, semua produk briket penelitian ini dapat disimpulkan telah memenuhi SNI briket arang kayu di Indonesia.

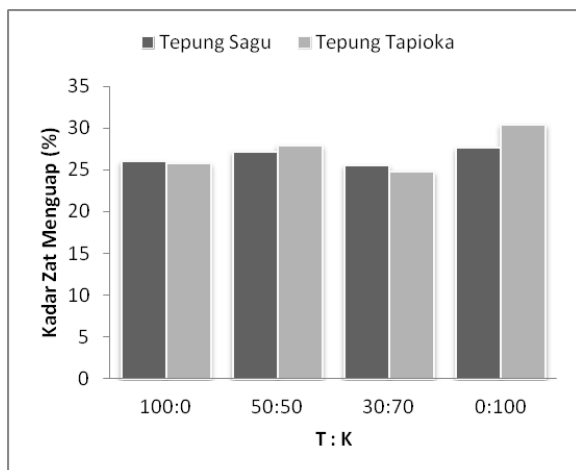


Gambar 2. Hasil analisa kadar abu pada berbagai variabel briket (T: arang ampas tebu & K: arang tempurung kelapa)

Kandungan zat menguap bisa membawa dampak buruk pada proses pembakaran briket karena kandungan zat menguap yang tinggi bisa menyebabkan briket mudah cepat habis dan menimbulkan munculnya asap dalam jumlah yang cukup besar. Kandungan zat menguap ini memang bisa juga menyebabkan briket menjadi mudah terbakar. Akan tetapi, jumlahnya juga perlu dikontrol karena briket dengan jumlah zat

menguap yang tinggi bisa mengurangi kadar karbon terikat dalam briket tersebut sehingga hal ini bisa menurunkan nilai kalornya [2]. Gambar 3 menunjukkan hasil analisa kadar zat menguap dari produk briket penelitian ini. Kandungan zat menguap pada produk briket penelitian ini cenderung menunjukkan nilai yang hampir sama untuk semua variabel.

Berdasarkan SNI briket arang kayu di Indonesia, kadar zat menguap yang terkandung dalam suatu produk briket harus kurang dari 15%. Sehingga, nilai kadar zat menguap dari produk briket pada penelitian ini untuk semua variabel belum memenuhi SNI. Hal ini bisa saja disebabkan karena suhu karbonisasi yang rendah sehingga zat menguap yang terkandung dalam biomassa belum teruapkan secara maksimal. Kajian mengenai suhu optimum proses karbonisasi seperti ini perlu dilakukan untuk bisa menghasilkan arang dengan jumlah zat menguap yang sesuai standar.

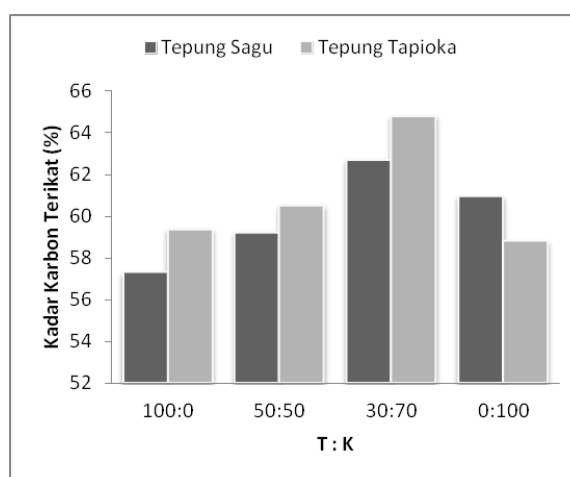


Gambar 3. Hasil analisa kadar zat menguap pada berbagai variabel briket (T: arang ampas tebu & K: arang tempurung kelapa)

Analisa proksimat terakhir yang dilakukan adalah analisa kadar karbon terikat dengan hasil ditunjukkan pada Gambar 4. Analisa kadar karbon terikat ini dilakukan berdasarkan konsep neraca massa dengan menghubungkan data hasil analisa kadar air, kadar abu dan kadar zat menguap. Berdasarkan hasil analisa, nilai kadar karbon

terikat paling tinggi adalah sebesar 64,82% yang terdapat pada produk briket perekat tepung tapioka dengan rasio persen massa arang ampas tebu dan arang tempurung kelapa sebesar 30:70.

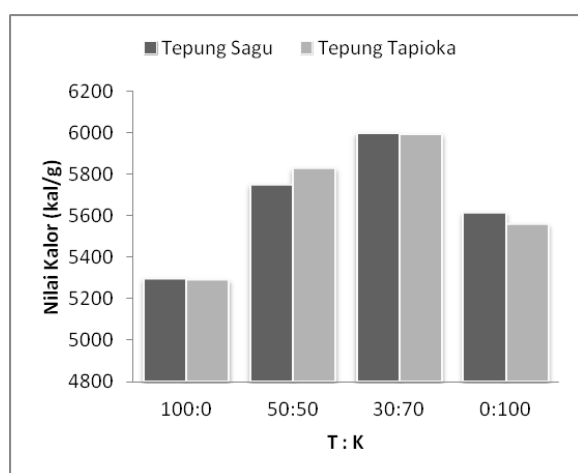
Data hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kadar karbon terikat pada produk briket penelitian ini belum memenuhi SNI briket arang kayu di Indonesia yang nilainya minimal sebesar 77%. Hal ini dikarenakan kadar zat menguap pada penelitian ini yang masih tergolong tinggi sehingga mempengaruhi kadar karbon terikatnya.



Gambar 4. Hasil analisa kadar karbon terikat pada berbagai variabel briket (T: arang ampas tebu & K: arang tempurung kelapa)

Analisa nilai kalor juga dilakukan pada penelitian ini dengan menggunakan alat *bomb calorimeter*. Hasil analisa tersebut ditunjukkan pada Gambar 5. Nilai kalor briket biasanya sebanding dengan nilai kadar karbon terikat, semakin tinggi kadar karbon terikat maka semakin besar pula nilai kalor briket. Nilai kalor tertinggi terdapat pada produk briket dengan rasio persen massa arang ampas tebu dan arang tempurung kelapa sebesar 30:70, dimana briket dengan komposisi tersebut memang yang memiliki kandungan karbon terikat paling tinggi pada penelitian ini. Selain itu, faktor jenis perekat juga mempengaruhi nilai kalor briket. Rata-rata nilai kalor briket dengan perekat tepung tapioka memiliki

nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan briket dengan perekat tepung sagu. Hal ini salah satunya dikarenakan perekat tepung sagu memiliki nilai kadar air bawaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan perekat tepung tapioka [15]. Sehingga, ini dapat mempengaruhi nilai kalor briket saat proses pembakaran di dalam alat *bomb calorimeter*. Meskipun kadar karbon terikat dari semua produk briket penelitian ini belum memenuhi SNI briket arang kayu di Indonesia. Akan tetapi, nilai kalor briket dari semua produk penelitian ini telah memenuhi SNI yang nilainya minimal sebesar 5000 kal/g.



Gambar 5. Hasil analisa nilai kalor pada berbagai variabel briket (T: arang ampas tebu & K: arang tempurung kelapa)

4. KESIMPULAN

Produk briket dengan bahan baku berupa campuran arang ampas tebu dan arang tempurung kelapa dengan perekat tepung tapioka atau tepung sagu telah dibuat pada penelitian ini. Perbedaan komposisi bahan baku arang ampas tebu dan arang tempurung kelapa pada proses pembuatan briket sangat berpengaruh terhadap karakteristik briket yang dihasilkan. Penggunaan perekat tepung tapioka cenderung menghasilkan briket dengan kualitas yang lebih baik daripada perekat sagu. Briket terbaik dihasilkan dari komposisi arang ampas tebu dan arang tempurung kelapa dengan rasio persen massa sebesar 30:70 menggunakan perekat

tepung tapioka. Karakteristik sampel briket variabel tersebut memiliki nilai kadar air sebesar 6,93%, kadar abu 3,50%, kadar zat menguap 24,75%, kadar karbon terikat 64,82% dan nilai kalor sebesar 5995 kal/g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Malang atas bantuan dana Penelitian Regular 2020 dengan Surat Perjanjian Nomor: 5411/PL2.1/HK/2020.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Yanti, M. Pauzan, Penambahan Sabut Kelapa dan Penggunaan Lem Kayu Sebagai Perekat untuk Meningkatkan Nilai Kalor pada Biobriket Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*), *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, vol. 3, no. 2, hal. 77-86, 2019.
- [2] R. Afandi, F. H. Hamzah, E. Rossi, Karakteristik Briket Ampas Tebu dan Tongkol Jagung dengan Perekat Tepung Sagu, *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau*, vol. 5, no. 2, hal. 1-14, 2018.
- [3] D. D. Anggoro, M. D. H. W, M. Z. Fathoni, Pembuatan Briket Arang dari Campuran Tempurung Kelapa dan Serbuk Gergaji Kayu Sengon, *Teknik*, vol. 38, no. 2, hal. 76-80, 2017.
- [4] D. R. A. Muhammad, N. H. R. Parnanto, F. Widadie, Kajian Peningkatan Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa dengan Alat Pengereng Tipe Rak Berbahan Bakar Biomassa, *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, vol. 6, no. 1, hal. 23-26, 2013.
- [5] H. Anizar, E. Sribudiani, S. Somadona, Pengaruh Bahan Perekat Tapioka dan Sagu Terhadap Kualitas Briket Arang

- Kulit Buah Nipah, *Perennial*, vol. 16, no. 1, hal. 11-17, 2020.
- [6] I. Qistina, D. Sukandar, Trilaksono, Kajian Kualitas Briket Biomassa dari Sekam Padi dan Tempurung Kelapa, *Jurnal Kimia Valensi*, vol. 2, no. 2, hal. 136-142, 2016.
- [7] A. Z. Amin, Pramono, Sunyoto, Pengaruh Variasi Jumlah Perekat Tepung Tapioka Terhadap Karakteristik Briket Arang Tempurung Kelapa, *Saintekno : Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 15, no. 2, hal. 111-118, 2017.
- [8] K. Nisah, Study Pengaruh Kandungan Amilosa dan Amilopektin Umbi-Umbian Terhadap Karakteristik Fisik Plastik Biodegradable dengan Plastizicer Gliserol, *BIOTIK : Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan*, vol. 5, no. 2, hal. 106-113, 2017.
- [9] B. Setiawan, I. Syahrizal, Unjuk Kerja Campuran Briket Arang Ampas Tebu dan Tempurung Kelapa, *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, vol. 7, no. 1, hal. 57-64, 2018.
- [10] V. Setiani, M. Rohmadhani, A. Setiawan, R. D. Maulidya, Potensi Emisi dari Pembakaran Biobriket Ampas Tebu dan Tempurung Kelapa, in: Seminar MASTER, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia, 2019.
- [11] V. Setiani, A. Setiawan, M. Rohmadhani, R. D. Maulidya, Analisis Proximate Briket Tempurung Kelapa dan Ampas Tebu, *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, vol. 16, no. 2, hal. 91-96, 2019.
- [12] S. Putro, Musabbikhah, Suranto, Variasi Temperatur dan Waktu Karbonisasi untuk Meningkatkan Nilai Kalor dan Memperbaiki Sifat Proximate Biomassa sebagai Bahan Pembuat Briket yang Berkualitas, in: Simposium Nasional RAPI XIV, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia, 2015.
- [13] A. S. D. S. N. Hidayati, S. Kurniawan, N. W. Restu, B. Ismuyanto, Potensi Ampas Tebu Sebagai Alternatif Bahan Baku Pembuatan Karbon Aktif, *Natural-B*, vol. 3, no. 4, hal. 311-317, 2016.
- [14] Suhartana, Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Belor Kecamatan Ngaringan Kabupaten Grobogan, *Berkala Fisika*, vol. 9, no. 3, hal. 151-156, 2006.
- [15] M. Y. Thoha, D. E. Fajrin, Pembuatan Briket Arang dari Daun Jati dengan Sagu Aren sebagai Pengikat, *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 17, no. 1, hal. 34-43, 2010.