

Pengaruh Kadar Perekat Terhadap Karakteristik Briket Arang Limbah Kayu Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg)

*The Effect of Adhesive Content on The Characteristics of Rubber Wood (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) Charcoal Briquettes*

Rahmi Adi Bazenet¹, Wahyu Hidayat^{1✉}, Siti Mutiara Ridjayanti¹, Melya Riniarti¹, Irwan Sukri Banuwa¹, Agus Haryanto², Udin Hasanudin³

¹Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

²Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

³Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

✉Komunikasi Penulis, email: wahyu.hidayat@fp.unila.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jtep-lv10i3.283-295>

Naskah ini diterima pada 9 Juni 2021; revisi pada 3 Agustus 2021;
disetujui untuk dipublikasikan pada 4 Agustus 2021

ABSTRACT

The study aimed to determine the effects of adhesive content on rubber wood charcoal briquette characteristics. Wood charcoal was produced using a double-drum retort kiln at > 500°C. Wood charcoals were crushed into powder and then mixed with tapioca adhesive of 5%, 10%, and 15%. The charcoal-adhesive mix was then pressed using a hydraulic press machine. For comparison, rubber wood biomass briquettes were also produced using wood particle-adhesive mix with similar adhesive content. Biomass and charcoal briquettes characteristics as physical properties (density and water absorption), chemical properties (ultimate analysis, and FTIR analysis) and energy properties (calorific value) were evaluated. The results showed that density ranged between 0.52-0.56 g/cm³, water absorption of 6.54-7.47%, C content of 82.67-84.41%, H content of 3.28-3.60%, N content of 0.67%-0.74%, and calorific value of 30.76-32.86 MJ/kg. The results of FTIR analysis showed changes in the spectrum of the wave band on the functional groups OH, CH, C ≡ H, C=C, and C=O, indicating the decomposition of the chemical components of rubber wood due to pyrolysis. The results prove that increasing the adhesive content can reduce the quality of briquettes. Based on physical, chemical, and energy properties, charcoal briquettes with 5% adhesive showed better characteristics than briquettes with 10% and 15% adhesive content, showing water absorption of 6.54%, C content of 84.41%, H content of 3.28%, and heating value of 32.86 MJ/kg.

Keywords: *adhesive content, charcoal briquette, pyrolysis, rubber wood waste, tapioca starch*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar perekat terhadap karakteristik briket arang kayu karet. Arang kayu karet diproduksi menggunakan *double drum retort kiln* pada suhu >500°C. Arang kemudian dihancurkan menjadi serbuk lalu dicampur dengan perekat tepung tapioka sebesar 5%, 10%, dan 15%. Campuran arang dan perekat ditekan menggunakan alat press hidrolik. Sebagai pembandingan, briket biomassa kayu karet juga diproduksi dengan menggunakan partikel kayu yang dicampur bersama perekat tapioka dengan kadar serupa. Karakteristik briket berupa sifat fisik (kerapatan dan daya serap air), sifat kimia (analisis ultimat, dan analisis FTIR) dan sifat energi (nilai kalor) dianalisis. Hasil penelitian menunjukkan nilai kerapatan berkisar antara 0,52-0,56 g/cm³, daya serap air 6,54-7,47%, kandungan C 82,67%-84,41%; kandungan H 3,28%-3,60%; kandungan N 0,67%-0,74%, dan nilai kalor 30,76-32,86 MJ/kg. Hasil analisis FTIR menunjukkan adanya perubahan spektrum pita gelombang pada gugus fungsi O-H, C-H, C ≡ H, C=C, dan C=O, yang mengindikasikan adanya dekomposisi komponen kimia penyusun kayu karet akibat pirolisis. Hasil penelitian membuktikan bahwa semakin tinggi kadar perekat akan menurunkan kualitas briket. Berdasarkan sifat fisik, sifat kimia, dan sifat energi, briket arang berperekat 5% memiliki karakteristik lebih baik dibandingkan dengan kadar perekat 10 dan 15% dengan daya serap air 6,54%, kandungan C 84,41%, kandungan H 3,28%, dan nilai kalor 32,86 MJ/kg.

Kata Kunci: *briket arang, kadar perekat, limbah kayu karet, pirolisis, tepung tapioka*

I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber energi biomassa berupa limbah kayu yang begitu melimpah, mengingat Indonesia memiliki hutan yang luas, potensi kayu yang melimpah, dan memiliki industri pengolahan kayu yang banyak (Haryanto *et al.*, 2021). limbah kayu ini dapat berupa limbah kayu penebangan dan limbah industri kayu (Riniarti *et al.*, 2021). Salah satu limbah kayu yang potensial adalah limbah kayu tanaman karet. Indonesia berkontribusi sebagai penghasil karet alam sebesar 40% dari total perkebunan karet dunia (Woelan *et al.* 2012). Berdasarkan data BPS (2020), total area perkebunan karet di Indonesia mencapai 3,68 juta ha, yang terdiri dari kebun karet rakyat seluas 3,25 juta ha (88,3%) dan perkebunan besar seluas 437,4 ribu ha (12,7%). Seiring dengan besar areal perkebunan karet tentu akan menghasilkan limbah kayu yang besar pula akibat kegiatan peremajaan yang dilakukan oleh industri karet.

Kegiatan peremajaan dilakukan pada tanaman karet yang sudah tidak produktif dalam menghasilkan lateks. Tanaman karet akan ditebang sebagai produk samping lateks yang selanjutnya akan ditanami dengan tanaman karet yang baru (Faizal *et al.*, 2014). Kegiatan tersebut juga akan menghasilkan limbah berupa daun, ranting, dan akar (Matangaran, 2012). Selain itu limbah kayu karet juga banyak dihasilkan dari industri kayu seperti industri penggergajian, industri MDF (*Medium Density Fiberboard*) dan industri *veneer*. Rendemen kayu bulat tanaman karet pada industri gergajian sebesar 32-53%, industri MDF 75-90%, dan industri *veneer* 56-59% (Direktur Jendral Bina Usaha Kehutanan, 2009). Persentase sisa rendemen tersebut merupakan limbah kayu yang dihasilkan. Potensi biomassa limbah kayu karet yang melimpah ini perlu dimanfaatkan dengan baik agar tidak terjadi penumpukan, ramah lingkungan dan lebih bernilai guna (Adrian *et al.*, 2015; Rubiyanti *et al.*, 2020).

Salah satu upaya dalam memanfaatkan limbah kayu karet menjadi energi alternatif adalah dengan menggunakan teknologi pirolisis yang selanjutnya dijadikan produk briket (Ridjayanti *et al.*, 2021). Pirolisis merupakan proses

dekomposisi termokimia dengan tanpa atau sedikit oksigen dan berlangsung pada suhu 300-1000°C (Kwon *et al.*, 2018; Haryanto *et al.*, 2021). Produk yang dihasilkan dari proses pirolisis terdiri dari tiga fasa berupa fasa cair (*bio-oil*), fasa padat (*bio-char*/ arang), dan fasa gas (Hidayat *et al.*, 2017; Hidayat *et al.*, 2021; Tarigan *et al.*, 2021). Arang merupakan residu padat dari penguraian kayu yang sebagian besar komponen kimianya karbon (Qi *et al.*, 2016; Park *et al.*, 2018). Sebagai bahan bakar padat, arang masih memiliki beberapa kekurangan seperti kerapatan rendah, ukuran dan bentuk yang beragam sehingga tidak efektif dan efisien dalam penyimpanan dan pengangkutan (Ridjayanti *et al.*, 2021). Oleh karena itu perlu dilakukan teknik densifikasi menjadi briket arang agar produk yang lebih bermutu dan praktis (Nasrul *et al.*, 2020; Shobar *et al.*, 2020). Teknik densifikasi merupakan teknik yang digunakan untuk memadatkan biomassa dengan melakukan pengempaan (penekanan) agar biomassa menjadi rapat dan nilai kalornya meningkat (Anderson *et al.* 2017; Mawardi 2019).

Briket arang merupakan salah satu bahan bakar padat sebagai energi alternatif yang dapat mengatasi masalah tingginya permintaan bahan bakar fosil yang semakin menipis. Kelebihan briket arang adalah memiliki nilai karbon dan kalor yang tinggi, kerapatan tinggi, ukuran dan mutu yang seragam, serta mudah disimpan dan diangkut (Nasrul *et al.*, 2020). Menurut Lukmuang *et al.* (2019), biomassa kayu karet memiliki nilai kalor sebesar 19,091 MJ/kg, sedangkan briket arang kayu karet memiliki nilai kalor lebih tinggi, yaitu sebesar 32,02 MJ/kg. Besarnya energi briket arang kayu karet dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk menggantikan bahan bakar minyak dan gas dalam kegiatan memasak rumah tangga dan industri skala kecil (Akowuah *et al.*, 2012; Isa *et al.*, 2012). Selain itu, secara ekonomi briket arang layak untuk dikembangkan. Berdasarkan penelitian Tipayawon *et al.* (2018), briket arang diproduksi dengan komposisi arang, tapioka, dan air sebesar 20:1:7 dapat menghasilkan keuntungan sebesar 22,4% per kg briket arang.

Pembuatan briket arang membutuhkan bahan perekat yang berfungsi untuk menyatukan

partikel-partikel arang agar terjadi ikatan yang kuat sehingga menjadi kompak (Smith dan Idrus, 2017). Perekat merupakan komponen yang sangat berpengaruh terhadap kualitas briket. Bahan perekat yang diberikan dapat berpengaruh terhadap nilai kalor briket. Pada penelitian ini bahan perekat yang digunakan adalah perekat tepung tapioka. Pemilihan tepung tapioka didasari karena perekat ini menghasilkan asap dan abu relatif sedikit dibandingkan jenis perkat lain serta harganya relatif murah (Moeksin *et al.*, 2014). Selain itu, tepung tapioka juga memiliki kemurnian larutan yang tinggi, kekuatan gel dan daya rekat yang tinggi sehingga banyak digunakan sebagai bahan perekat (Faizal *et al.*, 2014). Ningsih *et al.*, (2014) melaporkan briket arang kulit buah bintaro dengan perekat tepung tapioka menghasilkan karakteristik briket arang yang paling baik dibandingkan dengan penggunaan perekat getah karet, arpus, dan sagu. Kadar perekat yang digunakan pada penelitian ini sebesar 5%, 10%, dan 15%. Banyaknya perekat juga akan mempengaruhi kualitas briket. Penelitian sebelumnya menunjukan bahwa nilai kalor briket arang kayu karet dengan kadar perekat 15% sebesar $\pm 25,12$ MJ/kg sedangkan kadar perekat 30% sebesar $\pm 23,44$ MJ/kg. Terlihat bahwa semakin tinggi kadar perekat yang diberikan akan mengakibatkan penurunan pada mutu suatu briket (Faizal *et al.*, 2014). Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi kadar perekat (5%, 10%, dan 15%) terhadap karakteristik briket arang kayu karet.

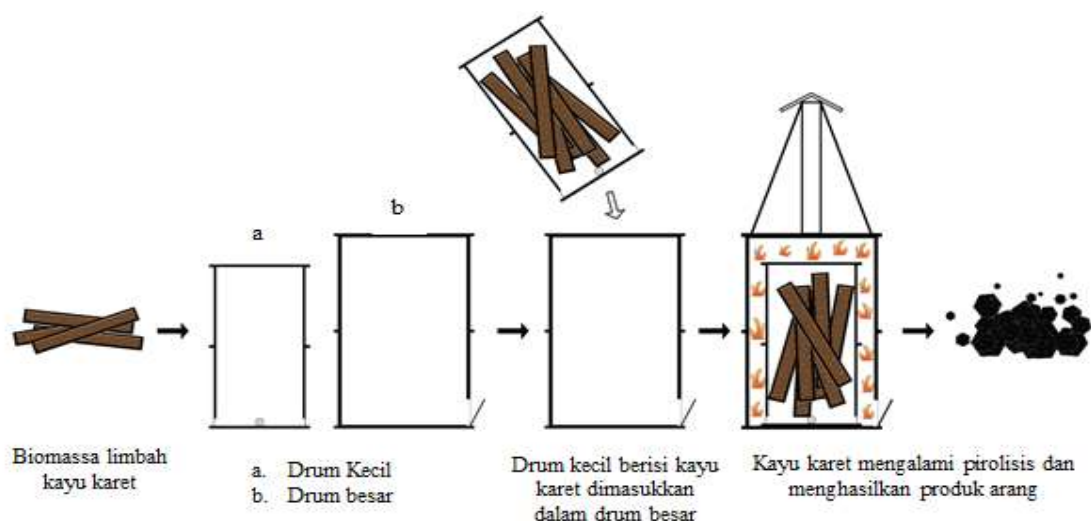
II. BAHAN DAN METODE

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *double drum retort kiln*, saringan berukuran 3 mm x 3 mm, alat press hidrolik, cetakan briket ukuran 5 cm x 5 cm x 7,5 cm. Bahan yang digunakan adalah limbah kayu karet dari kegiatan peremajaan, arang kayu karet produksi *double drum retort kiln* yang diserbukan, kayu karet yang diserbukan menggunakan mesin *disk mill*, tepung tapioka, dan air 500 ml.

2.1. Prosedur Penelitian

2.1.1. Pembuatan Arang

Proses penelitian diawali dengan pembuatan arang limbah kayu karet. Pembuatan arang dilakukan dengan menggunakan *double drum retort kiln* yang terdiri atas dua drum (drum berukuran kecil dan besar) dan terdapat lima celah udara di bagian bawah drum. Kayu karet dipotong sepanjang 30-40 cm dan dimasukkan ke dalam drum kecil, lalu drum ditutup. Selanjutnya drum kecil dimasukkan ke dalam drum yang lebih besar. Bahan bakar berupa limbah biomassa kemudian dimasukkan ke dalam sela antara drum kecil dan drum besar, dibakar dari bagian atas, kemudian bagian atas drum ditutup. Pembuatan arang berlangsung selama 5-6 jam dan pendinginan selama 4-5 jam. Setelah itu arang dihaluskan dengan cara ditumbuk menggunakan balokan kayu hingga menjadi serbuk arang, lalu diayak dengan ukuran lubang ayakan 3 mm x 3 mm.



Gambar 1. Skema Pirolisis Menggunakan *Double Drum Retort Kiln*

2.1.2. Pembuatan Briket

Briket arang kayu karet terbuat dari dua komponen utama, yaitu serbuk arang kayu karet dan perekat dalam bentuk tepung tapioka. Serbuk arang dan tepung tapioka sebelumnya dikering tanurkan sehingga diasumsikan memiliki kadar air 0%. Pembuatan briket dilakukan dengan mencampur serbuk arang dan tepung tapioka. Komposisi pencampuran berat serbuk arang dengan tepung tapioka, yaitu 95:5%; 90:10%, dan 85:15% dengan berat total kedua bahan sebesar 20 g. Campuran tersebut dipanaskan dalam panci dengan api sedang dan ditambahkan air (500 ml) sedikit demi sedikit hingga menjadi adonan yang kalis. Adonan kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan ditekan menggunakan alat press hidrolik. Penekanan dilakukan sampai target ukuran briket sebesar 5 cm x 5 cm x 1 cm dengan target kerapatan sebesar 0,8 g/cm³. Tahapan dalam proses pembuatan briket arang ini sama dengan proses pembuatan briket biomassa limbah kayu karet, namun bahan yang digunakan berupa serbuk kayu karet. Setelah itu, briket dikeringkan dalam oven dengan suhu 100°C selama 1 x 24 jam.

2.2. Pengujian Briket

Karakteristik briket yang diuji berupa sifat fisik (kerapatan kering tanur dan daya serap air), sifat kimia (analisis ultimat dan analisis FTIR), dan sifat energi (nilai kalor).

2.2.1. Kerapatan

Kerapatan kering tanur didapatkan dari perbandingan antara berat dan volume briket setelah briket dioven dengan suhu 100°C selama 24 jam. Bobot briket ditimbang menggunakan timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 sedangkan volume diukur menggunakan kaliper digital. Standar kerapatan yang diacu adalah SNI 01-6235-2000.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Dimana, ρ adalah kerapatan (g/cm³), m adalah bobot briket (g), dan V adalah volume briket (cm³).

2.2.2. Daya Serap Air

Daya serap air pada penelitian ini dilakukan dengan menimbang briket selama 30 hari atau sampai berat konstan pada kondisi ruangan

terbuka. Berat briket ditimbang menggunakan timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001. Berikut perhitungan daya serap air.

$$DSA (\%) = \frac{Ba - Bb}{Ba} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana, DSA adalah daya serap air (%), Ba adalah berat awal briket (g), dan Bb adalah berat akhir briket (g).

2.2.3. Analisis Ultimat

Analisis ini dilakukan dengan menyiapkan sampel berupa briket yang dihaluskan dengan menggunakan mortar sebanyak 2 mg. Sampel uji dibentuk seperti gumpalan dan masukan ke dalam alat CHN *Analyzer* tipe CHN 628 (LECO) untuk menganalisis kandungan unsur kimia karbon (C), hidrogen (H), dan nitrogen (N).

2.2.4. Nilai Kalor

Nilai kalor didapatkan dengan melakukan perhitungan estimasi menggunakan nilai kandungan karbon, hidrogen, dan nitrogen pada briket. Berikut perhitungan nilai kalor (Nhochhen dan Afzal, 2017).

$$\text{Nilai Kalor} = 32,7934 + 0,0053C^2 - 0,5321C - 2,8769H + 0,0608CH - 0,2401N \quad (3)$$

Dimana, C adalah nilai kandungan karbon, H adalah nilai kandungan hidrogen, dan N adalah nilai kandungan nitrogen.

2.2.5. Analisis Fourier Transform Infrared (FTIR)

Analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR) atau dapat disebut sebagai analisis perubahan gugus fungsi ini. Alat yang digunakan adalah *Spectroscopy Fourier Transform Infrared* (FTIR) tipe varian 2000 FTIR *scimeter series*. Analisis ini dilakukan dengan menyiapkan sampel briket yang digerus bersama padatan kalium bromida (KBr) dengan menggunakan mortar. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk cincin hingga merata yang kemudian ditekan dengan alat penekan hidrolik. Sampel dikeluarkan dari cetakan dan diletakan ke dalam alat *spectrofotometer* IR. Hasil spektrum dicatat pada suhu kamar.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

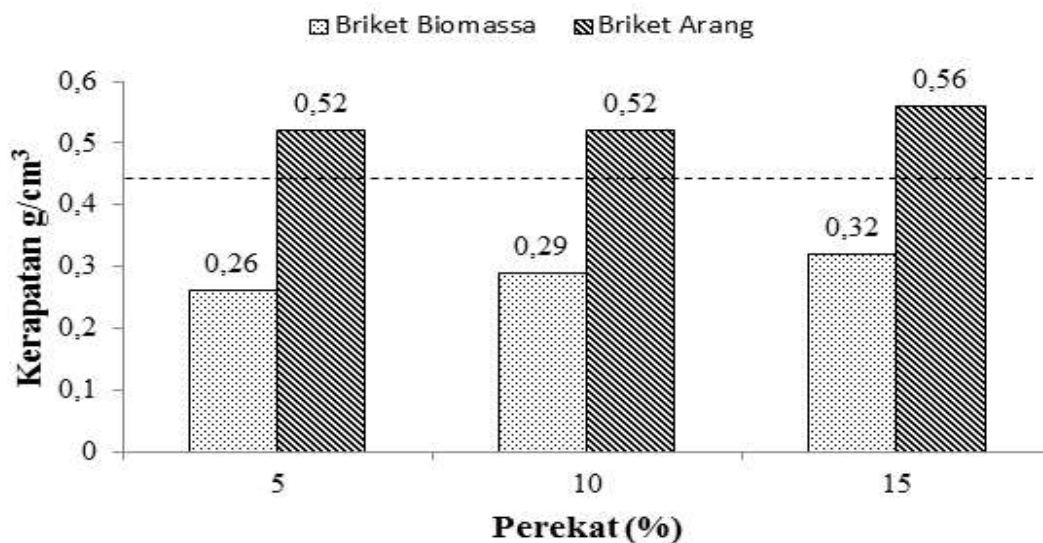
3.1. Kerapatan

Kerapatan ditunjukkan dari perbandingan antara massa dan volume briket. Kerapatan sangat berpengaruh terhadap kualitas hancur briket. Semakin rapat briket maka akan semakin lama waktu pembakaran dan waktu penyalaan briket karena jika briket memiliki banyak rongga akan memudahkan oksigen masuk sehingga lebih mudah terbakar dan cepat habis (Susanto dan Yanto, 2013; Briyartendra dan Widayat, 2019). Pada penelitian ini nilai kerapatan tidak mencapai target kerapatan, yaitu $0,8 \text{ g/cm}^3$. Terjadi perubahan dimensi meskipun cetakan berukuran sama. Hal ini diakibatkan oleh adanya efek *springback* pada saat proses penekanan. *Springback* merupakan gaya balik yang diakibatkan pengaruh elastisitas bahan pada saat pembentukan yang membuatnya benda tersebut cenderung kembali ke kondisi semula pada saat beban dilepaskan (Sukarman *et al.*, 2020). *Springback* terjadi karena pada dasarnya semua benda memiliki modulus tertentu dari elastisitas (Gusti, 2018). Modulus elastisitas pada briket juga didukung oleh proses pencetakan briket, dimana adonan briket memiliki volume lebih banyak tetapi harus ditekan hingga ketebalan briket 1 cm sehingga terjadi perubahan dimensi saat penekanan dilepaskan. Selain itu, briket juga dicetak menggunakan alat yang tidak memiliki pemanas sehingga setelah briket dicetak akan terjadi

peregangan akibat daya rekat berkurang, sedangkan alat cetak briket dengan pemanas dapat menjaga kekalisan adonan dan terus mengaktifasi perekat sehingga perubahan dimensi akan semakin kecil.

Nilai kerapatan briket arang limbah kayu karet berkisar antara $0,52\text{--}0,56 \text{ g/cm}^3$, sedangkan briket biomassa kayu karet berkisar $0,26\text{--}0,32 \text{ g/cm}^3$ (Gambar 2). Kerapatan briket arang lebih rendah dibandingkan dengan briket biomassa. Hal ini disebabkan oleh proses pirolisis yang dapat membuat arang menjadi renyah dan mudah hancur sehingga menghasilkan partikel yang kecil, halus, ukuran seragam dan kapadatan tinggi (Jouhara *et al.*, 2017; Hapid *et al.*, 2018; Ayuningtyas dan Aridito, 2019) dibandingkan dengan serbuk kayu karet yang partikelnya lebih besar dan tidak seragam. Partikel bahan briket yang semakin kecil dan seragam akan menghasilkan kerapatan yang tinggi, karena ikatan antar partikel menjadi kuat dan kompak (Kahariyadi *et al.*, 2015; Basuki *et al.*, 2020).

Kadar perekat juga dapat mempengaruhi nilai kerapatan. Nilai kerapatan tertinggi diperoleh dari briket arang berperekat 15%, yaitu sebesar $0,56 \text{ g/cm}^3$ dan terendah briket biomassa kayu karet berperekat 5%, yaitu sebesar $0,26 \text{ g/cm}^3$. Hal ini menunjukkan semakin tinggi kadar perekat yang diberikan maka akan semakin tinggi pula nilai kerapatan briket. Bertambahnya daya perekat akan meningkatkan daya ikat antar



Gambar 2. Kerapatan Kering Tanur Briket Biomassa Limbah Kayu Karet dan Briket Arang Limbah Kayu Karet (----- : SNI 01-6235-2000)

pertikel sehingga mampu memperkecil rongga-rongga pada briket arang (Susanto dan Yanto, 2013). Berdasarkan hasil penelitian kerapatan briket arang sudah memenuhi standar briket arang SNI 01-6235-2000.

3.2. Daya Serap Air

Daya serap air menunjukkan seberapa besar kemampuan briket untuk menyerap air (Yulianto *et al.*, 2020). Terlihat bahwa daya serap air antara kedua briket tersebut memiliki daya serap air yang sangat berbeda (Gambar 3). Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan bahan briket dan kadar perekat yang digunakan.

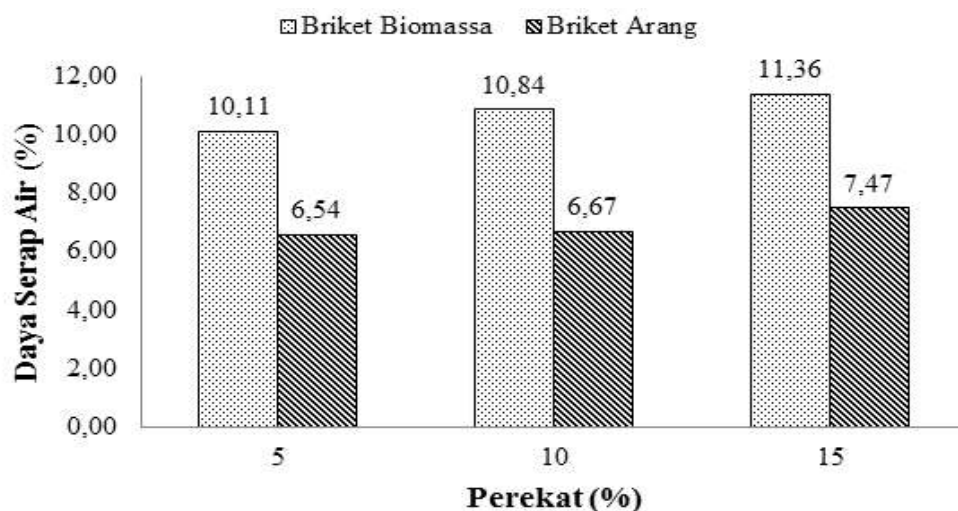
Rata-rata nilai daya serap air pada briket biomassa adalah 10,77% dan briket arang 6,89%. . Briket biomassa memiliki daya serap air lebih tinggi dibandingkan briket arang, karena biomassa memiliki sifat hidrofilik atau cenderung menyerap air (Sulistio *et al.*, 2020). Briket arang lebih tidak mudah menyerap air, karena pirolisis dapat menghilangkan gugus fungsi hidroksil (O-H) pada biomassa sehingga membuat kemampuan menyerap air lebih rendah. Selain itu terlihat adanya peningkatan daya serap air seiring dengan tingginya kadar perekat yang diberikan. Hal ini dikarenakan tepung tapioka tidak tahan lembab dan memiliki sifat mudah untuk menyerap uap air diudara (Pane *et al.*, 2015). Sejalan dengan penelitian Gandhi (2015), briket arang tongkol jagung berperekat 8% lebih banyak menyerap air

dibandingkan persentase pemberian kadar perekat 4% dan 6%. Tingginya kemampuan briket menyerap air akan meningkatkan kadar air briket sehingga dapat mempengaruhi nilai kalor dan akan menjadi masalah dalam penyimpanan (*stocking*) dan lebih mudah ditumbuhi jamur (Maryono *et al.*, 2013).

3.3. Analisis Ultimat

Analisis ultimat pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik suatu briket. Analisis ultimat yang dihasilkan berupa kandungan karbon (C), hidrogen (H), dan nitrogen (N). Data hasil analisis ultimat ini menunjukkan kandungan karbon (C) dan nitrogen (N) pada briket biomassa lebih rendah dibandingkan briket arang. Namun, kandungan hidrogen (H) pada briket biomassa lebih tinggi dibandingkan briket arang (Tabel 1).

Hasil analisis ultimat diketahui bahwa kandungan karbon briket biomassa berkisar 43,28-47,48%. Biomassa sendiri umumnya memiliki kandungan karbon sekitar 53% (Haryanto *et al.*, 2021). Briket arang memiliki kandungan karbon yang tinggi, yaitu berkisar berkisar 79,29 – 84,41%. Hal ini karena proses pemanasan (pirolisis) mampu meningkatkan nilai karbon, dimana kandungan hidrogen dan oksigen akan lebih mudah hilang dibandingkan kandungan karbon sehingga terbentuk karbon yang murni (Chew dan Doshi, 2011; Pane *et al.*, 2015). Pemberian perekat juga berpengaruh



Gambar 3. Daya Serap Air Briket Biomassa Limbah Kayu Karet dan Briket Arang Limbah Kayu Karet

Tabel 1. Analisis Ultimat (Karbon (C), Hidrogen (H), dan Nitrogen (N))

Jenis Briket	Kadar perekat (%)	Unsur Kimia (%)		
		Karbon (C)	Hidrogen (H)	Nitrogen (N)
Briket Biomassa	5	47,48	6,93	0,50
	10	43,28	6,36	0,42
	15	45,59	6,87	0,32
Briket Arang	5	84,41	3,28	0,74
	10	82,67	3,43	0,71
	15	79,29	3,60	0,67

terhadap nilai kandungan karbon pada briket. Hal ini menunjukkan bahwa rendahnya kadar perekat cenderung menghasilkan kandungan karbon yang tinggi (Anita, 2019). Kandungan karbon yang tinggi akan meningkatkan nilai kalor suatu bahan bakar sehingga semakin tinggi nilai kandungan karbon maka semakin tinggi daya pembakaran briket (Akowuah *et al.*, 2012). Unsur karbon yang bersifat reaktan bereaksi dengan oksigen akan menghasilkan CO₂ (Anita, 2019).

Kandungan hidrogen pada briket biomassa berkisar 6,36-6,93% sedangkan briket arang berkisar 3,28-3,60%. Kandungan hidrogen ini berkaitan dengan kadar zat terbang (Anita, 2019). Semakin rendah kandungan hidrogen akan meningkatkan sifat mudah terbakar dan meningkatkan nilai kalor (Adekunle *et al.*, 2015). Unsur hidrogen dapat bereaksi dengan oksigen akan menghasilkan H₂O setelah proses pembakaran. Selain itu, kandungan pada unsur nitrogen briket biomassa berkisar 0,32-0,50% dan briket arang berkisar 0,67-0,74%. Unsur nitrogen ini salah satu unsur yang tidak diinginkan dalam energi biomassa, karena unsur ini dapat menyebabkan polusi selama proses pembakaran. Unsur ini dapat bereaksi dengan udara sekitar sehingga cenderung meningkatkan pelepasan gas beracun menjadi iritan (NO_x) atau asfiksia (HCN) (Kimutai dan Kimutai, 2019). Persentase kandungan nitrogen yang dihasilkan tidak melebihi 1%, sehingga termasuk tidak berbahaya karena hanya akan menghasilkan sedikit polutan (Chaney, 2010).

3.4. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan indikator yang digunakan untuk menentukan karakteristik bioenergi pada suatu bahan bakar biomassa

(Hidayat *et al.*, 2017). Nilai kalor merupakan jumlah energi panas maksimum yang dikeluarkan bahan bakar pada saat proses pembakaran (Almu *et al.*, 2014). Hasil nilai kalor briket dapat dilihat pada Gambar 3. Briket arang yang memiliki nilai kalor tinggi mengindikasikan bahwa briket tersebut memiliki kualitas yang baik, dimana semakin tinggi nilai kalor maka semakin tinggi pula energi panas yang dihasilkan briket (Sulistio *et al.*, 2020). Hasil nilai kalor dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4, terlihat nilai kalor briket biomassa memiliki kisaran 18,75-19,43 MJ/kg dan briket arang berkisar 30,76-32,86 MJ/kg. Berdasarkan standar briket arang SNI 01-6235- 2000, nilai kalor briket arang sudah memenuhi standar. Nilai kalor briket arang dapat menghasilkan panas yang cukup untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga untuk memasak dan industri skala kecil (Akowuah *et al.*, 2012). Briket arang berperekat 5% memiliki nilai kalor tertinggi, yaitu 32,86 MJ/kg, sedangkan nilai kalor terendah didapatkan pada briket biomassa berperekat 10%, yaitu 18,03 MJ/kg. Nilai kalor briket arang yang tinggi dikarenakan memiliki kandungan karbon yang tinggi karena telah melalui proses pirolisis terhadap bahan briket. Sebaliknya, nilai kalor biomassa yang rendah karena memiliki kandungan karbon yang rendah. Selain itu, tinggi rendahnya nilai kalor dapat dilihat dari rasio kandungan H/C hasil analisis ultimat, dimana semakin rendah nilai rasio H/C maka akan semakin tinggi nilai kalor briket dan sebaliknya (Raju, 2016). Rasio H/C briket biomassa dan briket arang berperekat 5%, 10%, dan 15% berturut-turut sebesar 0,039; 0,041; 0,045 dan 0,146; 0,147; 0,150. Terlihat adanya pengaruh kadar perekat terhadap nilai kalor briket. Kadar perekat yang tinggi cenderung menurunkan nilai

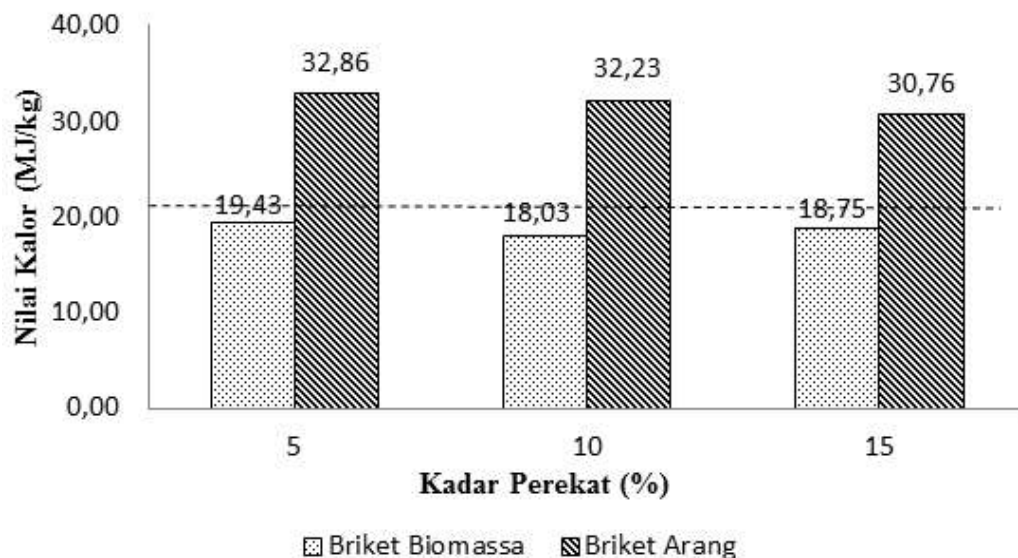
kalor briket. Hal ini dikarenakan bahan perekat memiliki sifat *thermoplastic* serta sulit terbakar dan membawa serta mudah mengikat air sehingga energi panas yang dihasilkan terlebih dahulu bekerja untuk menguapkan air dalam briket (Rahmadhani *et al.*, 2017).

3.5. Analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

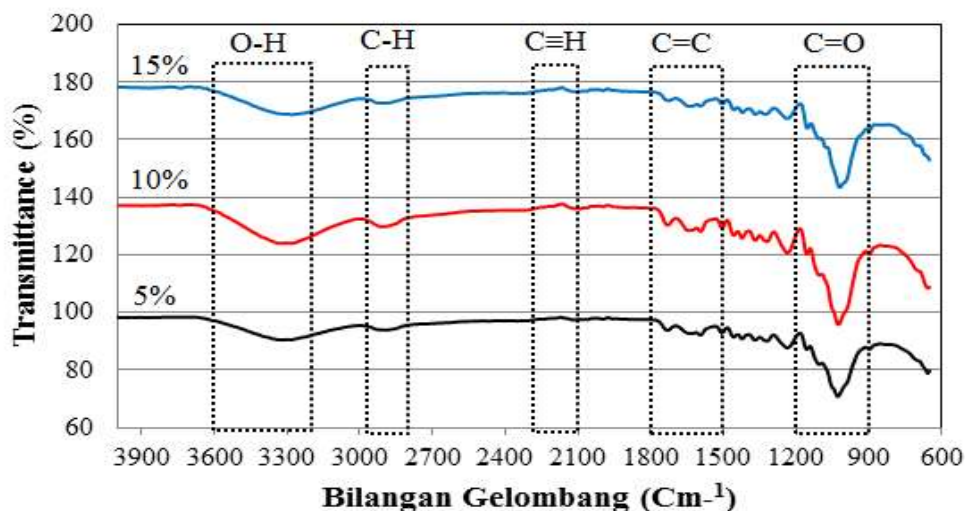
Hasil penelitian ini menunjukkan adanya perubahan gugus fungsi yang terjadi pada briket biomassa dan briket arang limbah kayu karet Gambar 5 dan Gambar 6. Hal ini membuktikan bahwa perbedaan bahan briket dan pemberian kadar perekat tapioka yang berbeda dapat

mempengaruhi perubahan gugus fungsi pada briket. Perubahan gugus fungsi pada ikatan unsur sempel briket yang diuji dapat dicirikan dengan adanya cekungan dan gelombang pada spektra hasil analisis FTIR (Rani *et al.*, 2020).

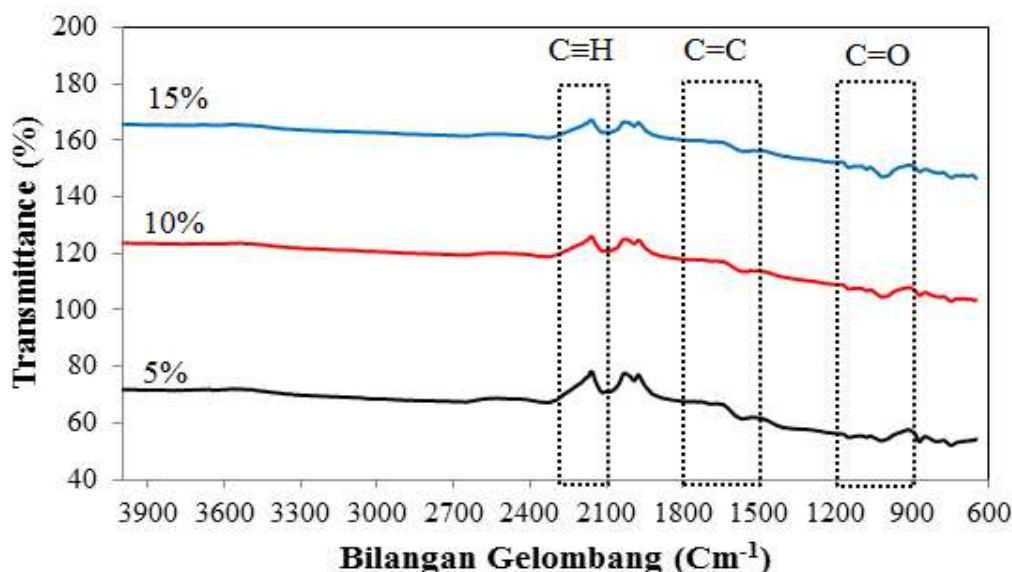
Puncak serapatan pada bilangan gelombang 3600-3200 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi gugus hidroksil (O-H) dari kandungan hemiselulosa dan selulosa pada biomassa (Rani *et al.*, 2020). Vibrasi gugus C-H juga terdapat pada hasil analisis FTIR, yaitu pada bilangan gelombang 2850-2970 cm^{-1} . Hilangnya gugus O-H dan C-H pada briket arang terjadi karena sebagian besar kandungan hemiselulosa dan



Gambar 4. Nilai Kalor Briket Biomassa Kayu Karet dan Briket Arang Kayu Karet (---- : SNI 01-6235- 2000)



Gambar 5. Spektrum FTIR Briket Biomassa Limbah Kayu Karet



Gambar 6. Spektrum FTIR Briket Arang Limbah Kayu Karet

selulosa telah mengalami degradasi akibat pirolisis (Iryani *et al.*, 2019). Pita gelombang O-H dan C-H cenderung lebih melandai pada briket biomassa berperekat 5% dan 15% dari pada briket biomassa berperekat 10%. Pita gelombang yang semakin landai menunjukkan adanya perubahan gugus fungsi pada ikatan kimia briket.

Bilangan gelombang 900-1200 cm^{-1} merupakan vibrasi gugus C=O yang termasuk kelompok senyawa ester karbonil dan ikatan asetil. Pada vibrasi gugus ini terjadi perubahan dimana pada briket biomassa puncak spektra dari curam menjadi lebih landai pada pita gelombang briket arang. Perubahan tersebut terjadi karena adanya peristiwa pemutusan ikatan asetil yang mewakili ikatan hemiselulosa akibat pemanasan (Hidayat *et al.*, 2020). Gugus fungsi $\text{C} \equiv \text{H}$ (alkuna) dan $\text{C}=\text{C}$ (cincin aromatik) briket arang terlihat lebih curam dibandingkan briket biomassa. Kedua gugus fungsi tersebut menandakan semakin meningkatnya nilai karbon dan tingginya kemurnian karbon yang dihasilkan (Nasution dan Rambe, 2013). Perubahan gugus fungsi $\text{C}=\text{C}$ dikarenakan adanya perlakuan panas (pirolisis) yang membuat adanya peningkatan kadar asam lignin (*acid insoluble lignin like materials*), yaitu senyawa yang menyerupai komponen lignin (Hidayat *et al.*, 2020). Pita gelombang pada briket arang cenderung melandai seiring tingginya kadar perekat yang diberikan.

IV. KESIMPULAN

Pemberian kadar perekat yang berbeda dapat mempengaruhi karakteristik briket. Kadar perekat 5% dengan bahan berupa arang limbah kayu karet menghasilkan karakteristik briket yang lebih baik dibandingkan dengan kadar perekat 10 dan 15%. Briket arang dengan kadar perekat tersebut memiliki kandungan C tertinggi dan kandungan H terendah. Rendahnya kadar perekat menghasilkan kandungan N paling tinggi dan kerapatan yang rendah pula.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih ditunjukkan kepada Korean Institute of Energy Research (KIER) yang telah memberikan dana penelitian melalui kerja sama dengan No. KIER 2020-0003.

DAFTAR PUSTAKA

- Adekunle, J., Ibrahim, J., and Kucha, E. 2015. Proximate and Ultimate Analysis of Biocoal Briquette of Nigerian's Ogboyaga and Okaba Sub-bituminous Coal. *Brithis Journal of Applied Science and Technology*, 7(1): 114-123.
- Adrian, A., Sulaeman, R., dan Oktorini, Y. 2015. Karakteristik Wood Pellet dari Limbah

- Kayu Karet (*Hevea brasiliensi* Muell. Arg) Sebagai Alternatif Sumber Energi Terbarukan. *Jom Faperta*, 2(2): 1-6.
- Akowuah, J. O., Kemausor, F dan Mitchual, S. J. 2012. Physico-Chemical Characteristics and Market Potential of Sawdust Charcoal Briquette. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 3(1): 1-6.
- Almu, M. A., Syahrul, dan Padang, Y. A. 2014. Analisa Nilai Kalor dan Laju Pembakaran pada Briket Campuran Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) dan Abu Sekam Padi. *Dinamika Teknik Mesin*, 4(2): 117-122.
- Anderson, J., Helwani, Z., dan Komalasari. 2017, Proses Densifikasi Pelepah Sawit Menggunakan Gliserol Sebagai Filler Menjadi Bahan Bakar Padat. *Jom FTEKNIK*, 4(1): 1-4.
- Anita, M. F. 2019. Pembuatan Briket Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis guenensis* Jacq) dengan Menggunakan Perekat Biji Durian Sebagai Energi Baru Terbarukan. [Skripsi]. 71 hlm.
- Basuki, H. W., Yuniarti., dan Fatriani. 2020. Analisa Fisik dan Kimia Briket Arang dari Campuran Tandan Kosong Aren (*Arenga pinnata* Merr) dan Cangkrang Kemiri (*Aleurites trisperma*). *Jurnal Sylva Scientiae*, 3(4): 626-636.
- BPS. 2020. Statistik Indonesia 2020. Badan Pusat Statistik: Jakarta, Indonesia.
- Briyartendra, E. I dan Widayat, W. 2019. Pengaruh Ukuran Partikel dan Tekanan Kompaksi Terhadap Karakteristik Briket Kayu Jati. *Jrnal Inovasi Mesin*. 1(2): 14-22.
- Chaney, J. O. 2010. Combustion Characteristics of Biomass Briquettes. [Thesis]. 224 hlm.
- Chew, J. J., dan Doshi, V. 2011. Recent Advances in Biomass Pretreatment - Torrefaction Fundamentals and Technology. *Renewable and Sustainable Energy Rev*, 15(8): 4212-4222.
- Direktur Jendral Bina Usaha Kehutanan. 2009. *Rendemen Kayu Olahan Industri Primer Hasil Hutan Kayu (HHK)*. Kementerian Kehutanan. Jakarta. 4 hlm
- Faizal, M., Andynapratiwi, I., dan Putri, P.D.A. 2014. Pengaruh Komposisi Arang dan Perekat Terhadap Kualitas Biobriket dari Kayu Karet. *Teknik Kimia*, 20(2): 36-44
- Gandhi B, A. 2010. Pengaruh Variasi Jumlah Campuran Perekat Terhadap Karakteristik Briket Arang Tongkol Jagung. *Profesional*, 8(1): 1-12.
- Gusti A, R. 2018. Pengaruh Variasi Sudut Tekuk dan Sistem Pengerolan Terhadap Kualitas Hasil Pengerolan Pipa Aluminium dengan Menggunakan Mesin Roll Pneumatic. [Skripsi]. 79 hlm
- Haryanto, A., Hidayat, W., Hasanudin, U., Iryani, D. A., Kim, S., Lee, S., dan Yoo, J. 2021. Valorization of Indonesian Wood Wastes through Pyrolysis: A Review. *Energies*, 14(5): 1407.
- Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J. H., Febrianto, F., Lee, S. H., Chae, H. M., Kondo, T., and Kim, N. H. 2017. Carbonization Characteristics of Juvenile Woods from Some Tropical Trees Planted In Indonesia. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 62(1): 145-152.
- Hidayat, W., Rani, I. T., Febryano, I. G., Iryani, D. A., Hasanudin, U., Lee, S., Kim, S., Yoo, J., dan Haryanto, A. 2020. Peningkatan Kualitas Pelet Tandan Kosong Kelapa Sawit Melalui Torefaksi Menggunakan Reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB). *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(2):169-181.
- Hidayat, W., Riniarti, M., Prasetya, H., Niswati, N., Hasanudin, U., Banuwa, I. S., Yoo, J., Kim, S., Lee, S. 2021. Characteristics of Biochar Produced from the Harvesting Wastes of Meranti (*Shorea* sp.) and Oil Palm (*Elaeis*

- guineensis*) Empty Fruit Bunches. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 749: 012040
- Iryani, D. A., Haryanto, A., Hidayat, W., Amrul, Telaumbanua, M., Hasanudin, U., Lee, S. H. 2019. Torrefaction Upgrading of Palm Oil Empty Fruit Bunches Biomass Pellets for Gasification Feedstock by Using COMB (Counter Flow Multi-Baffle) Reactor. *7th TAE (Trend in Agricultural Engineering)*. 212-2017.
- Isa, I., Lukum, H., dan Arif, I. H. 2012. Briket Arang dan Arang Aktif dari Limbah Tongkol Jagung. *Laporan Penelitian*. 50 hlm.
- Kahariyadi, A., Setyawati, D., Nurhaida., Diba, F., dan Roslinda, E. 2015. Kualitas Arang Briket Berdasarkan Persentase Arang Batang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dan Arang Kayu Laban (*Vitex pubescens* Vahl). *Jurnal Hutan Lestari*, 3:561-568.
- Kimutai, S. K dan Kimutai, I. K. 2019. Investigation of Physical and Combustion Properties of Briquette from Cashew Nut Shell and Cassava Binder. *International Journal of Education and Research*, 7(11): 15-26.
- Kwon, G. J., Kim, A. R., Lee, H. S., Lee, S. H., Hidayat, W., Febrianto, F., dan Kim, N. H. 2018. Characteristics of White Charcoal Produced from the Charcoal Kiln for Thermoherapy. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 46(5): 527-540.
- Lukmuang, R., Dasaard, C., Chantawong, P., dan Ngamrunroj, D. Material Ratio Analysis of Charcoal Briquettes from Dendrocalamus Asper Backer Bamboo. *The International Conference on Materials Research and Innovation*. 1-4.
- Maryono, S dan Rahmawati. 2013. Preparation and Quality Analysis of Coconut Shell Charcoal Briquette Observed by Starch Concentration. *Journal Chemical*, 14(1):74-83.
- Matangaran, J. R., dan Anggoro, R. 2012. Limbah Pemanenan Jati di Banyuwangi Jawa Timur. *Jurnal Perennial*, 8(2): 88-92.
- Mawardi, I., Nurdin., Ariefin., Usman, R, dan Abdel 2019. Peningkatan Karakteristik Biopellet Kayu Kelapa Sawit Sebagai Energi Alternatif. *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*. Aceh Utara, 3 Oktober 2019. 3(1): A230-A234
- Moeksin, R., Pratama, A. A., dan Tyani, D. R. 2017. Pembuatan Briket Bioarang dari Campuran Limbah Tempurung Kelapa Sawit dan Cangkang Biji Karet. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(3): 146-156.
- Nasrul, Z. A., Maulinda, L., Darma, F., dan Meriatna. 2020. Pengaruh Komposisi Briket Biomassa Kulit Jagung terhadap Karakteristik Briket. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2): 35-42.
- Nasution, Z. A dan Rambe, S. M. 2013. Karakteristik dan Identifikasi Gugus Fungsi dari Karbon Cangkang Kelapa Sawit dengan Metode *Methano-Pyrolisis*. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 24(2):108-113.
- Nhuchhen, D. R., Afzal, M. T. 2017. HHV Predicting Correlations for Torrefied Biomass Using Proximate And Ultimate Analyses. *Bioengineering*, 4(7): 1- 15.
- Ningsih, E., Mirzayanti, Y. W., Himawan, H. S., dan Indriani, M. 2016. Pengaruh Jenis Perekat pada Briket dari Kulit Nuah Bintaro Terhadap Waktu Bakar. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia Yogyakarta*. Program Studi Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta. 1-8.
- Pane, J. P., Junary, E., dan Herlina, N. 2015. Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur Pembuatan Briket Arang Berbahan Baku Pelepah Aren (*Arenga pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 492: 32-38.

- Park, S. H., Jang, J. H., Qi, Y., Hidayat, W., Hwang, W., Febrianto, F., and Kim, N. H. 2018. *Anatomical and Physical Properties of Indonesian Bamboos Carbonized at Different Temperatures. Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 46(6): 9-18.
- Qi, Y., Jang, J. H., Hidayat, W., Lee, A. H., Lee, S. H., Chae, H. M., and Kim, N. H. 2016. Carbonization of Reaction Wood from *paulownia tomentosa* and *pinus densiflora* Branch Woods. *Wood Science and Technology*, 50(5): 973-987.
- Rahmadani, Hamzah, F., dan Hamzah, F.H. 2017. Manufacture Oil Palm's Leaves (*Elaeis guineensis* Jacq.) Charcoal Briquet With Sago Starch Adhesive (*Metroxylon sago* Rott.). *JOM Faperta UR*, 4(1): 1-11.
- Raju, M. 2016. Karakterisasi Arang dan Gas-gas Hasil Pirolisis Limbah Kelapa Sawit. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 4(2): 153-160.
- Rani, I.T., Hidayat, W., Febryano, I.G., Iryani, D.A., dan Haryanto, A., dan Hasanudin, U. 2020. Pengaruh Torefaksi Terhadap Sifat Kimia Pelet Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 9(1): 63-70.
- Ridjayanti, S.M., Bazanet, R.A., Hidayat, W., Banuwa, I.S., dan Riniarti, M. 2021. Pengaruh Variasi Perekat Tapioka terhadap Karakteristik Briket Arang Limbah Kayu Sengon (*Falcataria moluccana*). *Jurnal Perennial*, 17(1): 5-10.
- Riniarti, M., Hidayat, W., Prasetya, H., Niswati, N., Hasanudin, U., Banuwa, I. S., Yoo, J., Kim, S., Lee, S. 2021. Using Two Dosages of Biochar from *Shorea* to Improve the Growth of *Paraserianthes falcataria* Seedlings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 749: 012049.
- Rubiyanti, T., Hidayat, W., Febryano, I. G., dan Bakri, S. 2019. Karakteristik Pelet Kayu Karet (*Hevea brasiliensis*) Hasil Torefaksi dengan Menggunakan Reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB). *Jurnal Sylva Lestari*, 7(3): 321-331.
- Shobar, S., Sribudiani, E., dan Somadona, S. 2020. Karakteristik Briket Arang dari Limbah Kulit Buah Pinang dengan Berbagai Komposisi Jenis Perekat. *Jurnal Sylva Lestari*, 8(2): 189-196.
- Smith, H., dan Idrus, S. 2017. Pengaruh Penggunaan Perekat Sagu dan Tapioka terhadap Karakteristik Briket dari Biomassa Limbah Penyulingan Minyak Kayu Putih di Maluku. *Majalah Biam*, 13(2): 21-32.
- Standar Nasional Indonesia. 2000. SNI Briket Arang Kayu SNI 01-6235- 2000. Badan Standarisasi Nasional – BSN.
- Sukarman, Anwar, C., Rahdiana, N., Khoirudin, dan Ramadhan, A. I. 2020. Analisis Pengaruh *Radius Dies* Terhadap *Springback* Logam Lembaran *Stainless-Steel* pada Proses Bending Hidrolik *V-DIE*. *Jurnal Teknologi*, 12(2): 123-132.
- Sulistio, Y., Febryano, I.G., Hasanudin, U., Yoo, J., Kim, S., Lee, S., dan Hidayat, W. 2020. Pengaruh Torefaksi dengan Reaktor *Counter-Flow Multi Baffle* (COMB) dan *Electric Furnace* terhadap Pelet Kayu Jabon (*Anthocephalus cadamba*). *Jurnal Sylva Lestari*, 8(1): 65-76.
- Suryani, E., Farid, M., dan Mayub, A. 2019. Implementasi Karakteristik Nilai Kalor Briket Campuran Limbah Kulit Durian dan Tempurung Kelapa pada Pembelajaran Kulit Durian dan Tempurung Kelapa pada Pembelajaran Suhu dan Kalor di SMP N 15 Kota Bengkulu. *Journal of Science Education*, 3(3):146-153.
- Susanto, A dan Yanto, T. 2013. Pembuatan Briket Bioarang dari Cangkang dan Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 6(2): 68-81.
- Tarigan, A.A.L.B., Riniarti, M., Prasetya, H., Hidayat, W., Niswati, N., Banuwa, I.S., dan Hasanudin, U. 2021. Pengaruh Biochar pada Simbiosis *Rhizobium* dan Akar Sengon Laut (*Paraserianthes falcataria*)

- dalam Media Tanam. *Journal of People, Forest and Environment*, 1(1): 11-20.
- Tippayawong, K.Y., Santiteerakul, S., Ramingwong, S., dan Tippayawong. 2019. Cost Analysis of Community Scale Smokeless Charcoal Briquette Production from Agricultural and Forest Residues. *Energy Procedia*: 310-316.
- Woelan, S., Siagian, N., Sayurandi., dan Pasaribu, S.A. 2012. Potensi Kayu Karet Hasil Peremajaan di Tingkat Perusahaan Perkebunan. *Warta Perkebunan*, 31(2): 75-84.
- Yulianto, T., Febryano, I. G., Iryani, D.A., Haryanto, A., Hasanudin, U., dan Hidayat, W. 2020. Perubahan Sifat Fisis Pelet Tandan Kosong Kelapa Sawit Hasil Torefaksi. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 9(2): 104-111.