



PEMANFAATAN *BIOCHAR* LIMBAH KAYU KARET DAN *BROWN COAL* SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

UTILIZATION OF RUBBER WOOD WASTE BIOCHAR AND BROWN COAL AS ALTERNATIVE FUEL

B. D. Afrah^{*1}, E. Oktarinasari², R. W. Putri³, M. I. Riady⁴, J. F. D. Saputri⁵, T. M. R. Putri⁶

^{1,3,5,6}Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

²Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

⁴Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

¹⁻⁶Jalan Raya Palembang-Indralaya KM 32, Indralaya, Kabupaten Ogan Ilir, Telp (0711) 580739

e-mail: ¹[*bazlina.afrah@ft.unsri.ac.id](mailto:bazlina.afrah@ft.unsri.ac.id), ²evaminer15@yahoo.com, ³rizka.wulandari07024@gmail.com,

⁴mihsanriady@ft.unsri.ac.id ⁵jasminefds02@gmail.com, ⁶tiaramonaaa25@gmail.com

ABSTRAK

Lebih dari 41% rumah tangga dan 2,8 miliar orang di seluruh dunia bergantung pada bahan bakar padat termasuk batubara. Cadangan batubara yang tersedia di Indonesia sebesar 31,7 miliar ton dan hanya cukup untuk 65 tahun ke depan. Hal ini membuat pemerintah mendorong pengembangan penelitian pemanfaatan limbah biomassa sebagai energi alternatif. Upaya yang dilakukan ialah mengkonversi limbah biomassa berupa kayu karet menjadi bahan bakar padat alternatif melalui proses pirolisis. *Biochar* dihasilkan dari biomassa melalui pirolisis sehingga menghasilkan kualitas pembakaran yang sangat baik. *Biochar* hasil pirolisis dikombinasikan dengan *brown coal* dan perekat molase untuk menciptakan biobriket batubara sebagai bahan bakar padat alternatif. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi komposisi *brown coal* dan *biochar* yang optimal dalam menghasilkan biobriket batubara dengan kualitas terbaik. Proses pirolisis limbah kayu karet dilakukan pada temperatur 350-400°C selama 2 jam. Penelitian ini menggunakan variasi komposisi *biochar* (75%, 80%, 85%, 90%, dan 95%) dan *brown coal* (5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%) serta perekat molase 15 mL. Pengujian kualitas pembakaran biobriket batubara melalui analisis proksimat dan nilai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk biobriket batubara yang paling optimal adalah sampel dengan komposisi 85% *biochar* dan 15% *brown coal*.

Kata kunci: limbah kayu karet, pirolisis, *biochar*, biobriket batubara, bahan bakar alternatif

ABSTRACT

More than 41% of households and 2.8 billion people worldwide depend on solid fuels including coal. Indonesia's coal reserves are 31.7 billion tons and only enough for the next 65 years. This makes the government encourage the development of research on the utilization of biomass waste as alternative energy. Efforts are made to convert rubber wood waste into solid fuel through pyrolysis process. *Biochar* is produced from biomass through pyrolysis, resulting in excellent combustion quality. *Biochar* is combined with *brown coal* and molasses adhesive to create coal biobriquettes as an alternative solid fuel. The aim is to identify the optimal composition of *brown coal* and *biochar* in producing coal biobriquettes with the best quality. The pyrolysis process of rubber wood waste was carried out at a temperature of 350-400 ° C for 2 hours. This study used variations in the composition of *biochar* (75%, 80%, 85%, 90%, and 95%) and *brown coal* (5%, 10%, 15%, 20%, and 25%) and 15 mL molasses adhesive. Testing the combustion quality of coal biobriquettes through proximate analysis and value. The results showed that the most optimal coal biobriquette product was a sample with a composition of 85% *biochar* and 15% *brown coal*.

Keywords: rubber wood waste, pyrolysis, *biochar*, coal biobriquettes, alternative fuel

PENDAHULUAN

Dewasa ini, 41% rumah tangga dan lebih dari 2,8 miliar orang di seluruh dunia bergantung pada bahan bakar padat untuk memasak dan memanaskan makanan. Luasnya kebutuhan akan bahan bakar padat termasuk batubara, berdampak pada menipisnya ketersediaan jenis bahan bakar ini. Berdasarkan data yang tercatat oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) pada Januari 2022, cadangan batubara yang tersedia di Indonesia sebesar 31,7 miliar ton dan 85% diantaranya merupakan batubara dengan kualitas yang rendah. Cadangan ini cukup untuk 65 tahun ke depan apabila diasumsikan tidak ada temuan cadangan baru.

Menurut Kementerian ESDM Tahun 2020, Indonesia tercatat memiliki potensi sumber daya Energi Baru dan Terbarukan (EBT) lebih dari 400 GW. Namun, dari jumlah tersebut yang baru dimanfaatkan sebesar 2,5%. Untuk itu, pemerintah mendorong upaya integrasi dalam pengembangan penelitian pemanfaatan limbah biomassa sebagai energi alternatif. Biomassa yang mengandung selulosa dalam jumlah besar berpotensi untuk dikonversikan menjadi energi alternatif dengan metode pirolisis, contohnya kayu karet. Tahun 2021, Sumatera Selatan ialah provinsi dengan lahan perkebunan karet terbesar berdasarkan data Kementerian Pertanian dengan luas lahan mencapai 872.500 ha [1]. Limbah perkebunan karet berupa kayu karet bekas sadapan yang sudah tua, lapuk atau tidak produktif berpotensi dimanfaatkan menjadi bahan bakar padat alternatif terbarukan.

Salah satu bentuk energi alternatif yang dapat dikonversi dari limbah kayu karet adalah *biochar* atau bio-arang. *Biochar* merupakan produk padat yang diperoleh dari pirolisis limbah biomassa. Pirolisis biomassa merupakan metode yang efisien dan ekonomis bila ditinjau dari penggunaan energi dan intensitas produk yang dihasilkan. Produk utamanya yaitu *biochar*, *bio-oil*, dan biogas di mana ketiganya dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif dan sebagai energi baru terbarukan. Jika ditinjau dari sifat fisik dan kimia, kayu karet bekas sadapan berpotensi dijadikan sebagai bahan baku pirolisis dalam pembuatan *biochar*. *Biochar* hasil pirolisis kayu karet dapat menghasilkan biobriket dengan nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu sekitar 6.527 cal/g [2].

Bahan bakar padat alternatif yang banyak digunakan adalah briket. Briket merupakan bahan bakar padat yang menyerupai arang dan memiliki kerapatan serta nilai kalor yang lebih tinggi. Briket termasuk bentuk bahan bakar yang sederhana baik dari segi bahan baku dan proses pembuatannya sehingga sangat potensial untuk dikembangkan. Untuk mengetahui kualitas dari briket standar yang digunakan yaitu SNI 01-6235-2000 tentang briket arang kayu dan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 047 Tahun 2006 Tentang

Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara (briket bio-batubara). Berikut pada Tabel 1 dicantumkan standar kualitas produk biobriket.

Tabel 1. Standar Kualitas Biobriket [3]

Parameter	Baku Mutu	
	SNI 01-6235-2000 tentang briket arang kayu	Permen ESDM No 047 tahun 2006 (briket biobatubara)
Moisture (%)	≤ 8	≤ 15
Kadar Abu (Ash) (%)	≤ 8	≤ 10
Volatile matter (%)	≤ 15	Sesuai Bahan Baku
Fixed carbon (%)	≥ 77	Sesuai Bahan baku
Nilai kalor (kcal/kg)	≥ 5000	≥ 4.400

Berdasarkan Permen No. 47 Tahun 2006, briket bio-batubara adalah campuran antara batubara dan biomassa. Produksi briket membutuhkan perekat yang berfungsi untuk menarik kandungan air dan membentuk formasi bahan menjadi lebih padat. Penelitian ini menggunakan perekat organik berupa molase yang merupakan residu dari proses ekstraksi gula. Menurut penelitian terdahulu, briket yang menggunakan perekat molase akan menghasilkan nilai kalor yang cukup tinggi [4]. Maka dari itu, solusi yang disajikan berupa pencampuran *biochar* dengan *brown coal* menggunakan perekat molase untuk meningkatkan nilai kalor dalam biobriket batubara.

Nilai kalor yang terkandung dalam *biochar* dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar padat alternatif atau biobriket dengan penambahan *brown coal* dalam pencampuran bahan bakunya. Batubara yang digunakan ialah batubara *low rank* dikenal juga sebagai *brown coal*. *Brown coal* merupakan jenis batubara berkualitas rendah dengan kandungan *moisture* yang tinggi, yaitu >40 % sehingga jarang dimanfaatkan begitu saja.

Penelitian mengenai pemanfaatan *biochar* untuk menjadi bahan baku campuran briket telah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Misalnya, studi oleh Estiaty dkk (2018) mengenai pembuatan biobriket batubara dengan memanfaatkan batubara berkualitas rendah menunjukkan bahwa komposisi briket memiliki nilai kalor yang cukup baik, terkhusus untuk briket 60% batubara : 40% tongkol jagung [5]. Sementara itu, penelitian oleh Vegatama (2022) yang mengkaji pengaruh jenis limbah biomassa terhadap nilai kalor biobriket menunjukkan bahwa limbah biomassa jenis serabut dan sekam padi memberikan

peningkatan nilai kalor yang tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan yang memberikan pengaruh nilai kalor tinggi adalah biomassa dengan karakteristik kayu keras [6]. Terdapat juga penelitian oleh Ridhuan dan Suranto (2016) mengkaji pengaruh metode pengarang biomassa kulit durian terhadap nilai kalorinya di mana metode yang digunakan adalah pirolisis dan karbonisasi. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa bioarang yang dihasilkan dari proses pirolisis menghasilkan nilai kalor yang lebih besar dibandingkan karbonisasi [7]. Meskipun demikian, penelitian khusus tentang *biochar* hasil pirolisis kayu karet dan penggunaannya dalam pembuatan biobriket batubara bersama dengan *brown coal* dan perekat molase masih terbatas, terutama terkait dengan variasi komposisi bahan baku untuk mencapai kualitas produk terbaik.

Penelitian ini memberikan solusi berupa pemanfaatan potensi *biochar* hasil pirolisis kayu karet yang terbatas lalu ditingkatkan menjadi biobriket batubara sebagai bahan bakar padat alternatif melalui variasi komposisi bahan baku, yaitu *biochar* dan *brown coal*. Biobriket batubara yang dihasilkan dari penelitian ini berasal dari variasi komposisi yang berbeda-beda sehingga dapat menghasilkan karakteristik produk yang berbeda-beda sehingga dapat diperoleh komposisi yang optimal untuk mendapatkan kualitas produk terbaik. Maka pengaruh komposisi bahan baku terhadap kualitas biobriket batubara yang dihasilkan perlu diteliti lebih lanjut.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai dari Bulan Desember 2023-November 2024 di Laboratorium Rekayasa Proses dan Pengembangan Produk Industri Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya sedangkan untuk analisa sampel dilakukan di Laboratorium Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM).

Alat dan Bahan

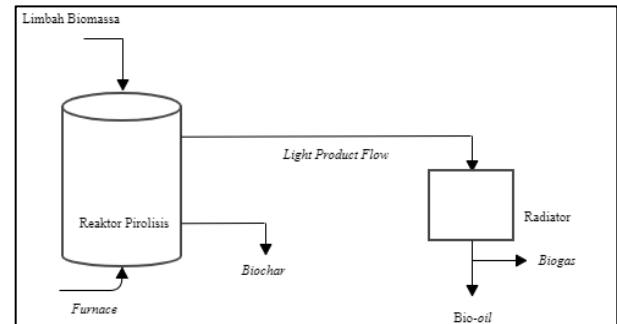
Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kayu karet, *brown coal*, dan molase. Bahan kimia yang digunakan adalah larutan NaOH 1 M. Adapun peralatan yang digunakan seperti reaktor pirolisis, neraca, oven, *furnace*, ayakan 50 *mesh*, mortar dan alu, gelas ukur, gelas kimia, alat pencetak briket, desikator, dan *calorimeter bomb*.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdiri atas :

1. Perancangan Alat

Rangkaian alat pirolisis dalam produksi *biochar* dari biomassa terdiri dari tiga alat utama yaitu *furnace*, reaktor, dan radiator seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Rangkaian Alat Pirolisis 2 Dimensi

2. Proses Preparasi Bahan Baku

Bahan baku limbah kayu karet, *brown coal* dan perekat molase dipersiapkan terlebih dahulu. Lima (5) kg limbah kayu karet dibersihkan dari kotoran besar secara kasat mata. Lalu, limbah biomassa yang masih berbentuk kayu gelondongan di-*size reduction* hingga berukuran 4-6 cm. Limbah kayu karet dikeringkan menggunakan oven selama 3 jam dengan suhu 105°C hingga beratnya konstan. Selanjutnya, *brown coal* dibersihkan dari kotoran kemudian dihaluskan dengan mortar dan diayak menggunakan ayakan 50 *mesh*. Sementara, perekat molase dilarutkan menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 1 M. Adapun larutan perekat molase memiliki konsentrasi sebesar 30% dimana dalam 100 mL larutan terdiri atas 30 mL molase dan 70 mL larutan NaOH 1 M.

3. Proses Pirolisis Limbah Kayu Karet

Bahan baku limbah kayu karet ditimbang sebanyak 5 kg dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis dan ditutup rapat. Reaktor pirolisis dinyalakan dan pembakaran dilakukan pada rentang temperatur 350-400°C selama 2 jam. Setelah 2 jam pembakaran dan tidak ada lagi asap yang keluar melalui pipa, proses pirolisis dihentikan. Kayu karet yang telah menjadi arang atau *char* di dalam reaktor sebagai produk dari proses pirolisis diambil untuk kemudian diolah menjadi biobriket batubara.

4. Proses Pembriketan Biobriket Batubara

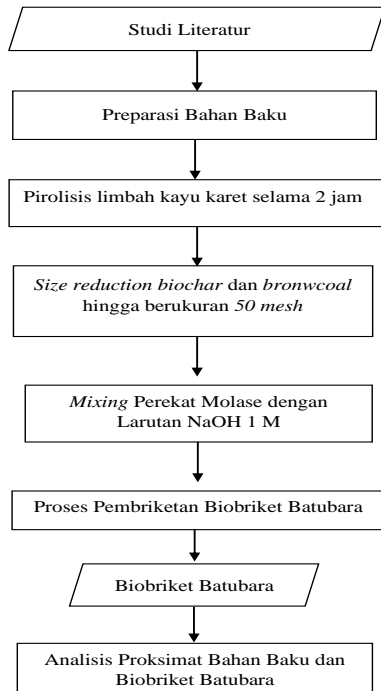
Biochar kayu karet, *brown coal powder*, dan larutan perekat molase dicampur hingga persebarannya merata. Larutan perekat digunakan sebanyak 15 mL dalam total massa satu sampel biobriket sebanyak 10 gram. Masing-masing variasi komposisi bahan baku dengan larutan perekat dicampurkan hingga membentuk adonan. Adonan dicetak menggunakan alat pencetak briket hingga berbentuk padat. Biobriket batubara yang telah dicetak kemudian dikeringkan dengan suhu 105-110°C selama 1 jam dan disimpan dalam keadaan kedap udara.

5. Analisis Proksimat dan Nilai Kalor Biobriket Batubara

Sampel *biochar* kayu karet, *brown coal*, dan produk biobriket batubara dianalisa proksimat dan nilai kalor,

di mana analisa proksimat terdiri atas *inherent moisture*, *ash content*, *volatile matter*, dan *fixed carbon*.

Tahapan penelitian lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini (Gambar 2).



Gambar 2. Bagan Alir Tahapan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Bahan Baku

Bahan baku utama yang menjadi campuran dalam memproduksi biobriket batubara adalah *biochar* kayu karet dan *brown coal*. Setiap bahan baku yang digunakan perlu dilakukan analisis proksimat untuk mengetahui karakteristik awalnya sebelum dijadikan biobriket batubara agar dapat ditinjau bahan baku mana yang paling mempengaruhi nilainya. Hasil analisis proksimat dari setiap bahan baku disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Bahan Baku Biobriket Batubara

Bahan Baku	Analisis Proksimat (% adb)				CV (cal/g)
	IM	AC	VM	FC	
Biochar Kayu Karet	4,35	2,63	15,25	77,77	7159
Brown coal	24,34	2,45	41,38	31,83	5604

Berdasarkan Tabel 1, rentang perbedaan *inherent moisture* kedua bahan baku cukup jauh. *Inherent moisture biochar* hanya sebesar 4,35%, sementara untuk *brown coal* 24,34%. Berbeda dengan *brown coal*, kayu karet dikonversikan menjadi *biochar* melalui proses pirolisis. Sebelum dipirolisis kayu karet juga melalui tahap pengeringan terlebih dahulu. Kadar air *brown coal* tentunya lebih tinggi karena tidak melalui *pre-treatment* berupa pengeringan setelah diambil dari tempat terbuka sehingga potensi penyerapan uap air ke pori *brown coal* jauh lebih besar. Proses pengeringan berpengaruh pada kadar air bahan baku. Bahan dengan kadar air yang lebih rendah umumnya menghasilkan kualitas pembakaran tinggi. Temperatur pirolisis bahan baku limbah biomassa yaitu 350-400°C selama 2 jam. Saat temperatur pirolisis meningkat, air yang menguap dan terkondensasi menjadi asap cair akan semakin tinggi sehingga kandungan air dalam produk *biochar* akan semakin kecil [8].

Nilai *ash content* antara kedua bahan baku tidak jauh berbeda yaitu *biochar* 2,63% dan *brown coal* 2,45%. Kadar abu dalam suatu material menunjukkan adanya komponen yang tidak mudah menguap dan tidak mudah terbakar. Terkhusus untuk bahan baku biomassa mengandung lignin, hemiselulosa, dan selulosa yang akan terdekomposisi pada temperatur pirolisis yang berbeda-beda.

Pada proses pirolisis saat suhu semakin tinggi, komponen hemiselulosa cenderung lebih mudah untuk berkurang intensitasnya dibanding lignin dan selulosa. Kandungan selulosa dan lignin pada kayu karet cukup tinggi, yaitu secara berturut-turut 19,13 dan 57,83% [9]. Berdasarkan hal tersebut, *ash content* pada *biochar* kayu karet bisa sedikit lebih tinggi dibandingkan *brown coal* karena adanya komponen anorganik dan mineral yang terkandung di dalamnya yang terikat pada lignin dan selulosa. Semakin kecil nilai *ash content* yang dimiliki suatu bahan baku, maka menyumbang nilai *fixed carbon* dan nilai kalor bahan bakar padat yang semakin besar.

Selanjutnya parameter berupa *volatile matter* atau kadar zat terbang bahan baku. Zat terbang merupakan gas yang mudah terbakar seperti karbon monoksida, hydrogen, dan gas metana [10]. Kadar zat terbang *biochar* kayu karet sebesar 15,25% dan *brown coal* 41,38%. Tingginya kadar zat terbang *brown coal* berhubungan dengan kadar air yang dikandungnya. Kadar air yang tinggi dapat meningkatkan kadar zat terbang karena sebagian besar air akan menguap pada suhu rendah. Selain itu, hidrokarbon seperti metana, etana, dan propana yang terkandung di dalam *brown coal* cenderung berubah menjadi gas pada suhu rendah sehingga membuat kadar zat terbangnya tinggi.

Proses pembakaran yang belum sempurna selama pirolisis juga dapat menyebabkan kadar zat terbang

meningkat karena bahan baku tidak terbakar sempurna. Kadar zat terbang suatu bahan bakar akan berbanding terbalik dengan nilai kalor. Sehingga, saat kadar zat terbang tinggi nilai kalor akan rendah dan kualitas pembakaran dari arang akan rendah pula [11].

Nilai *fixed carbon* dari setiap bahan baku yang dimuat pada Tabel 2 adalah 77,77% untuk *biochar* dan 31,83% untuk *brown coal*. Nilai *fixed carbon* menyatakan jumlah karbon yang terkandung pada sisa material setelah zat terbang dihilangkan [12]. Bila ditinjau berdasarkan SNI arang kayu, *brown coal* memiliki nilai *fixed carbon* yang sangat rendah yaitu 31,83% dari nilai standar sebesar $\geq 77\%$. Hal ini menunjukkan bahwa zat pengotor pada *brown coal* masih sangat tinggi. Selain itu, pada penelitian ini *brown coal* tidak dilakukan *pre-treatment* seperti pirolisis maupun karbonisasi. Sementara, nilai *fixed carbon biochar* yang tinggi telah menunjukkan bahwa proses pirolisis yang dilakukan sudah optimal. Peningkatan suhu proses pirolisis memberikan tingkat polimerisasi yang lebih tinggi sehingga struktur karbon dapat terkondensasi ke dalam *biochar*. Semakin tinggi nilai *fixed carbon* akan merujuk pada besarnya nilai kalor dan minimnya pengotor pada bahan bakar.

Nilai yang menjadi penentuan akhir dari kualitas bahan bakar ialah nilai kalor yang dihasilkan pada saat proses pembakaran. Tabel 2 menunjukkan bahwa setiap bahan baku telah memenuhi kualifikasi standar yang ada. *Biochar* kayu karet dan *brown coal* memiliki nilai kalor berturut-turut sebesar 7159 cal/g dan 5604 cal/g. Saat proses pirolisis, penguapan zat terbang dan pengurangan kadar air serta pembentukan karbon dapat mempengaruhi peningkatan nilai kalor *biochar* secara keseluruhan [8].

Nilai *inherent moisture* dan *volatile matter* dari *brown coal* yang sangat tinggi menyebabkan nilai kalor *brown coal* lebih rendah daripada *biochar* kayu karet. Nilai kalor dari suatu bahan berbanding lurus dengan nilai *fixed carbon* yang dimilikinya. Sehingga, tingkatan nilai *fixed carbon* bahan baku terbesar akan merujuk pada peningkatan nilai kalor. Seiring dengan tingginya nilai kalor dari *biochar* kayu karet, diharapkan pada proses pembriketan terdapat peningkatan nilai dari masing-masing hasil analisis proksimat terhadap variasi komposisi biobriket batubara, serta memperoleh titik optimal dari variasi yang dilakukan.

Hasil Pengujian Produk Biobriket Batubara

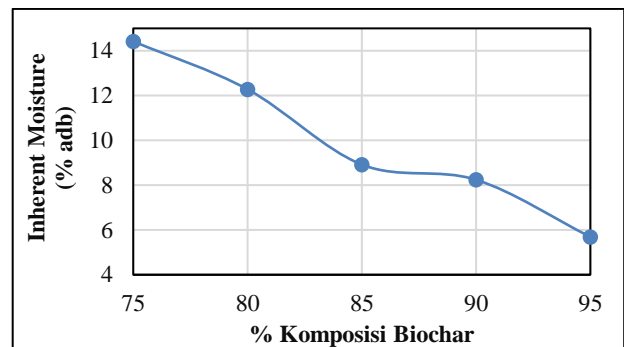
Pada penelitian ini, pencetakan produk biobriket batubara berbahan baku *biochar* dan *brown coal* dilakukan dengan variasi komposisi bahan baku. Perbandingan persentase komposisi *biochar* dan *brown coal* pada setiap sampel secara berturut-turut antara lain A₁ (75:25), A₂ (80:20), A₃ (85:15), A₄ (90:10), dan A₅ (95:5). Berikut pada Tabel 3 dicantumkan hasil pengujian dari setiap variasi sampel biobriket batubara.

Tabel 3. Karakteristik Produk Biobriket Batubara dengan Variasi Komposisi Bahan Baku

Sampel	Analisis Proksimat (% adb)				CV (cal/g)
	IM	AC	VM	FC	
A ₁	14,42	8,36	36,36	40,86	5516
A ₂	12,28	9,29	33,52	44,91	5223
A ₃	8,92	9,20	32,31	49,57	5854
A ₄	8,24	8,91	32,19	50,66	5782
A ₅	5,69	8,74	35,76	49,81	5610

Pengujian *Inherent Moisture* pada Biobriket Batubara

Kadar air pada biobriket batubara memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas biobriket batubara. Saat menggunakan briket sebagai bahan bakar, kadar air dalam biobriket dapat menjadi faktor penentu dalam efisiensi pembakaran. Tingginya kadar air membuat nilai kalor yang dihasilkan menurun [13]. Berikut pada Gambar 3 dicantumkan grafik pengaruh komposisi *biochar* terhadap *inherent moisture* biobriket batubara.



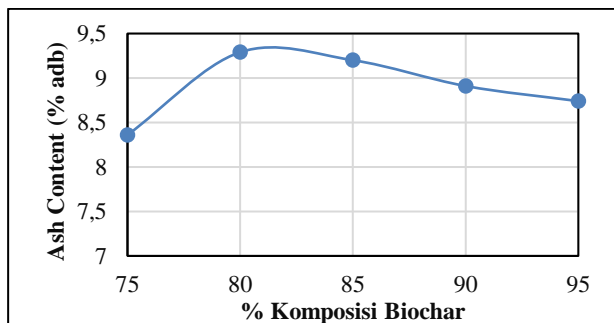
Gambar 3. Grafik *Inherent Moisture* Biobriket Batubara

Pada Gambar 3 dapat dilihat jika kadar air biobriket batubara sudah memenuhi standar yaitu $\leq 15\%$ menurut Permen ESDM No. 47 Tahun 2006. Berdasarkan grafik, seiring dengan meningkatnya komposisi *biochar* di dalam campuran biobriket batubara, kadar airnya akan semakin menurun. Sampel dengan komposisi *brown coal* yang besar menghasilkan kadar air yang besar karena tingginya kadar air *brown coal* sebagai bahan baku dibanding *biochar*. Sampel yang memiliki kadar air paling rendah terletak pada sampel A₅ dengan komposisi 95% *biochar* dan 5% *brown coal* sebesar 5,69%.

Pengujian *Ash content* pada Biobriket Batubara

Kadar abu atau *ash content* dalam bahan bakar padat dapat mengurangi efisiensi termal saat bahan bakar digunakan. Pembentukan abu menunjukkan sisa hasil pembakaran, artinya terdapat kandungan mineral. Berikut pada Gambar 4 dicantumkan grafik pengaruh persen

komposisi *biochar* kayu karet terhadap *ash content* yang terkandung dalam produk biobriket batubara.



Gambar 4. Grafik *Ash content* Biobriket Batubara

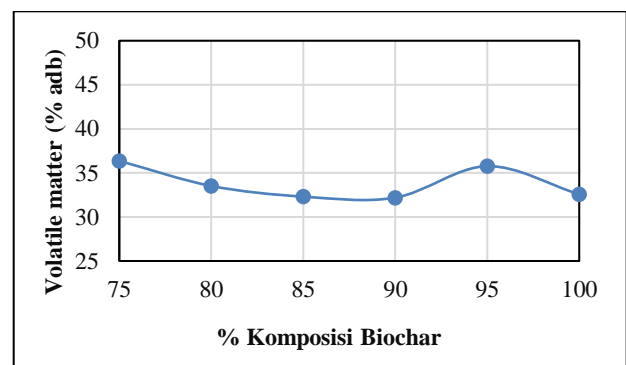
Standar *ash content* yang dimuat pada Permen ESDM No. 47 Tahun 2006 tentang briket biobatubara ialah sebesar ≤ 10%. Keseluruhan sampel telah memenuhi standar tersebut dengan rentang kadar *ash content* 8,36 – 9,29%. Proses pembriketan dapat menyumbang abu yang tinggi karena penambahan *brown coal* dan perekat molase. Molase merupakan limbah hasil pembuatan gula tebu, artinya ia memiliki kandungan mineral sekitar 10,50%. Selain itu, bila ditinjau dari variasi komposisi *brown coal* dan *biochar* berbanding terbalik dengan *ash content* masing-masing bahan baku. Sampel biobriket dengan nilai *ash content* terkecil dan memenuhi standar SNI briket arang kayu adalah sampel A₁ dengan nilai 8,36 %, lalu meningkat seiring berkurangnya *brown coal*. Kenaikan dan penurunan *ash content* yang fluktuatif namun dengan selisih yang relatif kecil dipengaruhi oleh *brown coal* yang tidak dilakukan *pre-treatment* berupa pemanasan. Sehingga terikat dan terserapnya molase menjadi tak menentu, disebabkan oleh permukaan *brown coal* memiliki kondisi pori yang berbeda-beda.

Pengujian *Volatile matter* pada Biobriket Batubara

Hasil dekomposisi senyawa-senyawa dari bahan baku biobriket batubara yang dapat menguap disebut dengan *volatile matter* atau kadar zat terbang. Kadar zat terbang dalam bahan bakar dapat mempengaruhi efisiensi pembakaran dan banyaknya asap yang ditimbulkan saat pembakaran. Tingginya kadar zat terbang pada biobriket batubara mengartikan bahwa kandungan karbon dalam bahan bakar ini kecil begitu pula dengan nilai kalornya [14]. Pada Gambar 5 dicantumkan grafik pengaruh persen komposisi *biochar* terhadap *volatile matter* produk biobriket batubara.

Standar kadar zat terbang biobriket batubara yang dimuat pada Permen ESDM No. 47 Tahun 2006 bergantung dengan bahan bakunya. Berdasarkan hasil pengujian *volatile matter* sampel biobriket batubara yang ditunjukkan pada Gambar 5, kadar zat terbang sampel

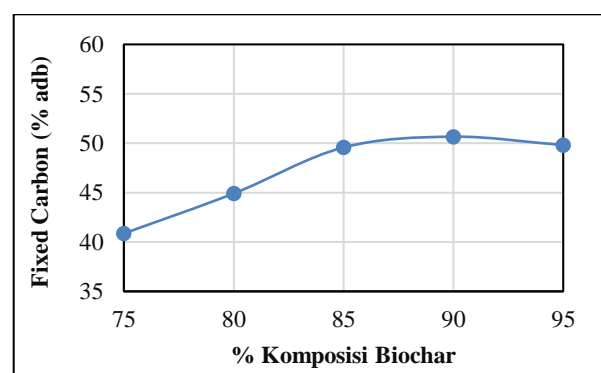
biobriket batubara yang diteliti berada di kisaran 32,19 – 36,36% yang mana tergolong cukup rendah. Kadar zat terbang biobriket batubara cenderung menurun seiring dengan penambahan komposisi *biochar* ke dalam sampel biobriket batubara. Kadar zat terbang tertinggi terdapat pada sampel A₁ dengan komposisi *biochar* 75% dan *brown coal* 25%. Sampel ini merupakan biobriket batubara dengan komposisi *brown coal* paling besar dibanding sampel lainnya. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa, briket dengan komposisi batubara lebih banyak cenderung memiliki kadar zat terbang yang tinggi dibanding briket lainnya dengan komposisi batubara yang sedikit [15].



Gambar 5. Grafik *Volatile matter* Biobriket Batubara

Pengujian *Fixed Carbon* Pada Biobriket Batubara

Nilai *fixed carbon* merupakan kandungan utama penyusun bahan bakar padat yang dihasilkan dan tersisa setelah proses pirolisis. Bahan penyusun *fixed carbon* pada briket didominasi oleh unsur karbon yang kemudian disusul dengan hidrogen, oksigen, sulfur, dan nitrogen [16]. Peningkatan nilai *fixed carbon* akan memberikan kualitas yang semakin baik pada bahan bakar padat serta berhubungan dengan semakin besarnya nilai kalor. Pengaruh *biochar* terhadap *fixed carbon* yang terkandung dalam biobriket batubara terdapat pada Gambar 6.

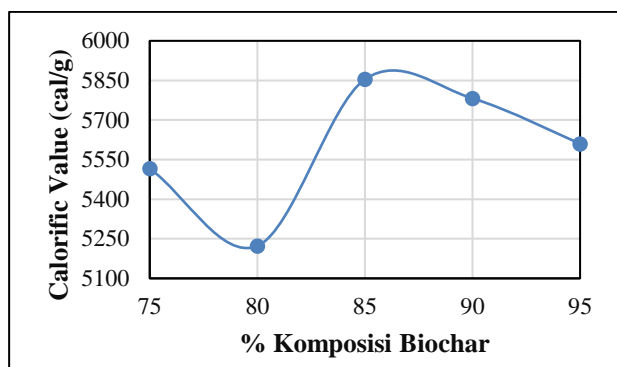


Gambar 6. Grafik *Fixed Carbon* Biobriket Batubara

Berdasarkan hasil analisis proksimat untuk nilai *fixed carbon* biobriket batubara yang dimuat pada Gambar 6 menyatakan adanya peningkatan seiring penambahan komposisi *biochar*. Nilai *fixed carbon* terkecil dimiliki oleh sampel A₁ dengan komposisi *brown coal* paling banyak yaitu sebesar 25% dari total massa biobriket. Hal ini disebabkan oleh rendahnya nilai *fixed carbon* yang dimiliki oleh *brown coal* yang masih memuat banyak zat pengotor. Belum ada sampel yang memenuhi *fixed carbon* minimum, yaitu $\geq 77\%$. *Fixed carbon* pada sampel biobriket batubara pada penelitian ini berada pada rentang 40,86 – 53,06%.

Pengujian *Calorific value* pada Biobriket Batubara

Nilai kalor atau *calorific value* merupakan indikator paling penting dalam penentuan kualitas bahan bakar padat atau biobriket pada penelitian ini. *Calorific value* menunjukkan jumlah panas yang dihasilkan pada saat proses pembakaran biobriket. Semakin tinggi nilai kalor dari biobriket maka semakin bagus kualitas pembakarannya [17]. Pengaruh persen komposisi *biochar* terhadap *calorific value* atau nilai kalor produk biobriket batubara dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Grafik *Calorific Value* Biobriket Batubara

Pembriketan dilakukan dengan variasi komposisi *biochar* yang meningkat seperti pada Gambar 7 ternyata dapat meningkatkan nilai kalor biobriket batubara. Berdasarkan variasi komposisi yang dilakukan, setiap sampel sudah memenuhi standar, yaitu lebih dari 4400 cal/g. Nilai kalor terendah dimiliki oleh sampel A₂ (80:20) sebesar 5223 cal/g. Hal ini disebabkan karena sampel memiliki kandungan *inherent moisture* dan *ash content* yang cukup tinggi dibandingkan sampel lainnya, sehingga mempengaruhi kapasitas panas biobriket batubara. Sampel dengan nilai kalor tertinggi ialah A₃ (85:15) sebesar 5854 cal/g. Rendahnya kadar air dan abu dapat meningkatkan nilai kalor dan kualitas biobriket batubara [18]. Maka dari itu, variasi komposisi dengan kualitas terbaik pada biobriket ialah sampel A₃.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang diperoleh dalam pembuatan biobriket batubara berbahan baku *biochar* kayu karet dan *brown coal* dengan perekat molase, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa komposisi biobriket batubara dengan campuran *biochar* dan *brown coal* menghasilkan karakteristik terbaik pada sampel A₃ yaitu dengan komposisi 85% *biochar* dan 15% *brown coal*. Sampel ini memiliki karakteristik berupa *inherent moisture* 8,92% adb, *ash content* 9,20% adb, *volatile matter* 32,31% adb, *fixed carbon* 49,57% adb, dan nilai kalor 5854 cal/g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami tujukan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian (LPPM) Universitas Sriwijaya sehingga kegiatan ini dapat terlaksana dengan baik. Penelitian/publikasi artikel ini dibiayai oleh Anggaran DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2024 Nomor SP DIPA-023.17.2.677515/2024, tanggal 24 November 2023. sesuai dengan SK Rektor 0013/UN9/LP2M.PT/2024 tanggal 20 Mei 2024. Selain itu, penelitian ini terintegrasi dengan kegiatan penelitian mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS (2022). (<https://sumsel.bps.go.id/indicator/54/414/1/luas-tanaman-perkebunan.html>) diakses Desember 2023.
- [2] Abdullah, N., Taib, R. M., Aziz, N. S. M., Omar, M. R., dan Disa, N. M., (2023). Banana pseudo-stem biochar derived from slow and fast pyrolysis process, *Heliyon*, 9(1), 1-15.
- [3] PERMEN ESDM, (2006). Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara Jakarta.
- [4] Masthura, M., Daulay, A. H., dan Desgira, H. W. (2022). Pengaruh Variasi Perekat Terhadap Nilai Kalor Briket dari Serbuk Daun Teh. *JISTech (Journal of Islamic Science and Technology)*, 7(1), 15-23.
- [5] Estiaty, L. M., & Fatimah, D. (2018). Bio-coal briquettes using low-grade coal. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 118(1), 012066.
- [6] Vegatama, M. R. (2022). Perbandingan Nilai Kalor Biobriket dengan Variasi Komposisi Bahan Baku Limbah Biomassa. *Journal of The Indonesian Society of Integrated Chemistry*, 14(2), 77-83.
- [7] Ridhuan, K., & Suranto, J. (2017). Perbandingan pembakaran pirolisis dan karbonisasi pada biomassa kulit durian terhadap nilai kalori. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik*



Mesin, 5(1).

- [8] Khasanah, U., Ladini, T., Rusnadi, I., dan Yunanto, I., (2023). Pirolisis Biji Karet Sebagai Energi Alternatif Berdasarkan Pengaruh Temperatur dan Jumlah Katalis Zeolit, *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 21852–21860.
- [9] Sinaga, M. M., Marseno, D. W., dan Manikharda, M., (2023). Application of Liquid Smoke from Rubber Wood Clone PB-340 as Latex Coagulant and Preservation of Natural Rubber Coagulum, *agriTECH*, 43(1), 85-93.
- [10] Midiawati dan Saptadi, S., (2018). Analisis Perbandingan Kualitas Batubara Te 67 Hs di Stockpile dan di Gerbong Kereta Api dengan Menggunakan Tools Statistika, *Ind. Eng. Online Journal*, 6(4), 1-9.
- [11] Kurniawan, I., Aryansyah, A., dan Huda A., (2020). Analisis Kualitas Batubara sebagai Penentu Faktor Swabakar. In *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ Tahun 2020*, Jakarta : UMJ.
- [12] Ruchjana, B. N., Falah, A. N., Endang, R., dan Hamid, N., (2019). Prediksi Nilai Fixed Carbon Sebagai Variabel dalam Kualitas Batubara dengan Metoda Ordinary Point Kriging Menggunakan Aplikasi R, *Buletin Sumber Daya Geologi*, 14(2), 127-141.
- [13] Rianto, D. J., Rezki, Oktovia, M., (2022). Analisis Pengaruh Kadar Air (Total Moisture) Batubara Terhadap Nilai Kalori Batubara di Front Penambangan, *Formosa J. Multidiscip. Res.*, 1(2), 257-268.
- [14] Windiarti, R. Y. P., Erlinawati, E., & Zikri, A. (2022). Pengaruh Variabel Proses dan Penambahan Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Karakteristik Biopellet Serbuk Gergaji. *Jurnal Distilasi*, 7(1), 41-51.
- [15] Partiwati, W., dan Prabowo, H., (2021). Analisis Proksimat Briket Biobatubara Campuran Batubara Seam 1 CV. Bara Mitra Kencana dengan Arang Tempurung Kelapa, *Bina Tambang*, 6(5), 267-273.
- [16] Iskandar, T., dan Rofiatin, U., (2017). Biochar characteristics based on biomass types and pyrolysis process parameters, *Jurnal Teknik Kimia*, 12(1), 28-34.
- [17] Wibowo, J. S., (2021). Pemanfaatan Buah Pinus Dengan Serbuk Gergaji Kayu Jati Menjadi Briket Sebagai Energi Alternatif, *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 7(2), 97-103.
- [18] Ardiansyah, I., Putra, A. Y., dan Sari, Y., (2022). Analisis Nilai Kalor Berbagai Jenis Briket Biomassa Secara Kalorimeter, *Journal of Research and Education Chemistry*, 4(2), 120-133.