Pengaruh variasi ukuran serbuk dan persentase perekat terigu terhadap sifat fisik pellet kayu gelam

Andy Nugraha[1], Herry Irawansyah[2], Moh Noer Afifudin[3], Muhammad[4], Rizqi Nor Al'Arisko[5]

[1,2,3,4,5]Universitas Lambung Mangkurat
Jln. Akhmad Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia
*Corresponding author: andy.nugraha@ulm.ac.id

Abstract

South Kalimantan is one of the natural habitats of gelam wood. In South Kalimantan, gelam wood can grow well and fertile. This makes the availability of gelam wood abundant and can be used for various purposes, one of which can be used as raw material for wood pellets (biomass energy). Wood pellets made from gelam wood have not been widely studied, so it is necessary to know the effect of the size of gelam wood powder and the addition of the percentage of adhesive on the physical properties of gelam wood pellets. Wood pellets made from gelam were made using various sizes of powder (mesh) 40, 50, and 60 as well as using flour adhesive (percentage of adhesive 5%, 10%, and 15%). Gelam wood pellets were then tested for physical properties in order to determine their performance. From the research that has been carried out, it is found that the volatile matter content, ash content, and water content tend to increase with the smaller size of the gelam sawdust. Meanwhile, the calorific value and fixed carbon content have a tendency to decrease with the smaller size of the gelam sawdust. volatile matter content, ash content, and water content tend to increase as the percentage of adhesive is increased. Meanwhile, the calorific value and fixed carbon content tend to decrease with the increase in the percentage of the amount of adhesive.
Keywords: *Gelam wood, wheat, wood pellet, physical properties.*

Abstrak

Kalimantan Selatan merupakan salah satu habitat alami dari kayu gelam. Di Kalimantan Selatan kayu gelam dapat tumbuh dengan subur dan baik. Hal ini membuat ketersedian kayu gelam menjadi melimpah dan dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan, salah satu dapat digunakan menjadi bahan baku pellet kayu (energi biomassa). Pellet kayu berbahan baku kayu gelam belum banyak diteliti sehingga perlu diketahui pengaruh ukuran serbuk kayu gelam dan penambahan persentase perekat terhadap sifat fisik pellet kayu gelam. Pellet kayu berbahan baku gelam dibuat dengan menggunakan variasi ukuran serbuk (mesh) 40, 50, dan 60 serta menggunakan perekat terigu (persentase perekat 5%, 10%, dan 15%). Pellet kayu gelam kemudian diuji sifat fisik yang bertujuan untuk mengetahui performanya. Dari penelitian yang telah dilaksanakan didapat bahwa kadar zat-zat terbang (*volatile matter*), kadar abu, dan kadar air cenderung meningkat dengan semakin kecilnya ukuran serbuk kayu gelam. Sedangkan nilai kalor dan kadar karbon terikat (*fixed carbon)* memiliki kecenderungan menurun dengan semakin kecilnya ukuran serbuk kayu gelam. kadar zat-zat terbang (*volatile matter*), kadar abu, dan kadar air cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya persentase jumlah perekat. Sedangkan nilai kalor dan kadar karbon terikat (*fixed carbon)* cenderung menurun dengan bertambahnya persentase jumlah perekat.
Katakunci: Kayu gelam, terigu, pellet kayu, sifat fisik.

Pendahuluan

Biomassa berasal dari konversi bahan biologis seperti tanaman, baik berupa batang, daun, dan ranting. Tanaman yang banyak terdapat di Kalimantan Selatan dan berpotensi menjadi biomassa, yaitu kayu gelam yang pada tahun 2006 memiliki potensi sebesar 55.745,78 m^3. Kayu gelam atau Melaleuca cajuputi merupakan salah satu spesies yang tumbuh alami di hutan-hutan rawa dan ditemukan tumbuh subur di daerah hutan rawa gambut Kalimantan Selatan. Kayu gelam memiliki berat jenis yang tinggi dan ini merupakan potensi untuk dijadikan sebagai raw material dari arang dan pelet kayu. Pellet kayu ialah salah satu produk yang dikembangkan sebagai sumber alternatif energi baru yang digunakan sebagai bahan bakar. Selain digunakan untuk keperluaan rumah tangga, pellet kayu juga bisa digunakan untuk keperluan pabrik, pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), dan lainnya yang menggunakan proses pembakaran sebagai sumber tenaga. Pellet kayu dapat menjadi pembangkit tenaga karena memiliki nilai kalor yang tinggi dan dapat menghemat penggunaan bahan bakar fosil yang jumlahnya semakin menipis. Perkembangan industri pelet kayu memiliki prospek ke depan yang baik seiring dengan kebijakan pemerintah untuk mengurangi pemakaian batu bara dan perlahan beralih untuk menggunakan bahan bakar terbarukan. Namun pengetahuan khalayak ramai akan pellet kayu masih kurang sehingga perlu disosialisasikan pemanfaatannya sebagai bahan bakar biomass terbarukan [1].

Dalam membuat pellet kayu bisa ditambahkan perekat, diketahui bahwa jenis perekat dan ukuran serbuk berpengaruh tarhadap nilai kalor yang berkisar antara 4.074 kal/g – 4.192 kal/g [2]. Sedangkan sifat fisik dan kimia pellet kayu dari limbah industri perkayuan yang diberikan pemanasan memperlihatkan adanya kadar air dan BJ yang menurun tetapi kadar abu dan nilai kalornya meningkat [3]. Tekanan pencetakan pellet kayu gelam memberikan pengaruh terhadap sifat fisik dan karakteristik pembakarannya [4]. Pellet kayu dapat terbuat dari berbagai macam jenis kayu, salah satunya kayu gelam.

Kayu Gelam

Berdasarkan dari data Dinas Kehutanan Provinsi Kalimantan Selatan pada tahun 2006, potensi produksi kayu gelam di Kalimantan Selatan yaitu sebesar 55.745,78 m^3 dan produksi kayu gelam terbesar berada di Kabupaten Barito Kuala yang per tahunnya dapat mencapai 20.000 m^3. Hal ini membuat kabupaten Barito Kuala menjadi penghasil gelam terbesar untuk wilayah Kalimantan Selatan [5]. Secara umum bentuk kayu gelam seperti yang terlihat dalam Gambar 1.

Gambar 1. Pohon Gelam

Pellet kayu

Pellet kayu merupakan bahan bakar yang berasal dari tumbuhan maupun bahan bahan organik atau biomassa yang dimana dalam prosesnya dimampatkan agar diperoleh bentuk yang dikehendaki. Setiap bahan bakar tentu mempunyai tujuan yang sama, yaitu memiliki kualitas yang baik sehingga dapat dimanfaatkan dengan maksimal saat penggunaannya. Untuk mengetahui hal tersebut maka pellet kayu harus dilakukan pengujian, salah satunya dengan pengujian analisis proximate, yang terdiri dari:

1. Kadar zat-zat terbang *(volatile matter)*
2. Kadar karbon terikat (*fixed carbon*)
3. Kadar air *(moisture)*
4. Kadar abu
5. Nilai kalor [6]

Perekat

Perekat merupakan salah satu komponen pendukung yang berfungsi untuk meningkatkan kekuatan maupun kekerasan dari pellet kayu yang dibuat [7]. Tujuannya agar diperoleh pellet kayu yang tidak mudah hancur, sehingga memudahkan dalam penyimpanan dan pemindahannya. Bahan-bahan yang lazimnya digunakan sebagai perekat yaitu pati jagung, kentang, tapioka, terigu, sorgum, ubi jalar, sagu, dan lain-lain. Bahan perekat yang terbuat dari pati biasanya lebih digemari dari pada perekat dari bahan lainnya, dikarenakan ketersediannya yang melimpah, dapat diperbaharui, mudah didapatkan, dan tentunya harganya murah.

Perekat yang terbuat dari pati seperti terigu diperoleh dari biji gandum (*triticum vulgare*) yang digiling halus sampai berbentuk seperti tepung. Tepung terigu memiliki kelebihan jika dibanding dengan material perekat lainnya, yaitu terletak pada karakteristiknya dalam membentuk gluten yang meningkatkan sifat elastisnya [8].

Standardisasi pellet kayu

Di indonesia pellet kayu sudah memiliki standar kualitasnya sendiri, standar ini menjadi tolak ukur minimal dari pellet kayu yang dihasilkan. Kualitas SNI (Standar Nasional Indonesia) Pellet kayu dapat di lihat pada tabel 1.

Tabel 1. Standar mutu pellet kayu SNI 8021:2014

Parameter	Standar Mutu Pellet kayu
Kadar Air (%)	Maks. 12
Kadar Abu (%)	Maks. 1,5
Zat Mudah Menguap (%)	Maks. 80
Kadar Karbon Terikat (%)	Min. 14
Nilai Kalor (Kal/g)	Min. 4000

Metode Penelitian

Raw material dalam penelitian ini berupa serbuk kayu gelam dan perekat terigu. Prosedur penelitian pellet kayu gelam ini, yaitu:

1. Kayu gelam yang digunakan berasal dari Desa Jejangkit Timur Kabupaten Barito Kuala. Kayu gelam dibersihkan dari kulit kayunya dan kemudian dipotong sesuai ukuran yang dikehendaki. Kayu gelam kemudian dimasukkan ke dalam mesin drum chipper untuk menghancurkan bongkahan kayu gelam menjadi ukuran kecil sekitar 2-3 cm untuk mempermudah proses pembuatan pellet kayu.
2. Selanjutnya kayu gelam yang berukuran 2-3 cm dicacah lanjut dengan mesin hammer mill untuk mendapatkan ukuran potongan kayu gelam yang lebih kecil lagi.
3. Bongkahan kayu kecil yang sudah dihancurkan oleh mesin hammer mill kemudian dimasukkan ke dalam mesin dryer agar didapatkan bahan dasar pellet kayu yang lebih kering dan mudah dicetak nantinya.
4. Bahan baku siap dicetak pada mesin pellet mill dengan ukuran pellet yang dihasilkan dengan dimensi panjang 4 cm dan diameter 2,5 cm.
5. Kayu gelam yang sudah dihaluskan diayak dengan menggunakan ayakan 40, 50, dan 60 mesh.
6. Siapkan perekat dari tepung terigu, persentase perekat masing 5%, 10% dan 15%.
7. Campuran bahan baku pellet kayu gelam dimasukkan ke dalam blender untuk menyatukan campuran.
8. Adonan pellet kayu dicetak dengan cetakan berbentuk silinder dengan tekanan sebesar 60 kg/cm^2.
9. Kemudian pellet kayu gelam dikeringkan di dalam oven selama ±1 jam pada suhu 50^0C – 60^0C. Pellet kayu gelam siap untuk dilakukan pengujian sifat fisiknya.

Pengujian sifat fisik pellet kayu gelam berdasarkan proximate analisis yang terdiri dari kadar air, kadar abu, kadar

karbon terikat (*fixed carbon*), nilai kalor, dan kadar zat-zat terbang (*volatile matter*),. Pengujian berlangsung di Laboratorium Balai Riset dan Standardisasi Industri (BARISTAND) Banjarbaru. Hasil penelitian karakteristik pellet kayu ini dapat menjadi acuan untuk mengukur performa pellet kayu gelam dan kesesuaiannya dengan standar SNI 8021:2014.

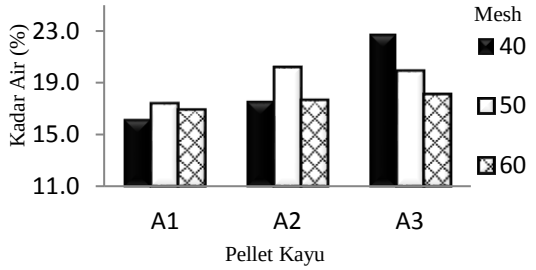
Hasil dan Pembahasan

Untuk mempermudah pengolahan data penelitian maka persentase perekat pellet kayu gelam diberikan simbol, yaitu:

1. Pellet kayu gelam dengan menggunakan perekat terigu sebanyak 5% disimbolkan A1.
2. Pellet kayu gelam dengan menggunakan perekat terigu sebanyak 10% disimbolkan A2.
3. Pellet kayu gelam dengan menggunakan perekat terigu sebanyak 15% disimbolkan A3.

Kadar air

Pengaruh ukuran serbuk dan persentase perekat terhadap kadar air pellet kayu gelam ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Kadar Air Pellet Kayu Gelam

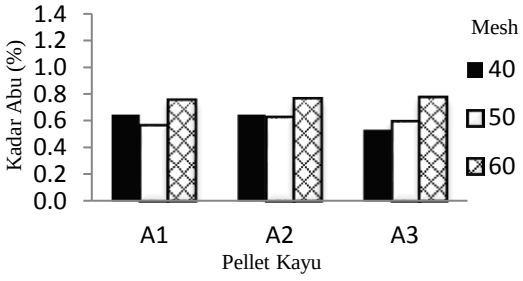
Dari Gambar 2 terlihat bahwa pellet kayu gelam dengan berperekat terigu kadar airnya naik seiring bertambahnya persentase jumlah perekat dan semakin kecilnya ukuran serbuk kayu gelam. Hal ini terjadi karena adanya tambahan kadar air dari perekat yang digunakan, sehingga semakin banyak perekat yang digunakan akan turut menaikkan kadar airnya. Tambahan air dari perekat dikarenakan perekat yang digunakan bertekstur seperti jelly. Tekstur perekat seperti ini memang memiliki keuntungan daya rekat yang baik sehingga membuat butir-butir serbuk kayu dapat berikatan dengan lebih kuat satu sama lainnya, tetapi dilain hal akan membuat kadar air pellet kayu meningkat [9].

Gambar 2 juga menunjukkan ukuran serbuk pellet kayu gelam juga berdampak terhadap kenaikan kadar air. Hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran serbuk kayu gelam akan mempercepat dan mempermudah serapan air dan uap air baik yang berasal dari perekat maupun lingkungan sekitarnya. Selain dipengaruhi oleh perekat dan ukuran serbuk, kadar air pellet kayu gelam juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitarnya, seperti: intensitas sinar matahari, kondisi penyimpanan, kelembapan, dan suhu ruangan.

Berdasarkan standar kualitas pellet kayu Indonesia, yaitu SNI 8021:2014 standar maksimal kadar air adalah 12%, maka tidak ada kadar air pellet kayu gelam yang sesuai dengan standar SNI 8021:2014. Mengingat agar terpenuhinya SNI 8021:2014, maka perlu adanya proses pengeringan lebih lanjut terhadap pellet kayu gelam setelah proses pencetakannya, agar kadar air pellet kayu gelam mengalami penurunan yang signifikan dan sesuai dengan SNI.

Kadar abu

Pengaruh ukuran serbuk dan persentase perekat terhadap kadar abu pellet kayu gelam ditunjukkan pada Gambar 3.



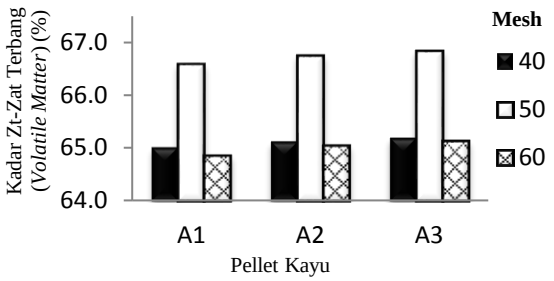
Gambar 3. Grafik Kadar Abu Pellet Kayu Gelam

Dari Gambar 3 terlihat bahwa pellet kayu gelam dengan perekat terigu mengalami peningkatan kadar abu seiring bertambahnya persentase jumlah perekat dan semakin kecilnya ukuran serbuk kayu gelam. Abu merupakan salah satu produk akhir dari proses pembakaran bahan bakar padat. Abu sebagian besar terdiri dari silika dan material lainnya yang tidak dapat terbakar, sehingga semakin besar abu yang dihasilkan dalam suatu proses pembakaran maka cenderung akan menurunkan nilai kalor dari bahan bakar padat tersebut [10]. Untuk bahan bakar yang terbuat dari biomassa seperti kayu, maka spesies kayu sangat berpengaruh terhadap abu yang dihasilkan dari proses pembakarannya [11]. Selain itu penignkatan jumlah perekat yang ditambahkan ke dalam pellet kayu, juga akan meningkatkan kadar abu pellet kayu dikarenakan di dalam perekat yang terbuat dari pati seperti terigu banyak terdapat mineral-mineral yang tidak dapat terbakar.
Gambar 3 juga memperlihatkan bahwa ukuran serbuk kayu juga memberikan dampak terhadap kadar abu yang dihasilkan pellet kayu gelam karena semakin kecil ukuran serbuk kayu gelam akan menurunkan porositas dan meningkatkan kerapatan pellet kayu sehingga cenderung membuat pembakaran pellet kayu menjadi kurang sempurna dan menghasilkan banyak abu.

Berdasarkan SNI pellet kayu Indonesia, yaitu SNI 8021:2014 standar maksimal kadar abu adalah 1,5%, maka kadar abu pellet kayu gelam sudah sesuai dengan standar SNI 8021:2014. Telah terpenuhinya standar kadar abu pellet kayu gelam menunjukkan pellet kayu gelam layak untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah bagi lingkungan.

Kadar zat-zat terbang (*volatile matter*)

Pengaruh ukuran serbuk dan persentase perekat terhadap kadar zat-zat terbang (*volatile matter*) pellet kayu gelam ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik kadar zat-zat terbang (*volatile matter*) pellet kayu gelam

Dari Gambar 4 terlihat bahwa pellet kayu gelam yang menggunakan perekat terigu mengalami kenaikan kadar zat-zat terbang (*volatile matter*) dengan bertambahnya persentase jumlah perekat. Hal ini terjadi karena perekat terigu memiliki kandungan karbohidrat sebanyak 77,3% dan protein 8,9% [8], kandungan karbohidrat dan protein yang terdiri dari rantai karbon, oksigen, hidrogen, dan asam amino lainnya yang jika dibakar tentu akan banyak menghasilkan zat-zat terbang (*volatile matter*). Zat-zat terbang (*volatile matter*) terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar seperti karbon monoksida (CO)hidrogen (H), dan metana (CH_4). Semakin tinggi kadar zat-zat terbang (*volatile matter*) maka semakin cepat pellet kayu terbakar dan mengakibatkan peningkatan laju pembakaran [12].

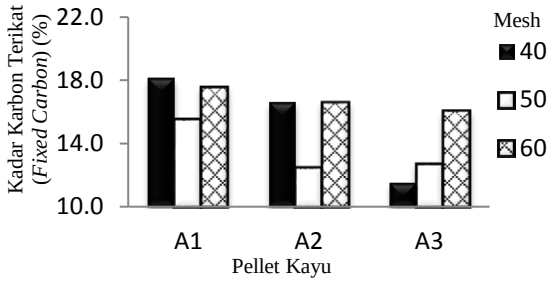
Gambar 4 juga memperlihatkan bahwa semakin kecil ukuran serbuk kayu gelam, maka kadar zat-zat terbang (*volatile matter*) juga memiliki kecenderungan menurun, kecuali pada ukuran serbuk 0,297 mm (mesh 50). Semakin kecil ukuran serbuk maka semakin rapat dan padat pellet kayu gelam yang dihasilkan. Kepadatan ini tentu juga akan meningkatkan kadar zat-zat terbang (*volatile matter*). Untuk ukuran serbuk 0,297 mm (mesh 50) hal sebaliknya justru terjadi, kemungkinan ini dikarenakan faktor lingkungan, penyimpanan, maupun prosedur pengujiannya dilaboratorium.

Berdasarkan SNI pellet kayu Indonesia, yaitu SNI 8021:2014 nilai maksimal adalah 80% untuk kadar zat-zat terbang (*volatile matter*), maka pellet kayu gelam ini sudah sesuai dengan standar SNI

8021:2014. Telah terpenuhinya standar kadar abu pellet kayu gelam menunjukkan pellet kayu gelam layak untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah bagi lingkungan.

Kadar karbon terikat (*fixed carbon*)

Pengaruh ukuran serbuk dan persentase perekat terhadap kadar karbon terikat (*fixed carbon*) pellet kayu gelam ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik kadar karbon terikat (*fixed carbon*) pellet kayu gelam

Dari Gambar 5 terlihat bahwa pellet kayu gelam yang menggunakan perekat terigu. Pellet kayu gelam yang menggunakan perekat terigu mengalami penurunan kadar karbon terikat (*fixed carbon*) seiring bertambahnya persentase jumlah perekat dan semakin kecilnya ukuran serbuk kayu gelam.

Kadar karbon terikat (*fixed carbon*) di dapatkan melalui perhitungan sebagai berikut:

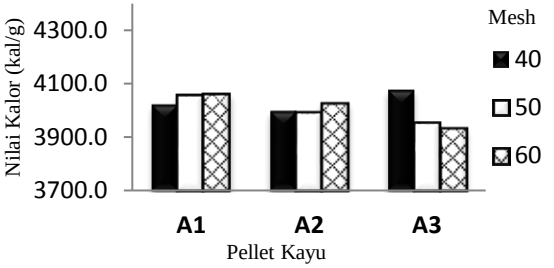
Kadar karbon terikat = 100 – (kadar air (moisture) + kadar zat terbang (*volatile matter*) + kadar abu (ash)) (%)

Sehingga kadar karbon terikat (*fixed carbon*) di dalam pellet kayu gelam sangat dipengaruhi oleh nilai kadar abu, kadar air, dan kadar zat terbang. Akibatnya kadar karbon terikat (*fixed carbon*) akan cenderung tinggi apabila kadar abu, kadar air, dan kadar zat-zat terbang (*volatile matter*) rendah.

Berdasarkan SNI pellet kayu gelam Indonesia, yaitu SNI 8021:2014 standar minimal kadar karbon terikat (*fixed carbon*) adalah 14 sedangkan secara umum kadar karbon terikat (*fixed carbon*) pellet kayu gelam sudah melebihi 14, maka kadar karbon terikat (*fixed carbon*) pellet kayu gelam sudah sesuai dengan standar SNI 8021:2014. Telah terpenuhinya standar kadar karbon terikat (*fixed carbon*) pellet kayu gelam yang telah dibuat mengindikasikan bahwa pellet kayu gelam layak untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah bagi lingkungan.

Nilai kalor

Pengaruh ukuran serbuk dan persentase perekat terhadap nilai kalor pellet kayu gelam ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik nilai kalor pellet kayu gelam

Dari Gambar 6 terlihat bahwa pellet kayu gelam yang menggunakan perekat terigu mengalami penurunan nilai kalor seiring bertambahnya persentase jumlah perekat. Hal ini terjadi karena perekat tidak memiliki nilai kalor yang tinggi hanya sebesar 365 kal/g [8], selain itu perekat pati, seperti terigu juga mengandung kadar air, kadar abu, dan kadar zat terbang yang tinggi karena perekat ini perlu dibuat bertekstur seperti jelly agar diperoleh daya rekat yang baik.

Gambar 6 juga menunjukkan semakin kecil ukuran serbuk kayu gelam, maka nilai kalor juga cenderung semakin menurun. Hal ini dikarenakan meningkatnya kepadatan pellet kayu gelam sehingga memperkecil porositasnya, akibatnya pembakaran pellet kayu gelam cenderung menjadi kurang sempurna dan mempengaruhi nilai kalornya [13].

Berdasarkan SNI pellet kayu Indonesia, yaitu SNI 8021:2014 standar minimal nilai kalor adalah 4000 kal/g sedangkan sebagian besar nilai kalor pellet kayu gelam sudah melebihi 4000 kal/g,

maka nilai kalor pellet kayu gelam sudah sesuai dengan standar SNI 8021:2014. Telah terpenuhinya standar kadar abu pellet kayu gelam menunjukkan pellet kayu gelam layak untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah bagi lingkungan.

Kesimpulan

Serangkaian kegiatan penelitian yang dilakukan memperlihatkan bahwa dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:
Kadar air, kadar abu, kadar zat-zat terbang (*volatile matter*) meningkat seiring semakin kecilnya ukuran serbuk kayu gelam. Sedangkan kadar karbon terikat (*fixed carbon)* dan nilai kalor mengalami penurunan seiring semakin kecilnya ukuran serbuk kayu gelam.

Bertambahnya persentase jumlah perekat membuat peningkatan kadar air, kadar abu, dan kadar zat-zat terbang (*volatile matter*). Sedangkan bertambahnya persentase jumlah perekat membuat penurunan kadar karbon terikat (*fixed carbon)* dan nilai kalor.

Referensi

[1] Sylviani dan Elvida Yosefi Suryandari. (2013). Potensi Pengembangan Industri Pelet Kayu Sebagai Bahan Bakar Terbarukan. Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan. Vol. 10 No. 4.

[2] Junaidi, Ariefin, Mawardi Indra. (2017). Pengaruh Persentase Perekat Terhadap Karakteristik Pellet Kayu Dari Kayu Sisa Gergajian. Jurnal Mesin Sains Terapan Vol. 1 No.1.

[3] Arsad, Effendi. (2014). Sifat Fisik Dan Kimia Wood Pellet Dari Limbah Industri Perkayuan Sebagai Sumber Energi Alternatif. Jurnal Riset Industri Hasil Hutan. Vol.6, No.1.

[4] Amrullah, A., Syarief, A., Saifudin, M. (2020). Combustion Behavior of Fuel Briquettes Made from Ulin Wood and Gelam Wood Residues. International Journal of Engineering, 33(11), 2365-2371. doi: 10.5829/ije.2020.33.11b.27.

[5] Litbang KLHK. (2021). Galam, Tumpuan Hidup Masyarakat di Marabahan, Barito Kuala. Retrieved Februari 17, 2021, from https://www.menlhk.go.id/site/single_post/2153.

[6] Sepfitrah. (2016). Analisis Proximate Kualitas Batubara Hasil Tambang Di Riau. Jurnal Sainstek STT Pekanbaru, Volume 4 Nomor 1.

[7] Thoha, Yusuf dan Dian Ekawati Fajrin. Pembuatan Briket Arang dari Daun Jati dengan Sagu Aren sebagai Pengikat. Jurnal Teknik Kimia, Vol. 17 No.1. 2010.

[8] Sartika, Marina. 2013. Kualitas crackers Daun Pepaya (Carica Papaya L.) Dengan Subtitusi Pati Batang Aren (Arenga Pinnata Merr.). Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.

[9] Juwita, Dinda. 2017. Optimalisasi Ekstraksi Silika Dari Abu Sekam Padi Pada Pembuatan Silika Gel (Variasi Waktu Ekstraksi Dan Suhu Pengeringan). Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.

[10] Faujiah. 2016. Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka terhadap Kualitas Briket Arang Kulit Buah Nipah (*Nyfa fruticans wurmb*). Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

[11] Arsad, Effendi. 2014. Sifat Fisik Dan Kimia Wood Pellet Dari Limbah Industri Perkayuan Sebagai Sumber Energi Alternatif. Jurnal Riset Industri Hasil Hutan Vol.6, No.1, Juni 2014: 1–8.

[12] Prasetyo, Ana Tri. 2018. Analisis Sifat Fisik Dan Kimia Bahan Bakar Briket Jerami Padi Sebagai Sumber Energi Alternatif. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Surakarta

[13] Nugraha, Andy., Agung Widodo., Slamet Wahyudi. 2017. Pengaruh Tekanan Pembriketan Dan Persentase Briket Campuran Gambut Dan Arang

Pelepah Daun Kelapa Sawit Terhadap Karakteristik Pembakaran Briket. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.8, No.1 Tahun 2017: 29 – 36.
[14] Budiyanto, E. (2020). *Pengujian Material*. Laduny Alifatama.
[15] Budiyanto, E., Asroni, A., & Pramono, A. (2017). Pengaruh Temperatur Cetakan Dan Lama Pengempaan Terhadap Keteguhan Rekat Pada Kayu Lapis Sebagai Bahan Baku Pembuatan Drum Shell. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, *5*(2).