



nursiah chairunnisa <nursiah.chairunnisa@ulm.ac.id>

[j.tek.ind.pert.] Submission Acknowledgement

1 message

Prof. Marimin, PhD <jurnal@apps.ipb.ac.id>

Fri, Nov 26, 2021 at 10:19 PM

To: Emma Noor Anugraini Dewi <emmanad99@gmail.com>, Agung Cahyo Legowo <agung@ulm.ac.id>, Abdul Ghofur <ghofur70@ulm.ac.id>, Nursiah Chairunnisa <nursiah.chairunnisa@ulm.ac.id>

Hello,

Hesty Heryani has submitted the manuscript, "KAJIAN SINERGITAS AGROINDUSTRI KELAPA SAWIT DAN USAHA MIKRO KECIL UNTUK MEMPRODUKSI ENERGI TERBARUKAN" to Jurnal Teknologi Industri Pertanian.

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Prof. Marimin, PhD

-- Jurnal Teknologi Industri Pertanian <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin>

KAJIAN SINERGITAS AGROINDUSTRI KELAPA SAWIT DAN USAHA MIKRO KECIL UNTUK MEMPRODUKSI ENERGI TERBARUKAN

THE STUDY OF SYNERGY BETWEEN PALM OIL AGROINDUSTRY AND SMALL MICRO ENTERPRISES TO PRODUCE RENEWABLE ENERGY

Hesty Heryani^{1*}, EN Anugraini Dewi¹, A Cahyo Legowo¹, Abdul Ghofur², Nursiah Chairunnisa³

¹Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia
Jl. A. Yani, Km. 36 Simpang Empat, Banjarbaru 70714, Kalimantan Selatan, Indonesia

*Email : hheryani@ulm.ac.id

²Program Studi Teknik Mesin, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

Makalah: Diterima 26 Oktober 2021; Diperbaiki 2 Desember 2021; Disetujui 10 Desember 2021

ABSTRACT

Through Making Indonesia 4.0, The Ministry of Industry responds to the demands of energy needs by innovative renewable energy development to reduce the consumption of fossil fuels such as petroleum, natural gas and coal with agricultural biomass waste sources. The aim of this research was to synergize waste from the biodiesel industry in the form of sterol glycosides with purun waste from creative small-scale enterprises (SMEs) to produce renewable energy as a circular economy. The method applied was in the form of descriptive analysis, followed by identifying and characterizing waste found in the biodiesel industry, as well as various purun wastes, which were collectively sampled every day for 3 months, becoming the basis for developing innovative products. Interviews were conducted on 60 purun craftsmen to confirm the circular economy program being studied. Observations were also made in the biodiesel industry and purun craftsmen. Data processing was obtained from the results of experiments by making briquette products referring to several parameters which were the basis for standardizing renewable energy products. The synergy between the two actors, namely the Biodiesel Industry and SMEs in micro-scale circular economy activities, produced environmentally friendly-renewable energy which was very helpful for purun micro and small businesses in Purun Village, Banjarbaru, South Kalimantan. Renewable energy results were from various formulas developed with the main ingredients derived from purun biomass charcoal and biodiesel industrial waste. The advantage of the product when several other variables met the SNI standard 01-6235-2000 had a calorific value of 5.809 cal g^{-1} - 6.598 cal g^{-1} , where 5.000 cal g^{-1} which was the SNI for briquette heat could be exceeded. The calorific value produced is equivalent to bituminous grade coal having a carbon content of above 85%.

Keywords: briquettes, calor, purun, sterol glycosides, SMEs

ABSTRAK

Kementerian Perindustrian melalui Making Indonesia 4.0 menjawab tuntutan kebutuhan energi melalui inovasi pengembangan energi terbarukan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara dengan sumber limbah biomassa pertanian. Tujuan penelitian adalah mensinergikan limbah dari industri biodiesel berupa sterol glikosida dengan limbah purun dari Usaha Kecil dan Menengah (UKM) produk kreatif, menghasilkan energi terbarukan sebagai ekonomi sirkular. Metode yang diterapkan berupa analisis deskriptif, selanjutnya dilakukan identifikasi dan karakterisasi sterol glikosida yang ditemukan pada industri biodiesel, serta aneka limbah purun yang dilakukan pengambilan sampel secara kolektif setiap hari selama 3 bulan, menjadi dasar pengembangan produk inovatif. Wawancara dilakukan pada 60 pengrajin purun untuk memastikan program ekonomi sirkular yang dikaji. Observasi juga dilakukan baik pada industri biodiesel maupun Pengrajin Purun. Pengolahan data diperoleh dari hasil eksperimen dengan membuat produk briket mengacu beberapa parameter yang menjadi dasar standarisasi produk energi terbarukan. Sinergitas kedua Aktor yaitu Industri Biodiesel dan UKM dalam kegiatan ekonomi sirkular skala mikro yaitu menghasilkan energi terbarukan yang ramah lingkungan sangat membantu usaha mikro kecil purun di Kampung Purun Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Hasil energi terbarukan dari berbagai formula yang dikembangkan dengan bahan utama berasal dari arang biomassa limbah purun dan limbah industri biodiesel. Keunggulan produk pada saat beberapa variabel lainnya memenuhi standar SNI 01-6235-2000 memiliki kalor mencapai nilai 5.809 kal g^{-1} - 6.598 kal g^{-1} , dimana 5.000 kal g^{-1} yang merupakan SNI kalor briket. Nilai kalor yang dihasilkan setara dengan batubara kelas bituminus yang memiliki kandungan karbon di atas 85%.

Kata kunci : briket, kalor, purun, sterol glikosida, UMK

PENDAHULUAN

Agroindustri kelapa sawit di Indonesia telah memberikan banyak kontribusi pada ekonomi Negara (Sipayung, 2012). Menurut *National Research Council*, Amerika Serikat (2010) konsep dari agroindustri sawit harus mampu memenuhi tercapainya target sebagai penyedia pangan, papan, dan energi. Untuk mencapai target pemikiran tersebut, agroindustri kelapa sawit Indonesia harus mampu mengubah paradigma pengelolaannya. Titik perubahan itu dimulai dari hanya memproduksi *Crude Palm Oil* (CPO) dan membiarkan limbah industrinya, ke arah pendayagunaan limbah pabrik sawit menjadi produk bioenergi. Perubahan paradigma ini berarti bahwa agroindustri sawit harus mampu menggali sendiri atau menyerap kemajuan teknologi terkini dalam menghadapi masalah lingkungan dan sosial. Perubahan paradigma ini akan melahirkan strategi pendayagunaan teknologi dan sumberdaya manusia, pembukaan celah pasar dan peluncuran produk baru, serta intensifikasi perkebunan sawit sebagai bahan baku energi dan pangan. Singkat kata, perubahan paradigma itu menggiring masalah dan tantangan menjadi peluang bisnis baru di bidang energi tanpa meninggalkan bisnis utama di bidang perkebunan sawit (Nur dan Jusuf, 2014).

Era ketidakpastian yang dikenal dengan VUCA (*Volatility, Uncertainty, Complexity, and Ambiguity*) menyebabkan industri manufaktur dihadapkan pada tantangan global yang semakin ketat dalam hal memanfaatkan tenaga kerja, mesin, energi dan ilmu pengetahuan serta teknologi yang sangat pesat dan berdampak terhadap perekonomian nasional, baik dari segi kontribusinya terhadap pendapatan Negara maupun besarnya tenaga kerja yang terserap (Murugan *et al.*, 2020; Raja, 2021). Kementerian Perindustrian melalui Making Indonesia 4.0 telah menetapkan lima sektor prioritas penerapan Industri 4.0. Kelima sektor tersebut meliputi industri makanan dan minuman, industri tekstil dan pakaian jadi, industri elektronik, industri otomotif, dan industri kimia. Kemudian, pada masa pandemi ini, Kemenperin menambah dua sektor, yaitu industri farmasi dan industri alat kesehatan. Untuk mengakselerasi penerapan peta jalan Making Indonesia 4.0, Pemerintah Indonesia telah menetapkan 10 strategi prioritas Making Indonesia 4.0 yang meliputi perbaikan aliran material, desain ulang kawasan industri, standar akomodasi keberlanjutan, dan pemberdayaan usaha mikro kecil dan menengah. Selanjutnya, mendukung peningkatan infrastruktur digital nasional, investasi asing, serta kualitas sumber daya manusia. Selain itu, pembentukan ekosistem inovasi, penerapan insentif investasi teknologi, serta harmonisasi aturan dan kebijakan (Hidayatno *et al.*, 2019).

Pada Agroindustri kelapa sawit, limbah yang dihasilkan dari produksi *Crude Palm Oil* (CPO)

adalah tandan kosong, serabut, cangkang sawit, serta limbah cair *Palm Oil Mill Effluent* (POME) yang diolah pabrik (Nur, 2014). Selanjutnya, untuk biodiesel dapat diproduksi dari bahan baku minyak nabati seperti *Crude Palm Oil* (CPO *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO), *Refined Bleached Deodorized Olein* (RBD Olein), *Refined Bleached Deodorized Palm Stearin* (RBD Stearin) dan *Palm Fatty Acid Distilled* secara transesterifikasi lemak dan minyak dengan metanol menggunakan katalis basa yang menghasilkan limbah berupa seperti air, gliserida bebas dan terikat, asam lemak bebas, katalis, alkohol residu, dan bahan yang tidak mudah disambungkan (sterol, tokoferol, dan hidrokarbon) (Hidayatno *et al.*, 2015; Songtawee *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2010).

Energi terbarukan merupakan istilah yang disusun berdasarkan tiga wujud energi terbarukan berbasis biomassa dalam bentuk cair yang disebut biodiesel, berwujud padat disebut biosolid, dan dalam wujud gas disebut biogas. Umumnya biomassa meliputi limbah terbiodegradasi yang dapat dibakar sebagai bahan bakar seperti jerami, sekam, batok kelapa, tandan kosong dan cangkang sawit, dan limbah kayu. Pellet dan arang (*charcoal*) sebagai bentuk biomassa padat sebagai pendayagunaan teknologi konversi biomassa menjadi energi lain (Nur dan Jusuf, 2014).

Industri manufaktur selalu berusaha menjalankan aktivitas produksi yang mampu menjawab tuntutan kebutuhan energi melalui inovasi pengembangan energi terbarukan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara dengan sumber limbah biomassa pertanian. Usaha preventif yang dikombinasikan untuk keberlanjutan dengan mengoptimalkan bahan baku biomassa komoditas lahan basah dan lahan marginal khas Kalimantan Selatan sebagai potensi sumber daya energi terbarukan. Menurut (Olubajo *et al.*, 2019; Busyairi dan Oktaviani, 2018) limbah biomassa komoditas lahan basah dan lahan marginal memiliki kandungan silikon oksida (SiO₂) dan senyawa lainnya yang potensial serta dapat dibuat aneka produk pembangunan berkelanjutan masyarakat.

Pemerintah melalui Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) telah menetapkan target bauran Energi Baru Terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025, sementara berdasarkan data Kementerian ESDM realisasi hingga tahun 2020 baru tercapai 11,51% (Lestari, 2021). Dukungan itu dilaksanakan dalam program kerja perusahaan yang sejalan antara lain melalui penggunaan biomassa perkebunan sebagai sumber energi utama, hilirisasi bisnis perkebunan, serta optimasi dan pengembangan pembangkit listrik maupun sumber EBT lainnya serta program sinergitas dengan Usaha Kecil dan Menengah (UKM) yang menghasilkan limbah biomassa seperti UKM Purun.

Purun sangat cocok untuk dijadikan sebagai bahan baku anyaman. Tahapan proses pengolahan purun menjadi produk anyaman adalah pemanenan, penjemuran (2-3 hari), pemipihan purun, pewarnaan, penjemuran, penganyaman dan *finishing touch*. Dari hasil anyaman produk purun, meninggalkan limbah sisa berupa potongan purun yang tidak dapat digunakan setelah kegiatan tahap akhir produk kerajinan (Heryani *et al.*, 2020).

Perkembangan industri biodiesel khususnya di Kalimantan Selatan memunculkan limbah berupa endapan putih, menurut Songtawee *et al.* (2014) ukuran partikel dari 10–15 μm yang terbentuk pada bagian bawah tangki selama penyimpanan biodiesel dan dalam pipa proses produksi biodiesel yang disebut sterol glikosida. Saat ini sterol glikosida yang dihasilkan dari proses produksi biodiesel berbahan baku *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO) di industri dalam proses secara transesterifikasi. Yanti *et al.* (2019) sebelumnya pernah melakukan penelitian terkait biodisel yang dihasilkan dari campuran sterol glikosida (SG) berwarna putih dalam *Fatty Acid Methyl Ester* mampu dimanfaatkan kembali dalam ekonomi sirkular menjadi energi terbarukan. Hasil karakteristik seperti densitas, viskositas dan bilangan penyabunan telah memenuhi kriteria SNI 7182:2015.

Dalam penelitian ini diberikan solusi alternatif terhadap masalah limbah secara keberlanjutan menjadi produk inovatif yang ramah lingkungan dengan menghasilkan energi terbarukan. Tujuan penelitian adalah mensinergikan limbah dari industri biodiesel berupa sterol glikosida dengan limbah purun dengan variasi perbandingan arang purun : sterol glikosida 100%:0%; 90%:10% dan 80%:20% menjadi briket sebagai energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berperan dalam ekonomi sirkular untuk masyarakat.

METODE PENELITIAN

Penentuan Lokasi Sumber Biomassa

Penentuan lokasi menerapkan metode survei yang dipilih menggunakan teknik *purposive* (Sugiyono, 2016). Lokasi Kabupaten/Kota yang dipilih adalah berdasarkan potensi biomassa yang besar dari agroindustri kelapa sawit dan UKM Purun. Kajian riset dilakukan pada Bulan September-November 2021 dengan melibatkan agroindustri kelapa sawit di Kabupaten Tanah Bumbu dan 2 (dua) UKM purun dengan pengambilan sampel secara kolektif setiap hari melalui wawancara yaitu Kelompok Pengrajin Purun Galoeh Bandjar sebanyak 30 orang dan Kelompok Pengrajin Purun Al Firdaus sebanyak 30 orang yang bertempat di Kelurahan Palam, Kecamatan Cempaka, Kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan.

Preparasi Bahan Baku

Limbah purun yang dikumpulkan adalah sisa purun dari kegiatan pembuatan produk kerajinan yang tidak digunakan diperoleh pada UKM Purun Kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan sebagai bahan baku pembuatan briket. Limbah purun kemudian dibersihkan dari kotoran dan dilakukan proses pengarangan purun menggunakan tungku pembakaran bata. Dapat pula menggunakan tungku pembakaran (*furnace*) pada suhu terkontrol yaitu suhu 400°C selama 1 jam. Bahan baku berupa purun dicacah kecil-kecil ± 1 cm kemudian dikarbonisasi di dalam *furnace* dengan suhu 400°C selama 1 jam untuk dijadikan arang (Iriany *et al.*, 2016). Pada pembuatan briket, biomassa terlebih dahulu dikarbonisasi untuk dijadikan arang. Proses karbonisasi atau pengarangan adalah proses mengubah bahan baku menjadi karbon berwarna hitam melalui pembakaran dalam ruang tertutup dengan udara yang terbatas atau seminimal mungkin. Proses karbonisasi atau pengarangan bertujuan untuk menaikkan nilai kalor biomassa serta menghasilkan pembakaran yang bersih dengan sedikit asap. Hasil karbonisasi berupa arang yang tersusun atas karbon berwarna hitam (Suryani dan Dahlan, 2012).

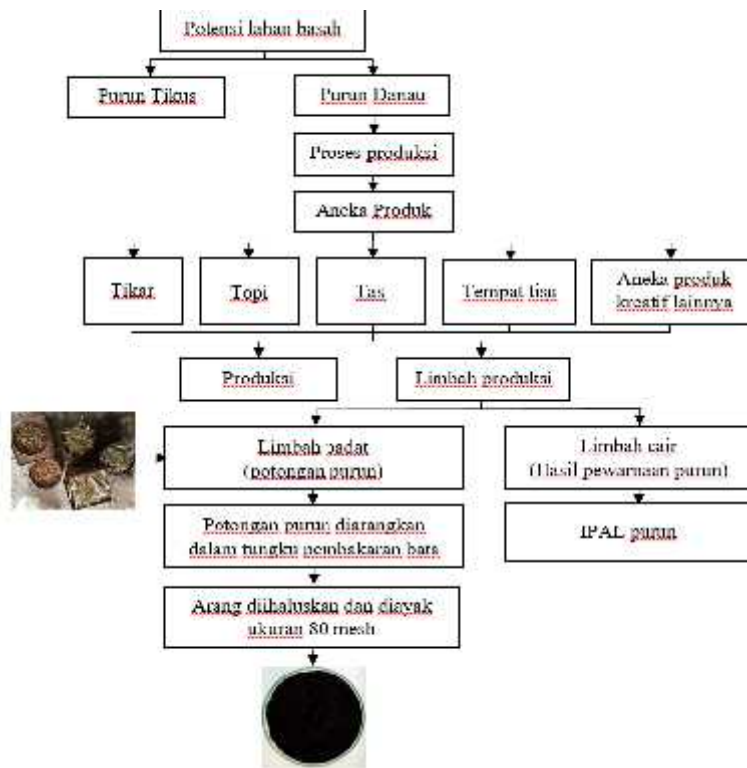
Setelah dikeluarkan dari dalam tungku pembakaran, lalu arang dihaluskan lalu dan diayak ukuran 80 *mesh* yang dapat dilihat pada Gambar 1. Selanjutnya dilakukan uji karakterisasi metode *X-Ray Fluorescence Spectrometer* (XRF) untuk mengidentifikasi unsur-unsur dan senyawa-senyawa yang terkandung pada sampel (Siswati *et al.*, 2018). Untuk merekatkan partikel-partikel zat dalam bahan baku pada proses pembuatan briket, diperlukan zat perekat sehingga dihasilkan briket yang mengikat. Dengan adanya penggunaan bahan perekat maka ikatan antar partikel akan semakin kuat, butir-butir arang akan saling menyatu, susunan partikel juga akan semakin baik sehingga dalam proses pengempaan briket akan semakin baik. Syarat utama dari bahan perekat adalah harus dapat ikut terbakar dan dapat menambah nilai kalor (Iriany *et al.*, 2016).

Formulasi Produk

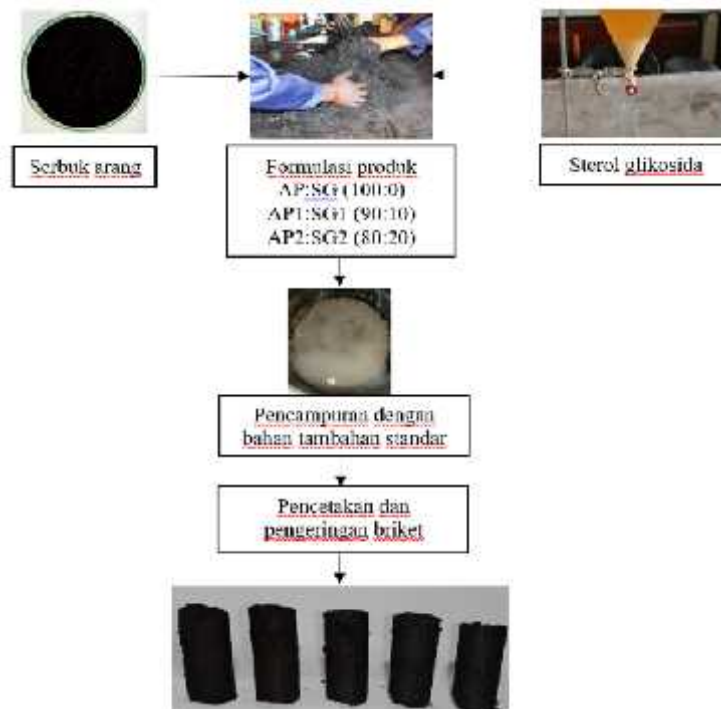
Sterol glikosida adalah endapan yang terbentuk dalam FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) pada proses pendinginan *Biodiesel* di tangki penyimpanan. Pemisahan antara FAME dan sterol glikosida menggunakan mesin *centrifuse* di *Final Methyl Ester Clarification* (Van Gerpen *et al.*, 2011). Sterol glikosida didapatkan dari Agroindustri kelapa sawit di Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan. Selanjutnya dilakukan analisis fisikokimia yaitu densitas, kadar air dan warna. Pencampuran komposisi arang dan sterol glikosida dari industri biodiesel secara homogen yang dilakukan dalam formulasi briket dengan perbandingan, yaitu AP:SG adalah perlakuan dengan perbandingan arang purun : sterol glikosida = 100%:0%, AP1:SG1 adalah

perlakuan dengan perbandingan arang purun : sterol glikosida = 90%:10%, dan AP2:SG2 adalah perlakuan dengan perbandingan arang purun : sterol glikosida = 80%:20%. Formulasi briket kemudian

ditambahkan bahan standar pengikat dan diaduk hingga semuanya tercampur secara merata, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Preparasi limbah purun



Gambar 2. Formulasi produk

Pencetakan Produk

Formulasi briket yang sudah homogen selanjutnya dimasukkan ke dalam alat pencetak briket, dikeluarkan dari cetakan selanjutnya dikeringkan dengan oven suhu 80°C selama ± 10 jam. Briket dikeluarkan dari dalam oven dan dibiarkan beberapa saat baru diamankan dalam wadah tertutup agar aman.

Analisis Produk

Briket yang dihasilkan kemudian dilakukan analisis untuk menguji kadar air (%), kadar abu (%), kadar zat volatil (%), nilai kalor (kal g⁻¹), kadar karbon terikat (%), dan uji nyala. Dasar acuan untuk kualitas briket dengan memperhatikan SNI 01-6235-2000.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi Limbah Purun sebagai Energi Terbarukan

Purun adalah jenis tumbuhan rumput yang tumbuh liar di dekat air atau rawa (lahan gambut), banyak terdapat di Provinsi Kalimantan Selatan, salah satunya Kota Banjarbaru. Purun termasuk jenis rumput teki-teki (*family Cyperaceae*). Purun dapat ditemukan di daerah terbuka di lahan rawa yang tergenang air pada ketinggian 0-1350 m dpl. Berdasarkan data dari Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, untuk luas lahan gambut yang ada di tahun 2019 tadi, lahan tersebut ada seluas 46.796 hektar. Morfologi tanaman purun danau yaitu memiliki ciri batang ramping kaku yang tumbuh keatas, licin, muncul satu persatu dari rimpang, tinggi 40-200 cm. Batangnya juga memiliki rongga seperti buluh. Rimpang baru akan terbentuk di bagian ujung setelah tanaman berbunga dengan ukuran kurang lebih 12,5 cm (Belami, 2014). Setelah ditanam, purun akan tumbuh secara terus menerus. Purun yang telah siap dipanen memiliki ketinggian 1,5-2 m dan dapat dipanen kembali setelah 2 bulan. Pemanenan purun dapat dilakukan dengan cara dicabut atau dipotong langsung.

Masyarakat di lahan gambut Kalimantan Selatan telah menggunakan purun sebagai bahan baku untuk kerajinan tangan. Beberapa daerah penghasil anyaman purun adalah Desa Sungai Kali, Kecamatan Berambai, Kabupaten Barito Kuala; kecamatan Anjir Serapat, Kabupaten Kapuas; dan Kampung Purun, Kota Banjarbaru. Saat ini tanaman purun dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk industri kreatif. Banyak sekali produk inovatif yang bisa dibuat dari tanaman purun, diantaranya tikar, tas, sandal, dan souvenir menarik lainnya (Heryani *et al.*, 2020).

Bahan baku potensial yang dapat dikonversi menjadi salah satu sumber energi terbarukan dapat berasal dari aneka limbah. Limbah potongan purun dari UKM Purun dalam satu hari menghasilkan 2,8

kg, sehingga jika pengambilan sampel dilakukan pada 2 kelompok yang beranggotakan 60 orang, dalam satu bulan menghasilkan 72,8 kg potongan purun. Pemanfaatan limbah potongan purun sebagai bahan bakar dalam bentuk arang belum pernah dilakukan, maka apabila arang tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar bentuk briket maka secara ekonomi sirkular akan memberikan nilai tambah untuk pengrajin purun sendiri. Ditinjau dari aspek teknologi, pengolahan arang briket relatif sederhana dan dapat dilaksanakan oleh usaha-usaha skala kecil. Komposisi kimia struktur purun disajikan pada Tabel 1 (Batubara, 2021; Maxson *et al.*, 2021).

Tabel 1. Komposisi kimia struktur purun

Komposisi kimia	Persentase (%)
Kadar Air	56,3659
Zat ekstraktif dalam Etanol-Benzene	4,7479
Larut NaOH 1 %	33,5636
Kadar Lignin	26,5517
Selulosa (-selulosa)	45,0907
C/N	62,8

Kandungan air purun tinggi atau lebih dari 25% (Tabel 1). Kandungan air yang tinggi menunjukkan bahwa baik dinding sel maupun rongga selnya berisi air. Zat Ekstraktif adalah zat yang terlarut dari kayu baik dengan menggunakan pelarut netral seperti air maupun pelarut organik (benzena, diklorometan, eter, alkohol, campuran alkohol dan benzena) (Batubara, 2021). Kandungan zat ekstraktif yang larut dalam NaOH 1% dan larutan etanol-benzene terkategori tinggi karena mempunyai kadar ekstraktif > 4% masuk ke dalam kelas komponen tinggi. Kandungan lignin purun masuk dalam kategori sedang berkisar 25-35%. Selulosa merupakan salah satu sumberdaya alam yang terbarukan yang melimpah di Indonesia (Mulyadi, 2019). Kemurnian dari selulosa sering dinyatakan melalui parameter persentase -selulosa. -selulosa sample batang dan daun terkategori tinggi berkisar 40-80%. Komposisi karbon (C) purun sebesar 62,8% yang merupakan penyusun kadar lignin. Kandungan kimia purun danau memiliki potensi untuk dikembangkan khususnya kandungan selulosanya sebagai sumber serat, sehingga diperlukan riset lanjutan terkait serat purun danau dan pemanfaatannya ke depan.

Pemanfaatan biomassa menjadi bahan bakar dan produk yang bermanfaat melalui proses densifikasi dan karbonisasi, dan kemudian digunakan di pembangkit listrik berbasis batubara sebagai pengganti sebagian, yang dapat menghasilkan pengurangan emisi karbon dan efek rumah kaca (Salahuddin *et al.*, 2016; Khorasgani *et al.*, 2017; Khorasgani *et al.*, 2020). Menurut Balat (2011) dan Khorasgani *et al.* (2020) pemanfaatan

biomassa memberikan banyak manfaat bagi negara maju dan berkembang yaitu mengurangi biaya pengelolaan hutan, meningkatkan perencanaan lingkungan, dan menawarkan sumber energi yang aman dan kompetitif.

Kadar ekstraktif alkohol benzen yang didapatkan padabatang purun tikus sebesar 9,53% yang termasuk kategori kelas tinggi (>5). Ekstraktif terlarut NaOH 1% adalah sebesar 31,45%. Kadar ekstraktif alkohol benzen yang didapatkan pada batang purun tikus sebesar 9,53% yang termasuk kategori kelas tinggi (>5) sedangkan ekstraktif terlarut NaOH 1% adalah sebesar 31,45.

Karakteristik Bahan Baku

Pada purun selain kandungan utama selulosa dan lignin dengan komposisi utamanya berupa karbon, hasil pengujian komponen kimia pada limbah purun menggunakan metode X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF) yang disajikan pada Tabel 2.

Hasil analisa X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF) diketahui kandungan mineral limbah purun menunjukkan komposisi terbesar

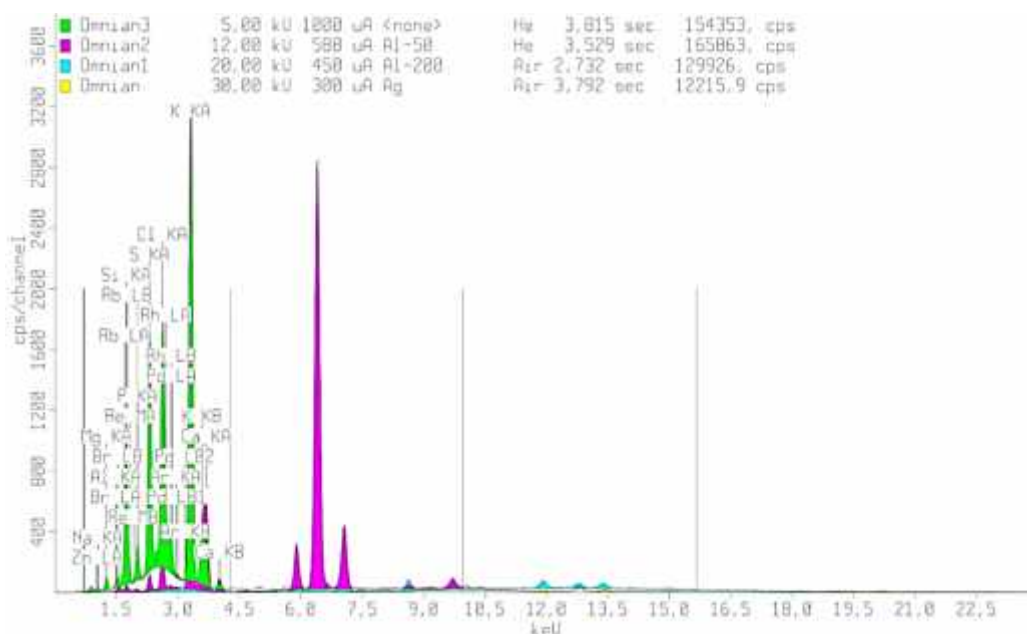
adalah Karbon (C) dan senyawa penyusun lainnya seperti kalium (K) silika (Si), kalsium (Ca), sulfur (S), magnesium (Mg), Natrium (Na), Mangan (Mn) dan alumina (Al) yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Sterol glikosida merupakan hasil samping dari industri biodisel yang dilakukan analisis fisikokimia yaitu densitas, kadar air dan warna, disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Komposisi kimia purun dengan XRF

Unsur	Persentase (%)
K	0,879
Cl	0,193
Fe	0,186
Si	0,171
Ca	0,151
S	0,137
Mg	0,104
Na	0,093
Mn	0,020
Al	0,002
C	62,8

Sumber: Data primer, 2021.



Gambar 3. Spektra hasil analisis XRF Spectrometer Purun

Tabel 3. Uji fisiko kimia sterol glikosida

Sifat Fisik	Keterangan
Densitas	1,0575 gr/cm ³
Kadar air	0,6 %
Warna	Bening (tidak berwarna)

Sumber: Data primer diolah, 2021

Menurut (Montpetit dan Tremblay, 2016) sterol glikosida memiliki titik leleh $-9,6^{\circ}\text{C}$, dan kelarutan dalam air $0,0037\text{ mg/L}$ yang terbentuk pada bagian bawah tangki selama penyimpanan biodiesel.

Analisis Kadar Air

Berdasarkan hasil pengujian formulasi briket purun diperoleh kadar air rata-rata (%) seperti disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Persentase kadar air rata-rata (%) briket purun

Formula	Kadar air rata-rata (%)
AP:SG (100:0)	7,14
AP1:SG1 (90:10)	5,80
AP2:SG2 (80:20)	5,45

Sumber: Data primer diolah, 2021

Keterangan:

- AP : SG = 100% arang purun : 0% sterol glikosida
- AP1: SG1 = 90% arang purun : 10% sterol glikosida
- AP2: SG2 = 80% arang purun : 20% sterol glikosida

Dari tiga formulasi briket dengan sterol glikosida pada Tabel 4 diketahui kadar air rata-rata terendah terdapat pada formulasi briket AP2:SG2 sebesar 5,45% dan tertinggi pada formulasi briket AP:SG sebesar 7,14%. Hal ini disebabkan pada proses pengarangan purun, suhu 400°C selama 1 jam mampu mentransformasi bahan organik dalam purun menjadi arang dan penambahan sterol glikosida ternyata mampu menyerap sisa air pada arang yang dihasilkan. Berdasarkan kadar air rata-rata diketahui bahwa formulasi optimum untuk mendapatkan briket yang baik adalah pada formulasi briket AP2:SG2 memenuhi syarat SNI 01-6235-2000, yaitu kurang dari 8% yang memiliki kualitas baik. Menurut Bot *et al.* (2021) kadar air mempengaruhi kualitas briket dalam penyimpanan briket. Briket memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi molekul air dari udara secara langsung dalam pori-pori briket.

Analisis Kadar Abu

Berdasarkan hasil pengujian formulasi briket purun diperoleh kadar abu rata-rata (%) disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Persentase kadar abu rata-rata (%) briket purun

Formulasi	Kadar abu rata-rata (%)
AP:SG (100:0)	12,23
AP1:SG1 (90:10)	23,44
AP2:SG2 (80:20)	11,30

Sumber : Data primer diolah, 2021

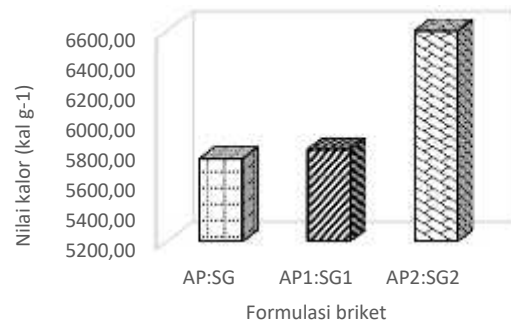
Keterangan:

- AP : SG = 100% arang purun : 0% sterol glikosida
- AP1: SG1 = 90% arang purun : 10% sterol glikosida
- AP2: SG2 = 80% arang purun : 20% sterol glikosida

Tabel 5 menunjukkan bahwa tiga formulasi briket diketahui kadar abu rata-rata terendah pada formulasi briket AP2:SG2 sebesar 11,30% dikarenakan terlepasnya mineral selama proses pengarangan yang berpotensi jadi abu setelah dilakukan pencampuran arang dengan sterol glikosida. Sementara, kadar abu rata-rata tertinggi pada formulasi briket AP1:SG1 sebesar 23,44% disebabkan perbedaan komposisi bahan baku arang purun pada tiap sampelnya dan sterol glikosida sehingga mempengaruhi kerapatan briket yang dihasilkan. Semakin tingginya kadar abu pada briket purun menunjukkan kualitas yang kurang baik, hal ini disebabkan pembakaran belum sempurna pada kandungan bahan organik dalam bahan seperti karbohidrat dan selulosa. Menurut Iskandar *et al.*, (2019) komponen utama abu dalam biomassa berupa kalsium, potasium, magnesium, dan silika yang dapat mempengaruhi nilai kalor produk dan berpengaruh terhadap proses pembakaran. Hasil penelitian ini selaras dengan yang dilakukan Munjeri *et al.* (2016) dimana kadar abu pada briket eceng gondok sebesar 12,4%.

Analisis Nilai Kalor

Berdasarkan hasil pengujian nilai kalor menggunakan metode Bomb Calorimetri yang dilakukan di Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri Banjarbaru, diperoleh nilai kalor (kal g^{-1}) yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh formulasi briket terhadap nilai kalor

Sumber : Data primer diolah, 2021

Keterangan:

- AP : SG = 100% arang purun : 0% sterol glikosida
- AP1: SG1 = 90% arang purun : 10% sterol glikosida
- AP2: SG2 = 80% arang purun : 20% sterol glikosida

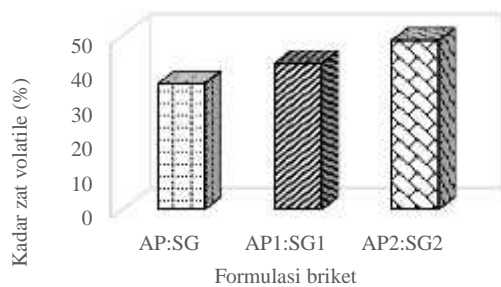
Pada Gambar 4 terlihat bahwa dari ketiga formula diperoleh data AP2:SG2 memiliki nilai kalor rata-rata mencapai $6598,80\text{ kal g}^{-1}$ dan pada AP1:SG1 sebesar $5809,01\text{ kal g}^{-1}$. Ada temuan yang menarik dari riset, bahwa komoditas asli lahan basah yang hidup secara alamiah tanpa pemupukan kimia menghasilkan karbon yang tinggi dan sangat baik

sebagai sumber energi terbarukan. Hal ini terlihat pada kontrol tanpa SG diperoleh nilai kalor mencapai 5749,73 kal g⁻¹. Kandungan lignin pada purun sebesar 26,40%. Lignin merupakan material yang paling kuat di dalam biomassa. Pada lignin terdapat karbon yang cukup besar. Atas dasar itu biomassa yang bersumber asli alamiah lahan basah memiliki kandungan karbon yang mampu memperpanjang waktu nyala dan lambat untuk menjadi abu. Hasil ini berkorelasi dengan hasil uji lama nyala dari briket berbahan purun tentunya.

Nilai kalor yang diperoleh pada ketiga perlakuan mampu melampaui standar SNI 01-6235-2000 dengan nilai kalor minimum briket arang adalah 5000 kal g⁻¹, sehingga dapat digunakan sebagai energi terbarukan hasil sinergi limbah industri dari industri biodiesel dan limbah UKM Purun yang berasal dari Kampung Purun Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Berdasarkan hasil yang diperoleh diketahui bahwa briket arang setara dengan kelas batubara bituminus (C₈₀OH₅O₁₅), merupakan kelas batubara yang memiliki kandungan kalori antara 5833 – 7777 kal g⁻¹, dengan unsur karbon (C) 68% – 86% dan kadar air 8% – 10% dari beratnya. Menurut Permana (2016) batubara bituminus memiliki ciri yaitu warna hitam mengkilat, kurang kompak, kandungan karbon relatif tinggi, nilai kalori tinggi, kandungan air, abu, sulfur sedikit.

Analisis Zat Volatil

Berdasarkan hasil pengujian formulasi briket purun diperoleh kandungan zat volatile rata-rata (%) yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh formulasi briket terhadap nilai volatile

Sumber : Data primer diolah, 2021

Keterangan:

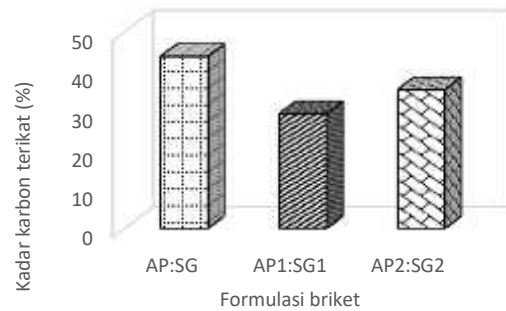
- AP : SG = 100% arang purun : 0% sterol glikosida
- AP1: SG1 = 90% arang purun : 10% sterol glikosida
- AP2: SG2 = 80% arang purun : 20% sterol glikosida

Pada Gambar 5 terlihat implementasi 100% arang purun memiliki nilai volatile lebih rendah, jika dibanding dengan formula penambahan 10% dan 20% sterol glikosida. Produk hasil formulasi memiliki variasi komposisi arang purun dengan sterol glikosida sehingga ada perbedaan kandungan zat organik dan anorganik dalam briket selama

pembakaran menjadi zat volatile matter. Persen senyawa volatile melebihi 15% tidak lain karena adanya beberapa senyawa volatile yang berasal dari purun dan SG yang sebenarnya senyawa volatile dari sumber terbarukan yang tidak bersifat toksik. Data didukung dalam implementasi pengemas disebut “besek” berbahan purun.

Analisis Kadar Karbon Terikat

Berdasarkan hasil pengujian formulasi briket purun diperoleh kadar karbon terikat rata-rata (%) yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengaruh formulasi briket terhadap kadar karbon terikat

Sumber: Data primer diolah, 2021

Keterangan:

- AP:SG = 100% arang purun: 0% sterol glikosida
- AP1:SG1 = 90% arang purun: 10% sterol glikosida
- AP2:SG2 = 80% arang purun: 20% sterol glikosida

Pada Gambar 6 diperoleh kadar karbon terikat tertinggi sebesar 43,73% untuk formulasi briket 100% arang purun. Hal ini menunjukkan bahwa biomassa arang purun memiliki komponen karbon terikat dalam bentuk senyawa berupa karbohidrat dan selulosa yang besar sehingga menyebabkan nilai kalor briket rendah. Sementara, pada pencampuran sterol glikosida 10% dalam arang mampu mengurangi karbonisasi selama pembakaran dan mampu meningkatkan nilai kalor pada briket yang dihasilkan karena nilai kadar karbon terikatnya lebih rendah. Proses karbonasi purun pada suhu proses standar 400°C selama 1 jam menyebabkan karbon terikat dalam arang semakin meningkat sedangkan kadar airnya akan semakin berkurang sehingga nilai kalor dari briket arang purun akan semakin meningkat. Perbedaan formulasi arang purun dan sterol glikosida pada proses pembuatan briket, sangat menentukan nilai kalor produk. Nilai kalor dari ketiga formulasi yang digunakan, untuk formulasi AP2:SG2 memiliki nilai kalor rata-rata mencapai 6598,80 kal g⁻¹ lebih tinggi jika dibandingkan dengan yang lain. Hal ini disebabkan karena karbon terikat pada arang dengan penambahan sterol glikosida 20% lebih kompak dan homogen serta terdispersi sempurna yang berkontribusi pada kecepatan nyala dan waktu nyala produk. Hasil riset sejalan dengan penelitian yang

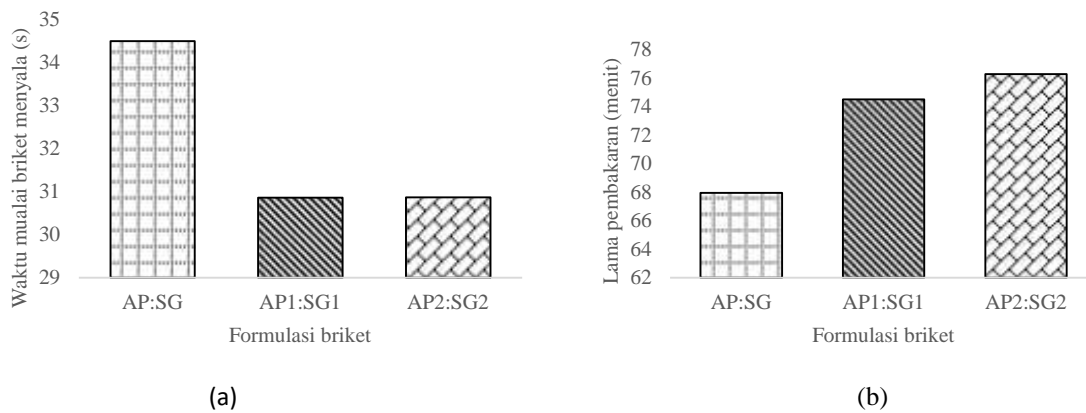
dilakukan Munjeri *et al.* (2016) untuk produk briket eceng gondok memiliki kandungan karbon terikat sebesar 21,9%. Untuk kisaran tanaman berkayu dan herbal lainnya memiliki sekitar 20% kadar karbon terikat.

Beberapa hasil penelitian relevan menunjukkan bahwa biomassa dapat diolah menjadi pelet bahan bakar padat yang berkelanjutan dengan mengembangkan sinergitas teknologi pemanfaatan limbah menjadi energi terbarukan. Menurut Bot *et al.* (2021) semakin besar nilai karbon menunjukkan semakin banyak energi yang dapat digunakan dalam proses pembakaran melalui reaksi pembakaran bahan bakar. Pada reaksi pembakaran, semakin banyak kandungan karbon dalam suatu bahan bakar,

maka semakin besar konversi karbon menjadi karbon dioksida yang disertai pelepasan dalam bentuk energi sehingga komposisi berat karbon mempengaruhi secara langsung kualitas bahan bakar dan energi yang dihasilkan dalam bentuk kandungan energi (*calorific value*).

Uji Nyala Api

Pengujian nyala api dilakukan untuk mengetahui berapa lama bara akan muncul hingga waktu briket akan habis terbakar menjadi abu yang menunjukkan cepat atau lambatnya pembakaran pada berbagai formula yang dikembangkan dan diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. (a) uji awal nyala dan (b) uji lama pembakaran

Sumber: Data primer diolah, 2021

Keterangan:

AP:SG = 100% arang purun: 0% sterol glikosida

AP1:SG1 = 90% arang purun: 10% sterol glikosida

AP2:SG2 = 80% arang purun: 20% sterol glikosida

Untuk uji awal nyala briket dapat dilihat pada Gambar 7. (a) diketahui bahwa nyala api awal yang tercepat adalah AP1:SG1 dan AP2:SG2 dibandingkan AP:SG. Cepatnya penyalaan karena kadar air yang kecil serta adanya dispersi dari sterol glikosida pada seluruh bagian dari produk briket yang dihasilkan. Pada Gambar 7, (b) diperoleh waktu terlama proses pembakaran sampai padatan terbakar habis adalah pada 80% arang purun dengan 20% SG yaitu selama 76,31 menit dan 90% arang purun dengan 10% SG selama 74,52 menit. Untuk 100% arang purun waktu nyala lebih singkat yaitu 67,95 menit.

Keunggulan dari inovasi briket arang purun dengan formula penambahan SG 10% adalah briket tetap menyala meski tanpa bahan starter awal untuk memantik api. Perbandingan dengan briket arang kayu, inovasi briket purun dan SG memiliki waktu nyala awal yang lebih cepat dan bara api yang dapat bertahan lebih lama hingga menjadi abu. Lamanya

pembakaran menjadi abu disebabkan kerapatan pori-pori jadi semakin rapat pori-pori semakin lama pembakarannya serta tingkat kekerasan bahan. Untuk lama pembakarannya briket purun selaras dengan hasil penelitian yang dilakukan Carnaje *et al.* (2018) yang diketahui briket eceng gondok sampai semua padatan habis terbakar selama 216 detik (3,6 menit). Hal ini menunjukkan briket arang purun dapat diterima dan diimplementasikan sebagai energi alternatif skala UKM Kerajinan Purun dan lingkungan masyarakat sekitar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Sinergitas kedua Aktor yaitu Industri Biodiesel dan UKM dalam kegiatan ekonomi sirkular skala mikro yaitu menghasilkan energi terbarukan yang ramah lingkungan sangat membantu usaha mikro kecil purun di Kampung Purun

Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Hasil energi terbarukan dari berbagai formula yang dikembangkan dengan bahan utama berasal dari arang biomassa limbah purun dan limbah industri biodiesel. Hasil pengujian formulasi briket purun dengan pencampuran sterol glikosida menunjukkan kadar air terendah dihasilkan dari formulasi briket AP2:SG2 sebesar 5,45% dan tertinggi pada formulasi briket AP:SG sebesar 7,14%. Pada penelitian ini briket purun memiliki hasil formulasi terbaik untuk nilai kalor yang memenuhi syarat SNI 01- 6235-2000 yaitu perbandingan arang purun : sterol glikosida (80%:20%) mencapai 6598,80 kal g⁻¹ dan perbandingan arang purun : sterol glikosida (90%:10%) mencapai 5809,01 kal g⁻¹. Untuk uji awal nyala briket tercepat adalah AP1:SG1 dan AP2:SG2 dengan lama waktu pembakaran berkisar 74,31 – 76,52 menit. Lamanya pembakaran menjadi abu disebabkan kerapatan pori-pori jadi semakin rapat pori-pori semakin lama pembakarannya serta tingkat kekerasan bahan. Pemanfaatan limbah biomassa menjadi energi terbarukan yang diolah menjadi briket. Briket arang purun menghasilkan nilai kalor sebesar 5000 kal g⁻¹ – 6000 kal g⁻¹ yang dihasilkan setara dengan batubara kelas bituminus.

Saran

Untuk mengoptimalkan pencapaian nilai kalor di atas 6000 kal g⁻¹ yang setara dengan batubara kelas bituminus dan memenuhi syarat SNI 01- 6235-2000 perlu diperhatikan proses karbonasi saat pembuatan arang purun dan adanya *blending* formula 10% dengan sterol glikosida.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Ristek, Direktorat Sumber Daya, atas Pendanaan yang diberikan melalui Riset Dasar Kompetitif Nasional dengan SK KPA Direktorat Sumber Daya No. 1867/E4/AK.04/2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Balat M. 2011. Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: a review. *Energy Conversion and Management*. 52 (2): 858-875.
- Batubara R, Nurminah M, dan Affandi O. 2021. Edukasi Kandungan Kimia Purun Danau Bahan Kerajinan di Desa Lubuk Kertang. *Jurnal Abdidias*. 2(3): 483-489.
- Belami IY dan Sidharta B. 2014. Pemanfaatan purun tikus (*Eleocharis dulcis*) untuk menurunkan kadar merkuri (HG) pada air bekas penambangan emas rakyat. *Jurnal Biologi*. 1-16.
- Bot BV, Sosso OT, Tamba JG, Lekane, Bikai, Ndame, MK. 2021. Preparation and characterization of biomass briquettes made from banana peels, sugarcane bagasse, coconut shells and rattan waste. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 1-10.
- Busyairi M dan Oktaviani A. 2018. Dampak peledakan (blasting) terhadap kesehatan keselamatan kerja dan pemukiman penduduk di sekitar lokasi PT. Safhira Gifha Kota Bangun-Kutai Kartanegara. *MATRIK: Jurnal Manajemen dan Teknik Industri Produksi*. 10(2): 92-108.
- Carnaje NP, Talagon RB, Peralta JP, Shah K, Paz-Ferreiro J. 2018. Development and characterisation of charcoal briquettes from water hyacinth (*Eichhornia crassipes*)-molasses blend. *PLoS one*. 13(11): e0207135.
- Heryani H, Legowo AC, dan Nugroho IP. 2020. Strategi pengembangan industri kreatif untuk inovasi. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 30(3): 290-298.
- Hidayatno A, Sutrisno A, Zagloel YM, Purwanto WW. 2015. System dynamics sustainability model of palm-oil based biodiesel production chain in Indonesia. *International Journal Engineering and Technology*. 15(06): 20-26.
- Hidayatno A, Destyanto AR, dan Hulu CA. 2019. Industry 4.0 technology implementation impact to industrial sustainable energy in Indonesia: A model conceptualization. *Energy Procedia*, 156: 227-233.
- Iriany, Meliza, Sibarani FAS, Irvan. 2016. Pengaruh perbandingan massa eceng gondok dan tempurung kelapa serta kadar perekat tapioka terhadap karakteristik briket. *Jurnal Teknik Kimia*. 5(1): 20-26.
- Iskandar N, Nugroho S, dan Feliyana MF. 2019. Uji kualitas produk briket arang tempurung kelapa berdasarkan standar mutu SNI. *Jurnal Ilmiah Momentum*. 15(2): 103-108.
- Khorasgani NB, Karimibavani B, Alamir M, Alzahrani N, McClain AP, Asmatulu R. 2017. Briquetting and carbonization of biomass products for the sustainable productions of activated carbons. In *Smart Materials and Nondestructive Evaluation for Energy Systems 2017*. 10171: 101710S. International Society for Optics and Photonics. 19 April 2017.
- Khorasgani NB, Sengul AB, dan Asmatulu E, 2020. Briquetting grass and tree leaf biomass for sustainable production of future fuels. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 10(4): 915-924.
- Lestari VP. 2021. Ringkasan permasalahan dan tantangan program peningkatan kontribusi energi baru dan terbarukan dalam bauran energi nasional. Pusat Kajian Akuntabilitas Keuangan Negara: Badan Keahlian Dewan DPR RI.

- Maxson C, Tibby J, Barr C, Tyler J, Leng M, Lomax B, Jacobsen G. 2021. Ecology and climate sensitivity of a groundwater-fed lake on subtropical North Stradbroke Island (Minjerribah), Queensland, Australia over the last 7500 years. *Journal Paleolimnology*. 1-19.
- Montpetit A and Tremblay AY. 2016. A quantitative method of analysis for sterol glycosides in biodiesel and FAME using GC-FID. *Journal American Oil Chemists' Society*. 93(4): 479-487.
- Mulyadi I. 2019. Isolasi dan karakterisasi selulosa. *Jurnal Saintika Unpam: Jurnal Sains dan Matematika Unpam*.1(2): 177-182.
- Munjeri K, Ziuku S, Maganga H, Siachingoma B, Ndlovu S. 2016. On the potential of water hyacinth as a biomass briquette for heating applications. *International Journal Energy and Environmental Engineering*. 7(1): 37-43.
- Murugan S, Rajavel S, Aggarwal AK, Singh A. 2020. Volatility, uncertainty, complexity and ambiguity (VUCA) in context of the COVID-19 pandemic: Challenges and way forward. *International Journal Health Systems and Implementation Research*. 4(2): 10-16.
- Nur MS dan Jusri J. 2014. Ubah paradigma agroindustri sawit menuju energi terbarukan. PT Insan Fajar Mandiri Nusantara. Bogor.
- Nur MS dan Jusri J. 2014. Biomassa bahan baku dan teknologi konversi untuk energi terbarukan (kajian pustaka dan gagasan aplikasi di indonesia). PT Insan Fajar Mandiri Nusantara. Bogor.
- Nur MS. 2014. Karakteristik kelapa sawit sebagai bahan baku bioenergi. PT Insan Fajar Mandiri Nusantara. Bogor.
- Olubajo OO, Odey OA, Abdullahi B. 2019. Potential of orange peel ash as a cement replacement material. Path of science: *International Electronic Scientific Journal*. 5(7): 2009-2019.
- Permana AP. 2016. Kajian coal rank berdasarkan analisa proximate (studi kasus batubara di kabupaten sorong). *Jurnal Teknik*. 14(2):123-131.
- Raja AS. 2021. Business research in the VUCA World. *Ushus Journal Business Management*. 20(1): v-xvi.
- Salahuddin M, Hwang G, dan Asmatulu R. 2016. Superhydrophobic PAN nanofibers for gas diffusion layers of proton exchange membrane fuel cells. In *Nanosensors, Biosensors, and Info-Tech Sensors and Systems 2016*, 9802: 98021U. International Society for Optics and Photonics, 16 April 2016.
- Sipayung T. 2012. *Ekonomi Agribisnis Minyak Sawit*. Bogor, IPB Press.
- Siswati ND, Ardiantono FA, dan Putri LK. 2018. Karakterisasi komponen aktif pozzolan untuk pengembangan portland pozzolan cement (PPC). *Jurnal Teknik Kimia*, 12(2), 52-55.
- Songtawee S, Ratanawilai S, dan Tongurai, C. 2014. Effect of sterol glucosides in biodiesel production. *International Journal Advances in Chemical Engg., & Biological Sciences*. 1(1): 119-122.
- Sugiyono. 2016. Metode penelitian pendidikan: pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Suryani I dan Dahlan MH. 2012. Pembuatan briket arang dari campuran buah bintaro dan tempurung kelapa menggunakan perekat amilum. *Jurnal Teknik Kimia*.18(1): 24-29.
- Van Gerpen J, He BB, dan Duff K. 2011. Measurement and control strategies for sterol glucosides to improve biodiesel quality, Year 2: National Institute for Advanced Transportation Technology, University of Idaho.
- Wang H, Tang H, Salley S, Ng KS. 2010. Analysis of sterol glycosides in biodiesel and biodiesel precipitates. *Journal American Oil Chemists' Society*. 87 (2): 215-221.
- Yanti NR, Putra MD, Nugroho A, Heryani H. 2019. Utilization of sterol glycosides in FAME (fatty acid methyl ester) byproducts from the biodiesel industry. *EnviroScienteeae*. 15(1): 79-85.