



Karakteristik Limbah Baglog Produksi Kulit Sintetis Miselium Jamur (Mylea) Sebagai Bioenergi

Characteristics of Baglog Waste for Synthetic Mushroom Mycelium Leather (Mylea) Production as Bioenergy

NERISSA AZARINA RENALDY¹, SRI PENI WIJAYANTI^{2*}, HISMIATY BAHUA², NADIA RIZKI ARIYANI², SAFIRA LAKSMI TRI OKTARANI¹, IRA NURHAYATI DJAROT^{1,2*}, NETTY WIDYASTUTI²

¹ Program Studi Biologi (Bioteknologi), Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Al Azhar Indonesia, Jl. Sisingamangaraja, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan, 12110

² Pusat Riset Sistem Produksi Berkelanjutan dan Penilaian Daur Hidup, Badan Riset dan Inovasi Nasional, KST B.J Habiebie, Jl. Raya Serpong, Muncul, Kec. Setu Tangerang Selatan, Banten, 15314
srip005@brin.go.id & iran001@brin.go.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 12 January 2023

Accepted 11 May 2023

Published 31 July 2023

Keywords:

Baglog

Bioenergi

Solid waste

Synthetic mushroom mycelium leather

ABSTRACT

The concept of sustainability is widely used by industry to save the environment by minimizing waste and using environmentally friendly raw materials to manage used products. One of the companies in Indonesia carries the theme of sustainability to produce synthetic leather made from mushroom mycelium called Mycelium Leather (Mylea). Each production stage produces waste, one of which is baglog waste, a medium for mushroom mycelium growth. It is important to recycle this waste into more valuable products, for example, bioenergy. This study aimed to measure Mylea waste characteristics and see its potential as bioenergy. The stages of the research included taking waste samples of fresh and used baglog from Mylea production and testing characteristics, consisting of calorific value, ultimate (carbon, hydrogen, and nitrogen), sulphur and proximate content (moisture, ash, volatile matter, and fixed carbon). The results of fresh and used baglog tests for calorific values were 3,777.93 cal/g and 3,710.98 cal/g; carbon 39.67% & 39.75%; hydrogen 6.70% & 6.65%; nitrogen 0.82% & 0.83%; sulphur 0.19% & 0.13%; moisture 12.80% & 12.56%; ash 3.5% & 4.27%; volatile matter 81.81% & 79.88%; fixed carbon 14.62% & 15.85%. Based on these results, Mylea baglog waste biomass still has low quality and needs to meet the standards to be used as solid fuel. Improving the quality of baglog waste can be done by briquetting. Baglog waste biomass with low results will be more effective for liquid fuels such as bio-oil.

INFORMASI ARTIKEL

Histori artikel:

Diterima 12 Januari 2023

Disetujui 11 Mei 2023

Diterbitkan 31 Juli 2023

Kata kunci:

Baglog

Bioenergi

Limbah padat

Kulit sintetis miselium jamur

ABSTRAK

Konsep *sustainability* telah banyak digunakan oleh industri sebagai upaya untuk menyelamatkan lingkungan dengan meminimalisasi limbah, penggunaan bahan baku ramah lingkungan hingga pengelolaan produk bekas pakai. Salah satu perusahaan di Indonesia mengusung tema *sustainability* untuk memproduksi kulit sintetis terbuat dari miselium jamur yang disebut dengan *Mycelium Leather* (Mylea). Setiap tahapan produksi menghasilkan limbah, salah satunya adalah limbah baglog, yakni media untuk pertumbuhan miselium jamur. Penting untuk mendaur ulang limbah tersebut menjadi produk yang lebih berguna, contohnya bioenergi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur karakteristik limbah baglog produksi Mylea dan melihat potensinya sebagai bioenergi. Tahapan penelitian mencakup pengambilan sampel *fresh* dan *used* baglog limbah produksi Mylea dan uji karakteristik, yang terdiri dari atas nilai kalor, *ultimate* (karbon, hidrogen dan nitrogen), kadar sulfur dan proksimat (kadar air, kadar abu, *volatile matter* dan *fixed carbon*). Hasil pengujian *fresh* dan *used* baglog untuk nilai kalor yaitu 3.777,93 cal/g dan 3.710,98 cal/g; kadar karbon 39,67% & 39,75%; kadar hidrogen 6,70% & 6,65%; kadar nitrogen 0,82% & 0,83%; kadar sulfur 0,19% & 0,13%; kadar air 12,80% & 12,56%; kadar abu 3,5% & 4,27%; *volatile matter* 81,81% & 79,88%; *fixed carbon* 14,62% & 15,85%. Berdasarkan hasil tersebut, biomassa dari limbah baglog Mylea masih memiliki kualitas rendah dan belum memenuhi standar untuk dijadikan bahan bakar padat. Peningkatan kualitas limbah baglog dapat dilakukan dengan pembriketan. Biomassa limbah baglog dengan hasil uji yang rendah akan lebih efektif untuk bahan bakar cair contohnya *bio-oil*.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sustainability atau keberlanjutan menjadi istilah populer beberapa tahun belakang sebagai gerakan untuk menyelamatkan lingkungan. *Sustainable development* secara umum adalah suatu pembangunan yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat sebagai proses yang memanfaatkan sumber daya dan arah pembangunan untuk menguatkan potensi masa kini dan masa yang akan datang. *Sustainable development* bersinggungan langsung dengan pelestarian dan pengendalian lingkungan, ekonomi serta sosial yang akan menyejahterakan manusia. Konsep *sustainability* banyak dipakai di berbagai industri, salah satunya adalah industri *fashion* dan tekstil (Yuafni et al., 2022).

Industri *fashion* dan tekstil mulai mempopulerkan konsep *sustainable fashion* sebagai upaya untuk menjaga lingkungan dari bahaya limbah yang tidak dapat terurai hingga limbah yang membahayakan kehidupan manusia. Industri *fashion* menyumbang 92 juta ton limbah dan 10% emisi karbon dioksida setiap tahunnya. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan cair yang berasal dari bahan baku produksi hingga produk jadi serta emisi gas rumah kaca yang dikeluarkan dapat mencemari lingkungan. Maka dari itu, *sustainable fashion* menitikberatkan pada pemakaian bahan baku yang ramah lingkungan, meminimalisasi limbah, pengolahan limbah sisa produksi, hingga pengolahan produk bekas pakai (Kulsum, 2020; Nyika & Dinka, 2022; Yuafni et al., 2022).

Kulit atau bulu hewan umumnya menjadi bahan utama pembuatan kain kulit atau material *fashion* lainnya. Penggunaan hewan sebagai bahan utama industri *fashion* tidak ramah lingkungan dan dapat menyumbang emisi gas rumah kaca yang cukup tinggi. Sebagai gantinya, dibutuhkan kulit pengganti atau kulit imitasi yang menyerupai kulit hewan (Jones et al., 2021). Salah satu perusahaan *start-up* asal Indonesia telah memproduksi kulit sintetis dari miselium jamur atau *Mycelium Leather* (Mylea). Perusahaan ini mengusung tema *sustainable production* yaitu produksi memakai bahan dasar yang ramah lingkungan, menurunkan potensi *global warming*, menurunkan potensi toksisitas bagi manusia akibat produksi, menggunakan bahan kimia yang tidak berbahaya, pengelolaan air hingga memanfaatkan kembali sisa-sisa dan limbah bekas produksi untuk menyelamatkan lingkungan (Mycotech Lab, 2021; Viniani et al., 2022).

Miselium jamur adalah bagian vegetatif dari jamur yang berwarna coklat keputihan, memiliki cabang, serat dan berbahan komposit alami. Miselium terdiri atas benang halus yang disebut hifa (Raman et al., 2022; Viniani et al., 2022). Pembuatan kulit sintetis dari jamur melewati berbagai tahapan mulai dari bahan mentah hingga menjadi lembar Mylea. Setiap tahapan produksi Mylea memiliki bahan dasar dan limbah yang dikeluarkan, salah satunya adalah baglog atau media pertumbuhan jamur. Sisa baglog yang sudah tidak terpakai baik sebelum dan sesudah pertumbuhan jamur dapat dimanfaatkan menjadi produk lain serta dapat menambah nilai guna (Tranggono et al., 2021). Baglog memiliki kandungan gas metana (CH₄) dari proses kimiawi miselium jamur, hal ini menandakan bahwa masih terdapat kandungan energi dari material organik yang berpotensi untuk dijadikan

bahan bakar alternatif atau bioenergi (Irawati et al., 2017; Tranggono et al., 2021).

Karakteristik dari limbah baglog Mylea perlu diteliti lebih lanjut untuk mengetahui kandungan yang terdapat dalam limbah baglog. Pengetahuan mengenai karakteristik ini sebagai upaya melihat potensi limbah baglog untuk dijadikan bioenergi, sehingga limbah yang dihasilkan dari produksi Mylea dapat dimanfaatkan menjadi produk yang lebih berguna.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menguji karakteristik limbah baglog Mylea agar dapat diketahui potensinya sebagai bioenergi.

2. METODE

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan dari bulan September sampai dengan November 2022 yang berlangsung di beberapa Laboratorium di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), yaitu Laboratorium Bioteknologi Industri Agro dan Biomedika (Laptiab), Laboratorium Bahan Bakar dan Rekayasa Desain, serta Laboratorium Karakteristik Lanjut I Kimia, yang berlokasi di Kawasan Sains dan Teknologi (KST) B.J Habibie, Serpong.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu *Bomb Calorimeter* IKA C6000 dan alat pendukungnya, *CHN Analyzer* (Leco CHN628) dan alat pendukungnya, *Sulphur Analyzer* (Leco TruSpec Sulphur), komputer, tungku, timbangan analitik, wadah *ceramic boat*, *quartz dish*, mesin tanur, desikator, oven, sudip, cawan porselen keramik, cawan porselen platinum, dan pinset. Bahan yang diperlukan adalah sampel *fresh* dan *used* baglog dari mitra, benang katun khusus, kawat nikrom dan *aluminium foil cup* tipe 502-186.

2.3 Prosedur Penelitian

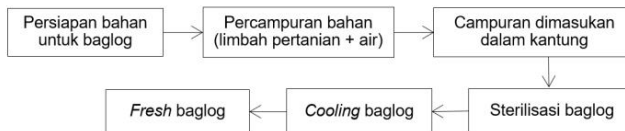
2.3.1 Sample Baglog

Secara umum, bahan penyusun baglog utamanya adalah limbah pertanian seperti serbuk kayu, dedak halus, kalsium karbonat (CaCO₃), isolat jamur dan lainnya (Reyeki, 2013). Isolat jamur yang digunakan untuk produksi Mylea adalah *Ganoderma lucidum*. Sampel baglog diperoleh dari laboratorium produksi Mylea di kawasan Lembang, Bandung, berupa kumpulan serbuk baglog dari 2 minggu hingga 1 bulan produksi dan tiap sampel diambil sebanyak 1 kg. Sampel yang telah diperoleh, disimpan di suhu ruang dan dalam keadaan tidak lembap. Sampel baglog yang digunakan terdiri atas *fresh baglog* dan *used baglog*:

- a. *Fresh* baglog adalah baglog sebelum ditumbuhkan miselium jamur yang sudah dikeringkan, ditunjukkan pada Gambar 1. *Fresh* baglog dibuat dari beberapa tahapan proses berdasarkan Patent No. WO 2020/136448 A1 (2020) yang terlampir pada Gambar 2.



Gambar 1. Sampel *fresh* baglog



Gambar 2. Pembuatan *fresh* baglog

- b. *Used* baglog adalah baglog sesudah ditumbuhkan miselium jamur yang sudah dikeringkan, ditunjukkan pada Gambar 3. *Used* baglog telah melewati beberapa tahapan proses berdasarkan Patent No. WO 2020/136448 A1 (2020) yang terlampir pada Gambar 4.



Gambar 3. Sampel *used* baglog



Gambar 4. Pembuatan *used* baglog

2.3.2 Sample Uji Karakteristik

Uji karakteristik yang dilakukan mencakup uji nilai kalor, *ultimate*, kadar sulfur dan proksimat. Tahapan proses uji tersebut sebagai berikut:

- a. Nilai kalor (IKA, 2019)
 Uji nilai kalor dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Industri Agro & Biomedika, KST B.J Habibie, Serpong. Pengujian diawali dengan mengeluarkan *quartz dish* dari *vessel* (bejana). Sebanyak 0,5 g sampel *fresh* dan *used* baglog ditimbang dalam *quartz dish*. Salah satu sisi ujung benang katun dikaitkan pada besi, ujung benang lainnya dimasukkan ke dalam sampel. Bejana ditutup hingga rapat dan dimasukkan ke alat *Bomb Calorimeter*.

Informasi mengenai sampel dimasukkan ke dalam komputer yang tersambung dengan alat. Proses pembakaran dimulai pada suhu awal 22 °C. Proses pembakaran ditunggu hingga selesai kurang lebih 12 menit. Nilai kalor (cal/g) akan tertera di komputer beserta perubahan suhu (Δt).

- b. *Ultimate* (C, H, N) (LECO Corporation, 2016)
 Uji *ultimate* atau uji kadar karbon (C), hidrogen (H) dan nitrogen (N) dilakukan di Laboratorium Karakteristik Lanjut I Kimia, KST B.J Habibie, Serpong. Pengujian diawali dengan penimbangan berat sampel sebanyak 0,06 g *fresh* dan *used* baglog dalam *aluminium foil cup* tipe 502-186 lalu dibungkus rapat. Informasi mengenai sampel diisi pada komputer yang disambungkan dengan alat CHN Analyzer. Sampel dimasukkan ke pelat berlubang pada alat dan proses pembakaran dimulai pada suhu 950 °C – 1050 °C. Proses pembakaran ditunggu hingga selesai. Kadar C, H dan N (%) akan tertera pada komputer.
- c. Kadar Sulfur (ASTM International, 2019d)
 Uji kadar sulfur dilakukan di Laboratorium Bahan Bakar dan Rekayasa Desain, KST B.J Habibie, Serpong. Pengujian diawali dengan penstabilan alat Sulphur Analyzer menggunakan blangko. Metode yang digunakan adalah ASTM D4239. Setelah alat stabil, sebanyak 0,26 g sampel *fresh* dan *used* baglog ditimbang dalam wadah *ceramic boat*. Informasi mengenai sampel diisi pada komputer yang tersambung dengan alat. Sampel dimasukkan ke dalam alat yang telah bersuhu 1.350 °C dan siap untuk dibakar. Setelah pembakaran, kadar sulfur (%) akan tertera pada komputer.
- d. Proksimat
 Uji proksimat dilakukan di Laboratorium Bahan Bakar dan Rekayasa Desain, KST B.J Habibie, Serpong. Uji proksimat terdiri atas uji kadar air, kadar abu, *volatile matter* dan *fixed carbon*. Tahapan pengujian sebagai berikut:

- 1) Kadar air (ASTM International, 2019c)
 Uji kadar air dilakukan menggunakan metode ASTM D3173. Pengujian diawali dengan memanaskan cawan porselen keramik kosong dalam oven selama 15–30 menit dan setelah itu ditimbang. Sampel *fresh* dan *used* baglog ditimbang dalam cawan porselen yang telah dipanaskan sebanyak 1 g. Cawan yang telah berisi sampel dikeringkan dalam oven dengan suhu 104–110 °C selama satu malam. Sampel dikeluarkan dari oven dan dimasukkan ke desikator. Penimbangan dilakukan setelah sampel mencapai suhu ruang.
- 2) Kadar abu (ASTM International, 2019b)
 Uji kadar abu dilakukan menggunakan metode ASTM D3174. Pengujian diawali dengan memanaskan cawan porselen keramik kosong dalam oven selama 15–30 menit dan setelah itu ditimbang. Sampel *fresh* dan *used* baglog ditimbang sebanyak 1 g dalam cawan porselen yang telah dipanaskan. Sampel dimasukkan dalam mesin tanur apabila mesin tanur sudah mencapai suhu 450–500 °C dan dibakar selama 6 jam. Sampel yang

sudah kering dimasukkan dalam desikator dan ditimbang.

- 3) *Volatile matter* (ASTM International, 2019e)
 Uji *volatile matter* dilakukan menggunakan metode ASTM D3175. Pengujian diawali dengan menimbang cawan porselen platinum kosong. Sampel *fresh* dan *used* baglog ditimbang sebanyak 1 g di dalam cawan porselen platinum dan ditutup rapat. Cawan porselen dikaitkan dengan kawat nikrom dan dimasukkan dalam tungku. Pembakaran dilakukan pada suhu 950 °C. Setelah dibakar, cawan dikeluarkan dari tungku dan dimasukkan dalam desikator. Sampel ditimbang setelah mencapai suhu ruang.
- 4) *Fixed carbon* (ASTM International, 2019a)
 Uji *fixed carbon* dilakukan menggunakan metode ASTM D3172. Pengujian merujuk pada hasil yang didapat dari uji kadar air, kadar abu dan *volatile matter*. Kadar *fixed carbon* didapat dari rumus:

$$\text{Fixed carbon (\%)} = 100 - (\% \text{ kadar air} + \% \text{ kadar abu} + \% \text{ volatile matter}) \dots\dots\dots (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengukur biomassa limbah *fresh* dan *used* baglog jamur produksi kulit *Mylea* menggunakan uji nilai kalor, *ultimate* (karbon, hidrogen, nitrogen), kadar sulfur dan proksimat (kadar air, kadar abu, *volatile matter* dan *fixed carbon*). Hasil keseluruhan uji dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil keseluruhan uji

No	Jenis Uji	<i>Fresh Baglog</i>	<i>Used Baglog</i>
1	Nilai kalor (cal/g)	3.777,93	3.710,98
2	Karbon (%)	39,67	39,75
3	Hidrogen (%)	6,70	6,65
4	Nitrogen (%)	0,82	0,83
5	Kadar sulfur (%)	0,19	0,13
6	Kadar air (%) *	12,80	12,56
7	Kadar abu (%) **	3,57	4,27
8	<i>Volatile matter</i> (%) **	81,81	79,88
9	<i>Fixed carbon</i> (%) **	14,62	15,85

Ket: * = as determined adalah sampel diuji apa adanya (tanpa koreksi).
 ** = dry basis adalah sampel sudah dikoreksi oleh kadar air (kadar air 0%).

3.1 Nilai Kalor (cal/g)

Nilai kalor adalah pengukuran yang digunakan untuk menentukan kandungan energi atau total panas pada biomassa akibat proses pembakaran yang melibatkan oksigen. Sampel biomassa dibakar menggunakan alat *bomb calorimeter* untuk mengetahui kandungan energi dan efek pembakarannya. Efek pembakaran yang dihasilkan berupa kenaikan temperatur pada bejana dan air di sekitarnya. Kandungan energi biomassa dapat menentukan pemanfaatan biomassa tersebut sebagai energi alternatif (Nurhilal et al., 2017).

Berdasarkan Tabel 1, nilai kalor *fresh* baglog yaitu 3.777,93 cal/g dan *used* baglog yaitu 3.710,98 cal/g. Merujuk pada SNI 8021:2014, nilai kalor minimum untuk dijadikan bioenergi adalah 4.000 cal/g. Hasil nilai kalor *fresh* dan *used* baglog berada di bawah nilai minimum. Rendahnya nilai kalor utamanya dipengaruhi oleh kadar proksimat. Menurut Kurniawan & Syukron (2019), kadar abu yang tinggi akan menurunkan nilai kalor. Biomassa baglog yang sudah ditumbuhi jamur mempunyai kandungan selulosa yang telah mengalami perubahan bentuk, dampak dari hal ini adalah percepatan perubahan biomassa tersebut menjadi abu saat pembakaran dengan suhu tinggi. Kadar abu dan air yang tinggi serta rendahnya kandungan karbon dalam *fixed carbon* akibat pembakaran akan mempengaruhi kualitasnya sebagai bioenergi (Nurhilal et al., 2017). Nilai kalor akan berbanding lurus dengan kadar proksimat. Apabila kadar proksimat memenuhi standar, nilai kalor yang dihasilkan semakin akan tinggi, maka kandungan energi yang dihasilkan untuk dijadikan bahan bakar akan semakin besar (Naibaho & Supendi, 2020).

3.2 Ultimate (%)

Pengujian *ultimate* adalah penentuan kadar dari kadar karbon (C), hidrogen (H) dan nitrogen (N). Kadar karbon dan hidrogen sebagai penentu dari nilai bahan bakar, sedangkan kadar nitrogen sebagai penentu emisi yang dikeluarkan ke lingkungan (Ahmed et al., 2021). Alat CHN Analyzer digunakan untuk menentukan kadar C, H dan N tersebut. Sampel akan dibakar pada suhu tinggi dalam aliran oksigen (O) sampai seluruh hidrogen berubah menjadi uap air (H₂O) dan karbon berubah menjadi karbon dioksida (CO₂) yang akan ditangkap oleh pendeteksi *infra red*. Kadar nitrogen akan ditangkap dalam bentuk nitrogen oksida (NO_x) melalui *Thermal Conductivity Detector* (TDC) pada alat yang sama (Siahaan, 2018).

Berdasarkan Tabel 1, kadar C yang dihasilkan untuk *fresh* dan *used* baglog masing-masing sebesar 39,67% dan 39,75%. Sedangkan kadar H yang dihasilkan *fresh* dan *used* baglog masing-masing sebesar 6,70% dan 6,65%. Berdasarkan hasil tersebut, kadar C dan H dapat terbilang rendah. Penelitian Nam et al., (2016) membahas mengenai kadar *ultimate* dari biomassa sekam padi dan tandan kosong. Kadar C dan H dari sekam padi yaitu 37,10% dan 5,76%. Di sisi lain, tandan kosong memiliki kadar C dan H sebesar 44,66% dan 7,12%. Penelitian ini menunjukkan bahwa sekam padi memiliki kadar C dan H yang masih terbilang rendah, sementara tandan kosong termasuk kadar yang mencukupi untuk dijadikan energi. Maka dari itu, minimal kadar C dan H pada biomassa untuk dijadikan energi berkisar 40% dan 7%.

Kadar C dan H dipengaruhi oleh kandungan selulosa dan lignin yang berasal dari serbuk kayu. Kadar C yang dihasilkan dalam *fresh* dan *used* baglog masih rendah dapat diakibatkan dari rendahnya kadar lignin dari serbuk kayu yang digunakan. Lignin merupakan komponen penyumbang karbon, apabila kandungan lignin tinggi maka karbon akan semakin tinggi. Kadar karbon tinggi akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi. Kadar C dan H yang rendah juga dapat disebabkan dari tingginya kandungan selulosa serbuk kayu. Selulosa yang tinggi dapat menyebabkan kadar zat terbang limbah baglog semakin tinggi (Al-Haq, 2021; Fatrawana et al., 2021; Kurniawan & Syukron, 2019).

Kadar N yang dihasilkan untuk *fresh* dan *used* baglog yaitu 0,82% dan 0,83%. Berdasarkan Maguyon-Detras *et al.*, (2020), disebutkan bahwa batas kadar N pada biomassa jerami sebesar 0,8–1,4%. Hal ini menyatakan bahwa, kadar N *fresh* dan *used* baglog masih sesuai standar. Kadar N biomassa berpengaruh pada potensi emisi yang dikeluarkan ke lingkungan. Semakin rendah kadar N maka semakin kecil dampak negatif bagi lingkungan.

3.3 Kadar Sulfur (%)

Analisis sulfur bertujuan untuk mengukur kandungan total sulfur yang ada pada biomassa, batu bara, kokas, serta bahan lainnya. Sampel akan dibakar pada suhu 1.350 °C dalam aliran oksigen. Selama pembakaran berlangsung, senyawa yang terkandung dalam sampel akan terurai dan teroksidasi menjadi sulfur oksida (SO₂). Senyawa SO₂ akan tertangkap oleh detektor dengan menyerap energi *infra red* pada panjang gelombang tertentu (ASTM International, 2019d).

Berdasarkan Tabel 1, kadar sulfur yang dihasilkan pada *fresh* dan *used* baglog adalah 0,19% dan 0,13%. Kadar sulfur sangat berpengaruh pada kualitas bahan bakar. Maka dari itu, maksimal kadar sulfur yang terkandung adalah 1% (Huseini *et al.*, 2018). Hal ini menandakan bahwa kadar sulfur biomassa baglog masih sesuai standar. Kadar sulfur diharapkan memiliki kadar yang sangat rendah, dikarenakan kandungan sulfur bertindak sebagai pengotor yang mempengaruhi kualitas bahan bakar tersebut. Kandungan sulfur pada biomassa memiliki mineral sulfat yang cepat menjadi abu saat pembakaran. Apabila kadar abu semakin tinggi, mineral dalam sulfur juga akan semakin tinggi. Hal ini akan mempengaruhi efisiensi nilai kalor, dikarenakan kalor akan membakar mineral terlebih dahulu daripada karbon. Oleh karena itu, kadar sulfur yang rendah menandakan kualitas bahan bakar yang baik (Aulia *et al.*, 2021).

3.4 Proksimat (%)

Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui potensi dan kesesuaian biomassa untuk dijadikan bahan bakar. Analisis tersebut meliputi kadar air, kadar abu, *volatile matter* dan *fixed carbon* dalam kandungan biomassa (Ahmed *et al.*, 2021). Uji kadar air dilakukan untuk menguji kandungan air yang terdapat pada biomassa dan uji kadar abu dilakukan untuk mengetahui residu senyawa akibat pembakaran. Uji *volatile matter* dilakukan untuk mengetahui zat terbang atau kandungan gas yang mudah terbakar serta uji *fixed carbon* untuk mengetahui kandungan karbon pada biomassa berupa zat padat (Aulia *et al.*, 2021; Huseini *et al.*, 2018).

Merujuk pada Tabel 1, kadar air murni berdasarkan *as determined* atau diuji apa adanya tanpa koreksi untuk *fresh* dan *used* baglog masing-masing yaitu 12,80% dan 12,56%. Hasil tersebut sedikit melampaui batas maksimal kadar air pada biomassa yaitu 12% (Fatrawana *et al.*, 2021). Kandungan air pada limbah baglog tersebut belum memenuhi standar bahan bakar. Tingginya kadar air disebabkan oleh kandungan hidrogen biomassa yang diikat oleh oksigen menjadi air. Kandungan air tersebut akan menguap ketika pembakaran, hal ini akan mengurangi nilai kalor pada biomassa tersebut. Maka dari itu, kadar air sangat menentukan kualitas pembakaran untuk bahan bakar (Rohimsyah *et al.*, 2021).

Merujuk pada Tabel 1, kadar abu yang dihasilkan berdasarkan *dry basis* atau sudah dilakukan koreksi tanpa adanya kadar air untuk *fresh* dan *used* baglog masing-masing yaitu 3,57% dan 4,27%. Berdasarkan SNI 8021:2014, batas maksimal kadar abu biomassa yang dijadikan bahan bakar adalah 1,5%. Hasil uji menandakan biomassa baglog melampaui batas tersebut (Badan Standardisasi Nasional, 2014). Kadar abu merupakan residu mineral anorganik seperti SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ dan lainnya yang tidak dapat terbakar sehingga tidak hilang selama proses pembakaran. Tingginya kadar abu menyebabkan nilai kalor semakin rendah, hal ini berdampak pada penurunan kualitas bahan bakar, memicu pembentukan kerak, hingga korosi. Berdasarkan hal tersebut, kadar abu yang lebih rendah akan lebih menguntungkan untuk dijadikan bahan bakar (Ahmed *et al.*, 2021; Aulia *et al.*, 2021; Nurhilal & Suryaningsih, 2018).

Volatile matter atau zat terbang adalah fraksi biomassa yang berubah menjadi uap ketika pembakaran. Uap yang dihasilkan berupa hidrokarbon, hidrogen, karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂) yang ada di dalam biomassa (Ahmed *et al.*, 2021). Merujuk pada Tabel 1, *volatile matter* yang dihasilkan berdasarkan *dry basis* untuk *fresh* dan *used* baglog masing-masing yaitu 81,81% dan 79,88%. Berdasarkan SNI 8021:2014, maksimal kadar *volatile matter* pada biomassa yang akan dijadikan bahan bakar yaitu 80% (Badan Standardisasi Nasional, 2014). Hal ini menunjukkan bahwa zat terbang *fresh* baglog sedikit melampaui batas maksimal, sedangkan untuk *used* baglog sedikit di bawah batas maksimal. Kandungan zat terbang seharusnya memiliki kadar yang rendah karena mempengaruhi kesempurnaan pembakaran dan intensitas api yang dihasilkan (Aulia *et al.*, 2021). Tingginya zat terbang akan menurunkan nilai kalor, hal ini dikarenakan adanya kandungan yang mudah terbakar seperti CO yang akan menghasilkan banyak asap. Banyaknya asap yang terbentuk akan menurunkan kadar karbon biomassa sehingga nilai kalor menurun (Huseini *et al.*, 2018; Nurhilal & Suryaningsih, 2018).

Fixed carbon atau karbon tetap adalah fraksi karbon pada biomassa selain fraksi abu, air dan zat terbang yang tidak terurai atau tidak membentuk gas ketika pembakaran (Dharma, 2013). Merujuk pada Tabel 1, kadar karbon tetap yang dihasilkan berdasarkan *dry basis* pada *fresh* dan *used* baglog masing-masing yaitu 14,62% dan 15,85%. Sementara itu, kadar minimal karbon tetap pada biomassa yang akan dijadikan bahan bakar adalah 16% (Fatrawana *et al.*, 2021). Hasil uji menandakan bahwa kadar karbon tetap *fresh* dan *used* baglog masih di bawah standar untuk dijadikan bahan bakar. Rendahnya karbon tetap dipengaruhi oleh tingginya kadar air murni, kadar abu dan zat terbang yang juga mengakibatkan nilai kalor semakin rendah (Nurhilal & Suryaningsih, 2018).

3.5 Limbah Baglog Mylea sebagai Bioenergi

Berdasarkan keseluruhan hasil uji limbah biomassa *fresh* dan *used* baglog, sebagian besar hasil masih belum memenuhi standar untuk dijadikan bahan bakar. Faktor utama limbah tersebut belum memenuhi standar adalah nilai kalor yang rendah. Nilai kalor berhubungan dengan rendahnya kadar karbon dan hidrogen. Rendahnya nilai kalor juga diakibatkan oleh tingginya kadar air, kadar abu dan zat terbang serta rendahnya karbon tetap. Meskipun demikian, kadar nitrogen

dan sulfur limbah biomassa baglog masih sesuai dengan standar yang ditentukan. Hal ini menandakan rendahnya dampak kadar nitrogen dan sulfur ke lingkungan. Oleh sebab itu, kualitas biomassa yang akan dijadikan bahan bakar dilihat dari kesesuaian dengan standar agar bahan bakar memiliki kualitas pembakaran yang optimal dan mengurangi dampak negatif ke lingkungan (Aulia *et al.*, 2021; Huseini *et al.*, 2018).

Belum terpenuhinya sebagian besar hasil uji sesuai dengan standar disebabkan oleh sifat kimia dari *fresh* dan *used* baglog yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Berdasarkan penelitian Hadrawi (2014), kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin pada baglog jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) atau *used* baglog pada masa inkubasi 1 bulan adalah 53,59%; 4,91% dan 25,32%. Sedangkan baglog tanpa benih jamur (*fresh* baglog) kandungannya sebesar 58,29%; 8,63% dan 28,16%. Hal ini menandakan bahwa tingginya kandungan selulosa dan hemiselulosa serta rendahnya kandungan lignin dalam baglog. Selulosa dan hemiselulosa memiliki kandungan oksigen yang tinggi, hal ini akan mengakibatkan tingginya kadar zat terbang ketika pembakaran. Kandungan lignin yang rendah akan mengakibatkan nilai kalor rendah (Fatrawana *et al.*, 2021).

Pemanfaatan limbah baglog *Mylea* belum memenuhi standar untuk dijadikan bahan bakar padat. Sebagai alternatif, limbah baglog tersebut lebih efektif untuk dijadikan bahan bakar cair salah satunya *bio-oil*. *Bio-oil* adalah bahan bakar cair berwarna hitam yang umumnya digunakan sebagai minyak bakar berbahan dasar biomassa pertanian dan industri melalui proses pirolisis. Nilai kalor yang kemungkinan dihasilkan apabila limbah baglog dijadikan *bio-oil* sekitar 4.000 cal/g. Nilai kalor ini masih terbilang rendah namun sudah mencukupi standar untuk dijadikan bahan bakar cair (Wibowo, 2013). Limbah baglog diharapkan dapat lebih efektif sebagai bahan bakar cair karena memiliki kadar zat terbang tinggi dan karbon tetap yang rendah (Ahmed *et al.*, 2021).

Peningkatan kualitas limbah baglog *Mylea* sebagai bahan bakar padat dapat dilakukan melalui beberapa cara, salah satunya adalah densifikasi atau pembriketan. Biomassa yang dijadikan briket diharapkan dapat meningkatkan nilai kalor per unit, memiliki ukuran dan kualitas yang seragam, serta menekan kadar air, sehingga nilai kalor pembakaran semakin tinggi (Syamsiro, 2016). Pembriketan biomassa limbah baglog juga didukung dengan penambahan komponen biomassa seperti limbah pertanian lain, sebagai contoh campuran ampas tebu (*Saccharum sp*) dan biji buah kepuh (*Sterculia foetida*). Penelitian Andriyono & Tjahjanti (2016), menyatakan bahwa komposisi limbah ampas tebu dan biji buah kepuh (100:50) pada pembuatan briket menghasilkan nilai kalor tertinggi yaitu 5.321 cal/g. Penelitian Sudiana *et al.* (2017), membuktikan bahwa limbah cangkang kakao (*Theobroma cacao*) juga memiliki nilai kalor yang tinggi yaitu 7.678 kkal/gr menggunakan komposisi biomassa dan perekat (5:95) dalam pembuatan briket. Kedua penelitian ini didukung dengan rendahnya kadar proksimat masing-masing nilai kalor. Berdasarkan hal ini, diharapkan penambahan komposisi lain pada limbah biomassa baglog *Mylea* dapat meningkatkan kualitasnya sebagai bahan bakar padat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, karakteristik limbah baglog *Mylea* sebagai bioenergi belum sesuai dengan standar untuk dijadikan bahan bakar padat. Hasil uji karakteristik *fresh* baglog yaitu nilai kalor 3.777,93 cal/g; karbon 39,67%; hidrogen 6,70%; nitrogen 0,82%; sulfur 0,19%; kadar air 12,80%; kadar abu 3,57%; *volatile matter* 81,81% dan *fixed carbon* 14,62%. Hasil uji karakteristik *used* baglog yaitu nilai kalor 3.710,98 cal/g; karbon 39,75%; hidrogen 6,65%; nitrogen 0,83%; sulfur 0,13%; kadar air 12,56%; kadar abu 4,27%; *volatile matter* 79,88% dan *fixed carbon* 15,85%. Biomassa limbah baglog dengan hasil kadar uji yang rendah dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar cair, sementara untuk dijadikan bahan bakar padat perlu dilakukan pembriketan dengan penambahan komposisi limbah pertanian lain agar kualitas bahan bakar semakin meningkat.

PERSANTUNAN

Terima kasih kepada Kepala Pusat Riset Sistem Produksi Berkelanjutan dan Penilaian Daur Hidup (PR SPBPDH)-Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Kepada Ibu Netty Widyastuti, Ibu Sri Peni Wijayanti, Ibu Hismiatiy Bahua dan Ibu Ira Nurhayati Djarot yang telah membimbing, memberi arahan, saran dan masukan kepada penulis. Terima kasih juga kepada Bapak Ronaldiaz Hartantyo, Ibu Lini Ariva dan Bapak Muth Syaqoful Fikri atas kerja sama yang dilakukan serta keluarga dan sahabat yang telah mendukung dan mendoakan penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, A., Bakar, M. S. A., Razzaq, A., Hidayat, S., Jamil, F., Amin, M. N., ... Park, Y.-K. (2021). Characterization and Thermal Behavior Study of Biomass from Invasive Acacia mangium Species in Brunei Preceding Thermochemical Conversion. *Sustainability*, 13(9), 5249. <https://doi.org/10.3390/su13095249>
- Al-Haq, N. H. (2021). *Pemanfaatan Limbah Baglog dengan Penambahan Biofertilizer sebagai Media Pertumbuhan Jamur Tiram Putih (Pleurotus ostreatus)*. UIN Sunan Ampel, Surabaya.
- Andriyono, H., & Tjahjanti, P. H. (2016). Analisa Nilai Kalor Briket dari Campuran Ampas Tebu dan Biji Buah Kepuh. *Seminar Nasional Dan Gelar Produk*, 483–490. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- ASTM International. (2019a). *Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM International. (2019b). *Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM International. (2019c). *Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM International. (2019d). *Standard Test Method for Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke Using High*

- Temperature Tube Furnace Combustion*. West Conshohocken: ASTM International. Retrieved from <https://www.astm.org/d4239-18e01.html>
- ASTM International. (2019e). *Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke*. West Conshohocken: ASTM International.
- Aulia, A., Farid, F., & Zahar, W. (2021). Parameter Correlation of Proximate Analysis and Ultimate Analysis of the Calorific Value of Coal. *Jurnal Pertambangan Dan Lingkungan*, 2(1), 21–30. <https://doi.org/10.31764/jpl.v2i1.4715>
- Badan Standardisasi Nasional. (2014). *Standar Nasional Indonesia (SNI) Pelet Kayu SNI 8021:2014*. Jakarta: BSN.
- Bentangan, M. A., Nugroho, A. R., Hartantyo, R., Ilman, R. Z., Ajidarma, E., & Nurhadi, M. Y. (2020). *Patent No. WO 2020/136448 A1*. Singapore: International Application Published Under The Patent Cooperation Treaty (PCT).
- Dharma, U. S. (2013). Pemanfaatan Biomassa Limbah Jamur Tiram Sebagai Bahan Bakar Alternatif Untuk Proses Sterilisasi Jamur Tiram. *TURBO*, 2(2), 17–22.
- Fatrawana, A., Setiawan, D., Novriyanti, E., Nawawi, D. S., Irmayanti, L., & Nurhikmah, N. (2021). Sifat Kimia dan Proksimat Kayu Tekan Pinus merkusii. *Journal of Science and Applicative Technology*, 5(1), 231–235. <https://doi.org/10.35472/jsat.v5i1.414>
- Hadrawi, J. (2014). *Kandungan Lignin, Selulosa, dan Hemiselulosa Limbah Baglog Jamur Tiram Putih (Pleurotus ostreatus) dengan Masa Inkubasi yang Berbeda sebagai Bahan Pakan Ternak*. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Huseini, F., Solihin, & Pramusto. (2018). Kajian Kualitas Batubara Berdasarkan Analisis Proksimat, Total Sulfur dan Nilai Kalor Untuk Pembakaran Bahan Baku Semen di PT. Semen Padang Kelurahan Batu Gadang Kecamatan Lubuk Kilangan Kota Padang Provinsi Sumatera Barat. *Prosiding Teknik Pertambangan*, 668–677. Bandung: Universitas Islam Bandung.
- IKA. (2019). *IKA C 6000 Global Standards*. Germany: IKA-Werke.
- Irawati, D., Pradipta, N. N., & Sutapa, J. P. G. (2017). Usaha Pemanfaatan Limbah Budidaya Jamur sebagai Bahan Baku Pembuatan Briket di Kelompok Tani Jamur Sedyo Lestari Desa Argosari Kecamatan Sedayu, Bantul. *Indonesian Journal of Community Engagement*, 2(2), 175–188.
- Jones, M., Gandia, A., John, S., & Bismarck, A. (2021). Leather-like material biofabrication using fungi. *Nature Sustainability*, 4(1), 9–16. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00606-1>
- Kulsum, U. (2020). Sustainable Fashion as The Early Awakening of the Clothing Industry Post Corona Pandemic. *International Journal of Social Science and Business*, 4(3), 422–429.
- Kurniawan, F. A., & Syukron, A. A. (2019). Karakteristik Briket Bioarang dari Campuran Limbah Baglog Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*) dan Sekam Padi. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 9(2), 76–83.
- LECO Corporation. (2016). *Determination of Carbon, Hydrogen, and Nitrogen in Biomass*. Michigan: LECO Corporation. Retrieved from https://eu.leco.com/images/Analytical-Application-Library/CHN628_BIOMASS_203-821-510.pdf
- Maguyon-Debras, M. C., Migo, M. V. P., Hung, N. Van, & Gummert, M. (2020). Thermochemical Conversion of Rice Straw. In *Sustainable Rice Straw Management* (pp. 43–64). Switzerland: Springer Nature Switzerland.
- Mycotech Lab. (2021). Sustainability Report . Retrieved October 16, 2022, from <https://mycl.bio/sustainability>
- Naibaho, N. M., & Supendi. (2020). Pengaruh Metode Karbonisasi terhadap Profil Fisik dan Kimia Briket dari Limbah Baglog Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*). *Buletin LOUPE*, 16(1), 46–53.
- Nam, S. B., Park, Y. S., Kim, D. J., & Gu, J. H. (2016). Torrefaction Reaction Characteristic of Various Biomass Waste on Pilot Scale of Torrefaction Reaction System. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 890–894. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.044>
- Nurhilal, O., Setianto, & Suhanda, A. (2017). Desain Kalorimeter Bomb Biomassa dengan Metode Oksigen Dinamik. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 1(2), 21–27.
- Nurhilal, O., & Suryaningsih, S. (2018). Pengaruh Komposisi Campuran Sabut dan Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Kalor Biobriket dengan Perikat Molase. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 2(1), 8–14.
- Nyika, J., & Dinka, M. (2022). Sustainable management of textile solid waste materials: The progress and prospects. *Materials Today: Proceedings*, 62(6), 3320–3324. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.241>
- Raman, J., Kim, D.-S., Kim, H.-S., Oh, D.-S., & Shin, H.-J. (2022). Mycofabrication of Mycelium-Based Leather from Brown-Rot Fungi. *Journal of Fungi*, 8(3), 317. <https://doi.org/10.3390/jof8030317>
- Reyeki, S. (2013). *Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Sengon (Albizia falcataria) dan Bekatul Sebagai Media Tanam Budidaya Jamur Tiram Putih (Pleurotus ostreatus) dengan Penambahan Serbuk Sabut Kelapa (Cocos nucifera)*. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Rohimsyah, F. M., P.P, A. W. yusariarta, Tanjung, R. A., Simatupang, A., Hasanah, I. N., Safutra, M. R., ... Asyrofi, A. (2021). Pelatihan Pembibitan Jamur Tiram dan Metode Pemasaran Di Kelurahan Baru Ulu. *Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 1–8.
- Siahaan, T. (2018). *Pembuatan Syngas Menggunakan Updraft Gasifier dari Limbah Cangkang Kelapa Sawit (CKS) dan Kulit Kopi (KK)*. UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Sudiana, N. I., Lestari, L., Zamrun F, M., Koedoes, Y. A., Sandra, G. E., Biringgalo, Y., ... Safitri, E. (2017). Pembuatan Briket Energi Tinggi Dari Cangkang Kakao yang Diaktivasi dengan Mikrowave. *Jurnal Aplikasi*

- Fisika*, 13(1), 27–31.
- Syamsiro, M. (2016). Peningkatan Kualitas Bahan Bakar Padat Biomassa Dengan Proses Densifikasi Dan Torrefaksi. *Jurnal Mekanika Dan Sistem Termal (JMST)*, 1(1), 7–13.
- Tranggono, D., Pramitha, A. O., Sholikhah, A. M., Fandillah, G. A., Sugiharto, N. O., & Achmad, Z. A. (2021). Pemanfaatan Limbah Baglog Jamur Tiram Putih Menjadi Briket yang Bernilai Ekonomis Tinggi. *JABN*, 2(1), 1–17. <https://doi.org/10.33005/jabn.v2i1.33>
- Viniani, P., Abdurrahman, S., & Azhar, H. (2022). Reduce mycelium leather (Mylea) waste from Mycotech Lab Indonesia into fashion accessories. In *Embracing the Future: Creative Industries for Environment and Advanced Society 5.0 in a Post-Pandemic Era* (pp. 193–198). London: Routledge. <https://doi.org/10.1201/9781003263135-39>
- Wibowo, S. (2013). Karakteristik Bio-Oil Serbuk Gergaji Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) Menggunakan Proses Pirolisis Lambat. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 31(4), 258–270.
- Yuafni, Sari, G. P., & Arief, D. R. (2022). Transformasi Ragam Hias Kawung Kedalam Desain Bentuk Pola Modul Untuk Digunakan Pada Proses Pembuatan Produk Kulit Dengan Mendayagunakan Perca Kulit Menggunakan Teknik Modular Interlocking. *Berkala Penelitian Teknologi Kulit, Sepatu, Dan Produk Kulit Politeknik ATK Yogyakarta*, 21(1), 56–67.