



Pengaruh Komposisi dan Jenis Perekat Briket Campuran *Baglog* Jamur Tiram dan Ampas Tahu Terhadap Nilai *Proximate*, Nilai Kalor, dan Laju Pembakaran

The Effect of Composition and Type of Adhesive in Mixed Briquettes of Oyster Mushroom Baglog and Tofu Waste on Proximate Value, Calorific Value, and Combustion Rate

Indriyanto^{1,a)}, Trisma Jaya Saputra¹, Nurmala Dyah Fajarningrum¹, Rany Puspita Dewi¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

^{a)}Corresponding author: syahlan.indriyanto@students.untidar.ac.id

Abstrak

Keterbatasan sumber energi fosil telah mendorong upaya pengembangan energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu solusi yang potensial adalah pemanfaatan limbah organik, seperti *baglog* jamur tiram dan ampas tahu, sebagai bahan baku pembuatan briket biomassa. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi komposisi kedua limbah tersebut dengan penggunaan perekat tepung tapioka dan *molase* terhadap mutu briket, yang meliputi, kadar air, kadar abu, zat terbang, karbon terikat, nilai kalor, dan laju pembakaran. Tahapan penelitian meliputi proses karbonisasi, pencampuran bahan dengan perekat 10%, pencetakan, serta pengujian laboratorium. Variasi bahan yang digunakan terdiri atas perbandingan 25:75, 50:50, dan 75:25. Hasil terbaik diperoleh pada campuran 25% *baglog* jamur tiram dan 75% ampas tahu menggunakan perekat tapioka, yang menghasilkan nilai kalor sebesar 5.094,07 kal/gram, karbon terikat 59,73%, dan laju pembakaran stabil sebesar 0,122 g/menit. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi bahan tersebut telah memenuhi sebagian parameter mutu SNI, khususnya nilai kalor dan kadar air dan berpotensi dikembangkan sebagai sumber energi alternatif yang efisien, ekonomis, dan berkelanjutan bagi kebutuhan masyarakat di masa mendatang.

Kata Kunci: ampas tahu; *baglog* jamur tiram; briket biomassa; energi alternatif; perekat

Abstract

The limited availability of fossil fuels has prompted efforts to develop environmentally friendly and sustainable alternative energy sources. One potential solution is the use of organic waste, such as oyster mushroom baglog and tofu pulp, as raw materials for biomass briquettes. This study aims to analyze the effect of variations in the composition of these two types of waste with the use of tapioca flour and molasses as binders on the quality of briquettes, which includes calorific value, moisture content, ash content, volatile matter, fixed carbon, and combustion rate. The research stages include carbonization, mixing the materials with 10% binder, molding, and laboratory testing. The variations in materials used consisted of ratios of 25:75, 50:50, and 75:25. The best results were obtained from a mixture of 25% oyster mushroom baglog and 75% tofu pulp using tapioca adhesive, which produced a calorific value of 5,094.07 cal/gram, 59.73% fixed carbon, and a stable burning rate of 0.122 g/minute. This study concludes that the combination of these materials has met some of the SNI quality parameters, especially the calorific value and water content and has the potential to be developed as an efficient, economical, and sustainable alternative energy source for future community needs.

Keywords: tofu pulp; oyster mushroom baglog; biomass briquettes; alternative energy; adhesive

PENDAHULUAN

Energi memiliki peran fundamental dalam mendukung seluruh aktivitas manusia, baik di sektor rumah tangga maupun industri. Ketergantungan yang tinggi terhadap

sumber energi fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara kini menimbulkan permasalahan serius karena sifatnya yang tidak terbarukan dan ketersediaannya yang terus menurun [1]. Sementara itu, peningkatan jumlah penduduk dan pesatnya pertumbuhan ekonomi turut

memperbesar kebutuhan energi, sehingga memperlebar kesenjangan antara permintaan dan ketersediaan energi nasional [2]. Situasi ini mendorong perlunya pengembangan sumber energi alternatif yang lebih berkelanjutan, efisien, dan terjangkau, salah satunya melalui pemanfaatan briket biomassa sebagai solusi energi ramah lingkungan dan bernilai ekonomi.

Briket merupakan salah satu bentuk bahan bakar padat yang dihasilkan melalui proses pemadatan limbah organik dan mampu menghasilkan energi panas tinggi dengan emisi yang rendah. Pemanfaatan biomassa sebagai bahan baku briket tidak hanya membantu mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, tetapi juga berperan dalam pengelolaan limbah organik yang melimpah di sektor agroindustri [3]. Di antara berbagai jenis biomassa, limbah *baglog* jamur tiram dan ampas tahu memiliki potensi yang menjanjikan. *Baglog* jamur tiram mengandung selulosa dan lignin dalam kadar tinggi serta tersedia melimpah sepanjang tahun [4]. Sementara itu, ampas tahu memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi dan nilai kalor yang baik, sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan [5]. Meski demikian, perbedaan sifat fisik dan kimia kedua bahan tersebut menjadi tantangan dalam menghasilkan briket yang memenuhi standar mutu, sehingga diperlukan kombinasi komposisi yang tepat. Selain bahan utama, jenis perekat juga berpengaruh terhadap mutu fisik dan [5] termal briket. Tepung tapioka memiliki daya rekat tinggi serta mudah diperoleh [6], sedangkan *molase* sebagai hasil sampingan industri gula dikenal efektif dan ekonomis sebagai bahan perekat [7].

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh variasi komposisi antara *baglog* jamur tiram dan ampas tahu terhadap karakteristik *proximate*, nilai kalor, serta laju pembakaran briket biomassa. Selain itu, penelitian ini juga mengkaji pengaruh penggunaan dua jenis perekat, yaitu tepung tapioka dan molase, terhadap karakteristik briket yang dihasilkan. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman empiris yang dapat mendukung pengembangan teknologi briket biomassa yang lebih efisien, berkelanjutan, serta sesuai dengan standar mutu nasional, sehingga berkontribusi terhadap pemanfaatan energi alternatif yang ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimental untuk memperoleh data nyata melalui pengujian di laboratorium. Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu pada [Gambar 1](#) [Gambar 2](#) [Gambar 3](#) [Gambar 4](#) [Gambar 5](#):

1. *Baglog* jamur tiram



Gambar 1. Baglog jamur tiram

2. Ampas tahu



Gambar 2. Ampas tahu

3. *Molase*



Gambar 3. Molase

4. Tapioka



Gambar 4. Tapioka

5. Air



Gambar 5. Air

Alat yang digunakan pada proses pembuatan briket yaitu pada [Gambar 6](#) [Gambar 7](#) [Gambar 8](#) [Gambar 9](#) [Gambar 10](#) :

1. *Furnace*



Gambar 6. *Furnace*

2. *Press hidrolik*



Gambar 7. *Press hidrolik*

3. *Cetakan briket*



Gambar 8. *Cetakan briket*

4. *Timbangan digital*



Gambar 9. *Timbangan digital*

5. *Oven*



Gambar 10. *Oven*

Alat yang digunakan pada proses pengujian nilai proximate, nilai kalor dan laju pembakaran yaitu pada [Gambar 11](#) [Gambar 12](#) [Gambar 13](#) :

1. *Drying Oven*



Gambar 11. *Drying Oven*

2. *Muffle Furnace*



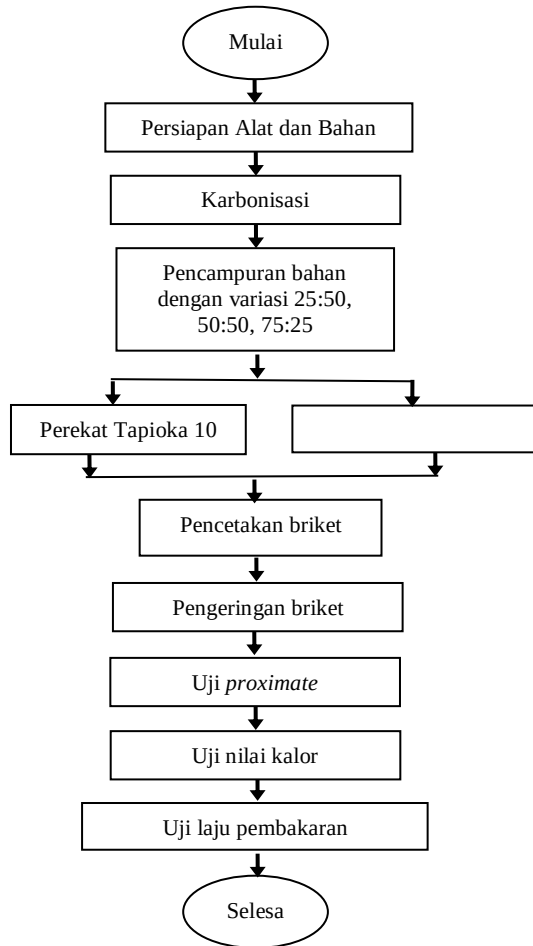
Gambar 12. *Muffle Furnace*

3. *Bomb Calorimeter*



Gambar 13. *Bomb Calorimeter*

Tahapan pelaksanaan penelitian ini dapat diperhatikan pada [Gambar 14](#).



Gambar 14. Diagram alir tahapan penelitian

Kondisi proses

Proses pembuatan briket dilakukan dengan variasi komposisi *baglog* jamur tiram dan ampas tahu sebesar 25:75, 50:50, dan 75:25, dengan total massa 50 gram. Perekat yang digunakan sebanyak 10% dari total bahan, terdiri atas 5 gram *molase* dan 5 gram tapioka yang dimasak dalam air (1:10) hingga kental dan transparan. Karbonisasi dilakukan pada suhu 450°C selama 30 menit, pencetakan menggunakan tekanan 35 kg/cm², dan pengeringan pada suhu 100°C selama 60 menit hingga kadar air stabil. Karakteristik fisik sampel briket dapat ditunjukkan pada [Tabel 1](#).

Tabel 1. Karakteristik fisik sampel briket

No	Komposisi BJT:AT (%)	Perekat	Berat (g)	D out (cm)	D in (cm)
1	25:75	<i>Molase</i>	52,21	5,5	1,5
2	50:50	<i>Molase</i>	51,87	5,5	1,5
3	75:25	<i>Molase</i>	51,92	5,5	1,5
4	25:75	Tapioka	52,06	5,5	1,5
5	50:50	Tapioka	51,98	5,5	1,5
6	75:25	Tapioka	52,15	5,5	1,5

Kemudian, Setiap sampel briket diuji menggunakan metode *proximate analysis* untuk menentukan kadar air berdasarkan standar ASTM D3173, kadar abu sesuai ASTM E1755, kadar zat terbang mengikuti ASTM D3175, serta kadar karbon tetap yang dihitung dari hasil pengujian tersebut. Pengujian nilai kalor dilakukan menggunakan *bomb calorimeter* dengan mengacu pada standar ASTM D5865, sedangkan laju pembakaran ditentukan melalui perbandingan massa briket sebelum dan sesudah pembakaran dalam jangka waktu tertentu. Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan standar mutu briket arang SNI 01-6235-2000 guna menentukan kombinasi bahan dan perekat terbaik yang menghasilkan kualitas briket paling optimal. Sampel briket ditampilkan pada [Gambar 15](#).

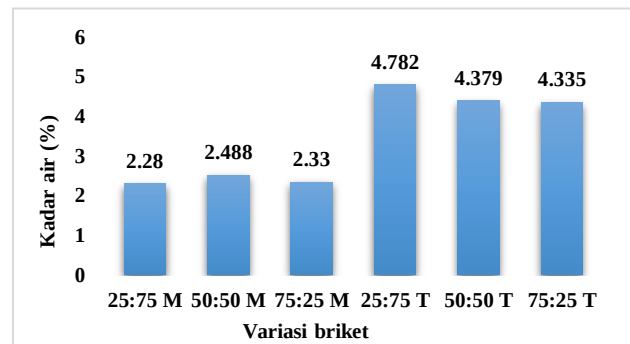


Gambar 15. Sampel briket

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air

Kadar air berpengaruh langsung terhadap nilai kalor briket, di mana semakin rendah kadar air, semakin tinggi energi panas yang dihasilkan. Berdasarkan SNI 01-6235-2000, kadar air briket tidak boleh melebihi 8%. Hasil pengujian kadar air ditampilkan pada [Gambar 16](#).



Gambar 16. Grafik hasil pengujian kadar air

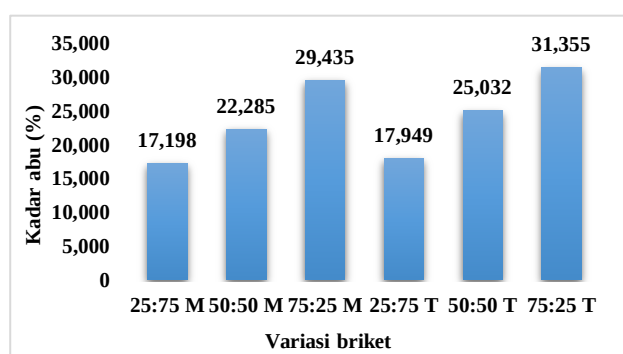
Hasil pengujian kadar air menunjukkan bahwa kadar air terendah terdapat pada komposisi 25:75 dengan perekat *molase* (2,280%), sedangkan kadar air tertinggi pada komposisi yang sama dengan perekat tapioka (4,782%). Hasil ini menunjukkan bahwa jenis perekat lebih berpengaruh terhadap kadar air dibandingkan komposisi bahan. Secara umum, *molase* menghasilkan kadar air lebih rendah, sedangkan tapioka bersifat lebih higroskopis sehingga meningkatkan kadar air. Temuan ini sejalan dengan penelitian Subodro (2021) yang menyatakan bahwa

keseimbangan antara kadar air dan sifat perekat sangat menentukan mutu akhir briket [8].

Perbedaan kadar air berkaitan dengan karakteristik fisik dari masing-masing perekat. Tepung tapioka memiliki sifat higroskopis yang tinggi sehingga mudah menyerap kelembapan udara, sedangkan *molase* cenderung lebih stabil dan tidak mudah menarik air dari lingkungan [9]. Dengan demikian, pemilihan jenis perekat menjadi aspek penting dalam menjaga kestabilan kadar air briket agar tetap sesuai dengan standar mutu yang berlaku.

Kadar abu

Abu merupakan sisa pembakaran yang tidak menghasilkan energi dan dapat menurunkan nilai kalor serta mutu briket. Sesuai SNI 01-6235-2000, kadar abu maksimum yang diizinkan adalah 8%. Hasil pengujian kadar abu ditampilkan pada [Gambar 17](#).



Gambar 17. Grafik hasil pengujian kadar abu

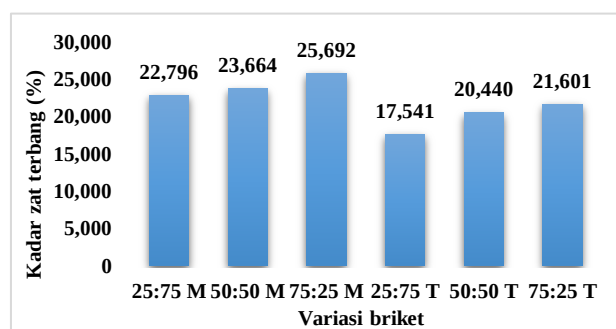
Kadar abu dalam briket dipengaruhi secara langsung oleh variasi komposisi bahan dasarnya. Pada campuran 25:75, kadar abu terendah tercatat sebesar 17,198%, disusul oleh perbandingan 50:50 dengan kadar abu 22,285%, sedangkan komposisi 75:25 menghasilkan kadar abu tertinggi mencapai 29,435%. Kadar abu yang tinggi akan membuat kualitas briket semakin rendah. Data pada [Gambar 17](#) memperlihatkan bahwa semakin besar proporsi *baglog* jamur tiram, kadar abu cenderung meningkat, sementara peningkatan ampas tahu justru menurunkannya. Hasil ini sejalan dengan penelitian Kurniawan (2019) yang melaporkan kadar abu briket arang *baglog* jamur tiram mencapai 36,20% [4], sedangkan briket ampas tahu hanya sekitar 2,295% [5]. Tingginya kadar abu pada *baglog* jamur tiram disebabkan oleh kandungan mineral anorganik seperti Ca, K, Mg, dan Si yang berasal dari bahan penyusunnya, antara lain serbuk gergaji, dedak, dan kapur [10]. Selain itu, proses budidaya jamur menyebabkan dekomposisi bahan organik, sehingga setelah karbonisasi, fraksi anorganik relatif meningkat [11].

Jenis perekat juga memengaruhi kadar abu briket. Berdasarkan [Gambar 17](#), penggunaan perekat tapioka menghasilkan kadar abu lebih tinggi dibandingkan *molase*.

Sebagai contoh, pada komposisi 50:50, kadar abu briket dengan perekat *molase* tercatat sebesar 22,285%, sedangkan dengan perekat tapioka mencapai 25,032%. Perbedaan ini disebabkan oleh residu pembakaran perekat tapioka yang lebih besar dibandingkan dengan *molase* [8].

Kadar zat terbang

Zat terbang (*volatile matter*) merupakan komponen mudah menguap yang membantu proses pembakaran, terdiri atas gas seperti CO₂, CH₄, dan hidrokarbon [12]. Berdasarkan SNI 01-6235-2000, kadar maksimal zat terbang yang diperbolehkan adalah 15%. Hasil pengujian kadar zat terbang ditampilkan pada [Gambar 18](#).



Gambar 18. Hasil pengujian kadar zat terbang

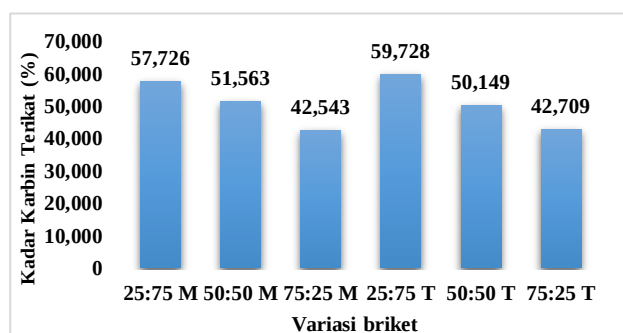
Kadar zat terbang pada briket dipengaruhi secara signifikan oleh komposisi bahan penyusunnya. Data pada [Gambar 18](#) menunjukkan bahwa campuran *baglog* jamur tiram dan ampas tahu dengan rasio 25:75 memiliki kadar zat terbang 22,796%, meningkat menjadi 23,664% pada rasio 50:50, dan mencapai 25,692% pada rasio 75:25. Pola ini menunjukkan bahwa peningkatan proporsi arang *baglog* jamur tiram meningkatkan kadar zat terbang, sedangkan peningkatan arang ampas tahu menurunkannya. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Masitah & Azkiya (2024) di mana arang ampas tahu hanya memiliki kadar zat terbang sebesar 2,05% [13], sedangkan *baglog* jamur tiram memiliki kadar zat terbang sebesar 45,54% [14]. Tingginya kadar zat terbang pada *baglog* jamur tiram terkait dengan kandungan hemiselulosa dan selulosa yang yang mana keduanya mudah terurai menjadi gas volatil saat pembakaran [15]. Selain itu, lignin dan zat ekstraktif dalam kayu juga berperan dalam pembentukan senyawa *volatile* ketika dipanaskan [16]. Faktor karbonisasi, termasuk suhu, durasi, dan jumlah udara, juga memengaruhi kadar zat terbang. Masuknya udara berlebih selama karbonisasi diduga meningkatkan volume asap [17].

Jenis perekat juga memengaruhi kadar zat terbang pada briket. Pada rasio 25:75, briket dengan *molase* memiliki kadar 22,796%, sedangkan yang menggunakan tapioka hanya 17,541%. Hal ini dapat disebabkan oleh sifat *molase*

yang lebih mudah terurai selama pembakaran, sehingga meningkatkan kandungan zat terbang pada briket [18].

Kadar karbon tetap

Karbon terikat (*Fixed carbon*) adalah fraksi karbon yang tersisa setelah air, zat terbang, dan abu dihilangkan, berperan penting dalam menentukan kualitas dan nilai kalor briket. Kadar karbon terikat pada briket ditampilkan pada Gambar 19.

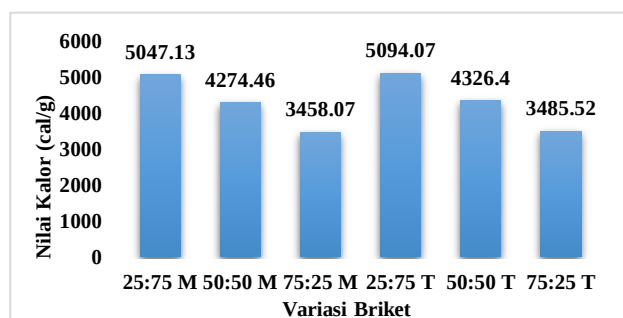


Gambar 19. Grafik hasil pengujian kadar karbon terikat

Kadar karbon terikat pada briket dipengaruhi oleh kandungan air, abu, dan zat terbang. Data pada Gambar 19. menunjukkan bahwa campuran *baglog* jamur tiram dan ampas tahu dengan rasio 25:75 memiliki karbon terikat sebesar 59,728%, rasio 50:50 tercatat 51,563%, dan rasio 75:25 hanya 42,709%. Rendahnya kadar karbon terikat pada penelitian ini terutama disebabkan oleh tingginya kandungan abu dan zat terbang, seperti terlihat pada Gambar 17 dan Gambar 18. Kondisi ini berimplikasi langsung pada nilai kalor briket, karena semakin tinggi kadar karbon terikat, semakin besar pula nilai kalor yang dihasilkan, sedangkan kadar karbon terikat yang rendah akan menurunkan nilai kalor briket [19].

Nilai kalor

Kualitas briket sangat ditentukan oleh nilai kalor yang dimilikinya. semakin tinggi nilai kalor, semakin baik mutu briket. standar SNI 01-6235-2000 menetapkan nilai kalor minimal 5000 cal/g. Hasil pengujian nilai kalor briket dapat dilihat pada Gambar 20.



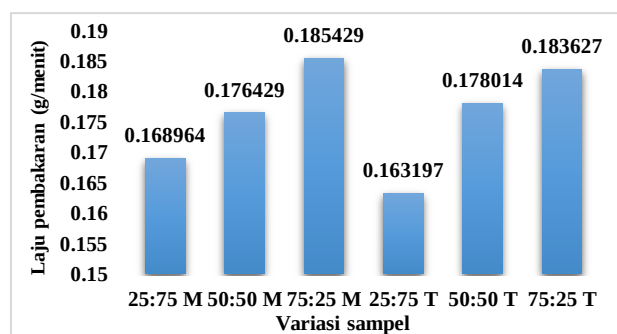
Gambar 20. Grafik hasil pengujian nilai kalor

Hasil pada Gambar 20. menunjukkan bahwa variasi komposisi bahan baku berpengaruh signifikan terhadap nilai kalor briket. Pada komposisi 25% *baglog* jamur tiram dan 75% ampas tahu, nilai kalor tertinggi dicapai sebesar 5.094,07 cal/g. Campuran seimbang 50:50 menghasilkan nilai kalor sebesar 4.326,4 cal/g, sedangkan peningkatan proporsi *baglog* jamur tiram menjadi 75:25 menyebabkan penurunan nilai kalor hingga 3.485,52 cal/g. Perbedaan ini erat kaitannya dengan kadar abu pada masing-masing sampel, di mana komposisi 75:25 memiliki kadar abu tertinggi sebesar 31,085%, sedangkan pada 25:75 hanya 17,699%. Kandungan abu yang tinggi diketahui menurunkan kemampuan bahan dalam menghasilkan energi panas, sedangkan kadar abu yang lebih rendah mampu meningkatkan efisiensi pembakaran [20].

Kadar zat terbang juga merupakan faktor penting dalam menentukan sifat briket. Pada campuran dengan rasio 75:25, kadar zat *volatile* tercatat sebesar 25,692%, sedangkan pada rasio 25:75 hanya 17,139%. Semakin tinggi kadar zat terbang, nilai kalor briket cenderung menurun, dan sebaliknya [21]. Gambar 20. menunjukkan bahwa peningkatan proporsi ampas tahu dalam campuran briket berpengaruh langsung terhadap kenaikan nilai kalor. Hal ini disebabkan oleh sifat arang ampas tahu yang memiliki kandungan karbon terikat lebih tinggi dibandingkan arang *baglog* jamur tiram. Arang ampas tahu memiliki karbon terikat hingga 83,46% [13]. Sedangkan arang *baglog* jamur tiram hanya sekitar 32,46% [14]. Kandungan karbon terikat ini juga menjadi faktor utama dalam menentukan nilai kalor briket, karena semakin besar karbon terikatnya, semakin tinggi energi panas yang dapat dihasilkan [22].

Laju pembakaran

Uji laju pembakaran briket dilakukan untuk mengukur durasi pembakaran setiap variasi briket. Hasil laju pembakaran briket dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Grafik hasil pengujian laju pembakaran

Berdasarkan Gambar 21. briket dengan perekat *molase* menunjukkan laju pembakaran sebesar 0,131 g/menit pada komposisi 25:75, 0,137 g/menit pada 50:50, dan tertinggi 0,141 g/menit pada 75:25. Pada briket dengan perekat tapioka, laju pembakaran tercatat 0,122 g/menit pada

25:75, 0,133 g/menit pada 50:50, dan 0,137 g/menit pada 75:25. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan proporsi *baglog* jamur tiram cenderung mempercepat laju pembakaran. Selain ini pada Gambar 21 menunjukkan briket dengan perekat tapioka memiliki laju pembakaran lebih lama dibanding dengan briket dengan perekat *molase* pada komposisi bahan yang sama.

Perbedaan laju pembakaran ini berkaitan erat dengan nilai kalor, kadar air, dan kadar zat terbang briket. Briket dengan nilai kalor tinggi menghasilkan panas lebih besar sehingga pembakaran berlangsung lebih cepat dan stabil [23]. Sebaliknya, kadar air yang tinggi menurunkan suhu pembakaran dan memperlambat laju pembakaran karena sebagian energi digunakan untuk menguapkan air [4]. Selain itu, kandungan zat terbang yang tinggi membuat briket lebih mudah menyala dan mempercepat proses pembakaran, karena senyawa volatil tersebut mudah menguap dan terbakar pada suhu rendah [17].

Hasil uji karakteristik briket

Mutu briket di Indonesia diatur berdasarkan SNI 01-6235-2000, yang mencakup parameter seperti kadar air, abu, zat terbang, karbon terikat, dan nilai kalor. Berdasarkan standar tersebut, karakteristik briket hasil penelitian ini digunakan untuk menilai kesesuaiannya dengan kriteria mutu nasional, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian karakteristik briket

Sampel	Nilai Kalor (cal/g)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Zat Terbang (%)	Karbon Terikat (%)
25:75 M	5047.13	2,280	17,198	22,796	57,726
50:50 M	4274.46	2,488	22,285	23,664	51,563
75:25 M	3458.07	2,330	29,435	25,692	42,543
25:75 T	5094.07	4,782	17,949	17,541	59,728
50:50 T	4326.40	4,379	25,032	20,440	50,149
75:25 T	3485.52	4,335	31,355	21,601	42,709
SNI 01-6235-2000	≥ 5000	≤ 8	≤ 8	≤ 15	≥ 69

Berdasarkan Tabel 2. briket dengan komposisi 25% *baglog* jamur tiram dan 75% ampas tahu menggunakan perekat tapioka (25:75 T) menunjukkan performa terbaik dibandingkan variasi lainnya. Formula ini menghasilkan nilai kalor tertinggi, kandungan karbon terikat terbesar, serta kadar zat terbang terendah. Seluruh sampel briket telah memenuhi standar SNI 01-6236:2000 pada parameter kadar air, namun hanya dua variasi, yaitu 25:75 M dan 25:75 T, yang memenuhi standar nilai kalor. Adapun kadar abu, zat terbang, dan karbon terikat pada sebagian besar sampel masih berada di luar batas standar. Berdasarkan hasil tersebut, komposisi 25:75 dengan perekat tapioka direkomendasikan sebagai formulasi paling potensial dalam pembuatan briket berbahan *baglog* jamur tiram dan ampas tahu.

PENUTUP

Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi komposisi bahan dan jenis perekat berpengaruh terhadap karakteristik proksimat, nilai kalor, dan laju pembakaran briket biomassa dari *baglog* jamur tiram dan ampas tahu. Komposisi dengan proporsi ampas tahu lebih banyak, khususnya 25:75 dengan perekat tapioka (25:75 T), menghasilkan performa terbaik dengan nilai kalor 5094,07 cal/g, kadar karbon terikat 59,728%, dan zat terbang terendah 17,541%. Seluruh sampel memenuhi standar SNI untuk kadar air, meskipun sebagian belum sesuai pada kadar abu dan karbon terikat. Secara umum, penggunaan perekat tapioka dan peningkatan proporsi ampas tahu mampu meningkatkan mutu dan efisiensi pembakaran, sehingga campuran 25:75 dengan perekat tapioka direkomendasikan sebagai pilihan paling efektif untuk menghasilkan briket biomassa bernilai kalor tinggi dan ramah lingkungan.

Saran

Penelitian selanjutnya perlu meninjau lebih dalam tahap karbonisasi, termasuk metode, suhu, waktu, dan alat yang digunakan, karena sangat memengaruhi kualitas briket. Optimasi jenis dan konsentrasi perekat, serta penambahan variasi biomassa, juga diperlukan untuk meningkatkan performa briket. Selain itu, pengujian tambahan seperti temperatur nyala, emisi gas buang, efisiensi panas, serta uji pemakaian pada skala rumah tangga dan industri kecil penting dilakukan. Analisis ekonomi dan keberlanjutan disarankan untuk menilai kelayakan produksi secara praktis

Ucapan Terima Kasih

Penulis dengan penuh rasa syukur memanjatkan puji dan terima kasih ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, karunia, dan kekuatan yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Atas segala petunjuk dan perlindungan-Nya, setiap proses yang dilalui dapat berjalan dengan lancar hingga tahap akhir penulisan. Ucapan terima kasih yang tulus juga penulis sampaikan kepada kedua orang tua tercinta atas kasih sayang, doa yang tiada henti, serta dukungan moral dan material yang menjadi sumber semangat dan inspirasi terbesar dalam menyelesaikan penelitian ini. Selanjutnya, penulis menyampaikan apresiasi yang mendalam kepada dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan nasihat berharga selama proses penelitian. Terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian,

serta pihak laboratorium dan lembaga terkait yang telah memberikan fasilitas dan dukungan. Segala bentuk bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, menjadi bagian penting dalam keberhasilan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Yana, N. Ibrahim, A. Afrizal Zubir, T. Zulfikar, dan A. Yulisma, "Dampak Ekspansi Biomassa sebagai Energi Terbarukan: Kasus Energi Terbarukan Indonesia," vol. VII, no. 4, hlm. 4036–4050, [Daring]. Tersedia pada: <https://www.bps.go.id/indicator/7/1808/1/intensitas->
- [2] A. S. Pramudiyanto dan S. W. A. Suedy, "Energi Bersih dan Ramah Lingkungan dari Biomassa untuk Mengurangi Efek Gas Rumah Kaca dan Perubahan Iklim yang Ekstrem," *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 1, no. 3, hlm. 86–99, Okt 2020, doi: 10.14710/jebt.2020.9990.
- [3] A. Salahudin, R. Dewi, dan R. Nurlaila, "Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Pada Industri Kusen Di Blang Pulo Menjadi Arang Briket Sebagai Sumber Energi Alternatif," *Chemical Engineering Journal Storage*, 1(2), 95, 2021.
- [4] F. Aji Kurniawan dan Ahmad Aftah Syukron *dkk.*, "Universitas Muhammadiyah Semarang Seminar Nasional Publikasi Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Karakteristik Briket Bioarang dari Campuran Limbah *Baglog* Jamur Tiram (*Pleurotus Ostreatus*) Dan Sekam Padi." [Daring]. Tersedia pada: <http://prosiding.unimus.ac.id>
- [5] B. Indrawijaya, A. Fathurrohman, dan H. Nisa, "Synthesis and Characterization Fuel Briquettes from Tofu Dregs as Alternative Energy," *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM*, 2(1), 2018.
- [6] H. Anizar, E. Sribudiani, dan S. Somadona, "Pengaruh Bahan Perekat Tapioka Dan Sagu Terhadap Kualitas Briket Arang Kulit Buah Nipah," *Perennial*, vol. 16, no. 1, hlm. 11–17, 2020, doi: 10.24259/perennial.v16i1.9159.
- [7] U. Surya Dharma, N. Rajabiah, & C. Setyadi. "Pemanfaatan Limbah Blotong Dan Bagase Menjadi Biobriket Dengan Perekat Berbahan Baku Tetes Tebu Dan Setilage". *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(1), 2017
- [8] R. Subodro, F. Ashari, S. Sutrisno, R. Pratama, dan H. A. Fadilah, "Analisa Kadar Air dan Laju Pembakaran Bahan Bakar Briket Tempurung Kelapa dengan Variasi Perekat sebagai Bahan Bakar Alternatif," *Sainteks*, vol. 21, no. 2, hlm. 151, Okt 2024, doi: 10.30595/sainteks.v21i2.22501.
- [9] A. Annas Mufti, M. Akram, Y. Lisafitri, & E. Kurnianingtyas. "Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan Analisis Variasi Jenis Perekat Tetes Tebu dan Tepung Tapioka Pada Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Menjadi Briket", [Daring]. Tersedia pada: <http://jurnalsaintek.uinsa.ac.id/index.php/alard/index>
- [10] K. B. Boadu, R. Nsiah-Asante, R. T. Antwi, K. A. Obirikorang, R. Anokye, dan M. Ansong, "Influence of the chemical content of sawdust on the levels of important macronutrients and ash composition in Pearl oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*)," *PLoS One*, vol. 18, no. 6 June, Jun 2023, doi: 10.1371/journal.pone.0287532.
- [11] C. Martín, G. I. Zervakis, S. Xiong, G. Koutrotsios, dan K. O. Strætkvern, "Spent substrate from mushroom cultivation: exploitation potential toward various applications and value-added products," 1 Desember 2023, *NLM (Medline)*. doi: 10.1080/21655979.2023.2252138.
- [12] F. Elisa Hasfianti, E. Sriningsih, D. Subhanuddin Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru Jl Panglima Batur Barat No, dan K. Selatan, "Kualitas Briket Limbah Tebangan Kayu Galam Sebagai Sumber Energi Alternatif (Briquettes Quality Made of Left Over Galam Felling Waste for Alternative Energy Sources)," vol. 37, no. 3, hlm. 223–232, 2019, doi: 10.20886/jphh.2019.37.3.223-232.
- [13] N. D. Masitah dan N. I. Azkiya, "Pemanfaatan Ampas Tahu Pada Pembuatan Briket Sebagai Bahan Bakar Alternatif," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 10, no. 3, hlm. 641–652, Sep 2024, doi: 10.33795/distilat.v10i3.6248.
- [14] N. Maria Naibaho, "Pengaruh Metode Karbonisasi terhadap Profil Fisik dan Kimia Briket dari Limbah *Baglog* Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) Effect of Carbonization Method on Physical and Chemical Profiles of Briquettes from White Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) *Baglog* Waste," vol. 16, no. 01, hlm. 46, 2020.
- [15] Y. Yuliah, S. Suryaningsih, dan K. Ulfi, "Penentuan Kadar Air Hilang dan Volatile Matter pada Bio-briket dari Campuran Arang Sekam Padi dan Batok Kelapa," *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, vol. 1, no. 1, hlm. 51–57, Feb 2017, doi: 10.24198/jiif.v1n1.7.
- [16] H. Kawamoto, "Lignin pyrolysis reactions," 1 April 2017, *Springer*. doi: 10.1007/s10086-016-1606-z.
- [17] F. K. Wulandari, R. W. Wardana, I. Setiawan, I. Koto, dan D. Parlindungan, "Kualitas Briket Arang Berbahan Baku Cangkang Kemiri (*Aleurites mollucanus*) dan Serbuk Kayu Jati (*Tectona grandis*)," *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, vol. 9, no. 2, hlm. 309, Jul 2025, doi: 10.32522/ujht.v9i2.19630.
- [18] A. C. Harlina, R. Ropiudin, dan A. M. Ritonga, "Pengaruh Komposisi Briket Biomassa Kulit Jagung Terhadap Karakteristik Briket". *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, vol. 2, no. 2, hlm. 19, Des 2021, doi: 10.20884/1.jaber.2021.2.2.4984.
- [19] N. Iskandar, S. Nugroho, dan M. F. Feliyana, "UJI Kualitas Produk Briket Arang Tempurung Kelapa

Berdasarkan Standar Mutu Sni,” *Jurnal Ilmiah Momentum*, vol. 15, no. 2, Nov 2019, doi: 10.36499/jim.v15i2.3073.

- [20] Z. A. Nasrul, L. Maulinda, F. Darma, & M. Meriatna. Pengaruh Komposisi Briket Biomassa Kulit Jagung Terhadap Karakteristik Briket. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2), 35-42, 2020.
- [21] S. Suryaningsih & Z. Zulhamdani. “Pengaruh Persentase Campuran Arang Daun Teh Dan Cangkang Kopi Terhadap Nilai Kalor, Laju Pembakaran Dan Sifat Mekanik Biobriket,” *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 11(2), 64-68, 2021.
- [22] A. Mustain, C. Sindhuwati, A. A. Wibowo, A. S. Estelita, dan N. L. Rohmah, “Pembuatan Briket Campuran Arang Ampas Tebu dan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Bakar Alternatif,” *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, vol. 5, no. 2, hlm. 100–106, Okt 2021, doi: 10.33795/jtkl.v5i2.183.
- [23] Y. Khairani Dalimuthe, Sulistyanto, D., Irham, S., Madani, T., & Rizky, T. A., “Analisis Densitas Dan Laju Pembakaran Briket Berdasarkan Komposisi Bahan Penyusun Kulit Kacang Tanah Dan Tempurung Kelapa.”