pISSN 2541-7215 eISSN 2541-7223

Tropical Animal Science, November 2026, 8(2):287-295
DOI: 10.36596/tas.v8i2.1902
Tersedia online pada https://ejournal.uby.ac.id/index.php/tas

KUALITAS FISIK DAN KIMIA BRIKET DARI LIMBAH *SLURRY* BIOGAS DENGAN LEVEL PENAMBAHAN PEREKAT TEPUNG TAPIOKA YANG BERBEDA

PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITY OF BRIQUETTES FROM BIOGAS SLURRY WASTE WITH DIFFERENT LEVELS OF TAPIOCA STARCH ADHESIVE ADDITION

Joko Priyono, Zakaria Husen Abdurrahman*, Aris Budi Prasetyo
Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Boyolali, Boyolali, Indonesia
Kampus Jl. Pandanaran No. 405, Dusun 1, Winong, Kabupaten Boyolali 57315
**E-mail korespondensi: zhabdurrahman@gmail.com*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan perekat tepung tapioka terhadap kualitas fisik dan kimia briket yang dibuat dari limbah *slurry* biogas. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Peternakan, Universitas Boyolali selama 36 hari, menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan (P0 = tanpa perekat; P1 = 1% tapioka; P2 = 3% tapioka; P3 = 5% tapioka) dan lima ulangan pada masing-masing perlakuan. Parameter yang diamati meliputi indeks kehancuran (*drop test*), kadar air, kadar abu, nilai kalor, dan laju pembakaran. Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan tepung tapioka berpengaruh sangat nyata (P<0,01) terhadap indeks kehancuran, nilai kalor, dan laju pembakaran briket. Penambahan tepung tapioka juga berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap kadar abu, namun tidak berpengaruh nyata (P>0,05) terhadap kadar air. Perlakuan terbaik diperoleh pada penambahan tepung tapioka 5% (P3), yang menghasilkan briket dengan kekuatan fisik tinggi, kadar abu rendah, nilai kalor tertinggi (9909,6 kal/gr), serta laju pembakaran terendah (0,22 g/menit), yang menunjukkan efisiensi penggunaan bahan bakar yang baik. Dengan demikian, penambahan tepung tapioka sebagai perekat efektif dalam meningkatkan kualitas briket slurry biogas dapat menjadi solusi pemanfaatan limbah ternak yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomis.

Kata kunci: *briket slurry*, tepung tapioka, nilai kalor, indeks kehancuran, perekat alami.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of adding tapioca starch as a binder on the physical and chemical quality of briquettes made from biogas slurry waste. The research was conducted at the Laboratory of the Faculty of Animal Science, Universitas Boyolali, over a period of 36 days. A Completely Randomized Design (CRD) was employed with four treatments (P0 = no binder; P1 = 1% tapioca; P2 = 3% tapioca; P3 = 5%

tapioca) and five replications per treatment. Observed parameters included drop test (mechanical durability), moisture content, ash content, calorific value, and burning rate. The results showed that the addition of tapioca starch had a highly significant effect (P<0.01) on the drop test, calorific value, and burning rate of the briquettes. It also had a significant effect (P<0.05) on ash content, but no significant effect (P>0.05) on moisture content. The best treatment was found in the addition of 5% tapioca starch (P3), which produced briquettes with high mechanical strength, lower ash content, the highest calorific value (9909.6 cal/g), and the slowest burning rate (0.22 g/min), indicating better fuel efficiency. In conclusion, tapioca starch is an effective natural binder that improves the physical and chemical properties of biogas slurry briquettes, offering an environmentally friendly and economically valuable solution for livestock waste utilization.

***Keywords**: slurry briquette, tapioca starch, calorific value, mechanical durability, natural binder*

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi yang terus meningkat mendorong pencarian alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Sementara itu, sektor peternakan menghasilkan limbah dalam jumlah besar yang belum seluruhnya dimanfaatkan secara optimal. Salah satunya adalah limbah *slurry* dari proses produksi biogas yang berasal dari fermentasi anaerobik kotoran ternak. *Slurry* yang umumnya dibuang begitu saja dapat mencemari lingkungan apabila tidak ditangani dengan baik. Padahal, limbah ini masih memiliki kandungan bahan organik yang tinggi, termasuk fraksi karbon terikat, lignoselulosa, dan senyawa volatil yang dapat meningkatkan nilai kalor setelah proses pengeringan dan pembriketan. Secara ilmiah, keberadaan karbon tetap (*fixed carbon*) dan rendahnya kadar abu setelah dikeringkan menjadikan *slurry* potensial sebagai bahan baku briket biomassa.

Beberapa penelitian melaporkan bahwa briket berbasis slurry biogas menunjukkan karakteristik energi yang cukup baik. Misalnya, penelitian menunjukkan nilai kalor briket *slurry* berkisar 3.000–4.500 kkal/kg setelah dicampur dengan bahan pengikat seperti arang sekam atau serbuk kayu serta dikeringkan pada *kadar* air <10%, dengan densitas dan ketahanan mekanik yang memenuhi standar briket biomassa. Penelitian lain melaporkan bahwa penambahan *slurry* hingga 40–60% dalam formulasi briket tidak menurunkan performa pembakaran secara signifikan, bahkan mampu menurunkan emisi asap dibandingkan dengan bahan bakar padat tradisional. Hal ini membuktikan bahwa *slurry* tidak hanya berfungsi sebagai bahan pengisi, tetapi juga sebagai sumber energi.

Dari sisi ketersediaan, potensi *slurry* sangat besar. Setiap ekor sapi potong dapat menghasilkan 15–20 kg kotoran per hari, dan sekitar 60–70% massanya akan berubah menjadi *slurry* setelah proses dalam digester. Pada skala peternakan 100 ekor sapi, diperkirakan dapat dihasilkan lebih dari 1 ton *slurry* per hari, atau sekitar 365 ton per tahun. Jika hanya 30–40% dari jumlah tersebut dimanfaatkan sebagai bahan briket, maka potensi energi yang dihasilkan sudah sangat signifikan untuk keperluan rumah tangga maupun usaha kecil. Dengan demikian, pemanfaatan limbah *slurry* menjadi briket tidak hanya mengurangi beban pencemaran, tetapi juga menciptakan sumber energi alternatif yang terbarukan, ekonomis, dan berorientasi pada pengelolaan limbah berkelanjutan.

Berbagai penelitian telah dilakukan dalam pengembangan briket biomassa dari limbah organik. Penelitian Utami *et al.* (2020), menunjukkan bahwa limbah kotoran puyuh dapat digunakan sebagai briket. Penelitian Afriani *et al*. (2017), menunjukkan bahwa briket dari limbah pertanian mampu

menghasilkan energi yang cukup efisien. Tyaska (2019), juga membuktikan bahwa penambahan perekat tepung tapioka dapat meningkatkan kekuatan fisik briket dari serbuk kayu. Sementara itu, Rahman *et al*. (2020), mengkaji efektivitas perekat alami dalam memperbaiki struktur dan daya tahan briket biomassa. Namun demikian, kajian mengenai penggunaan limbah *slurry* biogas sebagai bahan dasar briket dengan variasi konsentrasi perekat tepung tapioka masih relatif terbatas, sehingga diperlukan studi lebih lanjut untuk menjawab celah penelitian ini.

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji sejauh mana pengaruh penambahan tepung tapioka dalam berbagai konsentrasi terhadap karakteristik fisik dan kimia briket *slurry* biogas. Parameter yang diamati meliputi kekuatan mekanik (*drop test*), kadar air, kadar abu, nilai kalor, dan laju pembakaran. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh formula briket yang optimal dari segi mutu dan efisiensi pembakaran, sekaligus mendukung pemanfaatan limbah ternak secara produktif dan berwawasan lingkungan.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Dusun Sidorejo RT 10/RW 02, Desa Gedangan, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali, dan pengujian laboratorium dilakukan di Laboratorium Fakultas Peternakan, Universitas Boyolali, selama 36 hari, mulai tanggal 7 Februari hingga 15 Maret 2025.

Materi utama yang digunakan adalah limbah *slurry* biogas yang berasal dari kotoran sapi Peranakan Friesian Holstein (PFH) milik peternak lokal, yang sebelumnya telah melalui proses fermentasi anaerobik dalam digester sederhana. *Slurry* diambil dari bagian padat yang telah dikeringkan sebagian melalui penjemuran. Perekat yang digunakan adalah tepung tapioka komersial bermerek "Cap Pak Tani" (PT Tunas Murni Jaya, Klaten, Jawa Tengah). Bahan tambahan lain berupa air bersih berasal dari sumur bor setempat. Total bahan yang digunakan dalam penelitian mencakup 3,2 kg *slurry* kering, 72 g tepung tapioka, dan 4 L air.

Peralatan yang digunakan dalam proses produksi briket meliputi wajan baja tahan panas (CV Logam Jaya, Boyolali), kompor gas LPG (Rinnai 522C), cetakan briket silinder diameter 5,5 cm berbahan besi, palu penekan manual, ember plastik, saringan ukuran 60 mesh (Trisco, Bandung), timbangan digital presisi 0,0001 g (AND HL-200i, Jepang), dan oven pengering (Memmert UN55, Jerman). Pengukuran kadar abu dilakukan dengan furnace elektrik (Thermolyne 6000, USA), dan nilai kalor dianalisis menggunakan bomb calorimeter (IKA C2000, Germany).

Metode yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL**)** dengan empat perlakuan dan lima ulangan. Perlakuan terdiri atas: P0: Slurry 100% + air (tanpa perekat); P1: Slurry 100% + 1% tepung tapioka + air; P2: Slurry 100% + 3% tepung tapioka + air; dan P3: Slurry 100% + 5% tepung tapioka + air.

Prosedur pembuatan briket dimulai dengan pengeringan *slurry* hingga kadar air menurun, dilanjutkan dengan pengarangan secara terbuka menggunakan wajan panas (proses semikarbonisasi) hingga berwarna hitam kecokelatan. Slurry kemudian dihancurkan dan diayak. Perekat tepung tapioka disiapkan dengan melarutkan tepung dalam air (1:5), lalu dimasak hingga membentuk gel kental. Bahan *slurry* dan perekat dicampur merata dan dimasukkan ke dalam cetakan, lalu ditekan menggunakan palu hingga padat. Briket dijemur selama tujuh hari sebelum diuji.

Parameter yang diamati meliputi: a. Indeks kehancuran (drop test): Briket dijatuhkan dari ketinggian 1,8 m, diukur persentase massa yang hilang (ASTM D440-86); b. Kadar air: Ditentukan dengan metode oven 105°C selama 1–2 jam (AOAC, 2005); c. Kadar abu: Diukur dengan membakar sampel

dalam furnace 600–800°C hingga seluruh bahan organik hilang (AOAC, 2005); d. Nilai kalor: Dihitung menggunakan bomb calorimeter dengan rumus:

$$Q=m\times c\times \Delta TQ = m \ \times c \ \times \ \Delta TQ=m\times c\times \Delta T$$

Keterangan :

Q = nilai kalor (J),

mmm = massa air (kg),

c = kalor jenis air (4.186 J/g°C),

ΔT\Delta TΔT = perubahan suhu (°C).

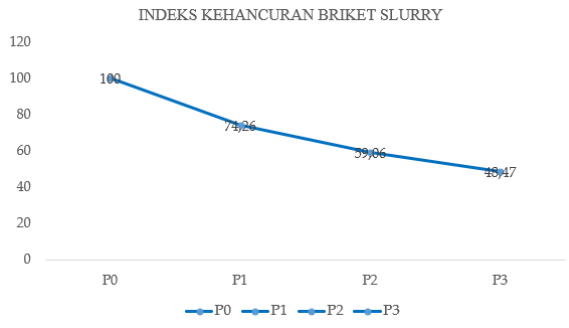
(ASTM D5865)

e.Laju pembakaran: Ditentukan dari massa briket yang terbakar per satuan waktu (g/menit) menggunakan metode Syamsiro dan Saptoadi (2007).

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan taraf signifikansi 5%. Bila terdapat perbedaan nyata antar perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) menggunakan aplikasi SPSS versi 25.0 (IBM Corp, USA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan tepung tapioka sebagai perekat dalam pembuatan briket dari limbah *slurry* biogas memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik fisik dan kimia briket, khususnya pada indeks kehancuran, kadar abu, nilai kalor, dan laju pembakaran. Sementara itu, terhadap kadar air, penambahan perekat tidak memberikan pengaruh yang nyata.



Grafik 1. Indeks Kehancuran Briket Slurry

Hasil data rata-rata 5 parameter yaitu indeks kehancuran, kadar air, kadar abu, nilai kalor, dan laju pembakaran dengan 5 ulangan, penelitian penambahan tepung tapioka terhadap briket *slurry* sebagai perekat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian

	Perlakuan			
	P0	P1	P2	P3
Indeks kehancuran	100^{d}	$74,26^{c}$	$59,06^{b}$	$48,47^{a}$
Kadar air	6,18	6,42	6,37	6,23
Kadar abu	$52,14^{b}$	$52,69^{b}$	$52,22^{b}$	$50,54^{a}$
Nilai kalor	$9327,8^{a}$	$9465,4^{b}$	$9526,6^{b}$	$9909,6^{c}$
Laju pembakaran	$0,51^{d}$	$0,40^{c}$	$0,30^{b}$	$0,22^{a}$

Keterangan: ^{a,b,c,d} superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata (P<0,01). P0 = tanpa penambahan tepung tapioka, P1 = penambahan tepung tapioka 1%, P2 = penambahan tepung tapioka 3%, P3 = penambahan tepung tapioka 5%

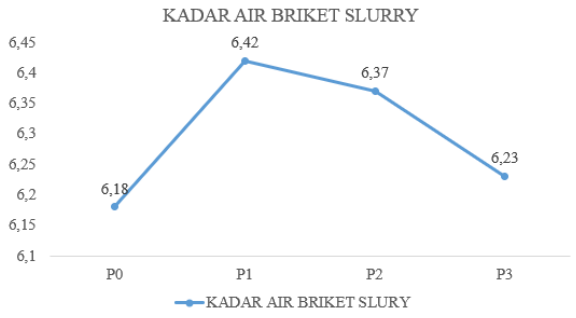
Hasil pengujian d*rop test* (indeks kehancuran) yang dilakukan pada briket dengan penambahan tepung tapioka sebagai perekat ditunjukan pada grafik 1.

Hasil uji anova menunjukkan bahwa penambahan tepung tapioka sebagai perekat briket *slurry* menunjukkan pengaruh yang sangat nyata (P< 0,01) terhadap indeks kehancuran briket *slurry*. Semakin tinggi penambahan tepung tapioka dapat menurunkan indeks kehancuran briket.

Pada penelitian diatas, pemberian tepung tapioka terhadap briket *slurry* berpengaruh sangat nyata dikarenakan tepung tapioka memiliki sifat perekat yang mampu meningkatkan kohesi antara partikel-partikel briket. Penelitian Tyaska (2019), menunjukkan semakin besar level pemberian perekat tepung tapioka maka nilai indeks kehancuran semakin kecil artinya massa yang hilang semakin sedikit. Penambahan tepung tapioka yang semakin banyak maka tingkat kerekatannya semakin tinggi. Hal ini sesuai

dengan Tamrin (2005), penelitianya terhadap briket batu bara menggunakan tepung tapioka dan tanah liat yang menyatakan bahwa semakin tinggi kosentrasi lem yang digunakan dalam pembuatan briket, maka semakin kuat briket tersebut. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan amopetin pada tepung tapioka yang mampu mengikat partikel-partikel dari briket *slurry*. Bahwa perlakuan penambahan tepung tapioka 1%, 3% dan 5% menunjukkan hasil yang tidak sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) indeks kehancuran briket nomor-01-6235-2000 yang menetapkan batas maksimal indeks kehancuran briket 1%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun perekat tepung tapioka efektif meningkatkan kekuatan briket, masih diperlukan formulasi atau metode pengolahan yang lebih optimal untuk memenuhi standar mutu nasional.

Hasil pengujian kadar air yang dilakukan pada briket *slurry* dengan penambahan tepung tapioka ditunjukkan pada Grafik 2.

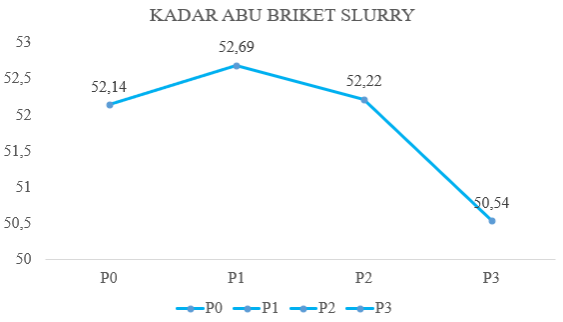


Grafik 2. Kadar Air Briket *Slurry*

Hasil uji anova menunjukkan bahwa penambahan tepung tapioka sebagai perekat briket *slurry* menunjukkan tidak berpengaruh nyata (P> 0,05) terhadap kadar air brket slurry. Pemberian tepung tapioka yang berbeda tidak berpengaruh terhadap kadar air briket slurry.

Pada penelitian di atas, penambahan tepung tapioka terhadap briket *slurry* tidak mempengaruhi kadar air briket hal ini disebabkan tepung tapioka mengandung amilopektin yang merupakan kandungan utama dalam tepung tapioka yang dapat menyerap air. Namun, kadar air briket tidak hanya dipengaruhi dari penambahan tepung tapioka, pengeringan juga pempengaruhi terhadap kadar air briket. Penelitian Andes Ismayana & Moh. Rizal Afriyanto (2019), menunjukkan adanya kecenderungan semakin banyak konsentrasi perekat yang ditambahkan pada pembuatan briket blotong, maka kadar air akan semakin meningkat. Penambahan tepung tapioka juga bukan salah satu faktor kadar air dalam briket, hal ini juga dipengaruhi dengan proses pengeringan. Hal ini sesuai dengan Sunyata (2021), yang menyatakan bahwa semakin lama pengeringan yang dilakukan maka semakin banyak air yang terbuang, sehingga kadar air briket arang yang di hasilkan semakin rendah. Bahwa perlakuan penambahan tepung tapioka 1%, 3% dan 5% menunjukkan hasil yang sesuai dengan Setandar Nasional Indonesia (SNI) kadar air nomor-01-6235-2000 yang menyatakan bahwa batas maksimal kadar air briket 8%.

Hasil pengujian kadar abu yang dilakukan pada briket *slurry* dengan penambahan tepung tapioka sebagai perekat ditunjukkan pada Grafik 3.



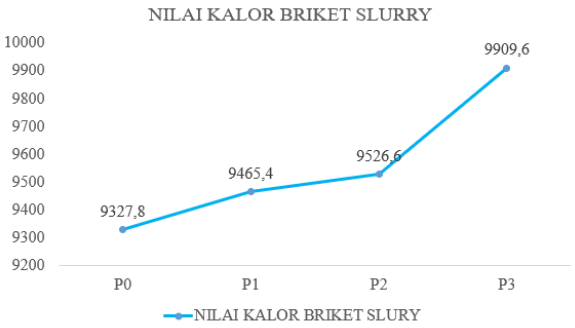
Grafik 3. Kadar Abu Briket *Slurry*

Hasil uji anova menunjukkan bahwa penambahan tepung tapioka sebagai perekat briket slurry menunjukkan pengaruh nyata (P<0,05) terhadap kadar abu briket *slurry*. Semakin banyak pemberian tepung tapioka dapat menurunkan kadar abu briket *slurry*.

Penambahan tepung tapioka kepada briket *slurry* pada penelitian ini berpengaruh nyata dikarenanakan tepung tapioka dan *slurry* memiliki tingakat kandungan bahan

anorganik seperti mineral, logam berat, dan silikat yang mempengaruhi kadar abu pada briket. Penelitian Wilasita dan Purwaningsih (2011), menyatakan bahwa tingginya kadar perekat memyebabkan kadar abu yang dihasilkan semakin tinggi karena adanya penambahan kadar abu dari tepung tapioka. Karena tepung tapioka juga mengandung kadar abu, limbah slurry juga memiliki kadar abu yang cukup tinggi. Hal ini menyebabkan faktor kadar abu tidak hanya dipengaruhi oleh tepung tapioka, tetapi juga oleh bahan briket, yaitu limbah *slurry*. Hal ini sesuai dengan Arafah & Harsono (2021) yang menyatakan bahwa tepung kanji mempunyai kandungan abu sekitar 0,36, kandungan abu pada bahan perekat tersebut yang menjadikan terdapat perbedaan antara kandungan abu pada tiap variasi konsentrasi perekat. Bahwa perlakuan penambahan tepung tapioka 1%, 3%, dan 5% tidak sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) kadar abu nomor 01-6235-2000 yang menetapkan bahwa kadar abu maksimal 8%. Kadar abu yang tinggi ini dapat berdampak negatif terhadap efisiensi pembakaran dan menghasilkan residu pembakaran yang lebih banyak, sehingga perlu dilakukan optimasi bahan baku dan proses produksi untuk menurunkan kadar abu sesuai standar.

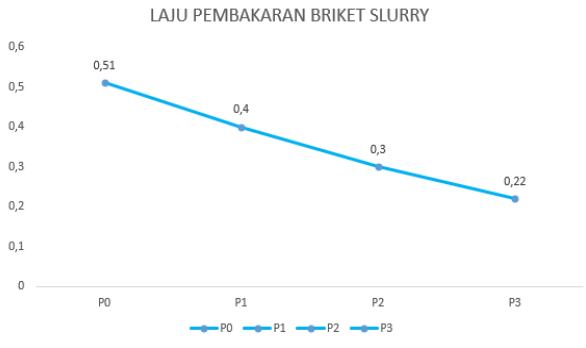
Hasil pengujian nilai kalor yang dilakukan pada briket *slurry* dengan penambahan tepung tapioka sebagai ditunjukkan pada Grafik 4.



Grafik 5. Nilai Kalor Briket Slurry

Hasil uji anova menunjukkan bahwa penambahan tepung tapioka sebagai perekat briket *slurry* menunjukkan berpengaruh sangat nyata (P<0,01) terhadap nilai kalor briket slurry.

Pada penelitian di atas, penambahan tepung tapioka terhadap briket slurry berpengaruh terhadap nilai kalor briket. Hal ini disebabkan tepung tapioka mengandung bahan-bahan organik seperti karbohidrat dan pati yang memiliki rumus kimia ($C_6H_{10}O_5$). Hal ini dapat meningkatkan nilai kalor briket karena adanya penambahan C pada briket yang dapat menghasilkan energi saat dibakar. Penelitian Riseanggara (2008) menyatakan bahwa penambahan jumlah perekat secara umum dapat meningkatkan nilai kalor briket karena adanya penambahan unsur karbon yang ada pada perekat. Penambahan tepung tapioka memengaruhi nilai kalor briket karena di dalam tepung tapioka ada beberapa unsur karbon yang dapat meningkatkan nilai kalor. Hal ini sesuai dengan Fajari (2012) yang menyatakan bahwa, jika nilai kalornya tinggi maka panas yang didapatkan semakin tinggi serta akan makin lama juga waktu pembakarannya. Bahwa perlakuan penambahan tepung tapioka 1%, 3% dan 5% menunjukkan hasil yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) nilai kalor nomor 01-6235-2000 yang menetapkan bahwa nilai kalor yang berkualitas di atas 5000 cal/gram, sehingga briket *slurry* ini dapat dikategorikan sebagai bahan bakar berkualitas baik.



Grafik 4. Laju Pembakaran Briket *Slurry*

Hasil pengujian laju pembakaran yang dilakukan pada briket *slurry* dengan

penambahan tepung tapioka sebagai perekat ditunjukkan pada Grafik 5.

Hasil uji anova menunjukkan bahwa penambahan tepung tapioka sebagai perekat briket slurry menunjukkan pengaruh yang sangat nyata (P < 0,01) terhadap laju pembakaran briket *slurry*.

Berdasarkan penelitian di atas, penambahan tepung tapioka terhadap briket *slurry* berpengaruh sangat nyata terhadap laju pembakaran briket *slurry*. Hal ini disebabkan tepung tapioka memiliki kandungan amopektin yang memiliki daya rekat yang tinggi, yang membuat konsentrasi briket semakin rapat, sehingga kadar oksigen di dalamnya semakin sedikit dan daya bakarnya kurang. Penelitian Ali dan Ongki (2023) menunjukkan hasil yang sama: campuran perekat tepung tapioka yang digunakan untuk pembuatan briket membuat briket saat proses pembakaran akan semakin lama terbakar karena kadar karbon yang dimiliki lebih banyak, menyebabkan briket lebih awet/tidak cepat habis. Tepung tapioka mengandung amilosa dan amilopektin yang dapat merekatkan briket lebih rapat dan kuat. Hal ini sesuai dengan Bank dan Greenwood (1975) yang menyatakan bahwa kandungan bahan perekat yang dimiliki oleh tapioka, yaitu amilopetin, yang tinggi.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa perlakuan penambahan tepung tapioka dengan komposisi berbeda terhadap briket *slurry* berpengaruh sangat nyata terhadap kualitas fisik dan kimia briket *slurry*. Penambahan tepung tapioka 5% terhadap briket slurry menghasilkan kualitas fisik dan kimia terbaik. Karena memiliki daya tahan yang baik dan daya bakar yang paling optimal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan tepung tapioka menghasilkan kualitas fisik dan kimia yang cukup baik sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI).

DAFTAR PUSTAKA

Ali, M., & Ongki. (2023). Pengaruh Penambahan Tepung Tapioka Terhadap Karakteristik Briket Biomassa. *Jurnal Energi Terbarukan*, 15(2), 112–120.

Andes Ismayana, & Moh. Rizal Afriyanto. (2019). Pengaruh Konsentrasi Perekat terhadap Kualitas Briket Blotong. *Jurnal Teknik Energi*, 7(1), 45–53.

Arafah, D., & Harsono, S. P. (2021). Karakteristik Fisik dan Kimia Tepung Kanji sebagai Perekat Briket. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 19(2), 87–95.

ASTM. (2002). *Standard Test Method for Drop Test of Solid Fuel Briquettes*. American Society for Testing and Materials.

Afriani, Y., Rukmi, I., & Prasetyo, H. (2017). Pembuatan Briket dari Limbah Organik dan Analisis Kualitasnya. *Jurnal Energi Terbarukan*, 4(2), 45–51.

Agus. (2013). *Hara Makro dan Mikro pada Tanaman*. Jakarta: Pustaka Pertanian.

Ananto, H., Yuliani, T., & Sarwanto. (2013). Manajemen Limbah Peternakan Sapi. *Jurnal Ilmu Peternakan Indonesia*, 8(1), 20–29.

Bank, W., & Greenwood, J. (1975). The Role of Amylopectin in Biomass Fuel Binding. *Energy and Biomass Science Journal*, 3(4), 203–210.

Charles, D., & Hariono. (1991). *Manajemen Limbah Ternak untuk Energi Alternatif*. Bandung: CV. Agrosains.

Darvina, Y., & Asma, N. (2011). Pengaruh Kadar Air terhadap Nilai Kalor Briket Arang. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Energi*, 7(1), 33–39.

Djeni Hendra, & Saptadi Darmawan. (2000). Pembuatan Briket Arang dari Serbuk

Gergaji dan Tempurung Kelapa. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*, Universitas Diponegoro.

Elfiano, R., Syafrudin, & Supriadi, D. (2014). Pengaruh Jenis Perekat terhadap Kadar Air Briket Biomassa. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 9(2), 87–95.

Fajari, A. (2012). Analisis Nilai Kalor dan Efisiensi Pembakaran Briket Arang Tempurung Kelapa. *Skripsi.* Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Faizal, F., Lestari, I., & Ramadhan, A. (2014). Pengaruh Kadar Air terhadap Nilai Kalor Briket Arang dari Limbah Pertanian. *Jurnal Energi Alternatif*, 6(1), 21–28.

Gandhi, A. (2010). Studi Kualitas Briket Arang dari Limbah Biomassa. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 5(1), 15–21.

Gupta, R., Sharma, A., & Mehta, N. (2017). Moisture Control in Biomass Briquettes: Drying Strategies and Impact on Performance. *International Journal of Renewable Energy Research*, 5(3), 321–330.

Haryati. (2006). *Program Penerapan Biogas di Indonesia*. Jakarta: Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.

Jamilatun, S. (2008). Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Briket Arang dan Pengaruhnya Terhadap Efisiensi Pembakaran. *Skripsi.* Universitas Negeri Yogyakarta.

Jannah, N. (2018). Studi Nilai Kalor pada Briket Biomassa dari Limbah Pertanian. *Skripsi.* Universitas Lampung.

Koesoemadinata, R. (1980). *Teknologi Pembakaran Bahan Bakar Padat*. Bandung: Penerbit ITB.

Mesky, & Siti. (2015). Potensi Kotoran Sapi sebagai Energi Biogas. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 12(3), 55–63.

Mitranikasih. (2010). *Limbah Biogas dan Pemanfaatannya*. Jakarta: Departemen Pertanian.

Muhammad Asrianto Tahir. (2019). Pengaruh Ukuran Partikel terhadap Nilai Kalor Briket Tempurung Kelapa dan Bambu. *Skripsi.* Universitas Hasanuddin.

Nguyen, T. M., et al. (2021). Effect of Natural Starch-Based Binders on Briquette Durability and Moisture Retention. *Journal of Cleaner Energy*, 12(4), 214–220.

Nuwa, H., & Prihanika, A. (2018). Karakteristik Perekat Tepung Tapioka untuk Briket. *Jurnal Kimia Terapan*, 11(2), 112–118.

Prasetyo, D. A., & Sulistyo, H. (2017). Peningkatan Nilai Kalor Briket Melalui Penambahan Karbon Organik dari Perekat Alami. *Jurnal Rekayasa Energi*, 9(1), 1–8.

Rahman, F., Widodo, T. W., & Sari, N. (2020). Pengaruh Penambahan Perekat Alami terhadap Sifat Mekanik Briket Biomassa. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 14(3), 67–74.

Rahmawati, I. (2013). Pengaruh Komposisi Bahan terhadap Kadar Abu dan Nilai Kalor Briket. *Skripsi.* Universitas Sebelas Maret.

Riseanggara, A. (2008). Pengaruh Penambahan Perekat terhadap Nilai Kalor Briket. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya.

Saleh, H. (2013). Peran Tepung Kanji sebagai Perekat Briket Arang. *Jurnal Rekayasa Energi*, 9(1), 1–7.

Saputri, A. R., Nugroho, S., & Wibowo, R. (2014). Pemanfaatan Kotoran Sapi Sebagai Energi Biogas dan Nilai Ekonominya. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 15(1), 43–51.

Sarjono, & Ridlo, Z. (2013). Penggunaan Energi Biomassa Sebagai Alternatif Energi Terbarukan. *Jurnal Energi*, 4(2), 88–94.

Seran, Y. (1990). *Energi Alternatif dari Limbah Pertanian*. Jakarta: CV Agro Media.

Satmoko, B., Widodo, P., & Sulastri. (2013). Uji Drop Test untuk Mengetahui Kekuatan Briket dari Biomassa. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 9(2), 101–108.

Silalahi, R. (2000). *Biomassa Sebagai Energi Alternatif*. Medan: Pustaka Teknik.

Sudrajat. (1983). Pengaruh Jenis Perekat terhadap Mutu Briket. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 1(1), 23–30.

Suding, D. J., & Jamaludin, M. (2015). Standar Mutu Briket dari Limbah Peternakan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 10(2), 56–64.

Sunyata, R. (2004). Pengaruh Lama Pengeringan terhadap Kadar Air Briket Arang. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 2(1), 23–29.

Supriyanto, & Merry, I. (2010). Pemanfaatan Bioarang dalam Pembuatan Briket Limbah Peternakan. *Jurnal Energi Terbarukan*, 2(1), 34–40.

Suryani. (1986). Pengaruh Pengeringan terhadap Kadar Air Briket Arang. *Jurnal Teknologi Energi*, 5(1), 19–26.

Suryanto, D., Aditya, R., & Ningsih, L. (2018). Kadar Air Ideal Briket Biomassa untuk Efisiensi Pembakaran. *Jurnal Teknik Pertanian*, 10(2), 103–110.

Syamsiro, M., & Saptoadi, H. (2007). Laju Pembakaran Briket Bioarang dari Berbagai Komposisi Bahan Baku. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(2), 39–46.

Tamrin, M. (2005). Pengaruh Perekat Tepung Tapioka dan Tanah Liat Terhadap Kuat Tekan Briket Batu Bara. *Jurnal Teknologi Mineral*, 6(1), 44–51.

Tyaska, R. (2019). Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka terhadap Sifat Fisik Briket Biomassa. *Jurnal Energi Alternatif*, 8(2), 77–84.

Utami, W., Suhardi, S., & Abdurrahman, Z. H. (2020). Pemanfaatan Limbah Kotoran Puyuh untuk Bahan Dasar Briket sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Tropical Animal Science*, 2(1), 23-26.

Wang, Y., Zhang, Q., & Li, H. (2018). Mechanical Properties of Biomass Briquettes with Natural Starch Binders. *Journal of Sustainable Energy*, 10(3), 129–137.

Wang, X., Liu, J., & Chen, S. (2019). Energy Content Enhancement of Biomass Briquettes with Natural Additives. *Renewable Bioenergy Journal*, 7(2), 56–64.

Wilasita, Y. R., & Purwaningsih, S. (2011). Pengaruh Perekat terhadap Kadar Abu pada Briket. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 4(1), 17–24.

Yunnan Normal University. (2010). *Biogas and Bio-slurry Utilization*. Kunming: YNU Press.