

POTENSI FESES SAPI DENGAN PENAMBAHAN SEKAM PADI UNTUK PEMBUATAN BIO-BRIKET

Andi Muh Amin¹, Andi Triana², Nuraeni³

andimuhamin3016@yahoo.com¹, trianaandi460@gmail.com²

Polbangtan Gowa

ABSTRAK

Pemanfaatan limbah feses sapi dan sekam padi sebagai bahan baku bio-briket merupakan salah satu solusi inovatif dalam pengelolaan limbah organik dan penyediaan energi alternatif yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan arang sekam padi terhadap kualitas bio-briket berbasis feses sapi, ditinjau dari parameter kadar air, kadar abu, dan laju pembakaran. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Polbangtan Gowa menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan: P0 (kontrol, 95% arang feses sapi), P1 (70% arang feses sapi + 25% arang sekam padi), P2 (60% arang feses sapi + 35% arang sekam padi), dan P3 (50% arang feses sapi + 45% arang sekam padi), dengan tambahan perekat tapioka 5% pada masing-masing perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan P1 memberikan hasil terbaik dengan kadar air terendah (5,67%), kadar abu terendah (39,38%), dan laju pembakaran yang stabil (0,42 g/s). Penambahan sekam padi dalam jumlah moderat terbukti mampu meningkatkan kualitas fisik dan performa pembakaran bio-briket. Bio-briket hasil formulasi ini dinilai memenuhi standar kualitas dan berpotensi sebagai sumber energi alternatif yang ekonomis dan ramah lingkungan.

Kata kunci: Bio-Briket, Feses Sapi, Sekam Padi, Kadar Air, Kadar Abu, Laju Pembakaran.

PENDAHULUAN

Limbah Feses sapi sebagian besar ditumpuk dan dialirkan melalui saluran air. Air larian (air permukaan) yang berasal dari kandang atau hasil penyiramannya membanjiri lahan sekitarnya dan mengakibatkan pencemaran terhadap badan air. Selain itu juga mengakibatkan pencemaran udara karena hasil penguraian bahan organik limbah ternak yang dibuang dengan cara hanya ditumpuk dan menggunung di suatu tempat tanpa penanganan yang benar dapat menghasilkan gas yang berbau dan berbahaya bagi kesehatan manusia (Wardani dkk, 2021).

Sekam padi, yang merupakan limbah hasil penggilingan padi, memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi dan berperan sebagai bahan tambahan yang dapat memperbaiki struktur bio briket. Limbah ini juga banyak ditemukan di daerah agraris, sehingga penggunaannya sebagai bahan tambahan menjadi solusi ganda dalam mengurangi limbah dan memaksimalkan manfaatnya. Dengan kombinasi antara feses sapi dan sekam padi, bio briket yang dihasilkan memiliki potensi untuk menjadi bahan bakar yang ekonomis, memiliki nilai kalor tinggi, serta mampu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.

Penambahan sekam padi tidak hanya meningkatkan sifat pembakaran bio briket, tetapi juga membantu mengurangi emisi gas rumah kaca karena memanfaatkan limbah organik yang seringkali terbuang percuma. Selain itu, proses ini dapat memberikan

manfaat tambahan dalam mengurangi dampak lingkungan akibat pembuangan langsung limbah organik. Melalui pengolahan ini, limbah-limbah organik tersebut diubah menjadi produk bernilai ekonomi yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat, terutama di wilayah pedesaan yang membutuhkan sumber energi murah dan berkelanjutan.

Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada pemanfaatan limbah sebagai energi alternatif, tetapi juga berkontribusi pada pengelolaan lingkungan yang lebih baik. Dengan dukungan teknologi sederhana dan pelatihan yang tepat, pengembangan bio briket dari feses sapi dan sekam padi dapat menjadi salah satu solusi praktis untuk tantangan energi di masa depan, sekaligus memberikan manfaat sosial, ekonomi, dan lingkungan bagi masyarakat luas.

METODE PENELITIAN

1. Tempat dan Waktu

Penelitian Ini Dilaksanakan Di Desa Tellu Boccoe, Kecamatan Mare, Kabupaten Bone. Pada Bulan Februari Hingga Mei 2025.

2. Alat dan Bahan

Adapun alat yang perlu disiapkan untuk melakukan pembuatan Bio-briket adalah timbangan digital, timbangan manual, ember, ayakan berukuran 40 mesh, pipa paralon berukuran 26,67 mm, furnace, panci dan wajan.

Bahan yang dibutuhkan pembuatan Bio-briket adalah feses sapi (arang feses sapi), sekam padi, tepung tapioka, dan air.

3. Pelaksanaan Kajian

a. Metode Pelaksanaan Kajian

Metode rancangan yang digunakan dalam kajian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL), dalam kajian ini menggunakan 4 perlakuan. Masing-masing

perlakuan ditambahkan tepung tapioka sebanyak 5% sebagai bahan perekat dengan takaran yang sama. Dengan perlakuan:

P0 = Arang feses sapi 95% (Kontrol)

P1 = Arang feses sapi 70% + Arang sekam padi 25%

P2 = Arang feses sapi 60% + Arang sekam padi 35%

P3 = Arang feses sapi 50% + Arang sekam padi 45%

b. Tahap Kajian

1. Pemilihan limbah peternakan dan limbah pertanian

Limbah peternakan yang digunakan adalah limbah kotoran sapi (feses sapi) sedangkan limbah pertanian yang digunakan adalah limbah sekam padi yang berkualitas karena ketersediaannya melimpah di Kecamatan Mare Kabupaten Bone Sulawesi Selatan.

2. Prosedur pembuatan arang feses sapi:

- a. Kotoran sapi setengah kering dikumpulkan terlebih dahulu, kemudian di sortasi dari kotoran-kotoran (seperti batu, batang rumput, dan kotoran yang tidak dapat diolah) agar didapatkan kotoran sapi bermutu.
- b. Setelah disortasi, kotoran sapi dikeringkan dibawah sinar matahari selama setengah hari lalu dimasukkan ke dalam wajan atau tungku pembakar dalam keadaan tertutup selama 30 menit agar didapatkan arang kotoran sapi yang benar-benar kering.
- c. Setelah kotoran sapi menjadi arang, kemudian ditumbuk atau dihaluskan.
- d. Kemudian hasil tumbukkan dari kotoran sapi diayak menggunakan ayakan berukuran 40 mesh agar mendapatkan serbuk arang kotoran sapi yang lebih halus.
- e. Didapatlah arang kotoran sapi.

3. Prosedur pembuatan arang sekam padi:

- a. Siapkan sekam padi kering sebagai bahan utama. Pastikan sekam bebas dari kotoran atau material lain yang dapat mengganggu proses pembakaran.
- b. Siapkan tungku pembakaran sederhana, seperti drum besi atau lubang tanah, yang dilengkapi dengan ventilasi untuk mengatur aliran udara selama proses pembakaran.
- c. Masukkan sekam padi ke dalam tungku secara bertahap hingga penuh pastikan sekam tidak terlalu padat agar aliran udara tetap lancar.
- d. Nyalakan api di bagian atas tumpukan sekam. Gunakan bahan pemantik, seperti kayu kecil atau kertas, untuk memulai pembakaran.
- e. Biarkan pembakaran berlangsung secara perlahan tanpa menambahkan oksigen berlebihan. Pastikan sekam hanya membara (pirolisis) tanpa menghasilkan api besar, sehingga akan terbentuk arang.
- f. Setelah beberapa saat, aduk sekam secara perlahan menggunakan tongkat logam agar pembakaran merata di seluruh bagian.
- g. Ketika seluruh sekam telah berubah menjadi arang (ditandai dengan warna hitam pekat), segera padamkan api dengan menutup tungku atau menyemprotkan air secukupnya untuk mencegah pembakaran berlanjut.
- h. Keringkan arang sekam yang telah dihasilkan di bawah sinar matahari hingga benar-benar kering.
- i. Ayak arang untuk memisahkan sisa-sisa yang tidak terbakar sempurna. Simpan arang sekam padi di tempat yang kering dan tertutup rapat agar tetap berkualitas.

4. Prosedur pembuatan bio briket dari feses sapi dengan penambahan sekam padi:

- a. Siapkan timbangan untuk menimbang arang feses sapi dan arang sekam padi.
- b. Siapkan ember sebagai wadah untuk setiap perlakuan.
- c. Masukkan arang feses sapi dalam setiap wadah.
- d. Tambahkan arang sekam padi di setiap wadah.
- e. Campurkan larutan tepung tapioka yang diubah menjadi lem dalam setiap wadah.
- f. Lalu campurkan masing-masing adonan hingga merata.
- g. Setelah tercampur rata, masing-masing adonan siap untuk dicetak gunakan pipa paralon 26,67 mm dan kemudian letakkan di masing-masing wadah.
- h. Bio-briket dijemur selama 6-7 hari untuk mendapatkan hasil yang sangat kering.
- i. Bio-briket siap diuji sesuai dengan parameter pengamatan yang dilakukan.

c. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan beberapa tahap yaitu:

- 1) Wawancara, pengumpulan data melalui pertemuan yang dilakukan berulang kali untuk menggali informasi dari responden mengenai berbagai aspek sebab dengan tugas akhir atau kajian.
- 2) Observasi yaitu mengumpulkan data dengan cara mengamati langsung objek yang diteliti. Untuk melengkapi data diperoleh dari wawancara dan pencatatan.
- 3) Dokumentasi, untuk melengkapi data yang diperoleh dalam kegiatan penelitian.

d. Analisis Data

Data yang diperoleh dari kajian ini dianalisis menggunakan uji ANOVA (Analysis of Variance), apabila terdapat perbedaan yang nyata maka dilanjutkan uji lanjut menggunakan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95% (Gaspersz, 1991).

Metode analisis data yang digunakan dalam kajian ini yaitu data yang diperoleh diolah dengan ragam sesuai dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan bantuan microsoft excel dan software SPSS versi 22. Adapun model matematikanya (Gaspersz,

1991) adalah:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \Sigma_{ij}$$

Keterangan:

Y_{ij} : Nilai pengamatan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

μ : Nilai rata-rata pengamatan

τ_i : Pengaruh perlakuan ke-i

Σ_{ij} : Pengaruh percobaan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

I: Perlakuan 1,2,3

J: Ulangan 1,2,3 dan 4

e. Parameter Pengamatan

Parameter yang diuji anatara lain

1) Kadar air

Kadar air adalah persentase kandungan air yang terdapat dalam suatu bahan. Dalam konteks bio briket, kadar air menjadi parameter penting yang sangat memengaruhi kualitas dan karakteristik produk akhir. Kadar air yang terlalu tinggi dapat mengurangi efisiensi pembakaran bio briket karena energi yang dihasilkan sebagian besar digunakan untuk menguapkan air dari pada menghasilkan panas.

Pengujian kadar air mudah dilakukan dengan menguapkan bahan tanpa oksigen pada suhu 950°C. Perbedaan berat dihitung sebagai kehilangan atau penguapan zat. Konsentrasi air yang mudah menguap ditentukan dengan menempatkan sampel dalam cawan porselin dengan berat yang diketahui. Sampel yang dimuat berasal dari perhitungan kadar air sebelumnya dan ditempatkan di oven pada suhu 950°C selama 7 menit didinginkan dalam desikator dan ditimbang.

Rumus Perhitungan kadar air:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{b-c}{a} \times 100 \%$$

Keterangan:

a = berat cawan kosong (g)

b = berat cawan + sampel Bio-briket (g)

c = berat cawan + sampel Bio-briket setelah dipanaskan hingga berat konstan (g)

2) Kadar abu

Kadar abu adalah presentase sisa residu yang terbentuk setelah mengalami pembakaran sempurna. Kadar abu yang tinggi dapat mempersulit proses operasi dan pemeliharaan alat pembakaran. Semakin rendah kadar abu dalam suatu Bio-briket maka semakin baik Bio-briket tersebut. Kandungan abu dan komposisinya tergantung pada macam bahan dan cara pengabuannya, pengabuan merupakan tahapan persiapan contoh yang harus dilakukan dalam analisis elemen-elemen mineral (individu). Metode pengabuan yaitu pengabuan kering. Pengabuan kering menggunakan tingginya panas dan adanya oksigen dalam menurunkan komponen mineral.

Uji kadar abu dilakukan dengan menimbang sampel dalam cawan porselin tanpa tutup, memasukannya ke dalam furnace dan memanaskannya pada suhu 750°C selama lima jam. Porselin dikeluarkan dari furnace, di dinginkan dalam desikator dan segera ditimbang. Kadar abu dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat sampel}} \times 100 \%$$

3) Laju pembakaran

Laju pembakaran ditentukan dengan cara membakar sampel briket sampai briket habis terbakar atau sampai briket berhenti menyala. Perhitungan laju pembakaran menggunakan persamaan yaitu:

Laju pembakaran = m/t

Keterangan:

m = massa briket terbakar (massa briket awal – massa briket sisa) (gram)

t = waktu pembakaran (detik).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai hasil uji kadar air, kadar abu dan laju pembakaran pada bio briket feses sapi dengan penambahan sekam padi ditampilkan pada tabel sebagai berikut.

Tabel 3. Nilai Rata-Rata Uji Fisiko (kadar air, kadar abu dan laju pembakaran) Bio-Briket Feses Sapi dengan Penambahan Sekam Padi

Perlakuan	Kadar Air	Kadar Abu	Laju Pembakaran
P0	9.5328±0.76893 ^a	62.2944±4.57151 ^c	0.5750±0.05000 ^c
P1	5.6722±1.34746 ^c	39.3898±4.88492 ^a	0.4250±0.05000 ^a
P2	6.2117±0.77487 ^a	40.8851±1.58241 ^a	0.4500±0.05774 ^b
P3	7.5812±0.31418 ^b	52.6243±2.22450 ^b	0.3000±0.00000 ^b

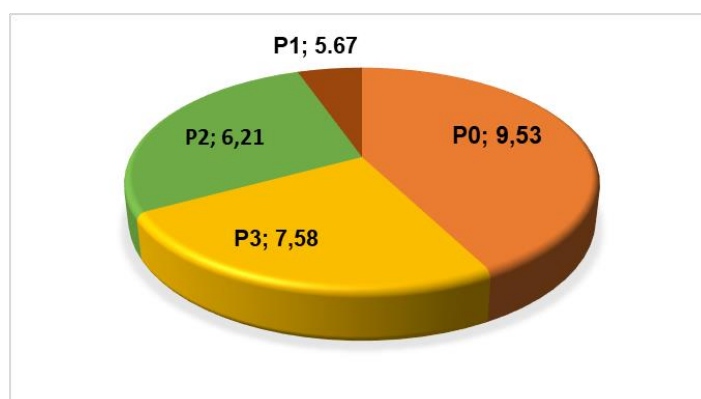
Keterangan: Nilai rata-rata disajikan \pm standar deviasi ($n=3$). Huruf berbeda dibelakang rata-rata menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%

Berdasarkan Tabel 3, hasil uji fisiko menunjukkan bahwa penambahan sekam padi pada feses sapi dalam pembuatan bio briket memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air, kadar abu, laju pembakaran ($P<0,05$). Pada parameter kadar air perlakuan P0 (tanpa penambahan) memiliki nilai sebesar 9,53, P1 sebesar 5,67, P2 sebesar 6,21 dan P3 sebesar 7,58. Pada parameter kadar abu P0 sebesar 62,29, P1 sebesar 39,38, P2 sebesar 40,88, dan P3 sebesar 52,62. Dan pada parameter laju pembakaran P0 sebesar 0,57, P1 sebesar 0,42, P2 sebesar 0,45, dan P3 sebesar 0,30.

Hasil penelitian menunjukkan penambahan arang sekam padi mampu menurunkan kadar abu dan kadar air serta mengoptimalkan laju pembakaran bio briket. Perlakuan P1 (70% arang feses sapi + 25% arang sekam padi) memberikan hasil terbaik dengan kadar air dan kadar abu terendah, serta laju pembakaran yang stabil. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi tersebut mampu meningkatkan efisiensi pembakaran dan mutu bio briket secara keseluruhan.

Pembahasan

a. Kadar Air



Gambar 2. Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter penting yang memengaruhi kualitas dan performa pembakaran bio briket. Kadar air yang tinggi dapat menghambat proses pembakaran karena energi panas awal akan digunakan terlebih dahulu untuk menguapkan air, sehingga efisiensi energi menurun (Yuliansyah dkk., 2023). Pada Gambar 2, kadar air

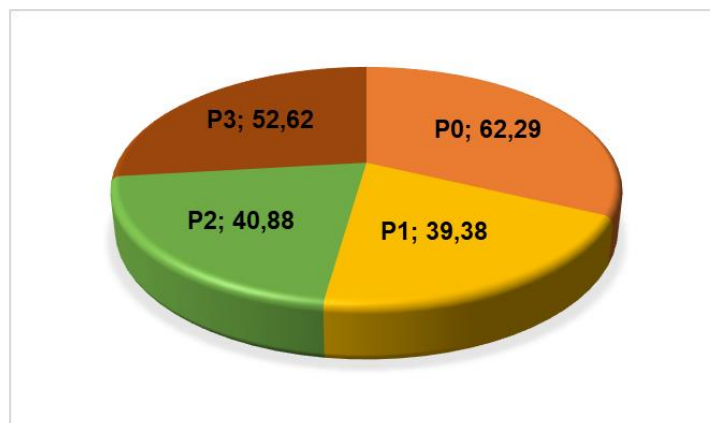
terendah diperoleh pada perlakuan P1 (5,67%), yaitu campuran 70% arang feses sapi dan 25% arang sekam padi. Rendahnya kadar air pada perlakuan ini menunjukkan bahwa penambahan arang sekam padi dalam proporsi yang tepat mampu meningkatkan karakteristik fisik bio briket, terutama dalam hal pengeringan dan penurunan kadar kelembaban.

Hal ini disebabkan oleh sifat fisik sekam padi yang berstruktur kasar, ringan, dan bersifat porous, sehingga dapat menyerap air dengan lebih cepat dan mempercepat proses penguapan selama pengeringan. Selain itu, arang sekam padi memiliki kadar air awal yang lebih rendah dibandingkan feses sapi, sehingga secara total menurunkan kadar air akhir dari bio briket. Penambahan dalam jumlah yang cukup (seperti pada P1) menciptakan struktur briket yang lebih terbuka dan memungkinkan sirkulasi udara lebih baik selama proses pengeringan.

Hal ini sejalan dengan Prasetyo dkk. (2022), yang melaporkan bahwa bahan tambahan bersifat porous seperti sekam padi dapat mempercepat proses pengeringan dan menghasilkan briket dengan kadar air rendah ($<8\%$). Kadar air yang rendah juga berpengaruh terhadap daya tahan penyimpanan bio briket, di mana risiko pertumbuhan mikroorganisme serta degradasi kualitas produk menjadi lebih kecil (Rahmawati dkk., 2021).

Dengan kadar air di bawah standar maksimum yang disarankan ($<10\%$), perlakuan P1 dapat dikatakan memenuhi kriteria bio briket berkualitas baik menurut SNI 01-6235-2000. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan sekam padi dalam komposisi yang tepat tidak hanya memanfaatkan limbah pertanian, tetapi juga secara signifikan meningkatkan mutu dan performa bio briket.

b. Kadar Abu



Gambar 3. Kadar Abu

Kadar abu merupakan indikator jumlah residu tak terbakar yang tersisa setelah proses pembakaran briket. Kadar abu yang tinggi menunjukkan adanya kandungan anorganik yang besar, seperti pasir, tanah, atau senyawa logam, yang dapat menurunkan efisiensi pembakaran dan menyebabkan penumpukan residu dalam alat pembakaran (Yuliansyah dkk., 2023). Pada Gambar 3, kadar abu terendah diperoleh pada perlakuan P1 (39,38%), yaitu campuran 70% arang feses sapi dan 25% arang sekam padi. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan sekam padi dalam jumlah yang tepat mampu menurunkan kadar abu secara signifikan.

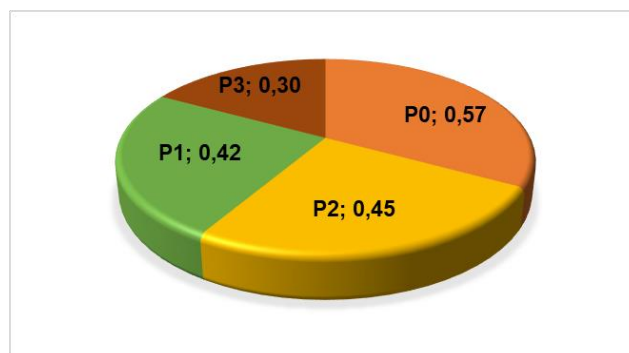
Penurunan kadar abu pada P1 disebabkan oleh karakteristik arang sekam padi yang memiliki kandungan mineral lebih rendah dibandingkan arang feses sapi. Selain itu, sekam padi yang telah dikarbonisasi menghasilkan residu abu dalam jumlah relatif kecil

karena struktur organiknya yang dominan terdiri dari silika amorf yang stabil dan mudah terbakar secara sempurna (Prasetyo et al., 2022). Dengan berkurangnya proporsi feses sapi yang memiliki kandungan abu tinggi, komposisi briket menjadi lebih seimbang dan menghasilkan residu pembakaran yang lebih sedikit.

Kadar abu yang rendah sangat penting karena dapat meningkatkan efisiensi energi, memperpanjang umur peralatan pembakaran, serta mempermudah pembersihan residu (Rahmawati et al., 2021). Selain itu, kadar abu yang lebih rendah mencerminkan pembakaran yang lebih sempurna dan menghasilkan panas yang lebih bersih, sehingga meningkatkan kualitas bio briket secara keseluruhan.

Menurut standar mutu briket (SNI 01-6235-2000), kadar abu yang ideal berada di bawah 50%. Dengan kadar abu sebesar 39,38%, perlakuan P1 tidak hanya memenuhi standar tersebut, tetapi juga menjadi perlakuan terbaik dalam parameter ini. Hal ini menguatkan bahwa sekam padi bukan hanya berperan sebagai bahan pengisi, tetapi juga sebagai komponen aktif dalam meningkatkan mutu pembakaran bio briket.

c. Laju Pembakaran



Gambar 4. Laju Pembakaran

Laju pembakaran merupakan parameter penting yang menggambarkan seberapa cepat bio briket habis terbakar dalam satuan waktu. Laju pembakaran yang terlalu cepat menyebabkan briket cepat habis dan tidak efisien untuk kebutuhan pemanasan jangka panjang. Sebaliknya, laju yang terlalu lambat dapat menghasilkan panas yang kurang optimal dalam waktu singkat (Yuliansyah et al., 2023). Dalam penelitian ini, laju pembakaran tertinggi diperoleh pada P0 (0,57 g/s) P2 (0,45) dan terendah pada P3 (0,30 g/s). Perlakuan P1 (0,42 g/s) menunjukkan laju pembakaran yang sedang dan stabil, menjadikannya paling ideal di antara semua perlakuan.

Berdasarkan Gambar 4, Komposisi P1 yang menggabungkan 70% arang feses sapi dengan 25% arang sekam padi memberikan keseimbangan antara sifat mudah terbakar dari feses sapi dan karakter pembakaran lambat dari sekam padi. Sekam padi memiliki struktur berpori dan kandungan lignoselulosa yang tinggi, yang menyebabkan proses pembakaran berlangsung lebih lambat dan stabil.

Laju pembakaran yang ideal pada P1 juga menunjukkan bahwa reaksi termal berlangsung efisien, dengan pembakaran yang tidak terlalu eksplosif ataupun lambat. Hal ini sangat menguntungkan untuk aplikasi rumah tangga atau industri kecil, di mana dibutuhkan briket yang dapat menjaga suhu secara konstan dalam waktu lama. Hasil ini juga mendukung studi Rahmawati et al. (2021), yang menyatakan bahwa bahan campuran dengan struktur serat kompleks seperti sekam padi dapat memperlambat laju pembakaran dan meningkatkan efisiensi termal.

Laju pembakaran pada perlakuan P1 mencerminkan kinerja termal yang optimal sebagai hasil sinergi antara dua jenis bahan baku. Keberadaan sekam padi tidak hanya

mengatur kecepatan pembakaran, tetapi juga meningkatkan durasi pembakaran secara keseluruhan tanpa mengurangi intensitas panas yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Penelitian mengenai pemanfaatan feses sapi dengan penambahan sekam padi dalam pembuatan bio-briket menunjukkan bahwa variasi komposisi bahan berpengaruh signifikan terhadap kualitas bio-briket, khususnya pada parameter kadar air, kadar abu, dan laju pembakaran. Hasil terbaik diperoleh pada perlakuan P1, yaitu campuran 70% arang feses sapi dan 25% arang sekam padi, yang menghasilkan kadar air sebesar 5,67%, kadar abu 39,38%, dan laju pembakaran 0,42 gram per detik. Komposisi ini tidak hanya meningkatkan performa teknis bio-briket, tetapi juga menunjukkan potensi besar dalam pengelolaan limbah organik serta penyediaan energi alternatif yang ekonomis dan berkelanjutan. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa bio-briket yang dihasilkan telah memenuhi beberapa parameter mutu sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-6235-2000 tentang Briket Arang, yang mensyaratkan kadar air maksimum 8%, kadar abu maksimum 45%, dan laju pembakaran yang efisien. Dengan demikian, formulasi P1 dinilai layak dikembangkan lebih lanjut, baik dari segi teknis maupun lingkungan.

DAFTAR PUSAKA

- Gaspersz, V. (1991). *Metode Perancangan Percobaan*. Jakarta: Gramedia.
- Prasetyo, D., Wibowo, R., & Santosa, H. (2022). Pengaruh Penambahan Sekam Padi terhadap Kualitas Bio-Briket. *Jurnal Energi Terbarukan*, 10(2), 113–122.
- Rahmawati, E., Sari, A. D., & Utami, L. (2021). Pengaruh Kadar Air dan Abu terhadap Efisiensi Pembakaran Bio-briket. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Lingkungan*, 15(1), 45–54.
- Wardani, N., Putri, R., & Hidayat, A. (2021). Dampak Limbah Ternak terhadap Lingkungan dan Alternatif Pengelolaannya. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan*, 9(3), 67–75.
- Yuliansyah, M., Ramadhan, D., & Susanti, R. (2023). Karakteristik Fisik dan Termal Bio-Briket Berbasis Limbah Organik. *Jurnal Rekayasa Energi dan Lingkungan*, 8(1), 89–98.