

NOZEL

Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



STUDI PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK KAYU DAN ZEOLIT DALAM PEMBUATAN BRIKET RAMAH LINGKUNGAN DENGAN ANALISIS NILAI KALOR DAN LAJU PEMBAKARAN

Muhammad Hafid Firmansyah¹, Nyenyep Sriwardani²

Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu

Pendidikan, Universitas Sebelas Maret

Corresponding Email: daniptm@staff.uns.ac.id

Abstract

This study investigates the characteristics of biomass briquettes produced from sawdust waste with zeolite as an additive using three composition ratios: 90:10, 85:15, and 80:20. The evaluated parameters were calorific value and combustion rate, which are key indicators of briquette performance as an alternative fuel. An experimental method with a comparative approach was employed. Briquettes were manufactured using the three composition variations under identical processing conditions, while density measurements followed the ASTM D2395-17 standard to ensure consistency among samples. The experimental results showed that the proportion of sawdust and zeolite significantly affected the calorific value and combustion rate of the briquettes. Each composition exhibited distinct combustion characteristics, indicating that the selection of raw material composition influences the overall fuel performance. Among the tested formulations, the optimum composition can be determined based on the intended application and desired combustion properties. These findings demonstrate that sawdust-based biomass briquettes with zeolite have considerable potential as an environmentally friendly and renewable solid fuel. In addition to providing stable combustion characteristics for household, commercial, and small-scale industrial applications, the utilization of sawdust waste contributes to sustainable waste management and supports the development of renewable energy resources.

Keywords: Biomass briquettes, sawdust, zeolite, calorific value, burning rate.

A. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi di Indonesia seiring pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri masih didominasi oleh penggunaan bahan bakar fosil. Kondisi tersebut menyebabkan meningkatnya emisi karbon serta mendorong perlunya pengembangan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Salah satu sumber energi alternatif yang memiliki potensi besar adalah biomassa, terutama limbah serbuk

gergaji yang tersedia melimpah sebagai hasil samping industri pengolahan kayu. Selain berpotensi mengurangi limbah, pemanfaatan serbuk gergaji sebagai bahan baku briket dapat menghasilkan bahan bakar padat yang ekonomis dan berkelanjutan. Namun, karakteristik alami serbuk gergaji, seperti densitas rendah dan kadar air yang relatif tinggi, masih menjadi kendala dalam menghasilkan briket dengan kualitas pembakaran yang optimal.

Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas briket adalah dengan menambahkan zeolit sebagai bahan aditif. Zeolit memiliki struktur mikropori dan kemampuan adsorpsi yang tinggi sehingga mampu meningkatkan efisiensi pembakaran, memperbaiki stabilitas termal, serta menurunkan emisi gas hasil pembakaran. Penggunaan zeolit pada biomassa juga dilaporkan dapat meningkatkan karakteristik pembakaran melalui peningkatan difusi oksigen dan pengurangan residu abu, sehingga berpotensi menghasilkan briket yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Berbagai penelitian telah mengembangkan briket biomassa berbahan serbuk gergaji maupun limbah lignoselulosa lainnya dengan variasi perekat dan metode pengolahan. Nworie et al. (2024) melaporkan bahwa kombinasi beberapa jenis biomassa mampu meningkatkan efisiensi pembakaran. Madhusanka et al. (2025) menunjukkan bahwa variasi perekat alami berpengaruh terhadap densitas dan kadar abu briket, sedangkan Okoro (2019) membuktikan bahwa perlakuan termal mampu meningkatkan nilai kalor biomassa. Penelitian lain oleh Zhang et al. (2022) juga menegaskan pentingnya pemanfaatan limbah kayu sebagai sumber energi berkelanjutan. Meskipun demikian, penelitian mengenai pemanfaatan zeolit sebagai bahan aditif pada briket berbahan serbuk gergaji masih relatif terbatas, khususnya yang mengkaji pengaruh variasi komposisi terhadap karakteristik pembakaran.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini memiliki kebaruan berupa pemanfaatan zeolit sebagai bahan aditif pada briket biomassa berbahan serbuk gergaji dengan variasi komposisi 90:10, 85:15, dan 80:20 untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap karakteristik pembakaran. Parameter yang dianalisis meliputi nilai kalor dan laju pembakaran sebagai indikator utama kualitas briket biomassa.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi serbuk gergaji dan zeolit terhadap karakteristik briket biomassa sehingga diperoleh komposisi yang memberikan performa pembakaran terbaik. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi

referensi dalam pengembangan briket biomassa berbasis limbah kayu sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

B. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi serbuk gergaji dan zeolit terhadap karakteristik briket biomassa. Penelitian dilaksanakan di Bengkel Kerja Bangku Kampus V Pabelan Universitas Sebelas Maret pada periode Maret–Mei 2026.

Bahan utama yang digunakan adalah arang serbuk gergaji hasil karbonisasi, sedangkan zeolit digunakan sebagai bahan aditif. Peralatan yang digunakan meliputi mesin press hidrolik, mesin penggiling, ayakan 50 mesh, timbangan digital, vernier caliper, termometer inframerah (*infrared thermometer*), stopwatch, serta peralatan pendukung lainnya untuk proses karbonisasi, pencetakan, dan pengujian briket.

Penelitian menggunakan tiga variasi komposisi bahan, yaitu serbuk gergaji sebesar 90:10, 85:15, dan 80:20. Setiap perlakuan dibuat sebanyak lima sampel dengan massa total campuran 150 g. Selama proses penelitian, beberapa variabel dikendalikan agar hasil pengujian dapat dibandingkan secara objektif, meliputi ukuran partikel arang 50 mesh, dimensi briket (diameter 3,9 cm dan tinggi 2,94 cm), massa briket sebesar 25 g, volume air pencampur 100 mL, serta kondisi pencetakan dan pengeringan yang sama pada seluruh sampel.

Proses pembuatan briket diawali dengan karbonisasi serbuk gergaji menggunakan tungku sederhana hingga diperoleh arang. Arang kemudian digiling dan diayak menggunakan ayakan 50 mesh agar diperoleh ukuran partikel yang seragam. Selanjutnya, arang dicampur dengan zeolit sesuai variasi komposisi dan ditambahkan air panas sebanyak 100 mL hingga campuran homogen. Campuran tersebut kemudian dicetak menggunakan mesin press hidrolik dan dikeringkan hingga kadar air menurun sebelum dilakukan pengujian. Parameter yang dianalisis meliputi densitas, nilai kalor, dan laju pembakaran

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pengukuran densitas briket biomassa, diperoleh nilai densitas sebesar 0,62500g/cm³. Nilai tersebut dipengaruhi oleh penggunaan perekat zeolit yang mampu menghasilkan campuran yang homogen, sehingga partikel-partikel briket dapat menyatu dengan baik selama proses pencetakan. Hasil rata-rata dari 5 kali pengujian replikasi parameter termal disajikan secara ringkas pada tabel berikut:

Rata-rata Laju Pembakaran dan Nilai Standar Deviasi

Komposisi Sampel (Arang/Perekat)	Rata-rata Suhu Pembakaran	Rata-rata Laju Pembakaran (gram/menit)	Nilai Standar Deviasi (SD)
Sampel 1 (90%/10%)	327,6 °C	0,216542	0,216542 ± 0,003644 g/menit
Sampel 2 (85%/15%)	341,3 °C	0,205674	0,205674 ± 0,007198 g/menit
Sampel 3 (80%/20%)	348,9 °C	0,207135	0,207135 ± 0,007166 g/menit

Rata-rata Nilai Kalor dan Nilai Standar Deviasi

Komposisi Sampel (Arang/Perekat)	Rata-rata Suhu Pembakaran	Rata-rata Nilai Kalor (kal/gram)	Nilai Standar Deviasi (SD)
Sampel 1 (90%/10%)	327,6 °C	3711,89	3711,89 ± 1198,58 cal/g
Sampel 2 (85%/15%)	341,3 °C	5237,78	5237,78 ± 1229,05 cal/g
Sampel 3 (80%/20%)	348,9 °C	6024,25	6024,25 ± 1185,41 cal/g

Sampel briket dibuat dengan tiga variasi komposisi perekat zeolit, yaitu 10 wt%, 15 wt%, dan 20 wt%, dengan total massa setiap sampel sebesar 25 gram dan nilai densitas dijaga tetap sebesar 0,62500g/cm³. Rumus nilai densitas briket dihitung menggunakan persamaan baku:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Keterangan :

ρ : Densitas (g/cm³)

m : massa (gram)

V : Volume (cm³)

Instrumen pengukuran yang digunakan meliputi thermometer gun (berjarak konstan 30cm menggunakan bantuan penggaris) untuk mencatat fluktuasi suhu maksimum pembakaran, serta stopwatch untuk mencatat total durasi waktu hingga briket habis menjadi abu. Analisis data laju pembakaran (R) dihitung menggunakan rumus:

$$R = \frac{\Delta W}{t}$$

Keterangan :

R : Laju Pembakaran (gram/menit)

ΔW : Perubahan berat briket selama pembakaran (gram)

t : Waktu pembakaran (menit)

Sedangkan estimasi nilai kalor briket (Q) dianalisis secara deskriptif berdasarkan formulasi perubahan energi termal pembakaran:

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

Keterangan :

Q : Nilai Kalor (Joule)

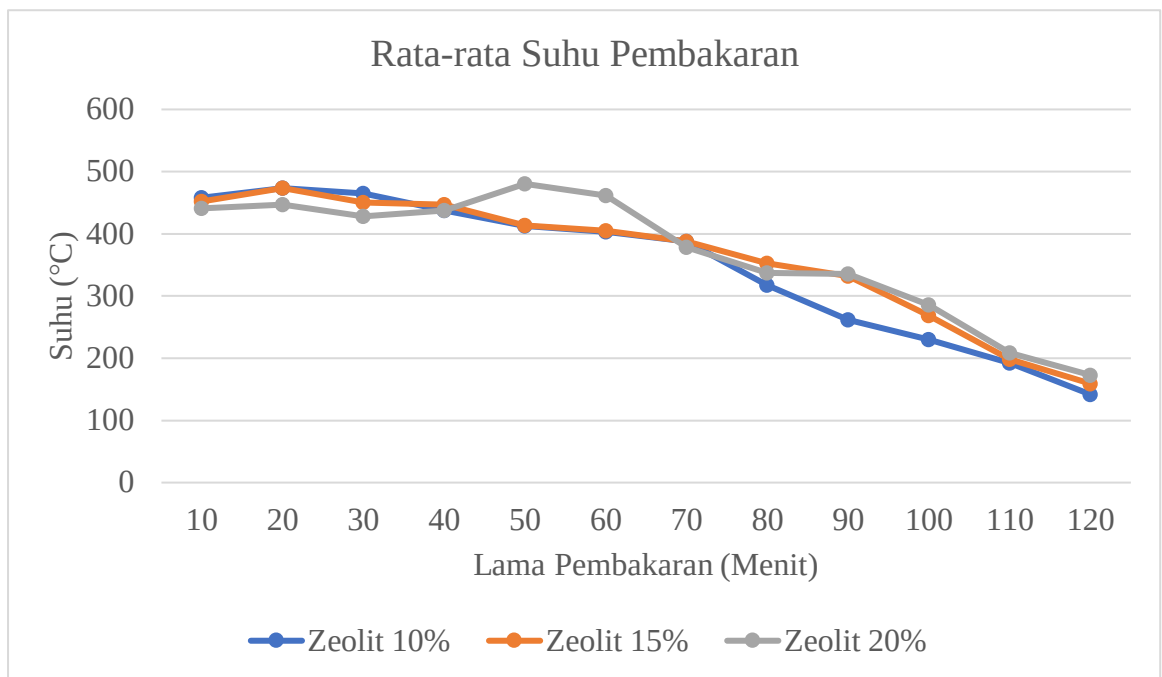
M : Berat biomassa yang terbakar(gram), dihitung dari ($W_0 - W_1$)

C :Kapasitas panas spesifik biomassa (rata-rata 1.5-2.5 kJ/kg°C,tergantung jenis biomassa).

ΔT : Perubahan suhu (°C)

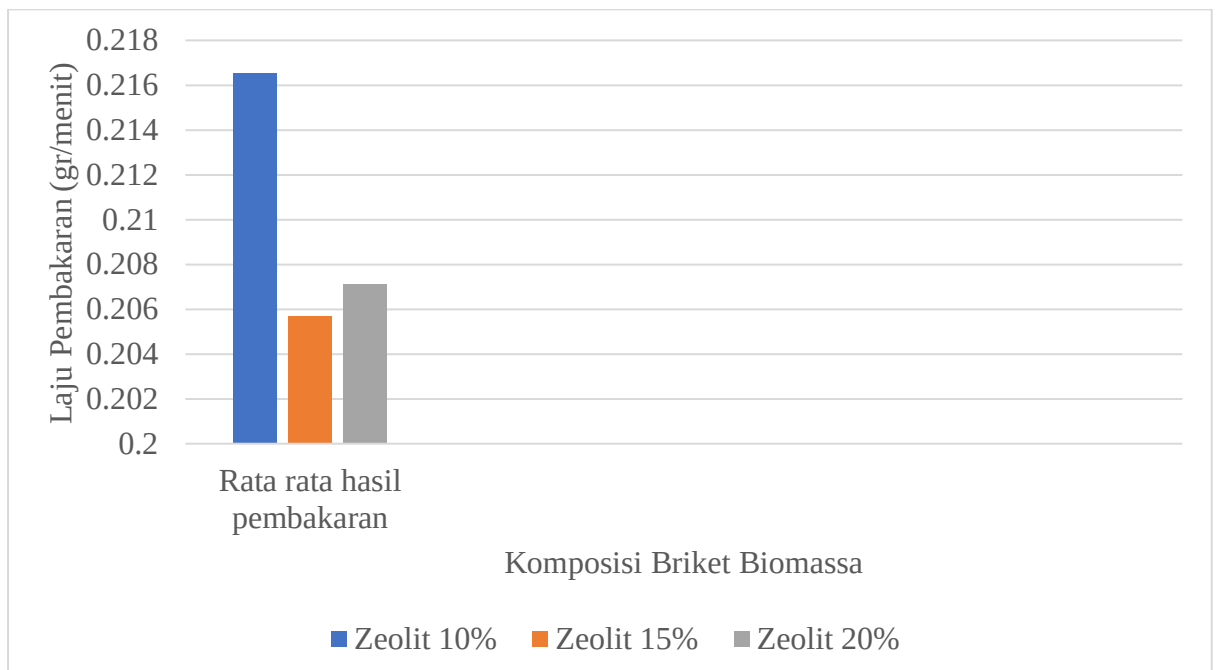
Penentuan nilai kalor (Q) dalam penelitian ini tidak menggunakan alat standar bomb calorimeter, melainkan menggunakan metode estimasi teoritis empiris berdasarkan pendekatan termal termodinamika sederhana (panas sensibel). Nilai kalor diestimasi berdasarkan fluktuasi temperatur permukaan maksimum pembakaran briket (ΔT) yang direkam menggunakan instrumen thermometer gun pada jarak konstan 30 cm, yang kemudian dikalibrasikan secara matematis dengan kapasitas panas (C_p) spesifik karakteristik massa biomassa arang sekam padi yang terbakar.

Grafik. Rata-rata Suhu Pembakaran



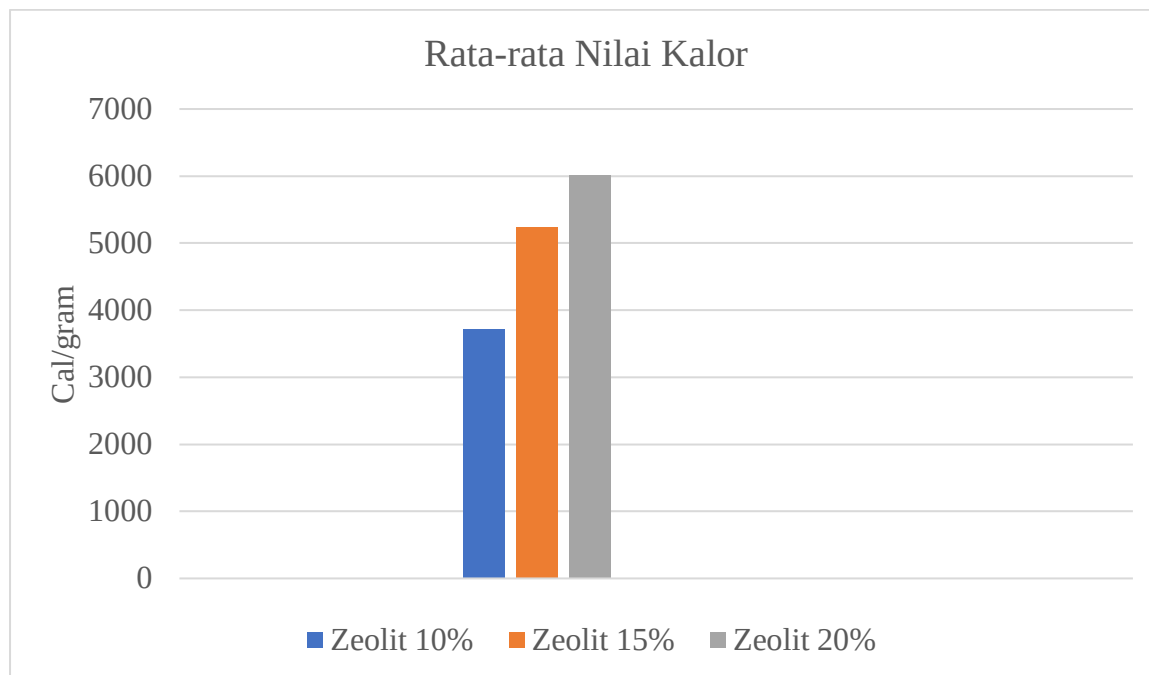
Formulasi briket dengan komposisi 80% arang serbuk kayu dan 20% perekat zeolit terbukti menghasilkan rata-rata suhu pembakaran tertinggi dan paling optimal yaitu mencapai 348,9 °C, disusul oleh variasi 15% (341,3 °C), dan variasi 10% (327,6°C).

Grafik Rata-rata Laju Pembakaran



Briket dengan variasi zeolit 15% menghasilkan laju pembakaran terendah dan paling stabil, yaitu 0,205674 gram/menit. Sebaliknya, briket dengan kandungan zeolit 10% menunjukkan laju pembakaran tercepat yaitu 0,216542 gram/menit.

Grafik Rata-rata Nilai Kalor



Tabel tersebut, terlihat peningkatan nilai kalor yang sangat signifikan dari rata-rata 3711,89 kal/g pada variasi zeolit 10% meningkat menjadi 5237,78 kal/g pada variasi zeolit 15%, dan mencapai puncaknya pada rata-rata 6024,25 kal/g pada variasi zeolit 20%. Data di atas menunjukkan trend yang konsisten. Semakin tinggi konsentrasi perekat zeolit, maka suhu pembakaran dan nilai kalor briket akan meningkat secara linear, sedangkan laju pembakaran melambat sehingga durasi menyala briket menjadi lebih panjang.

2. Pembahasan

1. Analisis Densitas dan Struktur Mikro

Densitas awal briket yang distandarkan pada nilai 0,62500 g/cm³ mampu membentuk distribusi pori-pori mikro yang relatif seragam. Kondisi tersebut mendukung proses difusi oksigen berlangsung secara stabil sehingga pembakaran dapat terus berlanjut tanpa memerlukan tambahan aliran udara dari blower. Selain itu, zeolit sebagai bahan perekat tersebar secara merata dan mengisi ruang kosong di antara partikel arang serbuk kayu, sehingga setelah

proses pengeringan di bawah sinar matahari terbentuk ikatan antar partikel yang kuat dan stabil. Namun demikian, kandungan abu yang masih terdapat pada briket berpotensi menyebabkan terjadinya *slagging* dan *fouling*, yang berdampak pada penurunan efisiensi pemanfaatan energi serta menurunkan suhu pembakaran efektif (Puri et al., 2024).

2. Karakteristik Suhu dan Nilai Kalor

Penambahan zeolit hingga 20% menghasilkan temperatur pembakaran rata-rata sebesar 348,9°C dan nilai kalor mencapai 6024 kal/g. Peningkatan tersebut berkaitan dengan kemampuan zeolit dalam memperbaiki kerapatan struktur briket melalui pengisian rongga antar partikel sehingga ikatan antarbutiran menjadi lebih kuat. Struktur yang lebih kompak menyebabkan distribusi panas selama pembakaran berlangsung lebih merata dan laju pembakaran lebih stabil. Namun demikian, penggunaan zeolit dalam jumlah yang terlalu tinggi dapat meningkatkan kadar abu karena zeolit merupakan mineral aluminosilikat yang tidak bersifat mudah terbakar. Hasil ini sejalan dengan penelitian Ramadhan et al. (2023) yang melaporkan bahwa penambahan zeolit meningkatkan densitas briket, tetapi penambahan yang berlebihan dapat menurunkan nilai kalor akibat meningkatnya kandungan mineral anorganik.

Selain meningkatkan kekompakan struktur, zeolit memiliki luas permukaan spesifik dan sistem pori yang tinggi sehingga mampu memperbaiki distribusi partikel selama proses pencampuran dan pencetakan briket. Karakteristik tersebut menghasilkan briket dengan tingkat homogenitas yang lebih baik, sehingga panas yang dihasilkan saat pembakaran dapat tersebar lebih merata ke seluruh bagian bahan bakar. Distribusi panas yang seragam berpengaruh terhadap kestabilan nyala api dan memperlambat laju kerusakan struktur briket selama proses pembakaran berlangsung. Dengan demikian, energi yang tersimpan di dalam briket dapat dimanfaatkan secara lebih efektif dan menghasilkan proses pembakaran yang lebih efisien. Temuan tersebut didukung oleh penelitian Selvia et al. (2024) yang menyatakan bahwa penambahan zeolit sebagai katalis pada proses produksi biobriket mampu memperbaiki sifat fisik briket, terutama dalam menurunkan kadar air dan menghasilkan struktur yang lebih stabil, meskipun komposisinya perlu dioptimalkan agar nilai kalor tetap tinggi.

3. Karakteristik Laju Pembakaran

Briket dengan penambahan zeolit sebesar 15% menunjukkan efisiensi penggunaan bahan bakar yang lebih baik, yang ditunjukkan oleh laju pembakaran sebesar 0,205674 gram/menit serta waktu pembakaran mencapai 2 jam 9 menit 17 detik. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keberadaan zeolit mampu meningkatkan kekompakan struktur briket sehingga proses pembakaran berlangsung secara lebih lambat dan stabil. Struktur yang lebih padat menyebabkan oksigen tidak langsung masuk ke bagian inti briket dalam jumlah besar, sehingga reaksi pembakaran berlangsung secara bertahap dan energi panas dapat dilepaskan secara lebih merata selama proses pembakaran.

Penurunan laju pembakaran dari 0,216542 gram/menit menjadi 0,207135 gram/menit mengindikasikan bahwa penambahan zeolit mampu meningkatkan densitas dan memperkuat ikatan antarpartikel penyusun briket. Ikatan yang lebih rapat mengurangi jumlah pori berukuran besar di dalam briket sehingga laju difusi oksigen menuju bagian dalam material menjadi lebih terkendali. Kondisi tersebut menyebabkan proses dekomposisi termal berlangsung secara bertahap, sehingga pembakaran tidak terjadi secara cepat tetapi berlangsung lebih stabil dengan durasi yang lebih panjang. Stabilitas pembakaran ini juga berkontribusi terhadap kemampuan briket dalam mempertahankan temperatur pembakaran selama periode tertentu tanpa mengalami penurunan suhu secara drastis.

D. PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data eksperimen dan pembahasan, dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Briket biomassa dengan komposisi 80 wt% serbuk kayu dan 20 wt% zeolit menghasilkan nilai kalor tertinggi dibandingkan variasi komposisi 90 wt%:10 wt% dan 85 wt%:15 wt%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan zeolit dalam jumlah tertentu mampu meningkatkan efisiensi pembakaran serta menghasilkan energi panas yang lebih optimal pada briket biomassa.
2. Briket biomassa dengan perbandingan 85 wt% serbuk kayu dan 15 wt% zeolit menunjukkan karakteristik laju pembakaran yang paling baik dibandingkan

komposisi lainnya. Pada variasi ini, proses pembakaran berlangsung lebih stabil dan tidak terlalu cepat habis, sehingga mampu mempertahankan panas dalam waktu yang lebih lama dibandingkan briket dengan komposisi 90 wt%:10 wt% maupun 80 wt%:20 wt%.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, penulis menyarankan untuk lebih memfokuskan kajian pada ketahanan mekanik serta sifat higroskopis briket selama proses penyimpanan. Faktor lingkungan, terutama tingkat kelembapan udara, perlu menjadi perhatian karena dapat memengaruhi kualitas dan hasil pengujian briket. Briket yang menyerap kelembapan cenderung mengalami penurunan performa pembakaran sehingga hasil pengujian menjadi kurang optimal. Oleh sebab itu, proses pengeringan harus dilakukan hingga briket benar-benar mencapai kondisi kering sebelum dilakukan pengujian. Selain itu, untuk menjaga kualitas briket dalam penyimpanan jangka panjang, disarankan agar briket disimpan pada tempat yang tertutup, kering, dan terlindung dari paparan udara lembap sehingga karakteristik fisik maupun kualitas pembakarannya tetap terjaga.

Penutup

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Bapak Kepala Bengkel beserta seluruh staf Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret, atas dukungan serta fasilitas berupa peminjaman instrumen dan peralatan laboratorium yang diberikan selama pelaksanaan penelitian dan proses eksperimen. Dukungan tersebut sangat membantu kelancaran seluruh tahapan penelitian hingga dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Achebe, C. H., Umeji, A. C., & Chukwuneke, J. L. (2018). *Energy Evaluation of Various Compositions of Biomass Waste Briquettes*. *Advances in Research*, 13(6), 1–11. <https://doi.org/10.9734/AIR/2018/39270>
- Basu, P. (2018). *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction* (3rd ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-04442-2>
- Budiarto, A., Prasetyo, H., & Wibowo, R. (2020). Pengolahan limbah serbuk gergaji menjadi briket ramah lingkungan. *Jurnal Rekayasa Energi*, 16(1), 45–53. <https://doi.org/10.22146/jre.54567>
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2019). *Thermodynamics: An Engineering Approach* (9th ed.). McGraw-Hill Education. <https://doi.org/10.1036/9780073398174>
- Demirbas, A. (2020). *Biomass, Biorefineries, and Bioenergy*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2018-0-04189-7>
- Hidayat, R., Dwityaningsih, R., & Haarjanto, T. R. (2022). Pembuatan briket dari serbuk kayu dan daun jati kering menggunakan molase sebagai bahan perekat. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, 6(2), 14–19. <https://doi.org/10.21776/ub.rbaet.2022.006.02.03>
- Ichsan, A. C., Ningsih, R. V., Rini, D. S., & Webliana, K. (2025). *Combustion Performance and Physicochemical Characteristics of Sawdust-Based Bio-Charcoal Briquettes using Molasses Adhesive*. *Jurnal Sylva Lestari*, 13(2), 578–600. <https://doi.org/10.23960/jsl.v13i2.1101>
- Jurawan, H. N., & Saroso, H. (2023). Pembuatan bio-briket dari sabut kelapa dan serbuk kayu jati dengan menggunakan perekat tepung tapioka. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 8(1). <https://doi.org/10.33795/distilat.v8i1.308>
- Ramadhan, M. M., Bahri, M. H., & PN, A. F. (2023). Pengaruh Variasi Penambahan Zeolit pada Briket Arang Jerami Padi dan Sekam Padi terhadap Nilai Kalor dan Densitas. *Journal of Engineering Science and Technology (JESTY)*, 1(3), 96–102.
- Selvia, D., Prasetiawan, H., Bahlawan, Z. A. S., Waskito, M., & Cahyaningrum, C. M. (2024). *Utilization of Biochar from Catalytic Pyrolysis of Mixed Biomass Waste for Bio Briquette Production*. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 13(2).