

Pengaruh Penambahan Zeolit dan Perekat Tepung Tapioka terhadap Karakteristik Pembakaran Biopellet dari Sabut Kelapa

Mohammad Imam Saiful Badri¹, Mokh. Hairul Bahri^{1,*}, Asroful Abidin¹

¹ Universitas Muhammadiyah Jember ; saifulbadri008@gmail.com

¹ Universitas Muhammadiyah Jember ; mhairulbahri@unmuhjember.ac.id

¹ Universitas Muhammadiyah Jember ; asrofulabidin@unmuhjember.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.xxxxx/xxxxx>

*Correspondensi: Mokh Hairul Bahri

Email: mhairulbahri@unmuhjember.ac.id

Published: Januari, 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstrak: Penelitian ini menanggapi tingginya permintaan akan energi di Indonesia dengan fokus pada pemanfaatan energi biomassa yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui. Dalam penelitian ini, beberapa parameter penting dievaluasi, termasuk kadar air, kadar abu, dan laju pembakaran pellet biomassa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan zeolit berpengaruh signifikan terhadap karakteristik biomassa pellet. Penambahan zeolit dalam kadar rendah (5% dan 10%) mengurangi kadar udara dalam pellet biomassa, menunjukkan kemampuan zeolit untuk menyerap kelembaban dalam pellet. Namun, pada kadar zeolit yang lebih tinggi (20% dan 25%), kadar air justru meningkat, mengindikasikan kompleksitas interaksi antara zeolit dan bahan baku pellet biomassa. Di sisi lain, penambahan zeolit meningkatkan kadar abu dalam pellet biomassa, dengan kadar abu tertinggi tercatat pada kadar zeolit 25%. Kadar abu yang tinggi dapat mempengaruhi kualitas biomassa pellet secara negatif sebagai bahan bakar alternatif. Penambahan zeolit secara signifikan meningkatkan laju pembakaran pellet biomassa. Kadar zeolit sekitar 15% hingga 20% tampaknya menjadi titik optimum untuk mencapai laju pembakaran tertinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa penambahan zeolit pada tingkat yang tepat dapat meningkatkan efisiensi pembakaran pellet biomassa.

Keywords: Biomassa; pellet biomassa; Zeolit

PENDAHULUAN

Di Indonesia tingkat kebutuhan terhadap energi sangat tinggi karena pertumbuhan penduduk yang sangat pesat dan banyak orang bekerja di sektor pabrik, perkantoran, dan kawasan industri. Selama ini, dalam bahan bakar fosil seperti minyak tanah dan LPG telah menjadi pilihan umum untuk memenuhi kebutuhan. Bahan bakar dari fosil merupakan bahan bakar yang didapatkan dari sumber daya alam yang terbatas dan memiliki dampak buruk terhadap lingkungan. Salah satu strategi untuk mengatasi ketergantungan kita pada bahan bakar dari fosil yaitu dengan mengembangkan dan mengadopsi teknologi energi terbarukan, seperti panel surya, turbin angin, dan biomassa.

Energy Information Administration (EIA) memprediksi bahwa bahan bakar fosil seperti minyak, gas alam, dan batubara akan terus mendominasi konsumsi energi global hingga tahun 2025. (BPPT, 2020). Dalam kenyataannya, sifat bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui dan proses pembentukannya yang memakan waktu jutaan tahun telah ditemukan. Karena itu, perlu mencari sumber alternatif energi lain untuk mengatasi krisis energi yang saat ini terjadi.

Pilihan energi yang sudah banyak dikembangkan dalam konteks ini adalah pemanfaatan biomassa, yang memiliki keunggulan karena merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui. Pada awalnya, di sektor energi domestik di daerah pedesaan, biomassa, yang berupa bahan bakar padat, sering digunakan

tanpa melalui proses pengolahan sebelumnya. Sumber bahan bakar ini diperoleh dari sumber daya hayati dan dapat diperbaharui seperti limbah kayu dan hasil pertanian. Lebih lanjut, perlu diketahui bahwa potensi pemanfaatan biomassa di Indonesia cukup besar, tercermin dari melimpahnya biomassa di tanah air, meskipun belum banyak dimanfaatkan secara optimal, terutama dalam konteks limbah biomassa.

Menurut data yang disediakan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), potensi biomassa di Indonesia telah mengalami peningkatan sebesar 32,6 gigawatt (GW). Saat ini, hanya sekitar 1,9 GW atau sekitar 5,7% dari potensi total yang sudah dimanfaatkan secara optimal. Bahan bakar ini terbuat dari limbah yang tidak terpakai dan memiliki nilai ekonomi rendah, yang sering disebut sebagai biomassa (Widiyandari, 2016).

Indonesia terkenal akan kekayaan sumber daya alamnya yang melimpah, dan selain itu, negara ini juga memiliki reputasi sebagai produsen sampah organik dan anorganik yang besar. Salah satu jenis limbah yang umum dijumpai di Indonesia adalah sabut kelapa, yang merupakan hasil sampingan dari industri minyak kelapa, serta sisa makanan yang berbahan dasar kelapa, yang banyak dikonsumsi oleh penduduk Indonesia. Sebagian besar negara produsen kelapa terkemuka telah lama mengolah tempurung kelapa ini menjadi produk ekspor utama, memenuhi permintaan global sekitar 75,7 ribu ton. (Paskawati, 2010). tetapi jika biomassa hanya dibakar secara langsung, maka akan muncul masalah seperti efisiensi pembakaran yang rendah, kepadatan yang rendah, dan tingkat emisi polutan yang tinggi. Untuk mengatasi tantangan ini dan mencapai hasil yang optimal, diperlukan pengolahan awal biomassa dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang memengaruhi proses pembakaran.

Hasil karakterisasi biopellet dari campuran cangkang kelapa sawit dan serbuk gergaji mengungkapkan berbagai parameter penting. Kadar air berada dalam kisaran 7,6-11%, sementara kadar zat mudah menguap berkisar antara 67,6-68,08%. Kadar abu berada di kisaran 1,53-2,57%, dan terjadi peningkatan dalam konten karbon terikat dari 19,38 menjadi 22,23%. Selain itu, nilai kalor berkisar antara 3563,05 hingga 4366,73 kalori per gram, sedangkan nilai densitas berkisar antara 1,03 hingga 1,32 gram per sentimeter kubik. Dapat diamati bahwa semakin besar campuran serbuk gergaji, maka kadar air, kadar volatil, dan nilai densitasnya cenderung meningkat. Sebaliknya, kadar abu, nilai karbon terikat, dan nilai kalor cenderung menurun seiring dengan peningkatan campuran serbuk gergaji (Al Qadry, 2018).

Kadar air yang dihasilkan selama proses produksi wood pellet telah sesuai dengan standar wood pellet Indonesia (SNI 8021:2014), Jerman (DIN 51371), dan Austria (ONORM M 7135). Kadar air tertinggi tercatat pada perlakuan A1 (100% serbuk gergaji galem) sebesar 10,48%, sementara kadar air terendah terdapat pada perlakuan A5 (100% serbuk gergaji akasia) sebesar 6,01%. (Fatriani, 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi sumber daya biomassa di Indonesia berupa sabut kelapa dengan penambahan zeolit alam sebagai bahan aditif. Tindakan dimaksudkan untuk mendapatkan bahan bakar dari biomassa dengan kualitas lebih maksimal, yaitu dengan nilai pembakaran efektif dan dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Oleh karena itu, dalam konteks tersebut, dilakukan kajian "Analisis karakteristik pembakaran biopellet sabut kelapa yang dilengkapi varian zeolit dan varian pengikat pati tapioka".

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini mengadopsi metode eksperimental dan memperoleh panduan dari penelitian-penelitian terdahulu sebagai dasar. Peneliti melanjutkan dengan mengenalkan inovasi pada penelitian sebelumnya

dengan fokus pada pengembangan karakteristik pembakaran pelet Sabut Kelapa. Selama proses penelitian ini, langkah-langkah dari awal hingga akhir dirancang dengan cermat untuk mengeksplorasi penambahan zat aditif dan ukuran partikel pada pelet.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dimulai pada bulan November 2021 dan akan berlanjut hingga diperoleh hasil penelitian yang akurat dan memiliki manfaat yang signifikan bagi masyarakat. Pelaksanaan penelitian akan dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Jember, Laboratorium Teknik Universitas Jember, dan jika diperlukan, di tempat lain yang sesuai, apabila peralatan yang diperlukan tidak tersedia di laboratorium yang disebutkan sebelumnya.

Tahap Perancangan Pelet

Setelah melakukan telaah literatur, langkah berikutnya adalah memasuki fase penelitian. Perancangan ini mencakup pemilihan bahan baku yang akan digunakan serta penentuan ukuran pelet yang akan diproduksi. Prosedur umum dalam perancangan bahan bakar melibatkan langkah-langkah berikut:

1. Bahan utama yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sabut kelapa, dengan penambahan bahan aditif berupa zeolit.
2. Partikel sabut kelapa disaring sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.
3. Ukuran pelet yang dihasilkan adalah 10 mm dengan bentuk silindris.
4. Sebagai hasil dari berbagai variasi yang telah ditetapkan, sejumlah sampel telah dihasilkan sesuai dengan perancangan yang telah dirancang.

Alat dan Bahan Preparasi Pelet

Studi ini menguraikan alat dan bahan yang digunakan dalam proses preparasi pelet dengan fokus pada penggunaan cetakan pelet, besi penekan, timbangan, dan oven laboratorium. Cetakan pelet digunakan untuk membentuk campuran bahan, sementara besi penekan memberikan tekanan yang diperlukan. Timbangan digunakan untuk mengukur bahan secara tepat, dan oven laboratorium digunakan untuk proses pengeringan. Adapun bahan yang digunakan melibatkan sabut kelapa, tepung tapioka, zeolit, dan air. Proses preparasi pelet ini penting dalam penelitian ini untuk mencapai hasil yang konsisten dan dapat diandalkan dalam analisis berbagai sifat pelet yang dihasilkan.

Prosedur Preparasi Pelet

Langkah-langkah umum dalam persiapan tiap jenis bahan bakar adalah sebagai berikut:

1. Siapkan bahan baku yang akan digunakan dalam pembuatan pelet biomasa, yaitu sabut kelapa.
2. Sabut kelapa yang telah dikumpulkan kemudian dikeringkan atau dipanaskan selama 6 jam pada suhu 150°C. Setelah itu, sabut kelapa dihancurkan menjadi serbuk. Jika serbuk sabut kelapa sudah halus, lakukan penyaringan dengan ukuran mesh 20.
3. Timbang serbuk sabut kelapa sebanyak 25 gram untuk setiap sampel pelet biomasa yang akan dibuat. Selanjutnya, timbang tepung tapioka seberat 25 gram dan campurkan dengan air panas, lalu aduk hingga membentuk adonan lengket.
4. Setelah adonan tepung tapioka menjadi lengket, campurkan dengan bahan aditif sebanyak 12,5 gram. Kemudian, campurkan dengan bahan utama berupa serbuk sabut kelapa dan aduk hingga merata.

5. Masukkan adonan ke dalam cetakan dengan diameter 1 cm, lalu tekan dengan kuat menggunakan tekanan sekitar 50 kg.

Langkah-langkah di atas dilakukan untuk serbuk sabut kelapa dengan dengan variasi penggunaan bahan aditif seperti zeolit.

Alat Pengujian Pelet

Penelitian ini melibatkan serangkaian alat pengujian pelet yang mencakup timbangan untuk mengukur massa dengan presisi, satu termokopel untuk memonitor suhu, sistem akuisisi data menggunakan alat dari Arduino, Gas Detector HI805 Four in One untuk mendeteksi kandungan gas, tiga kaleng sebagai komponen eksperimen, kamera ponsel untuk dokumentasi visual, dan solder hot air gun untuk keperluan pengolahan material. Penggunaan berbagai peralatan ini merupakan langkah krusial dalam mengumpulkan data yang akurat dan relevan untuk analisis pelet yang mendalam dalam penelitian ini.

Tahap Pengujian Pelet

Tahap berikutnya adalah pengujian bahan bakar biomasa, yang terdiri dari dua jenis pengujian, yaitu pengujian kadar air dan pengujian pembakaran. Berikut adalah prosedur untuk pengujian pembakaran:

Pengujian Pembakaran

1. Lubangi bagian tengah pelet biomasa dengan menggunakan bor berdiameter 1,5 mm.
2. Menimbang pelet biomasa dengan berat sekitar 1 gram.
3. Masukkan sebuah termokopel ke dalam lubang yang telah dibuat pada pelet biomasa.
4. Letakkan pelet biomasa yang telah mbakaran.
5. Setel alat Hot air gun pada suhu 450°C dengan kecepatan angin sebesar 10.
6. Catat suhu awal saat pelet biomasa mulai terbakar.
7. Tunggu hingga pembakaran pelet selesai dan catat suhu maksimal yang tercapai serta waktu yang dibutuhkan hingga pelet biomasa habis terbakar.
8. Lakukan Pengujian ini pada setiap variasi pelet biomasa yang dibuat.

Pengujian kadar air

Prosedur pengujian dan perhitungan dari kadar air mengacu pada (Astm D2226-98, 2014) :

1. Timbang dengan seksama 1-2 gram
2. Memasukan pada oven suhu 105oC dengan waktu 5 jam.
3. Setelah di angkat dari oven dan di amkan dalam desikator selama 30 menit
4. Menimbang ulang pelet biomasa hasil dan catat.

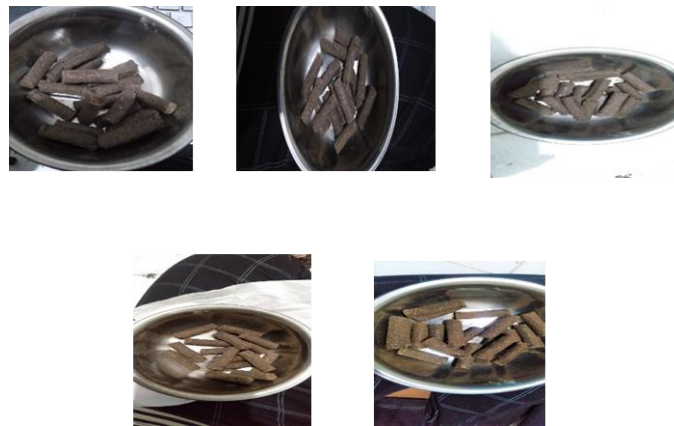
Pengujian kadar abu

Prosedur pengujian dari kadar abu mengacu pada (ASTM 871-96., 2014)

1. Timbang pelet biomasa dengan berat 1-2 gram
2. Memasukan pelet sabut kelapa pada tanur 500oC selama 2 jam.
3. Masukan ke dalam desikator selama 20 menit untuk proses pendinginan.
4. Menimbang ulang pelet biomasa hasil dan catat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

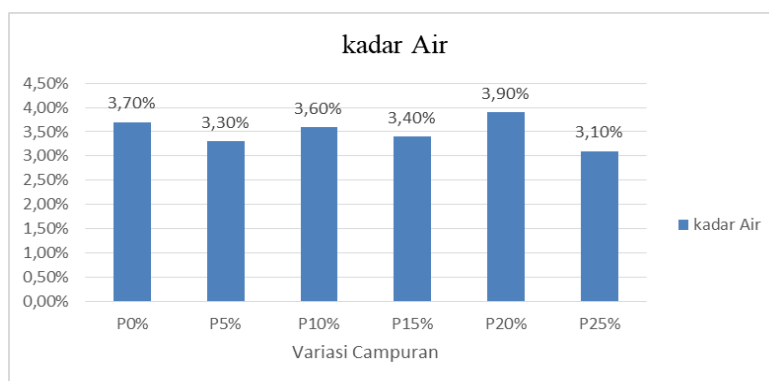
Hasil pembuatan pelet biomas dari sabut kelapa dilihat dengan mata telanjang tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara pelet biomas dari sabut kelapa tanpa campuran zeolit dengan pelet biomas campuran zeolit 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Campuran zeolit 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% tidak terlalu banyak mengubah bentuk dan warna yang dihasilkan oleh pelet biomas dari sabut kelapa, pelet biomas dari sabut kelapa masih terlihat berwarna kecoklatan dengan komposisi yang padat dan solit karena ukuran partikel yang dipakai juga mendukung untuk pengompakan yang lebih maksimal.



Gambar 1 Perbandingan pelet biomas dari sabut kelapa

Hasil Kadar Air Pelet Biomas dari sabut kelapa

Kadar air dalam pelet biomas merupakan salah satu parameter kritis yang berpengaruh pada efisiensi pembakaran, nilai kalor, dan kualitas pelet sebagai bahan bakar alternatif. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian kadar air pada pelet biomas dengan berbagai variasi penambahan zeolit, yang hasilnya tercatat dalam gambar 2 di bawah ini:



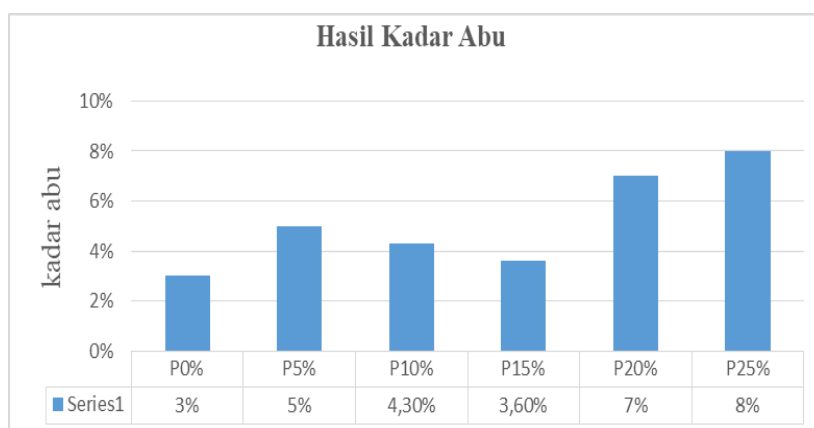
Gambar 2 Perbandingan hasil kadar air pada pelet biomas dari sabut kelapa

Dari hasil pengujian, terlihat bahwa penambahan zeolit dalam pelet biomas memberikan efek yang berbeda terhadap kadar air pelet. Terdapat fluktuasi kadar air yang menarik pada berbagai variasi zeolit yang diuji. Pada tahap awal penambahan zeolit (P5% dan P10%), terjadi penurunan kadar air yang relatif kecil dibandingkan dengan pelet biomas tanpa zeolit (P0%). Kadar air menurun dari 3,70% pada P0% menjadi 3,30% pada P5% dan 3,60% pada P10%. Hasil ini mungkin mengindikasikan bahwa zeolit memiliki

kemampuan menyerap kelembaban atau mengurangi kadar air dalam pelet biomasa. Namun, pada penambahan zeolit yang lebih signifikan (P20% dan P25%), terjadi peningkatan yang cukup signifikan dalam kadar air pelet. Pada P20%, kadar air mencapai 3,90%, sementara P25% mencapai kadar air terendah, yaitu 3,10%. Hal ini mungkin disebabkan oleh perubahan komposisi campuran yang lebih kompleks serta kemungkinan adanya interaksi yang lebih kompleks antara zeolit dan bahan baku pelet biomasa. Kadar air yang rendah pada pelet biomasa memiliki implikasi positif pada efisiensi pembakaran dan nilai kalor pelet. Pelet dengan kadar air yang rendah memiliki potensi untuk menghasilkan panas yang lebih tinggi dan pembakaran yang lebih efisien. Oleh karena itu, hasil pengujian ini mengindikasikan bahwa penambahan zeolit, terutama pada tingkat yang lebih rendah, mungkin dapat membantu meningkatkan efisiensi dan nilai kalor pelet biomasa.

Hasil Kadar abu Pelet Biomasa dari sabut kelapa

Kadar abu yang dihasilkan dari pelet biomasa sabut kelapa dengan berbagai persentase tambahan bahan aditif zeolit (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%) menunjukkan variasi yang signifikan sesuai dengan komposisi bahan yang digunakan dalam pembuatan pelet biomasa. Berikut ini adalah ilustrasi grafik hasil pengujian kadar abu pada pelet biomasa dari sabut kelapa



Gambar 3 Perbandingan hasil kadar air pada pelet biomasa dari sabut kelapa

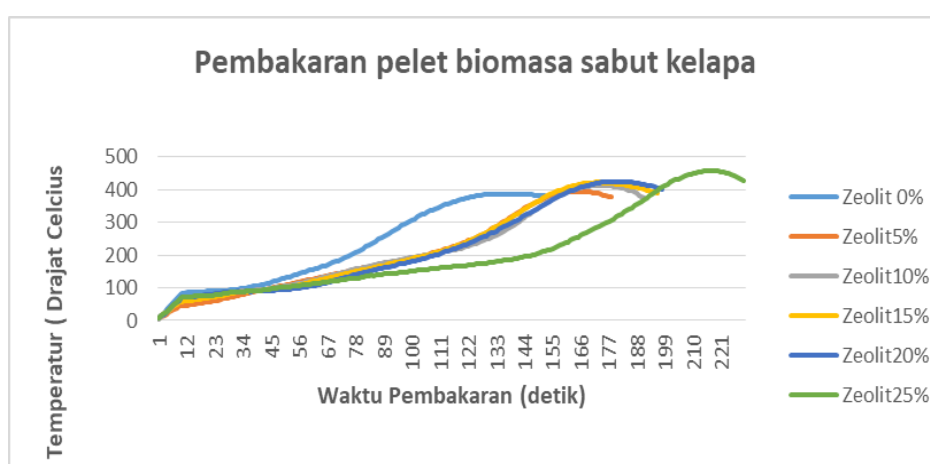
Hasil data yang ditunjukkan, dapat terangkan bahwa kadar abu pada pelet biomasa meningkat dengan penambahan zeolit hingga mencapai 8% pada P25%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan zeolit secara signifikan mempengaruhi kadar abu pada pelet biomasa. Pada penambahan awal (P5% dan P10%), terjadi peningkatan yang relatif rendah dalam kadar abu, yaitu dari 3,00% pada P0% menjadi 5,00% pada P5% dan 4,30% pada P10%. Ini mungkin disebabkan oleh adanya zeolit yang memiliki kandungan mineral yang dapat meningkatkan kadar abu. Peningkatan kadar abu yang lebih signifikan terjadi pada P15% hingga P25%, di mana kadar abu mencapai 3,60% pada P15% dan 7,00% pada P20%. Kadar abu paling tinggi tercatat pada P25% dengan nilai 8,00%. Peningkatan ini bisa disebabkan oleh peningkatan jumlah zeolit dalam campuran, yang kemungkinan memiliki kontribusi yang signifikan terhadap komposisi abu. Kadar abu yang tinggi pada pelet biomasa dapat memiliki dampak negatif pada kualitas pelet, terutama dalam hal nilai kalor dan pembakaran yang efisien. Kadar abu yang tinggi dapat mengurangi nilai kalor dan memengaruhi performa pelet biomasa sebagai bahan bakar alternatif. Maka perlu melakukannya identifikasi lebih dalam terhadap

performa pembakaran pelet biomasa ini untuk menentukan apakah peningkatan kadar abu tersebut mempengaruhi efisiensi dan emisi selama proses pembakaran.

Hasil ini menunjukkan bahwa perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan variasi zeolit yang optimal untuk menghasilkan pelet biomasa dengan kadar abu yang rendah, namun tetap memenuhi standar kualitas pelet biomasa. Pemilihan variasi zeolit yang tepat dapat membantu meningkatkan kualitas pelet biomasa.

Hasil Laju Pembakaran Pelet Biomasa dari sabut kelapa

Hasil pengujian laju pembakaran pelet biomasa dengan campuran zeolit pada berbagai kadar zeolit (P0%, P5%, P10%, P15%, P20%, P25%). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kadar zeolit terhadap laju pembakaran pelet biomasa dalam satuan temperatur perdetik



Gambar 4 Hasil pembakaran pelet biomasa dari sabut kelapa dengan campuran variasi bahan aditif zeolit

Berdasarkan data di atas, Kadar Zeolit P0% memiliki laju pembakaran yang paling rendah, dengan rata-rata 387 perdetik. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan zeolit pada kadar 0% tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap laju pembakaran pelet biomasa. Kadar Zeolit P15% dan P20% memiliki laju pembakaran tertinggi, yaitu 425 perdetik dan 428 perdetik secara rata-rata. Penambahan zeolit pada kadar ini menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam laju pembakaran pelet biomasa.

Grafik hasil pengukuran laju pembakaran menunjukkan bahwa peningkatan kadar zeolit cenderung meningkatkan laju pembakaran pelet biomasa secara linear. Penelitian ini telah berhasil menguji pengaruh kadar zeolit dalam campuran pelet biomasa terhadap laju pembakaran dalam satuan temperatur perdetik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan kadar zeolit secara signifikan meningkatkan laju pembakaran pelet biomasa. Kadar zeolit sekitar 15% hingga 20% tampaknya menjadi titik optimum untuk mencapai laju pembakaran tertinggi.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengevaluasi pengaruh penambahan zeolit pada pelet biomasa dari sabut kelapa. Hasil menunjukkan bahwa variasi zeolit hingga 25% tidak signifikan memengaruhi visual pelet, tetapi berdampak pada karakteristik kualitas. Penambahan zeolit pada tingkat rendah cenderung mengurangi kadar air, namun pada tingkat tinggi dapat meningkatkan kadar air dan abu. Laju pembakaran pelet meningkat seiring dengan peningkatan kadar zeolit, mencapai puncak pada sekitar 15% hingga 20%. Simpulan ini memberikan pemahaman mendalam terhadap efek zeolit pada pelet biomasa dan menunjukkan potensi

aplikasi yang memerlukan optimisasi formulasi zeolit. Untuk penelitian mendatang, direkomendasikan fokus pada identifikasi variabel zeolit optimal untuk meningkatkan kualitas pelet biomasa.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Qadry, M. G., Saputra, D. D., & Widodo, R. D. (2018). Karakteristik Dan Uji Pembakaran Biopellet Campuran Cangkang Kelapa Sawit Dan Serbuk Kayu Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 16(2), 177–188.
- Azhar, & Rustamaji, H. (2019). Bahan Bakar Padat dari Biomassa Bambu dengan Proses Torefaksi dan Densifikasi. *Jurnal Rekayasa Proses*, 3(2), 26–29.
- Benjamin, A., & Ramdhan, M. K. (2021). ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN BAHAN ADITIF PADA BRIKET LIMBAH ORGANIK TERHADAP NILAI KALOR ANALYSIS THE EFFECT OF ADDITIVE MATERIALS ADDITION ON ORGANIC WASTE BRIQUETTE ON THE HEATING VALUE. 8(2), 1779.
- BPPT - Outlook Energi Indonesia 2020. (n.d.).
- Fatriani, F., Sunardi, S., & Arfianti, A. (2018). KADAR AIR, KERAPATAN, DAN KADAR ABU WOOD PELLET SERBUK GERGAJI KAYU GALAM (*Melaleuca cajuputi* Roxb) DAN KAYU AKASIA (*Acacia mangium* Wild). *EnviroScienteeae*, 14(1), 77. <https://doi.org/10.20527/es.v14i1.4897>
- Feringo, T. (2019). Analisis Kadar Air, Kadar Abu, Kadar Abu Tak Larut Asam Dan Kadar Lemak Pada Makanan Ringan Di Balai Riset Dan Standarisasi Industri Medan. *Universitas Sumatera Utara*, 8(5), 55.
- Indahyani, T. (2011). Pada Perencanaan Interior Dan Furniture yang Berdampak pada Pemberdayaan Masyarakat Miskin. *Humaniora*, 2(1), 15–23.
- Lestari, D. E. (2009). *Perancangan Bahan Bakar Pelet Biomassa Dengan Nilai Kalor Optimal dan Emisi Rendah Untuk Masyarakat Perkotaan di Indonesia*.
- Lestari, D. Y. (2010). Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia 2010*, 6.
- MAZAK, M. A. (n.d.). *Modified zeolite beta as catalysts in friedel-crafts alkylation of resorcinol marzita bt abd mazak universiti teknologi malaysia*.
- Pangga, D., Safitri, B. R. A., Sani, A. A., & Prayogi, S. (2022). Pengaruh Variasi Bahan Perikat Biobriket Berbahan Dasar Tongkol Jagung Terhadap Nilai Kalor Dan Laju Pembakaran. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 8(1), 175. <https://doi.org/10.31764/orbita.v8i1.7934>
- Paskawati, Y. A., Susyana, Antaresti, & Retnoningtyas, E. S. (2010). Pemanfaatan tempurung kelapa sebagai bahan baku pembuatan kerta komposit alternatif. *Widya Teknik*, 9(1), 12–21.

-
- Ridhuan, K., Irawan, D., Zanaria, Y., & Firmansyah, F. (2019). Pengaruh Jenis Biomassa Pada Pembakaran Pirolisis Terhadap Karakteristik Dan Efisiensi Bioarang - Asap Cair Yang Dihasilkan. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 20(1), 18–27. <https://doi.org/10.23917/mesin.v20i1.7976>
- Sylviani, S., & Yosefi Suryandari, E. (2013). Potensi Pengembangan Industri Pelet Kayu Sebagai Bahan Bakar Terbarukan Studi Kasus Di Kabupaten Wonosobo. *Jurnal Penelitian Sosial Dan Ekonomi Kehutanan*, 10(4), 235–246. <https://doi.org/10.20886/jpsek.2013.10.4.235-246>
- Widiyandari, H., Setiabudi, W., Subagio, A., Haryanti, S., Siahaan, P., & Tjahjana, H. (2016). Pengaruh Penggunaan Binder terhadap Densitas dan Kalor Pembakaran Briket dari Limbah Sagu. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 3(02), 188. <https://doi.org/10.13057/ijap.v3i02.1270>