

PENGARUH UKURAN PARTIKEL SERBUK ARANG TERHADAP KARAKTERISTIK BRIKET BIOARANG BUAH PINUS

Ismail

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: ismail.21019@mhs.unesa.ac.id

Ika Nurjannah

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: ikajannah@unesa.ac.id

Abstrak

Kebutuhan dan keterbatasan jumlah energi terutama energi fosil menjadi faktor utama pengembangan energi baru terbarukan (EBT). Indonesia memiliki luas lahan berhutan yang sangat luas dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Salah satunya adalah limbah buah pinus. Buah pinus berpotensi sebagai energi biomassa yang dapat dijadikan briket bioarang. Penelitian ini memvariasikan ukuran partikel serbuk arang sebesar (60 – 79 mesh, 80 – 99 mesh, 100 – 119 mesh, dan > 120 mesh) dalam pembuatan briket bioarang buah pinus dengan menggunakan perekat tepung tapioka dengan rasio bahan baku dan perekat sebesar (85% : 15%) untuk mengetahui pengaruh terhadap karakteristik briket yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar volatile matter, nilai kalor, kadar karbon terikat, densitas, dan laju pembakaran. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata nilai kalor tertinggi 6540,9167 cal/g pada ukuran partikel 100-119 mesh, kadar air terendah 7,66% pada ukuran partikel ≥ 120 mesh, kadar abu terendah 9,57% pada ukuran partikel 100-119 mesh, kadar zat menguap terendah 0,87% pada ukuran partikel 60-79 mesh, kadar karbon terikat tertinggi 81,73% pada ukuran partikel 100-119 mesh, densitas tertinggi 0,605 g/cm³ pada ukuran partikel ≥ 120 mesh, dan laju pembakaran terendah 0,119 g/s pada ukuran partikel ≥ 120 mesh.

Kata Kunci: Biomassa, briket bioarang, buah pinus, ukuran partikel, mesh

Abstract

The need and limitation of the amount of energy, especially fossil energy, are the main factors in the development of new and renewable energy (NRE). Indonesia has a very large area of forested land and has not been utilized to the fullest. One of them is pine fruit waste. Pine fruit has the potential to be biomass energy that can be used as biochar briquettes. This study varied the size of charcoal powder particles by (60 – 79 mesh, 80 – 99 mesh, 100 – 119 mesh, and > 120 mesh) in the manufacture of pine fruit biocharcoal briquettes using tapioca flour adhesive with a ratio of raw materials and adhesives of (85%: 15%) to determine the influence on the characteristics of briquettes which include moisture content, ash content, volatile matter content, calorific value, bound carbon content, density, and combustion rate. The results showed the highest average calorific value of 6540.9167 cal/g at particle size 100-119 mesh, the lowest moisture content of 7.66% at the particle size ≥ 120 mesh, the lowest ash content of 9.57% at particle size 100-119 mesh, the lowest vapor content of 0.87% at particle size 60-79 mesh, the highest bound carbon content of 81.73% at particle size 100-119 mesh, the highest density of 0.605 g/cm³ at particle size ≥ 120 mesh, and the lowest burn rate of 0.119 g/s at a particle size of ≥ 120 mesh.

Keywords: Biomass, biocharcoal briquettes, pine fruit, particle size, mesh

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan perkembangan teknologi. Indonesia merupakan salah satu negara dengan populasi terbesar keempat didunia setelah India, China, dan United State, dengan populasi sebesar 277 juta dan tingkat pertumbuhan 0,82% pada tahun 2023. (World Population by Country, 2024) Untuk memenuhi kebutuhan energi, sumber energi sebagian besar berasal dari energi fosil. Pada tahun 2019 tercatat 90,7% penyediaan energi primer nasional dipenuhi dari batu bara, minyak bumi dan gas bumi. Terlebih lagi di sektor transportasi, yang merupakan

sektor pengguna energi terbesar di Indonesia, 90,9% kebutuhan energinya dipenuhi oleh bahan bakar minyak (Santosa, et al., 2021). Disisi lain, ketersediaan energi fosil mengalami penurunan dan akhirnya akan habis. Dalam hal ini pemerintah berupaya dalam pengembangan energi baru terbarukan yang tertuang dalam PP Nomor 79 Tahun 2014 mendorong pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) dan mengerem penggunaan sumber energi fosil. (Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, 2014).

Salah satu sumber energi yang dapat digunakan sebagai energi alternatif dan keberadaannya melimpah adalah biomassa. (Istiani, Sribudiani, & Somadona, 2021).

Biomassa adalah material yang berasal dari organisme hidup yang meliputi tumbuh-tumbuhan dan hewan (Karina & Nurdiana, 2022). Biomassa memiliki kelebihan dibandingkan energi fosil karena merupakan energi yang terbarukan (renewable) sehingga ketersediaannya dapat diperoleh secara berkesinambungan (sustainable) dari residu lignoselulosa (contohnya residu hutan, residu pertanian dan limbah industri) (Cho & Kim, 2019). Selain itu biomassa lebih ramah lingkungan sehingga dapat mengurangi emisi gas rumah kaca (Parinduri & Parinduri, 2020).

Jawa timur memiliki potensi lahan pinus yang dikelola perhutani sebesar 332.154,13 Ha (Perhutani, 2024). Pemanfaatan hutan pinus berpotensi sebagai objek wisata. Dari segi manfaat pohon pinus dilakukan penyadapan getah yang berbentuk cairan asam resin, kemudian diolah menjadi gondorukem (olahan getah pinus dari hasil destilasi berbentuk padat) dan terpentin yang digunakan sebagai bahan kosmetik dan obat-obatan (Tajuddin & Suryanto, 2022). Bagian kayu pinus dapat dimanfaatkan sebagai bahan mebel, kulit kayunya dapat diolah menjadi pupuk organik. Selain kayu, getah, dan kulit kayunya, pohon pinus juga menghasilkan bunga (buah pinus). Akan tetapi dari semua bagian tersebut dikategorikan sebagai limbah karena kurangnya pemanfaatan dari buah pinus. Dengan acuan pada harapan pemerintah dan pola konsumsi energi masyarakat, maka lahir gagasan pemanfaatan limbah buah pinus sebagai energi alternatif dalam bentuk biomassa padat berupa briket bioarang.

Indonesia memiliki lahan berhutan yang sangat luas. Hasil pemantauan hutan Indonesia Tahun 2022 menunjukkan bahwa luas lahan berhutan seluruh daratan Indonesia adalah 96,0 juta ha atau 51,2% dari total daratan, dimana 92,0% dari total luas berhutan atau 88,3 juta ha berada di dalam kawasan hutan (KLHK, 2024). Luas lahan hutan yang besar tersebut menghasilkan produk dan limbah yang dapat digunakan sebagai biomassa dengan potensi energi yang cukup besar. Sumber energi ini relatif tidak menimbulkan polusi udara yang berlebihan karena tidak mengandung unsur sulfur. Selain itu juga dapat meningkatkan pemanfaatan residu hutan. (Priyadi, Hadi, & Surapati, 2021) salah satu limbah hutan yang dapat digunakan sebagai biomassa adalah buah pinus.

Briket biomassa merupakan bahan bakar padat yang tersusun dari residu tanaman melalui proses densifikasi. Proses pembuatan briket bioarang dilakukan dengan cara pengurangan bahan baku kering kemudian dicetak. Atau dengan teknik pirolisis (bahan baku dihaluskan kemudian dipanaskan tanpa atau dengan sedikit oksigen) kemudian dilakukan pembentukan briket dengan cara dicetak dan dimampatkan (diberi tekanan) (Gazali & Tang, 2021). Bahan baku briket harus memiliki sifat termal yang tinggi dan emisi CO₂ yang rendah sehingga tidak berdampak pada pemanasan global (Maryono, Sudding, & Rahmawati, 2013).

Briket biasanya digunakan dalam industri skala besar, home industri, rumah makan dan sektor lainnya. Di Eropa, briket kerap digunakan sebagai bahan bakar untuk memanggang bahan makanan. Di negara Timur Tengah, briket digunakan untuk keperluan rokok shisha. Sementara itu, di Asia seperti Korea Selatan dan Jepang briket

digunakan untuk keperluan memasak di restoran (KEMLU, 2021). Briket bioarang memiliki potensi ekspor yang besar. Hal ini dibuktikan dengan ekspor satu kontainer produk briket arang kelapa dari Indonesia ke Jepang senilai USD 19,2 ribu pada 12 Agustus 2022 (KEMENDAG, 2022).

Pinus atau tusam dengan nama latin Pinus Merkusii adalah tanaman yang termasuk dalam famili pinaceae (Melinda, Andini, & Yanti, 2022). Pohon pinus banyak dijumpai di kawasan Asia Tenggara (Sadili, 2015). Pinus Merkusii dapat tumbuh pada berbagai ketinggian tempat, namun akan tumbuh optimal pada ketinggian 400 – 2000 mdpl (Natalia, Jumari, & Murningsih, 2020). Buah pinus memiliki kandungan 28,24% Lignin; 23,75% Hemiselulosa; 37,38% α -selulosa; 9,23% Ekstraktif; dan 3,13% ash. (Kumar, Gupta, & Gaikwad, 2021). Dengan kandungan tersebut sehingga buah pinus berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai energi alternatif biomassa briket bioarang.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Gazali dan Tang (2021) dengan judul “Uji Kualitas Briket Arang Buah Pinus Hasil Pirolisis Sebagai Bahan Bakar Alternatif” yang meneliti tentang pengaruh konsentrasi bahan perekat kanji terhadap karakteristik briket buah pinus pada rasio bahan baku dengan perekat 85 : 15% menghasilkan karakteristik kadar abu 1,50% berat; kadar zat menguap 21,08% berat; karbon tetap 70,20% berat; nilai kalor 6.577 kcal/kg; kadar air 6,87% berat; dan lama pembakaran 99 menit.

Sudding dan Jamaludin (2015) dalam penelitiannya membahas tentang “Pengaruh Jumlah Perekat Kanji terhadap Lama Briket Terbakar menjadi Abu” menggunakan variasi perekat tepung tapioka sebesar 5%, 7%, 9%, 11%, 13%, dan 15% dari masa total briket mendapatkan hasil nilai kalor semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah perekat kanji dan hasil paling optimal pada variasi 15% bahan perekat dengan rata-rata lama pembakaran dari dua kali pengujian adalah 397,0 menit.

Penelitian yang mengkaji pengaruh ukuran partikel terhadap karakteristik briket pernah dilakukan oleh Ruslan (2020) yang menggunakan bahan dari arang sekam padi (ASP) dengan ukuran partikel 200 mesh dan variasi ukuran partikel arang tempurung kelapa (ATK) 100 mesh, 200 mesh, dan 300 mesh. Dari penelitian tersebut diperoleh kadar air tertinggi sebesar 1,06% pada variasi ukuran partikel ATK 200 mesh dan kadar air terendah sebesar 0,87% dengan variasi ukuran partikel ATK 300 mesh. Kadar abu tertinggi sebesar 42,96% pada variasi ATK 100 mesh dan kadar abu terendah menguap tertinggi pada variasi ATK 300 mesh yaitu sebesar 23,06% dan kadar zat mudah menguap terendah sebesar 19,05% pada variasi ATK 200 mesh. Nilai kalor tertinggi sebesar 4399,70 kal/g pada variasi ATK 200 mesh dan nilai kalor terendah sebesar 4310 kal/g pada variasi ATK 300 mesh.

Redjeki, et al., (2022) dalam penelitiannya “Pengaruh Komposisi dan Ukuran Partikel pada Nilai Kalor Biobriket dari Tandan Pisang dan Serbuk Gergaji dengan Penambahan Perekat Tepung Tapioka dan Tepung Sagu” mendapatkan nilai kalor kotor terbaik terdapat pada variasi ukuran partikel 60 mesh yaitu sebesar 4.260 kal/g untuk serbuk gergaji dan 4.508 kal/g untuk tandan pisang. Hasil kadar air terendah didapat pada ukuran partikel 60 mesh

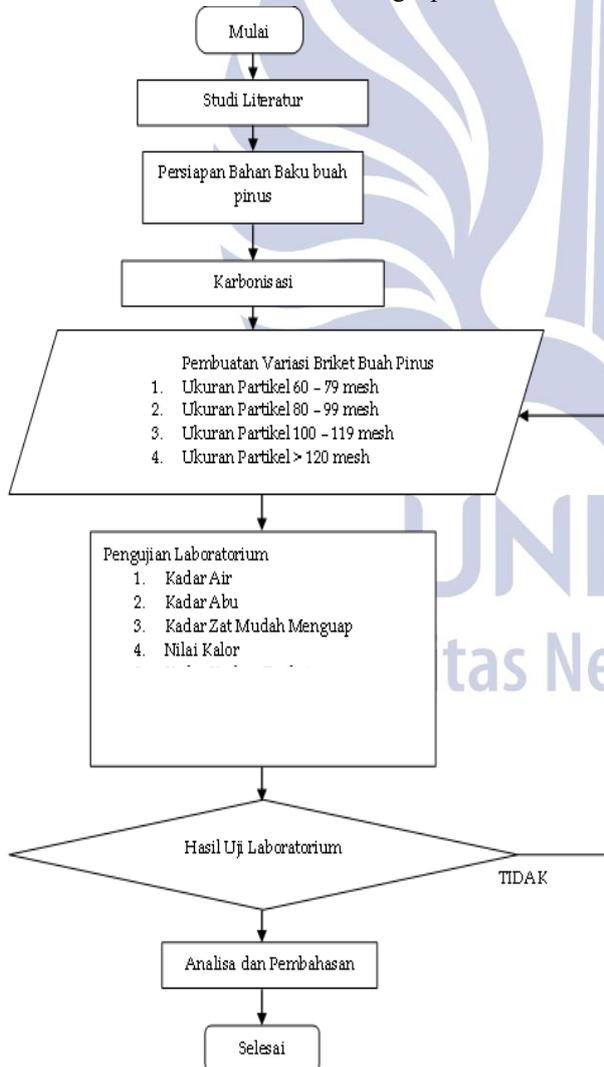
yaitu 13,4%. Hasil pengujian kadar abu terendah terdapat pada variasi partikel mesh 60.

Berdasarkan uraian diatas maka dilakukan penelitian pengaruh ukuran partikel serbuk arang terhadap karakteristik briket bioarang buah pinus.

METODE

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini memvariasikan ukuran partikel serbuk arang buah pinus. Buah pinus dikarbonisasi dengan suhu 350-450°C selama 4 jam. Hasil arang buah pinus ditumbuk dan diayak menggunakan ayakan dengan ukuran 60 mesh, 80 mesh, 100 mesh, dan 120 mesh. Perikat yang digunakan adalah tepung tapioka dengan perbandingan perikat dan bahan baku adalah sebesar 15% : 85%. Briket dicetak dengan besi hoolow berdiameter 2,5cm×2,5cm×2,5cm Pencetakan briket menggunakan dilakukan dengan tekanan 100kg/cm². Kemudian dilakukan pengeringan menggunakan oven dengan suhu 70°C selama 6 jam. Selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik meliputi nilai kalor, kadar air, kadar abu, dan kadar zat mudah menguap



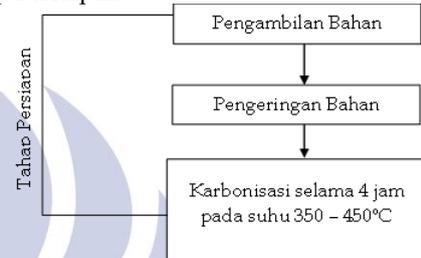
Gambar 1 Rancangan Penelitian

B. Alat dan Bahan:

1. Kaleng besi
2. Lumpang
3. Pengayak
4. Alat Press
5. Timbangan digital
6. Oven
7. Cetakan briket
8. Wadah
9. Bomb calorimeter
10. Buah pinus
11. Air
12. Tepung tapioka

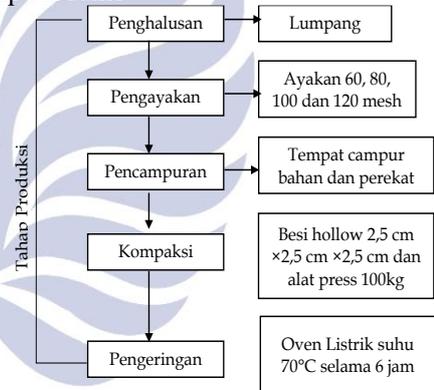
C. Prosedur Penelitian

1. Tahap Persiapan



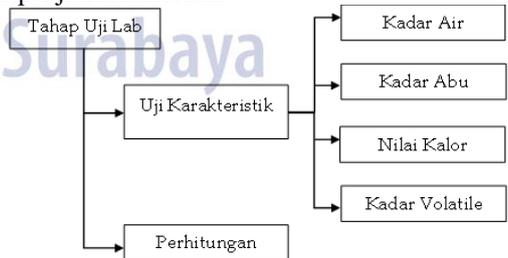
Gambar 2. Tahap Persiapan

2. Tahap Produksi



Gambar 3. Tahap Produksi

3. Tahap Uji Laboratorium



Gambar 4 Tahap Uji Laboratorium

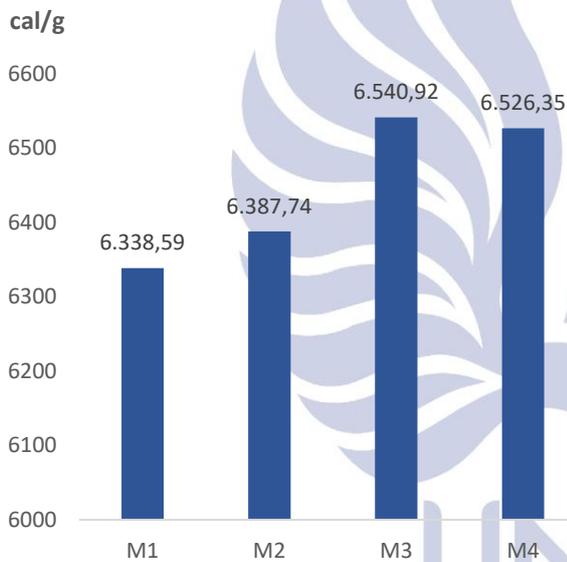
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel serbuk arang 60 - 79 mesh, 80 - 99 mesh, 100 - 119 mesh, dan ≥120 mesh terhadap karakteristik briket bioarang buah pinus. karakteristik yang

diuji meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, nilai kalor, kadar karbon terikat, laju pembakaran, dan densitas

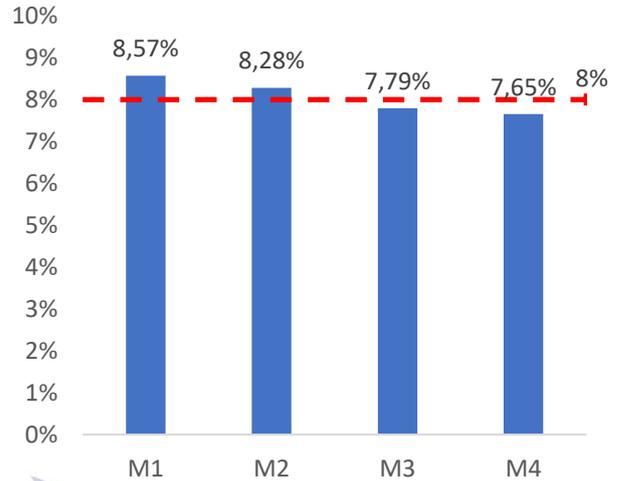
Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Briket Bioarang

Nama Sampel	Nilai Kalor (Cal/g)	Kadar air (%)	Nilai abu (%)	Volatile Matter (%)
60 - 79 mesh	6340,84	8,55	12,76	0,8934
	6335,54	8,54	12,55	0,8655
	6339,39	8,62	12,65	0,8766
80 - 99 mesh	6384,39	8,32	10,88	0,8919
	6392,46	8,33	10,49	0,8935
	6386,36	8,2	10,68	0,8846
100 - 119 mesh	6540,29	7,72	9,61	0,9021
	6539,62	7,80	9,52	0,9075
	6542,84	7,86	9,58	0,9034
≥ 120 mesh	6526,58	7,67	9,71	0,9189
	6528,64	7,64	9,8	0,9194
	6523,82	7,65	9,89	0,9193
SNI	≥5000	Max 8	Max 8	Max 15



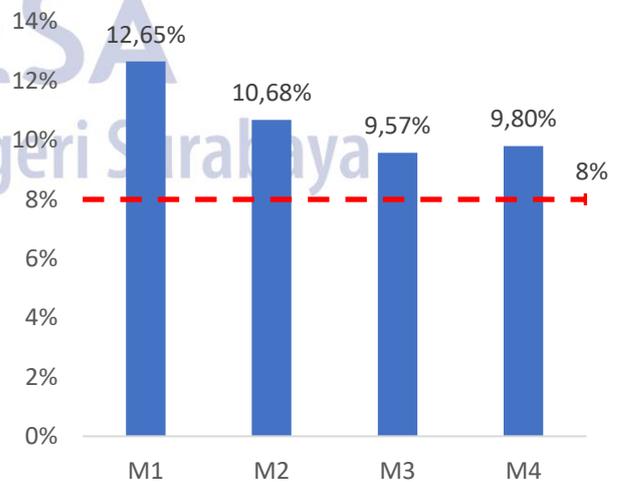
Gambar 5. Diagram Hasil Uji Nilai Kalor

Nilai kalor adalah jumlah panas yang dihasilkan selama pembakaran persatuan bahan bakar tertentu. Semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan bahan bakar maka semakin baik kualitasnya. Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa terjadi kenaikan nilai kalor dari variasi M1 (mesh 60-79) hingga variasi M3 (mesh 100-119). Dan mengalami penurunan pada variasi M4 (mesh ≥120). Hal ini dikarenakan nilai kalor pada briket dipengaruhi oleh kadar karbon terikat yang berkaitan dengan kadar air dan kadar abu dari briket, semakin rendah kadar air dan kadar abu briket, maka semakin tinggi kadar karbon terikat dalam briket. Semakin tinggi kadar karbon terikat dalam briket maka semakin tinggi nilai kalor briket (Titarsole & Maail, 2021).



Gambar 6. Diagram Hasil Uji Kadar Air

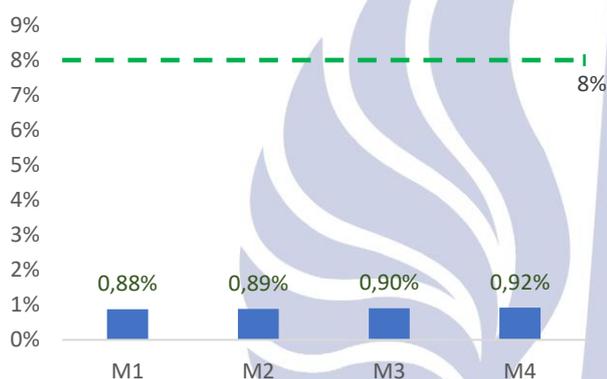
Kadar air merupakan salah satu karakteristik yang menentukan kualitas briket dimana semakin rendah kadar air maka semakin bagus kualitas dari briket bioarang. Untuk memenuhi SNI 01-6235-2000 Kadar air maksimal sebesar 8%. Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa terdapat penurunan kadar air seiring dengan ukuran partikel yang semakin kecil, hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran partikel maka semakin besar luas permukaan briket sehingga mempercepat penguapan air pada saat proses pengeringan briket. Rata-rata kadar air tertinggi sebesar 8,57% pada variasi ukuran mesh 60 - 79 mesh, dan terendah pada variasi ukuran partikel ≥120 sebesar 7,66%. Kecenderungan penurunan kadar air briket dikarenakan semakin kecil ukuran partikel serbuk arang menjadikan densitas briket menjadi lebih tinggi, hal ini menyebabkan briket memiliki lebih sedikit rongga antar partikel sehingga menurunkan sifat higroskopis dari briket (Dewi, Saputra, & Purnomo, 2022)



Gambar 7. Diagram Hasil Uji Kadar Abu

Kadar abu merupakan sisa proses pembakaran briket dan menjadi salah satu parameter untuk menentukan

kualitas briket bioarang. Dari Gambar 2 diatas diketahui bahwa terjadi tren penurunan kadar abu pada variasi 60 – 79 mesh hingga variasi 100 – 119 mesh dimana kadar abu tertinggi 12,65% pada variasi ukuran partikel 60 – 79 mesh dan terendah 9,57% pada variasi ukuran partikel 100 – 119 mesh. Akan tetapi terjadi kenaikan kadar abu pada variasi ukuran partikel ≥ 120 mesh. Kenaikan kadar abu ini dikarenakan ukuran ayakan yang lebih kecil meningkatkan ikatan antar partikel serbuk arang sehingga menghasilkan panas yang lebih stabil saat pembakaran dan menghasilkan kadar abu yang lebih rendah (Napitululu, Pratama, & Dharta, 2025). Akan tetapi ukuran partikel yang terlalu kecil menyebabkan jumlah oksigen yang dibutuhkan pada proses pembakaran mengalir lebih sedikit dan menyebabkan pembakaran yang tidak sempurna sehingga menghasilkan kadar abu yang lebih tinggi (Ningsih, Udyani, Budianto, Hamidah, & Afifa, 2020)



Gambar 8. Diagram Hasil Uji Kadar *Volatile Matter*

Kadar volatile matter adalah bagian dari bahan bakar yang menguap saat dipanaskan pada suhu tinggi tanpa udara. Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan kadar volatile matter seiring dengan semakin kecil ukuran partikel. Kadar volatile matter terendah sebesar 0,87% pada variasi 60-79 mesh dan tertinggi 0,92% pada variasi 80-99 mesh. Hal ini disebabkan semakin kecil ukuran partikel kandungan volatile matter lebih sulit menguap pada saat proses pengeringan, sehingga nilai volatile matter menjadi lebih tinggi pada saat proses pengujian.

Simpulan

Ukuran partikel serbuk arang mempengaruhi karakteristik (nilai kalor, kadar air, kadar abu, dan kadar volatile matter) briket bioarang. Nilai kalor tertinggi terdapat pada variasi 100-119 mesh dengan rata-rata nilai kalor 6540,9167 cal/g. Rata-rata kadar air terendah pada variasi ukuran partikel ≥ 120 sebesar 7,66%. Kadar abu terendah 9,57% pada variasi M3 dengan ukuran partikel 100 – 119 mesh. Dan Kadar volatile matter terendah sebesar 0,87% pada variasi M1 dengan ukuran partikel 60 – 79 mesh.

DAFTAR PUSTAKA

- Cho, S., & Kim, J. (2019). Multi-site and Multi-period Optimization Model for Strategic Planning of a Renewable Hydrogen Energy Network from Biomass Waste and Energy Crops. *Energy*, 527-540.
- Dewi, R. P., Saputra, T. J., & Purnomo, S. J. (2022). Analisis Karakteristik Briket Arang Serbuk Gergaji dan Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 19-23.
- Gazali, A., & Tang, M. (2021). Uji Kualitas Briket Aarang Buah Pinus Hasil Pirolisis Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Seminar Nasional Ilmu Terapan*(Vol. 5, No. 1, pp.C11-C11).
- Istiani, W., Sribudiani, E., & Somadona, S. (2021). Biopellet dari Limbah Cangkang Kemiri (Aleurites Moluccana) dengan Campuran Biomassa Limbah Batang Sagu (Metroxylon Sagu) dan Serbuk Gergaji Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 170-180.
- Karina, S. P., & Nurdiana. (2022). Biomassa Karbon Pohon di Pegunungan Iboih Kecamatan Suka Karya Kota Sabang. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, 90-95.
- KEMENDAG. (2022, Agustus 15). Ekspor Perdana Briket Arang Kelapa ke Jepang, Peserta ECP Jabar Raup USD 19,2 Ribu. Diambil kembali dari Kementerian Perdagangan Republik Indonesia: <https://www.kemendag.go.id/>
- KEMLU. (2021, Mei 31). Arang Batok Kelapa Indonesia yang Kualitasnya Mendunia. Diambil kembali dari Kementerian Luar Negeri Republik Indonesia: <https://kemlu.go.id/maputo/id/news/13455/arang-batok-kelapa-indonesia-yang-kualitasnya-mendunia#:~:text=Briket%20arang%20batok%20kelapa%20merupakan,arang%20kelapa%20digunakan%20untuk%20keperluan>
- KLHK. (2024, Maret 21). Pengendalian Deforestasi dan Karhutla di Indonesia [Siaran Pers]. Diambil kembali dari PPID Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan: <https://ppid.menlhk.go.id/berita/siaran-pers/7594/pengendalian-deforestasi-dan-karhutla-di-indonesia>
- Kumar, A., Gupta, V., & Gaikwad, K. K. (2021). Microfibrillated Cellulose from Pine Cone: Extraction, Properties, and Characterization. *Biomass Conversion and Biorefnery*, 1-8.
- Maryono, Sudding, & Rahmawati. (2013). Pembuatan dan Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa. *Jurnal Chemica*, 74-83.
- Melinda, V., Andini, R., & Yanti, L. A. (2022). Analisis Morfologi Pinus (Pinus Merkusii Jungh. Et De Vriese) Studi Kasus: Lut Tawar dan Linge, Aceh Tengah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 796-804.
- Napitululu, R., Pratama, R. J., & Dharta, Y. (2025). Analisis Ukuran Partikel Serbuk Arang terhadap Pengurangan. *Jurnal Teknologi*, 44-49.
- Natalia, K., Jumari, & Murningsih. (2020). Struktur komposisi vegetasi hutan pinus di Kawasan Candi Gedong Songo, Kecamatan Bandungan, Kabupaten

- Semarang, Jawa Tengah. NICHE Journal of Tropical Biology, 50-58.
- Ningsih, E., Udyani, K., Budianto, A., Hamidah, N., & Afifa, S. (2020). Pengaruh Ukuran Partikel Arang dari Limbah Tutup Botol Plastik Terhadap Kualitas Briket. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 101-108.
- Parinduri, L., & Parinduri, T. (2020). Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Journal of Electrical Technology*, Vol 5, No.2, 88-92.
- Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. (2014). Jakarta: Pemerintah Indonesia.
- Perhutani. (2024, Maret 21). Divisi Regional Jawa Timur. Diambil kembali dari Perhutani: <https://www.perhutani.co.id/tentang-kami/struktur-organisasi/divisi-regional/jatim/>
- Priyadi, I., Hadi, F., & Surapati, A. (2021). Sosialisasi Pembuatan Briket Sampah Organik Rumah Tangga Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Ilmiah Pengembangan dan Penerapan IPTEKS*, 272-282.
- Redjeki, A. S., Markhaban, D., AB, S., & Yudistirani, S. A. (2022). Pengaruh Komposisi dan Ukuran Partikel pada Nilai Kalor Biobriket dari Tandan Pisang dan Serbuk Gergaji dengan Penambahan Perikat Tepung Tapioka dan Tepung Sagu. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2022*, 1-6.
- Santosa, J., Yudiantono, Fitriana, I., Anindhita, Wijono, A., & Ridlo, R. (2021). *Outlook Energi Indonesia 2021*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Sudding, & Jamaluddin. (2015). Pengaruh Jumlah Perikat Kanji terhadap Lama Briket Terbakar menjadi Abu. *Jurnal Chemica*, 27-36.
- Tajuddin, & Suryanto, D. A. (2022, Januari). Sebaran Potensi Hutan Pinus dan Perannya Terhadap Perbaikan Kondisi Hutan di Provinsi Sulawesi Selatan. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*(Vol. 17, No. 1), 1-12.
- Titarsole, J., & Maail, R. S. (2021). Analisa Kualitas Briket Arang (Studi Kasus Tanaman Bambu di Hutan Pendidikan Desa Honitetu Kabupaten Seram Bagian Barat). *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, 40-55.
- World Population by Country. (2024, Mei 15). Diambil kembali dari World Population Review: <https://worldpopulationreview.com/>