

KARAKTERISASI FISIS DAN KIMIA SERBUK KAYU KASAR SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PASIR PADA PEMBUATAN BATA RINGAN

Irma Aswani Ahmad^{1*}, Onesimus Sampebua¹, Noor Fadilah Romadhani¹ dan Mentari S. Sitorus¹

¹ Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia

*Irma.aswani.ahmad@unm.ac.id

Abstrak: Serbuk kayu merupakan limbah industri yang berpotensi besar untuk dimanfaatkan sebagai material alternatif ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik fisis dan kimia serbuk kayu kasar hasil limbah pembuatan kapal *Phinisi* di Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan, sebagai bahan substitusi pasir dalam pembuatan bata ringan. Pengujian dilakukan melalui analisis gradasi saringan sesuai ASTM C136:2012 serta pengamatan mikrostruktur menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS). Hasil uji gradasi menunjukkan bahwa serbuk kayu memiliki *Fineness Modulus* (FM) sebesar 0,99 dengan distribusi butiran tidak seragam dan tekstur berpori. Analisis SEM memperlihatkan struktur serat yang tidak homogen dengan rongga halus yang berpotensi menurunkan berat jenis bata ringan, sedangkan hasil EDS mengindikasikan dominasi unsur Boron (B), Oksigen (O), dan Karbon (C) dengan senyawa utama B₂O₃ dan C. Komposisi ini menunjukkan bahwa serbuk kayu kasar memiliki karakter organik yang sesuai sebagai pengisi berpori alami, meskipun masih diperlukan perlakuan kimia untuk meningkatkan keterikatan dengan semen. Secara umum, hasil penelitian ini memperkuat potensi serbuk kayu kasar sebagai bahan substitusi parsial pasir dalam produksi bata ringan ramah lingkungan.

Katakunci: Serbuk Kayu Kasar; Bata Ringan; SEM; EDS; Bahan Substitusi Pasir

Abstract: Coarse sawdust (wood powder) is an industrial by-product with significant potential as an environmentally friendly alternative material. This study aims to identify the physical and chemical characteristics of coarse sawdust derived from *Phinisi* shipbuilding waste in Bulukumba Regency, South Sulawesi, as a partial replacement for sand in lightweight brick production. The experimental tests involved sieve analysis following ASTM C136:2012, microstructural observation using *Scanning Electron Microscope* (SEM), and elemental composition analysis through *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS). The sieve analysis revealed that the sawdust has a fineness modulus (FM) of 0.99, indicating a non-uniform particle distribution and porous texture. SEM observations showed non-homogeneous fibrous structures with fine voids that potentially reduce the specific weight of lightweight bricks. Meanwhile, EDS results indicated the dominance of Boron (B), Oxygen (O), and Carbon (C) elements, with B₂O₃ and C as the main compounds. This composition reflects the organic nature of coarse sawdust, making it a natural porous filler, although chemical pre-treatment is necessary to enhance its bonding capability with cement. Overall, the findings confirm that coarse sawdust exhibits promising characteristics as a sustainable and lightweight sand substitute for eco-friendly brick application.

Keywords: Coarse Sawdust; Lightweight Brick; SEM; EDS; Sand Substitution Material

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi konstruksi saat ini diarahkan pada upaya menciptakan material bangunan yang ramah lingkungan, ringan, dan efisien energi. Salah satu produk yang mengalami perkembangan pesat adalah bata ringan, yang memiliki keunggulan berupa berat jenis rendah, kemampuan isolasi termal yang baik, serta kemudahan pemasangan. Di sisi lain, meningkatnya kebutuhan material konstruksi turut menyebabkan peningkatan eksploitasi pasir alam, yang berdampak pada kerusakan ekosistem sungai dan lingkungan pesisir (Rahman, et al. 2022). Kondisi ini mendorong perlunya inovasi material alternatif yang berkelanjutan, dengan memanfaatkan limbah biomassa sebagai bahan substitusi pasir untuk mengurangi ketergantungan pada sumber daya alam tak terbarukan (Pratama, 2021).

Salah satu jenis limbah yang potensial adalah serbuk kayu, terutama yang berasal dari industri pembuatan kapal *Phinisi* di Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan. Limbah ini melimpah dan hingga kini belum

dimanfaatkan secara optimal. Berdasarkan data Dinas Perindustrian Kabupaten Bulukumba (2023) dan hasil observasi lapangan, satu unit galangan aktif dapat menghasilkan limbah serbuk kayu sekitar 0,8–1,2 ton per tahun, tergantung jenis dan ukuran kapal yang dibuat. Dengan lebih dari 50 unit galangan aktif, potensi limbah mencapai kisaran 40–60 ton per tahun. Padahal, secara kimiawi serbuk kayu terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang dapat membentuk struktur berpori dan ringan—karakteristik yang dibutuhkan pada bata ringan (Hasanah et al., 2023). Menurut Suharyadi (2023), pemanfaatan limbah organik sebagai bahan bangunan dapat menurunkan berat jenis dan meningkatkan kemampuan isolasi termal tanpa menurunkan fungsi mekanik apabila proporsinya terkendali.

Beberapa penelitian terdahulu memperlihatkan bahwa penambahan serbuk kayu halus pada campuran bata ringan mampu menurunkan densitas dan meningkatkan efisiensi energi, namun cenderung menurunkan kekuatan tekan akibat peningkatan porositas (Lee, J. H., & Wang 2023; Nurfadhilah et al. 2022). Kajian yang dilakukan oleh (Siregar, F., & Wulandari 2021) menunjukkan bahwa ukuran butiran biomassa berpengaruh terhadap sifat fisis campuran, di mana partikel berukuran kasar cenderung memberikan struktur pori yang lebih besar namun meningkatkan kestabilan dimensi material. Penelitian serupa oleh (Putra et al., 2021) juga menyatakan bahwa pemilihan ukuran partikel dan distribusi gradasi menjadi faktor penting dalam mengontrol porositas dan kekuatan bata ringan berbasis bahan limbah. Penelitian Afriani dan Wulandari (2021) juga menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu dalam jumlah terbatas dapat memperbaiki kehalusan tekstur dan menurunkan berat jenis bata ringan tanpa mengurangi homogenitas campuran. Penelitian Yuliani dan Rachmawati (2022) menunjukkan bahwa penggunaan limbah kayu dengan bahan tambah *fly ash* dapat meningkatkan homogenitas campuran dan mengurangi porositas bata ringan. Hasil tersebut memperkuat potensi pemanfaatan serbuk kayu kasar sebagai substitusi pasir untuk aplikasi material ringan ramah lingkungan.

Rojas-Herrera et al. (2024) melaporkan bahwa serbuk gergaji dapat dimanfaatkan sebagai bahan isolasi termal dalam bangunan hemat energi melalui teknik *blowing*, menghasilkan peningkatan signifikan pada sifat insulasi termal. Penelitian Kotey et al. (2023) menemukan bahwa penggunaan serbuk gergaji sebagai bahan substitusi dalam pembuatan blok bangunan tidak hanya menurunkan dampak lingkungan, tetapi juga mampu mempertahankan kekuatan tekan yang layak untuk struktur non-beban. Sementara itu, Sarkin-Shanu et al. (2024) membuktikan bahwa penambahan abu serbuk gergaji (*sawdust ash*) pada campuran beton dapat mengoptimalkan daya tahan dan menurunkan penyerapan air melalui pendekatan desain komposit. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Majeed (2024), yang berhasil memformulasikan mortar busa ramah lingkungan dengan menggantikan sebagian semen menggunakan abu serbuk gergaji. Temuan-temuan tersebut menunjukkan arah yang sama dengan penelitian ini, yakni pengembangan bahan bangunan ringan dan berpori menggunakan limbah serbuk kayu sebagai substitusi parsial pasir untuk mendukung konstruksi berkelanjutan.

Selain karakteristik fisis, aspek kimia permukaan serbuk kayu turut berperan dalam menentukan interaksi material terhadap sistem pengikat semen atau kapur. Analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) menjadi pendekatan penting untuk menilai morfologi dan komposisi unsur material biomassa. Penelitian (Rahmawati et al., 2022) menunjukkan bahwa unsur karbon dan oksigen dalam biomassa berkontribusi terhadap pembentukan ikatan polar yang meningkatkan daya rekat dengan pasta semen. Sementara itu, (Utami, L., & Prasetyo 2021) menemukan bahwa adanya senyawa boron dan oksida dalam serbuk kayu dapat berperan dalam memperkuat ikatan antar partikel, sekaligus meningkatkan ketahanan terhadap lingkungan alkali. Dengan demikian, kombinasi analisis fisis melalui pengujian saringan dan analisis kimia melalui SEM–EDS dapat memberikan gambaran menyeluruh tentang kelayakan material limbah kayu sebagai bahan dasar bata ringan.

Penelitian ini memiliki posisi yang berbeda dibandingkan studi internasional sebelumnya. Rojas-Herrera et al. (2024) meneliti pemanfaatan serbuk gergaji sebagai bahan isolasi termal bangunan menggunakan metode *blowing technique*, dengan fokus pada sifat konduktivitas panas. Sementara itu, Lee dan Wang (2023) mengembangkan bata ringan berbasis serbuk kayu halus untuk optimasi kekuatan tekan dan efisiensi energi pada lingkungan perkotaan. Berbeda dari kedua studi tersebut, penelitian ini berfokus pada karakterisasi fisis dan kimia serbuk kayu kasar hasil limbah industri kapal *Phinisi* di Sulawesi Selatan sebagai material substitusi pasir. Pendekatan ini menghadirkan konteks baru—yakni pemanfaatan limbah biomassa lokal dengan karakter morfologi dan komposisi boron oksida (B_2O_3) tinggi—yang belum pernah dilaporkan dalam literatur sebelumnya. Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji penggunaan limbah biomassa untuk pembuatan bata ringan, kajian yang secara spesifik menyoroti serbuk kayu kasar dari limbah *Phinisi* dengan pendekatan karakterisasi fisis dan kimia masih terbatas. Penelitian ini berfokus pada karakterisasi serbuk kayu kasar melalui analisa saringan dan SEM–EDS untuk menilai potensi penggunaannya sebagai bahan substitusi pasir pada pembuatan bata ringan ramah lingkungan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi

terhadap pemanfaatan limbah lokal Sulawesi Selatan dalam mendukung konsep ekonomi sirkular dan konstruksi hijau di Indonesia.

METODE

Penelitian ini merupakan studi laboratorik deskriptif yang bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik fisis dan kimia serbuk kayu kasar dari limbah pembuatan kapal *Phinisi* di Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan. Kegiatan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Uji Bahan Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Sampel serbuk kayu diperoleh dari limbah industri pembuatan kapal *Phinisi* di Kecamatan Bontobahari, Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan. Limbah ini diambil langsung dari tumpukan serbuk kayu di sepanjang pesisir pantai, dipilih karena berasal dari jenis kayu keras tropis (kayu besi, kayu bitti, kayu kandole/punaga, dan kayu jati) yang umum digunakan pada pembuatan kapal tradisional dan memiliki keunikan struktur serat serta kandungan lignoselulosa yang tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan pengujian, sampel serbuk kayu dikeringkan secara alami di ruang terbuka selama 72 jam untuk mengurangi kadar air (Gambar 1), kemudian disaring menggunakan serangkaian ayakan standar guna memperoleh distribusi ukuran partikel. Analisa saringan dilakukan sesuai standar SNI 03-1969-1990 tentang metode pengujian gradasi agregat halus, dengan ukuran bukaan ayakan mulai dari 4,75 mm hingga 0,075 mm. Data yang diperoleh dari hasil saringan meliputi berat tertahan, persen tertahan, persen lolos kumulatif, dan nilai FM, yang dihitung untuk menentukan kecenderungan karakteristik serbuk kayu terhadap klasifikasi agregat halus konvensional. Nilai FM digunakan sebagai indikator tingkat kekasaran material, yang berpengaruh terhadap workability, densitas, dan porositas pada campuran bata ringan.



Gambar 1 Proses Penjemuran Serbuk Kayu

Selain pengujian saringan, analisis mikrostruktur dilakukan Laboratorium Uji SEM-EDS Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia. SEM tipe JEOL JCM-6000PLUS (Gambar 2) untuk mengamati morfologi permukaan dan distribusi pori serbuk kayu kasar. Pengamatan dilakukan pada dua tingkat pembesaran untuk menggambarkan karakter makro dan mikro permukaan. Analisis unsur penyusun dilakukan menggunakan EDS yang terintegrasi dengan SEM, guna mengidentifikasi unsur dominan pada permukaan partikel serbuk kayu. Parameter pengujian SEM-EDS dilakukan pada tegangan percepatan 15 kV dengan waktu pemindaian 60 detik untuk memperoleh puncak spektrum unsur yang stabil. Sebelum dianalisis dengan SEM-EDS, permukaan sampel dilapisi lapisan tipis gold coating (Au) selama 60 detik menggunakan *sputter coater* agar konduktif dan menghasilkan citra yang tajam.



Gambar 2 Alat SEM Tipe JCM-6000PLUS

Hasil dari kedua pengujian, yaitu analisa saringan dan SEM-EDS, kemudian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan karakteristik serbuk kayu kasar terhadap standar agregat halus serta hasil penelitian terdahulu. Analisis ini bertujuan untuk mengaitkan hubungan antara ukuran butir, morfologi permukaan, dan

komposisi kimia dengan potensi penggunaan serbuk kayu sebagai material pengganti sebagian pasir pada bata ringan. Seluruh interpretasi disajikan dalam bentuk grafik, tabel, dan citra mikro untuk memperjelas keterkaitan antara data fisis dan kimia material.

Analisa Saringan Serbuk Kayu Kasar

Analisis saringan dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir serbuk kayu kasar yang diperoleh dari limbah pembuatan kapal *Phinisi* di Kabupaten Bulukumba. Total sampel yang dianalisis sebesar 300 gram dengan delapan tingkatan saringan. Hasil pengujian menunjukkan berat tertahan bervariasi antara 5,5 g hingga 82,8 g pada setiap saringan, dengan total keseluruhan 300 g. Berdasarkan perhitungan, nilai FM diperoleh sebesar 0,99, yang menunjukkan bahwa serbuk kayu kasar termasuk dalam kategori material sangat halus apabila dibandingkan dengan agregat halus konvensional (pasir alam) yang umumnya memiliki FM antara 2,2 hingga 3,0.

Tabel 1. Hasil Analisa Saringan

No. Saringan	Jumlah Sampel Tertahan (gram)	Persen Tertahan Kumulatif (%)
No 4	5.5	1.83
No 8	30.2	10.07
No 16	82.8	27.60
No 30	76.5	25.50
No 50	56.7	18.90
No 100	34.5	11.50
No 200	10.2	3.40
PAN	3.3	1.10
Jumlah	300	100.00
<i>Finess Modulus (FM)</i>		0.99

Nilai FM yang rendah mengindikasikan bahwa sebagian besar partikel serbuk kayu berukuran kecil dengan struktur berserat yang tidak kompak. Hal ini sejalan dengan karakter serbuk kayu sebagai material organik yang tersusun dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang membentuk morfologi berpori dan ringan (Hasanah, R., Nurhadi, & Subagyo 2023). Struktur semacam ini dapat menurunkan berat jenis campuran bata ringan, namun sekaligus meningkatkan kemampuan menyerap air akibat luas permukaan yang besar dan sifat serat yang higroskopis.

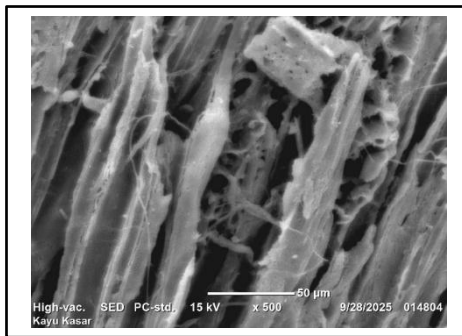
Dibandingkan dengan hasil penelitian (Siregar, F., & Wulandari 2021), yang meneliti pengaruh ukuran butiran biomassa terhadap sifat bata ringan, nilai FM serbuk kayu kasar ini mendekati kisaran partikel biomassa halus (FM = 0,8–1,2) yang mampu menghasilkan bata dengan densitas rendah dan permeabilitas tinggi. Temuan ini juga sejalan dengan (Putra, R. A., Hidayat, T., & Yuliani 2021) yang melaporkan bahwa semakin kecil ukuran butiran limbah organik yang digunakan, maka semakin ringan berat bata, namun kekuatan tekan perlu di kompensasi melalui optimasi kadar pengikat atau aditif pozzolanik.

Hasil distribusi butir yang diperoleh juga menunjukkan bahwa fraksi tertahan terbesar terdapat pada saringan tengah (82,8 g dan 76,5 g), yang menandakan adanya komposisi campuran butiran sedang dan halus secara bersamaan. Distribusi ini dapat memberikan efek positif pada kepadatan campuran bata ringan, karena partikel halus dapat mengisi ruang antar partikel kasar sehingga mengurangi rongga udara yang terlalu besar. Kondisi ini serupa dengan yang diungkap (Suharyadi 2023) bahwa kombinasi gradasi serbuk kayu halus dan kasar dapat memperbaiki tekstur permukaan serta homogenitas bata ringan berbasis bahan limbah.

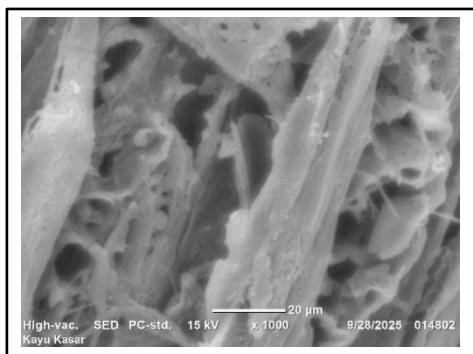
Secara umum, hasil analisa saringan ini mengindikasikan bahwa serbuk kayu kasar dari limbah industri *Phinisi* berpotensi digunakan sebagai bahan substitusi pasir dalam pembuatan bata ringan. Ukuran butiran yang halus dengan nilai FM = 0,99 dapat menghasilkan tekstur bata yang lebih ringan, namun penggunaannya perlu dikontrol pada proporsi tertentu agar tidak menurunkan kekuatan mekanik akibat peningkatan porositas terbuka.

Analisa SEM–EDS Serbuk Kayu Kasar

Analisa SEM dilakukan untuk mengamati morfologi permukaan serbuk kayu kasar yang digunakan sebagai bahan substitusi pasir dalam pembuatan bata ringan. Hasil pengamatan pada pembesaran $\times 500$ (Gambar 3) dan pembesaran $\times 1000$ (Gambar 4) menunjukkan bahwa serbuk kayu memiliki struktur berserat memanjang dengan permukaan tidak homogen dan terdapat rongga mikroskopik di antara jaringan seratnya. Citra SEM memperlihatkan adanya lapisan serat berlapis serta mikrovoid yang tidak teratur, menandakan bahwa serbuk kayu memiliki porositas tinggi dan luas permukaan spesifik besar.



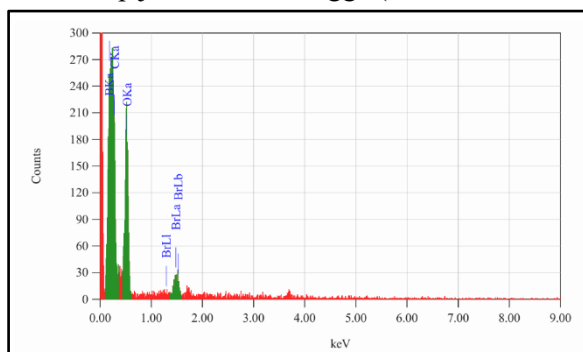
Gambar 3 Hasil SEM Pembesaran x500



Gambar 4 Hasil SEM Pembesaran x1000

Morfologi tersebut menunjukkan potensi serbuk kayu sebagai bahan ringan yang mampu menurunkan densitas bata. Namun, struktur berpori juga dapat meningkatkan penyerapan air jika tidak disertai perlakuan pendahuluan, seperti pengeringan atau perendaman dalam larutan alkali untuk menurunkan kadar lignin. Fenomena serupa dilaporkan oleh (Rahmawati, D., Hadi, M., & Limantara 2022) yang menemukan bahwa permukaan serbuk kayu yang tidak diolah memiliki celah antar serat lebih besar dibandingkan serbuk kayu yang telah diberi perlakuan alkali, sehingga berpengaruh terhadap homogenitas dan ketahanan produk berbasis semen.

Hasil analisis EDS pada serbuk kayu kasar menunjukkan adanya beberapa unsur dominan yaitu Boron (B), Karbon (C), Oksigen (O), dan unsur minor Brom (Br). Komposisi oksida yang terukur menunjukkan B_2O_3 sebesar 94,91%, diikuti oleh unsur karbon sebesar 3,37%, dan brom sekitar 1,72%. Nilai *fitting coefficient* sebesar 0,7162 menunjukkan tingkat kecocokan hasil analisis yang cukup baik. Unsur boron dengan konsentrasi tertinggi (sekitar 81,87% molar) memperlihatkan bahwa serbuk kayu ini kemungkinan telah mengalami kontak dengan bahan pengawet atau pelapis berbasis borat yang umum digunakan pada industri kayu kapal *Phinisi* untuk meningkatkan ketahanan terhadap jamur dan serangga (Gambar 5 dan Tabel 2).



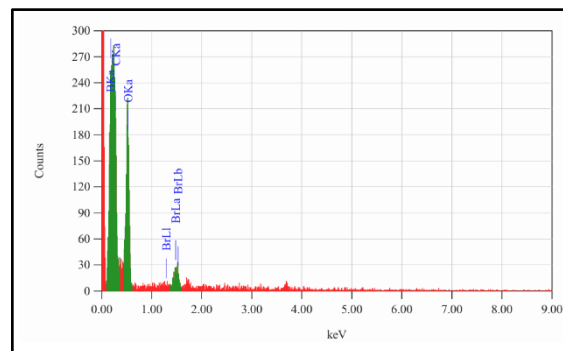
Gambar 5 Hasil EDS Senyawa

Tabel 2. Persentasi Massa Senyawa

Thin Film Standardless Standardless Quantitative Analysis(Oxide)
 Fitting Coefficient : 0.7162
 Total Oxide : 24.0

Element	(keV)	Mass%	Counts	Sigma	Mol%	Compound	Mass%	Cation	K
B K* (Ref.)	0.183	29.48	550.34	0.97	81.87	B2O3	94.91	16.00	1.0000
C K*	0.277	3.37	369.13	0.11	16.84	C	3.37	0.00	0.1704
O		65.44				ND			
Br L*	1.480	1.72	156.48	0.21	1.29	Br	1.72	0.00	0.2049
Total		100.00			100.00		100.00	16.00	

Hasil EDS ini juga menegaskan bahwa serbuk kayu memiliki komponen utama organik (C dan O), yang merupakan karakteristik khas material lignoselulosa. Kandungan karbon yang cukup signifikan (8,78% massa; 8,59% atom) menunjukkan keberadaan selulosa dan lignin sebagai penyusun utama dinding sel kayu. Sementara itu, oksigen yang mencapai 9,86% massa menunjukkan peran gugus hidroksil (-OH) dalam struktur selulosa dan hemiselulosa yang menyebabkan sifat higroskopis tinggi. Kandungan ini akan mempengaruhi perilaku serbuk kayu saat dicampurkan ke dalam bata ringan, terutama terhadap daya serap air dan ikatan dengan matriks semen (Gambar 6 dan Tabel 3).



Gambar 6 Hasil EDS Unsur

Tabel 3. Persentasi Massa Unsur

Thin Film Standardless Standardless Quantitative Analysis
 Fitting Coefficient : 0.7162

Element	(keV)	Mass%	Counts	Sigma	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
B K*	0.183	76.88	550.34	0.79	83.51				15.1716
C K*	0.277	8.78	369.13	0.29	8.59				2.5845
O K (Ref.)	0.525	9.86	1070.91	0.34	7.24				1.0000
Br L*	1.480	4.48	156.48	0.54	0.66				3.1088
Total		100.00			100.00				

Unsur brom (Br) ditemukan dalam jumlah kecil, sekitar 1,72%–4,48%, yang kemungkinan berasal dari sisa bahan pelapis atau pengawet kayu berbasis bromida. Walaupun kadarnya kecil, keberadaan Br dapat berpengaruh terhadap sifat kimia permukaan serbuk kayu, misalnya dalam membentuk permukaan yang lebih stabil terhadap reaksi oksidatif. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian (Utami, L., & Prasetyo 2021) yang juga menemukan kandungan brom pada residu kayu reklamasi laut yang sebelumnya direndam dalam bahan pengawet *organohalogen*.

Secara umum, komposisi unsur hasil EDS mengonfirmasi bahwa serbuk kayu kasar bersifat non-mineralik dan dominan organik, dengan rasio karbon–oksigen tinggi yang berimplikasi pada berat jenis rendah dan kemampuan pembentukan pori yang baik. Kandungan boron dan oksigen yang tinggi berpotensi mendukung terbentuknya mikrovoid stabil saat serbuk kayu digunakan dalam campuran bata ringan. Kondisi ini menjadikan material ini menarik untuk digunakan sebagai bahan substitusi parsial pasir, karena dapat menurunkan densitas bata sekaligus meningkatkan isolasi termal. Namun demikian, tingginya kandungan organik perlu diantisipasi agar tidak menurunkan kekuatan mekanik akibat interaksi yang kurang optimal dengan semen.

Dengan demikian, hasil analisis EDS memperkuat temuan morfologi SEM sebelumnya bahwa serbuk kayu kasar memiliki struktur berpori dan kaya senyawa karbon–oksigen. Karakter kimia ini mendukung

penggunaannya dalam pembuatan bata ringan ramah lingkungan, dengan catatan perlakuan awal (seperti pengeringan atau alkalisasi) tetap diperlukan untuk menstabilkan permukaan dan meningkatkan ikatan antar partikel pada campuran semen.

Dari perspektif mikrostruktur, distribusi serat yang tidak teratur dan adanya rongga di antara serat dapat berperan penting dalam proses pembentukan pori pada bata ringan. Ketika serbuk kayu dicampurkan dengan bahan pengikat seperti semen, rongga mikro ini berpotensi menjadi inti pembentuk pori alami, sehingga dapat menurunkan berat jenis tanpa menambahkan bahan kimia pembentuk busa. Hasil ini sejalan dengan laporan Hasanah et al. (2023) bahwa penggunaan material biomassa berpori sebagai pengganti sebagian pasir dapat menghasilkan bata ringan dengan densitas rendah dan konduktivitas termal yang lebih baik.

Analisa Pengaruh FM dan B₂O₃ terhadap Sifat Material

Secara korelatif, nilai FM sebesar 0,99 menunjukkan bahwa serbuk kayu kasar memiliki distribusi butiran yang relatif halus namun masih menyisakan fraksi berpori. Kondisi ini berpengaruh langsung terhadap berat jenis material yang cenderung lebih rendah karena meningkatnya volume rongga antar partikel. Semakin besar porositas akibat ukuran butiran yang tidak seragam, maka semakin kecil densitas material campuran, sehingga cocok untuk aplikasi bata ringan. Namun demikian, porositas tinggi juga berpotensi menurunkan kekuatan tekan karena berkurangnya area kontak efektif antara pasta semen dan partikel kayu ((Putra et al, 2021).

Selain itu, kandungan B₂O₃ yang tinggi (sekitar 94,9%) pada hasil EDS berperan dalam memperkuat ketahanan kimia dan meningkatkan ikatan antar partikel melalui pembentukan lapisan pelindung borat di permukaan serbuk. Lapisan ini dapat memperlambat reaksi degradasi akibat lingkungan asam dan mengurangi serapan air yang berlebihan, sehingga meskipun berat jenis menurun, stabilitas struktural tetap terjaga (Hasanah et al., 2023). Dengan demikian, kombinasi antara struktur pori akibat FM rendah dan perlindungan kimia akibat kandungan B₂O₃ tinggi menghasilkan material yang ringan namun tetap memiliki daya tahan yang baik terhadap pelapukan maupun reaksi agresif dari lingkungan. Korelasi ini penting sebagai dasar pengembangan formulasi bata ringan berbasis limbah kayu yang seimbang antara efisiensi berat dan kekuatan mekanik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis fisis dan kimia, serbuk kayu kasar dari limbah pembuatan kapal *Phinisi* memiliki nilai *Fineness Modulus* (FM) sebesar 0,99, yang menunjukkan bahwa material ini tergolong sangat halus dengan karakter permukaan berserat dan berpori sebagaimana teramati pada citra SEM. Struktur berpori ini dapat menurunkan berat jenis campuran karena peningkatan volume rongga udara, sementara hasil EDS mengungkapkan dominasi unsur karbon, oksigen, dan boron (B₂O₃) yang memberikan stabilitas kimia serta potensi ikatan antarpartikel yang baik dalam sistem semen. Hubungan antara FM yang rendah dan kandungan B₂O₃ yang tinggi menjelaskan keseimbangan antara sifat ringan dan ketahanan kimia material, menjadikannya layak sebagai pengganti parsial pasir dalam pembuatan bata ringan.

Dibandingkan penelitian *Rojas-Herrera et al. (2024)* yang menekankan fungsi serbuk kayu sebagai bahan isolasi termal, serta *Lee & Wang (2023)* yang meneliti bata ringan berbasis serbuk kayu halus untuk peningkatan kekuatan mekanik, penelitian ini memberikan kontribusi baru dengan menyoroti karakterisasi serbuk kayu kasar yang kaya akan B₂O₃ dari limbah *Phinisi*. Temuan ini tidak hanya memperluas pemahaman tentang perilaku material berbasis biomassa kayu di Indonesia Timur, tetapi juga menunjukkan arah aplikatif yang jelas untuk pengembangan industri bata ringan berpori dan ramah lingkungan, yang memanfaatkan potensi sumber daya lokal dan mendukung konstruksi berkelanjutan di wilayah pesisir.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar atas dukungan pendanaan melalui Program Penelitian PNPB Fakultas Teknik UNM Tahun Anggaran 2025. Dukungan tersebut memberikan kesempatan bagi penulis untuk melaksanakan penelitian mengenai karakterisasi serbuk kayu kasar sebagai bahan substitusi pasir pada pembuatan bata ringan. Apresiasi juga disampaikan kepada seluruh tim laboratorium dan rekan sejawat yang telah memberikan bantuan teknis dan masukan selama kegiatan penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

Afriani, D., & Wulandari, R. (2021). *Analisis pengaruh penambahan serbuk kayu terhadap karakteristik bata ringan ramah lingkungan*. Jurnal Rekayasa Material dan Konstruksi, 6(2), 101–108.

- Hasanah, R., Nurhadi, & Subagyo, S. 2023. "Pemanfaatan Limbah Biomassa Sebagai Agregat Pengganti Pada Bata Ringan Ramah Lingkungan." *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Aplikasi Teknik* 9(1):45–53.
- Kotey, S., Mustapha, Z., Boahene Akomah, B., Michael, M., Sampson, A., & Solomon, A. (2023). *Exploring sawdust as a sustainable alternative in block production: A study on compressive strength and environmental impact. Asian Review of Civil Engineering*, 12(2), 16–23. <https://doi.org/10.51983/TARCE-2023.12.2.4130>
- Lee, J. H., & Wang, C. 2023. "Evaluation of Eco-Lightweight Brick with Wood Powder as Partial Sand Replacement." *Construction and Building Materials* 375:131127. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131127>.
- Majeed, S. S. (2024). *Formulating eco-friendly foamed mortar by incorporating sawdust ash as a partial cement replacement. Sustainability*, 16(7), 2612. <https://doi.org/10.3390/su16072612>
- Nurjannah, S., & Rahman, M. (2022). *Pengaruh variasi serbuk kayu terhadap sifat fisik dan mekanik bata ringan berbasis semen portland. Jurnal Teknik Sipil dan Bangunan*, 12(2), 77–84.
- Pratama, A. P. 2021. "Pengaruh Penggunaan Serbuk Kayu Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Bata Ringan Berbasis Semen Portland." *Jurnal Teknologi Bangunan* 27(3):144–52.
- Putra, R. A., Hidayat, T., & Yuliani, M. 2021. "Pemanfaatan Limbah Biomassa Lokal Sebagai Bahan Substitusi Pasir Untuk Bata Ringan." *Jurnal Inovasi Teknik Sipil* 4(2):72–81.
- Rahman, A., Sari, N., & Abdullah, T. (2022). *Lightweight brick development using agricultural and wood waste for sustainable housing materials. Journal of Environmental Construction Engineering*, 8(1), 23–33. <https://doi.org/10.1016/j.envconeng.2022.04.005>
- Rahmawati, D., Hadi, M., & Limantara, L. 2022. "Microstructural and EDS Analysis of Alkali-Treated Wood Powder for Cementitious Composites." *Journal of Cleaner Construction Materials* 2(4):55–63. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jccmat.2022.04.002>.
- Rojas-Herrera, C., Martínez-Soto, A., Avendaño-Vera, C., & Cárdenas-R, J. P. (2024). *Characterization and utilization of sawdust waste generated from advanced manufacture for its application as a thermal insulation in sustainable buildings using the blowing technique. Journal of Building Engineering*, 88, 109217. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.109217>
- Sarkin-Shanu, M. B., Mohammed, A., Abubakar, A., & Adetoye, O. (2024). *Optimization of concrete containing sawdust ash using central composite design. International Journal of Trendy Research in Engineering and Technology*, 8(6), 55–61. <https://doi.org/10.54473/IJTRET.2024.8607>
- Siregar, F., & Wulandari, T. 2021. "Pengaruh Gradasi Serbuk Biomassa Terhadap Densitas Dan Kekuatan Bata Ringan." *Jurnal Material Dan Konstruksi* 7(1):33–42.
- Suharyadi, A. 2023. "Optimasi Ukuran Partikel Serbuk Kayu Terhadap Berat Jenis Dan Daya Serap Bata Ringan." *Jurnal Teknik Sipil Dan Bangunan* 13(2):64–73.
- Utami, L., & Prasetyo, D. 2021. "Chemical Composition and SEM-EDS Analysis of Treated Wood Residues for Green Composite Development." *Journal of Sustainable Civil Engineering* 15(3):188–97. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2423/1/012008>.
- Yuliani, M., & Rachmawati, R. (2022). *Kajian karakteristik bata ringan berbasis limbah kayu dengan bahan tambah fly ash. Jurnal Rekayasa dan Inovasi Teknik Sipil*, 8(1), 91–99.