

Analisa Kekuatan Komposit Tanah Liat Berpenguat Serat Kelapa dan Serat Bambu dengan Filler Abu Sekam Sebagai Bahan Alternatif Bata Ekspos

Achmad Adi Nur Syabani^{*1}, Bintang Riven Hernanda², I Made Kastiawan³
^{1,2,3} Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945
e-mail: aansyabani10@gmail.com, bintangriven@gmail.com

Abstrak: Pemanfaatan bahan alam sebagai penguat komposit tanah liat menjadi alternatif untuk meningkatkan kualitas bata ekspos yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi fraksi serat sabut kelapa dan serat bambu dengan filler abu sekam padi terhadap sifat fisik dan mekanik komposit tanah liat sebagai bahan alternatif bata ekspos. Komposisi matriks–penguat divariasikan sebesar 95%:5%, 92,5%:7,5%, 90%:10%, 87,5%:12,5%, dan 85%:15%, sedangkan perbandingan serat kelapa, serat bambu, dan abu sekam padi dijaga konstan sebesar 40%:40%:20% dari total penguat. Serat kelapa sepanjang 1 cm, serat bambu 2 cm, dan abu sekam padi berukuran 80–100 mesh dicampur secara manual selama 10 menit, kemudian dicetak pada tekanan 50 bar selama 1 menit, dikeringkan hingga massa konstan, dan dibakar pada suhu 600°C selama 5 jam. Karakterisasi meliputi pengujian densitas, porositas, kuat tarik, kuat tekan, serta pengamatan mikrostruktur menggunakan SEM. Hasil penelitian diharapkan menunjukkan adanya komposisi optimum yang mampu meningkatkan kekuatan mekanik dan mengendalikan porositas bata ekspos. Temuan ini berpotensi mendukung pengembangan material bangunan berbasis sumber daya lokal yang lebih berkelanjutan dan bernilai tambah.

Kata Kunci: komposit tanah liat, serat sabut kelapa, serat bambu, abu sekam padi, bata ekspos

Abstract: The utilization of natural fibers as reinforcement in clay-based composites offers a promising approach to improving the quality of environmentally friendly exposed bricks. This study aims to analyze the effect of varying fractions of coconut coir fiber and bamboo fiber with rice husk ash filler on the physical and mechanical properties of clay composites as an alternative material for exposed bricks. The matrix–reinforcement compositions were varied at 95%:5%, 92.5%:7.5%, 90%:10%, 87.5%:12.5%, and 85%:15%, while the ratio of coconut coir fiber, bamboo fiber, and rice husk ash was maintained at 40%:40%:20% of the total reinforcement. Coconut coir fibers of 1 cm length, bamboo fibers of 2 cm length, and rice husk ash with a particle size of 80–100 mesh were manually mixed for 10 minutes. The mixture was then molded under a pressure of 50 bar for 1 minute, dried to constant mass, and fired at 600°C for 5 hours. Characterization included density, porosity, tensile strength, compressive strength, and microstructural analysis using SEM. The results are expected to identify an optimum composition capable of enhancing mechanical strength while controlling porosity. These findings may contribute to the development of sustainable building materials based on locally available resources with improved performance and added value.

Keywords: clay composite, coconut coir fiber, bamboo fiber, rice husk ash, exposed brick, mechanical properties.

Peningkatan pembangunan infrastruktur di Indonesia menyebabkan kebutuhan material konstruksi terus meningkat, terutama batu bata yang menjadi salah satu bahan utama dalam sektor bangunan. Batu bata konvensional umumnya diproduksi

dari tanah liat melalui proses pembakaran pada suhu tinggi. Meskipun memiliki biaya produksi yang relatif rendah dan mudah diperoleh, bata tanah liat masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti sifat mekanik yang belum optimal serta dampak lingkungan yang ditimbulkan selama proses pembakaran. Aktivitas pembakaran bata diketahui berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca, khususnya karbon dioksida (CO₂), yang dapat meningkatkan beban lingkungan dan mempercepat perubahan iklim (Mehta & Monteiro, 2020; Badan Pusat Statistik, 2023). Oleh karena itu, diperlukan pengembangan bata yang lebih berkelanjutan melalui pemanfaatan serat alami dan limbah pertanian sebagai bahan penguat dan pengisi. Selain berpotensi meningkatkan sifat fisik dan mekanik bata, bahan tersebut juga mendukung pembangunan berkelanjutan melalui pemanfaatan sumber daya lokal dan pengurangan limbah.

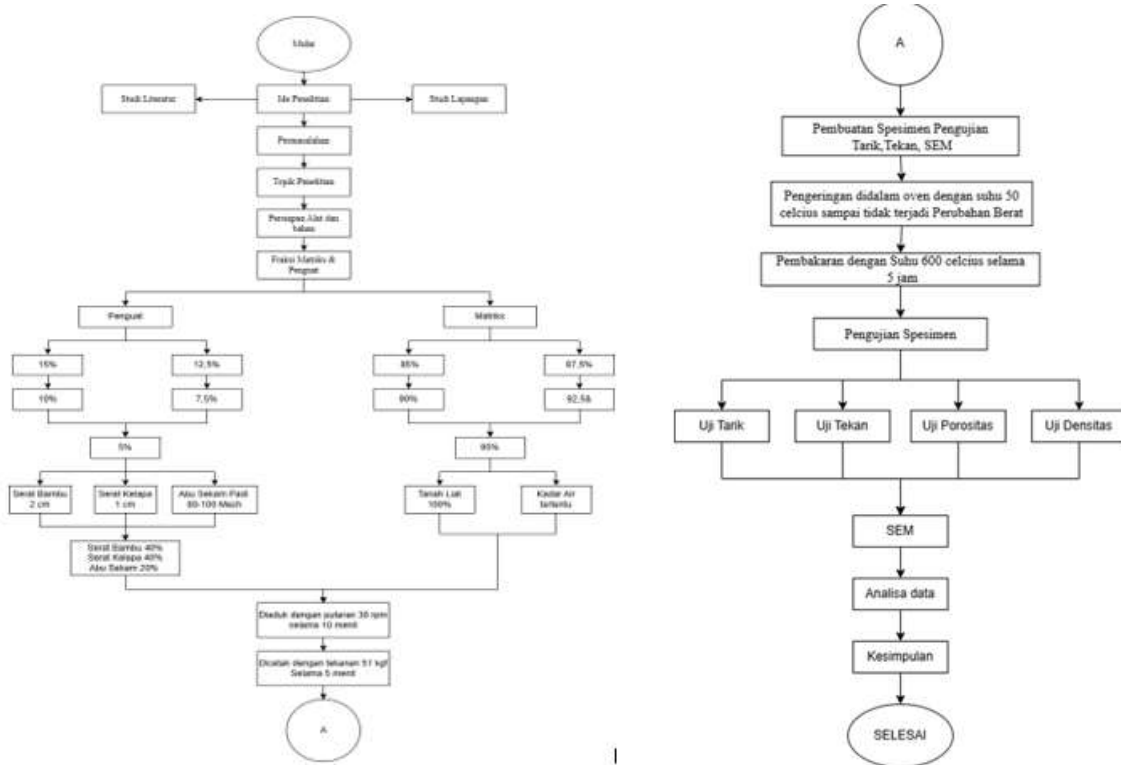
Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan adalah penggunaan serat alami sebagai material penguat (reinforcement) pada komposit berbasis tanah liat. Serat alami memiliki beberapa keunggulan, antara lain bersifat terbarukan, biodegradable, ringan, mudah diperoleh, dan memiliki karakteristik mekanik yang cukup baik. Penelitian oleh Rajapakse et al. (2022) menunjukkan bahwa penambahan serat sabut kelapa pada bata tanah liat mampu meningkatkan sifat fisik, ketahanan mekanik, dan kemampuan isolasi termal material. Selain itu, Ouedraogo et al. (2024) melaporkan bahwa penggunaan serat bambu menghasilkan bata tanah liat yang lebih ramah lingkungan dengan daya tahan yang lebih baik. Hasil serupa juga diperoleh oleh Abdelkader et al. (2024) yang menemukan bahwa penambahan berbagai jenis serat tanaman pada bata tekan tanah mampu menurunkan densitas material sekaligus meningkatkan ketahanan terhadap retak.

Selain meningkatkan sifat mekanik, serat alami juga dapat memperbaiki performa termal bata. Penelitian Zamora-Mendoza et al. (2023) melaporkan bahwa serat nabati mampu menurunkan konduktivitas termal, sedangkan pada Penelitian Kumar et al. (2024) menunjukkan bahwa kombinasi serat kelapa dan bambu dapat meningkatkan fleksibilitas serta mengurangi retak. Di sisi lain, abu sekam padi berpotensi sebagai filler karena kandungan silika dan struktur mikroporinya yang dapat memperbaiki struktur material (Ademati, 2022). Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan manfaat serat alami dalam meningkatkan sifat fisik dan mekanik bata tanah liat, sebagian besar masih berfokus pada satu jenis serat dan pengujian kuat tekan. Padahal, bata ekspos memerlukan karakteristik yang lebih lengkap, seperti densitas, porositas, kuat tarik, kuat tekan, dan struktur mikro. Selain itu, penelitian mengenai kombinasi serat sabut kelapa, serat bambu, dan filler abu sekam padi dalam satu sistem komposit tanah liat masih relatif terbatas.

Proses pembakaran merupakan faktor penting dalam pembuatan bata komposit berbasis serat alami. Hua et al. (2024) menyatakan bahwa pembakaran pada suhu 600°C dapat mengurangi konsumsi energi dan degradasi serat alami, sementara produk yang dihasilkan tetap harus memenuhi standar mutu fisik SNI 15-2094-2000 dengan kerapatan semu minimum 1,2 g/cm³ (Nasional, 2000). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi fraksi serat sabut kelapa, serat bambu, dan abu sekam padi terhadap sifat fisik dan mekanik komposit tanah liat melalui pengujian densitas, porositas, kuat tarik, kuat tekan, dan SEM untuk memperoleh komposisi optimum sebagai bahan alternatif bata ekspos ramah lingkungan.

METODE

Ide penelitian diperoleh melalui studi literatur dan studi lapangan untuk mengidentifikasi gap penelitian serta memperoleh data yang relevan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi rasio matriks tanah liat dan penguat berupa serat sabut kelapa, serat bambu, serta filler abu sekam padi terhadap sifat fisik dan mekanik bata ekspos. Spesimen dibuat dengan variasi komposisi matriks-penguat, kemudian diuji densitas, porositas, tarik, tekan, dan mikrostruktur untuk menentukan komposisi optimum sebagai bahan alternatif bata ekspos ramah lingkungan. Adapun secara singkat diagram alir prosedur penelitian ini digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian

Pembentukan spesimen

Pada tahapan awal untuk pembuatan spesimen diperlukan pembentukan cetakan terlebih dahulu. Pada tahap ini, cetakan komposit dirancang dengan dimensi 150 mm × 50 mm × 60 mm untuk menghasilkan spesimen yang presisi. Desain cetakan menggunakan metode interlocking dengan beberapa rongga pada bagian tengah dan sisi komposit untuk mengoptimalkan distribusi material penguat (serat bambu, serat kelapa, dan abu sekam padi) serta meningkatkan sifat mekanik komposit.

Untuk perhitungan Volume sample dapat menggunakan rumus

$$\begin{aligned}
 V_{\text{cetakan,akhir}} &= P \times L \times T \\
 &= 150 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} \\
 &= 450.000 \text{ mm}^3 \\
 &= 450 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Rasio air} = \frac{V_{\text{air}}}{V_{\text{tanah liat}}}$$

Matriks Tanah Liat diencerkan dengan air 350ml

$$\text{Acuan rasio air} = V_{\text{matriks}} \times V_{\text{cetakan}} \times \text{densitas tanah liat}$$

$$85\% \times 450 \text{ cm}^3 = 382,5 \text{ cm}^3 \times 1,70 = 650,25 \text{ gr}$$

$$\text{Rasio air} = \frac{350}{650,25} = 0,54$$

Analisa Kekuatan Komposit Tanah Liat Berpenguat Serat Kelapa dan Serat Bambu

Perhitungan Matriks

$$\text{Rumus} = V_{\text{matriks}} = \text{Fraksi matriks} \times \text{volume total}$$

Adapun contoh perhitungan matriks pada Variasi 1 sebagian berikut :

Contoh perhitungan Variasi 1 :

$$V_{\text{TL}} = 85\% \times 450 \text{ cm}^3 = 382,5 \text{ cm}^3$$

$$382,5 \text{ cm}^3 \times 1,70 = 650,25 \text{ gr}$$

$$V_{\text{Air}} = 85\% \times 450 \text{ cm}^3 \times 1,70 \times 0,54 = 351,13 \text{ cm}^3$$

Perhitungan Serat Kelapa, Serat Bambu dan Abu Sekam

$$\text{Rumus} = V_{\text{penguat}} = \text{Fraksi penguat} \times \text{volume total}$$

Perhitungan Massa pada variasi setiap serat :

$$V_{\text{serat}} = \text{Fraksi serat} \times V_{\text{total}} \rightarrow V_{\text{serat}} \times \rho_{\text{serat}} = m_{\text{serat}}$$

Contoh perhitungan Variasi 1 (15%)

Fraksi penguat x Vcetakan

$$15\% \times 450 \text{ cm}^3 = 67,5 \text{ cm}^3$$

$$\text{SK} = 40\% \times 67,5 \text{ cm}^3 = 27 \text{ cm}^3 \times 1,2 \text{ g/cm}^3 = 32,4 \text{ gr}$$

$$\text{SB} = 40\% \times 67,5 \text{ cm}^3 = 27 \text{ cm}^3 \times 0,974 \text{ g/cm}^3 = 26,3 \text{ gr}$$

$$\text{AS} = 20\% \times 67,5 \text{ cm}^3 = 13,5 \text{ cm}^3 \times 2,30 \text{ g/cm}^3 = 31,05 \text{ gr}$$

Adapun Standart Spesifikasi Ukuran Spesimen dalam Uji Tarik dan Uji Tekan adalah Sebagian berikut :

Spesifikasi spesimen Uji Tarik ASTM D638:

Panjang : 165 mm

Lebar : 13 mm

Tinggi : 10 mm

Spesifikasi specimen Uji Tekan ASTM C67:

Panjang : 40 mm

Lebar : 40 mm

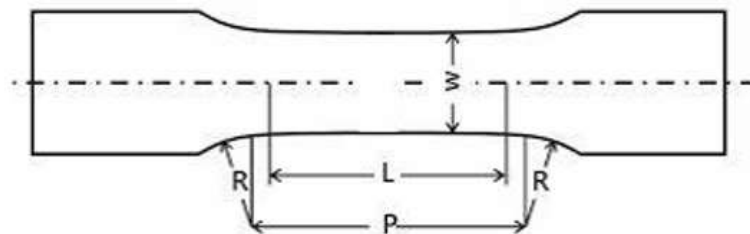
Tinggi : 30 mm

Pembuatan Spesimen Uji Tarik dan Tekan

Spesimen uji tarik dan uji tekan dibuat sesuai dimensi yang ditentukan, kemudian diperiksa dan dirapikan agar ukurannya seragam. Setelah permukaan dihaluskan, spesimen dipotong sesuai standar ASTM D638 dan ASTM C67, lalu diberi kode untuk memudahkan identifikasi.

Pengujian Tarik Spesimen ASTM D638

Pada penelitian ini pengujian tarik yang digunakan adalah menggunakan metode ASTM D638 yang desainnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini dengan satuan dimensi milimeter.



Gambar 2. Dimensi Spesimen Uji Tarik

Pengujian Tekan Spesimen ASTM C67

Pada penelitian ini pengujian tekan yang digunakan adalah menggunakan metode ASTM C67 dengan menggunakan mesin pengujian UTM (Universal Testing Machine), dengan modifikasi ukuran spesimen untuk kepentingan laboratorium.

Pengujian SEM (Scanning Electron Microscopy)

Pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM) dimaksudkan untuk menganalisis morfologi sampel dengan resolusi tinggi serta memeriksa bentuk dan struktur sampel dengan detail yang sangat tajam. Uji coba ini akan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Negeri Malang.

Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Untag Surabaya menggunakan matriks tanah liat dan air, serta penguat berupa serat sabut kelapa (1 cm), serat bambu (2 cm), dan abu sekam padi berukuran 80–100 mesh. Campuran diaduk pada kecepatan 30 rpm, dicetak dengan cetakan interlock, dipadatkan pada tekanan 51 kgf (≈ 500 N), lalu dibakar pada suhu 600°C. Selanjutnya, spesimen diuji tarik, tekan, densitas, porositas di Politeknik Negeri Malang, serta SEM di Universitas Negeri Malang.

.HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil Pengujian Densitas, Porositas, Kuat Tarik, Kuat Tekan, Dan Mikrostruktur SEM pada komposit tanah liat berpenguat serat sabut kelapa, serat bambu, dan abu sekam padi. Hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui pengaruh variasi rasio matriks–penguat terhadap sifat fisik dan mekanik komposit.

Uji Densitas

Dari hasil pengujian uji densitas yang sudah dilaksanakan terdapat data yang bisa digunakan untuk mencari kepadatan atau rongga pada setiap spesimen uji, yang dijelaskan pada rumus dibawah ini

$$pc = \frac{wk}{wj - wi}$$

Keterangan:

pc = densitas komposit (g/cm^3)

wk = massa kering oven (g)

wj = massa jenuh air (g)

wi = massa komposit saat tenggelam dalam air (g)

Contoh perhitungan Variasi 1 (85% matrik dan 15% penguat)

Spesimen 1

$$pc = \frac{43}{65-38} = \frac{43}{27} = 1,59 \text{ g/cm}^3$$

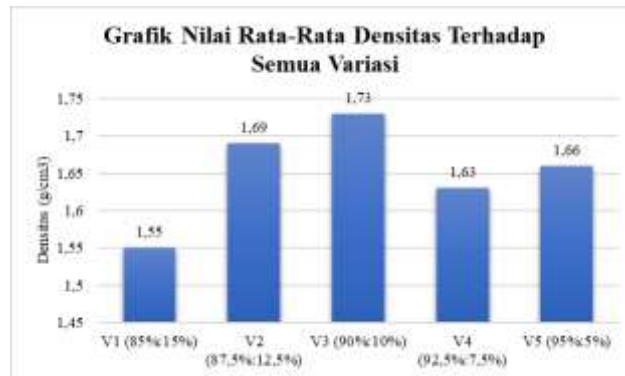
Dan perhitungan ini dilanjutkan untuk setiap kode sample dengan masing-masing jumlah setiap satu sample terdiri dari 3 spesimen. Adapun Rekapitulasi Hasil Rata-Rata Uji Densitas pada tabel berikut :

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Rata-Rata Uji Densitas

No.	Kode Spesimen	Rata-Rata Densitas pc (g/cm^3)
1	V1 (85%:15%)	1,55 g/cm^3
2	V2 (87,5%:12,5%)	1,69 g/cm^3
3.	V3 (90%:10%)	1,73 g/cm^3
4.	V4 (92,5%:7,5%)	1,63 g/cm^3
5.	V5 (95%:5%)	1,66 g/cm^3

Untuk mempermudah analisis dan interpretasi data, hasil pengujian yang diperoleh disajikan dalam bentuk grafik. Penyajian grafik bertujuan untuk memperlihatkan perbandingan nilai pada setiap variasi komposisi secara lebih jelas,

Analisa Kekuatan Komposit Tanah Liat Berpenguat Serat Kelapa dan Serat Bambu



Gambar 3 . Grafik Nilai Rata-Rata Densitas Terhadap Semua Variasi

Dari grafik terlihat bahwa nilai densitas meningkat dari V1 (1,55 g/cm³), V2 (1,65 g/cm³), hingga mencapai nilai tertinggi pada V3 (1,73 g/cm³). Selanjutnya, densitas menurun pada V4 (1,63 g/cm³) dan sedikit meningkat pada V5 (1,66 g/cm³). Hasil ini menunjukkan bahwa densitas dipengaruhi oleh komposisi matriks–penguat serta homogenitas campuran dan pembentukan rongga pada material.

Uji Porositas

Pengujian porositas dilakukan untuk mengetahui persentase pori terbuka pada batu bata komposit. Nilai porositas dihitung berdasarkan data massa kering oven, massa jenuh air, dan massa tercelup air yang diperoleh dari hasil pengujian setiap spesimen.

$$P = \frac{w_j - w_k}{w_j - w_i} \times 100\%$$

Dimana:

- P = porositas (%)
- w_j = massa jenuh air (g)
- w_k = massa kering oven (g)
- w_i = massa komposit saat tenggelam dalam air (g)

Contoh perhitungan Variasi 1 (85% matrik dan 15% penguat)

Spesimen 1

$$P = \frac{65 - 43}{65 - 38} \times 100\% = \frac{22}{27} \times 100\% = 81,48\%$$

Dan perhitungan ini dilanjutkan untuk setiap kode sample dengan masing-masing jumlah setiap satu sample terdiri dari 3 spesimen. Adapun Rekapitulasi Hasil Rata-Rata Uji Porositas pada tabel berikut :

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Rata-Rata Uji Porositas

No.	Kode Spesimen	Rata-Rata Porositas (%)
1	V1 (85%:15%)	81,70%
2	V2 (87,5%:12,5%)	78,65%
3.	V3 (90%:10%)	68,76%
4.	V4 (92,5%:7,5%)	59,39%
5.	V5 (95%:5%)	50,48%

Untuk mempermudah analisis dan interpretasi data, hasil pengujian yang diperoleh disajikan dalam bentuk grafik. Penyajian grafik bertujuan untuk memperlihatkan perbandingan nilai pada setiap variasi komposisi secara lebih jelas,



Gambar 3 . Grafik Nilai Rata-Rata Porositas Terhadap Semua Variasi

Dari grafik terlihat bahwa porositas menurun dari V1 sebesar 81,70% menjadi 50,48% pada V5. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin rendah fraksi penguat, semakin sedikit rongga yang terbentuk sehingga struktur komposit menjadi lebih rapat. Perbandingan hasil uji densitas dan porositas dilakukan untuk mengetahui hubungan antara tingkat kerapatan dan jumlah pori pada komposit tanah liat. Kedua parameter ini digunakan untuk mengevaluasi pengaruh variasi rasio matriks dan penguat terhadap struktur internal material.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Nilai Densitas dan Porositas Terhadap Semua Variasi

Densitas dan porositas menunjukkan hubungan berlawanan, di mana V1 memiliki porositas tertinggi (81,70%) dan densitas terendah (1,55 g/cm³). Namun, densitas tertinggi diperoleh pada V3 (1,73 g/cm³), menunjukkan bahwa selain porositas, densitas juga dipengaruhi oleh homogenitas campuran dan struktur internal material.

Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang (POLINEMA) pada komposit tanah liat dengan variasi rasio matriks–penguat sebesar 85%:15%, 87,5%:12,5%, 90%:10%, 92,5%:7,5%, dan 95%:5%. Data hasil pengujian digunakan untuk menentukan sifat mekanik setiap spesimen berdasarkan persamaan berikut.

Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Dimana:

σ = Tegangan tarik (Mpa)

F = Beban (N)

A_0 = Luas penampang awal (mm²)

Regangan

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

Dimana:

ϵ = Regangan

ΔL = Pertambahan Panjang (mm)

L_0 = Panjang awal (mm)

Modulus Elastis

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Dimana:

E = Modulus Elastisitas (Mpa)

σ = Tegangan tarik (Mpa)

ϵ = Regangan

Tabel 3. Rekapitulasi Rata Rata Hasil Perhitungan Uji Tarik

Variasi	Rata-Rata				
	σ_{tYield} (Mpa)	ϵ_{tYield} (%)	σ_{tMax} (Mpa)	ϵ_{tMax} (%)	E (Mpa)
85%:15%	0,381	1,83	0,719	3,42	0,223
87,5%:7,5%	0,402	2,32	0,981	4,16	0,119
90%:10%	0,598	2,81	0,910	3,68	0,208
92,5%:2,5%	0,670	1,18	0,938	1,61	0,564
95%:5%	0,611	1,18	0,955	1,92	0,523

Untuk mempermudah analisis dan interpretasi data, hasil pengujian yang diperoleh disajikan dalam bentuk grafik. Penyajian grafik bertujuan untuk memperlihatkan perbandingan nilai pada setiap variasi komposisi secara lebih jelas.



Gambar 5. Grafik Nilai Tegangan Maksimum Terhadap Semua Variasi Uji Tarik

Dari grafik terlihat bahwa variasi komposisi berpengaruh terhadap kekuatan tarik. Variasi V2 (87,5% matriks : 12,5% penguat) menghasilkan tegangan maksimum tertinggi sebesar 0,981 MPa, menunjukkan keseimbangan yang optimal antara matriks dan penguat. Sementara itu, variasi lain menghasilkan tegangan yang lebih rendah, sehingga menunjukkan bahwa kekuatan tarik dipengaruhi oleh interaksi matriks–penguat yang optimal, bukan hanya oleh jumlah penguat.



Gambar 6 Grafik Regangan Maksimum Terhadap Semua Variasi Uji Tarik

Dari gambar grafik diatas, variasi V2 (87,5% matriks:12,5% penguat) menghasilkan nilai regangan tertinggi 4,16%, menandakan kemampuan material untuk mengalami deformasi elastis dan plastis paling besar sebelum terjadi kegagalan.

Uji Tekan

Pengujian tekan dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang (POLINEMA) pada komposit tanah liat dengan variasi rasio matriks–penguat sebesar 85%:15%, 87,5%:12,5%, 90%:10%, 92,5%:7,5%, dan 95%:5%.

$$\sigma c = \frac{P}{A}$$

Dimana:

σ_c = Kuat tekan (Mpa)

P = Beban maksimum saat benda uji hancur (kgf)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

Contoh Perhitungan pengujian tekan

V1 (85% matrik dan 15% penguat)

Spesimen 1

$$\sigma_c = \frac{24,6 \times 9,81 \text{ (konversi N)}}{40 \times 40} = \frac{241,33}{1600} = 0,151 \text{ Mpa}$$

Dan perhitungan ini dilanjutkan untuk setiap kode sample dengan masing-masing jumlah setiap satu sample terdiri dari 3 spesimen. Adapun Rekapitulasi Hasil Rata-Rata Uji Densitas pada tabel berikut :

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Rata-Rata Uji Tekan

No.	Kode Spesimen	Rata-Rata Kuat Tekan (MPa)
1	V1	0,125 Mpa
2	V2	0,228 Mpa
3.	V3	0,483 Mpa
4.	V4	0,891 Mpa
5.	V5	0,700 Mpa

Untuk mempermudah analisis dan interpretasi data, hasil pengujian yang diperoleh disajikan dalam bentuk grafik. Penyajian grafik bertujuan untuk memperlihatkan perbandingan nilai pada setiap variasi komposisi secara lebih jelas.

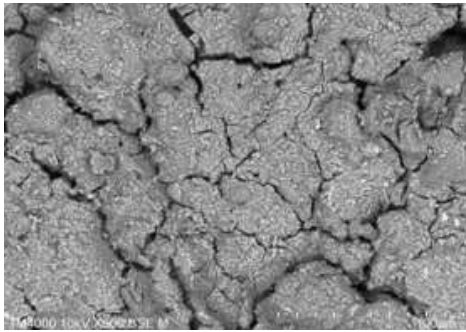


Gambar 7. Grafik Nilai Kuat Tekan

Dari grafik terlihat bahwa kuat tekan tertinggi diperoleh pada V4 (92,5% : 7,5%) sebesar 0,891 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa komposisi V4 memiliki keseimbangan matriks dan penguat yang optimal, sehingga ikatan antarpartikel menjadi lebih baik dan struktur komposit lebih padat. Kondisi tersebut membuat spesimen mampu menahan beban tekan lebih besar dibandingkan variasi lainnya.

Uji SEM (Scanning Electron Microscopy)

Pengujian SEM (Scanning Electron Microscope) dilakukan untuk mengamati morfologi dan struktur mikro permukaan komposit secara lebih detail. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi serat dan filler, keberadaan pori atau retakan, serta kualitas ikatan antara matriks dan penguat yang dapat memengaruhi sifat fisik dan mekanik material. Adapun Hasil Spesimen terbaik pada pengujian tekan V4 sebagian berikut :

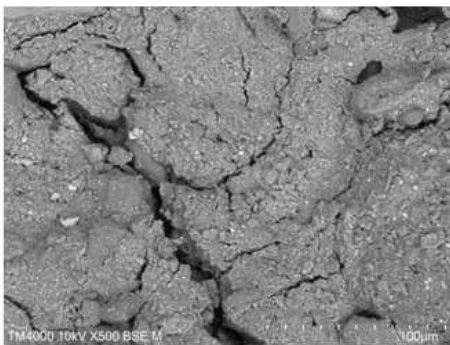


Gambar 1. Hasil Uji SEM diperbesar 100x (Pada spesimen V4 dengan matriks 92,5% dan penguat 7,5%)



Gambar 9. Hasil Uji SEM diperbesar 500x (Pada spesimen V4 dengan matriks 92,5% dan penguat 7,5%)

Hasil SEM pada V5 menunjukkan struktur yang lebih rapat dan pori yang lebih sedikit. Kondisi ini meningkatkan transfer tegangan dan mengurangi konsentrasi tegangan, sehingga kemampuan menahan beban tarik menjadi lebih baik. Adapun Hasil spesimen terburuk pada pengujian tekan V1 sebagian berikut :



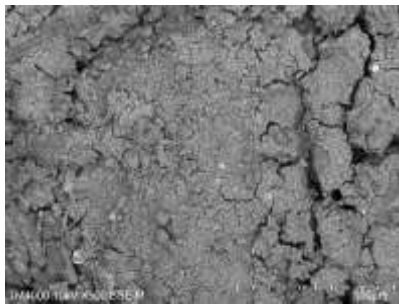
Gambar 10. Hasil Uji SEM diperbesar 100x (pada spesimen V1 dengan matriks 85% dan penguat 15%)



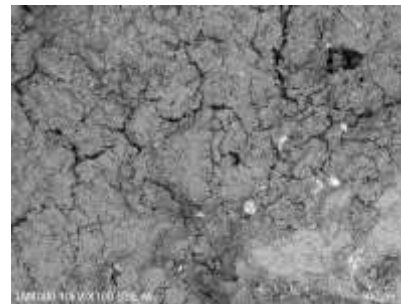
Gambar 11. Hasil Uji SEM diperbesar 500x (pada spesimen V1 dengan matriks 85% dan penguat 15%)

Hasil pengamatan SEM pada variasi V1 menunjukkan adanya pori dan retakan mikro yang cukup banyak pada permukaan spesimen. Keberadaan pori dan retakan tersebut menyebabkan konsentrasi tegangan saat pembebanan tekan sehingga mempercepat terjadinya kegagalan material. Kondisi ini diduga menjadi penyebab rendahnya nilai kuat tekan pada variasi V1.

Pada pengujian tarik V2 mendapatkan hasil spesimen terbaik. Hasil menunjukkan bahwa pengamatan SEM pada variasi V2 menunjukkan permukaan yang relatif lebih rapat dengan jumlah pori yang lebih sedikit. Struktur yang homogen memungkinkan transfer tegangan berlangsung lebih baik serta mengurangi konsentrasi tegangan pada material. Kondisi tersebut menyebabkan variasi V2 mampu menahan beban tarik lebih tinggi dibandingkan variasi lainnya. Ditunjukkan Oleh Gambar 12 dan Gambar 13.

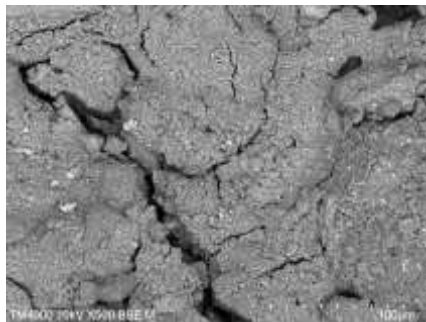


Gambar 2 Hasil Uji SEM diperbesar 100x (pada spesimen V2 dengan matriks 90% dan penguat 10%)

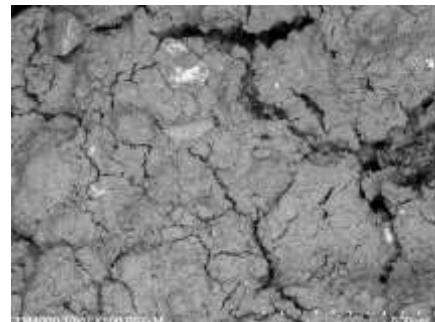


Gambar 13 Hasil Uji SEM diperbesar 500x (pada spesimen V2 dengan matriks 90% dan penguat 10%)

Selain itu adapula hasil specimen terburuk pada pengujian Tarik V1 yang ditunjukkan pada gambar berikut ini :



Gambar 14. Hasil Uji SEM diperbesar 100x (pada spesimen V1 dengan matriks 85% dan penguat 15%)



Gambar 15. Hasil Uji SEM diperbesar 100x (pada spesimen V1 dengan matriks 85% dan penguat 15%)

Hasil pengamatan SEM pada variasi V1 menunjukkan adanya pori dan retakan mikro yang cukup banyak pada permukaan spesimen. Pori dan retakan tersebut berfungsi sebagai titik awal terjadinya patahan saat material menerima beban tarik. Selain itu, struktur yang kurang homogen menyebabkan distribusi tegangan tidak merata sehingga spesimen lebih mudah mengalami kegagalan. Kondisi ini diduga menjadi penyebab rendahnya nilai kuat tarik pada variasi V1.

PENUTUP

Variasi rasio matriks dan penguat berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik komposit tanah liat berpenguat serat sabut kelapa, serat bambu, dan filler abu sekam padi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan fraksi penguat cenderung meningkatkan porositas dan menurunkan densitas material, sedangkan peningkatan fraksi matriks menghasilkan struktur komposit yang lebih rapat. Pada pengujian mekanik, variasi V2 (87,5% matriks : 12,5% penguat) menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 0,981 MPa dan regangan maksimum sebesar 4,16%, sedangkan variasi V4 (92,5% matriks : 7,5% penguat) menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 0,891 MPa. Berdasarkan hasil pengujian, variasi V4 merupakan komposisi optimum untuk bata ekspos karena memiliki struktur lebih rapat, porositas lebih rendah, dan kuat tekan tertinggi. Namun, penelitian lanjutan masih diperlukan untuk mengkaji sifat termal, daya serap air, dan durabilitas material.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdelkader, F., Mohamed, R., Cheikh, K., & Amine, A. H. M. (2024). Improving the mechanical and thermal behavior of a compressed earth block using fibers. *Journal of Engineering and Sustainable Development*, 28(6), 702–709. <https://doi.org/10.31272/jeasd.28.6.2>
- Ademati, A. O., & Raji, V. (2022). Optimization of bamboo fiber–reinforced composite-clay bricks for development of low-cost farm settlements toward boosting rural agribusiness in Africa. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 34(12). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0004489](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0004489)
- Hua, J., Tat, Y., Kam, W., & Teck, H. (2024). Reinforcing bricks with natural fibres: A review. 39(2), 100–110.
- Kumar, N., Mehta, V., Kumar, S., Singh, J. P., Kumar, R., Sharma, S., Dwivedi, S. P., Kozak, D., Lozanovic, J., & Abbas, M. (2024). An investigation of various properties of hybrid bricks using natural fibers and waste fiber-based materials. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 19. <https://doi.org/10.1177/15589250241240073>
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2020). *Concrete: Microstructure, properties, and materials*.
- Nasional, B. S. (2000). SNI 15-2094-2000 bata merah untuk pasangan dinding.
- Ouedraogo, B., Compaore, A., Derra, M., Palm, K., & Bahiebo, D. J. (2024). Improvement of mechanical qualities of clay material through coconut fiber stabilization. *Materials Sciences and Applications*, 15(7), 201–212. <https://doi.org/10.4236/msa.2024.157014>
- Rajapakse, A. M., Mudunkotuwa, D. Y., Sanjula, S. N., Nishantha, K., & Bandara, T. R. (2022). Cement and clay bricks reinforced with coconut fiber and fiber dust. *Advances in Technology*, 2(3), 233–248. <https://doi.org/10.31357/ait.v2i3.5534>
- Zamora-Mendoza, L., Gushque, F., Yanez, S., Jara, N., Álvarez-Barreto, J. F., Zamora-Ledezma, C., Dahoumane, S. A., & Alexis, F. (2023). Plant fibers as composite reinforcements for biomedical applications. *Bioengineering*, 10(7), 1–23. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10070804>