Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung, Vol 13 No.2, Oktober 2024

Submitted: 01-09-2024
Revised: 15-09-2024
Accepted:01-10-2024
Published:30-10-2024

Analisis Sifat Mekanik Komposit FABA, Serat Bambu, dan Batu Krokos dengan Matrik Epoksi: Studi Pengaruh Komposisi terhadap Kekuatan Impak dan Kekerasan

Kunarto, Firman Nur Wahid, Riza Muhida, Muhammad Riza, Indra Surya, Zein Muhamad, Bambang Pratowo, Harjono Saputro, Mulyana

[1] Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bandar Lampung, Bandar Lampung, 35143, Indonesia
Email : nurfirman540@gmail.com

Abstrak. Fly Ash Bottom Ash (FABA) merupakan limbah non-B3 yang masih kurang dimanfaatkan, terutama di sektor material komposit. Penelitian ini mengeksplorasi sifat mekanik komposit berbasis FABA, serat bambu, dan batu krokos dengan matrik epoksi. Tiga variasi komposisi diuji untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kekuatan impak dan kekerasan material. Uji impak menunjukkan bahwa komposisi dengan FABA 20%, serat bambu 20%, dan batu krokos 20% memberikan nilai impak tertinggi sebesar 0,01051 Joule/mm². Sementara itu, hasil pengujian kekerasan tertinggi diperoleh pada komposisi yang sama dengan nilai rata-rata sebesar 85,5 HD. Temuan ini menunjukkan bahwa semakin tinggi proporsi FABA dalam campuran, semakin rendah kekuatan impak dan kekerasan material. Hasil ini memberikan wawasan baru untuk pemanfaatan limbah FABA dalam material komposit.

Kata Kunci: FABA, serat bambu, batu krokos, resin epoksi, impak, kekerasan.

1 Pendahuluan

Batubara merupakan salah satu sumber energi utama di dunia, terutama untuk pembangkit listrik. Proses pembakaran batubara menghasilkan produk sampingan berupa abu terbang (Fly Ash) dan abu dasar (Bottom Ash), yang secara kolektif dikenal sebagai FABA (Fly Ash Bottom Ash). Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.22/2021 tentang Pengelolaan dan Penyelenggaraan Perlindungan Lingkungan Hidup, FABA dikategorikan sebagai limbah non-B3, yaitu limbah yang tidak berbahaya dan tidak beracun. Meskipun demikian, pengelolaan FABA masih menjadi tantangan global, di mana hanya sekitar 25% yang dimanfaatkan, sementara 75% sisanya dibuang sebagai limbah yang mencemari lingkungan.

Penggunaan serat alami sebagai penguat komposit semakin menarik perhatian sebagai alternatif ramah lingkungan untuk menggantikan serat sintetis. Serat bambu, yang melimpah dan memiliki sifat mekanik yang baik, menjadi pilihan yang ideal untuk bahan komposit. Penggabungan serat bambu dengan FABA dan matrik epoksi berpotensi

menciptakan material komposit yang kuat dan ekonomis, serta dapat mengurangi dampak negatif FABA terhadap lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat mekanik komposit berbahan dasar FABA, serat bambu, dan batu krokos dengan matrik epoksi. Fokus utama penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh variasi komposisi FABA, serat bambu, dan batu krokos terhadap kekuatan impak dan kekerasan komposit.

2 Material dan Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Penelitian ini dilakukan menggunakan beberapa alat dan bahan yang diperlukan untuk pengujian sifat mekanik komposit. Berikut adalah rincian alat dan bahan yang digunakan:
Timbangan digital, Gelas ukur, Serit besi, Jangka sorong, Cetakan uji kekera-san, Cetakan uji impact, Universal Impact Tester 100Kg, dan Duromter Hardnes Tester (HD).

Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :
Faba (fly ash battom ash), Serat Bambu Tali., Batu Krokos, Reain epoksi, Lem Korea, Wax, sebagai pelapis antara cetakan dengan komposit.

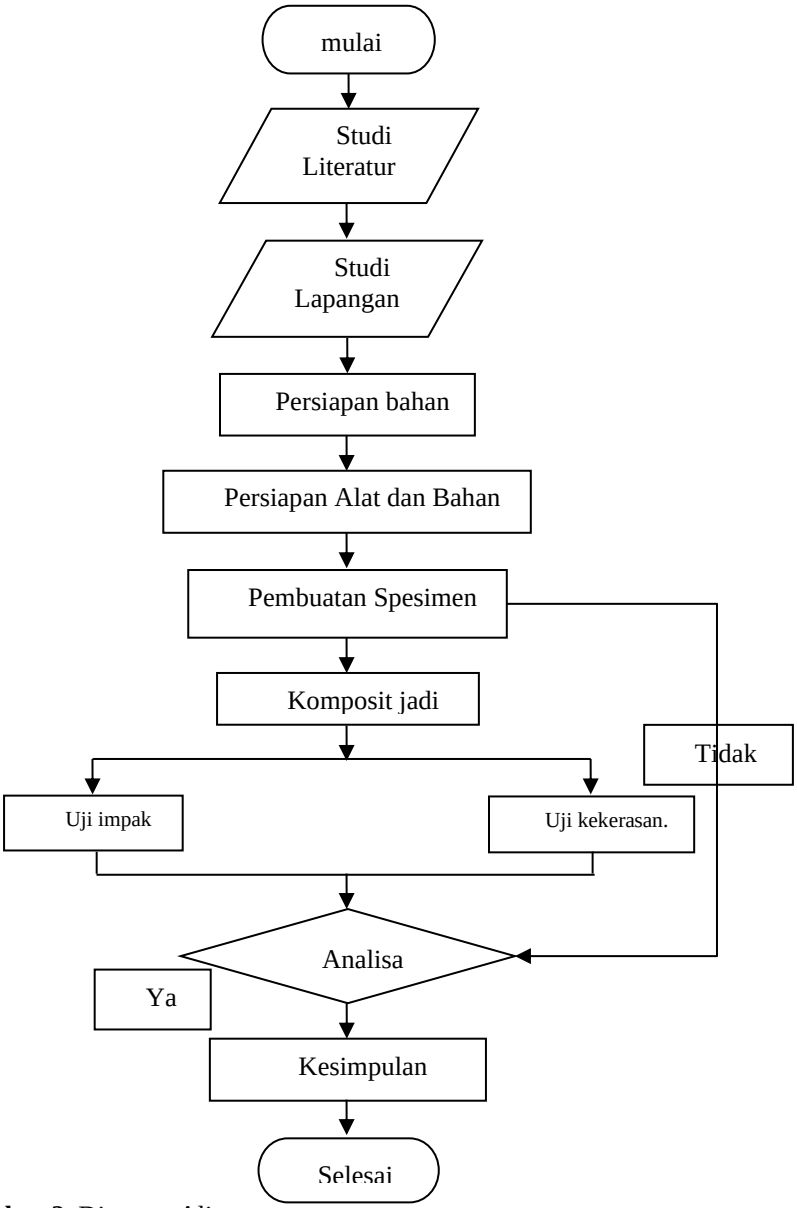


Gambar 1. Fly Ash dan Bottom Ash (FABA)

Digunakan sebagai bahan penguat dalam komposit. FABA merupakan produk sampingan dari pembakaran batubara yang terdiri dari partikel halus (*fly ash*) dan partikel lebih kasar (*bottom ash*), yang dimanfaatkan dalam penelitian ini untuk meningkatkan sifat mekanik komposit.

2.2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menguji pengaruh variasi komposisi FABA, serat bambu, dan batu krokos terhadap sifat mekanik komposit, khususnya kekuatan impak dan kekerasan.



Gambar 2. Diagram Alir

2.3. Pengujian Spesimen

Setelah spesimen selesai dibuat, dilakukan pengujian di laboratorium dengan dua jenis pengujian, yaitu :

2.3.1 Pengujian Impak:
Pengujian impak dilakukan menggunakan Universal Impact Tester dengan kapasitas 100 Kg dan berat pemukul sebesar 8,852 N. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kemampuan komposit menahan beban benturan secara mendadak, sesuai dengan standar ASTM D6110. Hasil pengujian dicatat dalam satuan Joule/mm².

2.3.2 Pengujian Kekerasan:
Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan Durometer Hardness Tester Shore D. Alat ini digunakan untuk mengukur kekerasan spesimen secara manual dengan menekan alat pada permukaan spesimen. Pengujian dilakukan pada beberapa titik spesimen untuk mendapatkan hasil yang akurat, sesuai standar ASTM D2240.

2.4. Pengujian Komposit

Pengujian komposit dilakukan untuk mengukur dua sifat mekanik utama, yaitu kekuatan impak dan kekerasan komposit yang terbuat dari campuran FABA, serat bambu, batu krokos, dan resin epoksi. Pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin, Universitas Bandar Lampung, menggunakan peralatan yang sesuai dengan standar ASTM yang berlaku.

Pengujian impak bertujuan untuk mengukur kemampuan spesimen komposit dalam menahan beban benturan secara mendadak. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat Universal Impact Tester dengan kapasitas 100 kg. Spesimen komposit dibuat sesuai dengan standar ASTM D6110, dengan dimensi panjang 124 mm, lebar 10 mm, tinggi 12 mm, dan takik berbentuk V sedalam 2 mm. Proses pengujian impak diawali dengan menempatkan spesimen pada alat uji, diikuti dengan pemukulan oleh pendulum dengan massa 8,852 N. Hasil yang diperoleh dicatat dalam satuan Joule/mm² dan dianalisis untuk menentukan pengaruh variasi komposisi terhadap kekuatan impak komposit.

Selain itu, pengujian kekerasan juga dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan dari masing-masing komposisi komposit. Pengujian kekerasan menggunakan Durometer Hardness Tester Shore D, sesuai dengan standar ASTM D2240. Spesimen komposit yang telah dicetak dengan dimensi 50 mm x 50 mm dan ketebalan minimal 6 mm diuji pada beberapa titik permukaan untuk mendapatkan hasil kekerasan yang representatif. Pengujian ini dilakukan secara manual dengan menekan alat pada permukaan spesimen, dan hasil pengujian dicatat dalam satuan Hardness Degree (HD). Setiap spesimen diuji pada lima titik berbeda untuk memperoleh nilai rata-rata yang akurat.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi komposisi FABA, serat bambu, dan batu krokos memengaruhi sifat mekanik komposit secara signifikan. Pada pengujian impak,

komposisi dengan FABA 20%, serat bambu 20%, batu krokos 20%, dan resin epoksi 40% memberikan hasil impak tertinggi sebesar 0,01051 Joule/mm². Sementara itu, pada pengujian kekerasan, komposisi yang sama menghasilkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 85,5 HD. Temuan ini menunjukkan bahwa komposisi FABA yang lebih rendah dengan proporsi serat bambu dan batu krokos yang lebih tinggi menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik, baik dari segi kekuatan impak maupun kekerasan.

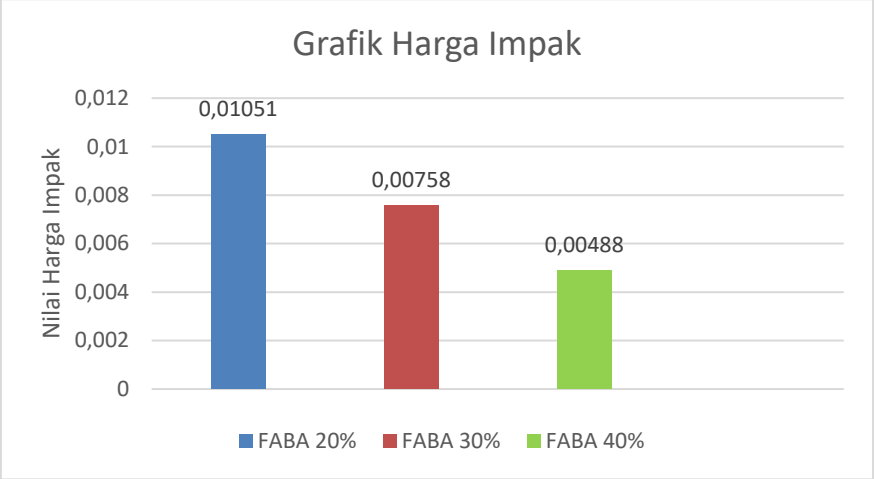
3 Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian mekanik komposit berbasis FABA, serat bambu, batu krokos, dan matrik epoksi mencakup pengujian kekuatan impak dan kekerasan. Penelitian ini dilakukan dengan variasi komposisi FABA (20%, 30%, dan 40%), serat bambu (10%, 15%, dan 20%), batu krokos (10%, 15%, dan 20%), serta resin epoksi yang tetap sebesar 40% pada setiap campuran.

3.1. Pengujian Impak

Hasil pengujian impak menunjukkan bahwa variasi komposisi FABA, serat bambu, dan batu krokos memberikan pengaruh signifikan terhadap kekuatan impak komposit. Nilai impak tertinggi diperoleh pada komposisi FABA 20%, serat bambu 20%, batu krokos 20%, dan resin epoksi 40%, dengan nilai rata-rata impak sebesar 0,01051 Joule/mm². Sebaliknya, nilai impak terendah dicapai pada komposisi FABA 40%, serat bambu 10%, batu krokos 10%, dan resin epoksi 40%, yaitu sebesar 0,00488 Joule/mm².

Pengaruh ini dapat dijelaskan oleh penurunan kekuatan adhesi antara matriks epoksi dan penguat ketika proporsi FABA meningkat. Dengan meningkatnya persentase FABA, komposit cenderung menjadi lebih rapuh karena matriks tidak dapat mengikat serat bambu dan batu krokos dengan optimal. Hasil ini menunjukkan bahwa komposisi FABA yang lebih rendah dan peningkatan proporsi serat bambu serta batu krokos menghasilkan kemampuan penyerapan energi yang lebih baik pada saat terjadinya benturan..



Gambar 4. Grafik Harga Impak

Dari berbagai komposisi FABA, serat bambu, batu krokos, dan resin epoksi. Komposisi FABA 20%, serat bambu 20%, dan batu krokos 20% menghasilkan nilai impak tertinggi sebesar 0,01051 Joule/mm², sedangkan komposisi FABA 40%, serat bambu 10%, dan batu krokos 10% menunjukkan nilai impak terendah sebesar 0,00488 Joule/mm².

3.2. Hasil Uji Kekerasan

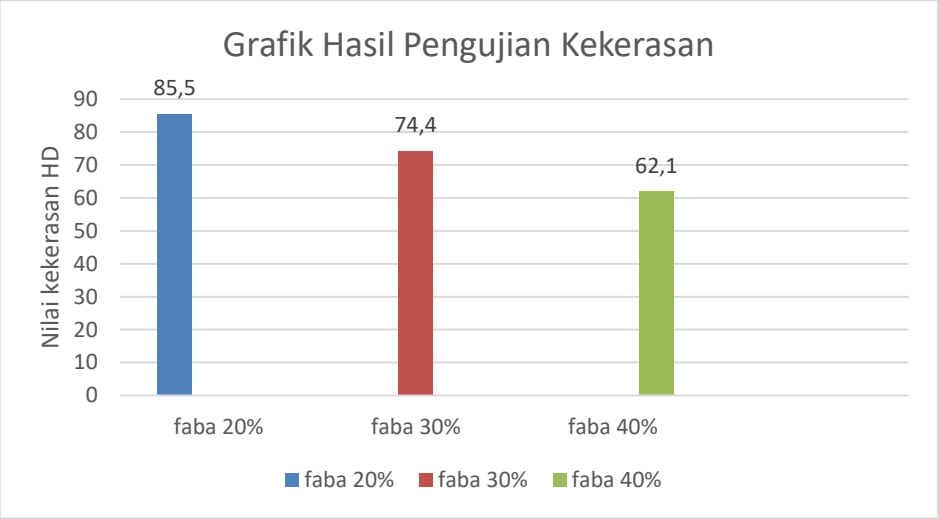
Pada pengujian kekerasan, hasil menunjukkan bahwa komposisi FABA, serat bambu, dan batu krokos juga memengaruhi kekerasan komposit secara signifikan. Komposisi dengan FABA 20%, serat bambu 20%, batu krokos 20%, dan resin epoksi 40% menghasilkan nilai kekerasan tertinggi dengan rata-rata sebesar 85,5 HD. Sementara itu, komposisi dengan FABA 40%, serat bambu 10%, batu krokos 10%, dan resin epoksi 40% menghasilkan nilai kekerasan terendah, yaitu sebesar 62,1 HD.

Penurunan nilai kekerasan seiring dengan peningkatan persentase FABA dapat disebabkan oleh rendahnya ikatan matriks epoksi dengan FABA, sehingga komposit menjadi kurang padat dan kuat. Sebaliknya, peningkatan serat bambu dan batu krokos dalam komposit membantu memperkuat struktur material dan meningkatkan kekerasan. Hal ini disebabkan oleh sifat serat bambu dan batu krokos yang lebih kuat dan keras dibandingkan FABA.

Tabel 1 Hasil Pengujian Kekerasan

No	Campuran	SPC	Hasil pengujian kekerasan (HD)					Rata-rata (HD)
			Titik I	Titik II	Titik III	Titik IV	Titik V	
1	Faba 20%, serat bambu 20%, batu krokos 20%, resin 40 %	SPC I	80	93	85,5	86	87	86,3
2		SPC II	83	90,5	84	83,5	88	85,8
3		SPC III	81,5	92	82,5	80,5	86,5	84,6
Rata-rata								85,5
4	Faba 30%, serat bambu 15%, batu krokos 15%, resin 40 %	SPC I	75	78	73	77,5	71	74,9
5		SPC II	71	76,5	74	75,5	72	73,8
6		SPC III	70	78,5	73,5	79	71,5	74,5
Rata-rata								74,4
7	Faba 40%, serat bambu 10%, batu krokos 10%, resin 40 %	SPC I	61	67	59	58	62	61,4
8		SPC II	59,5	66	57	63	62,5	61,6
9		SPC III	65	68	58,5	64	61,5	63,4
Rata-rata								62,1

Hasil pengujian kekerasan komposit dengan berbagai komposisi FABA, serat bambu, batu krokos, dan resin epoksi. Komposisi FABA 20%, serat bambu 20%, batu krokos 20%, dan resin epoksi 40% menghasilkan nilai kekerasan tertinggi dengan rata-rata sebesar 85,5 HD, sedangkan komposisi FABA 40%, serat bambu 10%, batu krokos 10%, dan resin epoksi 40% menghasilkan nilai kekerasan terendah dengan rata-rata sebesar 62,1 HD.



Gambar 5. Grafik Hasil Uji Kekerasan

Berdasarkan tabel dan grafik pada pengujian yang telah dilaksanakan diatas maka Grafik hasil uji kekerasan dari komposit dengan berbagai komposisi FABA, serat bambu, batu krokos, dan resin epoksi. Komposisi FABA 20%, serat bambu 20%, dan batu krokos 20% menghasilkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 85,5 HD, sedangkan komposisi FABA 40%, serat bambu 10%, dan batu krokos 10% menunjukkan nilai kekerasan terendah sebesar 62,1 HD.

4 Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa variasi komposisi FABA, serat bambu, dan batu krokos memengaruhi sifat mekanik komposit, khususnya kekuatan impak dan kekerasan. Komposisi optimal yang memberikan hasil terbaik adalah campuran FABA 20%, serat bambu 20%, batu krokos 20%, dan resin epoksi 40%, di mana komposit ini menunjukkan kekuatan impak tertinggi sebesar 0,01051 Joule/mm² dan kekerasan tertinggi sebesar 85,5 HD. Semakin tinggi proporsi FABA dalam komposit, semakin rendah kekuatan impak dan kekerasannya, disebabkan oleh sifat FABA yang rapuh dan lemahnya ikatan matriks. Sebaliknya, peningkatan serat bambu dan batu krokos berkontribusi positif terhadap sifat mekanik komposit. Penelitian ini menunjukkan bahwa FABA dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi dalam komposit yang ramah lingkungan, dengan potensi aplikasi pada material struktural yang memerlukan sifat mekanik yang baik. Namun, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menguji ketahanan komposit ini dalam berbagai kondisi lingkungan.

References

1. Pradana, T. Nurhayati, S. P. Titik, dan P. S. Hadi, “Analisa Konduktivitas Material Fly Ash dan Bottom Ash sebagai Katoda pada Baterai Udara,” Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering, vol. 6, no. 1, pp. 39–45, Jan. 2024. doi: 10.30510/jjeee.v6i1.2024.

2. G. L. B. Eratodi, Struktur dan Rekayasa Bambu. Denpasar: Universitas Pendidikan Nasional, 2017.

3. H. J. Qi, K. Joice, dan M. C. Boice, “Durometer Hardness and the Stress-Strain Behavior of Elastomeric Materials,” Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA. [Online]. Available: https://mit.edu.

4. H. Winarno, D. Muhammad, dan R. Ashyar, “Pemanfaatan Limbah Fly Ash dan Bottom Ash dari PLTU Sumsel-5 sebagai Bahan Utama Pembuatan Paving Block,” Universitas Jambi, vol. 3, no. 2, pp. 12–20, 2019.

5. Y. Handoyo, “Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Kapasitas 100 Joule,” Universitas Islam 45 Bekasi, vol. 2, no. 1, pp. 22–29, Mar. 2013.

6. W. Fatriasari, A. Morfologi, dan S. Pada, “Bambu sebagai Bahan Baku Pulp dan Kertas,” Analysis of Fiber Morphology and Physical-Chemical Properties of Six Species of Bamboo as Raw Material for Pulp and Paper, vol. 1, no. 2, pp. 67–72, 2008.

7. S. Rahmat, M. Hadi, dan M. Muhammad, “Kajian Potensi Pengembangan Material Komposit Polimer dengan Serat Alam untuk Produk Otomotif,” Jurnal Teknologi Mesin, vol. 4, no. 2, pp. 15–25, 2018.

8. T. Sofyan, Pengantar Material Teknik. Jakarta: Salemba Teknika, 2017.

9. H. Subawi dan H. Rifai, Pengenalan Teknik Komposit. Yogyakarta: CV Budi Utama, 2016.

10. E. Tano, Pedoman Membuat Perekat Sintetis. Jakarta: PT Rineka Cipta, 2003.