

Evaluasi Partikel Cangkang Buah Maja Sebagai Filler Pada Komposit Kampas Rem Organik

Ananto Yuda Permana¹, Shofiatul Ula¹, Erny Listijorini¹, Iman Saefuloh¹, Agung Sudrajad¹, Sunardi^{1*}

¹Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon

*E-mail : sunardi@untirta.ac.id

Received: 17 Juli 2025; Received in revised form: 11 Agustus 2025; Accepted: 11 Agustus 2025

Abstract

The exploration of natural resources as materials for engineering applications is increasingly important, as organic materials offer greater environmental benefits. The Maja fruit, a typical Indonesian plant, has not been fully utilized for engineering purposes, particularly its shells. The goal of utilizing this material is to contribute to sustainable development. In this study, Maja fruit particles were used as a filler in combination with rice husk ash. The particle compositions of Maja fruit were set at 20%, 30%, and 40%, respectively. The composite fabrication process was conducted under cold conditions at a pressure of 30 MPa. The results indicated that an increase in the composition of Maja fruit shell particles led to higher compressive strength in the composite, although this caused a decrease in surface hardness. The optimal composite performance was achieved with a composition of 40% Maja fruit shell particles and 60% epoxy resin, as determined by a weighting method. It was also observed that while the inclusion of rice husk ash tended to reduce compressive strength, it contributed to enhancing the hardness of the composite.

Keywords: *Aegle Marmelos Shell; Compressive Strength; Hardness; Brake Pads*

Abstrak

Eksplorasi sumber daya alam sebagai material untuk aplikasi keteknikan menjadi tuntutan saat ini, karena material-material organik lebih ramah terhadap lingkungan. Buah maja merupakan salah satu tanaman khas bangsa Indonesia. Cangkang buah maja belum dimanfaatkan secara optimal untuk rekayasa material. Pemanfaatan material ini memiliki tujuan untuk berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan. Partikel buah maja digunakan sebagai filler bersama-sama dengan abu sekam padi. Komposisi partikel buah maja masing-masing adalah 20, 30, dan 40%. Proses pembuatan komposit dilakukan dengan kondisi dingin pada tekanan 30 MPa. Hasil studi menunjukkan bahwa semakin tinggi komposisi partikel cangkang buah maja maka kekuatan tekan komposit makin tinggi, meskipun kekerasan permukaan komposit mengalami penurunan. Dengan menggunakan metode pembobotan, maka performa optimum komposit dicapai pada komposisi 40% partikel cangkang buah maja dan 60% resin epoksi. Keberadaan abu sekam padi cenderung menurunkan kekuatannya, tetapi berperan meningkatkan kekerasan komposit.

Kata kunci: Cangkang Maja; Kekuatan Tekan; Kekerasan; Kampas Rem

1. PENDAHULUAN

Buah maja memiliki nama latin *Aegle Marmelos* (AM) dengan ciri khasnya yang berbentuk bulat seperti bola berwarna hijau muda dengan cangkang yang keras [1]. Saat ini, ekstrak buah maja dapat digunakan sebagai fitokonstituen antioksidan dan anti inflamasi dapat menjadi alternatif yang aman untuk pengobatan konvensional [2]. Ekstraksi buah

maja juga sangat efektif untuk digunakan sebagai pembunuh pembunuh belalang kembara [3].

Kandungan tannin dari kulit buah maja dapat digunakan sebagai inhibitor yang efektif untuk menghambat laju korosi pada baja karbon API 5L [4]. Kulit buah maja yang keras juga dinilai memiliki serat yang dapat digunakan menjadi bahan penguat komposit. Kandungan selulosa buah maja sebesar 24.3% [5]. nilai ini

lebih tinggi jika dibandingkan dengan selulosa pada cangkang kelapa.

Komposit yang diperkuat serat buah maja dengan orientasi lurus meningkatkan kekuatan tarik dan kekuatan lenturnya seiring dengan peningkatan kandungan seratnya [6]. Ketika densitas dan kandungan serat buah maja meningkat maka kekerasan dan kekuatan tariknya juga meningkat [7]. Ukuran partikel serbuk buah maja sangat berpengaruh terhadap kekerasan dan keausan komposisi kampas rem. Ukuran mesh 140 menghasilkan kekerasan 76.9 HRB dan keausan spesifik $5,7357 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$ [8].

Partikel cangkang buah maja digunakan sebagai filler komposit kampas rem bersama dengan partikel aluminium menghasilkan performa yang cukup baik, meskipun masih di bawah kampas rem komersial. Kandungan partikel buah maja 30% menghasilkan kekerasan 79.5 HRB, kekuatan impak $0,01312 \text{ J/mm}^2$, dan laju keausan spesifik $2,009 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$ [9].

Pemakaian gum buah maja sebagai filler dapat bertindak untuk meningkatkan ketahanan beban yang lebih tinggi dan mendistribusikan tegangan secara merata [10]. Penambahan filler ini dapat meningkatkan modulus penyimpanan.

Keberadaan partikel cangkang buah maja dapat meningkatkan kekuatan tarik, kekuatan lentur dan kekuatan impaknya [11]. Peningkatan kekuatan ini disebabkan oleh sedikitnya porositas dan tingginya ikatan antara unsur-unsur dalam komposit.

Dalam studi ini, akan dibahas dan dievaluasi pengaruh partikel cangkang buah maja yang digunakan secara hybrid dengan abu sekam pada sebagai material kampas rem organik. Pembahasan ini menjadi penting dalam rangkai pembangunan secara berkelanjutan dengan melakukan eksplorasi material yang lebih ramah lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan penelitian

Buah maja diperoleh dari Kabupaten Pandeglang. Daging buah maja dipisahkan dari cangkang buahnya, untuk kemudian dicuci dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 2-4 jam. Cangkang ini kemudian dihancurkan dan diayak hingga diperoleh ukuran partikel dengan mesh 120. Bahan yang digunakan dalam studi ini ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. (a) Buah maja, (b) jerami padi

Abu jerami diperoleh dari daerah Bojonegara. Bagian jerami yang digunakan dalam studi ini diambil pada bagian batang padinya. Batang jerami kemudian dibakar hingga menjadi abu. Abu jerami kemudian dicacah dan dihancurkan untuk selanjutnya diayak dengan mesh 120.

2.2 Perlakuan awal

Partikel cangkang buah maja diberikan perlakuan awal dengan merendamnya di

dalam larutan 5% NaOH selama 1 jam. Setelah itu, partikel cangkang buah maja dibilas dengan aquades agar pH-nya kembali normal dan dikeringkan dibawah sinar matahari.

2.3 Kodefikasi sampel

Penentuan komposisi kampas rem organik menggunakan fraksi volum dengan kodefikasi sampel seperti ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Material Penyusun Kampas Rem Dalam Fraksi Volum (%)

Kode Sampel	Cangkang Buah Maja	Abu Jerami	Resin Epoksi
A	20	20	60
B	30	10	60
C	40	0	60

2.4 Proses manufaktur

Campuran partikel cangkang buah maja, abu jerami, dan resin epoksi dituangkan ke dalam cetakan, di mana permukaan dalam cetakan sudah dilapisi dengan wax agar mudah pelepasan sampel dari cetakan.

Setelah itu, campuran material dikompaksi dengan tekanan 30 MPa selama 1 jam. Sampel kemudian dilepaskan dari cetakan dan didiamkan selama 6 jam pada suhu kamar.



Gambar 2. Sampel Dengan Kandungan Partikel Cangkang Buah Maja: (A) 20%, (B) 30%, dan (C) 40%

Proses terakhir pembuatan sampel adalah curing, yaitu sampel dipanaskan pada suhu 150°C selama 90 menit [12]. Tujuan dilakukan curing adalah menghasilkan ketangguhan dan pengerasan bahan polimer

dengan membentuk ikatan silang rantai polimer. Pemilihan suhu dan waktu curing yang tepat dapat meningkatkan sifat lentur, kekerasan Vickers, dan biokompatibel secara signifikan.



Gambar 3. Proses Curing Komposit

2.5 Karakterisasi material

Pengujian tekan dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D695. Sampel yang digunakan berbentuk balok dengan ukuran 12.7 x 12.7 x 25.4 mm. Sedangkan pada pengujian kekerasan dilakukana pada sampel yang berbentuk silinder dengan ukuran 50 mm dan tebal 8 mm. Pengujian

kekerasan dilakukan dengan menggunakan durometer type D. Pengolahan data untuk memperoleh nilai yang optimum dilakukan dengan menggunakan metode pembobotan.

2.6 Analisa statistik

Dalam metode penetapan bobot (*assignment of weight*), maka respon jamak

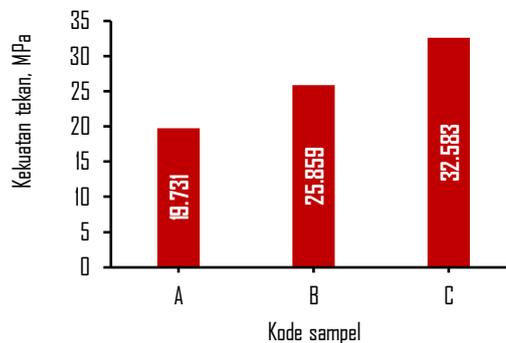
diubah menjadi respon tunggal. Setiap respon diberikan bobot berdasarkan kualitas karakteristiknya. Setiap respon dapat berpadata asli maupun transformasinya seperti rasio S/N. Jumlah semua respon kemudian dijumlahkan dalam bentuk Persamaan 1. Nilai optimum dinyatakan dalam bentuk MRPI (*multi response performance index*).

$$MRPI = y_1W_1 + y_2W_2 + y_iW_i \dots \dots [1]$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Performa komposit yang menggunakan filler hybrid antara partikel cangkang buah maja dan abu sekam padi dalam studi awal ini adalah kekuatan tekan dan kekerasan permukaannya.

3.1. Kekuatan tekan komposit



Gambar 4. Pengaruh Kandungan Partikel Cangkang Maja Terhadap Kekuatan Tekan Komposit

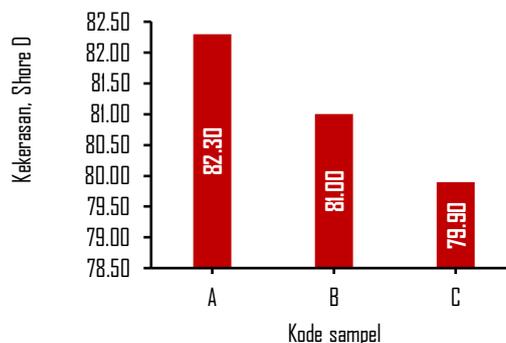
3.2. Kekerasan komposit

Nilai kekerasan komposit berbanding terbalik dengan kekuatan lenturnya, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5. Peningkatan kekerasan ini disebabkan oleh komposisi abu

Kandungan partikel buah maja memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tekan komposit. Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan partikel cangkang buah maja maka kekuatan tekan komposit juga semakin tinggi. Peningkatan kekuatan tekan ini disebabkan oleh kandungan selulosa yang dimiliki oleh cangkang buah maja yang cukup tinggi [5]. Dengan demikian, keberadaan partikel cangkang buah maja dapat mendistribusikan beban yang diterima komposit secara lebih merata.

Penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Kumar dkk [10], yang menyatakan bahwa semakin tinggi kandungan partikel buah maja maka ketahanan komposit terhadap beban juga semakin tinggi.

sekam padi. Semakin tinggi kandungan abu sekam padi memiliki kecenderungan meningkatkan kekerasan permukaan komposit. Hasil studi linier dengan yang dilakukan oleh Fuad dan Yudiono [9].



Gambar 5. Pengaruh Kandungan Partikel Cangkang Buah Maja Terhadap Kekerasan Komposit

Kandungan utama abu sekam padi adalah silicon dioksida (SiO_2) sebesar

93.40%wt [13]. Hal ini disebabkan oleh sifat silika yang keras dan rapuh. Semakin tinggi

kandungan abu sekam padi maka semakin rendah kekuatan tekan kompositnya [14].

3.3. Analisa statistic

Data hasil pengujian di laboratorium ditunjukkan oleh Tabel 2, sedangkan bobot respon dirangkum di dalam Tabel 3. Nilai MRPI tertinggi adalah 39.83. Hal ini

mengindikasikan bahwa performa optimum dimiliki oleh sampel C yang memiliki komposisi 40% partikel cangkang buah maja dan 60% resin epoksi.

Sampel C adalah komposit tanpa partikel abu sekam jerami. Sifat menonjol komposit C adalah nilai kekuatan tekannya yang tinggi dan sangat signifikan jika dibandingkan dengan sampel lain.

Tabel 2. Hasil Pengujian

Kode Sampel	Kekuatan tekan (y _{cs})	Kekerasan (y _H)
A	19.731	82.30
B	25.859	81.00
C	32.583	79.90

Tabel 3. Bobot Setiap Respon

Kode Sampel	Bobot W _{cs}	Bobot W _H	MRPI
A	0.252	0.338	32.83
B	0.331	0.333	35.53
C	0.417	0.329	39.83

4. SIMPULAN

Partikel cangkang buah maja sebagai filler dan digunakan secara hibrid memiliki potensi sebagai material penyusun kanvas rem organik. Performa mekanik dicapai oleh Sampel C dengan komposisi 40% partikel cangkang buah maja dan 60% resin epoksi. Nilai kekuatan tekan dan kekerasan masing-masing adalah 32.583 MPa dan 79.90 Shore D.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. Ulfa, D. A. Budiretnani and T. I. Sulistiyowat, "Poster keanekaragaman karakter maja (aegle marmelos) di Kabupaten Kediri sebagai sumber belajar Mata Kuliah Ekologi," *Integrative Perspectives of Social and Science Journal (IPSSJ)*, vol. 2, no. 1, pp. 1574-1582, 2025.
- [2] P. G. Swami, D. J. Singhavi and R. O. Ganjiwale, "Effect of Aegle marmelos Extract-Phospholipid Complexes in Dextran Sulfate Sodium-Induced Ulcerative Colitis in Rats," *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol. 22, no. 2, pp. 119-130, 2025. DOI: 10.4274/tjps.galenos.2025.02772.
- [3] O. A. Wuarbanaran, F. Leiwakabessy and A. Smith, "Effectiveness of maja fruit extract (aegle marmelos) as an alternative for pest control living locks (*Locusta migratoria*)," *Biopendix*, vol. 10, no. 2, pp. 171-177, 2024.
- [4] A. Rasitiani, E. Ginting and P. K. Karo, "Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Kulit Buah Maja (*Aegle Marmelos* (L.) *Corea*) terhadap Laju Korosi Baja Karbon API 5L pada Medium NaCl 3% dan H₂SO₄ 3%," *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 06, no. 02, pp. 147-157, 2018.
- [5] A. Basheer, A. Haritha, M. Aji and S. K. Cherian, "Preparation and characterisation of activated carbon prepared from aegle marmelos fruit shell," in *National Conference on Technological Advancement in Bio Engineering*, Coimbatore, 2018.
- [6] M. N. P. Sastry, K. D. Devi and D. Bandhu, "Characterization of Aegle Marmelos Fiber Reinforced Composite," *International Journal of Engineering Research*, vol. 5, no. 2, pp. 345-349, 2016. DOI: 10.17950/ijer/v5i2/009.
- [7] R. Kumar, "Study of properties of Aegle Marmelos Reinforced Composite Fiber," *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, vol. 4, no. 5, pp. 454-456, 2016.
- [8] D. F. Ocviansyah and Rusiyanto, "The Effect of Aegle Marmelos Shell Particles

- Size on The Mechanical Properties of Epoxy Matrix Composites as An Alternative Material For Motorcycle Disc Brake Pad," *International Journal of Innovation in Mechanical Construction and Energy*, vol. 1, no. 2, pp. 86-92, 2024.
- [9] M. T. N. Fuad and H. Yudsono, "The effect of Aegle marmelos shell particles volume fraction on hardness, toughness, and wear rate of epoxy matrix composites as motorcycle brake pads," *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, vol. 17, no. 1, pp. 9338-9348, 2023. DOI: <https://doi.org/10.15282/jmes.17.1.2023.4.0738>.
- [10] N. M. Kumar, K. Sundaramurthy, P. Prabhu and M. Vigneshkumar, "Dynamic Mechanical Analysis of Aegle Marmelos / Epoxy matrix Reinforced with Snake Grass Fibre Composite," *Materiale Plastice*, vol. 61, no. 4, pp. 17-29, 2024. DOI: <https://doi.org/10.37358/Mat.Plast.1964>.
- [11] A. J. K. Arputham, S. J. Devaraj, M. Usaladi and Q. A. Arulraj, "Mechanical and Morphological Characterization Analysis on Aeglemarmelos Dispersed Fiber-Reinforced Polymer Composite," *Journal of Natural Fibers*, vol. 20, no. 1, pp. 1-17, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/15440478.2023.2173355>.
- [12] Y. Yang, G. Xian, H. Li and L. Sui, "Thermal aging of an anhydride-cured epoxy resin," *Polymer Degradation and Stability* 118 (2015) , vol. 118, pp. 111-119, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2015.04.017>.
- [13] T. G. Korotkova, S. J. Ksandopulo, A. S. Donenko, S. A. Bushumov, A. S. Danilchenko, "Physical Properties and Chemical Composition of the Rice Husk and Dust," *Oriental Journal of Chemical*, vol. 32, no. 6, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.13005/oic/32064>.
- [14] M. J. Alam, M. Biswas, M. B. Mia, S. Alam and M. M. Hossain, "The Influence of Rice Husk Ash on Mechanical Properties of the Mortar and Concrete: A Critical Review," *Open Journal of Civil Engineering*, vol. 14, pp. 65-81, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4236/ojce.2024.141003>.