E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258
Halaman 1965-1976
Volume 3 Nomor 3 Tahun 2026

Karakterisasi Komposit Alumina, Serat Kelapa, dan Tempurung Kelapa untuk Aplikasi Teknologi Material

Frans Robert Bethony[1*], Sallolo Suluh[2], Ermitha Ambun Rombe Dendo[3], Chendri Johan[4], Gabriel Sampe Toding[5]
[1,2,3,4,5] Program Sudi Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia Toraja, Indonesia
e-mail: frobethony@gmail.com

Abstrak

Material komposit yang menggabungkan alumina, serat kelapa, dan tempurung kelapa merupakan salah satu alternatif yang menarik untuk pengembangan teknologi material, terutama dalam aplikasi yang memerlukan keseimbangan antara kekuatan mekanik, dan keberlanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi campuran alumina, serat kelapa, dan tempurung kelapa terhadap massa jenis, porositas, dan kekerasan permukaan silinder komposit. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dengan memanfaatkan serbuk alumina, serat kelapa, dan tempurung kelapa yang dicampur dengan resin epoxy sebagai perekat. Campuran tersebut kemudian dicetak menjadi silinder dengan diameter 25 mm dan ketebalan 10 mm. Pengujian dilakukan untuk mengukur massa jenis, porositas, dan kekerasan permukaan material. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi komposisi campuran memengaruhi nilai massa jenis dan kekerasan permukaan material. Nilai massa jenis minimum sebesar 897,22 kg/m³ diperoleh pada variasi campuran pertama (TKA 1) dan nilai maksimumnya pada variasi campuran kelima (TKA 5) sebesar 1257,17 kg/m³. Sementara itu, nilai kekerasan permukaan minimum sebesar 27,288 HRB juga ditemukan pada komposisi pertama (TKA 1) dan nilai maksimum pada variasi campuran kelima (TKA 5) sebesar 53,918 HRB. Porositas material tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap

variasi komposisi campuran, dengan nilai porositas terendah sebesar 5,72% pada komposisi TKA 1 dan nilai porositas tertinggi sebesar 7,20% pada komposisi TKA 3.

Kata kunci: Massa Jenis, Kekerasan Material, Komposit, Porositas, Tempurung Kelapa

Abstract

Composite materials combining alumina, coconut fiber, and coconut shell represent an attractive alternative for material technology development, particularly in applications requiring a balance between mechanical strength and sustainability. This study aimed to determine the effect of varying the composition of alumina, coconut fiber, and coconut shell mixtures on the density, porosity, and surface hardness of composite cylinders. An experimental method was employed using alumina powder, coconut fiber, and coconut shell mixed with epoxy resin as a binder. The mixtures were molded into cylinders with a diameter of 25 mm and a thickness of 10 mm. Tests were conducted to measure the material's density, porosity, and surface hardness. The results indicate that variations in mixture composition influenced the material's density and surface hardness. The minimum density value of 897.22 kg/m³ was obtained with the first mixture variation (TKA 1), while the maximum value of 1,257.17 kg/m³ was observed with the fifth variation (TKA 5). Similarly, the minimum surface hardness of 27.288 HRB was found in the first composition (TKA 1), and the maximum value of 53.918 HRB was found in the fifth variation (TKA 5). Material porosity did not show a significant response to variations in mixture composition; the lowest porosity value was 5.72% (TKA 1), and the highest was 7.20% (TKA 3).

Keywords: Density, Material Hardness, Composite, Porosity, Coconut Shell

LATAR BELAKANG

Seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan industri yang semakin kompleks, teknologi material terus mengalami kemajuan yang pesat. Dalam konteks ini, material komposit telah menjadi fokus utama penelitian karena kemampuannya untuk menggabungkan sifat-sifat berbagai bahan untuk menciptakan material yang lebih baik dibandingkan dengan bahan individual. Material komposit, yang terdiri dari dua atau lebih komponen dengan karakteristik yang berbeda, dapat dioptimalkan untuk memenuhi berbagai kebutuhan aplikasi, mulai dari industri otomotif dan dirgantara hingga teknologi informasi dan konstruksi (Petrus et al., 2020).

Salah satu jenis material komposit yang menarik untuk diteliti adalah komposit yang menggabungkan alumina, serat kelapa, dan tempurung kelapa. Alumina (Al_2O_3), sebagai bahan keramik, dikenal karena kekuatan mekaniknya yang tinggi, ketahanan terhadap suhu ekstrem, dan konduktivitas termalnya yang baik. Alumina sering digunakan dalam aplikasi teknik yang memerlukan bahan dengan ketahanan tinggi terhadap keausan dan korosi. Namun, dalam beberapa aplikasi, konduktivitas termal yang tinggi dari alumina mungkin perlu dikurangi, terutama jika material tersebut digunakan dalam situasi yang memerlukan isolasi termal (Anggreni et al., 2023).

Serat kelapa adalah bahan alami yang diperoleh dari mesokarp buah kelapa dan memiliki karakteristik konduktivitas termal rendah. Serat ini menawarkan sejumlah keunggulan, termasuk kekuatan tarik yang baik, fleksibilitas, serta keberlanjutan karena merupakan bahan yang dapat diperbarui. Dalam komposit, serat kelapa berfungsi untuk mengurangi konduktivitas termal dan menambah kekuatan mekanik, serta memberikan kontribusi terhadap pengurangan berat total material. Keberadaan serat kelapa dalam matriks komposit membantu menciptakan material yang tidak hanya ringan tetapi juga cukup kuat untuk berbagai aplikasi teknik (Wijaya & Hidayat, 2022).

Tempurung kelapa, sebagai salah satu limbah pertanian yang sering tidak dimanfaatkan secara optimal, memiliki potensi besar dalam pembuatan komposit. Tempurung kelapa memiliki struktur yang keras dan padat, yang membuatnya

bermanfaat sebagai bahan pengisi atau penguat dalam komposit. Struktur berpori tempurung kelapa juga dapat berkontribusi pada pengurangan konduktivitas termal, mirip dengan serat kelapa, namun dengan peningkatan kekuatan struktural. Penggunaan tempurung kelapa dalam komposit tidak hanya mendukung pengelolaan limbah tetapi juga menambah nilai tambah pada bahan yang sebelumnya dianggap sebagai limbah (Dodi, 2020).

Kombinasi dari alumina, serat kelapa, dan tempurung kelapa dalam material komposit menawarkan potensi untuk mengembangkan material dengan keseimbangan antara kekuatan mekanik, konduktivitas termal, dan keberlanjutan. Material ini dapat dioptimalkan untuk aplikasi teknologi material yang memerlukan kombinasi dari sifat-sifat tersebut, seperti dalam pembuatan komponen mesin, material konstruksi, atau sistem manajemen panas. Dengan menggunakan alumina, yang memberikan kekuatan dan ketahanan, serta serat kelapa dan tempurung kelapa, yang menawarkan isolasi termal dan pengurangan berat, diharapkan dapat tercipta komposit yang tidak hanya efisien tetapi juga ramah lingkungan (Perdana et al., 2023).

Namun, meskipun potensi penggunaan kombinasi bahan-bahan ini dalam komposit sudah dikenal, data empiris mengenai interaksi antara alumina, serat kelapa, dan tempurung kelapa masih sangat terbatas. Penelitian mengenai karakterisasi komposit yang menggabungkan ketiga bahan ini penting untuk memahami bagaimana variasi proporsi masing-masing komponen mempengaruhi sifat-sifat termal dan mekanik material secara keseluruhan. Dengan memahami karakteristik dan interaksi antara alumina, serat kelapa, dan tempurung kelapa, dapat ditemukan formulasi komposit yang optimal untuk berbagai aplikasi teknik.

METODE

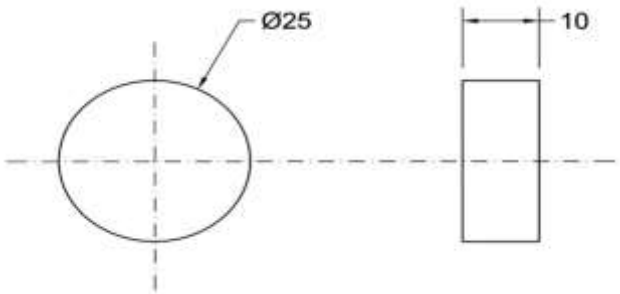
Metode Penelitian yang digunakan adalah metode experimental dengan memanfaatkan arang tempurung kelapa mencampurnya dengan material resin epoxy untuk membentuk material komposit benrbentuk silinder. Selanjutnya diadakan

pengujian Porositas, nilai kekerasan, kadar air. Adapun komposisinya dapat dilihat pada table 1 dibawah ini.

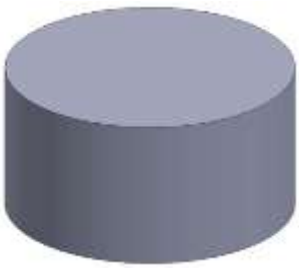
Tabel 1. Komposisi Serbuk Alumina, Serat Kelapa, Dan Tempurung Kelapa

Sampel	Arang Tempurung Kelapa (gram)	Serbuk Alumina (gram)	Serat Kelapa (gram)
TKA 1	60	20	20
TKA 2	50	30	20
TKA 3	40	40	20
TKA 4	30	50	20
TKA 5	20	60	20

Skema bahan penelitian



Gambar 1. Skema Ukuran bahan



Gambar 2. Bentuk bahan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses analisis data mencakup dua aspek, yaitu pengumpulan data penelitian dan pengolahan data tersebut. Data yang dihasilkan dari eksperimen selanjutnya diproses menggunakan rumus tertentu, yang bertujuan untuk memfasilitasi analisis dan memungkinkan penarikan kesimpulan yang tepat.



Gambar 3. Spesimen Hasil Penelitian

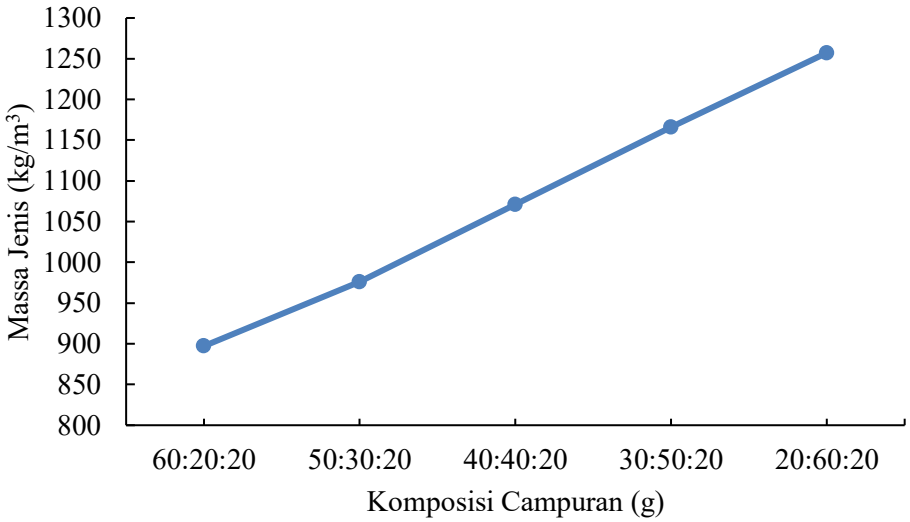
Pembahasan

Massa Jenis Material

Pada gambar 4 grafik menunjukkan hubungan antara variasi komposisi campuran dan massa jenis material. Dalam penelitian ini, material yang dianalisis terdiri dari serbuk arang tempurung kelapa, serbuk alumina, dan serat kelapa. Grafik yang disajikan menunjukkan bahwa pada campuran dengan rasio TKA 1, massa jenis tercatat sebesar 897,22 kg/m^3. Ketika proporsi serbuk alumina ditingkatkan dalam campuran TKA 2, massa jenis meningkat menjadi 976,31 kg/m^3. Selanjutnya, pada campuran TKA 3, nilai massa jenis tercatat sebesar 1071,29 kg/m^3. Peningkatan ini berlanjut pada campuran TKA 4, di mana massa jenis mencapai 1165,86 kg/m^3. Akhirnya, pada campuran TKA 5, nilai massa jenis mencapai 1257,17 kg/m^3.

Dari analisis ini, dapat diketahui bahwa nilai massa jenis tertinggi ditemukan pada variasi campuran TKA 5 dengan nilai 1257,17 kg/m^3, sedangkan nilai terendah tercatat pada campuran TKA 1 dengan nilai 897,22 kg/m^3. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan proporsi serbuk alumina dalam campuran berbanding lurus dengan peningkatan nilai massa jenis. Dengan demikian, hubungan antara variasi

campuran dan massa jenis material menunjukkan pola yang konsisten dengan peningkatan konsentrasi serbuk alumina dalam campuran.



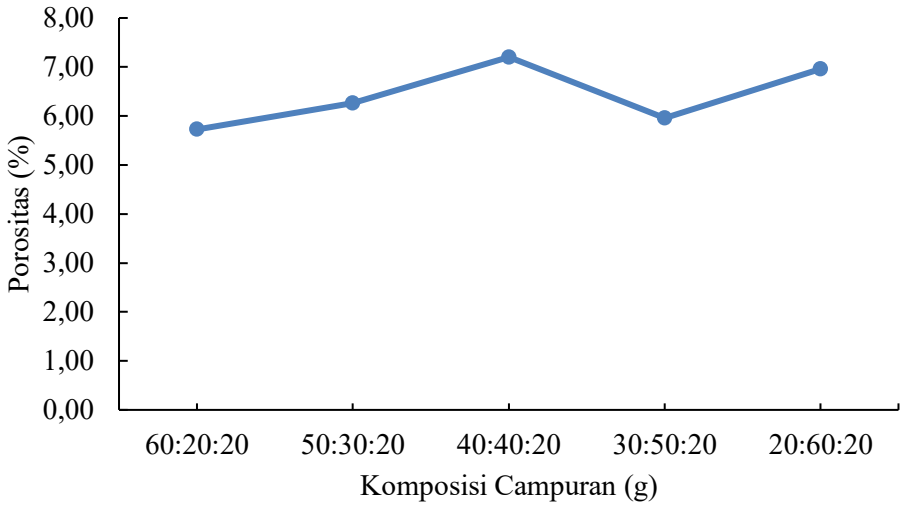
Gambar 4. Grafik Hubungan Komposisi Campuran Terhadap Massa Jenis Material

Porositas Material

Pada gambar 5 grafik memperlihatkan hubungan antara porositas dan variasi komposisi material. Dalam penelitian ini, material yang digunakan terdiri dari serbuk arang tempurung kelapa, serbuk alumina, dan serat kelapa. Grafik yang disajikan menunjukkan bahwa pada campuran dengan rasio TKA 1, nilai porositas tercatat sebesar 5,72%. Pada campuran TKA 2, nilai porositas sedikit lebih rendah, yaitu 6,26%. Selanjutnya, campuran dengan rasio TKA 3 menunjukkan nilai porositas sebesar 7,20%. Campuran TKA 4 memiliki nilai porositas 5,96%, sedangkan campuran TKA 5 mencatat nilai porositas sebesar 6,96%.

Dari analisis ini, dapat diketahui bahwa nilai porositas tertinggi ditemukan pada campuran TKA 3 dengan nilai 7,20%, sedangkan nilai terendah tercatat pada campuran TKA 1 dengan nilai 5,72%. Temuan ini menunjukkan bahwa komposisi

material yang digunakan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap porositas suatu material.



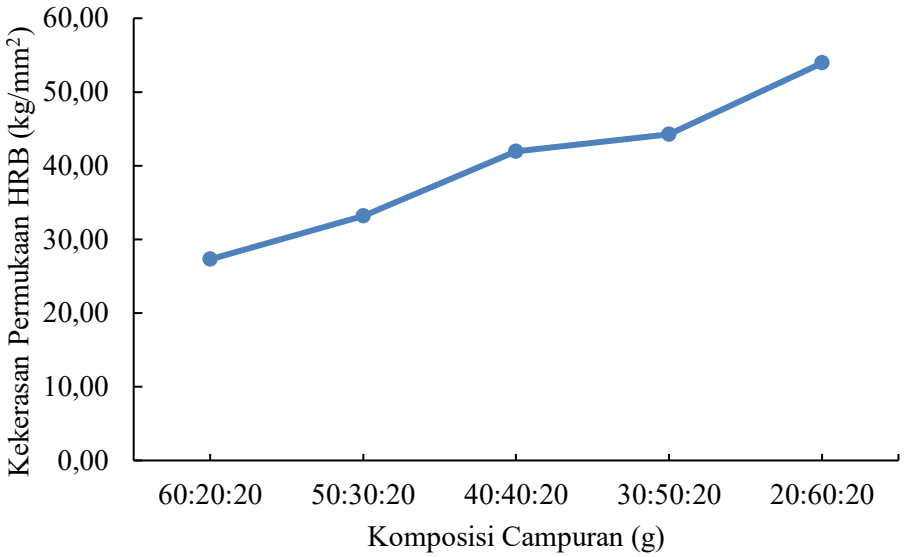
Gambar 5.Grafik hubungan antara porositas material dengan komposisi campuran

Kekerasan Permukaan Material

Pada gambar 6 grafik menunjukkan hubungan antara kekerasan permukaan dan variasi komposisi material. Dalam penelitian ini, material yang dianalisis terdiri dari serbuk arang tempurung kelapa, serbuk alumina, dan serat kelapa. Dari grafik yang ditampilkan, terlihat bahwa pada campuran dengan rasio TKA 1, kekerasan permukaan tercatat sebesar 27,288 kg/mm^2. Ketika proporsi serbuk alumina ditingkatkan dalam campuran TKA 2, nilai kekerasan permukaan meningkat menjadi 33,150 kg/mm^2. Selanjutnya, pada campuran TKA 3, nilai kekerasan permukaan tercatat sebesar 41,958 kg/mm^2. Peningkatan ini berlanjut pada campuran TKA 4, di mana nilai kekerasan permukaan mencapai 44,270 kg/mm^2. Akhirnya, pada campuran TKA 5, nilai kekerasan permukaan mencapai 53,918 kg/mm^2.

Dari analisis ini, dapat diketahui bahwa nilai kekerasan permukaan tertinggi ditemukan pada campuran TKA 5 dengan nilai 53,918 kg/mm^2, sedangkan nilai

terendah tercatat pada campuran TKA 1 dengan nilai 27,288 kg/mm^2. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan proporsi serbuk alumina dalam campuran berbanding lurus dengan peningkatan nilai kekerasan permukaan. Dengan demikian, hubungan antara variasi campuran dan kekerasan permukaan material menunjukkan pola yang konsisten dengan peningkatan konsentrasi alumina dalam campuran.



Gambar 6. Grafik Hubungan kekerasan permukaan material dan komposisi campuran

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai massa jenis campuran tertinggi diperoleh pada material alumina maksimum, yaitu pada komposisi kelima (TKA 5) dengan nilai massa jenis sebesar 1.257,17 kg/m^3, sedangkan nilai massa jenis terendah terdapat pada komposisi pertama (TKA 1), yaitu sebesar 897,22 kg/m^3. Selanjutnya, nilai porositas terendah terdapat pada komposisi pertama (TKA 1) yang menggunakan campuran arang tempurung kelapa, alumina, dan serat kelapa dengan nilai sebesar 5,72%, sedangkan nilai porositas tertinggi diperoleh pada komposisi ketiga (TKA 3), yaitu sebesar 7,20%. Sementara itu, nilai kekerasan permukaan campuran tertinggi terdapat pada material alumina

maksimum, yaitu pada komposisi kelima (TKA 5) dengan nilai sebesar 53,918 kg/mm², sedangkan nilai kekerasan permukaan terendah diperoleh pada komposisi pertama (TKA 1), yaitu sebesar 27,288 kg/mm². Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan komposisi alumina pada campuran cenderung meningkatkan massa jenis dan kekerasan permukaan material, sedangkan karakteristik porositas menunjukkan variasi yang berbeda pada setiap komposisi campuran.

DAFTAR PUSTAKA

A. Mafaza Kanzul Fikri, Nuriman, N., & Yushardi, Y. (2022). Pengaruh Suhu dan Lama Waktu Roasting terhadap Massa Jenis Biji Kopi Robusta Menggunakan Mesin Roasting Tipe Hot Air. Jurnal Pendidikan Mipa, 12(2), 249–254. https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.601

Ahmad, J., Aslam, F., Martinez-Garcia, R., Ouni, M. H. El, & Khedher, K. M. (2021). Performance of sustainable self-compacting fiber reinforced concrete with substitution of marble waste (MW) and coconut fibers (CFs). Scientific Reports, 11(1). https://doi.org/10.1038/s41598-021-01931-x

Anggreni, Y., Rusdy, A., Ary Wahyudie, I., & Oktriadi, Y. (2023). Pembuatan Komposit AMC Hybrid Baggase Ash dan Alumina Metode Metalurgi Serbuk. Dinamika: Teknik Mesin Unkhair, 8(2), 65–74.

Cao, J., Fu, Y., Wang, T., Dai, Z., & Xu, H. (2025). Composite vortex air laser. Communications Physics, 1–6. https://doi.org/10.1038/s42005-025-01997-3

Cao, Q., Kang, S., Lu, C., Sun, D., Li, J., Chen, H., & Li, X. (2025). Properties and corrosion resistance mechanism of a self-healing octadecyl amine loaded ethyl cellulose microcapsule coatings loaded with epoxy resin. Scientific reports, 15(1), 1386. https://doi.org/10.1038/s41598-025-85282-x

Cheng, R., Wang, Q., Wang, Z., Jing, L., Garcia-Caraveo, A. V., Li, Z., Zhong, Y., Liu, X., Luo, X., Huang, T., Yun, H. S., Salihoglu, H., Russell, L., Kazem, N., Chen, T., & Shen, S. (2025). Liquid-infused nanostructured composite as a high-performance thermal interface material for effective cooling. Nature communications, 16(1), 794. https://doi.org/10.1038/s41467-025-56163-8

Daramola, O. O., Akinwande, A. A., Adediran, A. A., Balogun, O. A., Olajide, J. L., Adedoyin, K. J., Adewuyi, B. O., & Jen, T. C. (2023). Optimization of the mechanical properties of polyester/coconut shell ash (CSA) composite for light-weight engineering applications. Scientific Reports, 13(1), 1–16. https://doi.org/10.1038/s41598-022-26632-x

DODI, Y. (2020). Analisis Campuran Serbuk Arang Karbon Tempurung Kelapa Pada Variasi Komposisi Tanah Liat Terhadap Konduktivitas dan Laju Perpindahan Kalor.

Kiran, G. U., Nakkeeran, G., Roy, D., Shinde, S. N., & Alaneme, G. U. (2024). Enhancing the mechanical properties' performances coconut fiber and CDW composite in paver block: multiple AI techniques with a Performance analysis. Scientific Reports, 14(1), 1–22. https://doi.org/10.1038/s41598-024-83394-4

Lee, W. T., van Muyden, A., Bobbink, F. D., Mensi, M. D., Carullo, J. R., & Dyson, P. J. (2022). Mechanistic classification and benchmarking of polyolefin depolymerization over silica-alumina-based catalysts. Nature Communications, 13(1), 1–13. https://doi.org/10.1038/s41467-022-32563-y

Lu, H., Wilson, B., Zhang, H., Woruba, S. B., Feng, B., Johnson, A. C., Komolong, B., Kuniata, L., Yang, G., & Gurr, G. M. (2024). Detection and identification of Bogia coconut syndrome phytoplasma from seed-associated tissues and seedlings of coconut (Cocos nucifera) and betel nut (Areca catechu). Scientific Reports, 14(1), 1–9. https://doi.org/10.1038/s41598-024-61916-4

Ma, X., Luo, S., Hua, Y., Seetharaman, S., Zhu, X., Hou, J., Zhang, L., Wang, W., & Sun, Y. (2024). An alumina phase induced composite transition shuttle to stabilize carbon capture cycles. Nature Communications, 15(1), 1–11. https://doi.org/10.1038/s41467-024-52016-y

Martinelli, F. R. B., Pariz, M. G., de Andrade, R., Ferreira, S. R., Marques, F. A., Monteiro, S. N., & de Azevedo, A. R. G. (2024). Influence of drying temperature on coconut-fibers. Scientific Reports, 14(1), 1–14. https://doi.org/10.1038/s41598-024-56596-z

Perdana, M., Putra, M. E., Akmal, Putra, H., Ikram, M. Al, & Meidianda, A. (2023). Karakteristik Komposit Cangkang Kelapa Sawit / Alumina / Epoksi sebagai Material Kampas Rem Sepeda Motor Characteristics of Palm Kernel Shell / Alumina / Epoxy Composites as Motorcycle Brake Pad Material. Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang, 13(1), 13–18.

Petrus, S., Sutjipto, Pintubatu, S., & Kunci, K. (2020). Perancangan Alat Stir Casting untuk Proses Pembuatan Komposit Matriks Aluminium dengan Saluran Penuangan. Prosiding, 26–27.

Suryana, D. R. H., Hendarmawan, H., & Yan Waliyana, T. (2022). Pemodelan Karakteristik Aliran Airtanah Sistem Porous dengan Uji Permeabilitas, Porositas dan Kompresibilitas Batuan pada Fasies Gunungapi Gede-Pangrango Bagian Tenggara. Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral, 23(1), 35–51. https://doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v23i1.563

Trianah, Y. (2022). Pengaruh Penambahan Serabut (Fiber) Kelapa Sawit Terhadap Porositas Beton. Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc), 3(2), 28–37. https://doi.org/10.51988/jtsc.v3i2.49

Utsumi, Y., Oishi, M., Yonekura, K., Ikeda, M., Matsuki, Y., Ohge, K., Iuchi, T., & Hosaka, K. (2025). Effects of mixing of europium oxide in resin composites on the fl uorescence characteristics and mechanical properties. BDJ Open, September 2024, 1–7. https://doi.org/10.1038/s41405-025-00304-0

Wijaya, D., & Hidayat, S. (2022). Pengaruh fraksi volume serat pada komposit hibrid serat tebu dan serat sabut kelapa terhadap kekuatan tarik. Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung, 78–83.

Zaid, O., Ahmad, J., Siddique, M. S., Aslam, F., Alabduljabbar, H., & Khedher, K. M. (2021). A step towards sustainable glass fiber reinforced concrete utilizing silica fume and waste coconut shell aggregate. Scientific Reports, 11(1), 1–14. https://doi.org/10.1038/s41598-021-92228-6

Zhuo, H., Dong, X., Liu, Q., Hong, L., Zhang, Z., Long, S., & Zhai, W. (2025). Bamboo-inspired ultra-strong nanofiber-reinforced composite hydrogels. Nature communications, 16(1), 980. https://doi.org/10.1038/s41467-025-56340-9