



PIDATO PENGUKUHAN GURU BESAR

Prof. Dr. Ir. Bakri, ST., M.Phil.

**“REKAYASA KOMPOSIT POLIMER
BERPENGUAT SERAT ALAM:
INOVASI MATERIAL
BERKELANJUTAN”**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TADULAKO
JANUARI 2026**



**REKAYASA KOMPOSIT POLIMER BERPENGUAT SERAT ALAM: INOVASI
MATERIAL BERKELANJUTAN**

**Pidato Pengukuhan Guru Besar
Dalam bidang : Rekayasa Material
Pada Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Tadulako**

PROF. Dr. Ir. BAKRI, ST., M.PHIL

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh, Selamat Pagi dan Salam Sejahtera untuk kita semua.

Yang saya hormati,

- Rektor dan Para Wakil Rektor Universitas Tadulako
- Ketua, Sekretaris dan Seluruh Anggota Senat Universitas Tadulako
- Ketua, Sekretaris dan Seluruh Anggota Dewan Guru Besar Universitas Tadulako
- Para Dekan, Direktur Pascasarjana, dan Kepala Lembaga di lingkungan Universitas Tadulako
- Para Kepala Biro di lingkungan Universitas Tadulako
- Para Wakil Dekan, Wakil Direktur Pascasarjana dan Sekretaris Lembaga di lingkungan Universitas Tadulako
- Para Ketua dan Sekretaris Jurusan, Koordinator Program Studi di lingkungan Universitas Tadulako
- Seluruh sivitas akademika (dosen, Tendik dan mahasiswa) di lingkungan Universitas Tadulako
- Para tamu undangan, sanak keluarga, handai taulan dan hadirin yang berbahagia.

Puji dan syukur ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala Tuhan Yang Maha Kuasa, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga kita diberi kesempatan untuk mengikuti acara Pengukuhan Guru Besar hari ini. Izinkan saya menyampaikan pidato pengukuhan Guru Besar saya dengan judul **“Rekayasa Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam: Inovasi Material Berkelanjutan”**.

Judul ini merepresentasikan perjalanan akademik dan riset yang saya tekuni selama lebih dari satu dekade, yang berfokus pada **pengembangan serat alam sebagai penguat komposit polimer**, mulai dari kajian fundamental hingga aplikasi rekayasa.

Rektor, Ketua Senat dan Para Hadirin yang saya hormati

Perkembangan teknologi material dewasa ini bergerak ke arah material ringan, kuat, dan ramah lingkungan. Salah satu material yang banyak mendapat perhatian adalah komposit polimer berpenguat serat alam (*natural fiber reinforced polymer composites*). Material komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih material berbeda fase yang menghasilkan material baru yang memiliki sifat yang berbeda dari material penyusunnya. Komposit tersusun dari fase penguat dan fase pengikat (matrik). Fase matrik pada komposit berfungsi sebagai pengikat dan

pelindung dari fase penguat dan juga berfungsi untuk mentransfer tegangan yang diterima ke fase penguat.

Industri otomotif, konstruksi, maritim, hingga pertahanan membutuhkan material yang tidak hanya kuat dan ringan, tetapi juga ramah lingkungan serta berkelanjutan. Selama beberapa dekade, material sintetis seperti serat kaca dan serat karbon mendominasi pasar komposit. Namun, biaya produksi yang tinggi, keterbatasan sumber daya, serta dampak lingkungan yang ditimbulkan mendorong para peneliti untuk mencari material komposit alternatif baru (Karthik et al., 2024).

Rektor, Ketua Senat dan Para Hadirin yang saya hormati

Serat alam seperti serat sabut kelapa, serat rotan, rami dll sebagai alternatif penguat komposit memiliki keunggulan dibanding dengan serat sintetik yaitu ketersediaannya yang melimpah, sifat mekanis yang baik, lebih ringan, mudah terdegradasi di alam dan ramah lingkungan (Joshi et al., (2004), Li et al., (2008), Bakri and Eichhorn, (2010), Sun et al., (2023)). Namun, serat alam memiliki permasalahan dalam proses produksinya antara lain bentuk seratnya yang tidak seragam sepanjang serat, bersifat hidrofilik yang dipengaruhi oleh kelembaban udara, keterbatasan suhu pemrosesan, kelemahan ikatan antar muka (*interfacial bonding*) antara serat alam dan matriks polimer yang bersifat hidrofobik, dan variasi kondisi pertumbuhan dan budidaya serat (Kamarudin et al., (2022), Saha et al., (2025)).

Salah satu fokus riset penulis adalah pemanfaatan serat sabut kelapa sebagai penguat komposit yang memiliki potensi besar karena ketersediaannya yang melimpah di Indonesia, sifat mekanis yang baik (Bakri and Eichhorn, (2010), Bakri et al., (2018)), ketahanan terhadap kelembaban, sifat termal yang stabil, dan kemampuan menyerap suara (Silva et al., (2019), Mahmud, et al., (2023)). Namun memiliki kekurangan seperti yang dijelaskan di atas.

Untuk mengatasi kekurangan tersebut, maka dilakukan modifikasi kimia dan fisik serat seperti: *alkaline treatment* (NaOH dan NaHCO₃ treatment) (Bakri et al., 2019a) untuk menghilangkan lignin dan hemiselulosa, silane treatment untuk meningkatkan ikatan antarmuka, acetylation dan maleation untuk mengurangi sifat hidrofilik dan perlakuan fisis seperti microwave (M. K. Singh et al., 2020), plasma kering dan plasma cairan (Putra et al., 2020)

Di samping itu, penelitian terkini juga mengarah pada penggunaan teknologi hibridisasi, yaitu mengombinasikan serat alam dengan serat sintetis atau nanofiller guna meningkatkan sifat mekanik, termal, dan ketahanan lingkungan.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dalam meningkatkan performa komposit polimer dengan menggunakan serat sabut kelapa sebagai penguatnya yaitu perlakuan permukaan serat dengan menggunakan NaOH. Perlakuan NaOH dapat meningkatkan kekuatan komposit serat sabut kelapa yang dilakukan oleh Nam et al., (2011) bahwa perlakuan alkali - 5%NaOH dengan variasi waktu dapat meningkatkan kekuatan tarik serat dan juga meningkatkan kekuatan ikatan *interface* serat-matrik sehingga dapat memperbaiki kekuatan komposit. Namun, penelitian yang dilakukan Renreng et al., (2021) terjadi penurunan kekuatan komposit serat sabut kelapa setelah perlakuan NaOH dengan matrik epoksi tetapi meningkat setelah dipadukan dengan perlakuan *microwave* dan dengan matrik poliester (Bakri et al., 2019). Selanjutnya, penggunaan NaHCO_3 sebagai perlakuan serat yang merupakan perlakuan yang ramah lingkungan telah meningkatkan kekuatan geser komposit polimer yang diperkuat serat sabut kelapa (Bakri et al., 2019b). Lebih lanjut, secara fisis, perlakuan serat sabut kelapa dengan menggunakan perlakuan plasma dalam cairan (plasma in liquid) dapat meningkatkan ikatan *interface* serat dengan matrik epoksi (Putra et al., 2020). Perlakuan plasma kering (dry-plasma) pada serat sabut kelapa dapat mengubah sifat permukaan serat sehingga meningkatkan ikatan *interface* serat-matrik (Praveen et al., (2016), de Farias et al., (2017)). Pada dasarnya, peningkatan kekuatan komposit terjadi karena ikatan kimia yang lebih kuat dan ikatan mekanis *interlocking* yang lebih baik.

Rektor, Ketua Senat dan Para Hadirin yang saya hormati

Metode hibridisasi serat sebagai penguat komposit polimer juga telah dilakukan untuk meningkatkan performa komposit. Bakri et al., (2015b) telah meneliti hibridisasi serat sabut kelapa dan serat kaca sebagai penguat komposit polimer menunjukkan peningkatan kekuatan tarik dan bending komposit. Serat sabut kelapa yang di hibrid dengan serat kaca dapat meningkatkan karakteristik komposit polimer sehingga serat alam ini berpotensi sebagai penguat komposit hibrid penahan beban multifungsi (Mahmud et al., (2023), Chandel et al., (2025)) juga mengombinasikan serat sabut kelapa dan serat gelas sebagai penguat komposit epoksi yang menunjukkan perbaikan kekuatan tarik dan kekuatan bending dibanding dengan komposit serat gelas atau serat sabut kelapa. Begitu

pula dengan hibridisasi serat sabut kelapa dan serat agave dapat juga meningkatkan kekuatan tarik komposit (Bakri et al., 2017).

Dalam pengembangan komposit polimer yang berpenguat serat alam, metode pembuatan/pencetakan sangat penting. Beberapa metode pembuatan komposit polimer yang diperkuat serat alam yang telah dikembangkan seperti *compression molding* dan *hand lay-up*, pultrusion, autoclave, curing inframerah, dan curing gelombang mikro (Saha et al., 2025). Namun, *compression molding* banyak digunakan karena sederhana dan lebih ekonomis. Beberapa penelitian komposit polimer berpenguat serat sabut kelapa dengan metode *compression molding* yang dilakukan oleh Bakri et al., (2015b), metode autoclave/vakum (Singh et al., 2020), metode hand lay-up (Kumar et al., (2021), Akhyar et al., (2024)), *curing* gelombang mikro (microwave) (M. K. Singh et al., 2020).

Perkembangan teknologi ekstrusi dan 3D printing telah membawa revolusi dalam pembuatan komposit polimer yang berpenguat serat alam. Filamen berbasis *polylactic acid* (PLA) yang diperkuat serat sabut kelapa telah diteliti oleh Bright et al.,(2024) menunjukkan sifat mekanik yang meningkat pada penambahan 0,1% serat sabut kelapa tapi menurun pada saat 0,5% serat dan komposit yang dihasilkan juga memiliki stabilitas termal yang baik dan berpotensi diaplikasikan untuk kemasan makanan dan medis. Lebih lanjut, penulis telah meneliti terkait biokomposit PLA/serat sabut kelapa dengan variasi fraksi berat serat menunjukkan PLA murni memiliki kekuatan tarik filamen dan hasil cetakan printer 3D lebih tinggi dibanding dengan biokomposit PLA/serat sabut kelapa. Namun, densitas biokomposit lebih kecil dari pada PLA murni sehingga berpotensi untuk aplikasi akustik dan komponen interior otomotif.

Rektor, Ketua Senat dan Para Hadirin yang saya hormati

Berbagai inovasi aplikasi komposit berbasis serat alam telah banyak dimanfaatkan baik pada skala domestik maupun industri, mencakup sektor otomotif, konstruksi, pertahanan hingga energi terbarukan. Kebutuhan terhadap material ini terus mengalami peningkatan sejalan dengan tuntutan akan material yang ringan, ramah lingkungan, dan berorientasi pada keberlanjutan. Sektor otomotif contohnya merupakan salah satu pengguna utama komposit polimer berpenguat serat alam, khususnya pada aplikasi interior kendaraan, panel, serta komponen non-struktural (Saha et al., 2025). Di samping itu, perkembangan teknologi pencetakan tiga dimensi (3D printing) turut membuka peluang baru dalam pengembangan material berkelanjutan.

Beberapa penelitian penulis terkait aplikasi komposit polimer yang berpenguat serat alam untuk panel anti peluru yaitu komposit serat sabut kelapa (Bakri et al., 2023) dan (Bakri et al., 2024) dan komposit serat rotan (Bakri and Fadly, 2026) dan yang berkaitan dengan aplikasi baling-baling kincir angin dari komposit serat sabut kelapa (Bakri et al., 2015a).

Aplikasi papan serat sabut kelapa sebagai alternatif pengganti kayu (van Dam et al., 2004), interior kendaraan (Ayrilmis et al., 2011), bantalan kursi berbahan serat sabut kelapa untuk mobil Mercedes Benz (Das et al., 2025) dan aplikasi panel akustik (Parikh et al., (2025), Bravo-Moncayo et al., (2025)).

Rektor, Ketua Senat dan Para Hadirin yang saya hormati

Beberapa tantangan utama dalam penerapan komposit polimer yang diperkuat serat alam meskipun memiliki aplikasi yang luas dan terus berkembang adalah **variabilitas dan ketidakseragaman sifat serat** dalam sifat fisik dan mekanisnya karena faktor pertumbuhan dan pemrosesannya; **penyerapan kelembaban** di mana serat alam yang bersifat hidrofilik dan menyerap kelembaban dengan cepat yang menyebabkan pembengkakan serat, ketidakstabilan dimensi dan akhirnya menimbulkan degradasi pada komposit; **inkompatibilitas** serat alam yang bersifat hidrofilik dan matrik/polimer bersifat hidrofobik yang menyebabkan ikatan antar muka serat-matrik rendah dibanding serat sintetik; **permasalahan proses manufaktur** yang dipengaruhi oleh distribusi serat dan kelembaban serat; **keterbatasan daya tahan** (durability), performa komposit menurun seiring dengan waktu di bawah kondisi lingkungan yang berbeda; **sifat mekanik yang lebih rendah** dibanding dengan penguat serat sintetik; keterbatasan stabilitas termal sehingga terbatas penggunaan pada aplikasi suhu tinggi; **kelayakan ekonomi** terkait dengan biaya pemrosesan/produksi dan ketersediaan pasokan serat alam berkualitas yang berkelanjutan (Das et al., (2025), Puttegowda, (2025)).

Peluang masa depan komposit polimer berpenguat serat alam memiliki prospek yang sangat menjanjikan, sepanjang berbagai keterbatasan yang masih ada dapat diatasi dan karakteristik materialnya terus ditingkatkan melalui penelitian dan pengembangan inovasi yang berkelanjutan. Beberapa peluang pengembangan yang dapat dilakukan adalah: **inovasi dalam perlakuan/modifikasi permukaan serat** dengan metode kimia, fisis dan biologis; **penerapan konsep hibridisasi** serat alam dengan serat sintesis sebagai penguat komposit polimer; **pengembangan manufaktur lanjut** dalam meningkatkan ketahanan dan

memperpanjang umur penggunaan komposit serat alam; **peningkatan ketahanan terhadap lingkungan** dengan ketahanan terhadap kelembaban, ultraviolet, degradasi mikrobiologis dengan metode perlakuan permukaan serat dan metode coating dan aditif; **pengintegrasian nanomaterial**, seperti nanoselulosa, *nanoclay* dan *graphene oxide*, dengan serat alam sebagai penguat komposit polimer yang dapat meningkatkan kinerja komposit terhadap pengaruh lingkungan; **pengembangan polimer sebagai matrik komposit termasuk polimer alami**; **pengembangan kajian *aging* (penuaan)** pada komposit polimer berpenguat serat alam tidak hanya dalam skala laboratorium, tetapi melakukan uji *aging* sesuai kondisi lapangan (kehidupan nyata) untuk memahami kondisi layanan aktual dan memprediksi masa pakai produk; **penelitian ekstensif dengan penggunaan kecerdasan buatan (AI) dan Machine Learning (ML)** dalam memodelkan dan memprediksi performa komposit polimer berpenguat serat alam.; **Analisis *Life Cycle Assessment* (LCA) dan *Life Cycle Cost* (LCC)** yang ekstensif dan tepat diperlukan untuk produk komposit polimer berpenguat serat alam terhadap masa penggunaannya untuk berbagai aplikasi (Das et al., 2025),(Puttegowda, 2025).

Pendekatan pengembangan ke depan yang juga menjanjikan adalah pengembangan filamen dan produk cetak 3D berbasis komposit serat alam yang tidak hanya mampu meningkatkan kinerja material, tetapi juga memperkuat aspek keberlanjutan. Hal ini berpotensi mendorong pemanfaatan komposit serat alam berbasis 3D printing secara lebih luas di berbagai sektor industri, termasuk panel akustik, otomotif ringan, dan produk rekayasa berkelanjutan.

Sebagai kesimpulan dalam orasi ilmiah ini adalah komposit polimer berpenguat serat alam, khususnya serat sabut kelapa, merupakan material strategis yang berpotensi besar dalam mendukung pengembangan material ringan, kuat, dan berkelanjutan, seiring meningkatnya tuntutan industri terhadap solusi ramah lingkungan. Meskipun pemanfaatannya masih menghadapi berbagai tantangan, seperti variabilitas sifat serat, sifat hidrofilik, keterbatasan stabilitas termal, dan lemahnya ikatan antarmuka serat-matriks, berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan rekayasa material melalui modifikasi kimia dan fisis serat, hibridisasi, pengembangan metode manufaktur lanjut, serta pemanfaatan teknologi ekstrusi dan pencetakan tiga dimensi mampu meningkatkan kinerja dan memperluas aplikasi komposit serat alam, termasuk pada panel akustik, interior otomotif, dan produk rekayasa berkelanjutan, sehingga menegaskan perannya sebagai pilar penting inovasi material masa depan yang berdaya saing dan berwawasan lingkungan.

Rektor, Ketua Senat dan Para Hadirin yang saya hormati

Untuk mengakhiri pidato saya, izinkan saya menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Rektor Universitas Tadulako Bapak Prof. Dr. Ir. Amar, ST., MT., IPU, ASEAN Eng. dan Bapak/Ibu Wakil Rektor yang telah banyak membantu dan mendukung proses pengusulan Guru Besar.
2. Ketua Senat Universitas Tadulako Bapak Prof. Dr. H. Djayani Nurdin, S.E., M.Si dan Sekretaris Senat Universitas Tadulako Bapak Ir. Muhammad Iqbal ST. MT dan seluruh anggota Senat Universitas Tadulako,
3. Ketua Dewan Guru Besar Bapak Prof. Dr. Ir. Fathurrahman, MP. dan Sekretaris Dewan Guru Besar Bapak Prof. Dr. Jusman Mansyur, M.Si serta seluruh anggota Dewan Guru Besar.
4. Para Dekan, Direktur Pascasarjana, Para Kepala Biro dan Para Wakil Dekan dan Wakil Direktur Pascasarjana.
5. Dekan Fakultas Teknik Bapak Ir. Andi Arham Adam, ST., M.Sc(Eng), PhD, Wakil Dekan Fakultas Teknik, Ketua dan Sekretaris serta Anggota Senat Fakultas Teknik, Ketua dan Sekretaris Jurusan, Kordinator Program Studi dan seluruh dosen di lingkungan Fakultas Teknik yang telah membantu dan mendukung proses pengajuan Guru besar.
6. Kabag Umum beserta bapak/ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik dan Tim Kemahasiswaan Fakultas Teknik yang telah banyak membantu kegiatan-kegiatan selama di Fakultas dan membantu dalam proses pengurusan kenaikan jabatan Guru Besar saya.
7. Kolega di Jurusan Teknik Mesin, Ketua Jurusan Teknik Mesin Bapak Dr. Ir. Khairil Anwar, ST., MT, Koordinator Prodi S1 Teknik Mesin dan D4 Teknologi Rekayasa Manufaktur, Bapak/Ibu Dosen, PLP Laboratorium, Tenaga Kependidikan yang banyak mendoakan, membantu serta mendukung seputar kegiatan tridarma Perguruan Tinggi sehingga saya bisa mencapai jabatan Guru Besar dan tak lupa saya haturkan banyak terima kasih kepada tim riset kami Dr. Ir. Sri Chandrabakty, ST., M.Eng., dan Ir. Muhammad Syaiful Fadly, ST., MT dan seluruh mahasiswa bimbingan TA.
8. Para dosen saya sewaktu menempuh S1, S2 dan S3. Terkhusus kepada Pembimbing S1 saya Bapak Prof. Dr. Ir. Hammada Abbas, MSME dan Ir. Abdullah Mappaita, MSME. Pembimbing S2 saya Prof. Dr. Stephen J. Eichhorn, Pembimbing S3 saya Prof. Dr. Eng. Andi Erwin Eka Putra, ST., MT., Prof. Dr. Ir. Ilyas Renreng, MT., dan Dr. Hairul Arsyad, ST., MT.
9. Guru-guru saya di SD Negeri Dewi Cabenge, SMP Negeri Cabenge dan SMA Negeri Cangadi Kabupaten Soppeng.
10. Teman-teman Alumni SMP Negeri Cabenge, SMA Negeri Cangadi dan S1 Teknik Mesin Unhas.

Rektor, Ketua Senat dan Para Hadirin yang saya hormati

Pada kesempatan ini, perkenankan saya menyampaikan secara khusus ucapan terima kasih dan rasa cinta yang mendalam kepada:

1. Kedua orang tua saya almarhum ayah saya Jalelu dan Almarhumah ibu saya Taupe yang telah mengasuh dan membesarkan saya dengan penuh kasih sayang. Kedua orang tua saya senantiasa menasehati tentang pentingnya nilai kejujuran dan menuntut ilmu.
2. Kepada almarhum ayah mertua saya H. Nadjemuddin dan almarhumah ibu mertua saya Hj. Cahya.
3. Istriku tercinta Hajar yang senantiasa tulus dan sabar dalam mendampingi saya dikala sibuk dan mengalami kendala-kendala yang saya hadapi.
4. Kakak dan adik saya: Drs. Kaseng, Hannasi, SPd, H. Senong, H. Mursalim, Ibrahim (Almarhum), Hj. Baheria (Almarhumah) dan Baderia yang telah mendukung saya saat proses menempuh pendidikan.
5. Kakak dan adik ipar saya : Iksan, Irwan, Abd Razak, SP. M.Si, Yakub, S.ST.Pi., Sopry, SP (Almarhum) atas doanya.
6. Keluarga H. Mekkah (almarhum) dan Keluarga H. Hemmu (almarhum) dan seluruh keluarga yang tidak bisa saya sebut namanya satu persatu atas doa dan dukungannya.
7. Semua pihak yang telah memberikan dukungan baik secara moril maupun materil sehingga saya dapat mencapai jabatan Guru Besar.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan Ridha dan kekuatan kepada saya dalam mengembang amanah ini dengan sebaik-baiknya. Akhirnya saya mengucapkan terima kasih kepada seluruh hadirin atas perhatian dan partisipasinya. Mohon maaf atas segala kekurangan.

Wassalamualaikum Warahmatullohi Wabarakaatuh

Daftar Pustaka

- Akhyar, A., Ibrahim, M., Zulfan, Rizal, M., Riza, A., Farhan, A., Iqbal, Bahi, M., Aminur, Muzakir, U., 2024. The effect of differences in fiber sizes on the cutting force during the drilling process of natural fiber-reinforced polymer composites. *Results in Engineering* 24, 103128. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103128>
- Ayrilmis, N., Jarusombuti, S., Fueangvivat, V., Bauchongkol, P., White, R.H., 2011. Coir fiber reinforced polypropylene composite panel for automotive interior applications. *Fibers and Polymers* 12, 919–926. <https://doi.org/10.1007/s12221-011-0919-1>

- Bakri, B., Chandrabakty, S., Alfriansyah, R., Dahyar, A., 2015a. Potential Coir Fibre Composite for Small Wind Turbine Blade Application. *International Journal on Smart Material and Mechatronics* 2, 42–44.
- Bakri, B., Chandrabakty, S., Naharuddin, 2019. Influence of Alkali And Microwave Treatments of Fiber on The Water Absorption And The Mechanical Properties of Coir Fiber/Polyester Composites, in: *Advances in Engineering Research*. Presented at the 1st International Conference on Materials Engineering and Management - Engineering Section, Atlantis Press, pp. 32–36.
- Bakri, B., Chandrabakty, S., Putra, K.A., 2017. Evaluation Of Mechanical Properties Of Coir- *Angustifolia* Haw Agave Fiber Reinforced Hybrid Epoxy Composite. *Jurnal Mekanikal* 8, 679–685.
- Bakri, B., Chandrabakty, S., Soe, R., 2015b. Mechanical Properties of Coir Rope-Glass Fibers Reinforced Polymer Hybrid Composites. *International Journal on Smart Material and Mechatronics* 2, 132–134.
- Bakri, B., Eichhorn, S.J., 2010. Elastic coils: deformation micromechanics of coir and celery fibres. *Cellulose* 17, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s10570-009-9373-2>
- Bakri, B., Fadly, M.S., 2026. Investigation on Ballistic Impact Properties of Rattan Fiber-Reinforced High-Density Polyethylene Composite Material. *International Journal of Engineering* 39, 870–879. <https://doi.org/10.5829/ije.2026.39.04a.06>
- Bakri, B., Fadly, M.S., Anwar, K., Chandrabakty, S., Mustafa, Naharuddin, Fauzan, 2023. Numerical Research on the Impacts of Composite Panel Ballistic Using Perforated Plate for Combat Vehicle, in: *Proceedings of the 4th International Seminar on Science and Technology (ISST 2022)*. Atlantis Press, pp. 15–25. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-228-6_3
- Bakri, B., Naharuddin, Mustafa, Anwar, K., Fadly, M.S., Wahyudi, K., 2024. Investigation of ballistic performance on metal-coir fiber composite laminate with variation of fiber volume fraction: Experimental and simulation. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1355, 012010. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1355/1/012010>
- Bakri, B., Putra, A.E.E., Mochtar, A.A., Renreng, I., Arsyad, H., 2018. Sodium Bicarbonate Treatment on Mechanical and Morphological Properties of Coir Fibres. *IJAME* 15, 5562–5572. <https://doi.org/10.15282/ijame.15.3.2018.12.0427>
- Bakri, Putra, A.E.E., Renreng, I., Arsyad, H., Mochtar, A.A., 2019a. Sodium bicarbonate treatment of coir fiber on wettability and shear strength of coir fiber-epoxy composite. *Journal of Physics: Conference Series* 1242, 012056. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1242/1/012056>
- Bakri, Putra, A.E.E., Renreng, I., Arsyad, H., Mochtar, A.A., 2019b. Sodium bicarbonate treatment of coir fiber on wettability and shear strength of coir fiber-epoxy composite. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1242, 012056. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1242/1/012056>

- Bravo-Moncayo, L., Puyana-Romero, V., Chávez, M., Ciaburro, G., 2025. Improving Building Acoustics with Coir Fiber Composites: Towards Sustainable Construction Systems. *Sustainability* 17, 6306. <https://doi.org/10.3390/su17146306>
- Bright, B.M., Binoj, J.S., Hassan, S.A., Wong, W.L.E., Suryanto, H., Liu, S., Goh, K.L., 2024. Feasibility study on thermo-mechanical performance of 3D printed and annealed coir fiber powder/poly(lactic acid) eco-friendly biocomposites. *Polymer Composites* 45, 6512–6524. <https://doi.org/10.1002/pc.28214>
- Chandel, P.S., Somani, N., Gupta, N.K., Jain, A., Elrashidi, A., 2025. Development and Characterization of Hybrid Coconut-S-Glass Fiber Composites for Enhanced Mechanical and Thermal Performance. *Journal of Composites Science* 9, 488. <https://doi.org/10.3390/jcs9090488>
- Das, S.C., Srivastava, C., Grammatikos, S., 2025. Accelerated Aging of Natural Fiber Composites (NFCs), Their Fabrication Methods, Industrial Applications, Challenges, and Future Directions: An Overview. *Journal of Natural Fibers* 22, 2540480. <https://doi.org/10.1080/15440478.2025.2540480>
- de Farias, J.G.G., Cavalcante, R.C., Canabarro, B.R., Viana, H.M., Scholz, S., Simão, R.A., 2017. Surface lignin removal on coir fibers by plasma treatment for improved adhesion in thermoplastic starch composites. *Carbohydrate Polymers* 165, 429–436. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.02.042>
- Joshi, S.V., Drzal, L.T., Mohanty, A.K., Arora, S., 2004. Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites? *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 35, 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2003.09.016>
- Kamarudin, S.H., Mohd Basri, M.S., Rayung, M., Abu, F., Ahmad, S., Norizan, M.N., Osman, S., Sarifuddin, N., Desa, M.S., Abdullah, U.H., Mohamed Amin Tawakkal, I.S., Abdullah, L.C., 2022. A Review on Natural Fiber Reinforced Polymer Composites (NFRPC) for Sustainable Industrial Applications. *Polymers* 14, 3698. <https://doi.org/10.3390/polym14173698>
- Karthik, K., Rajamanikkam, R. kumar, Venkatesan, E.P., Bishwakarma, S., KRISHNAIAH, R., Saleel, C.A., Soudagar, M.E.M., Kalam, M.A., Ali, M.M., Bashir, M.N., 2024. State of the Art: Natural fibre-reinforced composites in advanced development and their physical/chemical/mechanical properties. *Chinese Journal of Analytical Chemistry* 52, 100415. <https://doi.org/10.1016/j.cjac.2024.100415>
- Kumar, N.S., Buddi, T., Anitha Lakshmi, A., Durga Rajesh, K.V., 2021. Synthesis and evaluation of mechanical properties for coconut fiber composites-A review. *Materials Today: Proceedings* 44, 2482–2487. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.543>
- Li, Y., Hu, Y.P., Hu, C.J., Yu, Y.H., 2008. Microstructures and Mechanical Properties of Natural Fibers. *Advanced Materials Research* 33–37, 553–558. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.33-37.553>

- Mahmud, Md.A., Abir, N., Anannya, F.R., Nabi Khan, A., Rahman, A.N.M.M., Jamine, N., 2023. Coir fiber as thermal insulator and its performance as reinforcing material in biocomposite production. *Heliyon* 9, e15597. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15597>
- Mahmud, S., Konlan, J., Deicaza, J., Li, G., 2023. Coir/glass hybrid fiber reinforced thermoset polymer composite laminates with room-temperature self-healing and shape memory functions. *Industrial Crops and Products* 201, 116895. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116895>
- Nam, T.H., Ogihara, S., Tung, N.H., Kobayashi, S., 2011. Effect of alkali treatment on interfacial and mechanical properties of coir fiber reinforced poly(butylene succinate) biodegradable composites. *Composites Part B: Engineering* 42, 1648–1656. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2011.04.001>
- Parikh, H.H., Rana, H., Raj, A., Joseph Gbadeyan, O., 2025. Acoustic performance of coir fiber-reinforced starch-based bio composites. *Composites and Advanced Materials* 34, 26349833251339768. <https://doi.org/10.1177/26349833251339768>
- Praveen, K.M., Thomas, S., Grohens, Y., Mozetič, M., Junkar, I., Primc, G., Gorjanc, M., 2016. Investigations of plasma induced effects on the surface properties of lignocellulosic natural coir fibres. *Applied Surface Science* 368, 146–156. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.01.159>
- Putra, A.E.E., Renreng, I., Arsyad, H., Bakri, B., 2020. Investigating the effects of liquid-plasma treatment on tensile strength of coir fibers and interfacial fiber-matrix adhesion of composites. *Composites Part B: Engineering* 183, 107722. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107722>
- Puttegowda, M., 2025. Eco-friendly composites: exploring the potential of natural fiber reinforcement. *Discover Applied Sciences* 7, 401. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-06981-8>
- Renreng, I., Bakri, Chandrabakty, S., Naharuddin, 2021. Evaluation of Mechanical and Physical Properties of Pressed Coir Fiber/Epoxy Composite with NaOH and Microwave Treatment of Fiber. *Journal of Renewable Materials* 9. <https://doi.org/10.32604/jrm.2021.012774>
- Saha, M., Singh, H., Singh, M.K., Rangappa, S.M., Siengchin, S., 2025. Advancements in natural fiber composites: Market insights, surface modifications, advanced fabrication techniques and applications. *Sustainable Chemistry for Climate Action* 6, 100081. <https://doi.org/10.1016/j.scca.2025.100081>
- Silva, C.C.B. da, Terashima, F.J.H., Barbieri, N., Lima, K.F. de, 2019. Sound absorption coefficient assessment of sisal, coconut husk and sugar cane fibers for low frequencies based on three different methods. *Applied Acoustics* 156, 92–100. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.07.001>
- Singh, M.K., Verma, N., Pundhir, N., Zafar, S., Pathak, H., 2020. Optimization of Microwave Power and Reinforcement in Microwave-Cured Coir/HDPE

- Composites, in: Biswal, B.B., Sarkar, B.K., Mahanta, P. (Eds.), *Advances in Mechanical Engineering*. Springer Singapore, Singapore, pp. 159–170.
- Singh, Y., Singh, J., Sharma, S., Lam, T.-D., Nguyen, D.-N., 2020. Fabrication and characterization of coir/carbon-fiber reinforced epoxy based hybrid composite for helmet shells and sports-good applications: influence of fiber surface modifications on the mechanical, thermal and morphological properties. *Journal of Materials Research and Technology* 9, 15593–15603. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.11.023>
- Sun, Z., Duan, Y., An, H., Wang, X., Liang, S., Li, N., 2023. Research Progress and Application of Natural Fiber Composites. *Journal of Natural Fibers* 20, 2206591. <https://doi.org/10.1080/15440478.2023.2206591>
- van Dam, J.E.G., van den Oever, M.J.A., Keijsers, E.R.P., 2004. Production process for high density high performance binderless boards from whole coconut husk. *Industrial Crops and Products* 20, 97–101. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.12.017>