



Konsep Desain Alat Penghasil Coco Coir Terintegrasi Pemisah Cocopeat dan Cocofiber

Stieven N. Rumokoy¹, I Gede Para Atmaja², Christopel H. Simanjuntak³, Leony A. Wenno⁴,
Stanley B. Dodie⁵, Karlah Lifie R. Mansauda⁶

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia

⁶ Program Studi Farmasi, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

e-mail: ¹rumokoy@polimdo.ac.id, ²gedeparaatmaja@polimdo.ac.id,

³christopel.simanjuntak@polimdo.ac.id, ⁴leonywenno@elektro.polimdo.ac.id,

⁵stanleydodie@elektro.polimdo.ac.id, ⁶lifiekarlal@unsrat.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan sabut kelapa sebagai produk yang memiliki nilai jual lebih masih terbatas. Sabut kelapa mengandung komponen bernilai tinggi, yaitu serat (cocofiber) dan serbuk (cocopeat), yang berpotensi digunakan dalam industri, hortikultura, dan produk bernilai tambah lainnya. Namun, pengolahan sabut kelapa secara konvensional masih manual, terpisah, dan kurang efisien, sehingga produktivitas rendah dan kualitas produk tidak seragam. Penelitian ini bertujuan merancang konsep alat penghasil coco coir terintegrasi yang mampu memisahkan cocopeat dan cocofiber secara otomatis untuk mendukung UMKM. Metode yang digunakan meliputi studi literatur dan studi deskriptif. Studi literatur fokus pada karakteristik sabut kelapa, teknik pengolahan, dan analisis desain alat yang ada. Studi deskriptif dilakukan melalui wawancara mendalam dengan ahli, teknisi, dan pelaku UMKM untuk memvalidasi kebutuhan pengguna, aspek ergonomi, keamanan, serta potensi ekonomi alat. Hasil rancangan konsep alat terdiri dari dua komponen utama: tabung pencacah dan kerucut pemisah. Tabung pencacah menghancurkan sabut kelapa menjadi coco coir, sedangkan kerucut pemisah memisahkan campuran menjadi cocopeat dan cocofiber. Sistem ini meningkatkan efisiensi proses, kualitas produk seragam, serta mendukung pemanfaatan limbah sabut kelapa secara ekonomis dan ramah lingkungan.

Kata kunci – Sabut kelapa, *Cocos nucifera*, Tropis, Mesin produksi.

Abstract

The utilization of coconut husk as a value-added product remains limited. Coconut husk contains high-value components, namely fibers (cocofiber) and powder (cocopeat), which have potential applications in industry, horticulture, and other value-added products. However, conventional coconut husk processing is still manual, separated, and inefficient, resulting in low productivity and inconsistent product quality. This study aims to design a concept for an integrated coco coir production machine capable of automatically separating cocopeat and cocofiber to support micro, small, and medium enterprises (MSMEs). The methods employed include literature review and descriptive study. The literature review focused on the characteristics of coconut husk, processing techniques, and analysis of existing tool designs. The descriptive study involved in-depth interviews with experts, technicians, and MSME actors to validate user needs, ergonomic and safety aspects, as well as the tool's economic potential. The resulting conceptual design consists of two main components: a shredding tube and a separation cone. The shredding tube crushes coconut husk into coco coir, while the separation cone divides the mixture into cocopeat and cocofiber. This system enhances process efficiency, ensures uniform product quality, and supports the economic and environmentally friendly utilization of coconut husk waste.

Keywords – Coconut husk, *Cocos nucifera*, Tropical, Production machine.

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan sabut kelapa yang optimal menjadi sangat krusial mengingat Indonesia merupakan salah satu produsen kelapa terbesar di dunia, menghasilkan limbah sabut dalam jumlah yang signifikan [1].



Setiap tahun, Indonesia memproduksi sekitar 15,5 miliar butir kelapa, yang setara dengan 1,8 juta ton serat sabut dan 3,3 juta ton debu sabut, menunjukkan potensi besar untuk diolah lebih lanjut [2]. Potensi melimpah ini belum dimanfaatkan secara maksimal, karena sebagian besar pengolahan sabut kelapa masih dilakukan secara tradisional, berfokus pada daging buah kelapa sebagai hasil utama [2]. Akibatnya, sabut kelapa sering dianggap sebagai limbah yang dibuang atau dibakar, menimbulkan masalah lingkungan seperti polusi udara [3]. Padahal, sabut kelapa sebenarnya kaya akan serat (cocofiber) dan serbuk (cocopeat) yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan dapat diolah menjadi berbagai produk bernilai tambah [4] [5]. Pengolahan sabut kelapa yang terintegrasi menjadi coco coir, yang terdiri dari cocopeat dan cocofiber, menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi permasalahan limbah dan sekaligus meningkatkan nilai ekonomi hasil pertanian ini [6].

Sabut kelapa, yang merupakan bagian mesokarp buah kelapa, secara tradisional seringkali belum dimanfaatkan secara optimal meskipun memiliki potensi ekonomi yang tinggi [7]. Faktanya, sabut kelapa terdiri dari kira-kira 65% bobot buah kelapa dan dapat diolah menjadi produk-produk yang bernilai ekonomis [1]. Komponen utamanya adalah serat (cocofiber) dan serbuk (cocopeat), yang masing-masing memiliki karakteristik unik dan aplikasi industri yang beragam [8]. Serat sabut kelapa, atau cocofiber, merupakan material berserat kasar yang dikenal karena kekuatan tarik dan durabilitasnya, menjadikannya ideal untuk produk seperti tali, keset, sikat, dan bahan pelapis jok, serta aplikasi geotekstil [9]. Sementara itu, serbuk sabut kelapa atau cocopeat, yang merupakan sisa proses ekstraksi serat, memiliki kemampuan menahan air yang sangat baik dan sering dimanfaatkan sebagai media tanam, media kompos, maupun campuran pakan ternak [10] [11].

Permasalahan utama dalam pengolahan sabut kelapa adalah kebutuhan alat yang mampu menghasilkan coco coir (sabut kelapa yang dicacah) secara efisien sekaligus memisahkan dua komponen utamanya, yaitu cocopeat (partikel halus dari sabut kelapa) dan cocofiber (serat dari sabut kelapa), dalam satu sistem terintegrasi yang dapat digunakan oleh pengguna usaha tingkat UMKM. Proses konvensional masih dilakukan secara terpisah dan manual, sehingga produktivitas rendah, kualitas produk tidak kurang seragam, serta memerlukan waktu dan tenaga yang besar. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang konsep alat penghasil coco coir yang dilengkapi dengan mekanisme pemisahan otomatis antara cocopeat dan cocofiber menggunakan prinsip kerja kombinasi mekanik dan pneumatik, sehingga diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses, kualitas hasil, serta mendukung pemanfaatan limbah sabut kelapa sebagai bahan baku bernilai ekonomi dan ramah lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan metodologi campuran yang berfokus pada studi literatur dan studi deskriptif untuk menghasilkan rancangan alat penghasil coco coir yang terintegrasi. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi kebutuhan yang komprehensif, analisis solusi yang ada, serta perancangan sistem yang inovatif dan relevan dengan konteks Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah. Studi literatur diawali dengan identifikasi kebutuhan fungsional yang berhubungan dengan rancangan alat. Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan landasan teori dengan meninjau literatur terkait sifat-sifat dari sabut kelapa. Bagian lainnya adalah mempelajari teknik proses pengolahan coco coir, cocopeat dan cocofiber dan prinsip-prinsip mesin pemisah mekanik. Fokus bagian ini juga yaitu untuk menganalisis desain alat pengolah sabut kelapa yang sudah ada, baik yang tradisional maupun modern, untuk mengidentifikasi kelebihan, kekurangan, dan potensi perbaikan, termasuk tinjauan terhadap teknologi pemisahan serat dan serbuk sabut kelapa yang seringkali masih dilakukan secara terpisah dan manual. Lebih lanjut, studi literatur ini bertujuan untuk memahami permasalahan dan potensi sabut kelapa dengan mengkaji data terkait potensi ekonomi dari produk turunan coco coir, cocopeat dan cocofiber terutama dalam skala UMKM.

Sebagai pelengkap studi literatur, studi deskriptif dilakukan dengan metode wawancara mendalam (in-depth interview) dengan para ahli di bidang terkait. Wawancara ini bertujuan untuk validasi kebutuhan pengguna dengan mengumpulkan pandangan dan pengalaman langsung dari para praktisi, teknisi, dan pelaku UMKM yang terlibat dalam pengolahan sabut kelapa, yang akan membantu memvalidasi kebutuhan nyata pengguna dan mengidentifikasi fitur-fitur penting yang harus ada pada alat yang dirancang, khususnya untuk kebutuhan pengolahan yang efisien dan terintegrasi. Wawancara ini juga dilakukan untuk



identifikasi tantangan teknis, yaitu mendapatkan masukan mengenai tantangan teknis yang sering dihadapi dalam proses pengolahan sabut kelapa secara konvensional, seperti produktivitas rendah dan kualitas produk yang kurang seragam, serta kriteria desain yang efektif dan efisien untuk mengatasi masalah ini. Selain itu, wawancara ahli mengeksplorasi aspek ergonomi dan keamanan dengan menggali perspektif mengenai aspek ergonomi dan keamanan operasional alat yang akan dirancang, memastikan alat mudah digunakan dan aman bagi operator UMKM. Terakhir, wawancara membahas potensi implementasi dan ekonomi, termasuk pertimbangan biaya, perawatan, dan dampak ekonomi yang diharapkan dari peningkatan nilai sabut kelapa yang belum dimanfaatkan secara maksimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Kebutuhan Pengguna dan Pasar

Indonesia sebagai produsen kelapa terbesar di dunia menghasilkan limbah sabut kelapa dalam jumlah sangat besar, mencapai 1,8 juta ton serat per tahun. Potensi melimpah ini belum dimanfaatkan secara optimal dan seringkali menjadi masalah lingkungan. Padahal, sabut kelapa memiliki nilai ekonomi tinggi dengan beragam aplikasi pasar yang luas. Cocofiber diminati sebagai bahan baku industri seperti tali, keset, karpet, karung, bantal, hardboard, jok, dashboard kendaraan, serta bahan geotextile [4][12][13]. Sementara itu, cocopeat sangat berharga sebagai media tanam karena karakteristiknya yang baik dalam menahan air dan aerasi, menjadikannya pengganti gambut yang berkelanjutan di sektor hortikultura dan pertanian [14][15][16][17]. Produk turunan sabut kelapa ini bahkan dapat diolah menjadi produk bernilai tambah tinggi lainnya seperti kerajinan tangan, pupuk organik, bioetanol, bahan konstruksi, hingga bioadsorben untuk air [11][18].

Meskipun potensi pasar yang besar ini, Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah serta petani kelapa skala kecil masih menghadapi tantangan signifikan. Proses pengolahan sabut kelapa secara tradisional umumnya terpisah, manual, dan sangat bergantung pada tenaga manusia, yang mengakibatkan produktivitas rendah, kualitas produk tidak kurang seragam, serta memerlukan waktu dan upaya yang besar, terutama jika dibandingkan dengan metode mesin modern yang lebih efisien. Keterbatasan ini menyebabkan banyak sabut kelapa terbuang atau hanya dimanfaatkan untuk tujuan bernilai rendah, padahal diversifikasi produk dapat meningkatkan pendapatan petani secara signifikan [19], [20]. Selain itu, industri ini juga menghadapi masalah seperti rantai pasok yang tidak terorganisir, kurangnya teknologi untuk produksi massal, serta minimnya fasilitas penyimpanan yang layak [21][22].

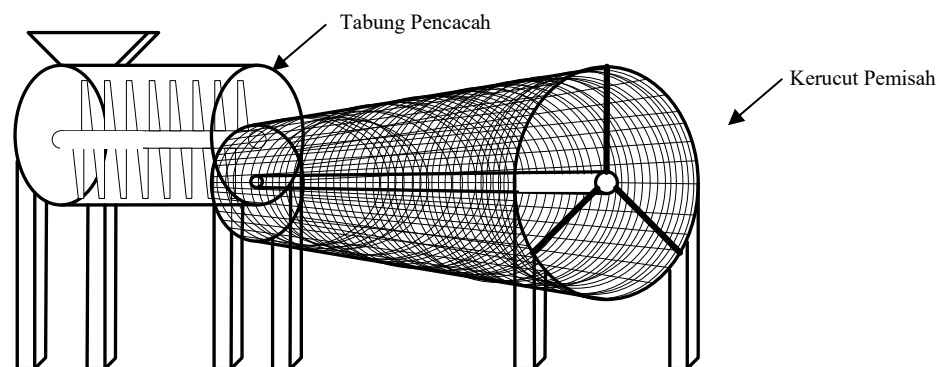
Oleh karena itu, terdapat kebutuhan mendesak akan alat pengolah sabut kelapa yang terintegrasi, efisien, mudah digunakan, dan terjangkau, yang mampu memisahkan cocopeat dan cocofiber secara otomatis. Alat semacam ini tidak hanya akan meningkatkan kapasitas produksi dan kualitas hasil coco coir bagi UMKM dan industri kecil, tetapi juga membuka peluang ekonomi baru dan berkontribusi pada pengurangan limbah serta praktik berkelanjutan dalam industri kelapa [23][24]. Inovasi ini penting untuk mengatasi tantangan infrastruktur, rantai pasok yang belum terorganisir, dan kurangnya mekanisasi di tingkat pemasok awal [18][22][25].

Pasar global untuk produk turunan sabut kelapa, yaitu cocopeat dan cocofiber, menunjukkan pertumbuhan yang signifikan, didorong oleh peningkatan kesadaran lingkungan dan permintaan akan alternatif berkelanjutan di berbagai industri. Produksi coir global diproyeksikan akan meningkat, dengan tingkat pertumbuhan tahunan selama dekade terakhir [11]. Proyeksi menunjukkan peningkatan produksi cocopeat sebagai media tanam, didorong oleh kebutuhan akan pengganti gambut yang berkelanjutan di sektor hortikultura global [26]. Geotextile berbahan dasar cocofiber juga menjadi alternatif alami yang menjanjikan dibandingkan geotextile sintetis yang berasal dari bahan bakar fosil yang berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan. Produk ini juga digunakan dalam proyek konstruksi sipil untuk pemisahan tanah, filtrasi, perkuatan, perlindungan, dan drainase [27]. Namun, geotextile serat alami seperti coir masih menghadapi tantangan terkait masa pakai yang lebih pendek dan sifat mekanik yang lebih rendah dibandingkan material sintetis.

3.2. Detail Alat

Alat penghasil coco coir terintegrasi pemisah coco peat dan coco fiber terdiri dari dua komponen utama, yaitu tabung pencacah dan kerucut pemisah. Tabung pencacah berfungsi sebagai unit utama untuk

proses pencacahan sabut kelapa kering menjadi potongan serat dan partikel halus. Bagian kedua adalah kerucut pemisah, yang berfungsi untuk memisahkan hasil cacahan menjadi dua fraksi utama, yaitu coco peat dan coco fiber. Komponen ini berbentuk kerucut horizontal yang seluruh permukaannya terbuat dari jaring logam dengan ukuran lubang tertentu. Ketika hasil cacahan dari tabung penghancur masuk ke dalam kerucut pemisah yang berputar, partikel halus berupa coco peat akan keluar melalui pori-pori jaring karena ukurannya yang kecil, sementara serat kasar coco fiber akan bergerak mengikuti arah putaran hingga keluar melalui sisi ujung kerucut bagian yang lebar. Sistem rotasi ini tidak hanya mempercepat proses pemisahan, tetapi juga mencegah penyumbatan material di dalam jaring penyaring.



Gambar 1. Ilustrasi rancangan alat penghasil coco coir terintegrasi pemisah cocopeat dan cocofiber

3.2.1. Tabung Pencacah

Tabung pencacah merupakan komponen utama dalam sistem alat penghasil coco coir yang berfungsi untuk mengubah sabut kelapa menjadi coco fiber dan coco peat. Material input berupa sabut kelapa dimasukkan ke dalam tabung melalui saluran pemasukan, kemudian diproses oleh batang pencacah yang dilengkapi dengan batangan yang berputar secara kontinu. Putaran batang pencacah menghasilkan gaya potong dan tumbuk yang efektif untuk memisahkan serat dari jaringan pengikat sabut, sekaligus memperkecil ukuran partikel hingga terbentuk coco coir. Proses pencacahan ini menghasilkan dua fraksi material berbeda ukuran yaitu cocofiber berukuran panjang dan cocopeat berukuran halus yang masih bercampur di dalam tabung. Sebelum hasil cacahan keluar dari tabung, material melewati lapisan mesh atau saringan dengan ukuran lubang tertentu. Lapisan mesh ini berfungsi sebagai pengontrol ukuran keluaran, memastikan hanya partikel coco coir dengan ukuran yang sesuai yang dapat keluar dari tabung. Sementara itu, potongan sabut yang masih berukuran besar akan tertahan di dalam tabung untuk mengalami proses pencacahan ulang hingga mencapai ukuran yang diinginkan. Dengan demikian, sistem tabung pencacah tidak hanya berperan dalam penghancuran material, tetapi juga dalam menjaga keseragaman ukuran produk coco coir yang dihasilkan, sehingga kualitas hasil lebih konsisten dan siap masuk ke tahap pemisahan pada unit berikutnya.

3.2.2. Kerucut Pemisah

Bagian kerucut pemisah ini berfungsi sebagai unit penyaring yang memisahkan hasil cacahan dari tabung pencacah menjadi dua komponen utama, yaitu cocopeat dan cocofiber. Material keluaran dari tabung pencacah berupa coco coir dialirkan ke dalam kerucut pemisah melalui sisi ujung bagian yang lebih kecil. Kerucut pemisah ini dirancang dengan posisi horizontal dan permukaan dinding berjaring logam berukuran tertentu yang memungkinkan partikel halus coco peat melewati pori-pori jaring, sementara serat kasar coco fiber tertahan di dalam. Ketika kerucut berputar, gaya sentrifugal membantu mempercepat proses pemisahan dengan mendorong partikel ke arah dinding jaring. Cocopeat yang berukuran lebih kecil akan tersaring dan jatuh ke bawah sebagai hasil utama, sedangkan cocofiber yang lebih panjang dan ringan akan terdorong ke sisi ujung kerucut yang lebih besar dan keluar secara otomatis karena kemiringan dinding kerucut. Untuk menjaga agar proses pemisahan berjalan efisien dan partikel cocopeat tidak menyebar keluar, bagian atas kerucut pemisah dilengkapi dengan selubung penutup yang berfungsi mengarahkan



aliran material serta memusatkan keluaran coco peat ke area penampungan di bawah alat. Dengan desain ini, sistem kerucut pemisah mampu bekerja secara kontinu dan efektif, menghasilkan pemisahan yang optimal antara cocopeat dan cocofiber, serta mengurangi kehilangan material selama proses berlangsung.

4. KESIMPULAN

Rancangan konsep alat penghasil coco coir terintegrasi pemisah cocopeat dan cocofiber dirancang diversifikasi produk sabut kelapa. Alat ini terdiri dari dua bagian utama: tabung pencacah dan kerucut pemisah. Tabung pencacah berfungsi menghancurkan sabut kelapa kering menjadi coco coir yaitu campuran serat dan partikel halus, sedangkan kerucut pemisah memisahkan hasil cacahan menjadi dua jenis, yaitu cocopeat dan cocofiber, dengan bantuan putaran dan jaring logam berpori. Sistem kerja alat ini membuat proses pencacahan dan pemisahan berlangsung secara otomatis dan berkelanjutan.

5. SARAN

Penelitian selanjutnya dapat dilanjutkan dengan pembuatan prototipe alat untuk pengembangan dan pengujian. Optimalisasi komponen mekanik dan pemisah, penerapan aspek keselamatan operator perlu diperhatikan lebih lanjut dalam desain alat ini.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penelitian ini. Ucapan penghargaan khusus ditujukan kepada para ahli yang telah bersedia berbagi pengalaman dan wawasan selama proses wawancara. Terima kasih juga disampaikan kepada institusi dan rekan-rekan yang telah membantu penyediaan literatur, fasilitas, serta bimbingan teknis sehingga penelitian dan perancangan konsep alat penghasil ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Suparno, A. Kurniawan, F. B. Setiyawan, and R. Setiyadi, "Design and Construction of 15 Kg/Hour Capacity Cocopeat and Cocofiber Machines," *E3S Web of Conferences*, vol. 500, p. 3002, Jan. 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202450003002.
- [2] F. Astuti, S. Pratapa, S. Suasmoro, T. Triwikantoro, and Y. Cahyono, "Pengolahan Limbah Sabut Kelapa Menggunakan Mesin Pencacah dalam Upaya Pemanfaatannya sebagai Produk Tepat Guna di Desa Candimulyo - Dolopo - Madiun," *Sewagati*, vol. 7, no. 3, Mar. 2023, doi: 10.12962/j26139960.v7i3.504.
- [3] D. Tooy, I. A. Longdong, and T. F. Lolowang, "Technical study of small-scale coconut husk decomposing equipment to reduce coconut husk waste in North Sulawesi," in *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, Jun. 2022, p. 12068. doi: 10.1088/1755-1315/977/1/012068.
- [4] M. Santhi, I. W. Arnata, and L. P. Wrasati, "ISOLASI SELULOSA DARI SERAT SABUT KELAPA (*Cocos nucifera* L.) PADA VARIASI SUHU DAN WAKTU PROSES BLEACHING DENGAN ASAM PERASETAT," *JURNAL REKAYASA DAN MANAJEMEN AGROINDUSTRI*, vol. 10, no. 3, p. 248, Nov. 2022, doi: 10.24843/jrma.2022.v10.i03.p02.
- [5] A. M. Dalman, M. B. Denoyan, and N. C. M. Tado, "Design, Fabrication, and Performance Evaluation of Village-Type Coconut Coir Dust Compacting Machine," in *Proceedings of International Exchange and Innovation Conference on Engineering & Sciences (IEICES)*, Kyushu University, Oct. 2022, p. 347. doi: 10.5109/5909115.
- [6] F. Destyorini, R. Yudianti, Y. Irmawati, A. Hardiansyah, Y. Hsu, and H. Uyama, "Temperature driven structural transition in the nickel-based catalytic graphitization of coconut coir," *Diamond and Related Materials*, vol. 117, p. 108443, May 2021, doi: 10.1016/j.diamond.2021.108443.



- [7] G. Verasoundarapandian et al., "Coco Peat as Agricultural Waste Sorbent for Sustainable Diesel-Filter System," *Plants*, vol. 10, no. 11, p. 2468, Nov. 2021, doi: 10.3390/plants10112468.
- [8] P. Putera, F. Herdian, S. A. Novita, Y. Ernita, M. Makky, and D. Cherie, "Design And Development of Coconut Husk Extraction Machine," in *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, Oct. 2022, p. 12039. doi: 10.1088/1755-1315/1097/1/012039.
- [9] S. Utomo, "Analisis Mekanik Material Komposit Berbasis Sabut Kelapa - Resin Epoxy Terhadap Kekuatan Impact dan Lentur Untuk Pengaplikasian Pada Dinding Non-Struktural," *INNOVATIVE Journal Of Social Science Research*, vol. 5, no. 4, p. 9043, Aug. 2025, doi: 10.31004/innovative.v5i4.21014.
- [10] M. S. M. Jusoh et al., "Development of an Efficient Processing System for Young Coconut Husk," *Advances in Agricultural and Food Research Journal*, vol. 1, no. 2, Oct. 2020, doi: 10.36877/aafjr.a0000124.
- [11] W. Stelte, N. Reddy, S. Barsberg, and A. R. Sanadi, "Coir from coconut processing waste as a raw material for applications beyond traditional uses," *BioResources*, vol. 18, no. 1, Nov. 2022, doi: 10.15376/biores.18.1.stelte.
- [12] V. Goyat, G. Ghangas, S. Sirohi, A. Kumar, and J. Nain, "A review on mechanical properties of coir based composites," *Materials Today Proceedings*, vol. 62. Elsevier BV, p. 1738, Dec. 28, 2021. doi: 10.1016/j.matpr.2021.12.252.
- [13] S. B. D. C. Ratnayake, "SOME RELATIONSHIPS ASSOCIATED WITH THE BROWN FIBRE INDUSTRY OF SRI LANKA," *CORD*, vol. 11, no. 1, p. 34, Jun. 1995, doi: 10.37833/cord.v11i01.290.
- [14] M. Abad, P. Noguera, R. Puchades, Á. Maquieira, and V. L. Noguera, "Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants," *Bioresource Technology*, vol. 82, no. 3, p. 241, May 2002, doi: 10.1016/s0960-8524(01)00189-4.
- [15] B. Mariotti et al., "Coconut Coir as a Sustainable Nursery Growing Media for Seedling Production of the Ecologically Diverse Quercus Species," *Forests*, vol. 11, no. 5, p. 522, May 2020, doi: 10.3390/f11050522.
- [16] M. Nichols and N. Savidov, "RECENT ADVANCES IN COIR AS A GROWING MEDIUM," *Acta Horticulturae*, no. 843, p. 333, Oct. 2009, doi: 10.17660/actahortic.2009.843.44.
- [17] S. K. Udayana, A. Naorem, and N. A. Singh, "The Multipurpose Utilization of Coconut By-Products in Agriculture: Prospects and Concerns," *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 6, no. 6, p. 1408, Jun. 2017, doi: 10.20546/ijcmas.2017.606.165.
- [18] F. Vieira et al., "Coconut Waste: Discovering Sustainable Approaches to Advance a Circular Economy," *Sustainability*, vol. 16, no. 7, p. 3066, Apr. 2024, doi: 10.3390/su16073066.
- [19] J. G. Kindangen, A. N. Kairupan, G. H. Joseph, J. B. M. Rawung, and R. Indrasti, "Sustainable agricultural development through agribusiness approach and provision of location specific technology In North Sulawesi," *E3S Web of Conferences*, vol. 444, p. 1003, Jan. 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202344401003.
- [20] A. N. Kairupan et al., "Value Chain Implementation in Rural-Scale Integrated Coconut Farming System in North Sulawesi Province, Indonesia," in *Sustainable development*, 2023. doi: 10.5772/intechopen.110190.
- [21] E. Magara, A. Mayaka, C. Ondieki, and B. W. Ikua, "DESIGN AND FABRICATION OF A SMALL SCALE COCOPEAT COMPACTION MACHINE," *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, vol. 6, no. 5, Sep. 2021, doi: 10.33564/ijeast.2021.v06i05.010.
- [22] E. G. Vitug, "Developing the coconut value chain in central Luzon, Philippines: A case study of coco geonets in aurora," *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, vol. 13, no. 3, p. 183, Jul. 2023, doi: 10.55493/5005.v13i3.4827.
- [23] N. Oktavia, M.- Meilizar, and R. Luthvina, "Analisis Finansial Agroindustri Coco Fiber di Kabupaten Padang-Pariaman," *Jurnal Ekobistek*, p. 194, Dec. 2021, doi: 10.35134/ekobistek.v10i4.209.
- [24] N. Fajriah, H. Mahfud, and R. H. Purabaya, "VALUE ADDED MODEL OF COCONUT PROCESSING INDUSTRY (CASE STUDY)," *Journal of Industrial Engineering Management*, vol.



-
- 6, no. 2, p. 11, Aug. 2021, doi: 10.33536/jiem.v6i2.927.
- [25] A. J. Atapattu, S. S. Udumann, T. D. Nuwarapaksha, and N. S. Dissanayaka, "Upcycling Coconut Husk By-Products: Transitioning from Traditional Applications to Emerging High-Value Usages," 2024, p. 249. doi: 10.1007/978-981-97-2535-9_12.
- [26] S. Toboso-Chavero et al., "Environmental and social life cycle assessment of growing media for urban rooftop farming," *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 26, no. 10, p. 2085, Oct. 2021, doi: 10.1007/s11367-021-01971-5.
- [27] S. Sebastian and P. V. Divya, "Modification of Coir Geotextiles for Enhanced Mechanical Properties as a Sustainable Alternative," *Materials Circular Economy*, vol. 6, no. 1, Jul. 2024, doi: 10.1007/s42824-024-00129-6.