



Eksplorasi Penggunaan Bahan Material Komposit dari Serat Alam pada Drone: Jurnal Review Exploration of the Use of Composite Materials from Natural Fibers On Drones: Journal Review

Nadya Ophelia^{1,a)}, I.B Putra Jandhana¹, Jupriyanto¹, George Royke Deksin¹

¹Program Studi Industri Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia

^{a)}Corresponding author: nadyaopheliaa@gmail.com

Abstrak

Teknologi *drone* dalam operasi militer biasanya menggunakan bahan logam atau plastik yang memiliki keterbatasan: logam kuat dan kaku tetapi berat dan mahal. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi karakteristik dari serat alam sebagai material komposit pada *drone* dan menemukan potensi pemanfaatannya sebagai bahan material komposit untuk *drone*, karena serat alam mudah terurai dan banyak ditemukan, seperti serat pelepah pisang, sabut kelapa, tebu, buah lontar, dan serat rami. Serat-serat ini memiliki karakter mekanis menarik, seperti kekuatan tarik tinggi, kekakuan tinggi, dan kepadatan rendah, yang dapat membuat *drone* lebih ringan, kuat, dan tahan lama. Metode penelitian ini menggunakan studi kepustakaan. Serat rami dianggap paling cocok sebagai dasar kombinasi untuk *drone* karena kekuatan tarik tinggi, ramah lingkungan, ekonomis, dan mudah diproses.

Kata Kunci: kekuatan tarik; komposit; ramah lingkungan; serat alam; serat rami

Abstract

Drone technology in military operations usually uses metal or plastic materials with limitations: metal is strong and rigid but heavy and expensive. This research aims to explore the characteristics of natural fibers as composite materials in drones and find their potential use as composite materials for drones because natural fibers are easily decomposed and widely found, such as banana sheath fibers, coconut fibers, sugarcane, palm fruit, and jute fibers. These fibers have attractive mechanical characteristics, such as high tensile strength, rigidity, and low density, making drones lighter, stronger, and more durable. This research method uses a literature study. Jute fiber is considered the most suitable combination base for drones because it has high tensile strength, is environmentally friendly, economical, and easy to process.

Keywords: tensile strength; composite; eco-friendly; natural fiber; jute fiber

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi militer, khususnya pesawat tanpa awak (*drone*), telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. *Drone* dilengkapi dengan berbagai perangkat teknologi militer canggih untuk meningkatkan kemampuannya menjadi perangkat yang mampu melakukan observasi dan serangan [1]. Dibandingkan dengan pesawat konvensional, *drone* memiliki banyak keuntungan, termasuk ukurannya yang kecil, kemampuan manuver yang tinggi, dan biaya operasional yang lebih rendah.

Umumnya *drone* terbuat dari bahan logam dan plastik yang masing-masing memiliki keterbatasan. Bahan logam, seperti aluminium dan baja memiliki kekuatan dan

kekakuan yang tinggi berarti bahan ini dapat menahan tekanan dan beban yang besar tanpa mengalami deformasi yang signifikan, tetapi memiliki kelemahan yang cenderung berat yang dapat mengurangi efisiensi penerbangan *drone*, membatasi durasi penerbangan, dan mengurangi kapasitas muatan yang dapat dibawa oleh *drone*. Selain itu, proses manufaktur dan perakitan juga bisa lebih kompleks dan mahal, sehingga meningkatkan biaya keseluruhan pembuatan *drone*.

Di sisi lain bahan plastik, seperti *polycarbonate* dan ABS juga banyak digunakan dalam pembuatan *drone* karena berbagai alasan, seperti lebih murah dibanding logam karena proses produksi plastik lebih sederhana, yang dapat menurunkan biaya keseluruhan pembuatan *drone*. Kelebihan lainnya yaitu plastik jauh lebih ringan

dibandingkan dengan logam, yang memungkinkan *drone* untuk terbang lebih lama dan membawa muatan yang lebih besar. Berat yang lebih ringan juga meningkatkan manuver *drone*. Namun, sifat ringan dari plastik tidak sekuat atau sekaku bahan logam. Keterbatasan bahan logam dan plastik ini dapat menghambat kinerja *drone*. *Drone* yang terbuat dari bahan logam mungkin terlalu berat untuk terbang lama atau membawa muatan yang cukup besar, sementara *drone* yang terbuat dari bahan plastik mungkin tidak cukup kuat untuk menahan benturan atau kondisi cuaca yang *extreme*.

Menyadari keterbatasan bahan logam dan plastik, para peneliti kini mengeksplorasi penggunaan bahan alternatif untuk pembuatan *drone* guna meningkatkan performa *drone* tanpa menambah berat dan biaya. Salah satu alternatif bahan logam ialah komposit yang terdiri dari kombinasi serat alam yang kuat dan ringan. Komposit adalah campuran dua atau lebih komposisi di tingkat makroskopis yang menghasilkan komposisi baru dengan berbagai manfaat lebih [2]. Komposit memiliki banyak keunggulan, seperti berkekuatan tinggi, berat ringan yang memungkinkan *drone* untuk terbang lebih lama dengan efisiensi energi yang lebih baik dan kapasitas muatan yang lebih besar, kaku yang berarti material ini tidak mudah mengalami deformasi untuk menjaga stabilitas dan kinerja aerodinamis *drone*, tidak mudah berkarat atau mengalami degradasi ketika terpapar elemen-elemen lingkungan yang keras, dan biaya perakitan rendah.

Pemanfaatan serat alami dalam material komposit merupakan keputusan yang cerdas dan berkelanjutan. Serat alam, seperti serat pelepah pisang, tebu, sabut kelapa, dan buah lontar, memiliki berbagai keunggulan yang membuatnya ideal untuk aplikasi ini. Salah satu keunggulan utamanya adalah kemampuan serat alam untuk terurai secara alami, yang menjadikannya pilihan yang ramah lingkungan dibandingkan dengan serat sintetis. Ketersediaan yang melimpah dari berbagai jenis serat alam ini juga menjadi faktor penting, karena bahan baku mudah didapat dan beragam, sehingga tidak bergantung pada sumber daya yang terbatas atau mahal.

Selain itu, serat alam memiliki kekuatan dan kekakuan yang cukup tinggi, sehingga dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan sifat mekanis material komposit. Meskipun ringan, serat alam mampu menambah kekuatan struktural pada komposit, yang merupakan keuntungan besar dalam berbagai aplikasi teknis. Biaya yang relatif rendah untuk memperoleh dan mengolah serat alam juga menjadikannya alternatif ekonomis yang sangat menarik dibandingkan dengan serat sintetis atau logam. Pemanfaatan serat alami sebagai komposit juga memberikan manfaat lingkungan lainnya, seperti kemampuan bahan komposit ini untuk didaur ulang

menjadi produk baru atau dibiodegradasi tanpa meninggalkan jejak ekologi yang berbahaya [3].

Penggunaan material komposit berbahan serat alam pada *drone* menawarkan beberapa keuntungan yang signifikan. Pertama, material komposit dapat meningkatkan kinerja penerbangan *drone*. *Drone* yang dibuat dari komposit serat alam memiliki berat yang lebih ringan dibandingkan dengan *drone* yang menggunakan logam atau plastik. Berat yang lebih ringan memungkinkan *drone* untuk terbang lebih lama karena konsumsi energi yang lebih rendah. Selain itu, *drone* ini juga mampu membawa muatan yang lebih besar tanpa mengorbankan durasi penerbangan atau stabilitas. Ketahanan material komposit serat alam juga lebih baik, membuat *drone* lebih tahan lama dan mampu bertahan dalam berbagai kondisi lingkungan yang menantang.

Kedua, penggunaan komposit serat alam dapat mengurangi biaya produksi *drone*. Serat alam seperti serat pelepah pisang, tebu, serabut kelapa, dan buah lontar, umumnya lebih murah dibandingkan dengan bahan logam dan plastik. Proses produksi komposit serat alam juga lebih sederhana dan memerlukan biaya yang lebih rendah. Dengan demikian, total biaya pembuatan *drone* dapat ditekan, menjadikannya pilihan yang lebih ekonomis untuk produsen. Ketiga, komposit serat alam meningkatkan keberlanjutan dalam pembuatan *drone*. Serat alami merupakan bahan yang ramah lingkungan karena dapat terurai secara alami yang tidak akan meninggalkan residu berbahaya bagi lingkungan dan lebih mudah didaur ulang dibandingkan dengan material sintetis atau logam sehingga mengurangi jejak karbon keseluruhan dari produk tersebut. Penggunaan serat alam juga mengurangi ketergantungan pada sumber daya tak terbarukan, seperti minyak bumi yang digunakan dalam pembuatan plastik dan energi yang digunakan dalam penambangan logam. Dengan demikian, *drone* yang menggunakan material komposit serat alam tidak hanya lebih efisien dan ekonomis, tetapi juga lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Selama beberapa tahun terakhir, terdapat peningkatan signifikan dalam penelitian yang berfokus pada penggunaan serat alam sebagai material komposit. Banyak penelitian telah dilakukan untuk menggantikan material konvensional yang sering kali tidak ramah lingkungan, dengan fokus pada pemahaman yang mendalam tentang penggunaan serat alam dalam pembuatan komposit. Penelitian-penelitian ini mencakup tidak hanya pemilihan jenis serat alam yang paling optimal, tetapi juga analisis tentang pengaruh konsentrasi massa serat terhadap sifat mekanis komposit. Selain itu, perlakuan alkali pada serat alam menjadi salah satu area utama penelitian karena proses ini dapat menaikkan adhesi antara serat dan matriks komposit, yang pada gilirannya memperbaiki kekuatan

dan daya tahan material. Eksperimen juga dilakukan dengan menambahkan dua jenis serat penguat dalam komposit untuk mengeksplorasi potensi peningkatan performa material secara lebih lanjut [4].

Penelitian tentang pengaruh konsentrasi massa terhadap sifat mekanis komposit serat alam telah menjadi fokus utama. Fraksi volume mengacu pada proporsi serat yang digunakan dalam material komposit. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rasio optimal antara serat dan matriks yang dapat memberikan sifat mekanik terbaik. Para peneliti meneliti bagaimana pengaturan jumlah serat yang dicampurkan dapat mempengaruhi kekuatan, kekakuan, dan ketahanan material komposit. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi massa serat dapat meningkatkan kekuatan tarik dan kekakuan material komposit hingga batas tertentu.

Perlakuan alkali adalah metode yang digunakan untuk memodifikasi permukaan serat alami dengan tujuan meningkatkan adhesi serat dengan matriks dalam material komposit. Perlakuan ini biasanya melibatkan penggunaan larutan alkali, salah satunya penggunaan natrium hidroksida (NaOH) untuk membersihkan kotoran dan komponen lignin dari permukaan serat. Perlakuan alkali dapat meningkatkan ketahanan tarik dan kekakuan serat. Ketahanan tarik yang lebih tinggi berarti serat mampu menahan beban yang lebih besar sebelum putus, sementara kekakuan yang lebih tinggi meningkatkan kemampuan serat untuk mempertahankan bentuk dan memberikan dukungan struktural dalam komposit.

Perlakuan alkali juga meningkatkan kohesi antara serat dan matriks. Dengan permukaan serat yang lebih bersih dan reaktif, matriks dapat menembus lebih baik ke dalam serat, menciptakan ikatan mekanik dan kimia yang lebih kuat. Ikatan yang lebih baik ini berarti bahwa beban yang diterapkan pada komposit dapat didistribusikan lebih merata antara serat dan matriks, mengurangi risiko kegagalan dan meningkatkan umur panjang terhadap material.

Selain menggunakan satu jenis serat, beberapa penelitian telah mengeksplorasi penggunaan dua jenis serat penguat dalam material komposit, yang dikenal sebagai *hybrid composites*. Konsep komposit hibrida ini bertujuan untuk memanfaatkan keunggulan masing-masing jenis serat untuk menciptakan material dengan sifat mekanik yang lebih unggul dan seimbang. Misalnya, satu jenis serat mungkin memiliki kekuatan tarik yang tinggi, sementara jenis serat lainnya mungkin menawarkan fleksibilitas atau ketahanan terhadap benturan yang lebih baik. Dengan menggabungkan kedua jenis serat ini dalam satu matriks, komposit hibrida dapat mengoptimalkan kombinasi sifat-sifat tersebut.

Penelitian tentang komposit serat alam telah memberikan pemahaman yang mendalam tentang cara

optimal menggunakan serat alami dalam pembuatan material komposit. Dengan memilih serat yang tepat, mengatur fraksi volumenya, melakukan perlakuan alkali, dan menggunakan *hybrid composite*, para peneliti berhasil menciptakan material komposit yang kuat, ringan, dan ramah lingkungan. Temuan-temuan ini membuka peluang baru bagi penerapan serat alam dalam berbagai industri, termasuk industri *drone*.

Oleh karena itu, eksplorasi penggunaan material komposit dari serat alam pada *drone* merupakan bidang penelitian yang penting dan menjanjikan. Penelitian ini tidak hanya dapat membantu mengembangkan *drone* yang lebih berkinerja tinggi dan hemat biaya, tetapi juga mendukung upaya global dalam menciptakan teknologi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Dengan terus mengembangkan dan mengoptimalkan penggunaan serat alam dalam material komposit, para peneliti dapat membantu memajukan industri *drone* dan berbagai sektor lainnya menuju masa depan yang lebih hijau dan efisien.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan kepustakaan (*Library Research*) dengan mengumpulkan data dari beragam sumber literatur, meliputi buku, jurnal, dan internet yang relevan. Literatur ini banyak membahas rangkuman dan ulasan dari beberapa sumber yang diambil yaitu membahas Eksplorasi Penggunaan Bahan Material Komposit dari Serat Alam Pada *Drone*. Menurut Sugiyono dalam Sari [5], penelitian kepustakaan adalah studi teoritis yang mencakup pengumpulan bibliografi dan literatur yang relevan dengan topik yang sedang diteliti. Penelitian ini melibatkan berbagai sumber seperti buku, artikel jurnal, dan dokumen ilmiah lainnya yang membahas tentang nilai, budaya, dan norma yang berlaku dalam suatu konteks sosial tertentu.

Dalam metode studi kepustakaan, proses pemilihan dan analisis literatur dilakukan melalui tahapan yang terstruktur dan sistematis. Langkah pertama adalah pencarian literatur, di mana peneliti menggunakan kata kunci yang relevan untuk menemukan sumber-sumber yang berkaitan dengan topik penelitian. Pencarian ini biasanya dilakukan melalui *database* akademik, jurnal ilmiah, buku, dan publikasi lainnya. Sumber-sumber yang ditemukan kemudian disaring berdasarkan relevansi, kredibilitas, dan tanggal publikasi.

Setelah literatur yang relevan dipilih, langkah berikutnya adalah analisis literatur. Tahap ini melibatkan pembacaan yang mendalam dan kritis terhadap setiap sumber untuk mengidentifikasi tema dan konsep utama. Peneliti kemudian membandingkan hasil dan temuan dari berbagai studi untuk menemukan kesamaan, perbedaan, serta kekuatan dan kelemahan masing-masing penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Serat Pelepeh Pisang

Menurut Diharjo dalam Endriatno [6], budidaya pohon pisang hampir ada di seluruh Indonesia. Produksi buah terbesar di Indonesia adalah pisang, yang menyumbang 40% dari produksi buah negara dan dapat dibudidayakan dengan mudah di iklim tropis dengan suhu antara 18 dan 27°C. Dalam struktur tanaman pisang, bagian batang menyumbang sekitar 63% dari total berat tanaman, sedangkan daun menyumbang sekitar 14%, dan buahnya sendiri menyumbang 23% dari total berat [7]. Menurut Saputra dalam Warsono [8], penggunaan serat pelepeh pisang sebagai dasar kombinasi menjadi alternatif ilmiah. Serat berkualitas tinggi dapat digunakan untuk membuat komponen interior kendaraan, seperti *dashboard*, karena menghasilkan kekuatan dan daya serap yang tinggi.

Menurut Saputra dalam Fuazzidin [9], batang pisang memiliki karakteristik khusus yang meliputi berat jenisnya 0,29 g/cm³, komponen lignin 33,51%, dan panjang serabut 4,20–5,46 mm. Serat ini memiliki karakter mekanik sangat baik dengan nilai rata-rata kekuatan tarik 3,36%, dan densitas 1,35 g/cm³. Selain itu, Lokantara et al dalam Fuazzidin [9] menyatakan serat ini mengandung selulosa 63-64%, lignin 5%, dan hemiselulosa 20%.

Fuazzidin dkk [9] meneliti konsentrasi massa komposit serat pelepeh pisang kepek melalui kerangka *poliester yukalac 157 BQTN-EX* dan *filler* terhadap sifat mekanik serat pisang kepek. Spesimen serat pelepeh pisang kepek dengan konsentrasi massa 0%, 5%, 10%, dan 15% diuji tarik dan impact. Masing-masing konsentrasi massa direndam dalam etanol 20% selama dua jam. Uji tarik dilakukan untuk mengukur regangan, tegangan, dan *modulus* elastisitas, sedangkan uji impact mengukur kekuatan, kekerasan, dan keuletan.

Hasil pengujian [Tabel 1](#). menyatakan bahwa konsentrasi massa serat 15% memiliki hasil uji tarik terbaik dengan tegangan tarik 33,27 MPa, nilai regangan tarik 2,03%, dan *modulus* elastisitas 0,166 GPa.

Tabel 1. Hasil pengujian kekuatan tarik pada masing-masing konsentrasi massa serat

Spesifikasi Material	Nilai Rata-Rata		
	Kekuatan Tarik σ (MPa)	Regangan Tarik ϵ (%)	Modulus Elastisitas E (GPa)
0% serat	22,13	1	0,0224
5% serat	24,77	1,5	0,0166
10% serat	25,57	1,6	0,0163
15% serat	33,27	2,03	0,0166

Disisi lain, nilai pengujian impact ditunjukkan oleh konsentrasi massa serat 15% dengan energi serap 1,62832 J, kekuatan impact 11,80 KJ/m², dan harga impact 0,0118

J/mm². Hasil penelitian menunjukkan peningkatan konsentrasi massa serat pelepeh pisang kepek berpengaruh positif atas karakter mekanik. Data energi serap, kekuatan impact, dan harga impact lebih rinci dapat dilihat pada [Tabel 2](#). di bawah ini.

Tabel 2. Data uji energi serap, kekuatan impact, dan harga impact pada masing-masing konsentrasi massa serat

Spesifikasi Material	Nilai Rata-Rata		
	Energi Serap (J)	Kekuatan Impact (KJ/m ²)	Harga Impact (GPa)
0% serat	0,16154	1,27	0,0224
5% serat	1,04386	7,8	0,0166
10% serat	1,25557	6,53	0,0163
15% serat	1,62832	11,8	0,0166

Warsono dkk [8] meneliti pengaruh konsentrasi massa serat pelepeh pisang terhadap sifat kekuatan tarik dan *bending* menggunakan matriks resin *epoxy*. Serat direndam dalam senyawa NaOH 5% selama satu hari dan dibuat kombinasi menggunakan sistem *hand lay-up* dengan variasi konsentrasi massa serat 30%, 50%, dan 70%, serta resin *epoxy* dengan variasi sebesar 70%, 50%, dan 30%. Dua lapisan serat disusun pada orientasi 0° dan 90°. Setelah pembuatan, spesimen diuji sesuai dengan standar ASTM D638-1 untuk uji tarik dan ASTM D790 untuk uji *bending*.

Data pengujian menunjukkan nilai rerata teratas *yield strength* 8,62 Mpa, melalui konsentrasi massa serat 30%, dengan rerata *tensile force* teratas 23,86 Mpa yang ditunjukkan dengan konsentrasi massa serat 50%. Dalam uji *bending*, rerata tegangan *bending* teratas sebesar 64,32 Mpa pada konsentrasi massa serat 70%. Hasil menyatakan nilai rerata tegangan cenderung meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi massa serat, sehingga semakin banyak serat pelepeh pisang akan semakin menghasilkan tegangan yang kuat.

Penelitian yang dilakukan oleh Paundra dkk [10] bertujuan untuk menginvestigasi efek dari konsentrasi massa serat pada komposit *hybrid* yang terbuat dari dua jenis serat yang telah diberi perlakuan alkali. Serat yang digunakan berasal dari batang pisang kepek (*Musa Paradisiaca*) dan serabut pinang (*Areca catechu L*). Proses pembuatan material komposit dilakukan menggunakan metode *compression molding*, di mana campuran serat dan matriks ditempatkan dalam cetakan dan dipadatkan di bawah tekanan dan suhu yang kontrol. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memahami bagaimana variasi konsentrasi massa serat dari kedua jenis serat tersebut mempengaruhi ketahanan tarik komposit *hybrid*.

Data pengujian menunjukkan bahwa kelenturan teratas pada perbandingan konsentrasi massa 15% serat pisang kepek : 15% serat pinang sejumlah 1,17 g/cm³, dan

kelenturan terendah tercatat pada konsentrasi massa 20% serat pisang kepok dan 10% serat pinang, dengan nilai densitas 1,10 g/cm³. Sementara itu, dalam uji kekuatan tarik, konsentrasi massa 15% serat pisang kepok dan 15% serat pinang menunjukkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 16,33 MPa. Di sisi lain, konsentrasi massa 0% serat pisang kepok dan 30% serat pinang mencatatkan kekuatan tarik terendah hanya sebesar 5,81 MPa. Data uji kekuatan tarik dan densitas dapat dilihat pada Tabel 3. di bawah ini.

Tabel 3. Data uji kekuatan tarik dan densitas perbandingan konsentrasi massa

Konsentrasi Massa Serat (%)	Kekuatan Tarik σ (MPa)	Densitas (g/cm ³)
30 : 0	14,78	1,11
20 : 10	11,32	1,10
15 : 15	16,33	1,17
10 : 20	8,08	1,11
0 : 30	5,81	1,11

Serat Ampas Tebu

Serabut ampas tebu (*Bagasse*) ialah ampas penggilingan tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) yang menghasilkan banyak produk limbah berserat [11]. Tebu terdapat di pulau Jawa dan Sumatera. Ampas tebu sangat mudah didapat, murah, ketersediaannya melimpah, ekonomis, dan mengurangi polusi lingkungan dan risiko kesehatan. Secara kandungan, ampas tebu memiliki komposisi yang signifikan, dengan kandungan lignin mencapai 22,09% dan selulosa sebesar 37,65%. Panjang serabutnya berkisar antara 1,7 hingga 2 mm dengan radius sekitar 20 mm [12].

Serabut ampas tebu mengandung air sekitar 48-52%, gula sekitar 3,3% dan serabut sekitar 47,7%. Menurut Ferdika dalam Pramono [11], sifat mekanik serat ampas tebu baik karena anti korosif, rendah densitas, ekonomis, dan *eco-friendly* karena dapat didaur ulang (*biodegradable*).

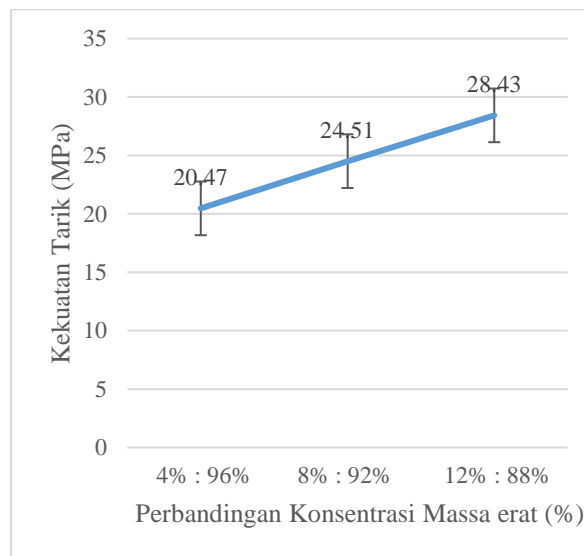
Peneliti Dwiwati [12] yang meneliti bagaimana konsentrasi massa komposit serat ampas tebu dengan matriks memengaruhi sifat mekanik dari serat ampas tebu sehingga hasil akhirnya mendapatkan mutu ketahanan tarik, kekakuan dan ketangguhan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik komposit serat ampas tebu mencapai nilai 14,4 MPa pada konsentrasi massa serat 5%, pada konsentrasi massa serat 15% mencapai 17,6 MPa, pada konsentrasi massa serat 25% mencapai 20,5 MPa, dan konsentrasi massa serat 35% mencapai nilai kekuatan tarik 23 MPa. Dari hasil penelitian, menyatakan bahwa ketahanan tarik komposit serat ampas tebu meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi massa serat dalam material. Hal ini

mengindikasikan bahwa semakin banyak serat ampas tebu yang ditambahkan dalam komposit, semakin kuat pula material komposit yang dihasilkan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekakuan komposit serat ampas tebu meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi massa serat dalam material. Kekakuan komposit, yang diukur dalam *modulus* elastisitas, menunjukkan kemampuan material untuk mempertahankan bentuknya dan menahan deformasi saat diberi beban tarik. Pada konsentrasi massa serat 5%, *modulus* elastisitas komposit mencapai 652 MPa, meningkat menjadi 786 MPa pada konsentrasi massa serat 15%, dan terus meningkat hingga mencapai 885 MPa pada konsentrasi massa serat 35%.

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian ketangguhan pada komposit serat ampas tebu untuk mengevaluasi seberapa baik material ini dapat menyerap energi sebelum mengalami kegagalan saat terkena beban dampak mendadak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai ketangguhan komposit, yang diukur dalam jumlah energi yang dapat diserap sebelum terjadi kerusakan, meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi massa serat. Pengujian ketangguhan yang dilakukan, maka didapatkan hasil nilai ketangguhan kompositnya sejumlah 31,8 J; 39,4 J; 50,8 J; dan 59,8 J pada masing-masing konsentrasi massa serat. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin banyak serat ampas tebu yang terlibat dalam komposit, semakin besar kemampuan komposit untuk menyerap energi dan menahan dampak yang diterima.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Pramono dkk [11] dengan variasi konsentrasi massa yang digunakan adalah 4% serat ampas tebu dengan 96% matriks *epoxy*, 8% serat ampas tebu dengan 92% matriks *epoxy*, dan 12% serat ampas tebu dengan 88% matriks *epoxy* guna mendapatkan nilai kekuatan tarik.



Gambar 1. Grafik data uji nilai kekuatan tarik

Hasil penelitian pada Gambar 1. menunjukkan bahwa ketahanan tarik tertinggi terjadi pada konsentrasi massa serat 12%, dengan nilai mencapai 28,43 MPa. Hal ini mengindikasikan bahwa pada konsentrasi massa ini, komposit mengandung lebih banyak serat ampas tebu dibandingkan dengan konsentrasi massa 4% dan 8%. Dengan kata lain, semakin tinggi konsentrasi massa serat ampas tebu yang digunakan dalam komposit, semakin besar juga kekuatan tarik yang dapat dicapai oleh material komposit tersebut.

Serat Sabut Kelapa

Tanaman kelapa (*Cocos nucifera L*) termasuk tanaman multiguna yang seluruh bagiannya, seperti akar, batang, daun, dan buahnya bisa dieksploitasi [13]. Serat ini terdiri atas lapisan dalam (*endocarpium*) dan lapisan luar (*exsocarpium*) dengan ketebalan masing-masing sekitar 5-6 cm. Sabut kelapa berguna di bidang industri guna pembuatan benang dan produk berbasis coir (karpet dan tikar), dengan penggunaan sabut sekitar 20-30%. Kandungan kimia serat ini meliputi selulosa, lignin, asam *piroligneus*, gas, arang, tanin, dan *potassium* [14].

Penelitian yang dilakukan oleh Haq dkk [14] menginvestigasi pengaruh beberapa faktor terhadap sifat mekanik komposit serat kelapa dengan matriks poliester. Faktor yang diteliti meliputi panjang serat, konsentrasi massa serat, dan perlakuan alkali terhadap serat sebelum penggunaannya dalam komposit. Metode pembuatan komposit menggunakan sistem wet *hand lay-up*, di mana serat-serat kelapa direndam dalam larutan alkali untuk menaikkan adhesi serat dengan matriks. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa komposit dengan konsentrasi massa serat 30% mencapai kekuatan tarik tertinggi, yakni 20,90 MPa, sementara komposit dengan konsentrasi massa serat 10% memiliki kekuatan tarik terendah, yakni 14,67 MPa.

Hasil penelitian tersebut, menyoroiti pengaruh konsentrasi massa e serat dalam komposit serat kelapa dengan matriks poliester terhadap sifat mekaniknya, khususnya dalam uji *bending*. Uji ini memperlihatkan bahwa komposit dengan konsentrasi massa serat 30% mencapai kekuatan lentur tertinggi sebesar 49,41 MPa, sementara komposit dengan konsentrasi massa serat 10% memiliki kekuatan lentur terendah, yaitu 34,81 MPa.

Namun, uji *bending* menyatakan komposit dengan konsentrasi massa 30% memiliki kekuatan lentur tertinggi sebesar 49,41 MPa, sedangkan konsentrasi massa serat 10% memiliki kekuatan lentur terendah sebesar 34,81 MPa. konsentrasi massa yang lebih tinggi menambah jumlah serat dalam matriks *poliester*, yang berperan penting dalam menahan beban lentur tanpa mengalami deformasi yang signifikan seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian kekuatan tarik dan *bending* pada serat sabut kelapa

Konsentrasi Massa Serat (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Kekuatan Bending (GPa)
10	14,67	34,81
20	19,07	47,94
30	20,90	49,41

Selain itu, Bifel dkk [13] menggunakan perlakuan kimia serat guna meningkatkan ikatan antara serat dan matriks. Perlakuan alkali dilakukan dengan merendam serabut kelapa dalam senyawa NaOH 5% dengan kurun waktu 2, 4, 6, dan 8 jam. Selepas proses pencucian dan pengeringan, serabut berguna menjadi penguat komposit matriks poliester 60%. Hasil uji tarik menyatakan ketahanan tarik teratas pada komposit dengan konsentrasi serat 40% yang direndam dalam senyawa NaOH 5% selama 2 jam dengan harga ketahanan tarik maksimum sebesar 21,075 MPa. Kesimpulannya, lama masa perendaman berefek pada penurunan nilai kekuatan tarik.

Mawardi dkk [15] melakukan penelitian yang bertujuan mengetahui bagaimana perlakuan serat sabut kelapa mempengaruhi sifat mekaniknya. Penelitian ini juga menentukan nilai beban kejut dan beban elastis dari komposit epoksi yang diperkuat dengan serat sabut kelapa.

Uji kekuatan Tabel 5. dan *bending* pada komposit yang diperkuat dengan serabut kelapa, serta evaluasi efek perendaman serat dalam larutan alkali (NaOH) 5% dengan durasi 5 jam dan perlakuan menggunakan blender selama 10, 20, dan 30 menit. Metode uji yang digunakan adalah uji impak berdasarkan standar ASTM E 23 untuk menilai ketangguhan material terhadap beban impulsif, serta uji lentur menggunakan standar ASTM D 790 untuk mengukur kemampuan komposit dalam menahan beban lentur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit yang mengalami perlakuan blender selama 10 menit mencapai nilai tertinggi dalam uji impak, yakni sebesar 0,02 J/mm. Uji *bending* tertinggi ditunjukkan pada komposit dengan perlakuan blender 30 menit, yaitu 88,68 MPa.

Tabel 5. Hasil pengujian kekuatan tarik dan *bending* pada serabut kelapa dalam larutan Alkali (NaOH) 5% selama 5 jam

Waktu Blender (Menit)	Nilai Rata-Rata		
	Energi Serap (J)	Harga Impak (J/mm ²)	Kekuatan Bending (MPa)
10	13,66	0,02	73,32
20	9,86	0,01	49,44
30	10,76	0,01	88,68

Menurut Kris dalam [15], perlakuan alkali mentransformasi dan membersihkan serat guna menurunkan tarikan bidang serta meningkatkan adhesi antara serat alami dan matriks.

Serat Buah Lontar

Pohon Lontar (*Borassus Flabellifer*) tumbuh di beragam tempat seperti Nusa Tenggara Timur dan Sulawesi Selatan [16]. Buah lontar mengandung serat sekitar 30%-40% dari bijinya. Pemanfaatan buah lontar sebagai kombinasi mampu menggantikan logam karena keefektifan teknisi, mudah dijumpai, ekonomis, ringan, anti degradasi, dan *eco-friendly* [17].

Penggunaan serat alam sebagai penguat dalam komposit polimer sering kali dihadapkan pada tantangan interaksi antara sifat hidrofobik polimer dengan sifat hidrofilik serat alam. Sifat hidrofobik polimer cenderung membuatnya sulit untuk berikatan dengan serat alam yang hidrofilik, mengurangi daya rekat antara serat dan matriks komposit. Hal ini dapat mengakibatkan performa mekanik komposit yang kurang optimal, karena kekuatan struktural komposit bergantung pada efektivitas ikatan antara serat dan matriks. Untuk mengatasi tantangan ini, perlakuan alkali sering digunakan pada serat alami sebelum digunakan sebagai penguat dalam komposit. Perlakuan ini bertujuan untuk membersihkan kandungan lignin dan kotoran lainnya yang menempel di permukaan serat alam [18].

Penelitian oleh Boimau dkk [18] menyoroiti pentingnya panjang serat dalam mempengaruhi sifat mekanik komposit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi panjang serat, antara 5 mm hingga 20 mm, memberikan dampak yang signifikan terhadap kekuatan mekanik komposit yang dihasilkan. Penemuan utama dari penelitian ini adalah bahwa komposit dengan panjang serat 15 mm mencapai ketahanan mekanik tertinggi dibandingkan dengan panjang serat lainnya yang diuji. Sebaliknya, penggunaan panjang serat yang terlalu pendek, seperti 5 mm dalam penelitian ini, tidak mencapai ketahanan mekanik yang optimal. Hal ini disebabkan oleh jumlah kontak yang terbatas antara serat dan matriks, yang mengurangi kemampuan komposit untuk menahan beban mekanis dengan efektif.

Selain itu, Matasina dkk [16] meneliti bagaimana efek perendaman terhadap sifat mekanik komposit poliester yang diperkuat dengan serat buah lontar pada konsentrasi massa serat 40%. Fokus utama penelitian ini adalah untuk memahami bagaimana berbagai media perendaman, seperti air, air laut, dan udara bebas, serta durasi perendaman yang berbeda (10, 20, dan 30 hari), mempengaruhi kinerja mekanik komposit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air dalam komposit meningkat sejalan dengan bertambahnya waktu perendaman. Uji

kekuatan tarik menunjukkan kenaikan 7,021% dan uji *bending* 8,70%. Penurunan kekuatan tarik dan *bending* disebabkan oleh peningkatan kadar air.

Serat Rami

Tanaman rami (*Boehmeria nivea*) merupakan sumber serat alami yang tumbuh subur di Indonesia, termasuk di Wonosobo, Jawa Tengah, dan Garut, Jawa Barat [19]. Serat rami memiliki beragam keunggulan, meliputi kekuatan tarik tinggi, daya serap air, ketahanan terhadap bakteri dan kelembapan, resistan panas, dan menduduki peringkat kedua setelah sutra. Serat rami juga lebih ringan dan ramah lingkungan.

Penelitian Purboputro dkk [20] melibatkan perlakuan alkali (NaOH) 10% dengan merendam serat rami dalam larutan tersebut selama berbagai rentang waktu, yaitu 2, 4, 6, dan 8 jam. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa perlakuan alkali pada serat rami memiliki dampak signifikan terhadap beberapa parameter mekanik. Kekuatan tarik tertinggi yang berhasil dicapai adalah sebesar 41,9 MPa pada serat yang direndam selama 8 jam. Hal ini menunjukkan bahwa durasi yang panjang terhadap perlakuan alkali mampu meningkatkan kekuatan tarik serat rami secara signifikan. Selain itu, *modulus* Young tertinggi yang tercatat mencapai 2743,15 MPa pada serat yang direndam selama 2 jam, menunjukkan bahwa perlakuan alkali mampu meningkatkan kekakuan serat secara efektif. Sedangkan untuk kekuatan impact, nilai tertinggi yang dicatat adalah 0,0725 J/mm² pada serat yang direndam selama 4 jam, menunjukkan bahwa perlakuan alkali dapat memperbaiki ketangguhan serat dalam menyerap energi pada pengujian impact. Data uji kekuatan tarik dan *bending* pada serat rami ditunjukkan pada Tabel 6. dibawah ini.

Tabel 6. Data uji kekuatan tarik dan *bending* pada serat rami

Waktu perendaman alkali (Jam)	Kekuatan Tarik σ (MPa)	Uji Impact (J/mm ²)
2	33,10	0,0683
4	34,10	0,0725
6	39,41	0,0671
8	41,9	0,0671

Penelitian Ilham dkk [21] membahas pengaruh berbagai perlakuan kimia, dengan perendaman dalam senyawa NaOH 5%, ethanol 99%, dan methylethyketone (MEK). terhadap kekuatan tarik serat dalam konteks penelitian material komposit. Hasil menunjukkan semakin bertambah konsentrasi NaOH, kekuatan tarik serat menurun. Perlakuan permukaan serat juga berpengaruh pada ketahanan tarik serat tunggal. Perlakuan RAMOL 90

dan RAMEK 90 berhasil meningkatkan kekuatan tarik rerata serat di atas 1000 MP

PENUTUP

Simpulan

Pemilihan bahan material komposit dari serat alam untuk *drone* perlu mempertimbangkan beberapa faktor, antara lain: karakter mekanis (kekuatan tarik, kekakuan, dampak, *bending*, dan sebagainya), ketersediaan bahan baku, kemudahan dalam pembuatan komposit, dan kompatibilitas dengan matriks. Serat berfungsi menjadi penumpu ketahanan kombinasi, sehingga ketahanannya sangat bergantung pada penggunaan jenis serat. Tegangan kombinasi awalnya diterima oleh matriks dan kemudian dihantarkan ke serat guna menyangga berat hingga batas maksimumnya. Penyusunan kombinasi serat membutuhkan rantai bidang yang kukuh antara serat dan matriks.

Berdasarkan data dan pembahasan dari penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa serat alam memiliki potensi besar sebagai material komposit dalam berbagai aplikasi industri, termasuk industri *drone*. Setiap jenis serat alam yang diteliti, seperti serat pelepah pisang, ampas tebu, sabut kelapa, buah lontar, dan rami, menunjukkan karakteristik mekanik yang menarik dan dapat digunakan untuk meningkatkan performa material komposit.

Penelitian yang telah dilakukan pada serat pelepah pisang menunjukkan bahwa serat pelepah pisang memiliki kekuatan tarik yang signifikan, terutama pada konsentrasi massa serat. Untuk pengujian pada serat ampas tebu, menunjukkan peningkatan kekuatan tarik dan kekakuan dengan bertambahnya konsentrasi massa serat. Perlakuan alkali pada serat sabut kelapa juga memberikan efek yang signifikan terhadap sifat mekaniknya, menambah kekuatan tarik dan kekakuan material. Sedangkan, pada serat buah lontar dengan melakukan pengujian panjang serat dan kondisi perendaman, dapat mempengaruhi kekuatan mekanik komposit. Penggunaan serat rami dengan perlakuan alkali berhasil meningkatkan kekuatan tarik dan kekuatan impaknya. Ini menunjukkan bahwa perlakuan kimia dapat menjadi strategi efektif dalam meningkatkan kualitas serat alam sebagai bahan penguat dalam komposit.

Terdapat cara untuk memaksimalkan manfaat serat alam, terutama serat rami, diperlukan pemahaman yang mendalam tentang sifat fisika, mekanis, dan kimia. Serat rami memiliki sifat hidrofilik, yang berlawanan dengan sifat hidrofobik dari banyak matriks polimer yang digunakan dalam komposit. Karena itu, diperlukan perlakuan khusus pada permukaan serat untuk meningkatkan kompatibilitas antara serat dan matriks

polimer. Hal ini dicapai dengan mengurangi kandungan air yang diserap oleh permukaan serat, melalui proses yang dikenal sebagai *sizing*.

Sizing adalah proses dimana permukaan serat dilapisi dengan bahan tertentu untuk mengurangi penyerapan air. Dengan mengurangi kandungan air di permukaan serat, proses *sizing* secara signifikan meningkatkan kompatibilitas antara serat yang cenderung hidrofilik dengan matriks polimer yang umumnya bersifat hidrofobik. Dampaknya adalah peningkatan adhesi serat dengan matriks, yang secara langsung meningkatkan sifat mekanik komposit yang dihasilkan.

Selain itu, hasil dari perlakuan permukaan ini juga berdampak signifikan pada kekuatan tarik serat tunggal. Penelitian menunjukkan bahwa perlakuan tertentu, seperti RAMOL 90 dan RAMEK 90, dapat menghasilkan kekuatan tarik optimal dengan nilai rata-rata di atas 1000 MPa. Perlakuan RAMOL 90 dan RAMEK 90 melibatkan penggunaan bahan kimia dan metode tertentu yang mengubah struktur permukaan serat, menghilangkan kotoran dan lignin, serta meningkatkan adhesi antara serat dan matriks polimer.

Perlakuan permukaan pada serat rami merupakan tahapan yang sangat penting dalam upaya untuk mengoptimalkan pemanfaatan potensinya dalam aplikasi komposit. Langkah ini tidak hanya berfokus pada peningkatan sifat mekanik komposit yang dihasilkan, tetapi juga pada peningkatan interaksi antara serat dan matriks polimer yang digunakan. Serat rami menjadi opsi unggul untuk dasar kombinasi pada *drone* karena berkekuatan tinggi, cocok untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan dan daya tahan tinggi serta kekakuan yang baik guna mempertahankan bentuknya. Penggunaan kombinasi rami membuat *drone* lebih tahan terhadap benturan, guncangan, dan cuaca ekstrem, sambil memanfaatkan sumber daya terbarukan dengan biaya relatif murah dan proses pembuatan yang mudah disesuaikan. Untuk meraih manfaat maksimal dari serat rami, perlakuan permukaan yang tepat sangat penting, dan penelitian serta pengembangan lebih lanjut di bidang ini akan terus meningkatkan kualitas dan aplikasi dari serat alam dalam industri.

Saran

Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengeksplorasi kombinasi berbagai jenis serat alam untuk menciptakan komposit yang lebih unggul dan memiliki aplikasi yang lebih luas. Disarankan melakukan penelitian lanjutan dalam meningkatkan sifat mekanik serat alam melalui inovasi dalam proses perlakuan dan kombinasi bahan, yang mencakup pengembangan komposit hibrida dengan menggabungkan berbagai jenis serat alam untuk

memanfaatkan keunggulan masing-masing serat, seperti kombinasi serat pelepah pisang dan sabut kelapa.

Perlakuan serat dengan senyawa NaOH dan etanol terbukti meningkatkan sifat mekanik serat, namun perlu mempertimbangkan dampak lingkungan dari penggunaan bahan kimia tersebut. Disarankan untuk mencari alternatif bahan kimia yang lebih ramah lingkungan atau mengembangkan metode perlakuan yang mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya. Disarankan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan teknologi pengolahan serat yang lebih hemat energi dan biaya, seperti otomatisasi proses produksi dan penggunaan teknologi berbasis energi terbarukan. Hal ini dapat menurunkan biaya produksi dan membuat produk berbasis serat alam lebih kompetitif di pasar.

Setiap tahap dalam produksi komposit berbasis serat alam harus dievaluasi dampak lingkungannya, mulai dari pemilihan bahan, proses pengolahan, hingga produk akhir. Untuk itu diperlukan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA) untuk memastikan bahwa seluruh proses produksi mendukung keberlanjutan lingkungan dan mengurangi jejak karbon. Kolaborasi antara akademisi, industri, dan pemerintah diperlukan guna mendorong penelitian dan pengembangan komposit serat alam untuk *drone*. Selain itu, perlu peningkatan edukasi dan pelatihan tentang penggunaan komposit serat alam pada *drone* perlu didorong, termasuk kesadaran akan manfaatnya serta insentif bagi produsen *drone* untuk adopsi bahan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Aritonang, A. Hijrianisa, E. Pratita, H. S. Ningrum, and B. B. Pangestu, “*Drone* Berbahan Komposit Serat Rami Dengan Karbon Aktif-Barium M-Heksaferit Sebagai Radar Absorbing Material,” vol. 7, no. 1, pp. 35–43, 2024, doi: 10.30596/rmme.v7i1.17283.
- [2] E. P. Haziza, S. Aritong, and Imastuti, “Studi Komparasi Karakteristik Mekanik Serat Alam sebagai Bahan Anti Peluru: Jurnal *Review*,” vol. 7, no. 1, pp. 168–175, 2024, doi: 10.30596/rmme.v7i1.17326.
- [3] I. P. G. Suartama, I. N. P. Nugraha, and K. R. Dantes, “Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Sifat Mekanis Komposit Matriks Polimer Polyester Diperkuat Serat Pelepah Gebang,” 2016.
- [4] F. Paundra *et al.*, “Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Kekuatan Tarik dan Tekuk pada Proses Hot Pressing Komposit Hybrid Serat Bambu dan Serat Daun Nanas Bermatriks HDPE,” *J-Proteksion*, vol. 8, no. 2, pp. 91–99, 2024, doi: 10.32528/jp.v8i2.1123.
- [5] M. Sari, “Penelitian Kepustakaan (Library Research) dalam Penelitian Pendidikan IPA,” 2020.
- [6] N. Endriatno, “Analisa Pengaruh Variasi Fraksi Volume Terhadap Densitas dan Kekuatan Tarik Serat Pelepah Pisang - Epoksi,” *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 29–34, 2014.
- [7] B. Aji Saputra, Sutrisno, and Sudarno, *Pengaruh Fraksi Volume Serat Pelepah Pisang Sebagai Penguat Komposit Polimer Dengan Matriks Resin Polyester terhadap Kekuatan Tarik dan Daya Serap Air*. 2018.
- [8] G. E. G. Warsono, Sehonon, and I. R. Putra, “Analisis Kekuatan Tarik dan *Bending* Komposit Serat Pelepah Pisang,” *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, vol. 8, no. 1, pp. 167–174, Nov. 2022, doi: 10.56521/teknika.v8i1.617.
- [9] R. Fuazzidin, R. D. Anjani, and V. Naubnome, “Pengaruh Fraksi Volume Komposit Serat Pelepah Pisang Kepok Dengan Polyester Dan Filler Terhadap Sifat Mekanik Effect of Volume Fraction of Banana Kepah Fiber Composite With Polyester And Filler on Mechanical Properties,” *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, vol. 11, no. 2, pp. 223–237, 2023, doi: 10.23887/jptm.v11i2.66002.
- [10] F. Paundra, A. D. Setiawan, A. Muhyi, and F. Qalbina, “Analisis Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Berpenguat Serat Batang Pisang Kepok dan Serat Pinang,” *Journal Mechanical Engineering (NJME)*, vol. 11, no. 1, pp. 9–13, 2022.
- [11] C. Pramono, S. Widodo, and M. G. Ardiyanto, “Karakteristik Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu Dengan Matriks Epoxy,” 2019.
- [12] S. T. Dwiwati, “Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Sifat Komposit Serat Tebu/Poliester,” 2014.
- [13] R. Bifel, E. U. K. Maliwemu, and D. G. H. Adoe, “Pengaruh Perlakuan Alkali Serat Sabut Kelapa terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester,” *LONTAR Jurnal Teknik Mesin UNDANA*, vol. 02, no. 01, pp. 61–68, 2015, [Online]. Available: <http://ejournal-fst-unc.com/index.php/LJTMU>
- [14] M. A. Haq, V. Naubnome, and N. Fauji, “Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik dan *Bending* Komposit Serat Serabut Kelapa Bermatriks Poliester,” *ROTOR*, vol. 15, no. 2, pp. 53–57, 2022.
- [15] I. Mawardi, Azwar, and A. Rizal, “Kajian Perlakuan Serat Sabut Kelapa Sifat Mekanis Komposit Epoksi Serat Sabut Kelapa,” 2017.
- [16] M. Matasina, K. Boimau, and J. U. T. Jasron, “Pengaruh Perendaman Terhadap Sifat Mekanik Komposit Polyester,” 2014.

- [17] Y. Bella, W. Suprpto, and S. Wahyudi, “Pengaruh Fraksi Volume Serat Buah Lontar terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Impak Komposit Bermatrik Polyester,” 2014.
- [18] K. Boimau, A. Seran, W. Bunganaen, and R. N. Selan, “Efek Panjang Serat Terhadap Sifat Tarik Komposit Poliester Berpenguat Serat Buah Lontar Yang Diberi Perlakuan Alkali,” *Jurnal Mesin Nusantara*, vol. 5, no. 1, pp. 129–140, Jun. 2022, doi: 10.29407/jmn.v5i1.17948.
- [19] M. Sulaiman and M. H. Rahmat, “Kajian Potensi Pengembangan Material Komposit Polimer dengan Serat Alam Untuk Produk Otomotif,” 2018.
- [20] P. I. Purboputro and A. Hariyanto, “Analisis Sifat Tarik dan Impak Komposit Serat Rami Dengan Perlakuan Alkali Dalam Waktu 2, 4, 6, dan 8 Jam Bermatrik Poliester,” *Media Mesin: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 18, no. 2, pp. 64–75, 2017.
- [21] M. M. Ilham and H. Istiqlaliyah, “Pemanfaatan Serat Rami (*Boehmeria Nivea*) Sebagai Bahan Komposit Bermatrik Polimer,” 2019.