

Studi Komparasi Karakteristik Mekanik Serat Alam sebagai Bahan Anti Peluru: Jurnal Review

Ellsa Putri Haziza¹, Sovian Aritonang^{1*} & Imastuti¹

¹) Universitas Pertahanan Republik Indonesia

Program Studi Fisika Militer, Fakultas MIPA, Jawa Barat 16810, Indonesia

*E-mail: sovian.aritonang@idu.ac.id

ABSTRACT

Indonesia has abundant natural resources, but if they are not optimized, they will end up as waste. Natural fibers come from plants, animals or minerals, standing out with certain advantages that differentiate them from artificial fibers. These advantages include the ability to decompose naturally (biodegradable), good strength and durability, and sustainable income through farming or capturing natural resources that produce fiber. The impact strength of composite materials combining natural fibers and synthetic fibers in ballistic material applications has grown rapidly. However, the use of synthetic fibers as reinforcement in composite materials has had a negative impact on the environment because they are difficult to decompose naturally and can cause long-term environmental disturbances. Therefore, utilizing natural fibers as reinforcement in composite materials is considered a good step. This update in research compares the characteristics of natural fibers in the use of ballistic materials. The natural fibers used are palm fiber, snake fruit midrib fiber, corn husk fiber, pineapple leaf fiber, water hyacinth fiber, hemp fiber. Ballistic material made from natural fibers.

Keywords : Natural Fibers, Materials, Composites

PENDAHULUAN

Dalam industri pertahanan, permintaan akan peralatan pertahanan semakin meningkat seiring dengan kemajuan globalisasi, yang memunculkan kebutuhan akan peralatan yang semakin kompleks. Terobosan di dalam material baru, terutama dalam material balistik yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui (disebut juga sebagai *green material*), terus dikembangkan. Material balistik 'hijau' diharapkan mampu menghadirkan solusi dengan bobot yang lebih ringan tetapi tetap menjaga ketahanan terhadap peluru yang optimal. Perlindungan peluru bagi prajurit TNI – Polri memegang peranan penting, terutama dalam situasi yang memerlukan tindakan tegas, seperti penumpasan terorisme dan separatisme, terutama di wilayah seperti Papua. Perlindungan ini sering kali melibatkan penggunaan alat pelindung tembakan, seperti rompi anti peluru, yang merupakan peralatan standar yang sering digunakan oleh prajurit yang bertugas. Pembaruan dalam penelitian ini membandingkan karakteristik serat alam dalam penggunaan material balistik. Serat alam yang digunakan berupa Serat kelapa sawit[1], serat pelepah salak, serat kulit jagung, serat daun nanas, serat eceng gondok, serat rami. Material balistik yang terbuat dari serat alam tersebut diharapkan dapat memenuhi permintaan dalam industry pertahanan[2].

Saat terjadi benturan antara peluru dan bahan anti peluru, energi kinetik tersebut diserap dan dibagikan ke area yang dilindungi oleh perlindungan peluru[3]. Meskipun seringkali perisai peluru mampu menahan peluru, tetapi dalam prakteknya, penggunaan baju anti peluru masih dapat menyebabkan cedera fisik seperti memar, bengkak, dan luka. Selain itu, bobotnya yang cukup besar dapat mengurangi mobilitas penggunanya. Untuk alasan ini, penelitian terus dilakukan dalam mencari alternatif material yang memiliki ketahanan terhadap energi tumbukan peluru yang sama dengan perlindungan anti peluru konvensional.

Komposit adalah hasil gabungan dua jenis material atau lebih yang bersatu pada tingkat makroskopis, membentuk suatu material baru yang lebih bermanfaat. Karakteristik mekanik komposit, seperti kekuatan, kekakuan, kelenturan, dan ketahanan, sangat dipengaruhi oleh geometri dan sifat penguat yang dipakai. Komposit menawarkan keunggulan dalam ketahanan terhadap keausan dan suhu tinggi, meskipun memiliki kekuatan dan ketahanan retak yang lebih rendah, namun dapat ditingkatkan dengan penambahan penguatan tertentu. Material penyusun komposit melibatkan dua elemen: penguat (reinforcement) dan matriks sebagai bahan dasar untuk mengikat komponen tersebut. Penguat dapat berbentuk serat atau partikel.

Material komposit sebagai sebuah terobosan dalam produksi barang – baru merupakan hasil gabungan dari matriks dan penguat yang menciptakan sifat-sifat unik. Material ini mewarisi sifat-sifat dominan yang datang dari bahan pembentuknya. Penyusunan material komposit memegang peranan penting karena sifat – sifat yang dihasilkan lebih unggul dibandingkan dengan material pembentuknya. Keunggulan material komposit sangat bervariasi. Selain kemampuan untuk didaur ulang, material ini punya ketahanan lama, mampu menahan korosi, dan mampu menahan suhu panas[4]. Daya desain dan ketahanan jangka panjang material ini menjadikannya solusi yang dicari dalam berbagai aplikasi, termasuk di dalam proses pembuatan produk manufaktur. Kekuatan impak material komposit yang menggabungkan serat alam dan serat sintetis dalam aplikasi material balistik telah berkembang pesat. Material ini menawarkan keuntungan seperti ketersediaan mudah, kepadatan yang rendah, kekuatan yang fleksibel, sifat yang dapat diperbarui, dan kemampuan terurai secara biodegradable. Kajian ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada serat sintetis seperti kevlar atau fiberglass, sekaligus menekan biaya produksi.

Pada saat ini, material komposit yang menggunakan serat sintetis sebagai penguat telah merambah berbagai sektor kehidupan, termasuk kebutuhan rumah tangga, industri otomotif di darat, laut dan penerbangan, peralatan olahraga, sektor kesehatan, dan perlengkapan pelindung seperti rompi anti peluru. Namun, pemanfaatan serat sintetis sebagai penguat dalam material komposit telah memberikan dampak negatif pada lingkungan karena sulit terurai secara alami dan dapat menimbulkan gangguan lingkungan jangka panjang. Karenanya, memanfaatkan serat alami sebagai penguat dalam material komposit dianggap sebagai langkah yang bijaksana. Ini dikarenakan serat alami dapat terurai secara alami dan memiliki berbagai jenis serat alami yang tersedia, termasuk Serat kelapa sawit, serat pelepah salak, serat kulit jagung, serat daun nanas, serat eceng gondok, serta serat rami.

Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah, namun jika tidak dioptimalkan, akan berakhir sebagai limbah. Penelitian yang dilakukan sejak tahun 2018 telah menganalisis karakteristik serat alam saat digunakan sebagai penguat dalam material komposit. Serat alam berasal dari tumbuhan, hewan, atau mineral, menonjol dengan keunggulan tertentu yang membedakannya dari serat buatan. Keunggulan tersebut meliputi kemampuan untuk terurai secara alami (biodegradable), kekuatan dan ketahanan yang baik, dan penghasilan yang berkelanjutan melalui pertanian atau penangkapan sumber daya alam yang menghasilkan serat. Serat alam terbagi menjadi tiga jenis, yaitu serat tumbuhan, hewan, dan mineral. Serat nabati dipilih dengan persyaratan sebagai berikut: kekuatan, daya tahan, bentuk tetap, permukaan halus atau bertekstur tergantung pada kebutuhan produk. Bahan utama serat tumbuhan adalah selulosa, komponen struktural utama dinding sel tumbuhan. Seleksi serat tumbuhan mempertimbangkan kriteria seperti kekuatan, daya tahan, kekekalan bentuk, serta tekstur permukaan yang disesuaikan dengan persyaratan produk. Serat tumbuhan utamanya mengandung selulosa, komponen struktural pada dinding sel pelindung tumbuhan. Sebagai contoh, serat rami memiliki kompatibilitas yang baik dengan berbagai jenis serat, baik alamiah maupun sintetis, memudahkan pencampuran dengan serat lainnya. Serat alam digunakan dalam berbagai industri, termasuk tekstil, otomotif, dan konstruksi. Penggantian serat sintetis dengan serat alam dianggap sebagai langkah bijak dalam meningkatkan nilai ekonomis serat alam, mempertimbangkan keterbatasan sumber daya alam yang tak dapat diperbaharui. Kajian tentang penggunaan serat alam sebagai komponen penguat dalam komposit sangat krusial untuk memberikan panduan dan saran bagi riset yang akan datang. Meskipun fokus tinjauan ini adalah pada penggunaan komposit dengan serat alam sebagai perlindungan tubuh dalam rompi anti peluru, hasil kajian ini tidak dimaksudkan sebagai data yang menyeluruh.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dalam Menyusun artikel ini adalah metode penelitian kepustakaan (Library Research). Metode penelitian ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari berbagai literatur dan berbagai referensi seperti membaca dari buku, jurnal ilmiah, dan sumber dari internet yang masih berkaitan dengan topik yang diambil. Literatur ini banyak membahas rangkuman dan ulasan dari beberapa sumber yang diambil yaitu membahas Studi Komparasi Karakteristik Mekanik Serat Alam sebagai Bahan Anti Peluru.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada artikel ini membahas karakterisasi bahan anti peluru berbasis serat alam mencakup serat kelapa sawit, Serat rami, Serat daun nanas, serat kulit jagung.

Serat Kelapa Sawit

Indonesia, sebagai negara agraris, menunjukkan peningkatan signifikan dalam luas perkebunan, rata-rata sekitar 11,12% per tahun berdasarkan data tahun 2009 dan Sekitar 1,9 juta ton tandan kosong kelapa sawit dihasilkan setiap tahun, yang setara dengan 4 juta ton dalam kondisi basah. Kondisi ini menciptakan surplus bahan baku yang melimpah. Ketersediaan bahan baku yang berlebihan ini memungkinkan peluang pengembangan beberapa produk unggulan dan penerapan teknologi yang sesuai. Di antaranya, penggunaan tandan kosong kelapa sawit untuk produksi papan serat komposit yang diperkuat oleh Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan dimensi 100 x 300 mm.[5] Peningkatan produksi kelapa sawit yang dibarengi dengan pertumbuhan ekonomi telah memunculkan permasalahan penting dalam pengelolaan limbah padat dari industri ini. Limbah-limbah tersebut seperti sekam padi, sekam, dan tempurung kelapa mengandung bahan organik dalam jumlah tinggi sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan jika tidak ditangani dengan baik. Kondisi ini mendorong penelitian dan upaya pengelolaan limbah padat kelapa sawit secara lebih efisien dan ramah lingkungan. Pengelolaan limbah yang baik dapat memberikan peluang untuk mendaur ulang dan meningkatkan nilai ekonomi dari limbah tersebut. Salah satu limbah yang berpotensi besar untuk dimanfaatkan adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) atau biasa disebut limbah padat pabrik kelapa sawit. Setiap tahunnya, jumlah sampah tersebut menghasilkan sekitar $\pm 23,3$ ton atau setara dengan 4.444 sampah/ha. Namun, penggunaan serat TKKS dalam produksi komposit merupakan sebuah langkah maju dalam penggunaan limbah kelapa sawit. Dengan mengintegrasikan TKKS ke dalam komposit, pengelolaan sampah ini dapat dilakukan secara lebih berkelanjutan untuk mendukung upaya pengurangan dampak lingkungan.[5]

Penelitian melibatkan proses pengolahan limbah TKKS, menguji tekanan statis pada komposit material, dan mengevaluasi karakteristiknya. Penelitian ini berhasil mengevaluasi Kemampuan tekan material komposit yang bergantung pada serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan matriks yang menggunakan Resin Polyester Tak Jenuh tipe BQTN-157 telah diuji. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata tegangan kekuatan tekan sebesar $65,5 \text{ N/mm}^2$. Di sisi lain, pengujian regangan material komposit TKKS menunjukkan hasil sebesar 0,073 mm, dengan modulus elastisitas sebesar 926,34 MPa. Hasil ini mengindikasikan bahwa material komposit TKKS memiliki kekuatan tekan yang signifikan, serta regangan yang relatif rendah, dan modulus elastisitas yang baik. Kesimpulan ini memperlihatkan bahwa material komposit TKKS memiliki potensi untuk digunakan sebagai material teknik yang kuat dan tahan lama.[6]

Perubahan kekuatan tahanan benturan bahan anti peluru sejalan dengan perubahan konsentrasi serat TKKS merupakan fokus penelitian. Dari hasil studi tersebut, diketahui bahwa sejalan dengan peningkatan konsentrasi serat TKKS, kekuatan tahanan benturan juga meningkat. Khususnya, dari hasil pengujian, biokomposit dengan konsentrasi serat 18% menunjukkan hasil kekuatan tahanan benturan yang optimal dibandingkan dengan sampel lain yang diuji.[7]

Dilakukan studi tentang pembuatan komposit serat bermetrik poliester dari serat acak buah kelapa sawit. Kadar air dalam serat diidentifikasi dengan metode pemanasan menggunakan oven pada suhu 62°C . Pembuatan komposit dilakukan menggunakan teknik cetak tekan untuk fraksi berat serat (dari 19 hingga 42%). Sampel yang dihasilkan sesuai dengan standar ASTM D 638 (ASTM, 2002). Hasil uji menunjukkan peningkatan kekuatan tarik secara sejajar dengan peningkatan fraksi berat serat. Sementara modulus dan regangan patah tetap stabil hingga fraksi berat serat 30%, namun mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada fraksi berat serat di atas 36%.

Serat Rami

Rami, juga dikenal sebagai rumput Cina, termasuk dalam kelompok batang berserat yang menghasilkan serat dari kulit kayunya. Secara kimiawi, rami diklasifikasikan sebagai serat selulosa yang mirip dengan serat tumbuhan lain seperti kapas, rami, rami, dll. Keunggulan utama rami

adalah kompatibilitasnya yang baik dengan serat yang berbeda, baik alami maupun sintesis, memungkinkan pencampuran tanpa masalah dengan jenis serat apa pun. Penggunaan serat rami semakin populer khususnya pada industri komposit sebagai serat penguat. Diperkirakan permintaan serat alami dari pabrik pengganti fiberglass untuk produk komposit di pasar global dapat mencapai 120.000 ton. Di Eropa, diperkirakan konsumsi serat alami untuk produk komposit meningkat sebesar 10% per tahun. Misalnya saja penggunaan serat alam sebagai material komposit pada setiap mobil bisa mencapai 5-10 kg. Dengan peluang yang sangat besar ini, penting untuk memanfaatkan sepenuhnya pertumbuhan ganja dengan meningkatkan budidaya, menguasai teknologi pemrosesan, dan mendiversifikasi produk akhir.[8]

Dalam pengujian balistik, spesimen yang terbuat dari serat rami anyaman berhasil menahan peluru dan tidak mengalami retak dengan deformasi peluru sebesar 4,5 mm. Karena karakteristik ini, spesimen tersebut dapat memenuhi standar rompi anti peluru level 1 sesuai dengan standar NIJ 0108.01. Sementara pada pengujian bending dengan metode standar ASTM D790-02, berdasarkan pembebanan titik pada tiga titik yang dikenal sebagai "Three Point Bending", terlihat bahwa variasi struktur serat rami lurus menunjukkan hasil beban maksimum paling besar, dengan rata-rata kekuatan bending sebesar 2,447 Kgf/mm² [9].

Peningkatan durasi perlakuan dengan larutan alkali mengakibatkan penurunan tegangan bending. Tegangan bending tertinggi diamati pada komposit yang tidak melalui perlakuan alkali, yakni sekitar 70,39 MPa, sementara tegangan bending terendah terjadi pada komposit yang melalui perlakuan alkali selama 6 jam, sekitar 51,70 MPa. Perlakuan larutan alkali pada serat limbah rami mengakibatkan penurunan regangan bending pada komposit yang diperkuat oleh serat limbah rami. Regangan bending paling tinggi terlihat pada komposit tanpa perlakuan alkali, sekitar 1,85%, sementara regangan bending terendah terlihat pada komposit yang melalui perlakuan alkali selama 6 jam, sekitar 1,27%. Waktu perlakuan alkali hanya sedikit meningkatkan modulus elastisitas bending. Komposit yang diperkuat oleh serat limbah rami tanpa perlakuan alkali menunjukkan ciri-ciri fiber pull out, sedangkan pada komposit yang telah mengalami perlakuan alkali, selain mengalami fiber pull out, juga mengalami debonding [10].

Serat Daun Nanas

Diperoleh data dari Badan Pusat Statistik (BPS), produksi nanas di Indonesia pada tahun 2021 memperoleh hasil 2,89 juta ton, mengalami pertumbuhan sekitar 17,95% dibandingkan dengan jumlah produksi pada tahun sebelumnya yang sebesar 2,45 juta ton. Namun, informasi dari sumber lain menunjukkan bahwa produksi nanas pada tahun 2022 telah meningkat menjadi 3,2 juta ton, menunjukkan peningkatan sekitar 10,99% dari jumlah produksi sebelumnya. Serat daun nanas adalah sejenis serat alami yang diperoleh dari daun-dan tanaman nanas. Sifat dari serat daun nanas meliputi tekstur yang lembut, halus, serta kekuatan yang membuatnya layak sebagai bahan kain dalam kategori serat alami, baik untuk pembuatan kain tenun atau kain *nonwoven*. Di samping itu, berbagai produk jadi yang dapat dihasilkan dari serat nanas termasuk tirai penutup jendela, penutup dinding (wallpaper), bahan baku pembuatan kertas (pulp), serta beragam produk kerajinan seperti tas, gorden, rambut tiruan, penggunaan serat dalam interior mobil, jaring-jaring ikan, serta bahan mentah untuk pembuatan furnitur seperti meja, papan, asbes, dan sebagainya.[11]

Berdasarkan riset sebelumnya, nanas telah diidentifikasi sebagai salah satu komoditas utama Indonesia dengan produksi mencapai 1,8 juta ton per tahun, Badan Pusat Statistik (2019). Setiap panen nanas dilakukan sebanyak 2 hingga 3 kali, yang mengakibatkan produksi limbah berupa daun nanas. Dalam situasi ini, Supriyatna (2018) menyoroti potensi pemanfaatan limbah daun nanas untuk menghasilkan produk dengan nilai tambah. Sebuah penelitian dilaksanakan pada tahun 2021 oleh Galindra Mutiara Rahmatullah, Boy Rollastin, dan Juanda yang menggunakan serat daun nanas sebagai penguat dalam komposit. Penelitian ini mempertimbangkan variabel ketebalan produk spesimen uji, yaitu 10 mm, 15 mm, dan 20 mm. Uji tembak dilakukan mengacu pada Standar NIJ Standard 01.01.06. Penelitian tersebut menerapkan tipe III-A untuk uji peluru 9 mm FMJ, dengan massa peluru sekitar 8,0 gram, kecepatan minimum peluru sekitar 365 m/s, dan kedalaman deformasi maksimum sekitar 44 mm.[11] Kekuatan tarik komposit serat daun nanas dengan matriks polyester dan epoxy pada susunan lurus menunjukkan peningkatan, mencapai 42,82 Kgf/mm² dengan tingkat regangan sebesar 13,4%. Sementara itu, dalam hal kekuatan dampak, komposit serat daun nanas dengan matriks polyester dan epoxy pada pengaturan lurus

menunjukkan nilai yang lebih tinggi, yaitu 0,0751 Joule/mm² dengan energi yang diserap sebesar 7,5388 Joule. Terlihat bahwa pengaturan komposit serat daun nanas berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik dan dampak pada bahan dengan matriks polyester dan epoxy.[12]

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada ketiga spesimen uji, terdapat kegagalan pada saat uji tembak karena proyektil mampu menembus spesimen. Keberhasilan rompi anti peluru, khususnya dalam konteks personel TNI, terutama terlihat pada kemampuannya dalam menahan penetrasi. Oleh sebab itu, kegagalan rompi anti peluru ditandai oleh keberhasilan proyektil menembus body armor yang digunakan. Evaluasi ini berdasarkan parameter standar NIJ 0101.06, yang menilai tingkat penetrasi. Galindra (2021) menjelaskan bahwa kegagalan dalam menahan proyektil disebabkan oleh faktor internal, termasuk proses pembuatan spesimen terutama pada tahap pencampuran HGM epoxy dan serat nanas. Keberadaan gelembung dalam proses ini dapat menyebabkan hasil yang tidak sesuai atau cacat. Faktor eksternal juga berperan, termasuk sudut penembakan, sifat mekanis dari peluru, bentuk peluru, serta suhu atau temperature dalam lingkungan.[11]

Serat Kulit Jagung

Komposit serat kulit jagung adalah hasil perpaduan serat kulit jagung dengan matriks poliester. Sejumlah penelitian telah dilaksanakan guna mengevaluasi karakteristik fisik dan mekanik dari komposit ini. Hasil uji menunjukkan bahwa komposisi serat kulit jagung yang dimanfaatkan memenuhi persyaratan sebagai komposit papan serat sesuai dengan JIS A5905-2003. Pengujian fisik mencakup penilaian densitas, daya penyerapan air, dan kadar air, sementara uji mekanik melibatkan kekuatan lentur, kekuatan tarik, dan kekuatan tahanan terhadap benturan.[13]

sejumlah penelitian telah memaparkan sifat mekanik dari komponen jagung yang digunakan sebagai bahan isi komposit. Wiyono dan Supardi (2013) menyelidiki sifat tarik dan bending komposit klobot jagung yang diperkuat dengan resin polyester dalam rentang fraksi berat serat antara 10% hingga 25%. Hasil menunjukkan bahwa komposit menunjukkan kekuatan tarik tertinggi pada fraksi berat serat 20% sama dengan senilai 27 MPa, sementara yang paling rendah terdapat pada fraksi berat serat 10% sama dengan senilai 13 MPa. Modulus elastisitas tertinggi terdapat pada fraksi berat serat 20%, yakni 1810 MPa, sementara nilai terendah terdapat pada fraksi berat 10%, yaitu 783 MPa. Selain itu, (Silalahi, 2013) melakukan karakterisasi komposit serat kulit jagung dengan matriks poliester pada kisaran fraksi serat antara 0 hingga 5%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa menggunakan komposisi serat kulit jagung yang dimanfaatkan memenuhi syarat dari segi kekuatan Tarik dan elastisitas sebagai papan serat komposit sesuai dengan standar JIS A5905-2003. (Maulana & Dyah Sulistyowati, n.d.)

Serat Pelepah Salak

Salak adalah tanaman dengan beragam manfaat. Di samping memanfaatkan buahnya, potensi dari salak dapat diperoleh dari bagian lain seperti biji, kulit, dan pelepah. Biji salak umumnya digunakan sebagai prioritas untuk penanaman kembali. Namun, biji salak memiliki beragam potensi dan telah dimanfaatkan dalam sejumlah industri kecil, seperti pembuatan aksesoris kendaraan, kerajinan, dan dalam bidang pengobatan. Namun, pengembangan salak secara umum masih lebih difokuskan pada buahnya. Buah salak menghasilkan serat alam yang memiliki kekuatan yang berguna sebagai penguat dalam komposit. Upaya juga telah dilakukan untuk memanfaatkan pelepah tanaman salak dalam industri pulp, walaupun penggunaannya menimbulkan beberapa kendala karena pelepah salak termasuk dalam kategori serat alami.[14]

Hasil penelitian menunjukkan potensi yang dapat manfaatnya digunakan oleh para peneliti dalam pengembangan material berbasis serat komposit, yang diharapkan dapat digunakan dalam pembuatan material rompi anti peluru. Penelitian ini menjadi relevan karena kelimpahan serat pelepah salak menjadi pertimbangan utama. Praktek pemangkasan pelepah salak menjadi salah satu strategi untuk meningkatkan produktivitas tanaman salak sesuai dengan Standar Prosedur Operasional (SPO) Good Agricultural Practices (GAP). Rutin setiap 4 bulan, pelepah pohon salak dipangkas 3-4 kali, menghasilkan limbah pelepah salak hingga 1368 ton per bulan. Bagian limbah pelepah salak sebagian digunakan sebagai bahan organik untuk tanaman salak, sedangkan sebagian lainnya dibuang, dibakar, atau diolah menjadi kerajinan. Pengembangan material komposit dengan

serat alam dari pelepah pohon salak menjadi fokus dalam Riset Nasional Tahun 2020-2024, khususnya terkait pertahanan dan keamanan[15]

Hasil pengujian komposit dari serat pelepah batang salak dengan variasi fraksi volume menunjukkan perbedaan nilai pada dua spesimen yang diuji, Kedua spesimen yang diuji menunjukkan perbedaan nilai. Spesimen pertama, yang memiliki komposisi (73% resin, 2% katalis, 25% serat pelepah salak) pada sudut 30°, menunjukkan rata-rata energi terserap sebesar 10,700 Joule dan rata-rata harga impact sebesar 0,013 Joule/mm². Di sisi lain, spesimen kedua, dengan komposisi (83% resin, 2% katalis, 15% serat pelepah salak) pada sudut 30°, menunjukkan rata-rata energi terserap sebesar 5,877 Joule dan rata-rata harga impact sebesar 0,006 Joule/mm². Dari hasil pengujian tersebut, terlihat bahwa energi terserap dan harga impact pada masing-masing spesimen menunjukkan perbedaan nilai. Perbandingan rata-rata energi terserap dan harga impact dari pengujian kedua spesimen pada sudut 30° menunjukkan bahwa spesimen pertama menunjukkan nilai tertinggi dibandingkan dengan spesimen kedua. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak serat, kekuatan impactnya akan semakin tinggi, sedangkan semakin sedikit serat akan menghasilkan kekuatan yang lebih rendah pada spesimen.[15]

Serat Eceng Gondok

Serat eceng gondok, merupakan serat alami yang berasal dari dedaunan tanaman eceng gondok. Sifat-sifat serat ini mencakup kelembutan, kehalusan, serta kekuatan, yang memungkinkannya digunakan sebagai bahan baku dalam beragam produk seperti kerajinan tangan, kertas, dan material bangunan. Tidak hanya itu, serat eceng gondok juga memiliki potensi sebagai bahan baku bioetanol dan bahan bakar kalori tinggi. Namun, pertumbuhan yang cepat dari eceng gondok dapat berdampak negatif terhadap lingkungan perairan karena kemampuannya menyebar di berbagai saluran air. Oleh karena itu, manajemen yang tepat terhadap ekosistem perairan sangat penting untuk mengurangi dampak negatif dari pertumbuhan eceng gondok.

Hasil uji menunjukkan bahwa kekuatan tarik rata-rata serat eceng gondok mencapai 7,696 Kg/mm². Pengamatan data mendasari penemuan bahwa struktur permukaan berasal dari serat eceng gondok memiliki ciri-ciri berbentuk tabung silindris dengan penampang lingkaran dan memiliki warna kuning kecoklatan. Pengujian tarik menunjukkan hasil sebesar 9,56 Kg/mm². Ketika mempertimbangkan variasi komposit susunan serat (vertikal/horizontal), hasil uji tarik menunjukkan performa terbaik dengan yield stress sebesar 17,423 MPa dan max stress 19,077 MPa. Hasil ini mengindikasikan bahwa semakin beragam susunan serat, semakin tinggi kekuatannya. Pada susunan serat berlapis, kemampuan dalam meredam kecepatan peluru menjadi lebih baik, berbeda dengan susunan serat searah vertikal. Hal ini disebabkan oleh adanya pengikatan yang kuat antara serat dan resin, yang menyebabkan proyektil yang tertinggal menempel pada permukaan uji balistik. Terlihat bahwa Ketika memiliki nilai kekuatan balistik yang rendah, maka kekuatan kompositnya akan semakin baik [16].

KESIMPULAN

Pemilihan serat yang sesuai untuk aplikasi bahan anti peluru bergantung pada sejumlah faktor, termasuk kekuatan, daya tahan, kekerasan, dan karakteristik lainnya. Namun, secara umum, serat yang memiliki sifat mekanik yang kuat, ketahanan terhadap tekanan, dan kemampuan menahan penetrasi peluru merupakan hal yang diutamakan.

Serat kelapa sawit adalah salah satu kandidat yang paling sesuai untuk bahan anti peluru. Serat ini terkenal karena kekuatan dan ketahanannya yang baik, serta karakteristik mekanik yang tangguh. Hasil ini mengindikasikan bahwa material komposit TKKS memiliki kekuatan tekan yang signifikan, serta regangan yang relatif rendah, dan modulus elastisitas yang baik. Kesimpulan ini memperlihatkan bahwa material komposit TKKS memiliki potensi untuk digunakan sebagai material teknik yang kuat dan tahan lama. Dari berbagai serat dalam konteks bahan anti peluru dapat memberikan penjelasan yang lebih pasti terkait serat mana yang paling sesuai untuk aplikasi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. W. Lubis, M. Yani, C. A. P. Siregar, and S. Gunawan, "Development of cigarette butt fibre filter reinforced by opefb fiber composite material for trash can," *J Phys Conf Ser*, vol. 2193, no. 1, p. 012021, Feb. 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2193/1/012021.
- [2] S. Ali and S. -, "Pembuatan Papan Serat Komposit Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Metode Penuangan Secara Langsung Berukuran 100x300 mm," *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, vol. 4, no. 1, May 2018, doi: 10.35308/jmkn.v4i1.1582.
- [3] O. Riza, S. Nikmatin, H. Hardhienata, and F. A. Syamani, "Analisa Sifat Mekanik pada Bahan Anti Peluru dari Adisi Berpenguat Serat Panjang Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)," *Newton-Maxwell Journal of Physics*, vol. 3, no. 1, pp. 24–32, May 2022, doi: 10.33369/nmj.v3i1.17567.
- [4] S. Huzni *et al.*, "The Role of Typha angustifolia Fiber–Matrix Bonding Parameters on Interfacial Shear Strength Analysis," *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 5, p. 1006, Mar. 2022, doi: 10.3390/polym14051006.
- [5] S. Ali, "Pembuatan Papan Serat Komposit Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Metode Penuangan Secara Langsung Berukuran 100x300 mm," vol. 4, no. 1, 2017.
- [6] S. Ali and R. Ar, "Kuat Tekan Material Dari Bahan Komposit Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)," vol. 3, no. 5, 2017.
- [7] O. Riza, S. Nikmatin, H. Hardhienata, and F. A. Syamani, "Analisa Sifat Mekanik pada Bahan Anti Peluru dari Adisi Berpenguat Serat Panjang Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)." [Online]. Available: <https://www.ejournal.unib.ac.id/index.php/nmj>
- [8] E. Novarini and M. D. Sukardan, "POTENSI SERAT RAMI (BOEHMERIA NIVEA S. GAUD) SEBAGAI BAHAN BAKU INDUSTRI TEKSTIL DAN PRODUK TEKSTIL DAN TEKSTIL TEKNIK," *Arena Tekstil*, vol. 30, no. 2, Dec. 2015, doi: 10.31266/at.v30i2.1984.
- [9] S. R. Reinaldi Teguh Setyawan, "ANALISIS VARIASI STRUKTUR SERAT RAMI KOMPOSIT Matrik Epoksi Terhadap Kekuatan Uji Balistik dan Bending," *Momentum*, , vol. 16, no. 2, pp. 111–115, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.36499/jim.v16i2.3763>.
- [10] M. A. I. Dicky Fachrizal Rochman, "Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Komposit Hibrid Serat Rami dan Serat Bambu," *Jurnal Teknik Mesin, UNESA*, vol. 8, no. 2, 2020.
- [11] K. Potensi Pengembangan Material Komposit Berpenguat Bahan Alam Untuk Diaplikasikan Sebagai Body Armor, L. Lu Atun Nisa, S. Aritonang, M. TE Manawan, and T. Sudiro, "STUDY OF POTENTIAL DEVELOPMENT OF NATURAL REINFORCED COMPOSITE MATERIALS FOR APPLICATION AS BODY ARMOR."
- [12] M. G. Aloysius Uran and A. Kurniawan, "ANALISA Uji Tarik dan Uji Impact Serat Daun Nanas dan Resin Epoxy pada Material Komposit."
- [13] R. Maulana and E. Dyah Sulistyowati, "PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT Kulit Jagung Terhadap Kekuatan Tarik dan Penyerapan Air Komposit Polyurethane."
- [14] K. Potensi Pengembangan Material Komposit Berpenguat Bahan Alam Untuk Diaplikasikan Sebagai Body Armor, L. Lu Atun Nisa, S. Aritonang, M. TE Manawan, and T. Sudiro, "STUDY OF POTENTIAL DEVELOPMENT OF NATURAL REINFORCED COMPOSITE MATERIALS FOR APPLICATION AS BODY ARMOR," *Jurnal Teknologi Daya Gerak*, vol. 5, no. 1, 2022, Accessed: Jan. 15, 2024. [Online]. Available: <https://jurnalprodi.idu.ac.id/index.php/TDK/article/view/1176>
- [15] R. A. Kamal and M. A. Ghofur, "Analisis Uji Balistik Komposit Serat Pelepah Salak Dengan Resin Epoksi dan Silicon Carbida (SiC) Menggunakan Metode Vacuum Bag," *Prosiding Seminar Nasional Sains Teknologi dan Inovasi Indonesia (SENASTINDO)*, vol. 3, pp. 333–344, Dec. 2021, doi: 10.54706/senastindo.v3.2021.140.

- ◆  [16] B. Qulub, I. Hanifi, H. Purwanto, and J. M. Tengah, “Pengaruh Variasi Susunan Serat Eceng Gondok... PENGARUH VARIASI SUSUNAN SERAT ECENG GONDOK (EICHHORNIA CRASSIPES) DENGAN RESIN POLYESTER SEBAGAI BAHAN KOMPOSIT ALTERNATIF ROMPI ANTI PELURU,” *Momentum*, vol. 16, no. 2, pp. 140–143, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.36499/jim.v16i2.3769>.