

KAJIAN POTENSI PENGEMBANGAN MATERIAL KOMPOSIT BERPENGUAT BAHAN ALAM UNTUK DIAPLIKASIKAN SEBAGAI BODY ARMOR

STUDY OF POTENTIAL DEVELOPMENT OF NATURAL REINFORCED COMPOSITE MATERIALS FOR APPLICATION AS BODY ARMOR

Luk Lu Atun Nisa^{1,a}, Sovian Aritonang^{1,b} Maykel TE Manawan^{1,c} Toto Sudiro^{2,d}

¹FACULTY OF DEFENSE TECHNOLOGY, INDONESIA DEFENSE UNIVERSITY, BOGOR 16810, INDONESIA

¹ RESEARCH CENTER FOR PHYSICS, NATIONAL RESEARCH AND INNOVATION AGENCY, PUSPIPTK, SOUTH TANGERANG, BANTEN 15314, INDONESIA

^alulunisa018@gmail.com, ^bSovian.aritonang@idu.ac.id, ^cmaykel.manawan@idu.ac.id

^dtoto009@brin.go.id

Abstrak - Salah satu jenis komposit yang saat ini mengalami perkembangan yaitu pemanfaatan serat alam sebagai salah satu jenis bahan penyusun komposit. Di Indonesia tumbuh berbagai macam tanaman, yang dapat dimanfaatkan seratnya sebagai penguat komposit. Pemanfaatan serat alam ini salah satunya dikarenakan, serat alam merupakan bahan yang bersifat biodegradable/bisa didaur ulang. Dengan mampu mengetahui komposisi, dan karakteristik dasar pada material komposit berbahan dasar serat alam, maka dapat dijadikan sebagai dasar penelitian untuk kedepannya. Metode yang digunakan dalam beberapa penelitian pemanfaatan serat alam merupakan metode eksperimen dengan beberapa tahapan meliputi pembuatan specimen, dilanjutkan dengan pengujian seperti uji impact, uji tarik maupun uji balistik. Paper ini disusun untuk mereview tentang pengembangan serat alam sebagai bahan body armor sehingga dapat dijadikan sebagai panduan dalam penelitian lebih lanjut.

Kata kunci: biodegradable, body armor, karakteristik, dasar komposit, serat alam

Abstract - One type of composite that is currently experiencing development is the use of natural fibers as a type of composite material. In Indonesia, various kinds of plants grow, whose fibers can be used as composite reinforcement. One of the reasons for this use of natural fiber is that natural fiber is a material that is biodegradable/can be recycled. By being able to know the composition and basic characteristics of composite materials made from natural fibers, it can be used as a basis for future research. The method used in several studies on the use of natural fibers is an experimental method with several stages including the manufacture of specimens, followed by tests such as impact tests, tensile tests, and ballistic tests. This paper was prepared to review the development of natural fibers as body armor material so that they can be used as a guide for further research.

Keywords: natural fiber, composite, body armor, biodegradable, basic characteristics

Pendahuluan

Perkembangan teknologi persenjataan yang semakin maju, tentunya menuntut perkembangan

teknologi body armor, misalnya rompi anti peluru, yang berfungsi untuk melindungi personil TNI dari tembakan

proyektil. Galindra (2021) menjelaskan bahwa ketika peluru ditembakkan, maka akan berhenti sebelum bertemu dengan target, dimana akan terjadi penetrasi yang mengakibatkan dorongan dari peluru berkurang karena adanya penyebaran energi kinetik oleh momentum melalui tubuh sehingga personil TNI masih bisa merasakan energi kinetik dari peluru.

Penggunaan rompi peluru sebagai body armor pada setiap personil TNI bertujuan untuk mengurangi besarnya energi kinetik yang dihasilkan akibat penetrasi proyektil. U.S. Departement of Justice (2001) menjelaskan bahwa besar penekanan maksimal yang diperbolehkan yaitu 4.4 cm hal ini dikarenakan nilai tersebut merupakan batas keselamatan bagi personil TNI. Nanda Utama (2018) menjelaskan bahwa sebagai body armor, maka rompi anti peluru harus memenuhi beberapa syarat seperti : nyaman digunakan, ringan sehingga tidak menghambat mobilitas, serta memberikan kebebasan untuk bergerak dan bernafas terutama ketika harus berada pada suhu tinggi. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan beberapa penelitian terkait penggunaan serat alam sebagai bahan penguat komposit body armor.

Berdasarkan ASTM.D 393-00 menjelaskan bahwa suatu paduan yang terdiri atas dua atau lebih unsur, dan masing-masing komposisi memiliki sifat mekanik yang berbeda-beda disebut dengan komposit. Berdasarkan hal tersebut pada dasarnya komposit tersusun atas 2 komponen, yaitu matrik dan bahan penguat. Stopforh (2018) menjelaskan bahwa serat kevlar merupakan salah satu contoh bahan yang digunakan sebagai bahan penguat pada komposit body armor, hal ini dikarenakan serat ini mampu menahan impak yang tinggi dan memiliki kapasitas penyerapan energi yang tinggi, akan tetapi harga bahan baku ini sangat mahal.

Indonesia kaya akan tumbuh-tumbuh, ketika tidak dimanfaatkan secara maksimal tentunya akan berakhir menjadi limbah. Beberapa penelitian dari tahun 2018 menganalisis karakteristik pada serat alam ketika digunakan sebagai bahan penguat pada komposit. Eka A (2021) menjelaskan bahwa salah satu material yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan penguat pada komposit yaitu serat alam, hal ini sangat memungkinkan untuk dilakukan, melihat potensi yang ada dan seperti kita tahu serat alam memiliki nilai densitas yang lebih rendah dibandingkan serat sintesis.

Sehingga dilakukan beberapa penelitian terkait memanfaatkan serat alam sebagai pengganti serat kevlar, hal ini karena ketersediaan serat alam yang melimpah, densitas yang ringan serta memiliki sifat mekanis yang baik. Oksman (2003) menjelaskan bahwa beberapa keuntungan lain dari penggunaan serat alam, antara lain : dapat diolah secara alami dan ramah lingkungan, merupakan bahan terbarukan, mempunyai kekuatan dan kekakuan yang relatif tinggi dan tidak menyebabkan iritasi kulit. Beberapa penelitian yang telah dilakukan dari tahun 2013-2021 terkait pemanfaatan serat alam sebagai bahan penguat komposit antara lain : Serat Rami, dan Kapas ; serat kulit gaharu ; serat daun nanas ; kulit enceng gondok; serat rami ; pelepah salak; dan *Sansevieria cylindrica*.

Kajian terkait pemanfaatan serat alam sebagai salah satu bahan penguat komposit sangat penting dilakukan, agar dapat memberikan referensi dan rekomendasi bagi penelitian kedepan. Hasil dari kajian ini tidak dimaksudkan sebagai data yang komprehensif, karena review ini berfokus pada pemanfaatan komposit berpenguat serat alam untuk aplikasi body armor pada rompi anti peluru.

Metode Penelitian

Metode penelitian pada beberapa penelitian yang sudah dilakukan pada pengujian komposit berpenguat serat alam adalah metode eksperimen, dimana diawali dengan pembuatan spesimen sampai dilakukannya beberapa pengujian, seperti uji balistik, uji tarik, dan uji impact. Terdapat beberapa variabel pembeda pada masing-masing penelitian seperti, jenis serat alam yang digunakan, persentase komposisi antara matrik dengan penguat, serta pengujian yang dilakukan.

Hasil dan Pembahasan

Beberapa penelitian yang sudah dilakukan melakukan metode dan pengujian berbeda-beda, terdapat penelitian yang hanya menganalisis sifat dasar dari spesimen yang dihasilkan. Dan pada penelitian yang lain, sudah dilakukan sampai pada tahap uji balistik sebagai bahan body armor.

Berikut ini beberapa penelitian terdahulu terkait pemanfaatan serat alam sebagai penguat bahan komposit.

Serat Karbon, Rami dan kapas

Penelitian serat karbon, rami dan kapas sebagai penguat dalam material komposit dengan matrik resin poliester tipe 157, telah dilakukan pada tahun 2020,

oleh Komang Astana Widi, Gerald Pohan, Wayan Sujana, Ade Rizaldy. Variabel pada penelitian ini selain jenis serat alam yang digunakan, juga ketebalan produk body armor yaitu 5 mm, 7.5 mm, 10 mm dan 15 mm serta dilakukan uji tembak dari jarak tembak sejauh 15 meter berdasarkan standar NIJ 0101.04 Level III A dengan jarak tembak 15 meter. Selanjutnya produk dianalisis dengan pengujian foto Scanning Electron Microscope (SEM).

Astana Widi (2020) menjelaskan bahwa Penelitian diawali dengan pembuatan produk body armor sesuai dengan variabel-variabel yang telah ditentukan, meliputi ketebalan, dan penentuan layer pada masing-masing sampel. Selanjutnya dilakukan dengan pengujian tembak, dan terakhir produk di uji SEM untuk di analisis secara mikrostrukturnya, dan terakhir diambil kesimpulan. Spesimen yang disiapkan berupa target penembakan dengan resin sebagai matriknya dan penguatnya terdiri dari : serat karbon, rami, dan kapas. Cavallaro (2011) menjelaskan bahwa pada saat pembuatan produk body armor, ternyata lapisan serat rami menyerap resin akibatnya lapisan serat semakin kuat.

Pada penelitian ini susunan layer pada awalnya dilakukan secara selang-

selang, seperti karbon/kapas/karbon/kapas, hasilnya peluru mengalami penetrasi sempurna sehingga produk body armor berlubang. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan evaluasi penyusunan layer, sehingga layer diganti menjadi karbon/karbon/rami/rami/kapas/kapas/karbon/karbon. Dimana selanjutnya dilakukan uji tembak dan hasilnya peluru mengalami penetrasi sebagian sehingga peluru tidak menembus produk body armor.

Uji tembak dilakukan pada jarak tembak sejauh 15 meter dengan menggunakan peluru tembak pistol jenis G2 Elite Pindad, dimana peluru ini sudah sesuai dengan dengan standart NIJ 0101.04 level III. Berdasarkan pengujian tersebut, spesimen dengan komposisi campuran resin polyester dengan 4 lembar serat karbon, serat rami 2 lembar dan serat kapas dari celana jeans dengan ketebalan 15 mm mampu menahan laju peluru. Berdasarkan uji SEM pada beberapa produk yang gagal, dapat diketahui jika serat menjadi tidak beraturan sebagai dampak dari penetrasi peluru, serta terlihat adanya celah antara matrik dan serat.

Serat Daun Nanas

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu dijelaskan bahwa tanaman nanas termasuk komoditas unggulan negara Indonesia, Badan Pusat Statistik (2019) menyebutkan jika produksi nanas mencapai 1.8 juta ton/tahun. Tanaman nanas akan dibongkar setelah 2 hingga 3 kali panen, dan akan diganti dengan tanaman baru, tentunya akan berdampak pada hasil limbah tahunan buah nanas yang berupa daun nanas. Supriyatna (2018) menjelaskan bahwa berdasarkan hal ini muncul potensi untuk dapat memanfaatkan limbah daun nanas sehingga menghasilkan produk yang memiliki nilai tambah.

Penelitian dengan memanfaatkan serat daun nanas sebagai penguat komposit dilakukan pada tahun 2021, oleh Galindra Mutiara Rahmatullah, Boy Rollastin, dan Juanda. Variabel pada penelitian ini ketebalan produk spesimen uji yaitu 10 mm, 15 mm, 20 mm serta dilakukan uji tembak dengan Standar NIJ Standard 01.01.06. Penelitian yang dilakukan menggunakan tipe III-A untuk test ammunition sebesar 9 mm FMJ, nominal bullet mass sebesar 8,0 g, minimum required bullet sebesar 365 m/s dan maksimum depth of deformation sebesar 44 mm.

Selanjutnya penelitian diawali dengan pembuatan spesimen uji dengan menggunakan serat daun nanas dengan ketebalan masing-masing spesimen uji yang berbeda, kemudian dilanjutkan dengan uji tembak. Preparasi sampel dimulai dengan membersihkan dan mengambil serat daun nanas, dengan dicuci dan dikeringkan. Selanjutnya daun nanas dibersihkan dengan direndam pada NaOH 5% selama 2 jam. Kemudian dilakukan penimbangan pada daun nanas, HGM resin epoxy, dan hardener sesuai dengan ketentuan yang sudah dihitung. Daun nanas yang sudah ditimbang kemudian diatur kedalam cetakan, kemudian resin epoxy dan hardener dicampur terlebih dahulu, baru kemudian dituangkan kedalam cetakan. Setelah kering spesimen dikeluarkan dari cetakan dan dianalisis apakah terdapat cacat atau tidak. Saat spesimen sudah siap maka dilanjutkan dengan uji tembak.

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan dari ketiga spesimen uji mengalami kegagalan pada saat uji tembak, hal ini dikarenakan spesimen dapat tertembus proyektil. Body armor yang digunakan pada personil TNI, dinilai sukses ketika mampu menahan penetrasi yang terjadi, sehingga bisa dikatakan

kegagalan rompi anti peluru ditandai dengan proyektil yang mampu menembus body armor yang digunakan. Kriteria ini berdasarkan standar NIJ 0101.06 yang dinilai dari aspek penetrasi. Galindra (2021) menjelaskan bahwa kegagalan dalam menahan proyektil disebabkan faktor internal meliputi proses pembuatan spesimen terutama pada saat pencampuran HGM epoxy dan serat nanas, dimana ketika adanya gelembung akan menyebabkan hasil yang cacat, dan faktor eksternal meliputi: sudut penembakan, sifat mekanis peluru, bentuk peluru dan temperatur.

Kulit Enceng Gondok

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu dijelaskan bahwa enceng gondok termasuk kedalam tumbuhan air, yang dapat mengalami pertumbuhan dengan cepat, sehingga dapat merusak ekosistem perairan. Contohnya di Rawa Pening Jawa Tengah, Enceng gondok tumbuh subur di area tersebut, diambil dari suaramerdeka.com Pertumbuhan eceng gondok yang sangat cepat ini berdampak buruk terhadap aktivitas manusia, serta kehidupan flora fauna danau. Sebenarnya oleh warga masyarakat sekitar telah melakukan memanfaatkan enceng gondok sebagai

bahan untuk membuat kerajinan, namun pemanfaatan tersebut belum dilaksanakan secara maksimal, sehingga dibutuhkan penelitian lebih lanjut terkait pemanfaatan enceng gondok.

Prasetyaningrum (2009) menjelaskan bahwa serat eceng gondok merupakan salah satu material natural fiber yang cocok dalam alternative dalam pembuatan komposit. Yudo (2007) menjelaskan bahwa serat enceng gondok yang disusun sebagai penguat dalam material komposit harus disusun dengan sudut 0° C, akan memiliki kekuatan tarik lebih besar dibandingkan dengan sudut 45° C dengan matrik polyester.

Penelitian dengan memanfaatkan kulit enceng gondok sebagai penguat komposit dilakukan pada tahun 2018, oleh Topan Asmoro Aji, Helmy Purwanto, dan Sri Mulyo Bondan Respati. Variabel pada penelitian ini ketebalan produk spesimen uji yaitu 3 mm, 6 mm, 10 mm serta dilakukan uji tembak dengan senapan agin jenis sharp innova dengan peluru jenis dome kal 4,5 dengan berat 0,54 gr. Sebelum dilakukan uji tembak, spesimen diuji tarik terlebih dahulu dengan menggunakan 2 spesimen, yaitu tanpa penguat dan dengan adanya tambahan 11% penguat.

Selanjutnya penelitian diawali dengan pembuatan spesimen uji dengan menggunakan kulit enceng gondok dengan ketebalan masing-masing spesimen uji yang berbeda, kemudian dilanjutkan dengan uji tarik dan uji tembak. Penelitian diawali dengan membuat larutan alkali yang terdiri dari pelarutan 5% NaOH dalam 500 ml Aquadest. Selanjutnya preparasi sampel dimulai dengan perlakuan alkalisasi, dengan menyiapkan batang enceng gondok yang berusia kurang lebih 8 bulan, selanjutnya batang enceng gondok tersebut, dipisahkan antara daging dan kulitnya, sehingga dihasilkan lembaran kecil dan panjang dari kulit enceng gondok. Kemudian lembaran tersebut direndam dalam larutan alkali yang telah dipersiapkan sebelumnya selama 1 jam. Setelah kulit enceng gondok kering maka dilanjutkan dengan pembuatan spesimen untuk uji balistik dan uji tarik dengan membuat anyaman kulit enceng gondok. Pengujian tarik dengan menggunakan standart ASTM D 638M-84, sedangkan pengujian balistik dengan menembakkan proyektil dari jarak 5 m, penembakan dilakukan tempat yang berbeda sebanyak 3 kali.

Hasil dari uji tarik dari 2 spesimen, menunjukkan spesimen tanpa penguat kulit enceng gondok memiliki kekuatan tarik lebih besar dibandingkan spesimen uji dengan penambahan 11% penguat kulit enceng gondok. Asmoro Aji (2018) menjelaskan bahwa hal ini dikarenakan dengan menggunakan 11% penguat kulit enceng gondok menyebabkan munculnya void, sehingga pada saat pencetakan udara dapat memasuki sela-sela anyaman, sedangkan pada spesimen tanpa penguat, hanya sedikit void yang muncul dan memiliki kondisi yang lebih padat. Hasil dari uji tembak dari ketiga spesimen, menunjukkan spesimen yang memiliki ketebalan paling besar (10 mm), terbukti mampu menahan laju proyektil, sedangkan spesimen dengan ketebalan dibawahnya (3 dan 6 mm) mampu tertembus oleh proyektil. Hal ini menunjukkan semakin tebal lapisan komposit maka semakin baik dalam menahan laju balistik, akan tetapi berdampak pada bobot panel yang semakin besar.

Pelepah Salak

Penelitian dengan memanfaatkan pelepah salak sebagai penguat komposit dilakukan pada tahun 2021, oleh Nur Agnes Eka A, Muslimin, Vika Rizkia, dan M.

Abdul Ghofur. Variabel pada penelitian ini adanya persentase yang berbeda dari 4 sampel yang dibuat, metode yang digunakan yaitu Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VARTM), serta pengujian yang dilakukan adalah uji impak. Hsiao (2012) menjelaskan bahwa metode ini dikembangkan karena menghasilkan komposit dengan kualitas lebih baik dan biaya yang lebih rendah

Selanjutnya penelitian diawali dengan pembuatan spesimen uji dengan menggunakan pelepah salak sesuai dengan variasi masing yang telah ditentukan. Rahmadhani (2018) menjelaskan bahwa fabrikasi spesimen menggunakan metode VARTM, merupakan pembuatan komposit dengan cetakan tertutup, dimana resin dihisap oleh vacuum dan akan mengalir ke cetakan yang sebelumnya telah diisi fiber, sehingga resin akan menyatu dengan fiber di dalam Trap Pot, selanjutnya dibiarkan hingga mengeras. Selanjutnya material di uji impak pada temperature 29°C, dengan menggunakan metode Charpy standar ASTM D 6110-10.

Berdasarkan uji impak, nilai impak terbesar ada pada sampel ke4 dengan komposisi (60% resin + 5% filler SiC + 5% filler Al₂O₃ + 2,5% serat pelepah salak + 2,5% serat karbon + 25% serat kevlar).

Sedangkan pada sampel 1 (60% resin + 5% filler SiC + 5% filler Al₂O₃ + 10% serat pelepah salak + 10% serat karbon + 10% serat kevlar) memiliki nilai impak lebih besar daripada sampel ke2 (60% resin + 5% filler SiC + 5% filler Al₂O₃ + 5% serat pelepah salak + 10% serat karbon + 15% serat kevlar). Priyanka (2019) menjelaskan bahwa hal ini menunjukkan bahwa komposisi serat pelepah salak mempengaruhi kekuatan impak bahan, dengan meningkatnya nilai % pelepah salak maka nilai impak sampel juga meningkat. Sedangkan meningkatnya nilai impak pada sampel ke4 menunjukkan komposisi serat kevlar mempengaruhi kekuatan impak bahan, dimana semakin tinggi kandungan serat kevlar akan meningkatkan ketahanan bahan komposit terhadap pembebanan impak.

Pohon Pisang

Penelitian dengan memanfaatkan pohon pisang sebagai penguat komposit dilakukan pada tahun 2021, oleh Restu Damaru, Adellia Novaringga, Darmansyah dan Simparmin Br. Ginting. Variabel pada penelitian ini, yaitu digunakan beberapa jenis resin meliputi, epoksi, poliester, dan vinyl ester, yang diperkuat serat gedebok pisang dengan silika karboksil (SiO₂-

COOH) sebagai nanofiller. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu persiapan pembuatan serat gedebog pisang, dan beberapa macam-macam resin, langkah selanjutnya dicampurkan dan dicetak pada spesimen pencetak (ASTM D 638). Setelah spesimen kering dilanjutkan dengan uji kuat tarik menggunakan Ultimate Tensile Machine (UTM) Chun Yen 10kN. Setelahnya dilakukan analisis dengan Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk mengetahui mikrostruktur dari spesimen yang sudah di uji kuat tarik.

Pada spesimen yang tersusun atas resin jenis vinyl ester dan konsentrasi nano filler 0.05% (89.57 MPa), mendapatkan nilai tertinggi dari pengujian kuat tarik. Sedangkan spesiemen dengan komposisi resin poliester, konsentrasi nanofiller 5% (46.21 MPa) memiliki nilai terendah, dan pada komposisi resin epoksi (spesimen kontrol) memiliki nilai kuat tarik sebesar 77.71 MPa. Damaru (2021) menjelaskan bahwa berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan jika dengan bertambahnya nanofiller (berpenguat serat gedebog pisang) maka terjadi penurunan kekuatan tarik, hal ini disebabkan persebaran parikel yang tidak merata. Sedangkan

berdasarkan hasil analisis SEM, terlihat adanya rongga udara, hal ini menyebabkan kekuatan tarik yang dihasilkan semakin turun.

Serat Rami

Pada penelitian yang dilakukan oleh Reinaldi Teguh Setyawan dan Slamet Riyadi pada tahun 2020, keduanya memanfaatkan serat rami sebagai penguat komposit dengan matriks resin epoksi tipe General Purpose (Bisphenol A-Epichlorohydrin) dan Hardener tipe General Purpose (Polyaminoamide). Metode yang digunakan merupakan metode eksperimen, diawali dengan pembuatan spesiemen untuk uji balistik dan bending. Variabel pada penelitian ini selain komposisi perbandingan antara epoksi dan penguat yaitu variasi serat rami meliputi: anyaman, horizontal, acak dan miring 45°.

Teguh Setyawan (2020) menjelaskan bahwa pengujian tembak dilakukan dengan jarak 10 m, menggunakan pistol revolver 38 spesial, parameteri ini sudah sesuai dengan standar NIJ 0108.01, sedangkan pengujian bending menggunakan mesin merk Torsee's Universal Testing Machine, Type = AMU – 5 – DE, Produksi = Tokyo, Japan Tahun 1987. Berdasarkan preparasi

sampel dan pengujian yang sudah dilakukan, spesimen dengan serat rami anyaman dapat dijadikan sebagai body armor, karena berdasarkan uji balistik spesimen tersebut tidak tertembus dengan peluru/ sedangkan pada pengujian bending, spesimen dengan serat rami lurus menghasilkan nilai kekuatan bending terbesar sebesar 2.447 Kgf/mm²

Sansiviera cylindrica

Tumbuhan ini dikenal dengan nama lidah mertua, memiliki struktur morfologi daun kaku dan tebal, berbentuk silinder. *Sansiviera cylindrica* banyak dimanfaatkan untuk membuat tali ayaman, jangkar kapal dan kain. Berdasarkan hal tersebut, dengan dilakukan penelitian lebih lanjut, tumbuhan ini berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan penguat pada komposit.

Penelitian ini dilakukan oleh Rahmat Iskandar Fajri, Tarkono, dan Sugiyanto pada tahun 2013, tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan *Sansiviera cylindrica* sebagai bahan penguat pada komposit dengan matrik berupa resin polyester. Tahapan yang dilalui yaitu preparasi sampel, dilanjutkan dengan uji tarik dan terakhir analisis dengan uji SEM. Uji tarik dilaksanakan di laboratorium

Balai Besar Tekstil Bandung, dengan mesin Mesin Textechno Statimat CS, spesimen di uji tarik dengan standar ASTM D638-03.

Iskandar Fajri (2013) menjelaskan bahwa berdasarkan preparasi sampel dan pengujian, didapatkan nilai kekuatan tarik spesimen sebesar 19.7N/mm². Pada penelitian ini menggunakan 3 variasi komposisi yaitu 10%, 20% dan 30% fraksi volume, dimana dengan adanya penambahan penguat sebesar 30% fraksi volume nilai uji tarik mengalami penurunan, sedangkan dengan penambahan sebesar 20% nilai uji tarik mengalami kenaikan berdasarkan hal ini batas penambahan serat alam sebagai penguat adalah 20% fraksi volume. Analisis dari hasil SEM menunjukkan distribusi serat pada komposit kurang merata, jarak antara serat juga tidak sama. Berdasarkan analisis tersebut, nilai kekuatan tarik pada setiap sisi komposit menjadi berbeda.

Kesimpulan

Berdasarkan dari beberapa penelitian sebelumnya, serat alam dapat berpotensi digunakan sebagai penguat komposit dan diaplikasikan sebagai body armor. Hal ini ditinjau dari pengujian-pengujian sebelumnya yang sudah

berhasil, akan tetapi masih dibutuhkan penelitian yang lebih mendalam, karena ada beberapa pengujian yang belum berhasil untuk digunakan sebagai body armor. Dan dari beberapa penelitian hanya terbatas pada sifat mekaniknya saja meliputi uji impak dan uji tarik, sehingga dibutuhkan penelitian lebih lanjut.

Daftar Pustaka

- Asmoro Aji, Topan dkk. (2018). Pengaruh Ketebalan Komposit Matrik Resin Dengan Penguat Kulit Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Yang Dianyam Terhadap Kemampuan Balistik. Momentum, Vol. 14, No. 1, April 2018, Hal. 75-79 ISSN 0216-7395
- Astana Widi, Komang dkk. (2020). Analisa Uji Balistik Produk Body Armor Material Komposit Poliester Berpenguat Serat Karbon, Rami dan Kapas. Prosiding Seminar Nasional Teknik Tahun 2020 (SENASTIKA 2020) Universitas Islam Kalimantan MAB
- ASTM. D 393 – 00 “Standart Test Method For Flexial Properties of Sandwich Construction”. Philadelphia, PA : American Society for Testing and Materials.
- Badan Pusat Statistik (BPS), 2019. Statistik Tanaman Buah-buahan dan Sayuran Tahunan Indonesia. s.l.:Badan Pusat Statistik/ BPS-Statistics Indonesia
- Cavallaro, Paul V. (2011). Soft Body Armor: An overview of Materials, Manufacturing, Testing, and Ballistic Impact Dynamics. NUWC-NPT Technical Report 12,057 1
- Kajian Potensi Pengembangan Material Komposit Berpenguat Bahan Alam Untuk Diaplikasikan Sebagai Body Armor| Luk Lu Atun Nisa, Sovian Aritonang, Maykel TE Manawan, Toto Sudiro| 81
- August 2011. <https://www.researchgate.net/publication/267725942>
- Damaru, Restu dkk. (2021). Resin Composite Synthesis Reinforced with Banana Tree Fiber with Carboxylic Silica (SiO₂-COOH) Addition as a Nanofiller. Indonesian Journal of Chemical Science 10 (1) (2021)
- Eka A, Nur Agnes dkk. (2021). Analisis Komposisi Serat Kevlar, Karbon dan Pelepah Salak terhadap Kekuatan Impak Komposit dengan Metode VARTM. Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta (2021), p1588-p1593
- Galindra dkk. (2021). Kaji Eksperimental Material Komposit Berpenguat Serat Daun Nanas Pada Pengujian Balistik. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan 2021.
- Hsiao, K.T. (2012). Vacuum assisted resin transfer molding (VARTM) in polymer matrix composites. Woodhead Publishing Limited.
- Iskandar Fajri, Rahmat dkk. (2013). Studi Sifat Mekanik Komposit Serat Sansevieria *Cylindrica* Dengan Variasi Fraksi Volume Bermatrik Polyester. JURNAL FEMA, Volume 1, Nomor 2, April 2013
- Nanda Utama, I Made Prabawa dkk. (2018). Analisa Uji Impak Komposit Matriks Poliester-Karet 30%, 40%, 50% Penguat Serat Karbon, Rami, Dan Agave Sebagai Body Armor. https://e-dokumen.id/dokumen/11b33_analisa-uji-impak-komposit-matriks-poliester.html.
- Oksman, K et al. (2003). Natural fibres as reinforcement in polylactic acid (PLA) composites. Composites Science and Technology 63 (2003)

1317–1324. 003. doi:10.1016/S0266-3538(03)00103-9

Prasetyaningrum, A. (2009). Optimasi Proses Pembuatan Serat EcengGondok Untuk Menghasilkan Komposit Serat Dengan Kualitas Fisik dan Mekanik yang Tinggi. *Jurnal RIPTEK*, Vol. 03, Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang

Priyanka, Pragati et al. (2019). High strength Kevlar fiber reinforced advanced textile composites. *Iranian Polymer Journal* <https://doi.org/10.1007/s13726-019-00721-7>

Rahmadhani, Lazuardi dkk. (2018). Pengaruh Posisi Vacuum Gate Terhadap Waktu Infuse Pada Proses Vacuum Assisted Transfer Molding. *Jurnal STATOR*, Volume 1 Nomor 1, Januari 2018

Stopforh, Riaan & Sarp Adali. (2018). Experimental study of bullet-proofing capabilities of Kevlar, of different weights and number of layers, with 9 mm projectiles. *Def. Technol.*, vol. 15, no. 2, pp. 186–192, 2019, doi: 10.1016/j.dt.2018.08.006

Supriyatna, A. & Solihin, M. Y., 2018. Pengembangan Komposit Epoxy Berpenguat Serat Nanas untuk Aplikasi Interior Mobil. *Jurnal Ilmiah TEKNOBIZ*, Volume 8, p. 89.

Teguh Setyawan, Reinaldi & Slamet Riyadi. (2020). Analisis Variasi Struktur Serat Rami Komposit Matrik Epoksi Terhadap Kekuatan Uji Balistik Dan Bending. *Momentum*, Vol. 16, No. 2, Oktober 2020, Hal. 111-115

U.S. Department of Justice, 2001. NIJ-0101.04. Washington, DC: National Institute of Justice

Yudo, H & Kiryanto. (2007). Analisa Teknis dan Ekonomis Penggunaan Serat Ijuk Sebagai Alternatif Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tarik. *Jurnal Teknik Perkapalan*, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.