

Biocomposites of Pineapple Leaf Fiber and Fiberglass Fiber Using a Matrix of Waste Gallon Lids

Biokomposit dari Serat Daun Nanas dan Serat Fiberglass Menggunakan Matriks dari Limbah Tutup Galon

Alfi Syahrin Yuliantari^a, Ulya Nadhatul Shifa^a, Arifianto Adi Wibowo^a, Arif Hidayat^{a,*}

^a*Jurusan, Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km. 14,5, Krawitan, Umbulmartani, Ngemplak, Sleman, DIY 55584*

*Corresponding author: arif.hidayat@uii.ac.id

Diterima: 25 Mei 2024, Direvisi: 16 Juli 2024, Diterbitkan: 28 Juli 2024

ABSTRACT

This research aims to determine the effect of matrix types with natural and synthetic fibers as composite reinforcement on the tensile and bending strength of composites. The types of matrices used are waste gallon lids while the types of fiber used are pineapple leaf fiber and fiberglass. The ratio between matrix material and reinforcing material in the sample varied. Tensile testing uses the ASTM D638 standard size while bending testing uses the ASTM C393 standard size. The overall highest tensile strength is found in pineapple leaf fiber reinforcement against gallon lid matrix with a maximum tensile stress value of 30.39 MPa at a ratio of 1:4. Meanwhile, the lowest tensile strength was found in pineapple leaf fiber against gallon lid waste with the lowest tensile stress value of 3.88 MPa at a ratio of 2:8.

Keywords: composite, pineapple leaf, fiberglass, fiberglass, tensile strength

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis matriks dengan serat alam dan sintetis sebagai penguat komposit terhadap kekuatan tarik dan bending komposit. Jenis matrik yang digunakan adalah limbah tutup galon sedangkan jenis serat yang digunakan adalah serat daun nanas dan fiberglass. Perbandingan antara bahan matriks dan bahan penguat pada sampel divariasikan. Pengujian tarik menggunakan ukuran standar ASTM D638 sedangkan pengujian bending menggunakan ukuran standar ASTM C393. Kekuatan tarik tertinggi secara keseluruhan terdapat pada penguat serat daun nanas terhadap matrik tutup galon dengan nilai tegangan tarik maksimum sebesar 30,39 MPa pada perbandingan 1:4. Sedangkan kekuatan tarik terendah terdapat pada serat daun nanas terhadap limbah tutup galon dengan nilai tegangan tarik terendah sebesar 3,88 MPa pada perbandingan 1:4.

Kata kunci: komposit, serat daun nanas, fiberglass, fiberglass, kekuatan tarik

PENDAHULUAN

Komposit adalah suatu material yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda sifat fisiknya dan kimianya, yang digabungkan untuk menghasilkan bahan dengan sifat yang lebih baik atau unik

dibandingkan dengan bahan-bahan pembentuknya secara terpisah. Komposit sering kali dirancang untuk menggabungkan kekuatan, kekerasan, kekakuan, dan ketahanan terhadap korosi dari bahan-bahan penyusunnya. Komposit

sintetis dengan performa mekanik yang sangat baik baru-baru ini telah dikembangkan untuk bidang kedirgantaraan, konstruksi, industri mobil, dan bidang lainnya (Chen et al., 2023). Sebagian besar komposit sintetis di antaranya serat dari karbon, baja, dan logam paduan (*alloy*) memiliki biaya produksi yang tinggi, konsumsi energi yang tinggi dan proses manufaktur yang rumit (Kong et al., 2022). Selain itu, pemanfaatan serat sintetis berbasis minyak bumi yang tidak dapat terurai telah menyebabkan masalah lingkungan yang serius secara global (Rajeshkumar et al., 2021). Pengembangan komposit berbasis alam menggunakan serat tanaman sebagai penguat, menawarkan kekuatan tinggi dengan biaya rendah dan proses yang sederhana menjadi semakin penting (Pupure et al., 2018).

Dalam beberapa dekade terakhir, komposit berbasis serat alam telah menarik perhatian sebagai bahan penting untuk berbagai aplikasi pada berbagai jenis industri, seperti bahan konstruksi, non-konstruksi, pembuatan kertas, kemasan, tekstil, dan otomotif. Serat alam dapat berasal dari tanaman, hewan, atau mineral. Serat alam yang berasal dari hewan di antaranya adalah serat berbasis protein seperti wol, sutra, dan kulit hewan (Suman et al., 2016). Serat dari tanaman dapat diklasifikasikan berdasarkan asalnya, termasuk tangkai, rumput, kayu, daun,

buah, kulit pohon, dan biji. Serat tanaman terutama meliputi kayu (Mertens et al., 2018), kapas (Kazi et al., 2020), kelapa (da Silva Moura et al., 2019), ampas tebu (Oladele et al., 2019), dan bambu (Chin et al., 2020). Serat-serat tersebut memiliki keunggulan berupa sumber daya yang melimpah, mudah terurai secara alami, dan memiliki sifat mekanik yang unggul (Ramamoorthy et al., 2015).

Indonesia memiliki sumber daya alam yang berupa serat alam yang sangat berlimpah dan dapat dibudidayakan sepanjang tahun. Selama ini serat alam digunakan untuk keperluan bahan baku barang kerajinan. Salah satu bahan baku serat yang selama ini pemanfaatannya belum intensif adalah serat dari daun nanas. Serat daun nanas merupakan produk limbah dari budidaya nanas. Serat nanas dapat diperoleh untuk keperluan industri tanpa biaya tambahan. Di antara berbagai serat alami, serat daun nanas (PALF) menunjukkan sifat mekanik yang sangat baik. Serat ini bersifat multiseluler dan lignoselulosa. Serat daun nanas diekstraksi dari daun tanaman *Ananas cosmos* yang termasuk dalam keluarga Bromeliaceae dengan cara retting (Sathees Kumar et al., 2021). Bahan komposit berbasis serat alam telah mulai menggantikan komposit yang diperkuat serat sintetis dalam banyak aplikasi. Serat daun nanas memiliki sifat mekanis yang baik dan digunakan dalam

berbagai aplikasi seperti tekstil, barang olahraga, dan komponen otomotif. Pengolahan serat daun nanas juga telah menunjukkan peningkatan sifat mekanis ketika digunakan dalam komposit polimer (Asim et al., 2015). Serat daun nanas memiliki kekuatan tarik yang tinggi, yang menjadikannya penguat yang baik dalam komposit. Kandungan selulosa yang tinggi dalam serat daun nanas berkontribusi pada kekuatan mekanisnya yang baik dan dapat diandalkan (Hasan et al., 2021). Serat daun nanas memiliki densitas yang rendah, yang membantu mengurangi berat total komposit. Ini sangat penting dalam aplikasi di mana berat ringan adalah faktor penting, seperti dalam industri otomotif dan dirgantara. Serat daun nanas memiliki densitas yang rendah, yang membantu mengurangi berat total komposit. Hal ini sangat penting dalam aplikasi di mana massa yang ringan adalah faktor penting, seperti dalam industri otomotif dan dirgantara. Serat daun nanas memiliki densitas yang rendah, yang dapat mengurangi berat komposit tanpa mengorbankan kekuatan mekanisnya (Asim et al., 2015).

Yantaboot & Amornsakchai (2017) mempelajari pengaruh waktu pemotongan serat terhadap sifat regangan rendah dari komposit karet alam yang diperkuat serat daun nanas ukuran pendek (Yantaboot & Amornsakchai, 2017). Dari hasil penelitian

dapat disimpulkan bahwa tegangan dan regangan dari komposit pada karet alam yang diperkuat serat daun nanas ukuran pendek dapat ditingkatkan secara signifikan dengan meningkatkan waktu pemotongan karet sebelum pencampuran dengan serat dan resin. Senthilkumar dkk. (2019) melakukan pembuatan komposit serat daun nanas yang dicampur dengan matriks dari poliester dibuat dengan cara hand lay-up menggunakan serat daun nanas yang diorientasikan secara acak dalam matriks poliester, dikompresi pada tekanan 17 MPa dengan cetakan kompresi (Senthilkumar et al., 2019). Hasil uji menunjukkan peningkatan kekuatan tarik dan modulus tarik maksimal diperoleh pada perbandingan serat daun nanas dan poliester 35 % massa. Kekuatan lentur yang lebih tinggi didapatkan pada perbandingan serat daun nanas terhadap matriks poliester sebesar 35% massa. Peningkatan persentase serat daun nanas dalam campuran komposit menunjukkan penurunan kekuatan lentur. Sebaliknya, modulus lentur menunjukkan tren yang meningkat dengan penambahan persentase serat daun nanas menjadi 45% massa.

Matriks polimer yang digunakan dalam pembuatan komposit dengan serat daun nanas dapat berupa polimer termoplastik atau termoset. Polimer termoplastik seperti polipropilena (PP) dan polietilena (PE) sering digunakan karena

sifat mekaniknya yang baik dan kemudahan proses pembentukannya. Polimer termoset seperti epoxy dan poliester menawarkan kekuatan dan ketahanan termal yang lebih baik. Penelitian oleh Reddy dan Yang (2005) menunjukkan bahwa penggunaan polimer *biodegradable* seperti polylactic acid (PLA) juga memungkinkan pembuatan komposit yang lebih ramah lingkungan (Reddy & Yang, 2005). Proses pembuatan biokomposit melibatkan pencampuran serat daun nanas dengan matriks polietilen melalui teknik seperti pencampuran ekstrusi atau cetak tekan. Karakterisasi biokomposit meliputi pengujian sifat mekanis seperti kekuatan tarik, kekuatan lentur, dan kekerasan. Hasil penelitian oleh Siregar dkk. (2019) menunjukkan bahwa penggunaan serat daun nanas dalam komposit polietilen dapat meningkatkan sifat mekanis dan termal komposit secara keseluruhan, terutama dengan modifikasi permukaan serat untuk meningkatkan adhesi antar fase (Siregar et al., 2019).

Gloria dkk. (2017) menggunakan komposit serat daun nanas yang dicampur poliester dengan untuk mempelajari kekuatan tariknya (Glória et al., 2017). Kandungan serat 10%, 20%, dan 30% dan diameter dari 0,09 hingga 0,30 mm diambil untuk pembuatan komposit. Pada penggunaan 30% massa serat daun nanas menghasilkan peningkatan kekuatan tarik (103,25 MPa), modulus elastisitas (1,99

GPa), dan deformasi (5,14%). Penggunaan serat daun nanas akan meningkatkan kualitas tarik, termasuk kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan regangan. Pada penelitian lainnya, Ayu dkk. (2015) mengembangkan komposit polipropilena yang diperkuat dengan serat daun nanas pada rasio volume serat yang berbeda yaitu 30, 40, 50, 60, dan 70 % massa (Kasim et al., 2015). Pembuatan komposit dilakukan dengan menggunakan teknik cetak kompresi dengan orientasi acak. Komposit dibuat untuk serat yang diberi perlakuan (alkali) dan tidak diberi perlakuan. Pada komposisi serat 30% massa, kekuatan tarik meningkat sebesar 12,9% dengan bertambahnya serat dan menurun secara drastis sebesar - 76,4% dengan bertambahnya fraksi serat (hingga 70 % massa).

Bahan polimer yang diperkuat serat terdiri dari serat, yang memiliki kekuatan dan modulus yang tinggi. Serat dapat diikat ke matriks, antarmuka yang merupakan batas antara serat dan matriks, yang memiliki identitas fisik dan kimia yang berbeda (Khanam & AlMaadeed, 2015). Dalam dekade terakhir, industri komposit termoplastik telah bergeser dari penggunaan komposit canggih berkinerja tinggi ke komposit rekayasa yang hemat biaya dengan menggunakan serat yang berbeda. Polietilen adalah salah satu termoplastik yang paling banyak digunakan

di dunia karena sifat-sifatnya yang baik yang dapat digunakan seperti ketangguhan, penyerapan air mendekati nol, kelembaman kimiawi yang sangat baik, koefisien gesekan yang rendah, kemudahan pemrosesan dan konduktivitas listrik yang rendah. Polietilen digunakan sebagai bahan isolasi listrik untuk aplikasi kawat dan kabel karena kekuatan dielektriknya yang tinggi dan konduktivitas listriknya yang sangat rendah (Khanam & AlMaadeed, 2015). Sifat mekanik dan fisik polietilen sangat bergantung pada variabel seperti luas dan jenis percabangan, struktur kristal, dan berat molekul. Komposit yang menyertakan polietilen sebagai matriks banyak digunakan dalam banyak aplikasi dengan sifat mekanik dan fisik yang lebih baik dibandingkan dengan polimer saja. Komposit polietilena dapat digunakan dalam pengemasan, kelistrikan, penyimpanan energi panas, aplikasi otomotif, biomedis dan aplikasi luar angkasa (Khanam & AlMaadeed, 2015)..

METODE PENELITIAN

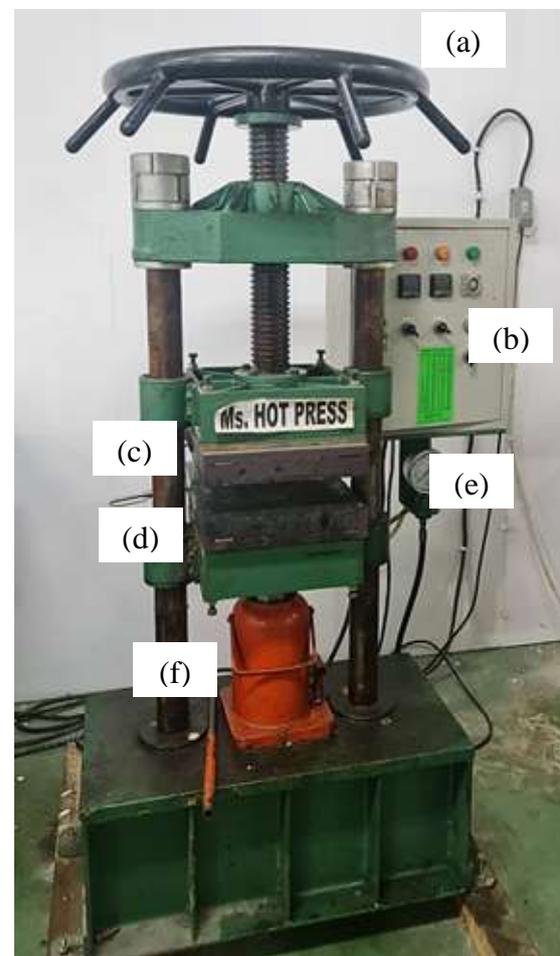
Alat dan Bahan

Serat daun nanas yang digunakan diperoleh dari perkebunan nanas di Provinsi Jawa Barat. Polietilen sebagai matriks diperoleh dari limbah tutup botol galon air isi ulang. Alat yang digunakan adalah mesin cetak tekan *hot press*, cetakan besi ukuran 25 x 25 cm, timbangan digital,

grinder, gunting, sarung tangan, skrap besi, *aluminium foil*, dan 2 *galvalum aluminium* ukuran 25 cm x 25 cm.

Alat yang digunakan adalah alat cetak panas dengan tekanan atau *compression molding hydraulic hot press*. Gambar 1 menampilkan alat cetak panas dengan tekanan.

Gambar 1. Alat cetak panas tekan komposit Serat Daun Nanas dan Matriks Limbah Tutup Galon.



Keterangan gambar: (a) tuas pemutar; (b) alat kontrol suhu dan waktu; (c) plat tekan atas; (d) plat tekan bawah; (e) penunjuk tekanan; (f) dongkrak

Proses Pencetakan Komposit

Persiapan Bahan Baku

Serat daun nanas mula-mula dicuci dan dikeringkan di bawah sinar matahari langsung. Setelah serat daun nanas benar-benar kering, dipotong menjadi ukuran pendek dengan ukuran 2-4 cm. Setelah itu, serat daun nanas dikeringkan lagi dengan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 24 jam untuk menghilangkan kadar air sebelum disimpan dalam wadah tertutup. Matriks dari limbah tutup botol dipotong-potong sampai kisaran ukuran 3 – 7 cm dalam bentuk lembaran kecil.

Pencetakan Komposit

Selanjutnya serat daun nanas dan polietilen ditimbang sesuai dengan fraksi volume yang diinginkan. Campurkan serat daun nanas dengan matriks limbah tutup botol hingga serat terdistribusi merata dalam matriks polimer. Sebelum dicetak, mesin cetak tekan (*compression molding*) dipanaskan sampai mencapai suhu pencetakan yang diinginkan (biasanya sekitar 180-200°C untuk polietilen). Campuran serat daun nanas dan matriks limbah tutup botol ke dalam cetakan. Cetakan ditutup dan terapkan tekanan menggunakan *hydraulic hot press*. Tekanan dan suhu dipertahankan selama waktu tertentu untuk memastikan bahwa polietilen mencair dan mengalir di sekitar serat, membentuk komposit yang padat. Setelah

waktu pemrosesan selesai, cetakan didinginkan perlahan-lahan sambil tetap memberikan tekanan untuk mencegah deformasi termal. Setelah mencapai suhu ruangan, cetakan dibuka dan komposit dikeluarkan dari alat cetak.

Pengujian Mekanik Komposit

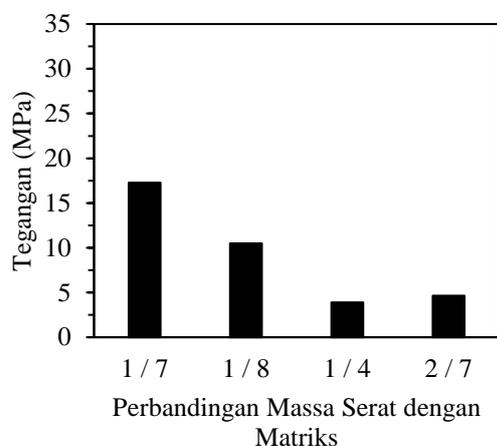
Komposit selanjutnya dipotong dan tepi komposit dibersihkan sesuai bentuk spesimen yang dibutuhkan untuk pengujian. Cara yang sama digunakan untuk membuat komposit dari serat *fiberglass*. Pengujian sampel pada penelitian ini menggunakan pengujian tarik dengan ASTM D638 dan pengujian bending dengan ASTM C393.

PEMBAHASAN

Pengaruh Perbandingan Massa Serat Daun Nanas dan Matriks Limbah Tutup Galon pada Uji Tarik

Pemahaman tentang pengaruh perbandingan massa serat dan matriks terhadap tegangan tarik komposit serat daun nanas dengan matriks limbah tutup botol penting diketahui supaya dapat dikembangkan menjadi bahan yang lebih kuat dan efisien untuk berbagai aplikasi industri. Gambar 2 menunjukkan pengaruh perbandingan massa serat daun nanas dan matriks limbah tutup galon pada uji tarik.

Gambar 2. Pengaruh Perbandingan Massa Serat Daun Nanas dan Matriks Limbah Tutup Galon pada Uji Tarik.



Gambar 2 menunjukkan tegangan tarik dari komposit yang dibuat dengan berbagai perbandingan massa serat daun nanas terhadap matriks limbah tutup botol. Pada perbandingan massa 1/7, tegangan tarik yang diperoleh adalah sekitar 17 MPa. Kandungan serat daun nanas yang lebih sedikit (1 bagian serat terhadap 7 bagian matriks), komposit menunjukkan kekuatan tarik yang relatif tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa bahkan dengan proporsi serat yang rendah, serat daun nanas memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan kekuatan komposit. Pada perbandingan massa 1/8, tegangan tarik menurun menjadi sekitar 12 MPa. Penurunan tegangan ini mungkin disebabkan oleh rendahnya jumlah serat yang tidak cukup untuk memberikan penguatan yang optimal dalam matriks. Hal ini mengindikasikan bahwa ada batas

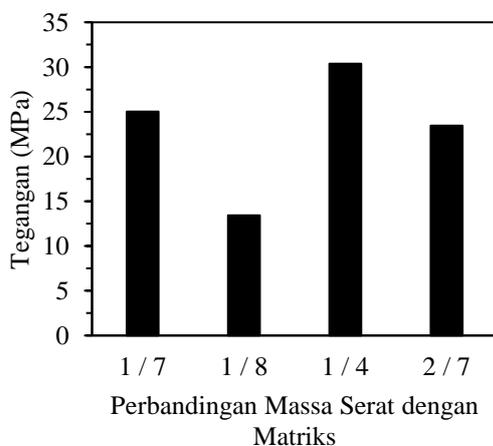
minimum jumlah serat yang diperlukan untuk mencapai kekuatan tarik yang baik. Peningkatan lebih lanjut jumlah matriks limbah tutup botol yang ditambahkan pada perbandingan massa 1/4, tegangan tarik yang diperoleh adalah yang terendah, sekitar 5 MPa. Penurunan tegangan tarik pada perbandingan ini bisa disebabkan oleh ketidakcocokan antara jumlah serat dan matriks, yang mungkin mengakibatkan distribusi tegangan yang tidak merata atau ketidakmampuan serat untuk berikatan efektif dengan matriks. Sedangkan pada perbandingan massa 2/7, tegangan tarik meningkat sedikit dibandingkan dengan perbandingan 1/4, sekitar 7 MPa. Meskipun tegangan tarik tidak setinggi perbandingan 1/7, peningkatan ini menunjukkan bahwa penambahan serat sedikit lebih banyak dibandingkan dengan matriks dapat membantu memperbaiki kekuatan tarik. Secara umum, penambahan serat daun nanas dalam matriks limbah tutup botol cenderung meningkatkan kekuatan tarik hingga batas tertentu. Penambahan atau pengurangan proporsi serat daun nanas dapat mengurangi kekuatan tarik karena ketidakseimbangan dalam komposisi. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa pada perbandingan perbandingan massa serat daun nanas dan matriks limbah tutup galon 1/7 memberikan hasil terbaik pada tegangan tarik. Hal ini disebabkan pada perbandingan 1/7, serat daun nanas dan

matriks memiliki interaksi yang baik sehingga menyebabkan ikatan (*bonding*) pada komposit yang lebih baik dan memberikan kekuatan mekanik yang paling besar.

Pengaruh Perbandingan Massa Serat *Fiberglass* dengan Matriks Limbah Tutup Galon pada Uji Tarik

Pada bahan komposit sifat mekanik yang terkait dengan tegangan tarik terjadi ketika gaya tarik eksternal diterapkan pada material, menyebabkannya memanjang atau meregang. Gaya tarik ini ditahan oleh serat penguat dan matriks, yang bekerja sama untuk mendistribusikan beban dan mencegah komposit patah. Gambar 3 menunjukkan pengaruh perbandingan massa serat *fiberglass* dengan matriks limbah tutup galon pada uji tarik.

Gambar 3. Grafik Perbandingan Massa Serat Daun Nanas dan Serat *Fiberglass* Terhadap Matrik Limbah Tutup Galon.



Gambar 3 menunjukkan bahwa pada perbandingan massa 1/7, tegangan

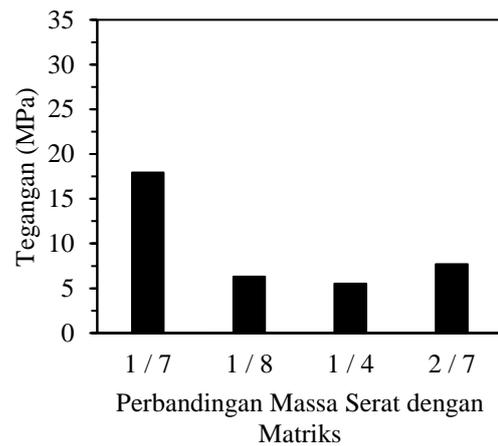
tarik yang diperoleh adalah sekitar 25 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa dengan komposisi serat yang lebih rendah (1 bagian serat daun nanas terhadap 7 bagian matriks limbah tutup botol), komposit masih mampu menunjukkan kekuatan tarik yang tinggi. Komposit ini menunjukkan adanya interaksi yang baik antara serat dan matriks, meskipun kandungan serat relatif rendah. Pada perbandingan massa 1/8, tegangan tarik yang diperoleh menurun menjadi sekitar 12 MPa. Penurunan ini mungkin disebabkan oleh terlalu sedikitnya serat yang tersedia untuk memberikan penguatan yang cukup dalam matriks. Hal ini menunjukkan bahwa ada batas minimum kandungan serat yang diperlukan untuk mencapai tegangan tarik yang optimal. Pada perbandingan massa 1/4, tegangan tarik yang dihasilkan adalah yang tertinggi, sekitar 30 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah serat daun nanas dalam komposit secara signifikan meningkatkan kekuatannya. Pada perbandingan ini, serat cukup banyak untuk memberikan penguatan yang signifikan, sementara masih ada cukup matriks untuk menyalurkan tegangan. Pada perbandingan massa 2/7, tegangan tarik yang diperoleh adalah sekitar 25 MPa. Meskipun sedikit lebih rendah dari perbandingan 1/4, hasil ini masih menunjukkan kekuatan tarik yang cukup baik. Secara umum, peningkatan kandungan serat daun nanas dalam matriks

limbah tutup botol cenderung meningkatkan kekuatan tarik komposit hingga titik tertentu. Setelah mencapai komposisi optimal, peningkatan atau penurunan lebih lanjut dalam jumlah serat dapat mengurangi tegangan tarik, seperti yang terlihat pada perbandingan 1/8 dan 2/7.

Pengaruh Perbandingan Massa Komposit Serat Daun Nanas dengan Matrik Limbah Tutup Galon pada Uji Bending

Uji bending adalah metode pengujian penting yang digunakan untuk mengevaluasi sifat mekanis material terhadap gaya bending. Uji bending digunakan untuk menentukan kekuatan dan kekenyalan suatu material terhadap gaya tarik dan tekan yang bekerja secara bersamaan. Hasil uji bending dapat digunakan untuk memilih material yang tepat untuk aplikasi tertentu dan untuk memastikan keamanan dan keandalan struktur dan komponen yang terbuat dari material tersebut. Gambar 3 menunjukkan pengaruh perbandingan massa serat daun nanas dan matriks limbah tutup galon pada uji tarik.

Gambar 4. Pengaruh Perbandingan Massa Serat Daun Nanas dan Matriks Limbah Tutup Galon pada Uji Bending



Gambar 4 menunjukkan hasil uji tarik pada sampel komposit yang dibuat dengan berbagai perbandingan massa serat daun nanas dan matriks limbah tutup galon. Tegangan yang dihasilkan pada berbagai perbandingan massa serat dengan matriks ditampilkan pada sumbu vertikal (tegangan dalam MPa), sedangkan perbandingan massa serat dengan matriks ditampilkan pada sumbu horizontal. Pada uji bending dengan perbandingan massa serat daun nanas dan matriks limbah tutup galon sebesar 1/7, diperoleh nilai tegangan 17,92 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa pada perbandingan massa serat daun nanas dan matriks limbah tutup galon sebesar 1/7, komposit memiliki kekuatan tarik tertinggi dibandingkan dengan perbandingan massa lainnya. Kemungkinan ini disebabkan oleh interaksi yang optimal antara serat daun nanas dan matriks limbah tutup galon, yang menghasilkan distribusi beban yang lebih merata dan penyerapan energi yang lebih baik selama uji tarik. Nilai tegangan

sebesar 6,31 MPa diperoleh selama uji bending dengan perbandingan massa serat daun nanas dan matriks limbah tutup galon sebesar 1/8, Kekuatan bending komposit menurun secara signifikan dibandingkan perbandingan massa 1/7. Penurunan ini mungkin disebabkan oleh kurangnya serat penguat yang cukup untuk memberikan kekuatan yang optimal, atau distribusi serat yang kurang merata dalam matriks. Selanjutnya pada uji bending dengan perbandingan massa serat daun nanas dan matriks limbah tutup galon sebesar 1/4 diperoleh nilai tegangan 5,53 MPa. Tegangan hasil pengukuran yang diperoleh lebih rendah dibandingkan dengan perbandingan massa 1/7. Hal ini mungkin menunjukkan bahwa perbandingan ini tidak menghasilkan interaksi yang baik antara serat dan matriks, sehingga menyebabkan kelemahan struktural dalam komposit. Ketika prosentase serat ditambah, dengan menaikkan perbandingan massa serat daun nanas dan matriks limbah tutup galon sebesar 2/7 diperoleh nilai tegangan sebesar 7.69 MPa. Nilai tegangan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan perbandingan massa 1/4 dan 1/8, tetapi masih jauh lebih rendah dari perbandingan massa 1/7.

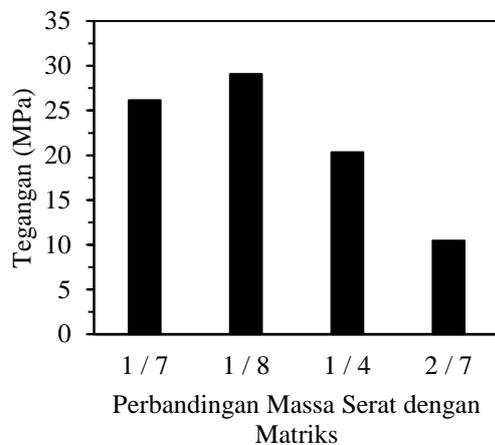
Dari hasil uji bending dapat disimpulkan bahwa perbandingan massa serat daun nanas dan matriks limbah tutup galon sangat mempengaruhi tegangan komposit yang dihasilkan. Perbandingan

massa serat daun nanas dan matriks limbah tutup galon sebesar 1/7 menghasilkan kekuatan tarik tertinggi, menunjukkan bahwa ada interaksi yang optimal antara serat dan matriks pada rasio ini. Hal ini mungkin disebabkan oleh keseimbangan yang baik antara jumlah serat penguat dan matriks, yang memungkinkan penyerapan dan distribusi beban yang efektif. Untuk prosentase serat yang lebih tinggi, tegangan yang dihasilkan jauh lebih rendah, yang menunjukkan bahwa serat daun nanas tidak cukup untuk memberikan kekuatan yang optimal dalam komposit atau distribusi serat yang tidak merata dalam matriks.

Pengaruh Perbandingan Massa Komposit Serat *Fiberglass* dengan Matrik Limbah Tutup Galon pada Uji Bending

Uji bending memberikan informasi penting mengenai sifat mekanis material, seperti kekuatan, kekakuan, dan ketahanan terhadap deformasi. Uji bending digunakan dalam berbagai industri untuk mengevaluasi material yang akan digunakan dalam aplikasi struktural, konstruksi, otomotif, dan *aerospace*. Gambar 5 menunjukkan pengaruh perbandingan massa serat daun nanas dan matriks limbah tutup galon pada uji bending.

Gambar 5. Pengaruh Perbandingan Massa Serat *Fiberglass* dan Matriks Limbah Tutup Galon pada Uji Bending.



Gambar 5 menunjukkan bahwa pada perbandingan massa serat *fiberglass* dan matriks limbah tutup galon 1/7 diperoleh nilai tegangan 25 Mpa. Komposit serat *fiberglass* dan matriks limbah tutup galon memberikan tegangan yang signifikan pada perbandingan massa serat dengan matriks 1/7. Tegangan yang tinggi disebabkan adanya distribusi serat yang merata dan interaksi yang baik antara serat dan matriks menyebabkan peningkatan tegangan. Pada perbandingan massa serat *fiberglass* dan matriks limbah tutup galon 1/8, mendapatkan nilai tegangan 27 MPa. Peningkatan tegangan menunjukkan bahwa penambahan lebih banyak serat *fiberglass* memperkuat material hingga tingkat optimal, meningkatkan kemampuan material untuk menahan beban saat uji bending. Pada kenaikan perbandingan massa serat *fiberglass* dan matriks limbah

tutup galon menjadi 1/4, terdapat penurunan tegangan dibandingkan dengan perbandingan sebelumnya. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh terlalu banyak serat yang mengurangi kemampuan matriks untuk meresap dan melindungi serat secara efektif, atau distribusi serat yang tidak merata. Kecenderungan penurunan tegangan terjadi ketika serat *fiberglass* ditambahkan pada material komposit. Penurunan signifikan pada tegangan menunjukkan bahwa terlalu banyak serat daun nanas dalam matriks limbah tutup galon melemahkan material. Kelebihan serat menyebabkan aglomerasi atau penggumpalan, yang mengurangi efektivitas ikatan antara serat dan matriks

KESIMPULAN

Pengujian kekuatan tarik menunjukkan bahwa serat *fiberglass* secara konsisten memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan serat daun nanas dalam semua kondisi perbandingan. Hal ini mencerminkan sifat mekanik *fiberglass* yang lebih baik dan dapat digunakan dalam aplikasi yang memerlukan kekuatan tinggi. Dari sudut pandang efektivitas penguatan terlihat bahwa serat daun nanas menunjukkan variasi yang lebih besar dalam kekuatan tarik, menunjukkan bahwa kondisi perbandingan massa dan distribusi serat-matriks sangat mempengaruhi hasil akhir. Sedangkan serat *fiberglass*,

meskipun juga menunjukkan variasi, cenderung lebih stabil dan memberikan hasil yang lebih tinggi dan konsisten.

Hasil pengujian bending, komposit serat *fiberglass* secara konsisten menunjukkan tegangan yang lebih tinggi dalam semua perbandingan massa serat terhadap matriks limbah tutup botol. Hal ini mengindikasikan bahwa *fiberglass* memiliki sifat mekanik yang lebih baik untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan tinggi. Meskipun, komposit dari serat daun nanas menunjukkan kemampuan yang lebih rendah dibandingkan *fiberglass*, namun pada perbandingan tertentu, serat daun nanas mulai menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam kekuatan material.

Untuk aplikasi yang memerlukan kekuatan mekanik tinggi, serat *fiberglass* lebih disarankan. Namun, untuk aplikasi yang lebih ramah lingkungan dan dengan pertimbangan biaya, serat daun nanas dapat dipertimbangkan, terutama jika proporsi serat dapat dioptimalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asim, M., Abdan, K., Jawaid, M., Nasir, M., Dashtizadeh, Z., Ishak, M.R., Hoque, M.E. 2015. A Review on Pineapple Leaves Fibre and Its Composites. *International Journal of Polymer Science*, **2015**, 950567.
- Chen, C., Wang, L., Bu, X., Feng, Q., Li, S., Xu, Z., Li, D. 2023. Construction of high-strength aligned bamboo fibre/high density polyethylene composites. *Materials Today Communications*, **34**, 105037.
- Chin, S.C., Tee, K.F., Tong, F.S., Ong, H.R., Gimbin, J. 2020. Thermal and mechanical properties of bamboo fiber reinforced composites. *Materials Today Communications*, **23**, 100876.
- da Silva Moura, A., Demori, R., Leão, R.M., Frankenberg, C.L.C., Santana, R.M.C. 2019. The influence of the coconut fiber treated as reinforcement in PHB (polyhydroxybutyrate) composites. *Materials Today Communications*, **18**, 191-198.
- Glória, G.O., Teles, M.C.A., Lopes, F.P.D., Vieira, C.M.F., Margem, F.M., de Almeida Gomes, M., Monteiro, S.N. 2017. Tensile strength of polyester composites reinforced with PALF. *Journal of Materials Research and Technology*, **6**(4), 401-405.
- Hasan, K.F., Horváth, P.G., Bak, M., Alpár, T. 2021. A state-of-the-art review on coir fiber-reinforced biocomposites. *Rsc Advances*, **11**(18), 10548-10571.
- Kasim, A., Selamat, M., Aznan, N., Sahadan, S., Daud, M., Salleh, S., Jumaidin, R. 2015. Effect of pineapple leaf fiber loading on the properties of pineapple leaf fiber-polypropylene composite. *Proceedings of Mechanical Engineering Research Day*, **2015**(2015), 3-4.
- Kazi, M.-K., Eljack, F., Mahdi, E. 2020. Optimal filler content for cotton fiber/PP composite based on mechanical properties using artificial neural network. *Composite Structures*, **251**, 112654.
- Khanam, P.N., AlMaadeed, M.A.A. 2015. Processing and characterization of polyethylene-based composites. *Advanced Manufacturing: Polymer & Composites Science*, **1**(2), 63-79.

- Kong, W., Yi, S., Sun, W., Xu, L., Jia, L., Yan, D., Li, Z. 2022. Polyaniline-decorated carbon fibers for enhanced mechanical and electromagnetic interference shielding performances of epoxy composites. *Materials & Design*, **217**, 110658.
- Mertens, O., Krause, K.C., Weber, M., Krause, A. 2018. Performance of thermomechanical wood fibers in polypropylene composites. *Wood Material Science & Engineering*.
- Oladele, I.O., Ibrahim, I.O., Akinwekomi, A.D., Talabi, S.I. 2019. Effect of mercerization on the mechanical and thermal response of hybrid bagasse fiber/CaCO₃ reinforced polypropylene composites. *Polymer Testing*, **76**, 192-198.
- Pupure, L., Varna, J., Joffe, R., Berthold, F., Miettinen, A. 2018. Mechanical properties of natural fiber composites produced using dynamic sheet former. *Wood Material Science & Engineering*.
- Rajeshkumar, G., Seshadri, S.A., Devnani, G., Sanjay, M., Siengchin, S., Maran, J.P., Al-Dhabi, N.A., Karuppiah, P., Mariadhas, V.A., Sivarajasekar, N. 2021. Environment friendly, renewable and sustainable poly lactic acid (PLA) based natural fiber reinforced composites—A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, **310**, 127483.
- Ramamoorthy, S.K., Skrifvars, M., Persson, A. 2015. A review of natural fibers used in biocomposites: Plant, animal and regenerated cellulose fibers. *Polymer reviews*, **55**(1), 107-162.
- Reddy, N., Yang, Y. 2005. Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications. *TRENDS in Biotechnology*, **23**(1), 22-27.
- Sathees Kumar, S., Muthalagu, R., Nithin Chakravarthy, C.H. 2021. Effects of fiber loading on mechanical characterization of pineapple leaf and sisal fibers reinforced polyester composites for various applications. *Materials Today: Proceedings*, **44**, 546-553.
- Senthilkumar, K., Saba, N., Chandrasekar, M., Jawaid, M., Rajini, N., Alothman, O.Y., Siengchin, S. 2019. Evaluation of mechanical and free vibration properties of the pineapple leaf fibre reinforced polyester composites. *Construction and Building Materials*, **195**, 423-431.
- Siregar, J.P., Jaafar, J., Cionita, T., Jie, C.C., Bachtiar, D., Rejab, M.R.M., Asmara, Y.P. 2019. The effect of maleic anhydride polyethylene on mechanical properties of pineapple leaf fibre reinforced polylactic acid composites. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, **6**, 101-112.
- Suman, P., Naidu, A.L., Rao, P. 2016. Processing and mechanical behaviour of hair fiber reinforced polymer metal matrix composites. *International Conference on Recent Innovations in Engineering and Technology (ICRIET-2k16)*, Organized by Gandhi Institute of Engineering and Technology, Gunpur on 5th & 6th November-2016.
- Yantaboot, K., Amornsakchai, T. 2017. Effect of mastication time on the low strain properties of short pineapple leaf fiber reinforced natural rubber composites. *Polymer Testing*, **57**, 31-37.