



Pengaruh Sudut Anyam Komposit Berpenguat Serat Pelepah Pisang dengan Matriks *Unsaturated Polyester*

Ardhi Harist Hirosana ^{1*}, Sri Hastuti ², R. Faiz Listyanda ³

¹⁻³ Universitas Tidar, Indonesia

Email : hirosanaa@gmail.com *

Abstract, The use of lightweight plastic materials is widely applied in the manufacturing of car dashboards. Lightweight plastics or polymers, such as ABS plastic, are not strong enough or can easily crack when impacted. Banana pseudostem fibers have good mechanical properties and are a potential reinforcement for composites. This study aims to analyze the tensile strength of unsaturated polyester-banana pseudostem fiber composites produced through the hand lay-up method at three different angles: 0°/90°, 15°/105°, and 30°/120°. The tensile testing refers to ASTM D638 standards. The results of the tensile tests show that the 0°/90° weaving angle variation had the highest tensile strength value, which was 372.07 MPa. The 30°/120° fiber orientation variation had the lowest tensile strength value at 198.12 MPa. The fractures from the tensile tests were observed through macro photos to understand the failure mode. The macro photo observations showed that all specimens experienced fiber pull-out.

Keywords: ASTM D638, banana 'kepok' stalk fibers, tensile testing.

Abstrak, Penggunaan material plastik ringan banyak digunakan untuk pembuatan dashboard mobil. Material plastik atau polimer yang ringan, seperti plastic abs tidak cukup kuat atau mudah retak jika terkena benturan. Serat pelepah pisang kepok memiliki karakteristik mekanik yang baik dan merupakan penguat potensial untuk komposit. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan tarik pada komposit *unsaturated polyester-serat pelepah pisang kepok* yang diproduksi melalui metode *hand lay-up* pada tiga variasi sudut, yaitu 0°/90°, 15°/105°, dan 30°/120°. Pengujian tarik mengacu pada standar ASTM D638. Hasil pengujian tarik variasi sudut anyam 0°/90° memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi dengan nilai 372,07 MPa. Variasi arah serat 30°/120° memiliki nilai kekuatan tarik yang paling rendah dengan nilai 198,12 MPa. Patahan dari uji tarik dilakukan pengamatan foto makro untuk mengetahui model kegagalan. Hasil pengamatan foto makro terlihat dari keseluruhan spesimen mengalami *fiber pull out*.

Kata Kunci: ASTM D638, komposit, serat pelepah pisang kepok, uji tarik.

1. PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi pada industri otomotif yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari material yang dipakai, karena mempunyai peranan penting dalam meningkatkan performa, keamanan, dan keberlanjutan kendaraan. Salah satu elemen yang menjadi fokus perhatian yaitu material dalam pembuatan *part interior* kendaraan seperti *dashboard* mobil. Material plastik ringan dan polimer termoplastik banyak digunakan pada *dashboard* mobil. Plastik ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) merupakan polimer termoplastik telah banyak digunakan dalam berbagai industri. Plastik ABS tipe *high impact* menjadi pilihan material ideal untuk pembuatan *dashboard* mobil karena kemampuannya untuk menggabungkan kekuatan, ketahanan, dan kemudahan dalam proses pembuatan. Plastik ABS *high impact* memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 20-40 MPa (Herwandi, dkk., 2014).

Peraturan lingkungan, aspek keselamatan, dan kenyamanan pengguna merupakan sejumlah pertimbangan utama dalam menentukan kelayakan suatu material untuk digunakan pada kendaraan modern. Dalam hal ini, material komposit menjadi pilihan yang sangat relevan, karena memiliki kemampuan untuk mengurangi bobot kendaraan, menekan biaya produksi, serta menyederhanakan proses manufaktur. Keunggulan ini menjadikan komposit sebagai solusi material yang efisien dan adaptif terhadap tuntutan industri otomotif masa kini (Rochardjo, 2023).

Limbah plastik ABS menjadi tantangan besar dalam hal pengelolaan sampah. Meskipun dapat didaur ulang, proses tersebut tidak selalu efisien dan sering memerlukan teknologi khusus. Salah satu cara untuk mengurangi limbah ABS adalah dengan mengganti bahan abs dengan material yang lebih ramah lingkungan, seperti bioplastik atau komposit berbasis serat alam. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan solusi yang lebih berkelanjutan, seperti penggunaan material alternatif yang lebih ramah lingkungan (Aldrino, dkk., 2018).

Teknologi material komposit menjadi berkembang digunakan pada beberapa industri seperti pada industri otomotif, penerbangan, kelautan, dan konstruksi. Komposit merupakan material yang terbuat dari percampuran dua atau lebih material yang mempunyai sifat mekanik lebih kuat dari material dasarnya. Terdapat dua material penyusun dari komposit yaitu matrik berfungsi sebagai pengikat komposit dan serat berfungsi sebagai penguat komposit. Komposit berpenguat serat alam mempunyai kekuatan 40% lebih kuat serta lebih ringan dibandingkan komposit serat gelas. Proses manufaktur komposit berpenguat serat alam mempunyai keuntungan relatif murah serta ramah terhadap lingkungan. Material komposit serat alam dapat diproyeksikan menjadi material alternatif pengganti komposit serat sintetis. Konsep *back to nature* semakin dikembangkan dan ditingkatkan (Hastuti, dkk., 2021).

Pemanfaatan limbah pohon pisang khususnya pelepah pisang untuk saat ini masih terbatas pada bahan baku pembuatan berbagai kerajinan seperti tali dan tas. Pelepah pisang memiliki berbagai keunggulan antara lain merupakan bahan yang mudah didapat dan diperbarui. Selain itu dalam beberapa penelitian juga ditemukan bahwa serat pelepah pisang memiliki kekuatan tarik yang sangat baik sebagai penguat matriks (Lelewati, dkk., 2023).

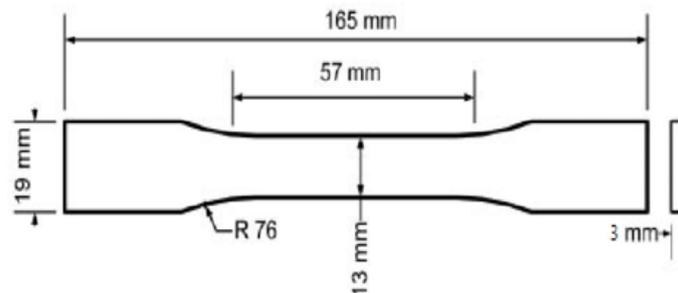
Dalam proses manufaktur komposit berbasis serat alam, keberadaan senyawa cair seperti lignin dapat menghambat adhesi yang optimal antara serat dan matriks atau resin. Oleh karena itu, diperlukan perlakuan kimia berupa alkalisasi. Alkalisasi adalah metode perendaman serat alam menggunakan larutan Natrium Hidroksida (NaOH), yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan non-selulosa seperti lilin, minyak, dan lignin. Proses ini dimaksudkan agar permukaan serat menjadi lebih bersih dan aktif secara kimia, sehingga mampu meningkatkan

kualitas ikatan antara serat dan matriks dalam komposit (Pramono dan Widodo, 2012).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pemanfaatan serat pelepah pisang kepek dengan variasi arah anyaman terhadap kekuatan mekanik material komposit berbasis resin polyester, sebagai alternatif material ramah lingkungan untuk aplikasi dashboard mobil.

2. METODE

Proses penelitian ini dilakukan dalam jangka waktu kurang lebih 6 (enam) bulan. Penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Tidar. Komposisi komposit menggunakan 30% serat pelepah pisang sebagai penguat. Serat pelepah pisang direndam dalam larutan NaOH 5% selama 2 jam. Setelah itu serat pelepah pisang yang sudah dijemur dibawah sinar matahari sampai mengering. Setelah kering serat pelepah pisang kepek dianyam sesuai dengan variasi sudut yang akan digunakan dalam penelitian. Resin yang digunakan pada penelitian ini merupakan *unsaturated polyester* BQTN 157 sebagai pengikat. Metode pencetakan komposit dengan metode *hand lay-up*. Variasi pada penelitian ini yaitu orientasi sudut anyam yaitu $0^{\circ}/90^{\circ}$, $15^{\circ}/105^{\circ}$, dan $30^{\circ}/120^{\circ}$. Setelah proses pencetakan komposit dengan variasi yang telah ditentukan selesai, langkah selanjutnya adalah memotong komposit tersebut sesuai dengan bentuk spesimen uji yang telah ditetapkan, serta memastikan bahwa dimensi spesimen tersebut sesuai dengan standar yang ditentukan. Dalam penelitian ini, uji yang digunakan adalah uji tarik, di mana bentuk spesimen untuk uji tarik mengikuti standar ASTM D638. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik atau dengan *universal testing standart*. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui besarnya kekuatan tarik dari bahan komposit. Berikut ini adalah gambar spesimen uji berdasarkan standar ASTM D638, dengan dimensi yang tercantum dalam satuan milimeter, yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spesimen Uji ASTM D638

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

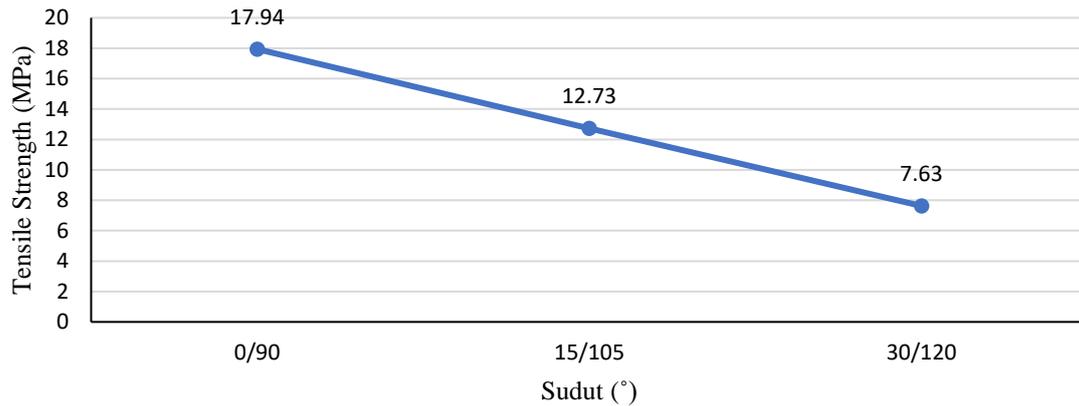
Perbandingan fraksi volume untuk setiap variasi yang digunakan adalah 30%, yang terdiri dari 29,8 cm³ serat pelepah pisang kepok, dan 70% atau 69,56 cm³ resin polyester, dengan total volume komposit sebesar 99,36 cm³. Massa serat pelepah pisang kepok adalah 11,92 gram, sementara massa resin adalah 84,5 ml. Agar lebih memudahkan penyusunan tabel hasil penelitian, setiap variasi diberi kode, yaitu spesimen A (0°/90°), B (15°/105°), dan C (30°/120°).

Hasil pengujian tarik menggunakan alat *universal testing machine*, mendapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil *universal testing machine*

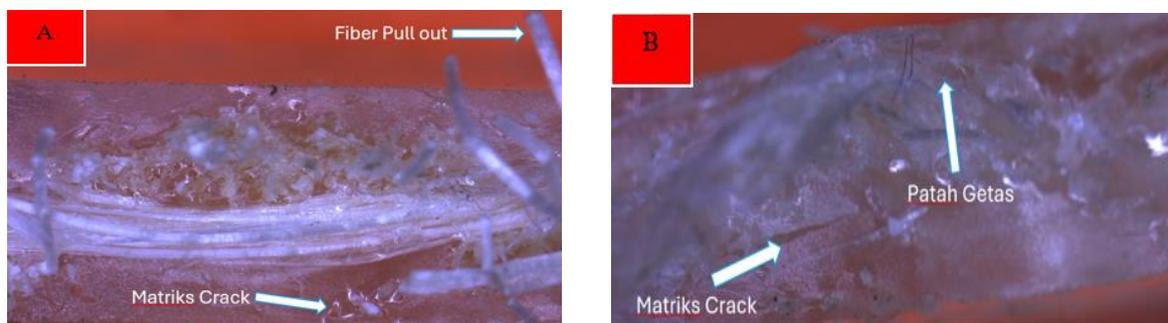
Variasi	Pertambahan panjang (mm)	Beban Maksimal (N)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)
A	2,91	754,67	17,94	372,07
B	3,76	522,26	12,73	198,12
C	3,52	303,1	7,63	138,10

Hasil kekuatan tarik menunjukkan bahwa variasi A (0°/90°) memiliki nilai kekuatan tarik paling tinggi dan mendapat nilai rata-rata sebesar 17,94 MPa, hal ini disebabkan oleh variasi sudut anyam serat yang searah dengan gaya tarik, sehingga matriks dapat mengikat serat dengan sempurna. Variasi B (15°/105°) mendapat nilai rata-rata sebesar 12,73 MPa, dan variasi C (30°/120°) memiliki nilai kekuatan tarik paling kecil, dengan nilai rata-rata sebesar 7,63 Mpa. Hal tersebut disebabkan oleh perubahan arah serat sesuai arah gaya yang menyebabkan nilai kekuatan tarik menjadi bervariasi. Seperti penelitian Nurhidayat, (2014) yang menyatakan perbedaan nilai kekuatan tarik disebabkan karena variasi sudut anyam serat yang semakin tidak searah dengan gaya tarik.



Gambar 2. Grafik Uji Tarik Komposit

Hasil kekuatan tarik menunjukkan nilai tegangan tarik dengan hasil pengujian tarik variasi A memiliki kekuatan tegangan tarik tertinggi dengan nilai rata-rata sebesar 17,94 MPa dan mampu menahan beban maksimum sebesar 807,48 N. Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Paundra, (2022) tentang orientasi sudut anyam serat cantula saat terkena beban tarik yang menyatakan bahwa semakin tidak searah sudut anyaman dengan gaya tarik komposit, maka komposit akan semakin mudah putus. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa orientasi sudut anyam pada serat pelepah pisang kepok memberi pengaruh nilai kekuatan tarik pada setiap variasi spesimen.



Gambar 3. Foto Makro spesimen kekuatan tarik (A) tertinggi dan (B) terendah

Gambar 3 (A) merupakan hasil foto makro spesimen dengan variasi $0^\circ/90^\circ$ yang menunjukkan nilai tertinggi dalam pengujian tarik. Pengujian tarik pada variasi ini didominasi oleh fenomena *fiber pull out*, yang terjadi karena susunan serat pada sumbu y (90°) tegak lurus dengan gaya tarik. Akibatnya, serat yang awalnya mengikat matriks menjadi keluar dan tidak dapat menahan beban tarik dengan baik. Sementara itu, pada sumbu x, serat akan terputus jika diberikan gaya tarik, sedangkan serat pada sumbu y akan terpisah di antara tali yang disusun pada 90° . Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Paundra, dkk., (2022) mengenai pengaruh sudut anyam terhadap kekuatan tarik pada serat kelapa sawit yang menyatakan bahwa susunan serat pada sumbu x akan terputus jika diberikan gaya tarik

sedangkan serat yang disusun pada sumbu y akan terpisah diantara tali yang telah disusun pada $0^\circ/90^\circ$. Pada gambar 3 (B) variasi $30^\circ/120^\circ$, menunjukkan nilai terendah dalam pengujian tarik, dengan dominasi patahan serat yang tidak mampu menahan beban tarik. Susunan serat pada orientasi sudut $30^\circ/120^\circ$ tidak efektif dalam menahan beban, sehingga menyebabkan distribusi beban yang tidak merata. Hal ini mengindikasikan bahwa susunan serat pada orientasi tersebut kurang mampu menahan beban, yang akhirnya menyebabkan patahnya spesimen uji. Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Suharto, dkk., (2024) mengenai pengaruh variasi sudut anyam terhadap kekuatan tarik komposit serat bambu petung yang menyebutkan bahwa patahan yang terjadi pada variasi sudut $30^\circ/120^\circ$ dikarenakan susunan serat kurang bisa menguatkan komposit dengan baik.

4. SIMPULAN DAN SARAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa orientasi anyaman serat $0^\circ/90^\circ$ memberikan performa mekanik terbaik dengan kekuatan tarik tertinggi sebesar 372,07 MPa, karena susunan serat 0° yang sejajar dengan arah gaya tarik mampu menahan beban secara maksimal. Sebaliknya, orientasi serat $30^\circ/120^\circ$ menunjukkan performa terendah dengan kekuatan tarik sebesar 198,12 MPa akibat sudut serat yang miring terhadap arah gaya, sehingga beban tidak terdistribusi secara optimal dan berisiko menimbulkan kegagalan antarfase. Temuan ini menegaskan bahwa sudut orientasi serat berperan penting dalam menentukan kekuatan mekanik komposit dan konfigurasi $0^\circ/90^\circ$ dapat direkomendasikan sebagai pilihan terbaik untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan tarik tinggi, seperti pada komponen otomotif..

Pengamatan visual melalui foto makro pada hasil uji tarik dan dampak menunjukkan bahwa variasi $0^\circ/90^\circ$ juga memiliki kualitas ikatan serat-matriks terbaik dan serapan energi tertinggi. Orientasi serat dengan sudut lebih besar cenderung mengalami penurunan kinerja akibat terjadinya kegagalan pada serat serta lemahnya ikatan antarfase. Dengan demikian, konfigurasi anyaman $0^\circ/90^\circ$ direkomendasikan untuk pengembangan material komposit serat pelepah pisang kepek dalam aplikasi otomotif maupun sektor lainnya yang membutuhkan kekuatan tarik dan ketangguhan dampak yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Aldrino (2018). Studi Eksperimental Efek Plastik Limbah Tipe ABS Sebagai Agregat Pada Kuat Tekan Beton Dengan Semen PCC. Universitas Katolik Parahyangan, Bandung

- Hastuti, S., Budiono, H. S., Ivadiyanto, D. I., & Nahar, M. N. (2021). Peningkatan Sifat Mekanik Komposit Serat Alam Limbah Sabut Kelapa (Cocofiber) yang Biodegradable. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 6(1), 30-37.
- Herwandi, H., Sugianto, S., Somawardi, S., & Subhan, M. (2014). Pengaruh volume serat rekel terhadap kekuatan tarik dan impact komposit sebagai bahan pembuatan dashboard mobil. *Prosiding Semnastek*, 1(1).
- Lelewati, Een Tonadi, Aan Sefentry (2023). Analisis Kekerasan Papan Komposit dari Serat Pelepah Pisang Dengan Resin Polyester. *Jurnal online universitas PGRI Palembang*, vol. 8.
- Nurhidayat, A., & Wijoyo, W. (2014, September). Pengaruh Fraksi Volume Serat Cantula Terhadap Ketangguhan Impak Komposit Cantula-HDPE Daur Ulang Sebagai Bahan Core Lantai Ramah Lingkungan. In *Seminar Nasional Teknologi dan Informatika 2014*. Muria Kudus University.
- Paundra, F. (2022). Analisis Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Berpenguat Serat Batang Pisang Kepok dan Serat Pinang. *Nozzle: Journal Mechanical Engineering*, 11(1), 9-13.
- Paundra, F., Chaniago, A. W., & Muhyi, A. (2022). Karakterisasi Pengaruh Sudut Anyaman Komposit Terhadap Kekuatan Tarik Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Crankshaft*, 5(2).
- Pramono, C. (2012). Pengaruh Perlakuan Alkali Kadar 5% dengan Lama Perendaman 0 Jam, 2jam, 4 Jam, 6 Jam terhadap Sifat Tarik Serat Pelepah Pisang Kepok. *Jurnal Penelitian Inovasi*, 37(1), 17777.
- Rochardjo. (2023). Perkembangan Mutakhir Material Komposit, Peluang, Dan Tantangannya Dalam Aplikasi Di Bidang Otomotif. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Suharto, R. D., Darmo, A. N. S. H., & Listyanda, R. F. (2024). Pengaruh Orientasi Sudut Anyam Serat Bambu Petung Terhadap Kekuatan Mekanik dan Sifat fisik. *Majamecha*, 6(2), 197-202.