

KEKUATAN *BENDING* DAN TARIK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT ECENG GONDOK/TEBU BERMATRIK *EPOXY*

Rahmat Doni Widodo ¹⁾ ✉, Herry Sutanto ¹⁾, Deni Fajar Fitriyana ¹⁾, Rusiyanto ¹⁾, Febri Budi Darsono ¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin
Universitas Negeri Semarang (UNNES)
Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang,
Jawa Tengah, INDONESIA
rahmat.doni@mail.unnes.ac.id

Abstract

The use of natural fiber as composite material is growing rapidly due to excellent characteristics, environmentally friendly quality and low price. For this reason, natural fiber breaks the dominance of synthetic fiber composite previously used in industries, especially in automotive manufacturing. The purpose of this study is to determine the effect of fiber orientation on the flexural and tensile strength of water hyacinth-sugarcane fiber composite with epoxy matrix. The composite then be tested as an alternative to doortrim. Fiber orientation applied to specimens was random for sugarcane fiber, but continuous on water hyacinth fiber with angle variants of -45/45, 45/90, 45/45, and 90/90. Specimen standard for flexural test is ASTM D790-15 and ASTM D638-14 for tensile test. The study results show that the highest average value for flexural strength is 51.7 MPa of the 45/90 variant, while the lowest average value of 16.6 MPa is the 45/45 variant. Both 45/90 and -45/45 variants have the highest tensile strength of 30 MPa. The 90/90 variant records the weakest tensile strength value of 20 MPa. The highest flexural and tensile strength values exceed minimum score of the SNI 01-4449-2006 and equal the values of panel assy backdoortrim. This experiment proves that fiber orientation affects mechanical properties of composite materials, especially in terms of flexural or tensile strength.

Keywords: *Fiber, Water Hyacinth, Sugarance, Composite.*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, yang menuntut terwujudnya revolusi hijau dalam dunia industri khususnya industri komponen otomotif maka ditetapkanlah berbagai macam peraturan. Tahun 2015 *European Union's Directive on end-life of vehicle (ELVs)* mengeluarkan regulasi yang menyatakan bahwa, material yang digunakan sebagai komponen kendaraan diharuskan menggunakan material yang 85% dapat didaur ulang ^[1]. Berdasarkan regulasi ini industri komponen otomotif berlomba-lomba untuk menggunakan material yang dapat daur ulang dan ramah lingkungan. Komponen otomotif yang terbuat dari monomaterial polimer atau plastik banyak digantikan dengan material yang berbasis komposit berpenguat *natural fiber*.

Serat lignoselulosa alami yang diperoleh dari tumbuhan, dalam sepuluh tahun terakhir ini, banyak digunakan sebagai *reinforced* atau penguat pada material komposit bermatrik polimer. Serat lignoselulosa alami yang beraneka ragam, dan kebutuhan akan

Corresponding Author:
✉ **Rahmat Doni Widodo**
Received on: 2022-11-23
Revised on: 2023-11-12
Accepted on: 2023-11-12

material ini telah mengalami peningkatan. Serat ini digunakan dalam rangka untuk menggantikan serat sintetis, seperti *e-glass*, *silicone carbide*, karbon, nilon dan aramid untuk aplikasi teknik ^[2]. Sebagai contoh adalah *Glasswool*, material ini sering digunakan sebagai bahan pembuat peredam suara pada interior mobil, namun hasil penelitian lebih lanjut menunjukkan material ini berbahaya. Material tersebut terbuat dari serat sintetis anorganik yang mengandung serat silika. *Glasswool* jika dihirup akan menetap di paru-paru sehingga bersifat karsinogenik memicu terjadinya kanker ^[3].

Material komposit berpenguat serat alam saat ini telah dikembangkan oleh beberapa produsen industri otomotif dunia, salah satunya yaitu produsen otomotif *Daimler Chrysler*, produsen mobil Amerika-Jerman ini mulai meneliti dan menggunakan bahan komposit polimer dengan serat alam. Bahan tersebut digunakan sebagai pembungkus kabel, serta beberapa bagian interior mobil seperti *doortrim*, plafon, pembungkus kursi hingga bahan baku untuk *dashboard* ^[4].

Produksi tebu nasional tiap tahunnya menurut laporan Departemen Pertanian sebesar 33 juta ton. Untuk batang tebu yang dijadikan ampas memiliki persentase antara 30 sampai 34%. Indonesia memiliki industri gula yang mampu memproduksi ampas tebu kurang lebih antara 9,90 sampai 11,22 juta ton/tahun ^[5]. Sedangkan Eceng Gondok (*Eicchornia Crassipes*) yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis gulma yang pertumbuhannya mencapai tinggi antara 0,3 – 0,5 meter, dan pertumbuhannya mencapai 4,8 % per hari, sehingga eceng gondok ini dapat menutupi permukaan air. Akibat hal tersebut, kandungan oksigen di dalam air dapat berkurang. Eceng Gondok yang melimpah ini dapat mengganggu aliran air, kanal irigasi maupun saluran menuju pembangkit ^[6].

Penggunaan eceng gondok yang dimanfaatkan serat batang daunnya sebagai *reinforced* pada sistem material komposit telah dilaporkan oleh Hastuti ^[7], dimana harga kekuatan tarik tertingginya sebesar 25,82 MPa pada spesimen komposit dengan perlakuan alkali 10% selama 4 jam. Sedangkan kekuatan tarik terendah sebesar 22,3 MPa pada spesimen komposit serat dengan perlakuan alkali 10% selama 2 jam. Untuk ampas tebu yang berbentuk serat acak (*random*) dipergunakan sebagai *reinforced* dalam sistem material komposit telah dilaporkan oleh Wiranda dan Harahap ^[8]. Hasil laporan penelitian tersebut menunjukkan bahwa harga kekuatan tarik yang paling optimal adalah 16,51 MPa, dimana spesimen diperlakukan dengan perendaman alkali 5%. Sedangkan spesimen tanpa perlakuan alkali atau alkali 0% pada komposit serat tebu memiliki kekuatan tarik terendah yakni sebesar 3,05 MPa. Sedangkan pada penelitian penelitian yang menggabungkan serat eceng gondok (*random*) dan serbuk ampas tebu (*random*) sebagai penguat komposit untuk papan serat pernah diteliti oleh Anggriani ^[9], kekuatan tarik maksimum terdapat pada sampel V (80% matriks, 15% serat eceng gondok, 5% serbuk ampas tebu) yaitu sebesar 4,38 MPa dan kekuatan tarik minimumnya terdapat pada sampel I yaitu (100% matriks, 0% serat eceng gondok, 0% serbuk ampas tebu) 3,29 MPa. Pada kekuatan lentur maksimum terdapat pada sampel I yaitu 1,396 MPa dan kekuatan lentur minimumnya ada pada sampel V yaitu 0,612 MPa.

Penggunaan komposit dengan matrik *epoxy* yang diperkuat dengan serat eceng gondok (*random*) dan serbuk ampas tebu (*random*) memiliki potensi yang besar untuk digunakan pada aplikasi *panel assy back doortrim*. Epoxy merupakan jenis termoset yang biasa digunakan untuk aplikasi dibidang otomotif. Hal ini karena *epoxy* memiliki keunggulan dari segi sifat mekanis, *durability*, dan kemampuan menghambat panas yang lebih baik dibandingkan jenis polimer yang lain. Penggunaan serat alam sebagai penguat dalam komposit dapat memberikan beberapa keuntungan signifikan, terutama dalam konteks aplikasi industri otomotif. Beberapa manfaat utama dari penggunaan serat alam sebagai penguat pada komposit dalam pembuatan komponen kendaraan diantara ringan, kekuatan, ramah lingkungan dan berdampak positif terhadap efisiensi bahan bakar. Tujuan

penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh orientasi serat alam terhadap sifat *bending* dan tarik pada material komposit bermatriks *epoxy* yang dihasilkan.

2. METODE DAN BAHAN

2.1. Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan peralatan diantaranya sebagai berikut: sikat kawat baja, timbangan digital, gelas ukur, cetakan komposit, *roller*, kamera, mesin penggilingan dengan ayakan *mesh* 10 dan gerinda tangan dengan mata potong serta amplas. Sedangkan bahan penelitian yang digunakan antara lain serat ampas tebu, plastisin, dan *wax*. Resin *epoxy* A-B yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari toko kimia Justus, Kota Semarang, Jawa Tengah, Indonesia. Sedangkan serat eceng gondok, didapatkan dari Ambarawa, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah, Indonesia. Spesimen uji lain yang dibuat dari *panel assy back doortrim* diambil dari merk kendaraan Toyota *Rush*.

Pada penelitian ini adalah serat eceng gondok dan serat tebu digunakan sebagai penguat (*reinforced*). Sedangkan bahan yang digunakan sebagai matrik pada system komposit pada penelitian ini adalah *epoxy*. Spesimen komposit yang dibuat merupakan gabungan serat tebu (*random*) dan serat eceng gondok membentuk orientasi $-45^{\circ}/45^{\circ}$, $45^{\circ}/90^{\circ}$, $45^{\circ}/45^{\circ}$ dan $90^{\circ}/90^{\circ}$

2.2. Pembuatan Komposit

Pembuatan material komposit dimulai dari proses alkalisasi pada serat eceng gondok dan ampas tebu dengan larutan NaOH 5% selama 5 jam. Setelah proses alkalisasi, serat eceng gondok dilakukan pengeringan pada temperatur ruang selama 12 jam. Setelah itu dilakukan penyusunan serat eceng gondok sesuai dengan variasi sudut yang telah ditentukan. Sedangkan untuk serat ampas tebu, proses pengeringan dilakukan selama 24 jam di bawah sinar matahari. Setelah ampas tebu kering, dilanjutkan dengan proses penggilingan serta penyaringan menggunakan ukuran *mesh* 10 untuk menghasilkan serbuk ampas tebu.



Gambar 1. (a) Serat ampas tebu *Mesh* 10 dan (b) serat eceng gondok sudut 45°

Tahap selanjutnya menentukan fraksi volume ke dua serat (eceng gondok/tebu) dengan total 30%, dengan pembagian volume ke dua serat pada rasio perbandingan 2:1, seperti keterangan di bawah ini:

- a) 10% serat tebu – 10% eceng gondok $45^{\circ} / 45^{\circ}$ – 10% serat tebu
- b) 10% serat tebu – 10% eceng gondok $90^{\circ} / 90^{\circ}$ – 10% serat tebu
- c) 10% serat tebu – 10% eceng gondok $45^{\circ} / 90^{\circ}$ – 10% serat tebu
- d) 10% serat tebu – 10% eceng gondok $-45^{\circ} / 45^{\circ}$ – 10% serat tebu

Fraksi volume untuk matrik (epoxy) yang digunakan sebesar 70%. Orientasi serat pada penelitian ini mengambil jenis *continuous* untuk serat eceng gondok sedangkan serat tebu menggunakan tipe *random*. Berdasarkan hasil perhitungan fraksi volume maka didapatkan data kebutuhan material penyusun komposit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan berat serat dan matriks untuk spesimen uji *bending*

VARIASI SUDUT	BERAT (g)		
	EPOXY	ECENG GONDOK	BAGGASE
45 ⁰ /45 ⁰	111,7	3,5	10
90 ⁰ /90 ⁰	111,7	3,5	10
45 ⁰ /90 ⁰	111,7	3,5	10
-45 ⁰ /45 ⁰	111,7	3,5	10
Total	446,8	14	40

Tabel 2. Berat serat dan matriks yang di butuhkan untuk spesimen uji tarik

VARIASI SUDUT	BERAT (g)		
	EPOXY	ECENG GONDOK	BAGGASE
45 ⁰ /45 ⁰	179,55	5,6	16,2
90 ⁰ /90 ⁰	179,55	5,6	16,2
45 ⁰ /90 ⁰	179,55	5,6	16,2
-45 ⁰ /45 ⁰	179,55	5,6	16,2
Total	718,20	22,4	64,8

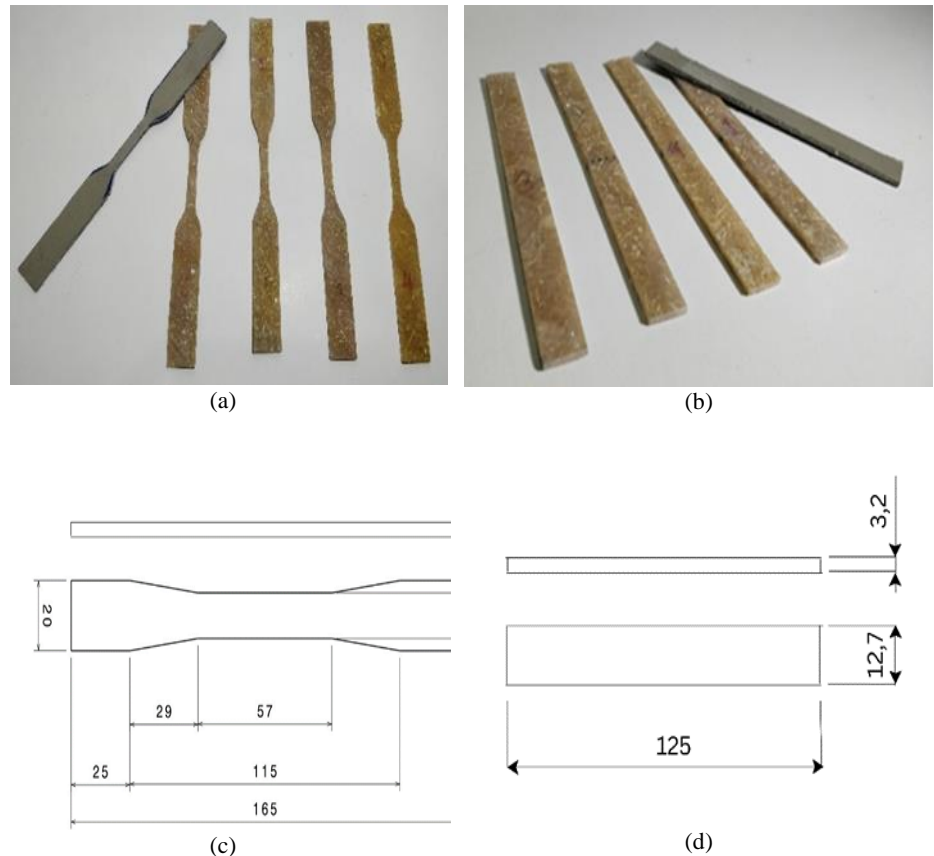
Pada penelitian ini, pembuatan spesimen komposit menggunakan metode *hand lay up*. *Hand lay-up* adalah metode yang paling sederhana dari proses fabrikasi komposit. Proses pembuatan komposit dengan metode ini adalah dengan cara menuangkan resin dengan tangan ke dalam serat berbentuk anyaman, rajuan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar.

Sebelum dilakukan pembuatan material komposit, langkah pertamanya yang dilakukan pada penelitian ini adalah melakukan preaparasi cetakan dan penakaran material penyusun komposit. Rangka cetak dan kaca sebagai cetakan komposit dilapisi dengan *wax* serta celah diantara keduanya ditutup menggunakan plastisin. Material penyusun spesimen komposit seperti resin *epoxy*, serat eceng gondok dan serat tebu ditakar sesuai tabel kebutuhan. Spesimen komposit yang dibuat membentuk *layer* (lapisan) atas dan bawah, sehingga kebutuhan campuran dari resin *epoxy* dan serat tebu keseluruhan beratnya dibagi menjadi dua bagian, sedangkan pada bagian tengah merupakan lapisan serat eceng gondok yang membentuk orientasi serat tertentu.

Proses pembuatan spesimen komposit dimulai dengan menuang resin *epoxy* bagian pertama hingga mengisi seluruh ruang cetak. Lapisan bawah cetakan dibubuhi campuran serat tebu/*epoxy* yang dicampur secara merata. Kemudian lapisan berikutnya merupakan serat eceng gondok yang telah disusun sesuai dengan variasi dan berat diletakkan pada ruang cetak lalu dituangkan resin *epoxy*. Lapisan bagian teratas merupakan campuran serat tebu/*epoxy* yang dicampur dan dituangkan secara merata hingga mengisi seluruh rangka/ruang cetak. Komposit yang terbentuk di keringkan pada temperatur ruang selama 2 x 24 jam. Setelah itu, komposit dilakukan proses pemotongan untuk proses pembuatan spesimen dan pengujian spesimen.

2.3. Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen uji bending pada penelitian ini berdasarkan pada ASTM D790-15^[10]. Sedangkan pembuatan spesimen uji tarik mengacu pada ASTM D638-14^[11] (*Type IVB*). Spesimen komposit pengujian tarik dan *bending* dapat dilihat pada Gambar 2 (a) dan (b). Pada Gambar 2 (c) dan (d) menunjukkan dimensi dari spesimen untuk pengujian tarik dan *bending*.



Gambar 2. (a) Spesimen pengujian tarik, (b) Spesimen pengujian *bending*, (c) Dimensi spesimen pengujian tarik, (b) Dimensi spesimen pengujian *bending*

2.4. Pengujian

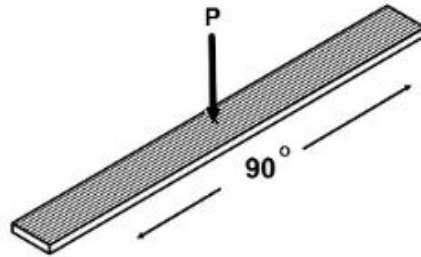
Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian yakni pengujian *bending*, tarik dan foto makro pada spesimen komposit serat eceng gondok-tebu-*epoxy*. Pengujian dilakukan di laboratorium uji material, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Sifat *bending* dan tarik dikarakterisasi melalui pengujian pada spesimen yang telah disiapkan dengan pengujian menggunakan mesin *universal testing machine* (UTM) merk *TORONTECH TT-HW2-600*, sedangkan uji makro menggunakan kamera dengan resolusi 64 *Megapixel*.

2.4.1. Pengujian *Bending*

Pengujian *bending* spesimen komposit menggunakan mesin *universal testing machine*. Mengacu pula pada standar ASTM D790-03 (*Molding Materials*) dan metode *three point bending*, dengan jarak antar *supporting point* yaitu 35,2 mm (± 1 mm). Asumsi arah serat

pada spesimen pengujian *bending* dapat dilihat pada Gambar 3, sedangkan nilai *flexural strength* atau tegangan maksimal yang terjadi pada spesimen dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (1)$$

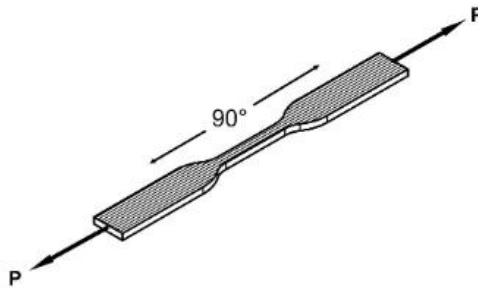


Gambar 3. Asumsi arah serat pada spesimen pengujian *bending*

2.4.2. Pengujian Tarik

Pengujian tarik pada spesimen komposit menggunakan mesin *universal testing machine*, serta mengacu pada ASTM D638-14 (Type IV^B). Asumsi arah serat pada spesimen pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 4, sedangkan nilai *ultimate tensile strength* atau tegangan maksimal yang terjadi pada spesimen dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2)$$



Gambar 4. Asumsi arah serat pada spesimen pengujian tarik

2.4.3 Pengujian Foto Makro

Pengujian struktur makro dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui struktur atau fenomena yang terjadi dari hasil patahan spesimen uji. Sehingga pengujian ini dilakukan pada titik patahan baik dari spesimen uji *bending* maupun tarik, dikarenakan hal ini berpengaruh pada sifat material komposit tersebut khususnya pada sifat mekanis.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Hasil

Hasil dari penelitian ini berupa *print out* data dan foto yang didapat dari pengujian *bending*, tarik maupun makro. Data kemudian disajikan dalam bentuk tabel, serta data yang dijadikan rujukan diolah serta dituangkan dalam bentuk grafik dan visualisasi patahan.

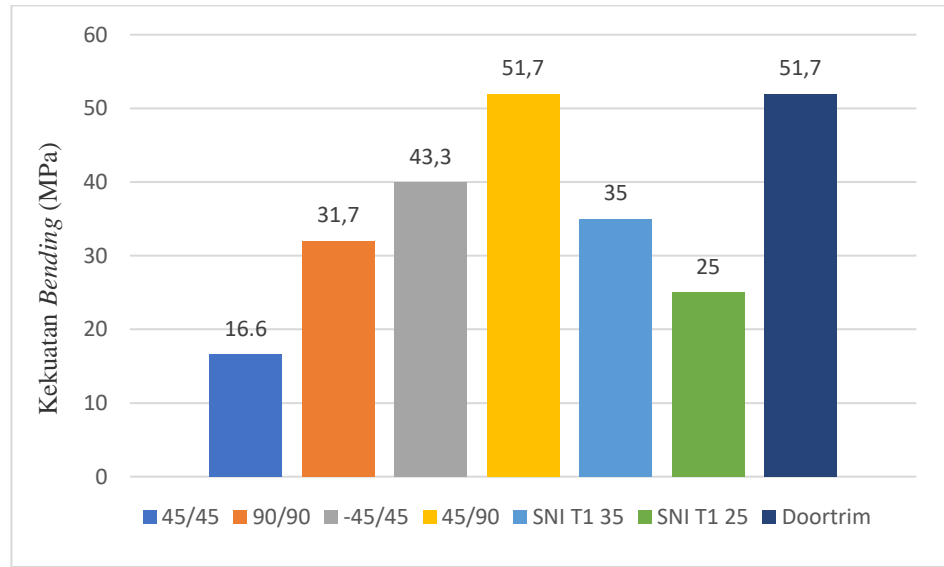
3.1.1. Hasil Pengujian *Bending*

Pengujian *bending* yang dilakukan menghasilkan data-data yang ditampilkan pada Tabel 3. Untuk besarnya nilai Gaya maksimum (P), defleksi (δ) dan modulus *bending* (E) didapatkan langsung dari hasil *printout* mesin UTM yang sebelumnya memegang telah di *setting* untuk ditampilkan. Untuk besarnya nilai kekuatan *bending* diperoleh berdasarkan proses perhitungan dengan menggunakan Persamaan 1.

Tabel 3. Data hasil pengujian *bending*

VARIAN	SPESIMEN	DIMENSI (mm)			P (N)	δ (mm)	E (MPa)	σ (MPa)
		L	b	h				
Doortrim	1	35,2	12,7	2,1	52	4,9	0,5	50
	2	35,2	12,7	2,1	58	4,9	0,5	50
	3	35,2	12,7	2,1	62	4,9	0,5	55
	Rata-rata				57,3	4,9	0,5	51,7
Komposit 45° / 45°	1	35,2	12,5	2,3	18	4,5	0,4	15
	2	35,2	12,5	2,3	30	4,5	0,4	20
	3	35,2	12,5	2,3	20	4,5	0,4	15
	Rata-rata				22,7	4,5	0,4	16,6
Komposit 90° / 90°	1	35,2	yo,6	2,2	32	4,7	0,4	30
	2	35,2	12,3	2,3	36	4,5	0,4	30
	3	35,2	12,3	2,3	44	4,5	0,4	35
	Rata-rata				37,3	4,6	0,4	31,7
Komposit -45° / 45°	1	35,2	12,7	2,0	42	5,1	0,5	45
	2	35,2	12,3	2,3	56	4,5	0,4	45
	3	35,2	12,7	2,0	38	4,5	0,4	40
	Rata-rata				45,3	4,7	0,4	43,3
Komposit 45° / 90°	1	35,2	12,7	2,3	66	4,5	0,4	55
	2	35,2	12,6	2,1	50	4,9	0,5	50
	3	35,2	12,3	2,3	58	4,5	0,4	50
	Rata-rata				58	4,6	0,4	51,7

Sebagai langkah untuk mengetahui perbandingan nilai kekuatan *bending* pada material komposit dengan standar atau data yang telah tersedia di lapangan untuk *doortrim*. Maka disajikanlah dalam bentuk diagram batang yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram perbandingan kekuatan *bending*

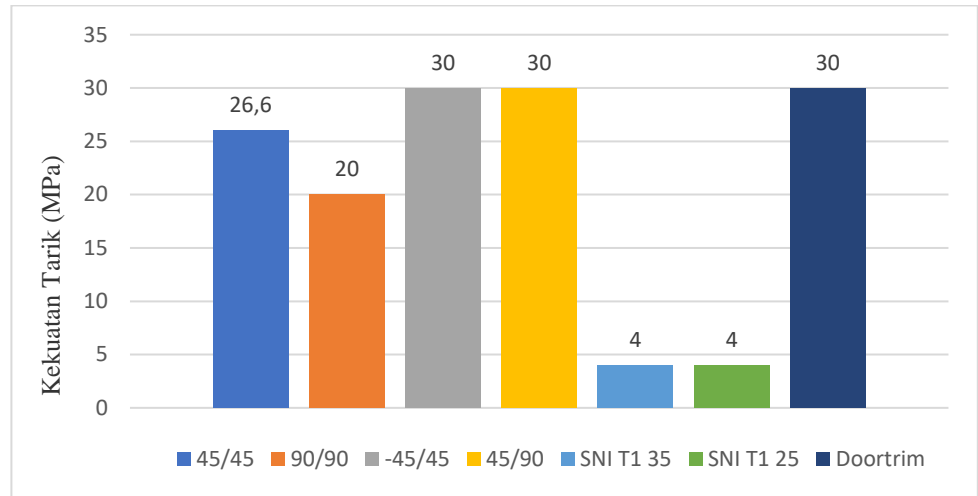
3.1.2. Hasil Pengujian Tarik

Hasil pengujian tarik dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data hasil pengujian tarik

VARIAN	SPESIMEN	DIMENSI			P (N)	σ_y (MPa)	σ_u (MPa)	ϵ	E (GPa)
		Lo (mm)	A (mm ²)	ΔL (mm)					
Doortrim	1	33,5	13,4	10,3	406	20	30	0,3	0,1
	2	33,5	13,4	5,4	350	20	30	0,1	0,3
	3	33,5	13,2	5,0	412	20	30	0,1	0,3
	Rata-rata				389	20	30	0,2	0,2
Komposit 45 ⁰ / 45 ⁰	1	33,5	16,0	2,8	412	20	30	0,1	0,3
	2	33,5	15,4	8,1	396	20	25	0,2	0,1
	3	33,5	15,4	1,6	378	20	25	0,1	0,3
	Rata-rata				395	20	26,6	0,1	0,2
Komposit 90 ⁰ / 90 ⁰	1	33,5	15,4	1,7	362	10	20	0,1	0,4
	2	33,5	16,3	2,8	342	10	20	0,1	0,2
	3	33,5	15,4	3,6	310	10	20	0,1	0,2
	Rata-rata				338	10	20	0,1	0,3
Komposit -45 ⁰ / 45 ⁰	1	33,5	15,4	1,5	427	30	35	0,1	0,8
	2	33,5	14,3	3,5	398	20	30	0,1	0,3
	3	33,5	16,0	4,5	386	25	25	0,1	0,2
	Rata-rata				403	25	30	0,1	0,4
Komposit 45 ⁰ / 90 ⁰	1	33,5	16,0	1,4	395	20	30	0,05	0,6
	2	33,5	12,4	1,1	328	10	30	0,04	0,7
	3	33,5	11,5	1,2	356	20	30	0,05	0,6
	Rata-rata				359	16,6	30	0,05	0,6

Untuk mempermudah pembacaan data, maka data pada Tabel 4 diubah dalam bentuk diagram batang yang dapat dilihat pada Gambar 6.

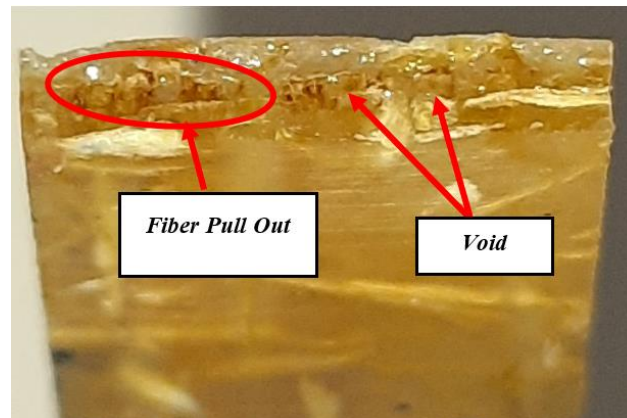


Gambar 6. Diagram perbandingan kekuatan tarik

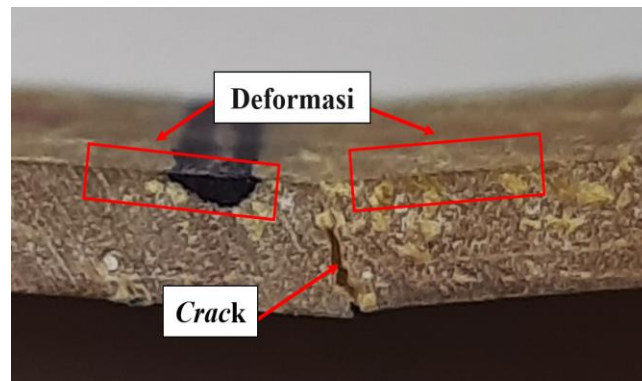
3.1.3. Hasil Foto Makro

Pengamatan struktur makro bertujuan untuk mengetahui bentuk serta fenomena yang terjadi pada patahan spesimen hasil uji, baik pengujian *bending* maupun pengujian tarik.

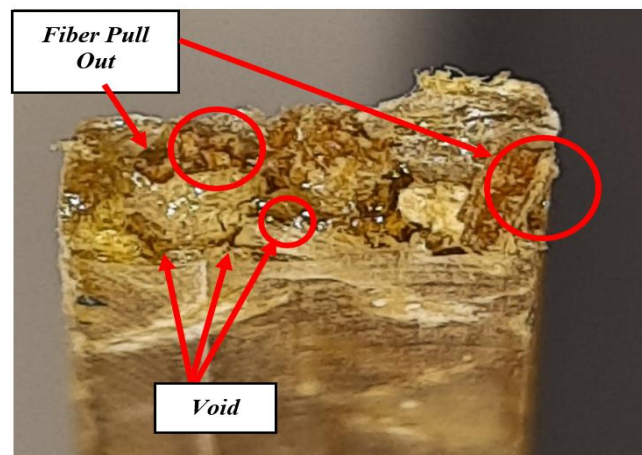
Pada penelitian ini foto makro hanya dilakukan pada spesimen A dan B, hal ini dilakukan karena spesimen A dan B memiliki hasil pengujian tarik dan *bending* yang lebih rendah dibandingkan spesimen yang lainnya (Gambar 7-10). Hal ini dilakukan untuk memudahkan mengamati fenomena kegagalan, cacat yang terjadi, dan dampak yang dihasilkan terhadap hasil pengujian tarik dan *bending*. Adapun hasil visualisasi pengujian foto makro dapat dilihat pada gambar berikut:



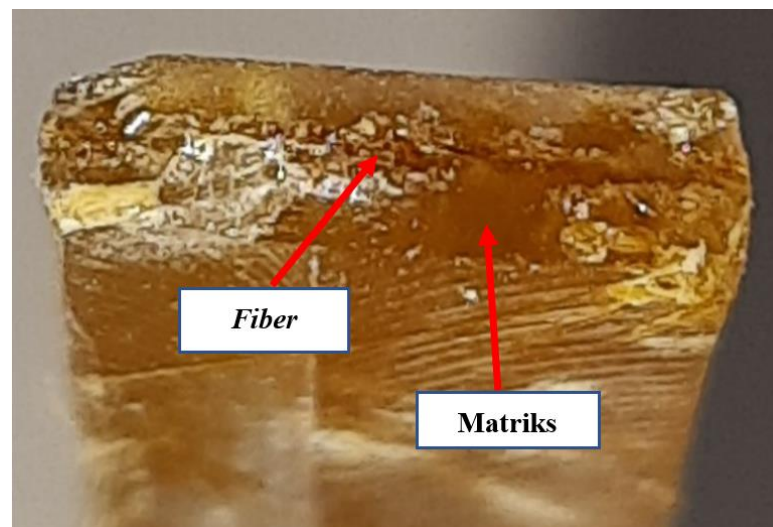
Gambar 7. Struktur makro penampang patahan hasil pengujian *bending* pada spesimen varian 90° / 90° (kelompok B)



Gambar 8. Struktur makro penampang samping spesimen hasil pengujian *bending* pada spesimen varian $45^{\circ} / 90^{\circ}$ (kelompok A)



Gambar 9. Struktur makro penampang patahan hasil pengujian tarik spesimen varian $90^{\circ} / 90^{\circ}$ (kelompok B)



Gambar 10. Struktur makro penampang patahan hasil pengujian tarik spesimen varian $45^{\circ} / 90^{\circ}$ (kelompok A)

Dilihat dari struktur makro patahan spesimen uji *bending* maupun tarik varian $45^0/90^0$ dan varian $-45^0/45^0$ (kelompok A), mengindikasikan terjadinya perpatahan getas. Hal ini ditandai dengan permukaan patahan terang dan kristalin. Sedangkan dilihat dari struktur makro patahan spesimen uji *bending* maupun tarik, pada varian $45^0/45^0$ dan varian $90^0/90^0$ (kelompok B) mendandakan terjadinya perpatahan ulet. Asumsi ini dibuktikan dengan permukaan patah varian tersebut kusam/buram dan keluarnya serat. Ditambah dengan adanya bentuk *cup* and *cone* pada hasil patahan tarik yang mampu dilihat secara visual.

3.2. Diskusi

Penelitian ini membahas tentang pengaruh orientasi serat pada komposit serat eceng gondok –tebu terhadap sifat mekanis yang berupa kekuatan bending dan tarik. Pengujian serta perbandingan dengan produk dan standar yang telah ada, bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan material komposit ini untuk dijadikan sebagai bahan alternatif pembuat *doortrim*. Pengaruh orientasi serat pada pembuatan komposit ini bertujuan untuk mengetahui varian orientasi terbaik, apabila diaplikasikan kedalam bahan baku pembuat *doortrim*. Variasi arah sudut serat eceng gondok dilakukan sebagai upaya untuk mendapatkan komposisi terbaik, sehingga dapat diaplikasikan pada pembuatan *doortrim*. Parameter untuk mengetahui bagus atau tidaknya komposisi pada komposit ini adalah dengan melakukan perbandingan. Tahap ini dilakukan dengan melakukan komparasi data hasil pengujian spesimen material komposit dengan hasil pengujian spesimen dari *panel assy back doortrim* dan juga data pada SNI 01-4449-2006.

3.2.1. Kekuatan *Bending* dan Tarik Komposit

Dari sub bab diatas dapat diketahui bahwa kemampuan tiap varian komposit dalam menahan beban *bending* maupun tarik berbeda-beda. Hal ini sejalan dengan penelitian Prihajatno^[12] bahwa pada material komposit dimana kekuatan gaya ikatan antar muka resin terhadap matriksnya akan berpengaruh pada peningkatan kekuatan mekanisnya. Diperkuat pula oleh pernyataan Fahmi^[13] yang menyatakan bahwa, apabila arah atau letak tiap variasi serat berbeda maka akan meningkatkan kekuatan mekanik kompositnya. Sehingga hal ini sangat mempengaruhi nilai kuat *bending* dan tarik pada tiap varian.

Nilai kekuatan *bending* yang paling tinggi ada pada varian dengan dua arah serat eceng gondok dalam satu *layer*, yaitu varian sudut $45^0/90^0$ dengan nilai 51,7 MPa. Nilai ini sama dengan nilai kekuatan *bending* pada *doortrim*. Nilai kekuatan *bending* tertinggi telah melampaui nilai dari standard SNI dimana memiliki selisih sebesar ≈ 2 kali lebih besar dari nilai SNI yang terendah (T1). Sedangkan jika bandingkan selisih nilai kekuatan *bending* antara spesimen dengan varian sudut $45^0/90^0$ dengan nilai yang paling tinggi terhadap spesimen dengan varian sudut $45^0 / 45^0$ (rata-rata nilai kekuatan *bending* terendah sebesar 16,6 MPa) adalah sebesar ≈ 3 kalinya. Pada pembebanan *bending*, spesimen yang memiliki arah serat longitudinal (90^0) akan bertanggungjawab menanggung beban tekan dan diperkuat dengan arah serat 45^0 yang bertanggungjawab memberikan efek penguatan yang lebih besar lagi sehingga pada spesimen dengan varian sudut $45^0/90^0$ ini memiliki nilai kekuatan *bending* yang tertinggi.

Trend grafik kekuatan *bending* memiliki bentuk yang berbeda dengan *trend* grafik kekuatan tarik dimana nilai kekuatan tarik tertinggi pada spesimen varian $45^0 / 90^0$ dan $-45^0 / 45^0$ yakni sebesar 30 MPa. Nilai kekuatan tarik kedua varian ini sama dengan nilai kekuatan tarik pada spesimen *doortrim*. Sedangkan nilai kekuatan tarik kedua varian ini jika dibandingkan nilai kekuatan tarik standard SNI memiliki selisih nilai sebesar 7,5 kalinya. Pada pembebanan tarik, gaya yang ditimbulkan tidak hanya gaya normal tarik yang tegak lurus terhadap luasan spesimen tetapi dapat muncul gaya geser akibat tarikan, dimana

gayanya yang terjadi sejajar dengan luasan spesimen. Pada spesimen tarik yang memiliki arah serat longitudinal (90^0) atau searah dengan gaya tarik akan bertanggungjawab menanggung beban atau gaya tarik normal, dan diperkuat dengan arah serat 45^0 yang mampu menahan beban atau gaya geser. Sedangkan spesimen tarik yang memiliki arah serat saling menyilang ($-45^0 / 45^0$) memiliki kekuatan menahan tidak hanya gaya tarik normal tetapi juga lebih-lebih terhadap gaya geser yang terjadi.

Menurut Zulkifli ^[14], pada spesimen uji tarik dimana kondisi ikatan antar serat yang lemah terhadap matriksnya dapat menyebabkan *fiber pull out* yang massive. Merujuk pernyataan tersebut serta hasil dari visualisasi foto makro, maka hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan arah sudut serat pada komposit mempengaruhi *interfacial* resin dan komposit. Sehingga berdampak pada nilai kekuatan mekanis material komposit khususnya *bending* dan tarik. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Vinod dan Sudev ^[15] dimana komposit yang diperkuat dengan serat alam yang *inclined* ($-45^0/45^0$) menghasilkan harga kekuatan tarik yang optimal sebesar 49,99 MPa. Disisi lain pada spesimen dengan kondisi *unideirectional* atau menyilang (tegak lurus terhadap beban tarik) menghasilkan harga kekuatan tarik terendah yakni dengan nilai 37,18 MPa.

3.2.2. Kemampuan Komposit sebagai Bahan Pembuat *Doortrim*

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka material komposit yang dibuat dapat dijadikan sebagai alternatif bahan pembuat *doortrim*. Komposisi bahan pembuat komposit yang terdiri dari limbah serat tebu serta serat eceng gondok yang identik dengan gulma, dinilai cocok dijadikan sebagai bahan baku pembuat *doortrim*. *Doortrim* merupakan jenis material yang tidak tahan terhadap panas dan tergolong material yang kaku. Persyaratan umum material ini adalah sifatnya yang ringan pada ketebalan tertentu. Sedangkan persyaratan khusus sebagai upaya agar tercapai revolusi hijau dalam dunia industri adalah seperti yang tertera dalam *European Union's Directive on end-life of vehicle (ELVs)*. Berdasarkan acuan ini, diharapkan 85% komponen kendaraan khususnya mobil diharapkan menggunakan material yang ramah terhadap lingkungan atau material yang dapat didaur ulang kembali ^[1]. Atas dasar tersebut dipilihlah bahan limbah serat tebu dan gulma eceng gondok sebagai penguat, sedang resin *epoxy* yang identik memiliki titik leleh tinggi atau tahan terhadap panas digunakan sebagai pengikat. Dengan merujuk data pada Gambar 4 dan 5 di atas, nampaklah bahwa spesimen dengan variasi sudut serat eceng gondok $45^0/90^0$, dengan nilai kekuatan *bending* 51,7 MPa dan tarik sebesar 30 MPa mampu menyamai atau setara dengan nilai kekuatan *bending* dan tarik spesimen dari *panel assy back doortrim*. Kekuatan *bending* dan tarik pada spesimen material komposit serat eceng gondok/tebu/*epoxy* yang dibuat dan diuji semuanya memiliki nilai yang melampaui standard SNI baik itu untuk tipe T1 25 maupun T1 35 yang dijadikan acuan untuk pembuatan papan serat *doortrim*.

4. KESIMPULAN

Pembuatan komposit dengan matrik *epoxy* yang diperkuat dengan serat eceng gondok (*random*) dan serbuk ampas tebu (*random*) untuk aplikasi *panel assy back doortrim* telah berhasil dibuat menggunakan metode *hand lay-up*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa orientasi serat khususnya pada arah sudut serat eceng gondok memberikan pengaruh terhadap ikatan antar muka resin dan serat. Sehingga nilai kekuatan mekanis material komposit khususnya *bending* dan tarik akan semakin meningkat, seiring semakin divariasikannya arah serat. Nilai kekuatan *bending* dan tarik material komposit serat eceng gondok/tebu/*epoxy*, mampu menyamai nilai minimal kekuatan *bending* dan tarik pada kontrol produk yaitu *panel assy back doortrim*. Serta mampu melampaui nilai minimal kuat *bending* dan tarik yang ditetapkan pada SNI 01-4449-2006 tipe T1 25 maupun 35. Hasil

penelitian ini menunjukkan bahwa komposit bermatrik *epoxy* yang diperkuat dengan limbah serat ampas tebu, dan serat dari gulma eceng gondok dapat digunakan sebagai bahan alternatif pembuat *doortrim*. Masing-masing bahan dinilai mampu meningkatkan sifat fisis maupun mekanis pada *doortrim*. Temuan pada penelitian ini memberikan kontribusi yang berharga dalam pengembangan bahan dan teknologi ramah lingkungan di industri pembuatan *doortrim*, membuka potensi untuk penerapan praktik berkelanjutan dan inovatif dalam proses manufaktur dimasa depan.

PERNYATAAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan kali ini penulis bersyukur serta mengucapkan terimakasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu, serta terlibat dalam penelitian maupun penulisan artikel ini khususnya pada tenaga pengajar maupun teknisi lapangan Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.

NOMENKLATUR

σ	: Tegangan maksimal (MPa)
P	: Beban yang bekerja (N)
L	: Jarak antar titik tumpu (mm)
b	: Lebar spesimen (mm)
h	: Tebal spesimen (mm)
A	: luas penampang (mm ²)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ghozali, M.Y., Harini, S., & Cahyo, B., “Karakterisasi Sifat Tarik Komposit Laminat Hibrid Kenaf-E-Glass/*Polyethylene* (Pe)”, *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, v. 1, n. 1, pp. 31-35, Jun. 2017.
- [2] Candido, V.S., Alisson, C.R.D., Noan, T.S., *et.al.*, “*Toughness of Polyester Matrix Composites Reinforced with Sugarcane Bagasse Fibers Evaluated by Charpy Impact Tests*”, *J Mater Res Technol*, v. 6, n. 4, pp. 334-338, Jul. 2017.
- [3] Laksono, A.D., Lusi, E., & Desy, M., “Pengaruh Fraksi Volume Komposit Polyester Berpenguat Limbah Serat Kayu Bangkirai Terhadap Sifat Material Akustik”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, v. 10, n. 3, pp. 277-285, Dec. 2019.
- [4] Zulkifli & Ida, B. D., “Analisa Pengaruh Perlakuan Alkali dan Hydrogen Peroksida Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Serat Sabut Kelapa Bermatriks *Epoxy*”, *Jurnal Polimesin*, v. 17, n. 1, pp. 41-46, Feb. 2019.
- [5] Zuniar, R., Pengaruh Campuran Ampas Tebu dan Tongkol Jagung Sebagai Media Pertumbuhan Terhadap Kandungan Nutrisi Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Ostreatus*), Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2016..
- [6] Bhuvaneshwari, M. & Sangeetha, D. K., “*Investigation of Physical, Chemical and Structural Characterization of Eichhornia crassipes Fiber*”, In: *International Conference on Information Engineering, Management and Security 2016*, 978-81-929866-4-7, Bharathiar University, Coimbatore, Tamil Nadu, India, 15 February 2016.

- [7] Hastuti, S., Catur, P., & Yafi, A., “Sifat Mekanis Serat Enceng Gondok sebagai Material Komposit Serat Alam yang *Biodegradable*”, *Journal of Mechanical Engineering*, v. 2, n.1, pp. 22-28, Mar. 2018.
- [8] Wiranda, W., & M. H. Harahap., “Pengaruh Perendaman Filler Serat Ampas Tebu dengan Variasi Konsentrasi Naoh Terhadap Sifat Mekanik Komposit Resin *Polyester*”, *Jurnal Einstein*, v. 3, n. 2, pp. 31-37, 2015.
- [9] Anggriani, D., Pembuatan Papan Komposit Bahan Serbuk Ampas Tebu dan Serat Eceng Gondok dengan Matriks *Polipropilene*, Skripsi, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2018.
- [10] ASTM D 790 –15, *Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*, In: ASTM International, U.S. Department of Defense, West Conshohocken, 2015.
- [11] ASTM D 638 –14, *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*, In: ASTM International, U.S. Department of Defense, West Conshohocken, 2014.
- [12] Prihajatno, M., Yasser, A., & A. Nurfauzi., “Karakterisasi Kekuatan Mekanis Hybrid Komposit Berpenguat Serat Kulit Pohon Waru (*Hibiscus Tiliaceus*)”, *Dinamika Jurnal Teknik Mesin*, v. 9, n. 2, pp. 17-29, Mei. 2018.
- [13] Fahmi, H., Syafrul, H., & Fajar, M.K., “Analisis Kekuatan Komposit Resin diperkuat Serat Pinang”, *Jurnal Teknik Mesin – ITP*, v. 6, n. 2, pp. 86-91, Okt. 2016.
- [14] Zulkifli, Hadi, H., & Subur, M., “Analisa Kekuatan Tarik dan Bentuk Patahan Komposit Serat Sabuk Kelapa Bermatriks *Epoxy* terhadap Variasi Fraksi Volume Serat”, *Jurnal Teknologi Terpadu*, v. 6, n. 21, pp. 90-95. Okt. 2018.
- [15] Vinod, B. Dan Sudev L. J., “*Study On The Influence Of Fiber Orientation On Palf Reinforced Bisphenol Composites*”, In: *International Conference on Current Trends in Engineering and Management* 2014, 0976-6359, Mysore, Karnataka, India, 17-19 July 2014.