

## PENGARUH ORIENTASI ARAH SERAT TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKUATAN *BENDING* KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT *E-Glass* DENGAN Matrik *EPOXY*

Wahyu Tanoto

S1 Teknik Mesin Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
E-mail : [wahyutanoto@mhs.unesa.ac.id](mailto:wahyutanoto@mhs.unesa.ac.id)

Mochammad Arif Irfa'i

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
E-mail: [arifirfai@unesa.ac.id](mailto:arifirfai@unesa.ac.id)

### Abstrak

Komposit memiliki sifat berbeda dari bahan aslinya, merupakan gabungan dua material atau lebih. Terutama peng-aplikasian pada prosthesis harus memiliki berat ringan, ketahanan lelah tinggi, kekuatan yang baik dan tahan korosi. Banyak peneliti sebelumnya memfokuskan diri untuk mengembangkan teknologi komposit dengan metode fraksi volume, akan tetapi pada umumnya kandungan serat komposit tidak selalu mempengaruhi kekuatan komposit, Kekuatan produk komposit juga dapat dipengaruhi oleh orientasi arah serat. Agar harga lebih terjangkau dan sifat mekanis kuat maka menggunakan serat *e-glass*. Penelitian ini menggunakan jenis *experimental research*. Dengan variable bebasnya yaitu arah orientasi serat  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $0^\circ/90^\circ/0^\circ$  dan  $90^\circ/0^\circ/90^\circ$ . Penelitian ini menggunakan metode vakum untuk mengurangi void dan menggunakan pengujian tarik D638 dengan pengujian *bending* D790. Teknik pengambilan data supaya mengetahui terjadinya pengaruh yang signifikan yaitu menggunakan statistik anova *one way*. Hasil yang lebih baik diharapkan diperoleh dari penelitian ini dengan menggunakan arah orientasi serat dan menggunakan metode vakum, karena menggunakan metode ini void dapat dikurangi.

**Kata kunci:** Komposit, Orientasi Arah Serat, *E-Glass*, Kekuatan Tarik, Kekuatan *Bending*, *Epoxy*.

### Abstract

Composite consists of two or more materials whose properties are different of the original material. Especially the application in the prosthesis must have light weight, high fatigue resistance, good strength and corrosion resistance. Many previous researchers have focused on developing composite technology with the volume fraction method, but in general the fiber content of the composite does not always affect the strength of the composite. The strength of the composite product can be influenced by the orientation of the fiber direction. For a more affordable price and strong mechanical properties, *e-glass* fiber is used. *Experimental research* type is used in this study. The independent variables are fiber orientation direction  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $0^\circ/90^\circ/0^\circ$  and  $90^\circ/0^\circ/90^\circ$ . This study uses a vacuum method to reduce voids and uses a tensile test D638 with a bending test D790. The data collection technique used one-way ANOVA statistics to determine the significant effect. Better results are expected of the research by using the fiber orientation direction and using the vacuum method, because using this method voids can be reduced.

**Keywords:** Composite, Fiber Direction Orientation, *E-Glass*, Tensile Strength, Bending Strength, *Epoxy*.

### PENDAHULUAN

Komposit merupakan suatu perkembangan teknologi yang dibutuhkan pada zaman modern seperti ini seperti contoh pada kaki palsu / prostesis salah satunya yang harus memiliki kekuatan bending dan tarik yang tinggi. Untuk mengurangi harga beli dari prostesis maka dari itu digunakannya serat *e-glass* karena harganya terjangkau dan seratnya memiliki sifat mekanik yang kuat. Sudah banyak yang meneliti tentang teknologi komposit sampai saat ini. Kebanyakan penelitian sebelumnya ialah meneliti pengaruh fraksi volume serat kompositnya. Kandungan serat komposit tidak selalu berpengaruh terhadap kekuatan komposit. Orientasi arah serat adalah salah satu yang mempengaruhi kekuatan komposit. Menurut Hendriawan dan Haryy (2011), dalam pembuatan komposit, maka kekuatan mekanik komposit akan ditentukan oleh arah serat dan tata letaknya dalam matrik. Berdasarkan alasan ini,

maka penelitian merujuk pada pengaruh orientasi arah serat kompositnya, untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal dan memenuhi standar dari penelitian tersebut.

Serat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu serat sintesis dan serat alam. Serat sintesis terbuat dari berbagai bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu. Beberapa kelebihan serat sintesis antara lain sifat dan ukurannya relatif seragam, serta sepanjang serat dapat diupayakan kekuatan serat yang sama sama. Salah satu contoh serat sintesis antara lain serat *e-glass*.

Serat kaca atau *fiberglass* lebih dikenal sebagai serat gelas merupakan tarikan kaca cair menjadi serat tipis berdiameter 0,005 mm - 0,01 mm. Benang atau kain berasal dari serat ini. Resin membuat bahan tersebut menjadi kuat dan tahan korosi. Berbagai percobaan dilakukan oleh pembuat gelas dengan gelas giber. Namun, produksi fiberglass secara massal baru dapat dilakukan setelah ditemukan mesin yang canggih. Pada 1893, sebuah

pakaian bertekstur fiber sutra dipajang oleh Edward Drummond Libbey di *World Columbian Exposition*. Russell Games Slayter dari Owens-Corning menciptakan *fiberglass* pada 1938 dari material insulasi, dan dijual dengan merk *Fiberglas*.

Polimer epoxide thermosetting yang dikenal sebagai *epoxy* atau *polyepoxide* akan menjadi semakin bagus jika dicampur agen katalis. Resin epoxy kebanyakan dihasilkan dari reaksi epichlorohydrin dan bisphenol-A. Pembuatan resin dari epichlorohydrin dicoba pertama kali secara komersial di Amerika Serikat pada 1927.

Pada penelitian sebelumnya yang meneliti fraksi volume dengan berpenguat serat karbon dan batang pohon keras yang penelitiannya mendapatkan hasil kekuatan tarik yang sudah sesuai standar akan tetapi kekuatan bendingnya belum memenuhi standar BSAPI. Oleh karena alasan tersebut penelitian ini dilakukan.

## METODE

### Jenis Penelitian

Jenis penelitian *experimental research* dipilih guna menyajikan seberapa besar kekuatan tarik dan kekuatan *bending* pada komposit matrik resin *epoxy* yang memiliki penguat serat *e-glass* dengan variasi orientasi arah serat.

### Waktu dan Tempat Penelitian

- Waktu penelitian  
Penelitian ini memerlukan waktu antara 01 Mei 2021 - 09 Juni 2021.
- Tempat Penelitian  
Penelitian untuk membuat spesimen komposit bertempat di Laboratorium Fabrikasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Uji kekuatan tarik dan kekuatan *bending* spesimen komposit mengambil tempat di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

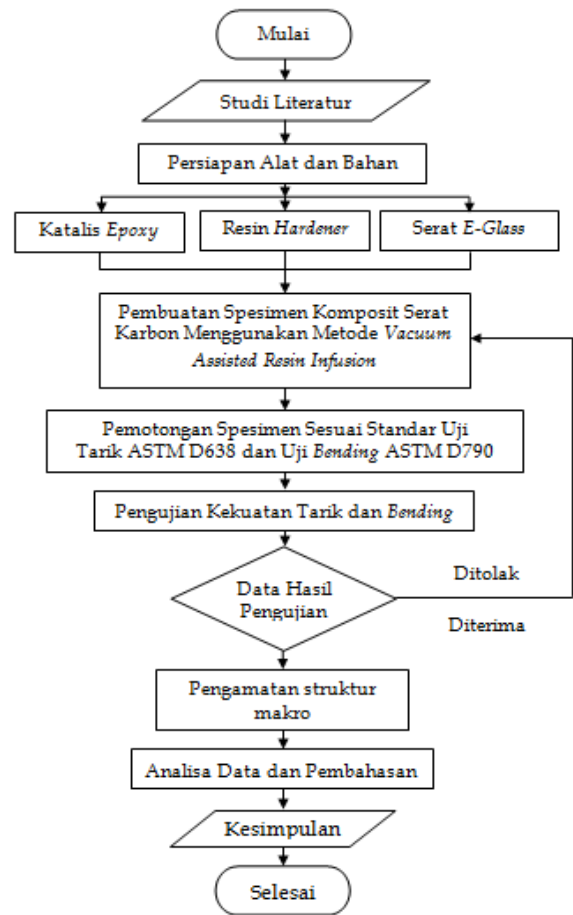
### Variabel Penelitian

- Variabel terikat  
Variabel bebas yang mempengaruhi variabel merupakan variabel terikat (Sugiyono, 2016:39). Hasil kekuatan tarik dan kekuatan *bending* komposit *e-glass* dalam satuan gaya per satuan luas (Pa) merupakan variabel terikat dalam penelitian.
- Variabel bebas  
Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi variabel terikat (Sugiyono, 2016:39). Komposisi serat *e-glass* merupakan variabel bebas dalam penelitian yang ditentukan dengan orientasi arah serat sebesar 0°, 90°, 45°, 0°/90°/0° dan 90°/0°/90°.
- Variabel kontrol  
Variabel konstan merupakan variabel kontrol, sehingga variabel independen tidak dipengaruhi faktor luar yang tidak diteliti (Sugiyono, 2016:41). Penelitian ini memiliki variabel kontrol berikut:
  - Manufaktur dalam membuat komposit dilakukan dalam cetakan.
  - Serat *e-glass* dan resin *epoxy* memiliki volume fraksi 40%:60%.

- Spesimen dibuat dengan metode vakum
- Diameter dan ukuran serat.

## Rancangan Penelitian

Flowchart penelitian



Gambar 1 Spesimen Uji Bending

### Prosedur Pegujian

- Pengujian tarik  
Pengujian Tarik penelitian ini menggunakan standart ASTM D638, dengan langkah-langkah berikut:
  - Melakukan persiapan spesimen uji dan alat uji tarik.
  - Melakukan kalibrasi alat uji tarik.
  - Meletakkan spesimen uji di atas alat uji tarik.
  - Alat dikontrol agar alat uji tarik mencengkeram kuat spesimen uji.
  - Pengontrol kecepatan diputar pada *control panel*.
  - Pengamatan hasil ukur pada *control monitor*.
  - Mengadakan pencatatan beban maksimum pengujian.



**Gambar 2** Spesimen Uji Tarik

- Pengujian *bending***  
 Pengujian *bending* bahan komposit ini menggunakan standar ASTM D790 “*Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*”  
 Pengujian *bending* meliputi langkah-langkah berikut:
  - Benda uji disiapkan.
  - Tanda garis diberikan pada titik tumpuan dan titik tengah benda uji.
  - Menentukan jarak tumpuan dan titik tengah untuk meletakkan spesimen pada meja mesin pengujian *bending*.
  - *Handle* diputar hingga beban merapat pada benda uji dan indikator manometer menunjuk ke nol.
  - Pencatatan beban selanjutnya ditentukan oleh putaran jarum penentu waktu.
  - Hasil pengujian *bending* yang menunjukkan beban maksimum dicatat di setiap putaran yang telah ditentukan.



**Gambar 3** Spesimen Uji *Bending*

**Teknik Analisis Data**

Metode analisis data dengan pendekatan kualitatif deskriptif dipilih dalam percobaan uji. Data hasil pengujian dideskripsikan secara terstruktur, faktual dan akurat.

Pengambilan data penelitian dilakukan dengan dari alat ukur. Selanjutnya, hasil pengukuran dihitung secara teoritis. Agar mudah dipahami hasil perhitungan disajikan dalam bentuk tabel serta grafik.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

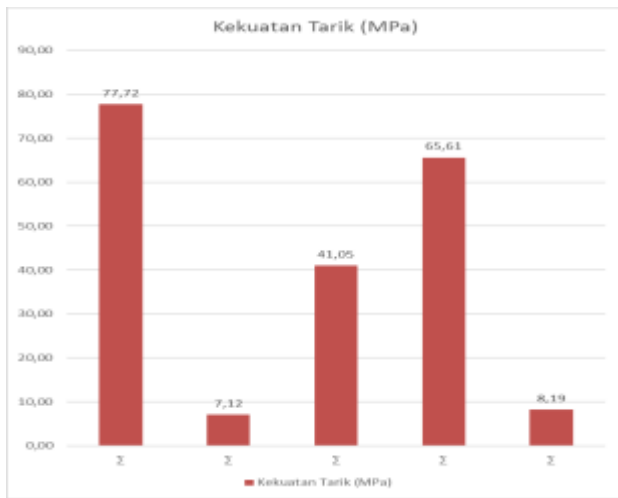
- Hasil Pengujian Tarik

**Tabel 1** Data Hasil Pengujian Tarik

No	Spesimen Uji		Beban Maksimum (N)	Kekuatan Tarik (MPa)
	Arah Orientasi Serat	Spesimen		
1	0°	1	7800	82,11
		2	7600	80,00
		3	6900	72,63
		$\bar{X}$	7433,3	78,25
2	90°	1	676	7,12
		2	720	7,58
		3	710	7,47
		$\bar{X}$	702,0	7,39
3	45°	1	4300	45,26
		2	4250	44,74
		3	3900	41,05
		$\bar{X}$	4150,0	43,68
4	0°,90°,0°	1	6500	68,42
		2	6350	66,84
		3	6380	67,16
		$\bar{X}$	6410,0	67,47
5	90°,0°,90°	1	780	8,21
		2	810	8,53
		3	800	8,42
		$\bar{X}$	796,7	8,39

Data ditampilkan dalam bentuk grafik untuk mengetahui pengaruh arah orientasi komposit.





Gambar 4 Grafik Kekuatan Tarik

Diagram di atas menampilkan rerata kekuatan tarik dari setiap arah orientasi serat, mulai arah orientasi serat sudut 0° dengan rerata kekuatan tarik sebesar 77,72 Mpa, arah orientasi serat sudut 90° mempunyai rata-rata kekuatan tarik sebesar 7,12 MPa, arah orientasi serat sudut 45° mempunyai rata-rata kekuatan tarik sebesar 41,05 MPa, arah orientasi serat sudut 0°,90°,0° dengan kekuatan tarik rata-rata sebesar 65,61 MPa dan arah orientasi serat sudut 90°,0°,90° mempunyai rata-rata kekuatan tarik sebesar 8,19MPa.

Berdasarkan dukungan dari penelitian terdahulu (Felipe Ho"rle de Oliveira,dkk : 2012) dengan judul "Mechanical Behavior of Unidirectional Curaua Fiber and Glass Fiber Composites" dihasilkan kesimpulan karakteristik sifat mekanis untuk uji tarik dengan standar ASTM D638 pada orientasi serat 0° memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 77,72 MPa, kekuatan tarik rata-rata untuk sudut 90° adalah sebesar 7,12 MPa, arah orientasi serat sudut 45° mempunyai rata-rata kekuatan tarik sebesar 41,05 MPa, arah orientasi serat sudut 0°,90°,0° dengan rerata kekuatan tarik 65,61 MPa dan arah orientasi serat sudut 90°,0°,90° mempunyai rata-rata kekuatan tarik sebesar 8,19MPa.

Kesimpulan yang bisa diambil bahwa bahan komposit dengan arah orientasi serat sudut 0° memiliki kekuatan tarik rata-rata tertinggi yaitu sebesar 77,72 MPa dan bahan komposit dengan arah orientasi serat sudut 90° memiliki kekuatan tarik rata-rata yang paling rendah yaitu sebesar 7,12MPa. Sehingga dapat dikatakan bahwa ada pengaruh arah orientasi serat terhadap kekuatan tarik komposit berpenguat serat *E-Glass*. Data hasil pengujian menunjukkan setiap arah orientasi serat mulai 0°, 90°, 45°, 0°,90°,0°, 90°,0°,90° memiliki hasil berbeda. Diperkuat oleh analisis data metode *one-way anova* dengan program SPSS 23 yang telah dihitung pada bagian analisis data.

## • Hasil Pengujian Bending

Tabel 2 Data Pengujian Bending

No	Spesimen Uji		Beban Maksimum (N)	Kekuatan Bending (MPa)
	Arah Orientasi Serat	Spesimen		
1	0°	1	1700	602,08
		2	1650	584,38
		3	1810	641,04
		$\bar{X}$	1720,0	609,17
2	90°	1	213	75,44
		2	228	80,75
		3	230	81,46
		$\bar{X}$	213	75,44
3	45°	1	325	115,10
		2	300	106,25
		3	315	111,56
		$\bar{X}$	313,3	110,97
4	0°,90°,0°	1	1530	541,88
		2	1580	559,58
		3	1650	584,38
		$\bar{X}$	1586,7	561,94
5	90°,0°,90°	1	680	240,83
		2	640	226,67
		3	800	283,33
		$\bar{X}$	706,7	250,28

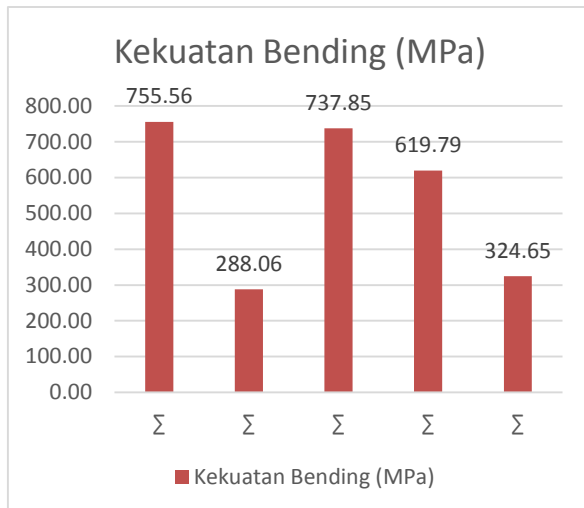
Diagram menunjukkan rerata kekuatan *bending* dari setiap arah orientasi serat, dari arah orientasi serat sudut 0° dengan rerata kekuatan *bending* sebesar 755,56 MPa, arah orientasi serat sudut 90° kekuatan *bending* rata-rata sebesar 288,06 MPa, arah orientasi serat sudut 45° dengan rerata kekuatan *bending* 737,85 MPa, arah orientasi serat sudut 0°,90°,0° memiliki rerata kekuatan *bending* 619,79 MPa, dan arah orientasi serat sudut 90°,0°,90° mempunyai rata-rata kekuatan *bending* sebesar 324,65MPa.

Berdasarkan hasil penelitian dari (CA. J. Beber and A. Campos Filho: 2005) dengan judul "CFRP Composites on the Shear Strengthening of Reinforced" menunjukkan kekuatan *bending* sebesar 755,56 MPa sebagai ciri sifat mekanis pada uji *bending* orientasi serat 0°.

Hasil yang berbeda-beda ditunjukkan dari data pengujian menunjukkan setiap arah orientasi serat dari 0°, 90°, 45°, 0°, 90°, 0°, 90°, 0°, 90°. Hal ini diperkuat

dengan analisis data *one-way anova* dengan program SPSS 23.

Data ditampilkan dalam bentuk grafik untuk mengetahui pengaruh arah orientasi komposit



Gambar 5 Grafik Kekuatan Bending

## Penutup

### • Simpulan

- Kekuatan tarik komposit dengan resin *epoxy* berpenguat serat *E-Glass* tertinggi sebesar 77,72 MPa berasal dari arah orientasi serat sudut 0°. Untuk kekuatan tarik terendah sebesar 7,12 MPa dihasilkan dari arah orientasi serat sudut 90°. Menganalisa dari penelitian sebelumnya oleh Ismoyo haryanto (2012) melakukan penelitian tentang komposit serat *e-glass* anyam dengan dua matriks yaitu *epoxy* dan polyester menggunakan metode hand lay-up. Tegangan tarik yang dihasilkan menggunakan matriks *epoxy* sebesar 112,8 MPa sedangkan menggunakan polyester menghasilkan tegangan tarik sebesar 118,8 Mpa, dapat disimpulkan hasil dari metode vacuum belum mendapatkan hasil yang lebih baik, dikarenakan ketika pembuatan specimen tidak sempurna dan juga alat uji yang digunakan masih menggunakan metode manual belum yang modern/digital.
- Kekuatan *bending* komposit dengan resin *epoxy* berpenguat serat *E-Glass* tertinggi sebesar 755,56 MPa berasal dari arah orientasi serat sudut 0°. Orientasi serat sudut 90° menghasilkan kekuatan *bending* terendah sebesar 288,06 MPa. Menganalisa penelitian sebelumnya mengenai pengaruh variasi fraksi volume serat *e-glass* 45° polyester 157 Bqtn terhadap kekuatan *bending*

dan geser yang dilakukan oleh Priyahapsara dan Assihhaly (2017). Kekuatan *bending* rata-rata yang dimiliki adalah sebesar 100,45 Mpa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode *vacuum* dengan matrix epoxy mempengaruhi terhadap kekuatan bending.

- Setelah pengujian tarik dan bending terdapat mekanisme kegagalan komposit yang terjadi dengan adanya Fibber pull out yang disebabkan oleh delaminasi / retaknya resin pada komposit.

### • Saran

Sumbangsih saran dalam penelitian ini dirangkum sebagai berikut:

- *Void* atau rongga udara sebaiknya dihindari dalam proses manufaktur komposit disebabkan pengaruhnya terhadap kekuatan dari bahan komposit.
- Alat pengaman sangat diperlukan pada saat membuat specimen uji bahan komposit mengingat bahan komposit adalah campuran senyawa kimia.

## Daftar Pustaka

- Astruc, A. Joliff, E. Chailan, J.F. Aragon, E. Peter, C.O. Sampaio, C. H. 2009. "Incorporation of Kaolin fillers into an Epoxy/Polyamidoamine Matrix for Coating", Progress in Organic Coatings. 65 158-168, Elsevier B.V.
- Annual Book of ASTM Standarts. 2002. D 638. *Standart Test Method for Tensile Properties of Plastics*. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Material.
- Annual Book of ASTM Standarts. 2002. D 790. *Standart Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Material*. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Material.
- Campbell, J.A. 2002. *Material Selection in an above Knee Prosthetic Leg. Engineering Materials*. Australia: Australian National University.
- Fahmi, Hendriwan dan Hermansyah, Harry. 2011. "Pengaruh Orientasi Serat Pada Komposit Resin Polyester/Serat Daun Nanas Terhadap Kekuatan Tarik". *Jurnal Penelitian*. Vol 1, No. 1.
- Riyanto, Adetya. 2018. Pengaruh Fraksi Volume Serat Komposit *Hybrid* Berpenguat Serat Bambu Acak dan Serat *E-glass* Anyam dengan Resin Polyester Terhadap Kekuatan *Bending*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Priyahapsara, Istyawan Assihhaly, Izza Rizky. 2017. "Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat *E-Glass* 45° Polyester 157 Bqtn Terhadap

*Kekuatan bending dan Geser.* Jurnal Science  
Tech Volume 3: 85-92.



**UNESA**  
Universitas Negeri Surabaya