

PENGARUH ORIENTASI ARAH SERAT TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKUATAN *BENDING* KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT KARBON DENGAN Matrik *EPOXY*

Kurniawan Robiansyah

S1 Teknik Mesin Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: kurniawanrobiansyah@mhs.unesa.ac.id

Mochammad Arif Irfa'i

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: arifirfai@unesa.ac.id

Abstrak

Komposit merupakan gabungan antara dua material atau lebih yang memiliki sifat tidak sama dengan sifat bahan aslinya. Keunggulan komposit diantaranya berat yang ringan, ketahanan lelah yang tinggi, kekuatan yang baik, tahan korosi, dan dapat dibentuk sesuai kebutuhan. Banyak peneliti sebelumnya memfokuskan diri untuk mengembangkan teknologi komposit dengan metode fraksi volume, akan tetapi kekuatan produk komposit juga dapat dipengaruhi oleh orientasi arah serat. Pengaplikasian material komposit karbon dan matrik *epoxy* salah satunya digunakan dalam pembuatan *socket prosthesis*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen variabel arah serat karbon $0^\circ, 90^\circ, 45^\circ, 0^\circ-90^\circ-0^\circ, 90^\circ-0^\circ-90^\circ$, pengujian tarik menggunakan standar ASTM D638 dan uji *bending* menggunakan standar ASTM D790. Hasil kekuatan tarik tertinggi yaitu pada arah orientasi serat sudut 0° dengan kekuatan tarik rata-rata sebesar 78,25 MPa, sedangkan komposit yang memiliki kekuatan tarik paling rendah yaitu pada arah orientasi serat sudut 90° dengan kekuatan tarik rata-rata sebesar 7,39 MPa. Dan hasil kekuatan *bending* tertinggi yaitu pada arah orientasi serat sudut 0° dengan kekuatan *bending* rata-rata sebesar 602,08 MPa, komposit yang memiliki nilai kekuatan tarik terendah yaitu pada arah orientasi serat sudut 90° dengan kekuatan *bending* rata-rata sebesar 79,22 MPa.

Kata Kunci: Komposit Karbon, Orientasi Arah Serat, Resin *Epoxy*, Kekuatan Tarik, Kekuatan *Bending*

Abstract

Composite are a combination of two or more materials that have properties that are not the same as the properties of the original material. The advantages of composites include light weight, high fatigue resistance, good strength, corrosion resistance, and can be shaped as needed. Many previous researchers have focused on developing composite technology using the volume fraction method, but the strength of the composite product can also be influenced by the orientation of the fiber direction. The application of carbon composite materials and epoxy matrices is one of them used in the manufacture of socket prosthesis. This research was carried out using an experimental method variable. direction. carbon fiber $0^\circ, 90^\circ, 45^\circ, 0^\circ-90^\circ-0^\circ, 90^\circ-0^\circ-90^\circ$, tensile test using ASTM D638 standard and test bending using ASTM D790 standard. The results of the highest tensile strength are in the orientation direction of the 0° angle fiber with an average tensile strength of 78.25 MPa, while the composite which has the lowest tensile strength is in the direction of the 90° angle fiber orientation with an average tensile strength of 7.39 MPa. And the results of the highest bending strength are in the direction of orientation of the fiber angle of 0° with an average bending strength of 602.08 MPa, the composite which has the lowest tensile strength value is in the direction of orientation of the fiber angle of 90° with an average bending strength of 79.22 MPa.

Keyword: Carbon Composite, Fiber Direction Orientation, Epoxy Matrix, Tensile Strength, Bending Strength

PENDAHULUAN

Komposit merupakan gabungan antara dua material atau lebih yang memiliki sifat berbeda dengan sifat aslinya. Keunggulan komposit diantaranya berat yang ringan, ketahanan lelah yang tinggi, kekuatan yang baik, tahan korosi, dan dapat dibentuk sesuai kebutuhan. Banyak peneliti sebelumnya seperti Adetya Riyanto (2018) 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 berbagai

faktor lain, contohnya seperti orientasi arah serat. Menurut Hendriwan dan Harry (2011), “dalam pembuatan komposit tata letak dan arah serat dalam matrik yang akan menentukan kekuatan mekanik komposit, dimana letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut”. Saat ini komposit sudah banyak dipakai dalam berbagai aspek kehidupan, baik dari segi teknologi, maupun pengaplikasiannya. Contoh material komposit yang digunakan dalam pembuatan *socket prosthesis* adalah komposit berpenguat serat karbon.

Prosthesis atau kaki palsu merupakan alat yang banyak dibutuhkan masyarakat penyandang diabilitas anggota

gerak bawah akibat amputasi, trauma dan penyakit degeneratif. Menurut J.A. Campbell (2002), sifat bahan yang digunakan sebagai bahan soket kaki palsu harus memiliki kekuatan, berat yang ringan, kelenturan, ketahanan yang baik menerima beban seperti tarik maupun *bending* akibat pergerakan kaki serta tidak mengganggu kesehatan penggunaannya. Pemilihan material tidak hanya memperhatikan fungsinya saja, tetapi juga proses pembuatan, ketersediaan bahan dan kemudahan dalam perbaikan dan perawatan.

Material penyusun komposit salah satunya adalah serat karbon. Komposit karbon merupakan contoh jenis material komposit yang serat penyusunnya menggunakan serat karbon, karena serat karbon memiliki sifat yang kuat dan ringan akan tetapi serat karbon juga memiliki kekurangan yaitu harga yang mahal. Material komposit serat karbon ini secara umum dapat digunakan pada pembuatan bahan material yang membutuhkan massa yang ringan salah satu contoh pembuatan yaitu pada bagian-bagian bodi kendaraan, pesawat, dan alat-alat rumah tangga. Bahan baku setiap serat karbon tidak sama pada setiap pabrikan. Semua bahan baku material yang digunakan merupakan polimer organik, dan memiliki karakter ikatan molekul panjang yang tersusun atas atom-atom karbon.

Salah satu jenis resin *thermoset* yang sering digunakan sebagai matrik pada komposit adalah *epoxy*. *Epoxy* merupakan kelompok polimer yang digunakan sebagai perekat dan pelapis pada material komposit dan sangat banyak diaplikasikan pada otomotif, perkapalan, *aerospace*, serta peralatan elektronika. Akan tetapi *epoxy* juga mempunyai kelemahan, yaitu pada sifat sensitif dalam menyerap air, serta kekuatan tarik dan kekuatan *bending* yang rendah, dan juga getas (Astruc dkk, 2009). Kekurangan dari matrik *epoxy* tersebut dapat diatasi dengan penambahan serat seperti serat karbon atau serat lain yang bertujuan untuk memperluas penggunaan pada sektor yang berbeda.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya pengaruh orientasi arah serat komposit berpenguat serat karbon terhadap uji kekuatan tarik dan uji kekuatan *bending* dengan matriks *epoxy* mengacu pada standar ASTM dan pengamatan patahan menggunakan foto makro.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, yaitu penelitian yang ditujukan untuk mengetahui besarnya uji kekuatan tarik dan uji kekuatan *bending* material komposit serat karbon dengan matrik *epoxy*.

Tempat dan Waktu Penelitian

- Waktu Penelitian

Penelitian akan di laksanakan pada bulan September 2019 sampai dengan bulan Desember 2019.

- Tempat Penelitian

Pembuatan spesimen komposit karbon dikerjakan di Laboratorium Fabrikasi Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya. Serta pengujian kekuatan tarik dan kekuatan *bending* dilakukan pada Laboratorium Bahan dan Pengolahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Variabel Penelitian

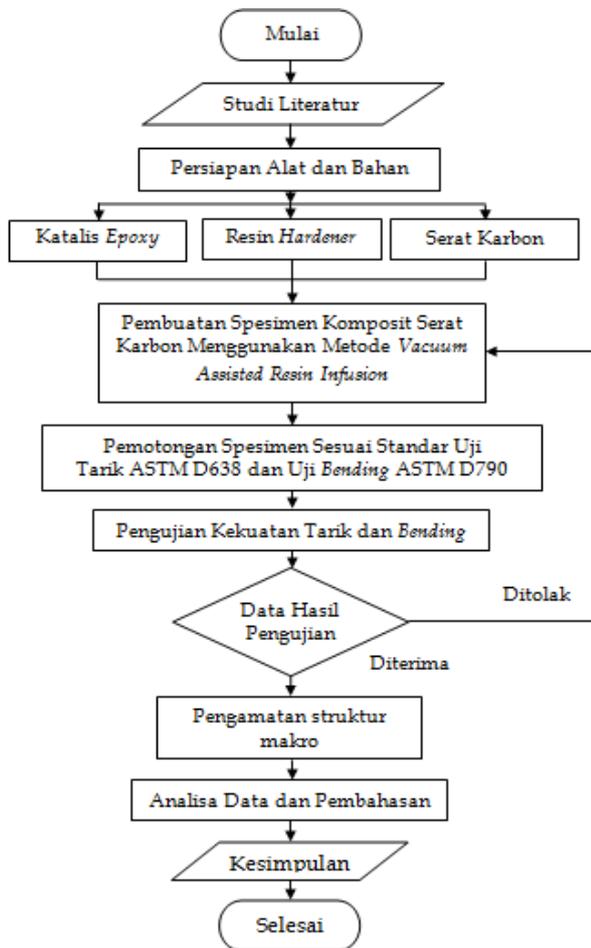
- Variabel bebas: orientasi arah serat.
- Variabel terikat: kekuatan Tarik dan kekuatan *bending*.
- Variabel kontrol:
 - Proses pembuatan komposit karbon dalam cetakan.
 - Fraksi volume serat karbon dan matrik *epoxy* yaitu 40%:60% volume.
 - Proses pembuatan spesimen menggunakan metode vakum dengan mesin vakum 1 PK.
 - Diameter dan ukuran serat.

Bahan, Instrumen dan Peralatan Penelitian

- Bahan Penelitian
Serat karbon dan *epoxy*.
- Instrumen Penelitian
Universal testing machine (UTM)
- Peralatan Penelitian

- Cetakan spesimen	- Kertas amplas
- Gerinda	- <i>Mirorglaze</i>
- <i>Cutter</i>	- Timbangan
- Gelas ukur	- Penjepit selang
- Vakum <i>bag</i>	- Lakban
- <i>Flow Media Infusion</i>	- Selang
- <i>Peel Ply</i>	- Resin <i>Trap</i>
- Vakum <i>pump</i>	

Rancangan Penelitian
Diagram Alur Penelitian



Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

Prosedur Pegujian

- Uji tarik

Pengujian Tarik penelitian ini menggunakan standart ASTM D638. Langkah yang dilakukan dalam pengujian tarik adalah sebagai:

 - Mempersiapkan spesimen dan alat uji tarik.
 - Mengkalibrasikan alat uji tarik.
 - Menempatkan spesimen pada alat uji tarik.
 - Mengontrol alat uji agar spesimen yang telah ditempatkan tidak bergeser pada alat uji tarik.
 - Memutar tuas pengontrol kecepatan pada panel kontrol.
 - Mengamati hasil pengukuran pada layar.
 - Mencatat beban maksimum pengujian.



Gambar 2 Spesimen Uji Tarik

- Uji *bending*

Pengujian *bending* ini menggunakan standar ASTM D790 “Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials” Langkah yang dilakukan dalam pengujian *bending* adalah sebagai:

 - Mempersiapkan spesimen uji dan alat uji *bending*.
 - Menentukan titik tengah dan titik tumpuan spesimen uji dengan memberi garis.
 - Meletakkan spesimen uji pada meja mesin pengujian *bending* dengan jarak tumpuan dan titik tengah yang ditentukan.
 - Putar tuas sampai beban menyentuh spesimen uji dan indikator menunjukkan angka nol.
 - Tentukan putaran jarum penunjuk waktu untuk pencatatan beban selanjutnya.
 - Mencatat beban maksimum hasil uji *bending* setiap putaran yang telah diketahui.



Gambar 3 Spesimen Uji *Bending*

Teknik Analisis Data

Eksperimen ini menggunakan metode kualitatif deskriptif, yaitu dengan mendeskripsikan data secara sistematis serta akurat untuk hasil yang diperoleh selama pengujian.

Analisis terhadap penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data pada alat ukur, kemudian hasil dari pengukuran tersebut dirubah dalam bentuk tabel yang dihitung secara teoritis serta dijadikan bentuk grafik sehingga mudah untuk dipahami.

HASIL PENELITIAN

- Hasil Uji Tarik

Tabel 1 Data Hasil Uji 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

Pada gambar grafik diatas dapat kita ketahui bahwa masing-masing kelompok uji tarik memiliki beberapa perbedaan berdasarkan dari rata-rata hasil pengujian tarik komposit. Kekuatan tarik tertinggi yaitu pada arah orientasi serat sudut 0° dengan kekuatan tarik rata-rata sebesar 78,25 MPa, untuk komposit yang memiliki kekuatan tarik paling rendah yaitu pada arah orientasi serat sudut 90° dengan rata-rata kekuatan tarik sebesar 7,39 MPa. Pada arah orientasi serat sudut 45° memiliki rata-rata kekuatan tarik sebesar 43,68 MPa, untuk arah orientasi serat sudut 0°-90°-0° memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 67,47 MPa dan arah orientasi serat sudut 90°-0°-90° memiliki rata-rata kekuatan tarik sebesar 8,39 MPa.

- Pengamatan Makro Patahan Spesimen Uji Tarik



Gambar 5 Patahan Spesimen Uji Tarik

Gambar 7 menunjukkan bentuk patahan pada sampel uji tarik. Gaya yang diterima oleh komposit membuat matrik mengalami retak hingga patah. Dari proses perpatahan ini terlihat matrik tidak mampu menahan serat menyebabkan serat terlepas kemudian patah karena gaya searah yang diterimanya atau disebut *fiber pull out* (K. Odi Supertama, 2017), namun matriks mengalami pecah menjadi pecahan kecil-kecil atau yang disebut *delamination* dan matriks terlepas dari serat.

- 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

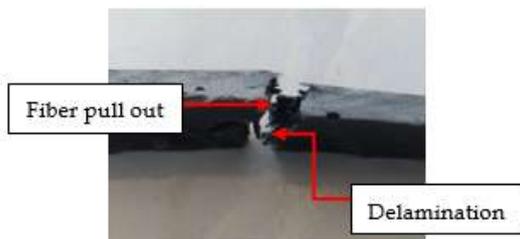
Data ditampilkan dalam bentuk grafik untuk mengetahui pengaruh arah orientasi komposit.



Gambar 6 Grafik Kekuatan *Bending*

Pada hasil pengujian *bending* diatas dapat kita ketahui bahwa masing-masing kelompok uji *bending* memiliki beberapa perbedaan berdasarkan dari rata-rata hasil pengujian *bending* komposit. Kekuatan *bending* tertinggi yaitu pada arah orientasi serat sudut 0° dengan nilai kekuatan *bending* rata-rata 602,08 MPa, sedangkan komposit yang memiliki kekuatan tarik paling rendah yaitu pada arah orientasi serat sudut 90° dengan rata-rata kekuatan *bending* sebesar 79,22 MPa. Pada arah orientasi serat sudut 45° memiliki nilai kekuatan *bending* rata-rata 110,97 MPa, untuk arah orientasi serat sudut 0°-90°-0° memiliki nilai kekuatan *bending* rata-rata 561,94 MPa dan arah orientasi serat sudut 90°-0°-90° memiliki nilai kekuatan *bending* rata-rata 250,28 MPa.

- Pengamatan Makro Patahan Spesimen Uji *Bending*



Gambar 7 Patahan Spesimen Pengujian *Bending* Dapat diamati pada gambar diatas menunjukkan bahwa patahan yang terjadi pada arah orientasi sudut 45° terdapat *fiber pull out*, hal ini disebabkan arah orientasi dari serat karbon sehingga mengalami pelepasan serat karbon pada komposit, namun matriks mengalami retak dan pecah atau yang disebut *delamination*.

Penutup

• Simpulan

- Kekuatan tarik komposit dengan resin *epoxy* berpenguat serat karbon yang memiliki nilai paling tinggi yaitu pada arah orientasi serat sudut 0° sebesar 78,25 MPa, Untuk nilai kekuatan tarik paling rendah yaitu pada arah orientasi serat sudut 90° sebesar 7,39 MPa.

- Kekuatan *bending* komposit dengan resin *epoxy* berpenguat serat karbon yang memiliki nilai paling tinggi yaitu pada arah orientasi serat sudut 0° sebesar 609,17 MPa, Untuk nilai kekuatan tarik paling rendah yaitu pada arah orientasi serat sudut 90° sebesar 79,22 MPa.
- Mekanisme kegagalan komposit dengan matrik *epoxy* berpenguat serat karbon ketika waktu dilakukan pengujian tarik maupun *bending* serat karbon lepas dari bahan komposit, kemudian matriks mengalami perpecahan menjadi kecil atau dapat disebut *delamination* serta matriks terlepas dari serat.

• Saran

Untuk mendapatkan material komposit yang lebih baik, Saran pada penelitian ini adalah:

- Dalam proses pembuatan material komposit diusahakan hindari terjadinya rongga udara atau *void* karena dapat mempengaruhi kekuatan material komposit.
- Dalam proses pembuatan atau pencampuran resin dengan *hardener* sebaiknya dihilangkan terlebih dahulu gelembung udara yang terperangkap sebelum di gabungkan dengan serat.
- Dalam melakukan pembuatan spesimen komposit disarankan memakai alat pengaman, karena material komposit merupakan campuran bahan-bahan 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.
- Yasa, K Odi Supertama. Nugraha, N Pasek dan Dantes, Rihendra. 2017. "Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Kekuatan Impak Dan Model Patahan Komposit Polyester Berpenguat Serat Kelapa (*Cocos Veridis*). Jurnal Penelitian. Vol. 8, No. 2.

