

# Analisis Sifat Fisis Dan Mekanis Komposit Serat Gelas Berlapis

Gugun Gundara

*Teknik Mesin, Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya, Tasikmalaya, Jawa Barat  
Hp. 081353637381  
E-mail: gugun@umtas.ac.id*

---

**Abstrak** – Komposit serat merupakan jenis komposit yang paling banyak digunakan dalam aplikasi teknik. Dalam penelitian ini komposit dibuat dengan menggunakan serat E-glass. Metode proses produksi yang dipakai adalah dengan sistem hand lay up. Orientasi serat yang dipakai yaitu  $0^0$ ,  $90^0$ ,  $0^0$ , yang kemudian dilakukan pengujian tarik dan pengujian lengkung, berdasarkan variasi fraksi volume 5,2%, 11,0%, 15,4% untuk setiap lamina komposit. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui kekuatan mekanis komposit serat E-glass kontinyu. Dari hasil pengujian tarik diperoleh bahwa kuat tarik komposit serat E-glass kontinyu mengalami kenaikan dengan semakin naiknya fraksi volume serat. Besarnya kuat tarik untuk  $v_f = 5,2\%$  adalah  $\sigma = 57$  MPa, untuk  $v_f = 11,0\%$  adalah  $\sigma = 59$  MPa, dan  $v_f = 15,4\%$   $\sigma = 98$  MPa. Kemudian untuk hasil pengujian lengkung diperoleh nilai kekuatannya naik pula dengan semakin besarnya fraksi volume serat. Untuk  $v_f = 5,2\%$  adalah  $\sigma = 182$  MPa, untuk  $v_f = 11,0\%$  adalah  $\sigma = 274$  MPa, dan  $v_f = 15,4\%$   $\sigma = 290$  MPa.

**Kata kunci:** E-glass, hand lay up, Komposit, serat

**Abstract** – Fiber composite is a kind of composite which many used in technique application. In this research composite created by E-glass fiber. The method of process production used hand lay up system. The orientation of fiber used  $0^0$ ,  $90^0$ ,  $0^0$ , then doing pull trial and cruve trial, based on variation of volume fraction 5,2 %, 11,0 %,15,4 % for every lamina composite. This research doing to know the power of mechanism composite E-glass fiber. Based on the pull trial we can get the power of pull composite E-glass fiber increasing with more increas fiber volume fraction. The power pull for  $v_f = 5,2\%$  is  $\sigma = 57$  MPa, for  $v_f = 11,0\%$  is  $\sigma = 59$  MPa, and  $v_f = 15,4\%$   $\sigma = 98$  MPa. Then, for result of cruve trial get increase power value with more and more big fiber volume fraction. For  $v_f = 5,2\%$  is  $\sigma = 182$  MPa, for  $v_f = 11,0\%$  is  $\sigma = 274$  MPa, and  $v_f = 15,4\%$   $\sigma = 290$  MPa.

**Keywords :** E- glass, hand lay up, composite, fiber

---

## 1 Pendahuluan

Dewasa ini perkembangan dunia pengetahuan bahan teknik semakin berkembang pesat seiring dengan tuntutan terhadap kualitas sifat material.

Berbagai macam bahan telah digunakan dan juga penelitian lebih lanjut terus dilakukan untuk mendapatkan bahan yang tepat guna, salah satunya bahan komposit polimer. Kemampuannya yang mudah dibentuk sesuai

kebutuhan, baik dalam segi kekuatan maupun keunggulan sifat-sifat yang lain, mendorong penggunaan bahan komposit polimer sebagai bahan alternatif atau bahan pengganti material logam konvensional pada berbagai produk yang dihasilkan oleh industri khususnya industri manufaktur. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan dapat saling memperbaiki kelemahan sifat-sifat material penyusunnya, dalam hal ini yang diperbaiki antara lain:

- Kekuatan
- Kekakuan
- Ketahanan korosi
- Ketahanan pemakaian
- Ketahanan gesek
- Insulasi panas
- Konduktivitas panas
- Umur lelah
- Insulasi akustik
- Pengaruh terhadap temperatur

Dilihat dari segi aplikasinya, bila dibandingkan dengan bahan lainnya, misalnya logam, maka bahan komposit memiliki efisiensi yang lebih baik. Hal ini dikarenakan komposit memiliki beberapa kelebihan yang tidak dimiliki oleh bahan material lainnya, yang juga tidak terlepas dari adanya beberapa sifat kelemahan yang terdapat didalam bahan komposit.

Keuntungan bahan komposit (Soewaryo, 1991) [1] :

- Jauh lebih ringan pada kekuatan yang hampir sama.
- Ketahanan api hingga kondisi yang sangat ekstrim.
- Lebih mudah dibentuk.
- Memiliki jenis beranekaragam.
- Lebih tahan terhadap korosi
- Aplikasi kelistrikan, misalnya sebagai sekering tegangan tinggi berdasar sifat isolasi eksentrisnya yang baik.

Kerugiannya:

- Karena sifatnya sangat peka terhadap pengaruh lingkungan (suhu, sinar, tekanan, kelembaban, debu, dan sebagainya), maka dalam bentuk bahan mentah material ini harus disimpan pada kondisi tertentu dan terkontrol.
- Dalam kondisi bahan mentah mudah terbakar.
- Dengan polimerisasi yang sama, akan dapat menghasilkan komposit dengan mutu dan sifat-sifat mekanik yang berlainan terhadap hasil akhir.
- Kesalahan dan kekeliruan dalam proses pembuatan harus ditekan sekecil mungkin karena akan sulit untuk diperbaiki lagi.

Komposit serat merupakan komposit yang paling sering digunakan untuk struktur, mulai dari konstruksi dengan performans rendah sampai dengan struktur berkekuatan tinggi. Keuntungan yang diberikan dari bahan ini adalah ringan, elastisitas yang baik, tahan korosi, kuat dan lain-lain. Pada dasarnya bahan komposit serat itu sendiri terdiri dari dua bagian, yaitu fiber dan matriks.

Kualitas material komposit dipengaruhi oleh orientasi serat, panjang dan ukuran serat, komposisi serat, sifat mekanik serat yang digunakan serta kekuatan antara serat dan matriks.

Penelitian ini hanya meneliti sifat-sifat fisik dan mekanis komposit serat *E-glass* berlapis yang terdiri dari kekuatan tarik dan lengkung dengan metode tiga titik, dimana komposit

maupun pembuatannya tidak mendapat perlakuan khusus. Spesimen uji berupa resin tanpa penguatan dan komposit berlapis sesuai standard JIS dengan penguat berupa serat *E-glass* kontinyu dengan orientasi serat  $0^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $0^{\circ}$ .

## 2 Landasan Teori

### 2.1. Komposit

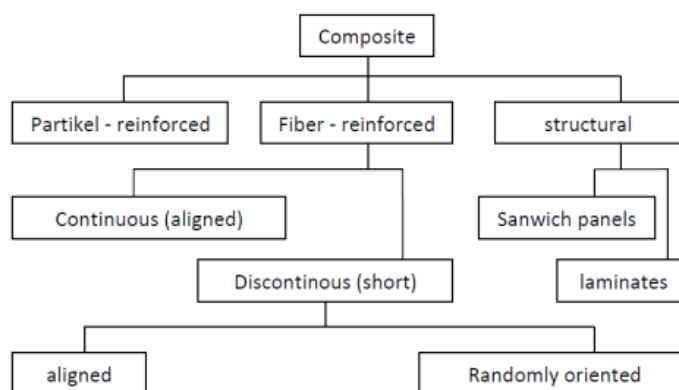
Pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur secara makroskopis menjadi suatu bahan yang berguna (Jones, 1975) [2], karena bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro, maka bahan komposit dapat didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran/kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda di dalam bentuk dan atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984) [3]. Bahan komposit secara umum terdiri dari penguat dan matrik.

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matrik, umumnya lebih ulet tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah.

Matriks mempunyai fungsi sebagai berikut :

- Mentransfer tegangan ke serat.
- Membentuk ikatan koheren, permukaan matrik/serat.
- Melindungi serat.
- Memisahkan serat.
- Melepas ikatan.
- Tetap stabil setelah proses manufaktur.

Material komposit terbentuk dari beberapa unsur. Komponen ini dapat berupa unsur organik anorganik ataupun metalik dalam bentuk serat, serpihan, partikel dan lapisan.



Gambar 1. Klasifikasi komposit menurut penyusunnya (Gibson, 1994) [3].

### 2.2 Polimer

Polimer yaitu bahan dengan berat molekul ( $M_r$ ) lebih besar dari 10.000. keunggulan bahan polimer yaitu kemampuan

cetaknya baik. Pada temperatur rendah bahan dapat dicetak dengan penyuntikan, penekanan, ekstruksi, dan seterusnya, produk ringan dan kuat, banyak polimer bersifat isolasi listrik, polimer dapat bersifat konduktor. baik sekali ketahannya terhadap air dan zat kimia, produk dengan sifat yang berbeda dapat dibuat tergantung cara, pembuatannya, umumnya bahan polimer lebih murah harganya. Bahan polimer biasa digunakan sebagai matrik pada komposit polimer. Adapun polimer yang sering dipakai antara lain :

- *Thermoplastic*

*Thermoplastic* adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas. *Thermoplastic* merupakan polimer yang akan menjadi keras apabila didinginkan. *Thermoplastic* meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat balik (*reversibel*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Contoh dari *thermoplastic* yaitu *Polyamide (PI)*, *Polysulfone (PS)*, *Poluetheretherketone (PEEK)*, *Polypropylene (PP)*, *Polyethylene (PE)* dll.

- *Thermoset*

*Thermoset* tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan termoset melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis melamin. Plastik jenis termoset tidak begitu menarik dalam proses daur ulang karena selain sulit penanganannya juga volumenya jauh lebih sedikit (sekitar 10%) dari volume jenis plastik yang bersifat termoplastik. Contoh dari *thermoset* yaitu *epoksi*, *polyester*, *plenol*, *resin amino*, *resin furan* dll.

### 2.3 Serat Gelas

Serat gelas mempunyai karakteristik yang berbeda antara satu dengan yang lain. Pada penggunaannya, serat gelas disesuaikan dengan sifat atau karakteristik yang dimilikinya. Serat gelas terbuat dari *silica, alumina, lime, magnesia* dan lainlain. Keunggulan serat glass terletak pada ratio (perbandingan) harga dan performance yaitu biaya produksi rendah, proses produksi sangat sederhana, Serat gelas banyak digunakan di industri-industri otomotif seperti pada panelpanel body kendaraan. Bahkan sepeda motor sekarang seluruh body terbuat dari komposit yang berpenguat serat gelas. Komposit *glass-epoxy* dan *glass-polyester* diaplikasikan juga pada lambung kapal dan bagian-bagian pesawat terbang.

Tujuan dibuatnya komposit yaitu memperbaiki sifat mekanik atau sifat spesifik tertentu, mempermudah desain yang sulit pada manufaktur, keleluasaan dalam bentuk atau desain yang dapat menghemat biaya produksi, dan menjadikan bahan lebih ringan.

komposit yang diproduksi oleh suatu instansi atau pabrik biasanya dapat diprediksi sifat mekanik dari bahan komposit berdasarkan bahan matrik dan bahan penguatnya (Callister, 2007) [4].

## 3 Metodologi Penelitian

Pengukuran densitas serat menggunakan metode ASTM D 3800-79, serat yang dipilih dan dibentuk untuk dilakukan penimbangan massanya di udara dan didalam minyak tanah. Dari hasil perhitungan didapat densitas serat *E-glass*  $\rho_{sg} = 2,25 \pm 0,051 \text{ gr/cm}^2$ .

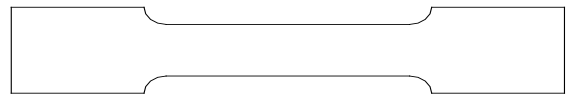
Dengan cara yang hampir sama dilakukan pengukuran densitas resin dengan metode ASTM D792-86, maka diperoleh hasil densitas resin solid  $\rho_r = 1,307 \pm 0,0004 \text{ gr/cm}^2$ .

Harga aktual komposisi komposit dilakukan dengan cara mengetahui densitas serat ( $\rho_s$ ) dan massa serat ( $m_s$ ) pada perhitungan teoritis, dan massa komposit yang telah jadi ( $m_k$ ), kemudian dilakukan perhitungan fraksi volume serat aktual ( $v_f$ ) dengan menggunakan persamaan :

Komposit dengan  $v_f = 5 \%$

$$v_f = \frac{\rho_c - \rho_m}{\rho_f - \rho_m} = \frac{1,371 - 1,307}{2,525 - 1,307} = \frac{0,064}{1,218} = 0,052$$

Benda uji yang digunakan menggunakan standard JIS K 7054 tipe A dengan jumlah tidak kurang dari lima buah, hal ini ditujukan untuk menghasilkan perolehan data yang lebih valid.



Gambar benda uji tarik

Tabel Dimensi benda uji

Bagian benda uji	(mm)
Panjang total	250
Panjang ukur	50
Panjang bagian parallel	80
Jarak antar grip	170
Panjang bagiab grip	40
Lebar kedua ujung	50
Lebar bagian parallel	30
Ketebalan	5
Radius of shoulder roundness	60

Terdapat dua macam metode pengujian flexural, yakni metode A (tiga titik) dan metode B (empat titik). Untuk metode "*three point flexure*" yang dipilih dalam penelitian ini, tabel berikut memberikan besarnya dimensi benda uji.

Tabel dimensi benda uji *Fancy Paper Strip* metode A (satuan mm)

Tinggi (H)	Lebar (h)	Panjang (minimal) L
$1 < h \leq 4$	$15 \pm 0.5$	$16h + 20$

$1 < h \leq 4$	$15 \pm 0.5$	$16h + 40$
$1 < h \leq 4$	$30 \pm 0.5$	$16h + 80$
$1 < h \leq 4$	$50 \pm 0.5$	$16h + 140$
$1 < h \leq 4$	$80 \pm 0.5$	$16h + 200$

## 4 Hasil dan Pembahasan

### Uji Trik Serat Tunggal

Dari hasil uji tarik serat tunggal diperoleh data bahwa tegangan tarik maksimum *E-glass* adalah 3,447 MPa, dengan diameter serat 3,8-13 $\mu$ m (M.M.Schwartz, 1984) [2].

### Uji Tarik Resin dan Komposit

Pengujian tarik dilakukan sesuai standard *JIS Handbook for Plastic* [5], dengan mengambil tipe A. Melalui pengujian ini dipelajari beberapa aspek sebagai berikut :

1. Pola kurva tegangan-regangan yang dihasilkan.
2. Perbandingan kemampuan spesimen dalam mengatasi beban tarikan antara komposit serat *E-glass* dengan variasi fraksi volume serat. Sebagai akibat dari resin/polimer yang memiliki perilaku respon *viscoelastic* maka hubungan antara tegangan dan regangan sangat bergantung pada laju pembebanan atau peregangannya, serta bergantung pada suhu, kelembaban, dan lain-lain.

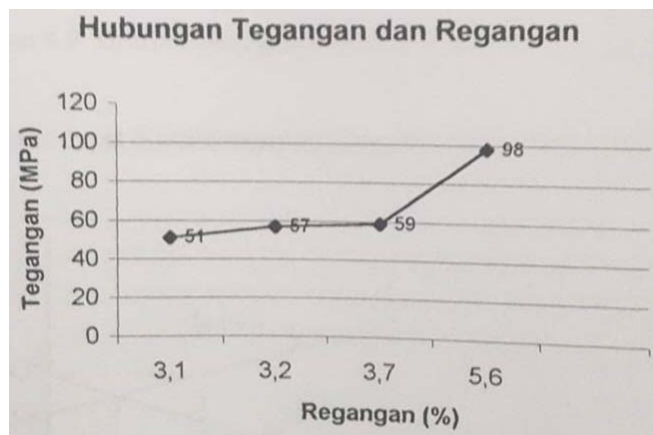
Dari data hasil pengujian tarik yang telah dilakukan, maka diperoleh data-data sebagai berikut :

Tabel Harga pengujian Tarik Komposit

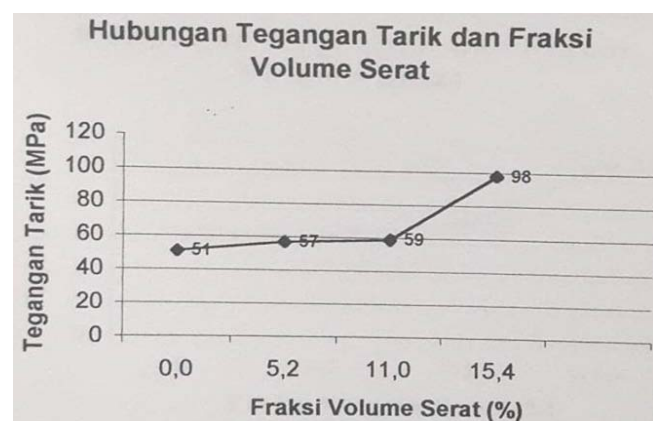
No	Fraksi Volume serat (%)	$\sigma$ maks (MPa)	Regangan $\epsilon$ (%)
1	0	51	3,1
2	5,2	57	3,2
3	11,0	59	3,7
4	15,4	98	5,6

Tabel Harga pengujian Lengkung Komposit

No	Fraksi Volume serat (%)	$\sigma$ maks (MPa)	E (GPa)
1	0	104	1,789
2	5,2	182	4,557
3	11,0	274	7,890
4	15,4	290	8,215



Gambar Grafik Hubungan Tegangan-Regangan



Gambar Grafik Hubungan Tegangan Tarik dan Fraksi volume Serat

Analisis hasil pengujian secara makroskopis dalam komposit terdapat beberapa catatan struktural yang biasa dijumpai, antara lain:

1. Daerah kaya matriks (kekurangan serat)  
Daerah kaya resin atau sebaliknya miskin serat yang terjadi mengakibatkan penguatannya menjadi tidak rata. Apabila daerah miskin serat tersebut mengalami kegagalan awal maka hal ini akan menginisiasi kegagalan berikutnya yang lebih besar. Dalam hal ini kemungkinan ketidakmerataan serat sangat besar terjadi karena komposit yang dibuat sangat sederhana dan dalam satu cetakan menghasilkan lebih dari satu specimen.
2. Orientasi serat.
3. Voids  
Kandungan *void* pada komposit sangat berdampak pada kekuatan komposit untuk menahan beban dari luar. Hal ini *void* akan membentuk cacat yang dapat mengurangi kesolidan ikatan antara matriks dengan resin, menurunkan kekuatan geser interlamina serta menginisiasi terjadinya retakan lebih lanjut. *Void* terjadi akibat adanya udara yang terjebak, fleksibilitas serat kurang sehingga pengaplikasian resin yang dilakukan secara manual menjadi sulit menyusup kesemua bagian serat.

4. Retak mikro (yang bisa berasal dari ketidakcocokan termal antara komponennya, tegangan-tegangan *curing*, atau penyerapan *moisture* selama pengolahan).
5. Daerah yang mengalami *debonding*.

*Bonding* antara serat dan matrik sangat tergantung pada jenis serat dan matrik itu sendiri. Pada matrik berpenguat serat *E-glass* ini ditemukan adanya *bonding* yang kurang kuat dengan matriksnya, apabila *bonding* antara serat dan matriksnya lemah, maka serat-seratnya tidak dapat mendukung resin untuk menanggung beban dari luar.

6. Daerah yang mengalami *delaminasi*.

Selain itu juga ada cacat yang ditimbulkan karena masuknya partikel asing atau *curing* yang tidak sempurna.

## 5 Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Besaran kuat tarik dan kuat lengkung semakin naik dengan bertambahnya fraksi volume serat. Hal ini sesuai dengan teori dan referensi yang ada, bahwa kekuatan tarik dan lengkung akan berbanding lurus dengan fraksi volume serat.
2. Penataan serat yang kurang merata akan menimbulkan patahan, daerah yang kurang serat akan mengakibatkan patahan terlebih dahulu.
3. Orientasi sudut serat  $0^0$  sangat dominan dibandingkan dengan orientasi sudut serat  $90^0$ , baik pada specimen uji tarik maupun specimen uji lengkung. Hal ini diakibatkan serat yang menahan beban yaitu orientasi sudut serat  $0^0$ , sedangkan arah serat yang tegak lurus beban mengalami *debonding*.

## Saran

Semakin berkembangnya teknologi maka hasilnya dituntut untuk semakin murah dan berkinerja tinggi, namun hal ini janganlah melupakan dampak negative pula. Dalam kaitan topik penelitian ini dapat disarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Perlu memperhatikan lingkungan sekitar dimana proses pembuatannya tidak membahayakan kesehatan dan keselamatan pekerja, serta limbah produksinya bebas dari pencemaran lingkungan.
2. Proses pembuatan komposit merupakan factor yang paling penting untuk mendapatkan komposit yang lebih baik.
3. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, sebaiknya setiap satu cetakan untuk satu specimen, sehingga jumlah serat yang ada pada komposit cenderung sama.
4. Pemerataan letak serat dan pengerolan sangat diperlukan untuk menghindari patahan yang kurang baik.

## Kepustakaan

- [1] Schwartz, M.M., 1984 "Composite Materials Handbook", Mc Graw-Hill Inc, New York
- [2] Jones, Robert M., *Mechanics of Composite Materials*, Scripta Book Company, Washington, D.C., 1975.
- [3] Gibson, Ronald F., *Principle of Composite Material Mechanics*, Mc. Graw-Hill Book Co., Singapore, 1994.
- [4] Callister, Jr. William. D, 2007, *Material Science and Engineering An Introduction*. United State of America. Quebeecor Versailles.
- [5] *JIS Handbook fos Plastics*, Japanesse Standard Association, Japan, 1991.
- [6] Daniel, Iscaac M., and Ishai, Ori, 1994, *Engineering Mechanics of Composite Materials*, Oxford University Press.
- [7] Holloway, L. : *Polymers and Polmet Composite in Construction*, Thomas Telford Ltd., London, 1990.