

SIFAT MEKANIK PADA KOMPOSIT YANG DIPERKUAT SERAT GELAS PENDEK

Jorena & Hadir Kaban
Jurusan fisika FMIPA Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Penelitian tentang komposit yang diperkuat oleh serat gelas pendek dan serat gelas panjang telah dilakukan dengan fraksi volum 24 %. Panjang serat gelas pendek dibuat bervariasi yaitu 1 mm, 2 mm, 3 mm, 5 mm, 10 mm dan untuk serat gelas panjang 60 mm. Sifat mekanik dari kekuatan, kekakuan dan ketangguhan setiap panjang serat dapat diperlihatkan. Pengujian sifat mekanis ini dilakukan secara uji tarik dan uji impak model charpy. Hubungan kekuatan dan kekakuan dengan uji tarik dan ketangguhan dengan uji impak terhadap panjang serat berupa eksponensial.

PENDAHULUAN

Komposit umumnya dapat tahan lama, karena sebahagian besar komposit terdiri dari dua komponen yaitu matrik dan penguat. Matrik merupakan bahan yang dapat mengalami perubahan bentuk dari cair ke padat pada pembuatan komposit. Penguat biasanya adalah bahan yang mempunyai kekuatan dan kekakuan serta modulus tinggi, yang sering berbentuk serat atau serpihan.

Mengetahui sifat mekanis dari suatu komposit dapat dimanfaatkan untuk menjadi material tertentu secara khusus. Pemanfaatan komposit ini harus ditinjau dari bahan matrik

yang sesuai dengan penguat. Menentukan sifat mekanis dari suatu bahan dipergunakan dengan melakukan pengujian secara tarik dan impact.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui sifat mekanis dari komposit yang diperkuat oleh serat gelas dan menunjukkan hubungan antara panjang serat dengan sifat mekanis dari kekuatan, kekakuan dan ketangguhan.

Resin Thermosett (Matrik)

Pada resin termosett suatu polymer cair diubah menjadi bahan yang membentuk formasi rantai polymer tiga dimensi. Sifat mekanisnya gayut pada unit molekul yang membentuk jaringan rapat dan panjang jaringan silang. Proses pembuatannya dapat dilakukan pada suhu kamar dengan memperlihatkan zat kimia yang digunakan untuk memperoleh nilai jaringan silang dan sifat optimum bahan. Tabel 1 menunjukkan perbandingan sifat resin epoksi dan resin polyester dalam hal penggunaannya sebagai bahan komposit.

Tabel 1. Beberapa sifat resin epoksi dan polyester

Sifat	Resin Epoksi	Resin Polyester
Kerapatan (gr/cm^3)	1.1- 1,4	1,2-1,5
Modulus Young (GPa)	3 - 6	2-4,5
Perbandingan Poison	0,38-0,4	0,37-0,39
Kekuatan tarik (MPa)	35-100	40-90
Kekuatan tekan (GPa)	100-200	90-250
Regangan Pada saat patah(%)	1-6	2
Hantaran Panas (Wm)	0,1	0,2
Koef. muai panas $10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$	60	100-200
Suhu distorsi panas $^\circ\text{C}$	50-300	50-110
Penyusutan Pengerasan (%)	1-2	4-8

Serat Gelas (Penguat)

Serat gelas merupakan bahan yang amorf yakni tidak mempunyai struktur kristal zat padat maupun sifat aliran zat cair. Ditinjau secara ilmu kimia, gelas tersusun dari silikon (SiO_2), namun silika sendiri merupakan kuarsa yang memerlukan temperatur tinggi untuk dapat dicairkan. Dalam hal ini diperlukan suatu modifikasi untuk mengurangi penggunaan temperatur yang sangat tinggi sehingga silika dapat dikerjakan untuk memperoleh gelas cair dengan nilai viskositas yang diinginkan.

Serat gelas merupakan hal yang sangat menentukan terhadap sifat-sifat komposit yang diperkuat dengan serat gelas. Beberapa sifat umum serat gelas antara lain :

a. Kekuatan tarik tinggi

Serat gelas mempunyai kekuatan tarik lebih besar terhadap serat-serat tekstil. Perbandingan kekuatan tarik serat gelas terhadap beratnya lebih tinggi dibandingkan dengan wayar baja dalam penggunaan yang sama.

b. Tahan terhadap panas dan pembakaran

Sifat organik serat gelas menghasilkan daya tahan terhadap panas dan pembakaran. Serat gelas tidak dapat terbakar maupun meledak dan mempunyai titik lebur tinggi.

c. Daya tahan terhadap zat-zat kimia

Serat gelas mempunyai daya tahan yang baik terhadap zat-zat kimia, dan tidak dapat ditumbuhi oleh jamur, bakteri maupun serangga renik lainnya.

d. Daya tahan terhadap kelembaban udara.

Serat gelas tidak bersifat higroskopis terhadap kelembaban udara di sekelilingnya, sehingga serat gelas tidak mengembang dan merenggang.

e. Sifat termal.

Serat gelas mempunyai koefisien ekspansi linear yang rendah dan koefisien konduktivitas termal yang tinggi.

f. Sifat kelistrikan.

Serat gelas bersifat non konduksi sehingga sangat baik digunakan sebagai bahan isolasi pada komponen-komponen elektronika. Hal ini disebabkan konstanta dielektriknya yang rendah.

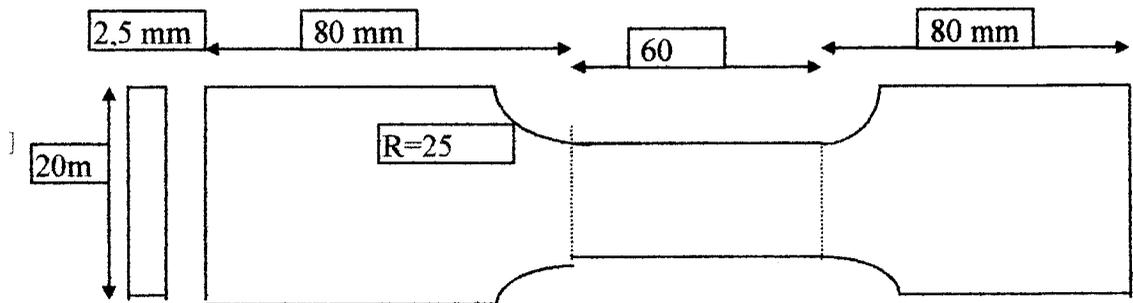
METODOLOGI

Pembuatan Komposit

Sampel dicetak dengan sistem metode “ leaky mould “ dan matriknya dibuat dari epoksi resin dan sebagai penguatnya dibuat dari serat gelas pendek. Serat gelas tersebut dipotong-potong dengan panjangnya bervariasi yaitu 1 mm, 2 mm, 3 mm, 5 mm dan 10 mm. Untuk serat panjang serat gelasnya dipotong sepanjang 60 mm. Matrik yang terbuat dari epoksi resin dengan hardener dengan perbandingan campuran 1 : 1 sedangkan penguatnya dibuat dari serat gelas tersebut. Matrik dengan penguat digabung lalu ditekan (kompres) agar terbentuk seperti keping plat datar. Perbandingan campuran antara matrik dengan penguat dilakukan dengan fraksi volum 24 %.

Pembuatan Sampel Uji

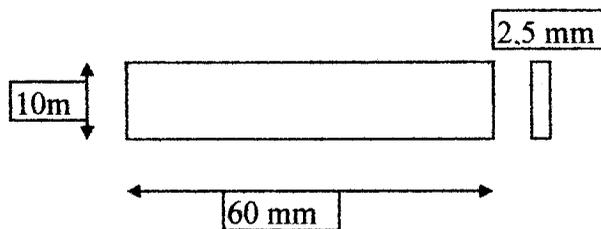
a. Sampel uji tarik (tensile test)



Gambar 1. Bentuk sampel uji tarik

Sampel uji tarik dibuat berpinggang , supaya beban tarikan akan dialami pada daerah tersebut (seperti gbr 1). Pada sewaktu pengujian dicatat hubungan gaya yang diberikan terhadap pertambahan panjang hingga sampel tersebut mengalami sampai perputahan.

b. Sampel uji impak (Impact test)



Gambar 2. Bentuk sampel uji impak

Sampel uji impak ini diletakkan pada kedua titik penahan (titik kesetimbangan), pembebanan dinamis dilakukan pada pertengahan sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui perubahan bentuk pada bahan (komposit) yang diuji. Sifat mekanis yang dapat kita amati sewaktu pengujian adalah:

- a. kekuatan tarik
- b. penambahan panjang
- c. kekuatan tarik maksimum
- d. kekuatan tarik patah.

Dengan melakukan perhitungan dapat kita cari beberapa variabel dari sifat-sifat mekanik dari komposit.

$$\text{Regangan (} \sigma \text{)} = (l - l_0) / l_0 \quad (1)$$

$$\text{Tegangan (} \varepsilon \text{)} = F/A \quad (2)$$

Dalam menentukan tegangan pada bahan tersebut dapat ditentukan tegangan maksimum dan tegangan perpatahan.

Tabel 2. Hubungan gaya yang diberikan terhadap pertambahan panjang serat.

$l_f = 1 \text{ mm}$

Gaya tarik (F) N	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
	1380	1320											
Pertambahan panjang (Δl) (10^{-1} mm)	3	5	7,5	10	12,5	15	17	20	23	25,5	27,5	29,5	31
	32	33,5											

$l_f = 2 \text{ mm}$

Gaya tarikan (F) (N)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1420	1350
Pertambahan panjang (Δl) (10^{-1} mm)	2,5	4,5	6,5	9	12	14,5	16	18	20	22	24,5	26	28	29	30	31,5

$l_f = 3 \text{ mm}$

Gaya tarikan (F) (N)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1450	1380
Pertambahan panjang (Δl) (10^{-1} mm)	2	3,5	5,5	7,5	9,5	12	14	17	19,5	21	23	25	27	28,5	29,5	30,5

$l_f = 5 \text{ mm}$

Gaya tarikan (F) (N)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1505
	1405															
Pertambahan panjang (Δl) (10^{-1} mm)	1,5	2,5	4,5	5,5	9	10,5	12,5	14	17	18,5	20	22,5	24,5	26	27,5	28
	3,05															

$l_f = 10 \text{ mm}$

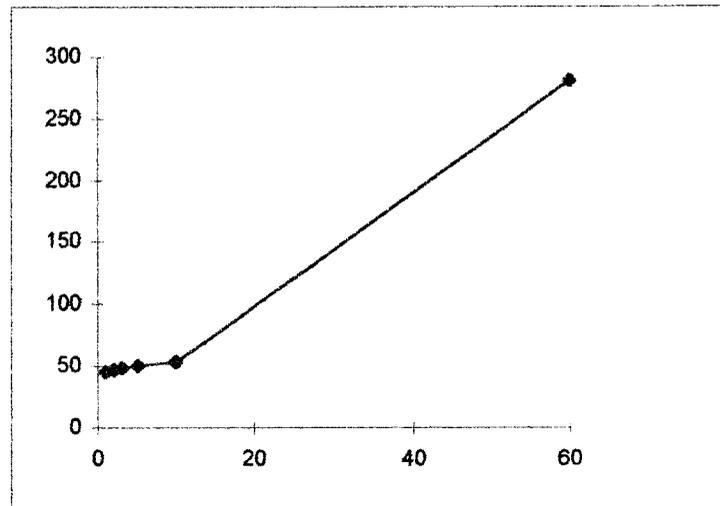
Gaya tarik (F) (N)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1610
	1535															
Pertambahan panjang (Δl) (10^{-1} mm)	1	2	4	6	8,5	10	12	13	15	18,5	20	22	23,5	25	26	27,5
	29															

$l_f = 60 \text{ mm}$

Gaya tarikan (F) (N)	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500
	8000 8420 7420														
Pertambahan panjang (Δl) (10^1 mm)	4	8	13	18	23,5	28	33	38	41,5	45,5	49	52	55	59	62
	66,5 70 78,5														

Tabel 3. Data pengujian tarik sampel

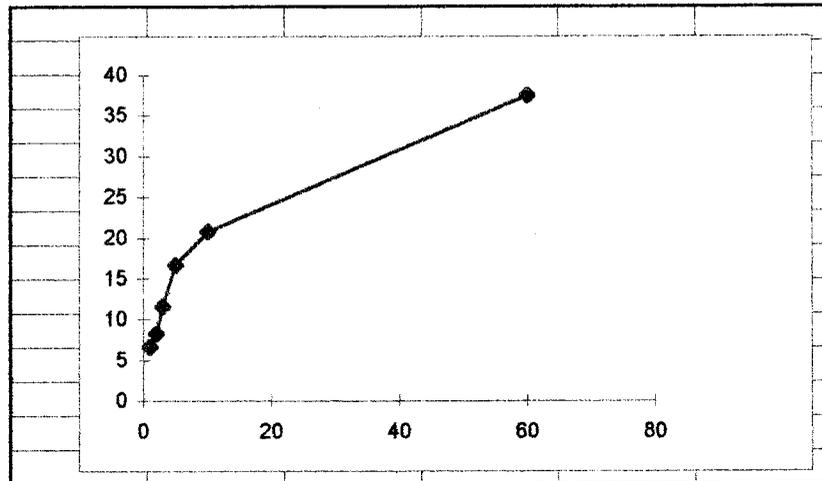
Panjang Serat (mm)	Gaya Maksimum (F_m) (N)	Gaya Perpatahan (F_p) (N)	Kekuatan Tarik Maksimum (MPa)	Kekuatan Tarik Perpatahan (MPa)	Regangan Maksimum (%)	Regangan Perpatahan (%)
1	1380	1320	46,00	44,00	5,42	5,50
2	1420	1335	47,33	44,50	4,92	5,42
3	1450	1380	48,33	46,00	4,88	5,11
5	1505	1405	50,17	46,83	4,67	5,08
10	1610	1535	53,67	51,17	4,58	4,85
60	8420	7420	280,67	247,34	11,25	13,46



Grafik 1. Hubungan antara kekuatan tarik maksimum terhadap panjang serat

Tabel 4. Data kekakuan (modulus Young pada $\epsilon = 0,2\%$) pada pengujian tarik pada komposit serat pendek yang berdiameter (d_f) = $11\ \mu\text{m}$ dan luas penampang $30\ \text{mm}^2$, dan panjang sampel 60 mm

Panjang Serat (l_f) (mm)	Gaya (F) (N)	Perpanjangan (Δl) (mm)	Kekakuan (MPa)
1	40	0,12	6,67
2	50	0,12	8,33
3	70	0,12	11,67
5	100	0,12	16,67
10	125	0,12	20,83
60	225	0,12	37,52



Grafik 2. Hubungan antara kekakuan terhadap panjang serat

Hasil analisa data dalam pengujian tarik dari alat kita hanya mendapatkan hubungan antara gaya pembebanan yang diberikan terhadap pertambahan panjang. Dari hubungan tersebut dapat diamati pembebanan maksimum dan pembebanan perpatahan (tabel 2). Dan hubungan antara panjang serat terhadap besarnya kekuatan maksimum maupun kekuatan tarik perpatahan ditunjukkan pada tabel 3. Dari grafik hubungan antara gaya terhadap pertambahan panjang dapat ditentukan besar kekakuan dari komposit pada regangan (ϵ) = 0,2 % (tabel 4)

Dari tabel 3. ditunjukkan hubungan antara kekuatan tarik dan panjang serat dimana hubungannya merupakan bentuk eksponensial (grafik 1). Dari tabel 4, didapatkan juga hubungan antara kekakuan dengan panjang serat dan ditunjukkan secara eksponensial (grafik 2)

Pengujian Impak

Pengujian impak dilakukan dengan metode Izod dan Chapry yang mana dilakukan dengan pembebanan dinamis. Hasil yang diperoleh pada pengujian impak adalah besarnya energi yang diserap sampel. Pada pengujian ini didapat langsung dari alat pengujian adalah sudut yang dibentuk lengan pendulum setelah melewati titik setimbang atau dengan menggunakan rumus energi potensial.

$$E_p = mgh \quad (3)$$

Besarnya energi yang hilang akibat gesekan dengan udara dan poros dimana sudut balik setelah melewati span (θ_f).

$$E = mgh (\cos \theta_f - \cos \theta_i) \quad (4)$$

Besarnya kekuatan komposit (ketangguhan) yang diuji (I_s).

$$I_s = E/A \quad (5)$$

dimana :

h = tinggi godam (pemukul)

A = luas penampang

m = massa godam

g = percepatan gravitasi

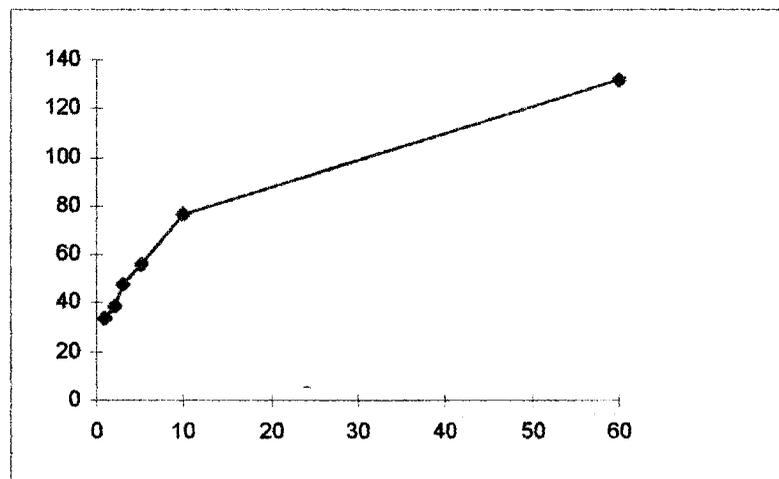
θ_i = sudut lengan pendulum dengan sumbu vertikal

θ_r = sudut lengan pendulum setelah melewati titik keseimbangan.

Dari hasil pengukuran untuk pengujian impact ini didapat seperti tabel 5.

Tabel 5. Data Pengujian Impact Untuk Komposit Serat Pendek Dengan Fraksi volum 24% dan sudut awal (θ) = 110° dan panjang serat (l_f) = $11 \mu\text{m}$

Panjang Serat (mm)	Panjang Sampel (mm)	Lebar (mm)	Luas Penampang (mm^2)	Sudut Akhir	cos θ_i	cos θ_r	cos θ_r	E_i (J)	I_i (KJ/m^2)
1	60	10	2,5	25	104	-0,342	-0,242	0,836	33,44
2	60	10	2,5	25	103	-0,342	-0,225	0,977	39,08
3	60	10	2,5	25	101,5	-0,342	-0,199	1,191	47,64
5	60	10	2,5	25	100	-0,342	-0,174	1,406	56,24
10	60	10	2,5	25	96,5	-0,342	-0,113	1,911	76,44
60	60	10	2,5	25	87	-0,342	-0,052	3,292	131,72



Grafik 4. Hubungan antara kekuatan impact (ketangguhan) terhadap panjang serat

Dalam pengujian impak ini didapatkan besarnya energi yang diserap dari komposit yang diperkuat oleh serat pendek. Dari hasil perhitungan yang didapat ditunjukkan bahwa hubungan antara ketangguhan dan panjang serat ditunjukkan secara eksponensial.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian didapat harga kekuatan tarik, kekakuan dan ketangguhan dari komposit yang diperkuat oleh serat gelas pendek maka dapat disimpulkan :

Pengujian tarik digunakan untuk menentukan kekuatan tarik dan kekakuan dari komposit. Kekuatan tarik komposit berbanding lurus dengan regangan untuk panjang serat yang semakin besar pada fraksi volum yang sama.

Kekakuan komposit semakin besar untuk panjang serat semakin besar akibat daya rekat antara serat dengan resin epoksi semakin besar.

Pengujian impak dilakukan untuk menentukan kekuatan impak (ketangguhan) dari komposit. Pada pengujian impak ini, menunjukkan kekuatan impak berbanding lurus secara eksponensial terhadap panjang serat yang fraksi volum yang sama besar dan untuk energi serap yang semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa ketangguhan komposit menahan beban dinamis semakin besar untuk panjang serat semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

Hull Derek, *An introduction to komposit material* Cambridge University Press, Cambridge 1981.

Richardson, M.O.W. *Polymer Engineering composites* Applied science Publister LTD London 1977.

Henry Lee, Kris Neville, *Handbook of Epoksi Resin* Mc Graw-Hill Book Company, New York 1973

Lawrence H. Van Vlack, *Ilmu dan Teknologi Bahan* Penerbit Erlangga, Jakarta 1989