

SIFAT MEKANIS KOMPOSIT BERPENGUAT BILAH BAMBU DENGAN Matriks POLYESTER AKIBAT VARIASI SUSUNAN

Wiwi Aprilia^{*)}, Yenni Darvina^{**)} dan Ratnawulan^{**)}

^{*)}Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UNP, email: wiwiaprilia77@yahoo.co.id

^{**)}Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA UNP

ABSTRACT

Research about composite mechanical from natural fiber especially bamboo is still seldom used. Therefore, this research is done with purpose to know effect of piece arrangement of bamboo toward composites mechanic that include maximum tension value and elasticity value. The research is experiment reseach. Piece of bamboo is arranged three variaties, are longer, across and plait. From three arrangement are counted tension value and elasticity to know mechanical characteristic. The results of this study: highest voltage value is 78.173 MPa in longer piece, tension value part of plait is shorter than longer piece 44.538 MPa and tension value of across fiber is shorter than embroidery piece 18.936 MPa. Result of measurement results to elasticity value in power curve the highest is 150.15 GPa in longer fiber, plait fiber is shorter than long fiber about 86.26 GPa and across fiber is shorter than plait about 50.209 GPa

Keywords: bamboo, mechanical properties, composite, reinforcement, *polyester*

PENDAHULUAN

Penggunaan dan pemanfaatan material komposit dewasa ini semakin berkembang, seiring dengan meningkatnya penggunaan bahan tersebut yang semakin meluas. Pemanfaatannya mulai dari yang sederhana seperti alat-alat rumah tangga sampai sektor industri baik industri skala kecil maupun skala besar (Purboputro, 2006). Karena manfaatnya sangat banyak dikembangkanlah material bukan logam dengan campuran serat alam dalam bentuk komposit. Keunggulan komposit serat ini adalah selain ringan, tahan korosi, dan juga memiliki kekuatan yang sama dengan material logam (Widodo,2008). Komposit yang menggunakan serat alam sebagai penguatnya dapat diperoleh dari tanaman seperti tanaman pisang, bambu, kelapa,

nanas, dll (Palallo,2007). Pada penelitian ini serat alam yang digunakan yaitu bambu.

Potensi bambu di Indonesia mempunyai prospek yang sangat baik karena bambu merupakan bahan baku alternatif dari kayu yang berasal dari hutan tropis yang semakin berkurang baik kualitas maupun kuantitasnya dengan meningkatnya industri perkayuan sebagai komoditi ekspor seperti kayu lapis dan gergajian. Untuk mengatasi hal tersebut maka dapat dilakukan suatu usaha mengembangkan diversifikasi produk kayu olahan dengan bahan baku bambu. Salah satu sumber daya alam hayati yang dapat menggantikan kayu adalah bambu, karena bambu mempunyai beberapa keunggulan seperti cepat tumbuh, mudah diolah, sifat mekanik yang lebih baik dari

pada kayu pada arah sejajar serat (Manik dkk, 2004, Hadi, 2006, M. Gere, 1985).

Bambu adalah tanaman jenis rumput-rumputan dengan rongga dan ruas dibatangnya. Bambu termasuk jenis tanaman yang mempunyai tingkat pertumbuhan yang tinggi. Kelenturan dan kekuatannya menopang beban berat membuat bambu banyak dimanfaatkan sebagai material bangunan yang tangguh. Sayangnya, bambu punya satu musuh besar, yaitu rayap. Kerentanannya digerogeti rayap membuat banyak orang mulai meninggalkan bambu.

Sifat mekanik penguat yaitu bambu dijelaskan oleh Ifannossa (2010) dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Sifat mekanik bambu

Sifat yang diuji	Bambu
Modulus elastisitas	18 GPa
Kuat tarik	150 MPa
Kuat lentur	39 MPa
Kekuatan bending	76 MPa
Masa jenis	300-400 kg/m ³

Dari Table 1 dapat diketahui harga kuat tarik adalah 150 MPa dan nilai modulus elastisitasnya adalah 18 GPa. Komposit dalam penelitian ini berasal dari bambu dengan menggunakan matrik polyester.

Menurut Fessenden(1986), polyester merupakan bahan polimer yang bersifat termoplastik dan bifungsional yang dapat bereduksi dengan dua molekul lain. Polyester dapat berubah bentuk setelah diberi panas dan mudah terbakar pada suhu tinggi namun, polyester memiliki daya serap air yang rendah. Polyester banyak digunakan sebagai tempat penyimpanan film dan sebagai matriks pada pembuatan komposit. Polyester juga dapat digunakan sebagai bahan pembuat serat kaca.

Sifat mekanik dari polyester yang dikemukakan oleh F.smith(1993) dapat dijelaskan berdasarkan Tabel 2:

Tabel 2. Sifat mekanik resin polyester

Sifat yang diuji	Resin polyester
Kekuatan tarik	40-90 MPa
Modulus elastisitas	2,0-4,4 GPa
Kuat lentur	60-160 MPa
Kekuatan impak	10,6-21,2 J m
Masa jenis	1,10-1,46 g/cm ³

Dari Tabel 2 dapat diketahui harga kuat tarik polyester berkisar antara 40-90 MPa dan harga modulus elastisitasnya yang dimiliki polyester hanya berkisar antara 2-4,4 GPa. Karena memiliki harga modulus elastisitas yang rendah maka *polyester* bersifat kurang elastis.

Dari Tabel 1 dan Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa bambu dan polyester sama-sama memiliki harga kuat tarik dan modulus elastisitas yang sangat rendah. oleh karena itu, dibuat suatu gabungan dari kedua bahan tersebut yang nantinya bisa menghasilkan harga kuat tarik dan modulus elastisitas yang tinggi yaitu dalam bentuk komposit.

Secara sederhana komposit dapat diartikan sebagai gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan dan menyatu secara fisika. komposit terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi atau penguat dan matrik sebagai bahan pengikat serat-serat tersebut. Penggunaan bahan komposit serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya. Unsur utama komposit serat adalah serat yang mempunyai banyak keunggulan. Untuk mengetahui keunggulannya maka dalam penggunaan bahan ini dibutuhkan beberapa sifat yang harus diketahui. Pada penelitian ini yang akan diteliti adalah sifat mekanik bahan.

Sifat mekanik bahan adalah hubungan antara respon atau deformasi bahan terhadap beban yang bekerja. Sifat mekanik pada komposit merupakan sifat-sifat yang berhubungan dengan material setelah diberikan gaya-gaya pada material tersebut. Sifat-sifat mekanik bahan diantaranya adalah tegangan (stress), regangan (strain) dan modulus elastisitas.

Menurut Giancolli (2001), tegangan merupakan gaya per satuan luas. Secara matematis besarnya nilai tegangan dapat dirumuskan:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Dimana: F = gaya luar yang bekerja tegak lurus bidang potong
 A = luas daerah (m²)
 = stress (N/m²)

Regangan merupakan perbandingan perubahan panjang terhadap panjang awal. Regangan merupakan perubahan fraksional dari panjang benda, dan merupakan ukuran mengenai seberapa jauh batang tersebut berubah bentuk. Regangan berbanding lurus dengan tegangan pada daerah linier (elastik). Secara matematis dapat dirumuskan (Giancoli, 2001):

$$\text{Regangan} = \frac{\text{perubahan panjang}}{\text{panjang awal}} = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2)$$

Dengan demikian, regangan merupakan perubahan fraksional dari panjang benda. Tegangan diberikan pada materi dari arah luar, sementara regangan merupakan tanggapan dari tegangan. Secara umum, reaksi benda terhadap gaya yang diberikan dicirikan oleh nilai suatu besaran yang disebut modulus elastisitas. Jadi elastisitas, merupakan sifat kemampuan untuk kembali ke ukuran dan bentuk aslinya, setelah gaya luar dilepas. Sifat ini penting pada semua struktur yang mengalami beban berubah-ubah.

Secara matematis modulus elastisitas atau yang lebih dikenal dengan Modulus Young dapat dirumuskan:

$$E = \frac{F/A}{\Delta L/L_0} \quad (3)$$

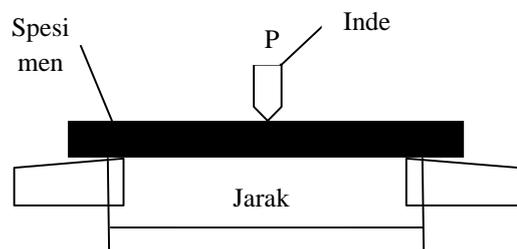
Dimana L_0 adalah panjang awal benda, A adalah luas penampang, ΔL merupakan perubahan panjang yang disebabkan gaya F yang diberikan, dan E adalah modulus elastisitas. Untuk mendapatkan sifat-sifat mekanik diatas

kita perlu mengadakan pengujian terhadap sifat mekaniknya.

METODE PENELITIAN

Pengujian sifat mekanik yang dilakukan ada dua, yaitu pengujian kuat tarik dan pengujian lengkung (defleksi). Kuat tarik merupakan salah satu sifat mekanik bahan, kuat tarik merupakan uji tegangan-regangan mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Kekuatan tarik (*Tensile strength*) suatu bahan ditetapkan dengan membagi gaya maksimum dengan luas penampang mula-mula (Daryus, 2006).

Pengujian lengkung atau pengujian defleksi dilakukan untuk memperlihatkan elastisitas dari bahan. Akibat dari pengujian lengkung ini, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Hal ini sesuai dengan Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Pemasangan benda uji pada pengujian lengkung (Rusmiyanto, 2007:29)

Dalam material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dari pada kekuatan tariknya. Karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima, spesimen tersebut akan patah, hal tersebut mengakibatkan kegagalan pada pengujian komposit. Kekuatan lengkung pada sisi bagian atas sama nilai dengan kekuatan lengkung pada sisi bagian bawah.

Pengujian lengkung dilakukan untuk memperoleh kepastian mengenai sifat-sifat kekuatan komposit. Melalui pengujian yang diteliti akan diketahui apakah bahan tersebut dapat digunakan untuk suatu

konstruksi tertentu. Dengan cara pemberian tekanan pada suatu sisi bahan dan menahan gaya-gaya yang diberikan sehingga membuat bahan tersebut melengkung.

Penelitian pengaruh susunan serat terhadap sifat mekanis bambu komposit dengan matriks polyester ini dilakukan di Labor Pengujian Bahan Fakultas Teknik Mesin Universitas Negeri Padang. Tahapan pembuatan komposit yaitu: memotong dan menjemur bambu, lalu mencari masa jenisnya. Kemudian merendam bambu tersebut kedalam alkohol 96% selama 3 jam. Setelah itu memilih bambu yang akan digunakan dan meluruskannya.

Proses pembuatan sampel komposit yaitu menghitung volume cetakan, kemudian menyusun serat dalam cetakan dengan 3 variasi, yaitu memanjang, melintang dan anyaman serta melapisinya dengan polyester. Menutup campuran komposit dan mengeringkannya. Setelah itu memotong sampel sesuai dengan ASTM D 638.

Proses pengujian sampel komposit yaitu mengukur dimensi sampel, kemudian memasangnya pada alat pengujian. Setelah itu mengkalibrasi alat dan melakukan pengujian.

HASIL

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, yaitu pengujian tarik dan pengujian lengkung (defleksi) diperoleh data pengujian secara langsung dan tidak langsung.

Pengujian tarik

Hasil pengukuran pengujian tarik meliputi: pengukuran tebal awal (h_0), tebal setelah pengujian (h_1), lebar awal (b_0), lebar setelah pengujian (b_1), panjang awal (L_0), dan panjang setelah pengujian (L_1) dapat dilihat berdasarkan Tabel 3:

Tabel 3. Hasil pengukuran kuat tarik

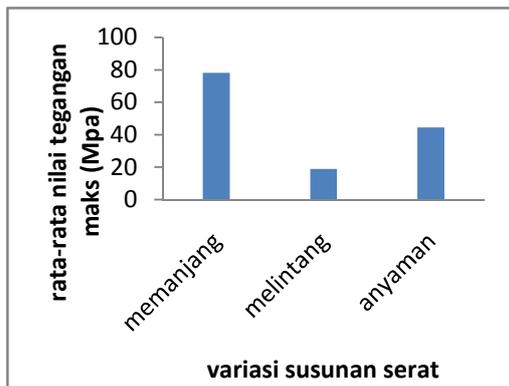
Susunan serat	Sampel	h_0 mm	h_1 mm	$\frac{L_1}{L_0}$	$\frac{b_1}{b_0}$	$\frac{P_{maks}}{Z_0}$ MPa	$\frac{P_{maks}}{Z_1}$ MPa
Memanjang	1	4,9	4,9	12,1	12	100,7	101,2
	2	4,7	4,7	10,4	10,5	100,1	-
	3	4,8	4,8	12,2	12,2	103	104,6
Melintang	1	4,9	4,9	12	12	100	100,6
	2	4,8	4,7	12,4	12	97	98,3
	3	4,8	4,6	12,1	12,1	98	-
Anyaman	1	4,6	4,5	12,5	12,3	101	101,5
	2	4,6	4,6	12,3	12,2	101	101,5
	3	4,7	4,6	10,5	10,4	96,7	98,1

Dari Tabel 3 data yang diperoleh selanjutnya diolah untuk mendapatkan data kuat tariknya. Analisa data pengukuran terhadap masing-masing sampel didapatkan data tegangan maksimum berdasarkan Tabel 4:

Tabel 4. Hasil analisa kekuatan tarik maksimum pada pengujian tarik komposit berpenguat bilah bambu

Susunan serat	sampel	Tegangan maks ()	Rata-rata tegangan maks
		MPa	MPa
Memanjang	1	81,901	78,173
	2	79,748	
	3	72,871	
Melintang	1	19,186	18,936
	2	18,954	
	3	18,668	
Anyaman	1	54,594	44,538
	2	37,277	
	3	41,744	

Dari Tabel 4 dapat diketahui nilai tegangan maksimum yang diperoleh berkisar antara 18,936 MPa sampai 78,173 MPa. Pada hasil pengujian rata-rata tegangan maksimum dapat dilihat semakin sejajar serat, maka nilai tegangan maksimumnya semakin tinggi. Hal ini dapat dilihat berdasarkan Gambar 3:



Gambar 3. Grafik hubungan antara variasi susunan bilah bambu dengan rata-rata tegangan maksimum

Dari Gambar 3 dapat dilihat hubungan antara susunan serat dan nilai rata-rata tegangan maksimum menghasilkan nilai berbeda. Semakin tegak lurus serat terhadap gaya tarik, maka tegangannya semakin turun.

Pengujian lengkung

Hasil pengukuran pengujian defleksi meliputi: ukuran penampang uji (panjang penampang, tebal penampang), panjang bahan, beban, defleksi dapat dilihat pada Tabel 5:

Tabel 5. Data hasil pengukuran kuat lengkung

Bahan	Struktur penguat	Ukuran penampang		Panjang bahan (m)	Beban (N)	Defleksi $\times 10^{-3}$ (m)
		B	H			
Komposit berpenguat bilah bambu	Memanjang	31	4,9	0,2	5	0,43
		30	4,8	0,2	5	0,49
		30,5	4,8	0,2	5	0,54
	Melintang	33	5,1	0,2	5	1,11
		34,5	5,1	0,2	5	1,15
		32,8	5,0	0,2	5	1,18
	Anyaman	36	4,6	0,2	5	0,81
		31,6	4,5	0,2	5	0,92
		35,5	4,5	0,2	5	1,02

Dari Tabel 5 diperoleh data pengujian lengkung selanjutnya diolah untuk mendapatkan nilai modulus elastisitasnya. Untuk menganalisis nilai elastisitas sampel dapat diperoleh dari harga momen inersia bahan dengan menggunakan persamaan:

$$E = \frac{F \times L^3}{48 \times y \times I} \quad (4)$$

$$I = \frac{B \times H^3}{12} \quad (5)$$

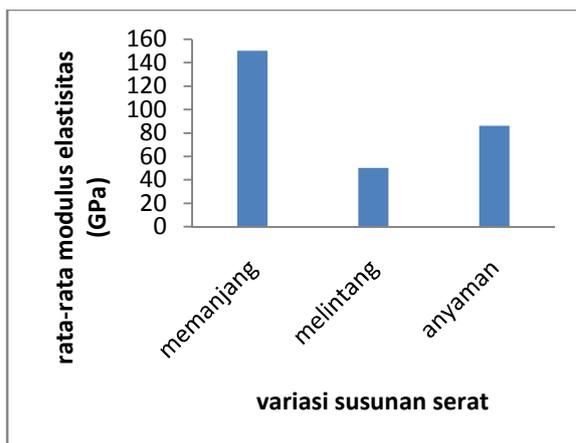
Dimana E adalah harga elastisitas (GPa), F adalah beban (N), L adalah panjang bahan (m), I adalah momen inersia (mm), B adalah panjang penampang uji (mm), H adalah lebar penampang uji (mm).

Analisa data pengukuran terhadap masing-masing sampel didapatkan nilai elastisitas dapat dilihat berdasarkan Tabel 6:

Tabel 6. Hasil analisa kuat lengkung

Susunan serat	Sampel	Defleksi (m)	Modulus elastisitas (E) GPa
Memanjang	1	0,43	159,43
	2	0,49	153,77
	3	0,54	137,25
	Rata-rata	0,473333	150,15
Melintang	1	1,11	51,45
	2	1,15	47,502
	3	1,18	51,675
	Rata-rata	1,16	50,209
Anyaman	1	0,81	88,08
	2	0,92	94,36
	3	1,02	75,76
	Rata-rata	0,916666	86,26

Tabel 6 memperlihatkan nilai rata-rata modulus elastisitas komposit yang diperoleh melalui pengujian kuat lengkung. Dalam pengujian nilai rata-rata modulus elastisitas yang diperoleh berkisar antara 50,209 GPa sampai 150,15 GPa. Pada hasil pengujian rata-rata modulus elastisitas dapat dilihat semakin sejajar serat, maka nilai modulus elastisitasnya semakin tinggi. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4:



Gambar 4. Grafik hubungan antara variasi susunan bilah bambu dengan rata-rata modulus elastisitas

Dari Gambar 4 dapat dilihat hubungan antara susunan serat dan nilai

rata-rata modulus elastisitas menghasilkan nilai berbeda. Semakin tegak lurus serat terhadap gaya lengkung, maka modulus elastisitasnya semakin turun.

PEMBAHASAN

Pengujian tarik

Dari hasil yang diperoleh, tegangan tertinggi dimiliki oleh variasi susunan serat memanjang. Pada susunan serat memanjang tegangan mencapai harga 78,173 MPa. Nilai tegangan pada susunan serat anyaman lebih rendah dari susunan serat memanjang. Tegangannya adalah 44,538 MPa. Sedangkan nilai tegangan untuk susunan serat melintang lebih rendah dari susunan serat anyaman, dengan nilai tegangannya adalah 18,936 MPa. Perbedaan nilai tegangan terjadi karena variasi susunan seratnya. Jadi, susunan serat terbaik adalah pada susunan serat memanjang.

Pengaruh susunan serat terhadap tegangan komposit terjadi akibat kesejajaran arah serat dengan posisi beban tarik dan bentuk susunan serat itu sendiri. Serat yang sejajar dengan posisi beban tarik mampu menahan beban maksimum. Hal ini sesuai dengan teori dari M.Gere (1985) yang menyatakan bahwa pemanjangan beban tarik yang diberikan pada sampel adalah akibat dari proses beban tarik yang sejajar dengan arah serat.

Pengujian lengkung

Dari hasil yang diperoleh, elastisitas maksimum dimiliki oleh variasi susunan serat memanjang. Pada susunan serat memanjang elastisitasnya mencapai harga 150,15 GPa. Nilai modulus elastisitas susunan serat anyaman lebih rendah dari susunan serat memanjang. Harga elastisitas adalah 86,26 GPa. Sedangkan nilai modulus elastisitas untuk susunan serat melintang lebih rendah dari susunan serat anyaman, dengan nilai elastisitasnya

adalah 50,209 GPa. Perbedaan nilai elastisitas terjadi karena variasi susunan seratnya. Jadi, susunan serat terbaik adalah pada susunan serat memanjang.

Pengujian lengkung yang dilakukan terhadap sampel menggunakan gaya yang diberikan. Perbedaan dari nilai modulus elastisitasnya disebabkan oleh susunan seratnya, sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Purwanto (2009) yang menyatakan bahwa dalam pembuatan komposit tata letak dan arah serat dalam matrik yang akan menentukan kekuatan mekanik komposit. Hal ini terlihat pada sampel dengan struktur serat melintang, dimana terjadi perbedaan harga momen inersia yang cukup besar.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, makadiperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Tegangan tertinggi terjadi pada struktur serat memanjang dengan nilai tegangan 78,173 MPa. Sedangkan tegangan terendah terjadi pada struktur serat melintang dengan nilai tegangan 18,936 MPa. Perbedaan nilai tegangan ini terjadi karena pengaruh susunan serat. Pengaruh susunan serat bambu terhadap nilai tegangan terjadi akibat kesejajaran arah serat dengan posisi beban tarik dan bentuk susunan serat itu sendiri.
2. Harga elastisitas tertinggi terjadi pada struktur serat memanjang dengan nilai elastisitas 150,15 GPa. Sedangkan nilai elastisitas terendah terjadi pada struktur serat memanjang dengan nilai elastisitasnya 50,209 GPa. Perbedaan nilai elastisitasnya terjadi karena pengaruh susunan seratnya. Pengaruh bentuk susunan serat terhadap kuat lengkung komposit berpenguat bilah bambu terjadi akibat kesejajaran arah dan bentuk susunan serat serta gaya yang diberikan. Semakin banyak serat

yang ditanggung oleh beban tarik, maka komposit tersebut semakin elastis.

DAFTAR PUSTAKA

- Dobrin, Milton B Savit.1976. *Introduction to Geophysical Prospecting.Mc. grow-hill International USA.*
- F. Smith,William.1993. *Foundation Of Material Science And Engineering*, second edition. New York: Mc Graw-Hill
- Fessenden, J.Ralp. 1982. *Kimia Organik*, edisi ketiga. Jakarta: Erlangga
- Giancoli, C. Douglas. 2001. *Fisika edisi kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Hadi,Bambang.K.2006. *Diktat Kuliah Mekanika Struktur Komposit*. Bandung: penerbit ITB
- Ifannosa, arfie.dkk. 2010. *Analisis Kekuatan Tarik Komposit Serat Bambu Laminat Helai Dan Wooven Yang Dibuat Dengan Metode Manufaktur Hand Lay-Up*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Manik,dkk.2004. *kajian teknis penggunaan serat bamboo sebagai alternative bahan komposit pembuatan kulit kapal*. Universitas Diponegoro: Semarang.(diakses 20 juni 2011).
- Palallo,federick.2007. *karakterisasi sifat mekanik komposit bambu dengan metode hand lay-up*. Universitas Indonesia. jakarta
- Purboputro, I Pramuko. 2006. "pengaruh kekuatan serat terhadap keuatan impak komposit eceng gondok dengan matriks polyester". *Jurnal. Kartasura:universitas muhammadiyah suakarta.*

Purwanto, 2006. *Studi Sifat Bending dan Impact Komposit Serat Kenaf Acak-Polyester*. Unnes. Semarang.

Widodo. 2008. “Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoxy Dengan Penguat Serat Pohon Aren Model Lamina Berorientasi Sudut Acak”. (*Skripsi*). ITN