

# PENGARUH PEMBEBANAN STATIK TERHADAP PERILAKU MEKANIK KOMPOSIT POLIMER YANG DIPERKUAT SERAT ALAM

Muftil Badri M

Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau  
e-mail: [muftilbadri@yahoo.com](mailto:muftilbadri@yahoo.com)

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik mekanik komposit polimer yang diperkuat serat alam. Karakteristik mekanik yang diamati adalah kekuatan tarik statik, modulus elastisitas, dan permukaan patahan secara makroskopik. Karakteristik tersebut dapat diperoleh melalui pengujian tarik statik. Jenis polimer yang digunakan sebagai matriks adalah resin termoset tak jenuh seri 157 BQTN-Ex sedangkan serat alam yang dimanfaatkan berasal dari sekam padi, pelepah pisang, dan sabut kelapa. Spesimen uji tarik dibuat sesuai dengan standar ASTM D638. Komposisi resin yang digunakan adalah 80% sedangkan serat adalah 20% dari volume spesimen. Berdasarkan hasil uji tarik statik diperoleh karakteristik kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang bervariasi untuk jenis serat yang berbeda. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas rata-rata komposit polimer yang diperkuat serat sekam padi adalah 86,7 MPa dan 855,7 MPa. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas rata-rata komposit polimer yang diperkuat serat pelepah pisang adalah 59,1 MPa dan 317,6 MPa. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas rata-rata komposit polimer yang diperkuat serat sabut kelapa adalah 45,0 MPa dan 159,5 MPa. Berdasarkan pengamatan terhadap permukaan patahan dapat dikatakan bahwa karakteristik patahan komposit polimer yang diperkuat serat alam dipengaruhi oleh ikatan matriks terhadap serat.

**Kata kunci:** Komposit polimer; sekam padi; pelepah pisang; sabut kelapa; kekuatan tarik; modulus elastisitas; permukaan patahan.

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan polimer dan komposit dewasa ini semakin meningkat di segala bidang. Komposit berpenguat serat banyak diaplikasikan pada alat-alat yang membutuhkan material yang mempunyai dua perpaduan sifat dasar, yaitu kuat dan ringan. Pada saat ini komposit dengan material penyusun sintetis mulai beralih pada komposit dengan material penyusun dari bahan alami [1].

Banyak sekali fakta yang menunjukkan makin meningkatnya prospek pengembangan komposit serat alam. Beberapa kelebihan serat alam, yaitu serat alam sangat mudah diperoleh terutama di daerah tropis, budidayanya serat alam mudah, usia panen relatif pendek, penanamannya dapat dilakukan di lahan marjinal, teknologi untuk pengolahannya sangat sederhana, tingkat sustainabilitasnya sangat tinggi [2].

Beberapa penelitian yang telah berhasil mengembangkan serat alam sebagai penguat. Serat alam yang direaksikan dengan matriks poliester resin tak jenuh akan meningkatkan kestabilan dimensi dan kekakuannya [3]. Karakteristik mekanik serat alam dipengaruhi oleh kekuatan, modulus elastisitas, orientasi dan panjang serat [4]. Kekuatan tarik dan kekuatan lentur untuk serat kelapa telah diamati sebesar 33 MPa dan 51 MPa [5]. Persentase serat alam sebagai penguat pada resin termoset dapat mencapai 10 s.d. 30% dan meningkatkan modulus elastisitas komposit [6]. Berdasarkan beberapa penelitian tersebut belum dilakukan penyelidikan karakteristik mekanik terhadap polimer yang diperkuat serat sekam padi, pelepah pisang, dan serat sabut kelapa. Oleh karena itu, di dalam penelitian ini dilakukan penyelidikan karakteristik mekanik material komposit polimer, yaitu resin termoset tak jenuh yang diperkuat

serat sekam padi, pelepah pisang, dan sabut kelapa.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik mekanik komposit polimer yang diperkuat serat alam akibat pembebanan statik. Karakteristik yang hendak didapatkan adalah kekuatan tarik dan modulus elastisitas. Karakteristik tersebut diperoleh melalui pengujian tarik statik.

## 2. METODE

### 2.1. Alat

Beberapa peralatan yang digunakan di dalam penelitian ini adalah cawan pencampur, pengaduk, pipet tetes, penyaring serat, dan cetakan spesimen.

Media pencampur berfungsi sebagai tempat untuk mencampur beberapa bahan penyusun komposit. Media pencampur yang digunakan adalah berupa cawan pencampur. Cawan pencampur terbuat dari *porcelain diglasir* dengan diameter 10 cm. Bahan-bahan penyusun komposit polimer dicampur hingga merata dengan cara diaduk di dalam sebuah cawan. Pengaduk berbentuk batang gelas dengan salah satu ujung berbentuk bulat sedangkan ujung yang lain berbentuk pipih. Panjang batang pengaduk adalah 15 cm.

Agar sekam yang dihasilkan halus maka sekam padi harus disaring. Untuk menyaring sekam padi dibutuhkan alat penyaring. Alat penyaring yang digunakan sesuai dengan ASTM E11 dengan ukuran *mesh* 140, spesifikasi *opening micrometer* = 106. Cetakan spesimen uji tarik statik dibuat berdasarkan standar ASTM D638 seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 1.



Gambar. 1. Cetakan spesimen uji tarik

### 2.2. Bahan

Serat yang digunakan sebagai penguat adalah sekam padi, pelapah pisang, dan sabut kelapa yang telah dihaluskan seperti ditunjukkan pada Gbr. 2.

Sekitar 20 % dari bobot padi adalah sekam padi dan kurang lebih 15 % dari komposisi sekam adalah abu sekam yang selalu dihasilkan setiap kali sekam dibakar [7]. Nilai paling umum kandungan silika dari abu sekam adalah 94 - 96 % dan apabila nilainya mendekati atau di bawah 90 % kemungkinan disebabkan oleh sampel sekam yang telah terkontaminasi dengan zat lain yang kandungan silikanya rendah. Silika yang terdapat dalam sekam ada dalam bentuk *amorf* terhidrat [7]. Akan tetapi, jika pembakaran dilakukan secara terus menerus pada suhu di atas 650°C akan menaikkan kristalinitasnya dan akhirnya akan terbentuk fasa kristobalit dan *tridimit* dari *silica* sekam [7].

Sabut kelapa merupakan bagian yang cukup besar dari buah kelapa, yaitu 35 % dari berat keseluruhan buah. Sabut kelapa terdiri dari serat dan gabus yang menghubungkan satu serat dengan serat lainnya. Serat adalah bagian yang berharga dari sabut. Setiap butir kelapa mengandung serat 525gram (75 % dari sabut), dan gabus 175 gram (25 % dari sabut) [8].



(a). Serat sekam padi



(b). Serbuk pelepah pisang



(c). Serat sabut kelapa

Gambar 2. Beberapa serat alam

Matriks yang digunakan adalah resin termoset tak jenuh. Jenis resin termoset tak jenuh yang digunakan adalah 157 BQTN-Ex. Material ini tergolong polimer yang memiliki sifat dapat mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa pemberian tekanan ketika proses pencetakannya menjadi suatu peralatan tertentu. Massa jenis, kekuatan tarik, dan modulus elastisitas resin jenis 157 BQTN-Ex [9] adalah 1215 kg/m<sup>3</sup>, 55MPa, dan 3000 MPa.

Katalis merupakan bahan kimia yang digunakan untuk mempercepat proses pengerasan struktur komposit pada kondisi suhu kamar pada kondisi udara terbuka. Jenis katalis yang digunakan adalah *metil etil keton peroxida* (MEKPO).

Zat pembersih sisa-sisa campuran bahan yang melekat di cawan, gelas ukur, dan pengaduk yang digunakan adalah *aseton*.

Bahan pelapis permukaan cetakan yang digunakan adalah *wax*. *Wax* dioleskan di seluruh permukaan cetakan agar spesimen yang telah mengeras dapat dilepaskan dengan mudah dari cetakan.

**2.3. Alat ukur**

Alat ukur yang digunakan adalah alat ukur massa dan volume. Massa matriks, serat, dan katalis diukur dengan menggunakan timbangan digital dalam satuan gram. Gelas ukur yang digunakan untuk mengukur volume matriks adalah gelas ukur dengan kapasitas 250 ml.

**2.4. Alat uji**

Uji tarik spesimen dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik khusus untuk

material polimer dan komposit. Mesin uji tarik yang digunakan adalah *Electronic System Universal Testing Machine TORSEE* (Tokyo Testing Machine MFG. CO., LTD) yang ditunjukkan pada Gambar 3. Spesifikasi mesin uji tarik yang digunakan adalah:

- Tipe : SC-2DE
- Capacity : 2000 kgf
- MFG. No. : 6079

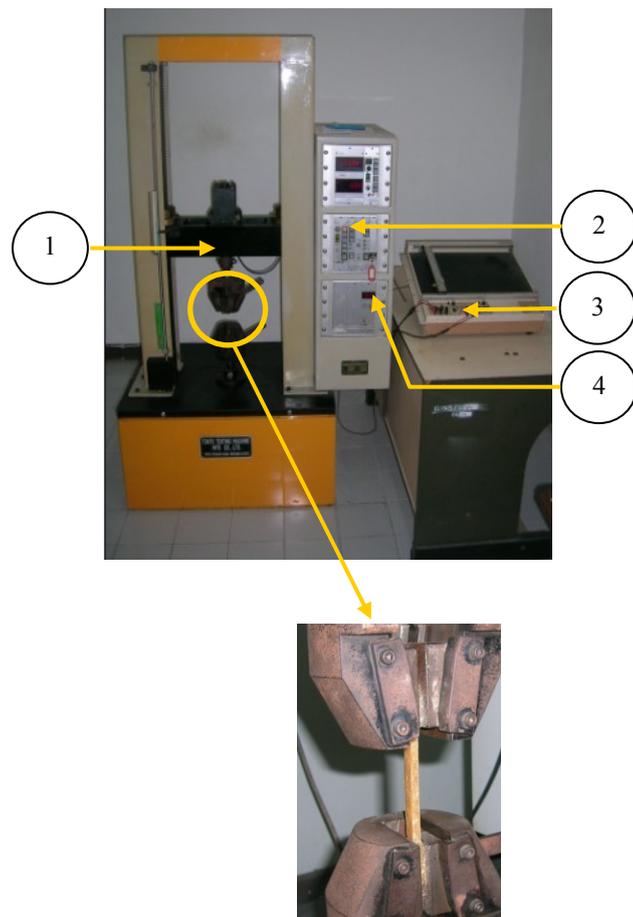
**2.5. Persiapan matriks**

Proses pencetakan spesimen berdasarkan perbandingan fraksi volume. Hubungan fraksi volume komposit, serat, dan matriks dalam sebuah persamaan adalah:

$$V_c = V_s + V_m \tag{1}$$

dimana:

- $V_c$  = Volume komposit (ml)
- $V_s$  = Volume serat (ml)
- $V_m$  = Volume matriks (ml).



Gambar 3. *Electronic System Universal Testing Machine*

Keterangan:

1. Pencekam spesimen
2. Panel pengatur data beban dan regangan
3. Pencatat data dalam grafik
4. *POWER ON* atau *OFF*.

Volume resin sebanyak 80% dari volume total komposit polimer yang akan dibuat. Jika volume spesimen uji tarik 50 ml, maka volume resin yang dibutuhkan adalah  $80\% \times 50 \text{ ml} = 40 \text{ ml}$ .

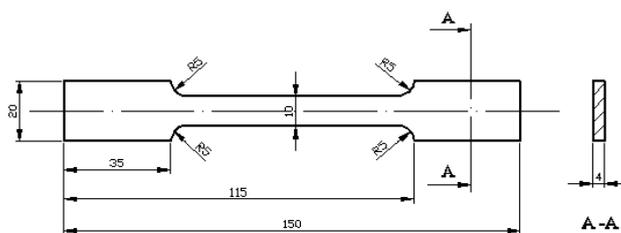
Resin dituangkan ke dalam gelas ukur sesuai dengan jumlah volume yang telah ditentukan, yaitu 40 ml. Selanjutnya pindahkan resin ke dalam cawan pencampur.

### 2.6. Pengolahan serat

Sekam padi, sabuk kelapa, dan pelepah pisang dibersihkan dari kotoran-kotoran yang mengganggu, seperti: pasir, batu-batu kecil, dan lain-lain. Masing-masing serat dicacah dengan menggunakan mesin penggiling hingga berbentuk butiran yang halus. Ukur volume masing-masing serat sebanyak 20% dari volume total komposit polimer yang akan dibuat, yaitu  $20\% \times 50 \text{ ml} = 10 \text{ ml}$ .

### 2.7. Pencetakan spesimen uji

Cetakan spesimen dibersihkan dari kotoran yang mengganggu lalu oleskan permukaan cetakan dengan wax. Masukkan serat yang telah halus ke dalam cawan yang telah berisi resin. Setiap serat dimasukkan ke dalam wadah yang berbeda. Aduk campuran resin dan serat hingga merata. Setelah campuran tersebut rata, tambahkan larutan MEKPO sebanyak 5% dari volume resin ke dalam campuran tersebut, yaitu  $5\% \times 40 \text{ ml} = 2 \text{ ml}$ . Masukkan campuran ke dalam cetakan dengan merata dan biarkan campuran mengeras selama 12 jam. Setelah mengeras spesimen dapat dilepaskan dari cetakan. Spesimen uji tarik dibentuk berdasarkan standar ASTM D638, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4. Geometri spesimen uji tarik (sesuai standar ASTM D638)



(a). Spesimen komposit polimer diperkuat serat sekam padi



(b). Spesimen komposit polimer diperkuat serat pelepah



(c). Spesimen komposit polimer diperkuat serat sabut kelapa

Gambar 5. Spesimen uji tarik yang telah dicetak

Setelah seluruh proses pembuatan selesai dilakukan, seluruh alat yang telah terkontaminasi dengan campuran komposit polimer dibersihkan dengan larutan *aseton*. Spesimen uji tarik yang telah dicetak ditunjukkan pada Gambar 5.

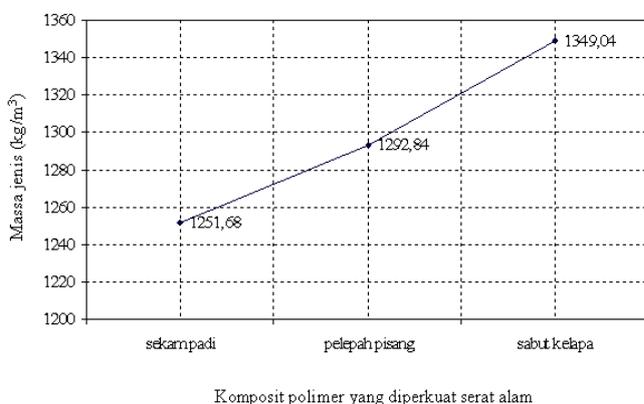
### 2.8. Proses pengujian spesimen

Proses selanjutnya adalah pengujian spesimen untuk memperoleh karakteristik mekanik spesimen. Untuk memperoleh karakteristik mekanik spesimen tersebut dilakukan pengujian tarik statik dengan menggunakan mesin uji tarik komposit. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pengujian Komposit Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara.

### 3. HASIL

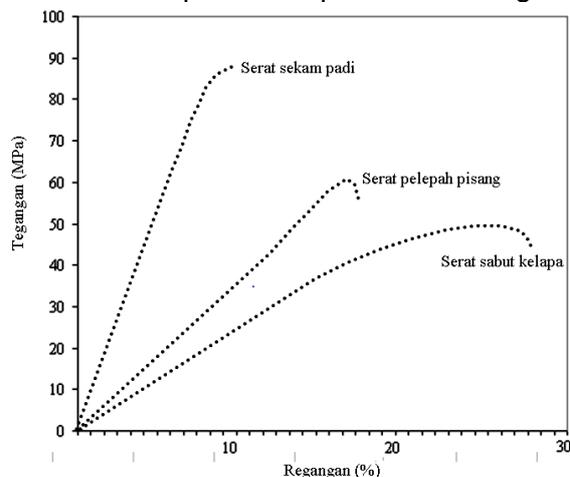
#### 3.1. Massa jenis rata-rata

Besar massa jenis rata-rata setiap spesimen uji dengan serat alam yang berbeda cukup bervariasi. Untuk material komposit polimer dengan penguat serat sekam padi diperoleh massa jenis rata-rata sebesar 1251,68 kg/m<sup>3</sup>. Massa jenis material komposit polimer dengan penguat serat sekam padi lebih rendah dibandingkan dengan komposit polimer yang diperkuat serat pelepah pisang dan sabut kelapa.



Gambar 6. Massa jenis komposit polimer yang diperkuat oleh serat alam yang berbeda

Komposit polimer yang diperkuat serat pelepah pisang dan sabut kelapa masing-masing mempunyai massa jenis 1292,84 kg/m<sup>3</sup> dan 1349,04 kg/m<sup>3</sup>. Perbandingan massa jenis komposit polimer dengan serat alam yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 6. Massa jenis resin termoset 157 BQTN-Ex tanpa serat diperoleh 1215 kg/m<sup>3</sup>.



Gambar 7. Kurva  $\sigma$ - $\epsilon$  untuk komposit polimer yang diperkuat oleh serat alam yang berbeda

#### 3.2. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas

Kekuatan tarik statik diperoleh dari pengujian tarik. Awalnya, pengujian tarik menghasilkan kurva beban ( $F$ ) terhadap pertambahan panjang ( $\Delta l$ ). Setelah beban dibagi dengan luas penampang ( $A$ ) spesimen yang patah dan pertambahan panjang dibagi dengan panjang mula-mula ( $l_0$ ) maka diperoleh kurva tegangan ( $\sigma$ ) terhadap regangan ( $\epsilon$ ) teknik. Kurva  $\sigma$ - $\epsilon$  untuk masing-masing komposit polimer dengan serat yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 6.

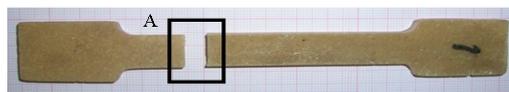
Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui bahwa tegangan tarik statik yang direspon oleh komposit polimer dengan penguat serat sekam padi lebih tinggi dibandingkan dengan kedua jenis serat alam yang lain. Hal ini cenderung disebabkan oleh perbandingan panjang serat dengan diameter serat sekam padi yang lebih kecil dibandingkan kedua serat lainnya. Kecenderungan ini dapat meningkatkan ikatan antar muka serat terhadap matriks. Ikatan tersebut dapat mempertahankan susunan rantai polimer jika diberikan pembebanan tertentu.

Kekuatan tarik dan modulus elastisitas setiap komposit polimer yang diperkuat serat alam ditunjukkan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa komposit polimer yang diperkuat serat sekam padi dan pelepah pisang memiliki kekuatan tarik statik lebih besar dan modulus elastisitas yang lebih kecil dibandingkan polimer (resin termoset) tanpa penguat, sedangkan komposit polimer yang diperkuat serat sabut kelapa memiliki kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang lebih kecil dibandingkan resin tanpa penguat.

Tabel 1. Karakteristik mekanik komposit polimer yang diperkuat serat alam

Jenis komposit polimer	Kekuatan tarik (MPa)	Modulus elastisitas (MPa)
Komposit polimer diperkuat serat sekam padi	86,7	855,7
Komposit polimer diperkuat serat pelepah pisang	59,1	317,6

Komposit polimer diperkuat serat sabut kelapa	45,0	159,5
Resin 157 BQTN Ex-Series	55	3000



Detail A:



(a). Permukaan patah spesimen komposit polimer diperkuat serat sekam padi



Detail B:



(b). Permukaan patah spesimen komposit polimer diperkuat serat pelepah pisang



Detail C:



(c). Permukaan patah spesimen komposit polimer diperkuat serat sabut kelapa

Gbr. 8. Permukaan patah spesimen uji tarik

### 3.3. Permukaan patah

Permukaan patahan secara makroskopik dapat dilihat pada Gambar 8. Kondisi patahan bervariasi untuk setiap jenis spesimen. Seluruh spesimen menunjukkan patah getas, artinya pengecilan penampang (*necking*) tidak

dapat dilihat secara langsung. Dari Gbr. 8 (detail A) tidak terlihat pemutusan serat pada penampang patah, namun pada Gbr. 8 (detail C) sangat terlihat pemutusan serat pada penampang patah bahkan kondisi serat sabut kelapa seperti tercabut dari matriksnya. Ini berarti ikatan antar muka serat sekam padi sudah lebih baik dibandingkan dengan serat pelepah pisang dan sabut kelapa.

### 4. KESIMPULAN

Secara umum, material yang menjadi subjek dalam penelitian ini disebut komposit polimer yang diperkuat serat alam. Tiga jenis serat alam telah digunakan sebagai penguat terhadap polimer. Ketiga jenis serat alam tersebut adalah serat sekam padi, pelepah pisang, dan sabut kelapa. Komposit polimer yang diperkuat serat alam tersebut telah diketahui karakteristik mekaniknya melalui pengujian tarik statik. Massa jenis komposit polimer yang diperkuat serat sekam padi lebih kecil dibandingkan dengan serat pelepah pisang dan sabut kelapa. Komposit polimer yang diperkuat serat sekam padi mempunyai kekuatan tarik statik dan modulus elastisitas lebih besar dibandingkan dengan serat pelepah pisang dan sabut kelapa. Permukaan patahan spesimen sangat dipengaruhi oleh perbandingan ukuran panjang dengan diameter serat. Semakin kecil ukuran serat maka kemampuan serat untuk berikatan dengan resin akan semakin besar sehingga meningkatkan ikatan antar muka serat dengan matriks.

### DAFTAR PUSTAKA

[1] Ismail, H., 2004, *Komposit Polimer Diperkuat Pengisi dan Gentian Pendek Semula Jadi*, Penerbit Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang.

[2] Shaw, A. H dan Din, R. H., 2004, *Gentian dan Komposit Lignoselulosik*, Penerbit Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang.

[3] Raj, R. G., Kokta, B. V. Dan Daneault, 1990, "A Comparative Study on the Effect of Aging on Mechanical

- Properties of LLDPE-Glass Fibre, Mica and Wood Fibre Composites”, *J. App. Polym. Sci*, Vol 40, 645-655.
- [4] Rozman, H. D., 1992, *Production and Properties of Chemically Modified Fibreboard*, Ph.D Thesis, University of Wales, Bangor, Wales.
- [5] Owolabi, O. dan Czaiskovszky, T, 1985, “Coconut Fibre-Reinforcement Thermosetting Plastic”, *T. Appl. Polymer, Sci.*, Vol. 30, 1827-1837.
- [6] Roe, P. J. dan Ansell, M. P, 1985, “Jute-Reinforced Polyester Composites”, *Journal of Mechanical Science*, Vol. 20, 4015-4020.
- [7] Harsono, H, 2002, “Syntesis of Amorphous Silicon from Outer Shell of Rice Sheed”, *Jurnal ILMU DASAR*, Vol. 3 No. 3, 98-103.
- [8] Sentra Informasi IPTEK, 2009, “TTG Tanaman Perkebunan Kelapa”, available at: <http://www.iptek.net.id/ind/warintek/?mnu=6&ttg=6&doc=6a8> , diakses 21 Juni 2009.
- [9] Justus Sakti Raya Corporation, Technical Report. Yucalac<sup>®</sup> Unsaturated Polyester Resin, Jakarta.