



# Analisa Sifat Mekanis Biokomposit Laminat Serat Tebu – Polyester

Yuni Hermawan<sup>1</sup>, Robertus Sidartawan<sup>2</sup>  
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember  
Jl. Kalimantan No 37 Jember  
yunikaka@yahoo.co.id

## ABSTRAK

Serat sintetis sebagai komponen komposit terbukti mahal dan tidak ramah lingkungan, sedangkan sumber daya alam Indonesia sangat melimpah akan bahan alam dan juga ditunjang sumber daya manusia yang masih banyak membutuhkan bidang garap sebagai lapangan pekerjaan. Sehingga kembali ke alam adalah langkah yang cerdas dan bijaksana untuk kondisi tersebut. Inovasi terhadap bahan alam dilakukan untuk menghilangkan kelemahan pada sifat mekanisnya. Serat tebu dapat dijadikan sebagai komponen komposit laminat. Perbedaan arah serat dan perlakuan alkali akan dijadikan variabel untuk mengetahui sejauhmana pengaruhnya terhadap kekuatan mekanis: kekuatan tarik, bending dan dampak, di sisi lain perlu pula untuk mengamati mekanisme kegagalannya dengan bantuan foto makro..

Hasil Pengujian menunjukkan bahwa untuk pengujian kekuatan tarik optimal pada fraksi volume 20% sebesar 1,719 N/mm<sup>2</sup> dan nilai kekuatan dampak optimal terjadi pada fraksi volume serat 20% sebesar 0,76 J/mm<sup>2</sup>. Dari hasil penelitian ini nilai kekuatan mekanik bahan masuk kedalam Standart Nasional Indonesia SNI, sehingga produk tersebut layak untuk dijual dan digunakan sehingga inovasi yang dihasilkan segera dapat dimanfaatkan oleh masyarakat secara luas.

*Kata kunci: serat tebu, komposit laminat, kekuatan mekanis dan foto makro*

## I. PENDAHULUAN

Munculnya *issue* permasalahan limbah *nonorganik* serat sintetis yang semakin bertambah mampu mendorong perubahan *trend* teknologi komposit menuju *natural composite* yang ramah lingkungan. Serat alam mulai menggeser serat sintetis, seperti *E-Glass*, *Kevlar-49*, *Carbon/ Graphite*, *Silicone carbide*, *Aluminium Oxide*, dan *Boron*. Salah satu jenis serat alam yang tersedia secara melimpah adalah serat tebu. Keuntungan penggunaan komposit antara lain ringan, tahan korosi, tahan air, *performance*-nya menarik, dan tanpa proses pemesinan. Beban konstruksi juga menjadi lebih ringan. Harga produk komponen yang dibuat dari komposit *glass fibre reinforced polyester (GFRP)* dapat turun hingga 60%, dibanding produk logam (Abdullah dan Handiko, 2000).

Salah satu jenis serat alam yang sangat potensial adalah serat tebu. Ampas tebu merupakan limbah dari proses pengolahan gula yang pemanfaatannya belum optimal. Berdasarkan data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) ampas tebu yang dihasilkan sebanyak 32% dari berat tebu giling. Sebanyak 60% dari ampas tebu tersebut dimanfaatkan oleh pabrik gula sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas, bahan baku industri kanvas rem, industri jamur dan lain-lain. Sehingga diperkirakan sebanyak 40 % dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan.

Pemanfaatan serat tebu sebagai bahan penguat material komposit belum maksimal. Selama ini ampas tebu hanya digunakan sebagai bahan bakar pengganti kayu bakar. Melihat dari potensi tersedianya bahan baku, maka penelitian ini diarahkan untuk memanfaatkan serat tebu dari limbah ampas tebu sebagai serat penguat material komposit.

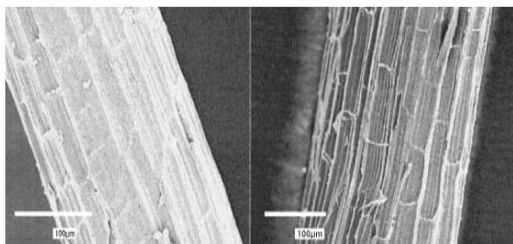
Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penelitian tentang rekayasa komposit laminat merupakan kajian yang sangat menarik untuk diteliti lebih lanjut. Pengujian mekanis struktur komposit *laminat* yang dilakukan mencakup uji tarik (ASTM D638), uji bending (ASTM D790), uji dampak (ASTM D3379) dan foto makro untuk melihat mekanisme patahan komposit. Sehingga permasalahan utama yang penting dikaji adalah perlunya pemanfaatan bahan alam (khususnya serat tebu) sebagai bahan penguat komposit untuk rekayasa pengganti struktur logam. Penggunaan bahan alam tersebut dapat digunakan sebagai komponen body mobil listrik. Adapun permasalahan yang diambil adalah:

1. Bagaimana pengaruh fraksi volume ( $V_f$ ) serat tebu terhadap kekuatan tarik, bending dan dampak komposit laminat?
2. Bagaimana pengaruh orientasi arah serat tebu terhadap kekuatan tarik, bending dan dampak komposit laminat?

## II. TINJAUAN PUSTAKA

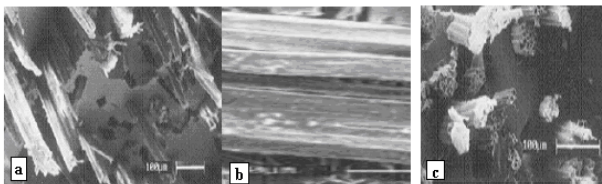
### 2.1. Perlakuan Alkali (NaOH) Serat

Perlakuan serat daun nanas dengan 0.5% NaOH selama 2 jam menyebabkan permukaan serat menjadi kasar karena lapisan seperti lilin di bagian permukaan serat hilang. Topografi permukaan serat yang kasar menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik dengan matrik (George dkk, 1996). Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan modulus elastisitas komposit serat nanas-LDPE pada ( $V_f = 30\%$ ) sebesar 127% (1400 Mpa) dibandingkan dengan yang tanpa perlakuan (1100 Mpa). Perlakuan alkali serat sisal akan mengubah morfologi serat dan meningkatkan gugus hidroksil, sehingga dapat meningkatkan kekuatan tarik permukaan, tahan kelembaban, pembengkakan, adhesi dan kompatibilitas dengan matrik polimer (Eichhorn dkk, 2001).



Gambar 1. Serat sisal (a) untreated, (b) treated 8% NaOH (Eichhorn dkk, 2001)

Perlakuan 5% NaOH selama 4, 6, dan 8 jam, meningkatkan modulus elastisitas serat jute sebesar 12%, 68%, dan 79%. Namun, % regangan patah serat menurun 23% setelah perlakuan 8 jam (Ray dkk, 2001). Perlakuan 5% NaOH serat jute selama 0, 2, 4, 6 dan 8 jam, mempengaruhi *flexural strength* komposit jute-vinylester pada  $V_f = 30\%$ , yaitu 180.60, 189.40, 218.50, 195.90 dan 197.50 MPa. Harga modulusnya pun mengalami perubahan yang identik yaitu 10.030, 10.990, 12.850, 12.490 dan 11.170 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perlakuan serat selama 4 jam menghasilkan komposit yang memiliki modulus dan *flexural strength* tertinggi. Kondisi penampang patahan komposit dengan perlakuan serat 0, 2 dan 8 jam menunjukkan adanya *fiber pull out*, *matrix cracking* dan *transfer fracture*, seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2. Penampang patahan komposit

### 2.2. Aspek Geometri

Menurut Gibson (1994), penempatan serat harus mempertimbangkan geometri serat, arah, distribusi dan fraksi volume, agar dihasilkan komposit berkekuatan tinggi. Untuk suatu lamina *unidirectional*, dengan serat kontinyu dengan jarak antar serat yang sama, dan direkatkan secara baik oleh matrik., seperti ditunjukkan pada gambar 2.8. Fraksi volume dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Shackelford, 1992):

$$v_1 = \frac{W_1 / \rho_1}{W_1 / \rho_1 + W_2 / \rho_2 + \dots}$$

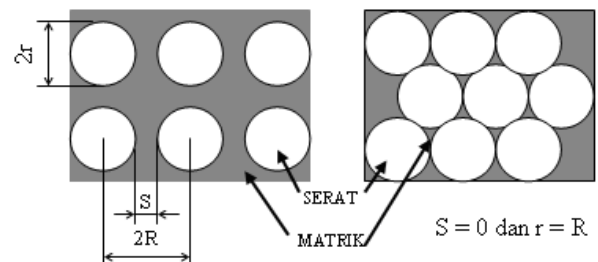
$$w_1 = \frac{\rho_1 V_1}{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 + \dots}$$

Kekuatan komposit dapat ditentukan dengan persamaan (Shackelford, 1992) :

$$\sigma_c = \sigma_f v_f + \sigma_m v_m$$

Dimana :

- $v_1, v_2, \dots$  = fraksi volume,  $W_1,$   
 $W_2 \dots$  = berat  $V_1,$   
 $w_1, w_2, \dots$  = fraksi berat  $V_1,$   
 $V_2, \dots$  = volume  
 $\rho_1, \rho_2, \dots$  = densitas bahan pembentuk



Gambar 3. Struktur mikro komposit dengan serat teratur dan homogen

## 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan nilai fraksi volume dan arah orientasi serat yang optimum yang menghasilkan nilai kekuatan tarik dan kekuatan bending maksimal sebagai bahan baku body mobil listrik.
2. Mendapatkan posisi terlemah dari papan komposit laminat serat tebu berdasarkan uji tabrak pada komponen bumper dan pintu mobil listrik.
3. Membantu pengembangan industri mobil listrik di Universitas Jember khususnya dalam merekayasa serat alam sebagai bahan baku komposit body mobil listrik.



Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan bahan organik alam yang relatif lebih murah dan efisien untuk pembuatan komposit body mobil listrik.
2. Peningkatan nilai ekonomis dari serat tebu sebagai bahan yang berkualitas yang memiliki nilai kekuatan mekanik yang tinggi.
3. Hasil-hasil penelitian serat tebu ini dapat digunakan sebagai salah satu komponen mobil listrik yang memiliki sifat bahan ringan, mudah dibentuk dan tidak mudah rusak.

#### 4. METODE PENELITIAN

##### Variabel dalam penelitian

Variabel *independent* dalam penelitian ini adalah:

1. Serat tebu dengan perlakuan alkali NaOH (lama perlakuan divariasikan 0 jam, 1jam dan 2 jam)
2. Fraksi volume serat tebu: (10%, 15% dan 20%). Sedangkan Panjang x Lebar dibuat tetap sebesar 10 cm x 20 cm (sesuai dengan ukuran cetakan)
3. Komposit kulit dibuat dengan susunan dua lapis, dengan orientasi arah serat tebu: 0° – 90°, 45° – 45° dan acak.

Sedangkan variabel *dependent* yang diharapkan diperoleh melalui pengujian adalah:

1. Pola patahan akibat gaya normal yang terjadi pada masing-masing benda uji dengan melihat foto makro.
2. Kekuatan tarik: untuk mengetahui kekuatan mekanis bahan. beban maksimum dibagi luas penampang lintang awal benda uji. Kekuatan ini berguna untuk keperluan spesifikasi dan kontrol kualitas bahan. material komposit dilakukan uji tarik sesuai dengan ASTM D638
3. Kekuatan impact (pukulan) digunakan untuk menghitung besarnya energi yang terserap oleh komposit pada benda uji

##### Bahan dan Alat

Bahan dan peralatan penelitian ditunjukkan pada tabel 4.1 dan tabel 4.2

Tabel 1. Bahan penelitian yang digunakan

No	Bahan	Vol	Kegunaan
1	Serat Tebu (kontinyu dan anyam)	± 60 kg	Penguat komposit
2	Unsaturated poliester	90 kg	Matrik komposit/ pengikat serat
3	Larutan alkali (5% NaOH)	60 liter	Menghilangkan lignin pada serat
4	Air netral (PH 7)	100 liter	Mencuci serat

Tabel 2. Peralatan penelitian yang digunakan

No	Nama Alat	Kegunaan	Ket
1	Universal bending Machine	Menguji kekuatan bending	FT Unej
2	Mesin Uji Impak Carpy	Menguji kekuatan impact	FT Unej
3	Foto Makro	Foto makro kegagalan patahan / retak rambut	FT Unej
4	Timbangan	Mengukur kadar air	FMIPA Unej

##### Pengolahan Serat

Bahan yang digunakan adalah serat tebu, resin polyester *SHCP 268 BQTN* stirine monomer dan katalis MEKPO (*metil etil keton peroksida*). Serat diambil dengan cara menggiling batang tebu terlebih dahulu selama lima kali pengilingan kemudian direndam dan dicuci dari kotoran dengan air. Serat diangin-anginkan sampai kering di tempat teduh. Serat yang telah dibersihkan dari kotoran lalu direndam dalam larutan alkali NaOH 5% selama 2 jam. Perendaman dilakukan untuk menghilangkan lignin yang menempel pada serat. Setelah perendaman selesai, dilakukan netralisasi serat dengan perendaman air selama 3 hari, kemudian serat dikeringkan secara alami. Bahan matrik yang digunakan adalah *unsaturated polyester SHCP 268 BQTN* stirine monomer dan katalis MEKPO (*metil etil keton peroksida*) yang digunakan adalah 1% dari volume poliester.

##### Manufaktur Komposit Laminat

Proses pembuatan komposit laminat dilakukan dengan **metoda cetak tekan** seperti pada gambar 12.b. Jenis serat yang digunakan sebagai penguat komposit kulit adalah serat tanpa perlakuan dan serat perlakuan alkali selama 2 jam. Komposit kulit dibuat dengan susunan serat kontinyu-woven.

Fraksi volume komposit adalah 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% serat tebu. Komposit yang sudah jadi dibuat menjadi spesimen uji bending sesuai standar ASTM C 393 dengan ukuran lebar 30 mm dan panjang 200 mm dan spesimen uji impact sesuai standar ASTM D 5942 dengan ukuran lebar 15 mm dan panjang 150 mm. Spesimen komposit laminat tersebut dilakukan *post cure* di dalam oven pada suhu 62 °C selama 4 jam. Sebelum dilakukan pengujian, spesimen dioven pada temperatur 60° selama 3 jam untuk memastikan tidak ada delaminasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Daftar Nilai Uji Tarik

Diketahui kapasitas volume cetakan uji tarik dengan ukuran (27x17x0,6) cm untuk 14 spesimen adalah 275,4 cm<sup>3</sup>. Dimana massa jenis adalah massa per satuan volume. Sedangkan untuk kapasitas volume cetakan uji impak dengan ukuran (20x6,5x1,2)cm untuk 17 spesimen adalah 156 cm<sup>3</sup>. Jadi komposisi komposit pada tiap variasinya dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Fraksi volume serat} = V_s \times 100\%$$

$$\text{Volume polyester} = V_{\text{total}} - V_s$$

Dimana :  $V_s$  = Volume serat ,

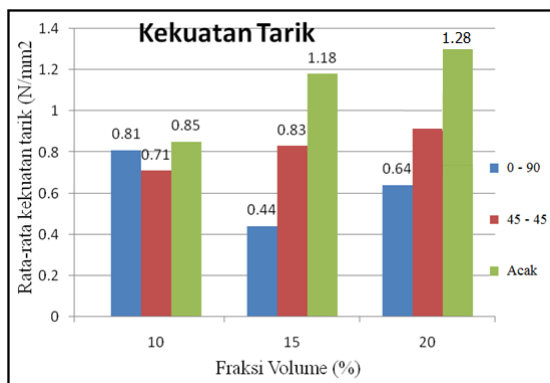
$$V_{ps} = \text{Volume polyester}$$

$$V_{\text{total}} = \text{Volume total}$$

Tabel 3. Hasil Pengujian untuk Uji Tarik

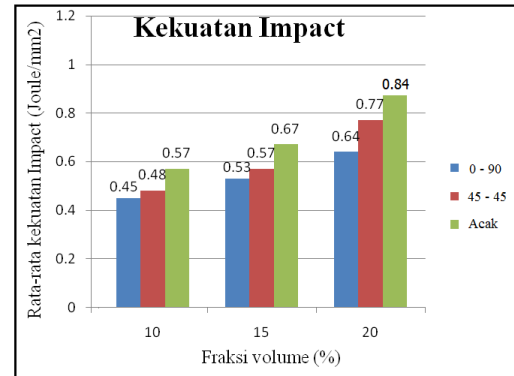
Lama Perendaman (jam)	Fraksi Volume (%)	Arah Serat (°)		
		0 - 90	45 - 45	Acak
0	10	0,227	0,282	0,591
	15	0,260	0,288	0,610
	20	0,272	0,357	0,613
1	10	0,623	0,664	0,731
	15	0,625	0,679	0,872
	20	0,644	0,722	0,989
2	10	1,021	1,121	1,532
	15	1,022	1,233	1,685
	20	1,096	1,315	1,719

Berdasarkan hasil pengujian tarik dan pengujian hipotesa menggunakan software spss, dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh panjang serat dan fraksi volume serat tebu terhadap kekuatan tarik komposit yang dihasilkan. Uji tarik dilakukan untuk mengetahui beban tarik maksimal yang mampu ditanggung oleh spesimen atau material uji. Spesimen dicekam pada alat uji tarik dan akan dikenai beban tarik hingga spesimen patah. Adapun grafik nilai kekuatan tarik yang dihasilkan dari variasi fraksi volume dan arah serat dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik kekuatan tarik terhadap fraksi volume dan arah serat.

Terlihat bahwa nilai kekuatan tarik optimal terjadi pada fraksi volume 10% dan arah serat 0 – 90 dengan nilai 0,819 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk fraksi volume serat 15% nilai kekuatan tariknya cenderung menurun dengan nilai 0,442 N/mm<sup>2</sup>. Penurunan kekuatan tarik komposit serat pendek acak ini disebabkan oleh tidak sempurnanya ikatan antara serat dan matriks seiring dengan penambahan volume serat pada komposit sehingga menimbulkan terjadinya *fiber pull out*. Oleh karena itu orientasi serat acak ini tidak mampu secara optimum menahan gaya yang diberikan pada arah dimana gaya bekerja.



Gambar 5. Grafik kekuatan impact terhadap fraksi volume dan arah serat.

Pada panjang serat 10 mm nilai ketangguhan impact mengalami peningkatan dari persentase fraksi volume serat 15% dengan HI sebesar 0,654 joule/mm<sup>2</sup> sampai 20% sebesar 0.762 joule/mm<sup>2</sup>. Jenis patahan yang terbentuk adalah patah getas, karena permukaan patahan relatif rata dan tidak terdapat deformasi plastis pada daerah patahan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dari penelitian manufaktur biokomposit laminat serat tebu ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisa berupa grafik, maka dapat disimpulkan bahwa nilai kekuatan tarik optimal pada serat tebu dengan fraksi volume 20% dan arah serat acak adalah sebesar 1,719 N/mm<sup>2</sup>. Sehingga fraksi volume dan arah serat berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan tariknya.
2. Nilai kekuatan impact optimal terjadi pada fraksi volume serat 20% dan arah serat acak adalah sebesar 0.76 J/mm<sup>2</sup>. Jadi fraksi volume dan arah serat mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap harga ketangguhan impact.
3. Dari hasil pengamatan struktur mikro pada patahan spesimen uji tarik maupun uji impact, distribusi serat terlihat kurang merata karena masih terdapat *fiber pull out*. Dan jarak antara serat dengan serat yang lainnya



didalam komposit tidak sama, sehingga mengakibatkan nilai kekuatannya berbeda.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih pada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Kemen Ristek dan Dikti atas dukungan finansial sehingga penulis bisa menyelesaikan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adi, G.T. (2006). Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap kekuatan Bending Komposit Serat Tebu Acak/polyester, Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah, Yogyakarta.
- ASTM, 1998. "Annual Book of ASTM Standar", West Conshohocken
- Diharjo K., Legowo B., Masykuri M., Abdullah G., 2005. "Rekayasa dan Manufaktur Bahan Komposit Laminat Berpenguat Serat Kenaf Untuk Komponen Gerbong Kereta Api", Jurnal Gelagar Vol 6 No 2, Surakarta.
- Febriyanto B dan Diharjo K., 2004. "Kekuatan Bending dan Impak Komposit Laminat Laminat Kombinasi Serat Karung Goni dan Serat Tebu-Polyester", Bagian dari Riset Kerjasama UNS-PT. INKA, Skripsi, FT UNS, Surakarta.
- Hariyanto, A. (2009). Pengaruh fraksi volume Komposit Serat Tebu dan Serat Rayon Bermatrik Poliester terhadap Kekuatan Tarik dan Impak, Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hartanto, L. (2009). Study Perlakuan Alkali dan Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Bending, Tarik, dan Impak Komposit Berpenguat Serat Rami- Polyester BQTN-157, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Junaedi, F. (2008). Pengaruh fraksi volume terhadap kekuatan tarik dan bending komposit serat hybrid bambu dan serat E-glass/polyester, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Kowangid M dan Diharjo K., 2003. "Karakteristik Kekuatan Bending dan Impak Komposit Laminat GFRP Dengan Inti PVC Type H 100 dan H 200", Skripsi, FT UNS, didukung oleh Proyek Penelitian Dosen Muda DP3M Dikti Jakarta.
- Morisco, 2000. "Rekayasa Bambu Sebagai Bahan Bangunan", Thesis Master, Pascasarjana UGM, Yogyakarta.
- Ray D., Sarkar B.K., Rana A.K., dan Bose N.R., 2001. "Effect of Alkali Treated Jute Fibres on Composites Properties", Bulletin of Materials Science, Vol. 24, No. 2, pp. 129-135, Indian Academy of science.
- Roe P.J. dan Ansel M.P., 1985. "Jute-reinforced polyester Composites", Journal of Materials Science 20, pp. 4015-4020, UK.
- Shultoni, A., 1988. "Studi Tentang Kajian Pengawetan Bambu Secara Tradisional Untuk Mencegah Serangan Bubuk", Disertasi Doktor, Pascasarjana UGM, Yogyakarta.
- Sumardi T.P., Zulfa A., Basukriadi A., Raditya D., dan Rahman F., 2003. "Rekayasa dan Manufaktur bahan Komposit berpenguat Serat Limbah Pisang Sebagai bahan Interior Otomotif dan pesawat terbang", Media Mesin, Jakarta.
- Wahono, B. (2008). Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) terhadap Karakteristik Komposit Serat Buah Kelapa Sawit/Poliester, Berita Teknologi Bahan dan Barang Teknik No.22/2008.
- Wahyanto dan Diharjo K., 2004. "Karakteristik Kekuatan Bending dan Impak Komposit Laminat GFRP dengan Inti kayu Sengon Laut", Bagian dari Riset Kerjasama UNS-PT. INKA, Skripsi, FT UNS, Surakarta.