

# PENGARUH FRAKSI MASSA TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL KOMPOSIT *BINDERLESS* DARI AMPAS TEBU DAN SERBUK KAYU SENGON

## (INFLUENCE OF MASS FRACTION ON MECHANICAL PROPERTIES OF *BINDERLESS* COMPOSITE MATERIALS FROM BAGASSE AND SENGON WOOD POWDER)

Aan Ubaidillah<sup>1,\*</sup>, Sujito, Endhah Purwandari

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember, Jember 68121, Indonesia

\*email korespondensi: [aanubaidillah908@gmail.com](mailto:aanubaidillah908@gmail.com)

### Abstrak

Analisis pengaruh fraksi massa serat ampas tebu dan serbuk kayu sengon terhadap sifat mekanik material komposit binderless dapat dilakukan dengan melakukan pengujian tarik dan pengujian *bending* terhadap material komposit *binderless* hasil sintesis. Pengujian dilakukan terhadap material komposit *binderless* dengan fraksi massa serbuk kayu sengon 0%-100%. Hasil dari pengujian menunjukkan kekuatan tarik paling tinggi berada pada fraksi massa serbuk kayu sengon 100% (tanpa serat ampas tebu) dengan nilai sebesar  $(8,11 \pm 0,69)$  MPa. Sementara untuk modulus elastisitas paling besar berada pada fraksi massa serbuk kayu sengon 40% dengan nilai sebesar  $(53,14 \pm 1,73)$  MPa. Hasil pengujian *bending* menunjukkan kekuatan *bending* paling besar berada pada fraksi massa serbuk kayu sengon 90% dengan nilai sebesar  $(15,82 \pm 1,90)$  MPa. Sementara itu untuk nilai modulus *bending* paling tinggi berada pada fraksi massa serbuk kayu sengon 100% dengan nilai sebesar  $(439,88 \pm 30,36)$  MPa.

Kata kunci: komposit *binderless*, kekuatan tarik, modulus elastisitas, kekuatan *bending*, modulus *bending*

### Abstract

Analysis on the effect of bagasse fiber mass fraction and sengon wood powder on mechanical properties of binderless composite materials could be done by conducting tensile test and bending test on synthesized binderless composite materials. The testing was carried out on binderless composite materials with mass fraction of sengon wood powder around 0%-100%. The result showed that the highest tensile strength is in the mass fraction of 100% of sengon wood powder, with value of  $(8.11 \pm 0.69)$  MPa. While the highest modulus of elasticity is in the mass fraction of sengon powder 40% with the value of  $(53.14 \pm 1.73)$  MPa. The result of bending test showed that the highest bending strength is in the mass fraction of 90% of sengon wood powder, with the value of  $(15.82 \pm 1.90)$  MPa. Moreover, the highest bending modulus is in the mass fraction of 100% of sengon powder, with the value of  $(439.88 \pm 30.36)$  MPa.

Keywords: binderless composite, tensile strength, modulus of elasticity, bending strength, bending modulus.

### Pendahuluan

Secara umum material komposit dapat didefinisikan sebagai gabungan dua material atau lebih yang memiliki bentuk berbeda, komposisi kimianya berbeda, dan tidak saling melarutkan dimana satu material berfungsi sebagai penguat dan lainnya berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan unsur-unsurnya [1]. Pada umumnya, material komposit tersusun dari material yang berfungsi sebagai penguat dan material yang berfungsi sebagai resin atau perekat. Ampas tebu merupakan bahan sisa yang dihasilkan dari proses pengolahan batang tebu. Biasanya tebu-tebu dari perkebunan diolah oleh pabrik gula (PG) untuk dijadikan gula dengan diambil sari niranya.

Berdasarkan pengolahan tebu tersebut, ampas tebu (*bagasse*) yang dihasilkan sebanyak 35-40% dari jumlah tebu yang diolah. Ampas tebu selama ini masih belum dimanfaatkan dengan maksimal. Biasanya ampas tebu (*bagasse*) ini hanya diolah menjadi makanan ternak, pupuk, sebagai bahan bakar *boiler* di pabrik gula ataupun sebagai bahan baku pembuatan papan partikel [2].

Menurut Martawijaya *et al.*, sengon merupakan jenis tanaman yang mudah tumbuh dan dapat dibudidayakan dengan mudah, sehingga tanaman sengon banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan meubel, kayu lapis ataupun tripleks [3]. Tanaman sengon mempunyai arah serat lurus dan bergelombang dengan tekstur batang agak kasar dan merata. Selain itu kayu sengon memiliki ciri-ciri yaitu tinggi pohon  $\pm 30-40$  meter, ranting muda bersegi dan berambut [4].

**Tabel 1.** Kandungan senyawa pada ampas tebu

Kandungan	Kadar (%)
Abu	3
Lignin	22
Selulosa	37
Sari	1
Pentosa	27
SiO <sub>2</sub>	3

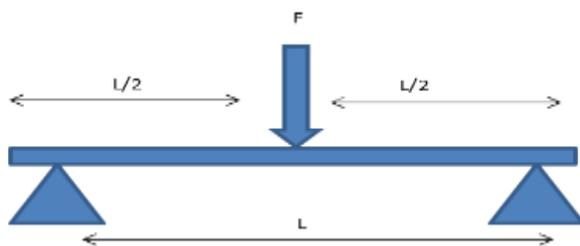
**Tabel 2.** Kandungan senyawa pada serbuk kayu sengon

Kandungan	Kadar (%)
Selulosa	49,4
Lignin	26,8
Pentosa	15,6
Abu	0,6
Silika	0,2

Karakterisasi material komposit *binderless* dapat dilakukan dengan melakukan beberapa pengujian mekanik di antaranya uji kekuatan tarik dan uji kekuatan *bending*.

#### Uji Kekuatan Bending

Pengujian kekuatan *bending* atau pengujian lentur dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan tahan bahan komposit ketika diberikan beban pada titik lenturnya [5]. Pengujian kekuatan *bending* ini juga dilakukan untuk mengetahui keelastisan suatu bahan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban atau gaya tegak lurus tepat di tengah bahan.

**Gambar 1.** Skema pengujian kekuatan *bending*

Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan kekuatan *bending* adalah:

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \quad (1)$$

Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan modulus *bending* adalah :

$$Eb = \frac{L^3 \cdot F}{4 \cdot b \cdot d^3 \cdot \delta} \quad (2)$$

Keterangan:

$\sigma_b$  = Kekuatan *bending* (N/mm<sup>2</sup>)

$F$  = Beban yang diberikan (N)

$L$  = Jarak antara dua titik tumpuan (mm)

$b$  = Lebar sampel uji (mm)

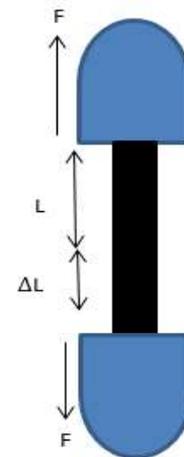
$d$  = Tebal sampel uji (mm)

$\delta$  = Defleksi (mm)

$Eb$  = Modulus elastis *bending* (N/mm<sup>2</sup>)

#### Uji kekuatan Tarik

Pengujian kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui tegangan, regangan, dan modulus elastisitas bahan dengan cara menarik dua ujung bahan sampai putus [1]. Dengan melakukan pengujian kekuatan tarik, kita dapat mengetahui seberapa besar elastisitas sebuah bahan serta dapat mengetahui seberapa besar bahan yang diuji merespon terhadap gaya tarik yang diberikan.

**Gambar 2.** Skema pengujian kekuatan tarik

Hubungan tegangan dan regangan pada beban tarik dapat ditentukan dengan persamaan:

$$F = \sigma \cdot A \text{ atau } \sigma = \frac{F}{A} \quad (3)$$

Keterangan:

$F$  = Beban (N)

$A$  = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Tegangan (N/mm<sup>2</sup>)

Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan. Nilai regangan ini adalah regangan proporsional yang didapat dari garis proporsional pada grafik tegangan-tegangan hasil uji tarik komposit.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{l_0} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

$\varepsilon$  = Regangan (%)

$\Delta L$  = Pertambahan panjang (mm)

$l_0$  = panjang daerah ukur (mm)

Besarnya nilai modulus elastisitas komposit yang juga merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan pada daerah proporsional dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (5)$$

Keterangan:

$E$  = Modulus elastis tarik (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Kekuatan tarik (N/mm<sup>2</sup>)

$\varepsilon$  = Regangan (%)

### Metode penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh fraksi massa serbuk kayu sengon dan serat ampas tebu terhadap sifat mekanik material komposit *binderless*. Serbuk kayu sengon berasal dari PT. Sejahtera Usaha Bersama Kalibaru Manis-Banyuwangi dan serat ampas tebu dari PTPN XI PG Semboro. Sintesis material komposit *binderless* dilakukan dengan menimbang massa serbuk kayu sengon dan serat ampas tebu dengan fraksi massa 0%-100%. Sintesis dilakukan dengan memasukkan serbuk kayu sengon dan serat ampas tebu yang telah dialkalisasi dan *bleaching* ke dalam cetakan dan dipres sampai bersuhu 170°C. Setiap variasi fraksi massa material komposit *binderless* dibuat 3 sampel untuk pengujian kekuatan tarik dan 3 sampel untuk pengujian kekuatan *bending*. Jadi, dapat diketahui karakterisasi dari material komposit *binderless*.

### Uji Bending

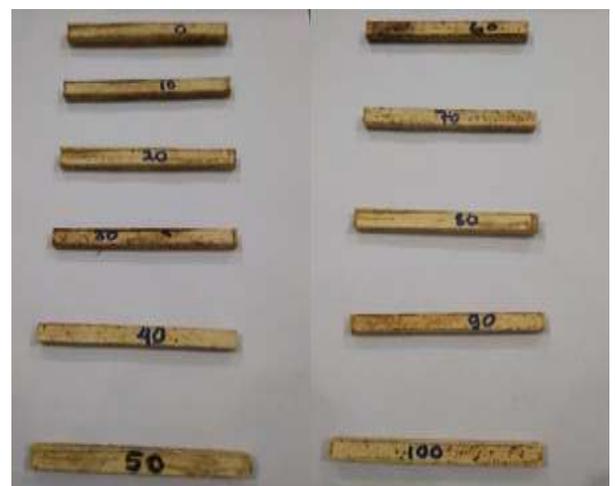
Karakterisasi material komposit *binderless* serbuk kayu sengon dan serat ampas tebu dengan uji *bending* menggunakan mesin uji Hung Ta model HT 2404-10 kN. Spesimen uji yang telah diukur lebar, tebal, dan panjang ditentukan titik tumpu dan titik tengah dengan memberikan tanda garis. Jarak antara titik tumpu yang digunakan sebesar 5 cm. Spesimen uji diletakkan pada dua buah tumpuan pada alat uji *bending*. Beban gaya diberikan pada titik tengah spesimen uji sampai spesimen uji mengalami defleksi. Data yang didapatkan dari pengujian kekuatan *bending* adalah gaya ( $F$ ) dan defleksi ( $\delta$ ). Data tersebut dianalisis dengan persamaan (1) dan (2).

### Uji Tarik

Karakterisasi material komposit *binderless* serbuk kayu sengon dan serat ampas tebu dengan uji *bending* menggunakan mesin uji Hung Ta model HT 2404-10 kN. Spesimen uji yang telah diukur lebar, tebal, dan panjang diletakkan pada penjepit dengan jarak antara dua penjepit adalah 4cm. Spesimen kemudian ditarik sampai spesimen mengalami patah. Data yang didapatkan dari pengujian tarik adalah tegangan dan regangan. Data tersebut digunakan untuk menentukan kekuatan tarik dengan menggunakan persamaan (3). Sedangkan untuk mengetahui nilai modulus elastisitas digunakan metode *offset* pada grafik hubungan antara tegangan dan regangan. Metode ini dilakukan dengan menarik garis lurus yang sejajar dengan garis linear kemudian menggeser garis sejauh 0.2% pada sumbu x hingga memotong kurva tegangan dan regangan di titik luluh.

### Hasil dan Pembahasan

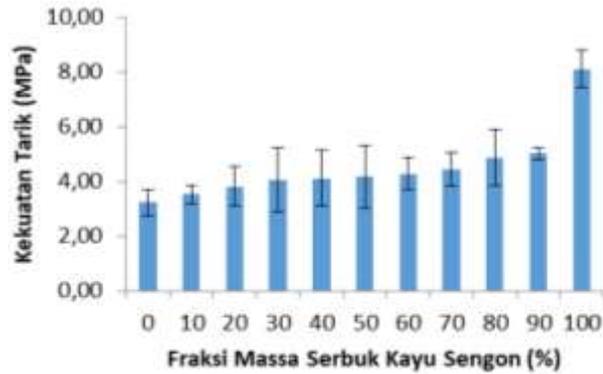
Pada penelitian ini dilakukan sintesis material komposit *binderless* dari serat ampas tebu dan serbuk kayu sengon dengan variasi fraksi massa serbuk kayu sengon (Gambar 3). Material komposit *binderless* hasil sintesis memiliki sedikit perbedaan warna. Dimana dengan semakin bertambahnya fraksi massa serbuk kayu sengon maka material komposit *binderless* akan semakin putih warnanya. Hal tersebut dikarenakan serbuk kayu sengon berwarna putih sehingga semakin besar fraksi massa serbuk kayu sengon menyebabkan sampel berwarna semakin putih. Secara keseluruhan material yang dihasilkan memiliki tekstur permukaan yang halus.



**Gambar 3.** Material komposit *binderless* hasil sintesis dengan variasi fraksi massa serbuk kayu sengon 0-100%

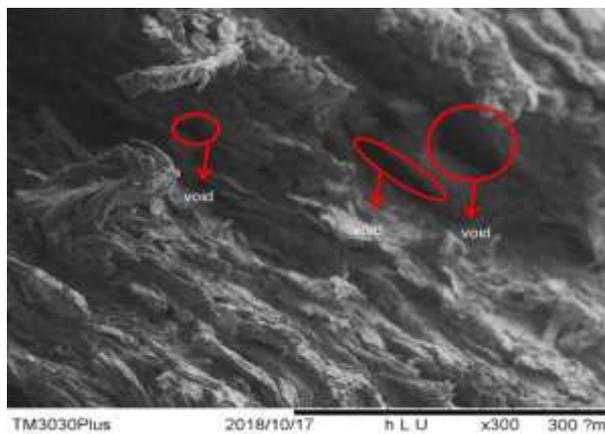
*Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas Material Komposit Binderless*

Nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas material komposit *binderless* didapatkan setelah melakukan karakterisasi pengujian tarik. Hasil analisis data dari hasil uji tarik dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



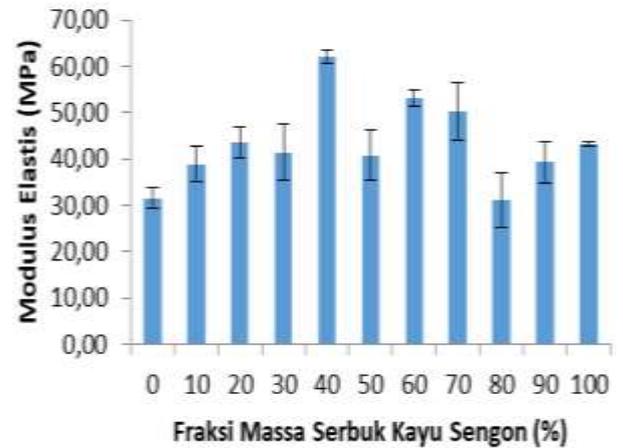
**Gambar 4.** Kekuatan tarik material komposit *binderless* hasil sintesis

Berdasarkan Gambar 4, fraksi massa serbuk kayu sengon 100% menghasilkan kekuatan tarik tertinggi yaitu 8,11 MPa. Pada fraksi massa serbuk kayu sengon 0% dihasilkan nilai kekuatan tarik terendah yaitu 3,23 MPa. Fraksi massa serbuk kayu sengon mempengaruhi kekuatan tarik yang dihasilkan. Nilai kekuatan tarik tertinggi pada fraksi massa serbuk kayu sengon 100% disebabkan material tersusun dari serbuk yang berukuran kecil daripada serat. Dengan ukuran yang lebih kecil memungkinkan serbuk kayu sengon mengisi ruang kosong di dalam komposit, sehingga meminimalisir adanya rongga (*void*) yang dapat menurunkan kekuatan tarik. Semakin sedikitnya rongga, maka kekuatan tarik semakin tinggi. Untuk mengetahui *void* di dalam material dilakukan uji morfologi SEM (Gambar 5).



**Gambar 5.** Hasil uji morfologi SEM pada fraksi massa serbuk kayu sengon 100%

Nilai modulus elastisitas material komposit *binderless* didapatkan dengan menggunakan metode *offset* pada variasi fraksi massa serbuk kayu sengon yang ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Modulus elastisitas material komposit *binderless* hasil sintesis

Nilai modulus elastisitas paling tinggi terdapat pada fraksi massa serbuk kayu sengon 40% dengan nilai 62,08 MPa. Nilai modulus elastisitas yang tinggi diakibatkan oleh penurunan regangan tarik. Nilai modulus elastisitas yang semakin tinggi menunjukkan bahwa material komposit memiliki sifat yang semakin kaku. Nilai regangan yang kecil menunjukkan bahwa material komposit tidak mudah mengalami deformasi.

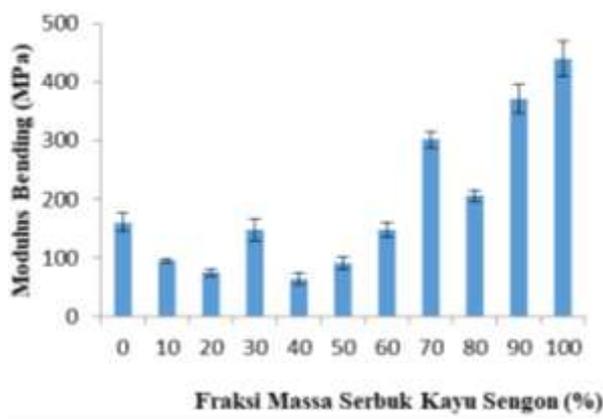
*Kekuatan Bending dan Modulus Bending Material Komposit Binderless Hasil Sintesis*

Nilai kekuatan *bending* material komposit *binderless* hasil sintesis pada masing-masing fraksi massa serbuk kayu sengon ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Kekuatan *bending* dan modulus *bending* material komposit *binderless* hasil sintesis

Gambar 7 menyatakan bahwa peningkatan kekuatan *bending* dari material komposit *binderless* hasil sintesis terjadi pada saat disintesis dengan fraksi massa serbuk kayu sengon 0-90%. Nilai kekuatan *bending* tertinggi berada pada fraksi massa serbuk kayu sengon 90% dengan nilai 15,82 MPa. Pada keadaan ini dapat dikatakan bahwa semakin banyak fraksi massa serbuk kayu sengon yang digunakan, maka ketangguhannya akan semakin tinggi dalam menerima beban gaya. Akan tetapi, fraksi massa serbuk kayu sengon yang digunakan memiliki batas tertentu dimana ketangguhannya akan berkurang dengan sendirinya sehingga mengalami penurunan pada fraksi massa serbuk kayu sengon 100%. Hal tersebut terjadi karena tidak adanya serat ampas tebu yang mengakibatkan bahan menjadi lemah dalam menahan gaya saat dilakukan pengujian [6]. Karakteristik sifat *bending* dari material komposit *binderless* dari serat ampas tebu dan serbuk kayu sengon selanjutnya dapat dilihat berdasarkan nilai modulus *bending* (Gambar 8).



**Gambar 8.** Modulus *bending* dari material komposit *binderless*

Nilai modulus *bending* tertinggi pada material komposit *binderless* dengan fraksi massa serbuk kayu sengon 100% yaitu 439,88 MPa. Material komposit berbahan dasar 100% sengon mempunyai tingkat kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit dengan fraksi massa yang lain. Nilai modulus *bending* terbesar pada fraksi massa serbuk kayu sengon 100% menunjukkan bahwa fraksi massa tersebut merupakan fraksi massa optimum untuk mendapatkan nilai modulus *bending* optimum pada penelitian ini.

## Simpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah: kekuatan tarik tertinggi material

komposit *binderless* pada penelitian ini diperoleh pada material komposit dengan serbuk kayu sengon 100%, yaitu sebesar  $(8,11 \pm 0,69)$  MPa. Sementara itu, nilai modulus elastis tertinggi didapatkan pada fraksi massa serbuk kayu sengon sebesar 40%, yaitu sebesar  $(53,14 \pm 1,73)$  MPa. Sementara kekuatan *bending* tertinggi diperoleh pada material komposit *binderless* dengan penambahan fraksi massa serbuk kayu sengon 90%, yaitu sebesar  $(15,82 \pm 1,90)$  MPa. Sementara itu, nilai modulus *bending* tertinggi didapatkan pada material komposit dengan fraksi massa serbuk kayu sengon 100%, yaitu sebesar  $(439,88 \pm 30,36)$  MPa.

## Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terimakasih kepada Drs. Sujito, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Ibu Endhah Purwandari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing dan memberikan arahan maupun nasehat dalam penelitian ini

## Daftar Pustaka

- [1] Maryanti, B., Sonief, A. A. A., & Wahyudi, S. (2011). Pengaruh alkalisasi komposit serat kelapa-poliester terhadap kekuatan tarik. *Rekayasa Mesin*, 2(2), 123-129.
- [2] Misran, E. (2005). Industri tebu menuju zero waste industry. *Jurnal Teknologi Proses*, 4(2), 6-10.
- [3] Martawijaya, A., & Kartasujana, I. (1977). *Ciri umum, sifat dan kegunaan jenis-jenis kayu Indonesia*. Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- [4] Mansyur, I. M., Osly, R., Ridwan, A. P., Han, R., Nurwati, H., Mohammad, M., Jasni, Sri, R., & Rena, M. S. (2008). Petunjuk praktis sifat-sifat dasar jenis kayu Indonesia. *Indonesia Sawmill and Woodworking Association (ISWA)*.
- [5] Oroh, J., Sappu, F. P., & Lumintang, R. C. (2013). Analisis sifat mekanik material komposit dari serat sabut kelapa. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin Unsrat*, 1(1), 7-15.
- [6] Allita, Y., Gala, V., Citra, A. A., & Retnoningtyas, E. S. (2018). Pemanfaatan ampas tebu dan kulit pisang dalam pembuatan kertas serat campuran. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 11(2), 101-107.