

## Kekuatan *Bending* dan *Impact* Material Komposit Selulosa Asetat-Epoxy Berbasis Perbedaan Fraksi Volume

RAHMAT DONI WIDODO, TSALIST KHAIRUL IBAD

### ABSTRACT

*Cigarette filter waste has the potential to become a filler in the manufacture of composite materials. The processing of cigarette filter waste has not been optimal due to the lack of research and the public's mindset that considers cigarette filter waste to have no economic value. The material for making cigarette filter fibers comes from cellulose acetate fibers. Making car dashboards generally uses ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) material which has a standard seen from the bending stress value of 35MPa, the modulus of elasticity is 1 GPa, and has an impact price of 13.48 J / m<sup>2</sup>. This research aims to determine the effect of the volume fraction of cellulose acetate fibers on the bending strength and impact of cellulose acetate fiber composite materials with an epoxy matrix. The material variants studied were as follows: Specimen A with a volume fraction ratio of 70% fiber: 30% epoxy, Specimen B with a volume fraction ratio of 50% fiber: 50% epoxy and specimen C with a volume fraction ratio of 30% fiber and 70% epoxy. The fabrication process uses the hand-lay up method and random fiber orientation. The bending strength analysis process uses the ASTM D-790 standard and the impact analysis uses the ASTM D-256 standard. The results of the test show that Specimen B (50% fiber: 50% epoxy) has the highest stress and elastic modulus values of 48.72MPa for bending stress and 1.0855 GPa for bending elasticity modulus. While the highest impact strength on specimen C (30% fiber: 70% epoxy). It can be concluded that the bending strength and impact of composite materials can be affected by the volume fraction ratio.*

**Keywords:** *selulosa asetat, epoxy, bending, impact, komposit*

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada masa kini sangat pesat sehingga dituntut untuk selalu berinovasi menemukan material baru. Dalam dunia industri sudah mulai memperhitungkan material non logam sebagai hasil produksi. Salah satu material yang digunakan adalah komposit. Komposit adalah gabungan dari 2 atau lebih material yang tidak dapat larut satu sama lain dengan mencampurkan atau mengikat kedua material tersebut sehingga sifat masing-masing tersebut tetap terjaga (Dowling, 2007). Pemilihan material komposit sendiri dikarenakan penyusunnya dapat di variasikan sesuai kebutuhan dan kegunaan suatu material.

Munculnya permasalahan limbah sintetis yang bertambah sehingga banyak limbah sintetis yang di daur ulang untuk mengurangi permasalahan lingkungan. Salah satu limbah

sintetis yang banyak di temui di lingkungan adalah *filter* rokok. Menurut data Badan Pusat Statistik Indonesia, presentase perokok di Indonesia tahun 2016 yang berumur diatas 15 tahun sebesar 28,97% khususnya di Provinsi Jawa Tengah presentase perokok di atas 15 tahun sebesar 28,57% dan menurut WHO (*World Health Organization*) Indonesia menempati urutan ketiga setelah China dan India sebagai negara dengan perokok terbesar di dunia. Hal ini tentu sangat merugikan bagi kesehatan dan lingkungan.

Kapas *filter* rokok sendiri terbuat dari serat sintetis yaitu Selulosa Asetat. Selulosa Asetat adalah senyawa turunan selulosa yang diperoleh melalui esterifikasi menggunakan pereaksi asetat anhidrida (Syamsu dan Kuryani, 2014). Serat ini banyak digunakan dalam industri tekstil karena harganya yang murah, berwarna terang dan variasi sifat yang beragam. Penggunaan terbanyak serat ini dalam pembuatan *filter* rokok. Serat selulosa

triasetat atau sering disebut serat selulosa asetat primer memiliki asetilasi yang sempurna. Yang membedakan selulosa asetat dengan triasetat adalah selulosa asetat memiliki dua atau lebih gugus hidroksil, sedangkan triasetat tidak memiliki gugus tersebut. Meskipun triasetat memiliki sifat mekanik yang lebih unggul dibandingkan asetat namun penggunaannya tidak terlalu banyak dikarenakan mempertimbangkan lingkungan dalam pembuatan serat

Pengolahan limbah *filter* rokok belum maksimal karena minimnya penelitian dan pola pikir masyarakat yang menganggap limbah *filter* rokok sendiri tidak berguna. Tanpa pengolahan dan penanganan lebih lanjut *filter* rokok dapat menjadi masalah serius bagi lingkungan baik dari segi pencemaran lingkungan dan keindahan. Salah satu pemanfaatan puntung rokok adalah serat yang berpotensi menjadi *filler* dalam pembuatan material komposit. Dengan limbah *filter* rokok sebagai serat material komposit dapat mengurangi limbah *filter* rokok dan sebagai alternatif baru sebagai material komposit. Pemanfaatan serat selulosa asetat dalam dunia otomotif belum dimanfaatkan khususnya sebagai *dashboard* mobil yang biasanya menggunakan polimer *ABS (Acrylonitrile Butadiene styrene)* dengan standar nilai *bending* yang ditinjau dari nilai tegangan *bending* sebesar 35 MPa, modulus elastisitas *bending* sebesar 1 GPa (Prapanca, 2015) dan nilai *impact* 13,38 J/m<sup>2</sup> (Herwandi *et. al.*, 2014).

Pada penelitian memiliki tujuan yakni melaporkan tentang pengaruh fraksi volume serat selulosa asetat terhadap kekuatan *bending* dan *impact* material komposit serat selulosa asetat bermatriks *epoxy*.

## METODE PENELITIAN

Bahan utama yang digunakan untuk membuat spesimen material komposit dalam penelitian ini adalah kapas puntung rokok *filter* yang berupa serat selulosa asetat dan resin *epoxy*. Variasi komposisi spesimen komposit berbasis perbandingan fraksi volume yang digunakan ada tiga variasi yaitu Spesimen A (70% serat selulosa asetat: 30% *epoxy*), Spesimen B (50% serat selulosa asetat: 50% *epoxy*), Spesimen C (30% serat selulosa asetat: 70% *epoxy*). Jika volume komposit yang dibuat

adalah 285,75 cm<sup>3</sup>, maka dengan menggunakan persamaan-persamaan *rules of mixture*, maka didapatkan massa masing-masing komponen pada tiap pengujian, seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan material untuk spesimen uji *bending* dan uji *impact*

Pengujian	Spesimen	Massa material(g)	
		Selulosa asetat	<i>Epoxy</i>
<i>Bending</i>	A	8,4	43,2
	B	6	72
	C	3,6	100,8
<i>Impact</i>	A	20,0025	104,07
	B	14,2875	171,45
	C	8,6725	240,03
Total Massa (g)		60,9625	731,55

Proses pembuatan spesimen komposit menggunakan metode *hand lay up*, dimana orientasi serat selulosa asetat adalah random. Spesimen komposit uji di bentuk sesuai standar pengujian *bending* menggunakan standar *ASTM D-790* dengan metode *three point bending* dan standar pengujian *impact* menggunakan standar *ASTM D-256* dengan metode *izod* dengan takikan.

Pada pengujian *bending*, kekuatan *bending* merupakan nilai tegangan *bending* maksimum yang diperoleh dengan menggunakan persamaan :

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

Sedangkan regangan *bending* didapat dengan menggunakan persamaan :

$$\varepsilon_b = \frac{6 \times \delta \times d}{L^2} \quad (2)$$

Untuk modulus elastisitas *bending* diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$E_b = \frac{3 \cdot P \cdot L^3}{4 \cdot b \cdot d^3 \cdot \delta} \quad (3)$$

Dimana:

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

$E_b$  = Modulus elastisitas *bending* (N/mm<sup>2</sup>)

$\varepsilon_b$  = regangan *bending*

$P$  = Beban yang diberikan (N)

- $L$  = Jarak antara titik tumpuan (mm)
- $b$  = Lebar spesimen (mm)
- $d$  = Tebal spesimen (mm)
- $\delta$  = Defleksi (mm)

Pada proses pengujian *impact*, energi yang dibutuhkan untuk mematahkan benda uji dihitung dengan persamaan :

$$\Delta E = m \cdot g \cdot R (\cos \theta_1 - \cos \theta_f) \quad (4)$$

Harga kekuatan *impact* dapat dihitung dengan persamaan:

$$HI = \frac{\Delta E}{A} \quad (5)$$

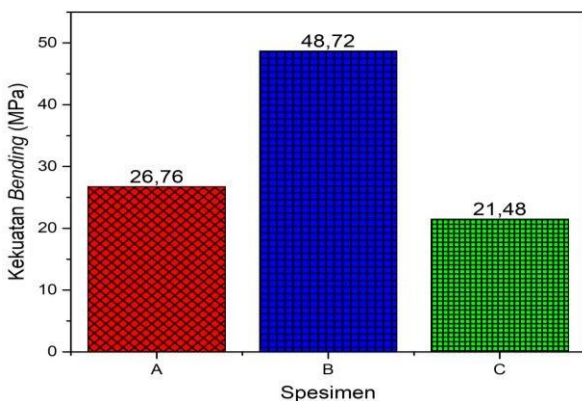
Dimana:

- $\Delta E$  = Energi yang diserap specimen (J)
- $m$  = Massa pendulum (Kg)
- $g$  = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
- $R$  = Jari-jari lengan pendulum (m)
- $\theta_1$  = Sudut awal bandul ( $^\circ$ )
- $\theta_f$  = Sudut akhir bandul ( $^\circ$ )
- $A$  = luas penampang specimen ( $m^2$ )
- $HI$  = Kekuatan *Impact* ( $J/m^2$ )

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil pengujian *bending*

Grafik hasil pengujian kekuatan *bending* dapat dilihat pada Gambar 1.

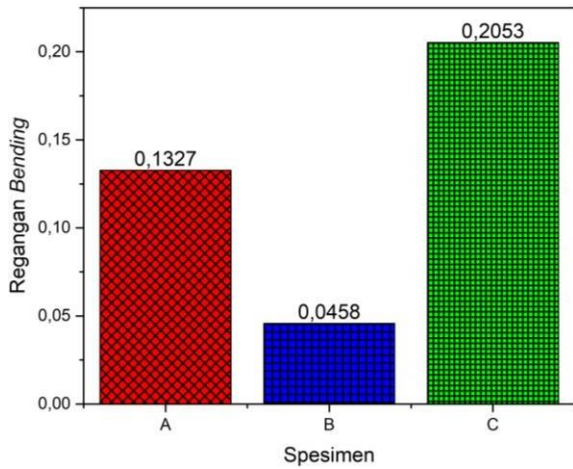


Gambar 1. Kekuatan *bending* dari variasi spesimen material komposit yang dibuat

Berdasarkan Gambar 1, menunjukkan bahwa spesimen B (50% serat selulosa asetat: 50% *epoxy*) memiliki nilai kekuatan *bending* yang optimal. Perbandingan nilai kekuatan *bending* antara spesimen B terhadap spesimen A (70%

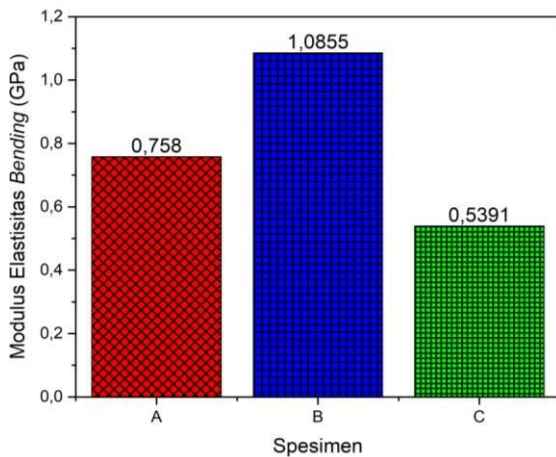
serat selulosa asetat: 30% *epoxy*) sebesar 1,8 kalinya. Sedangkan perbandingan nilai kekuatan *bending* antara spesimen B terhadap spesimen C (30% serat selulosa asetat: 70% *epoxy*) sebesar 2,3 kalinya. Hal inimenunjukkan bahwa pada komposisi campuran dengan fraksi volume 50% serat selulosaasetat: 50% *epoxy*, serat selulosa asetat memberikan efek pengutan yang optimumpada sistem material komposit bermatrik *epoxy*. Menurut laporan penelitian yang dilakukan oleh Widodo et al., (2021) menyatakan nilai kekuatan *bending* dari *epoxy* tanpa penguat sebesar 53,58 MPa. Pada penelitian ini ketika *epoxy* ditambahkan serat selulosa asetat menghasilkan kekuatan *bending* yang lebih kecil jika dibandingkan kekuatan *bending epoxy* tanpa campuran. Hal ini dapat terjadi karena material *epoxy* sendiri merupakan material polimer jenis *thermosetting* yang dikenal sebagai material yang keras dan getas (Ramadhan dan Widodo, 2018). Jika dibandingkan dengan material untuk aplikasi *dashboard* yakni *ABS* (*Acrylonitrile Butadiene styrene*) yang memiliki nilai kekuatan *bending* sebesar 35 MPa, maka specimen B memiliki nilai kekuatan *bending* yang lebih tinggi dengan selisih 1,4 kalinya. Berdasarkan hal tersebut maka spesimen B dapat dijadikan kandidat sebagai material untuk aplikasi *dashboard*.

Untuk besarnya regangan *bending* saat beban maksimum pada tiap spesimen ditampilkan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2. nilai regangan *bending* antara specimen A terhadap spesimen B memiliki selisih sebesar 2,9 kalinya. Sedangkan perbandingan nilai regangan *bending* antara specimen C terhadap spesimen B sebesar 4,5 kalinya. Hal ini menunjukkan bahwa pada komposisi campuran dengan fraksi volume 50% serat selulosaasetat: 50% *epoxy* (specimen B) memiliki kemampuan menahan beban *bending* yang lebih baik jika dibandingkan spesimen A dan C.



Gambar 2. Regangan *bending* dari variasi spesimen material komposit yang dibuat

Untuk nilai modulus elastisitas *bending* pada tiap-tiap spesimen ditampilkan pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3. memperlihatkan bahwa nilai modulus elastisitas *bending* optimum terdapat pada spesimen B (50% serat selulosa asetat: 50% epoxy).



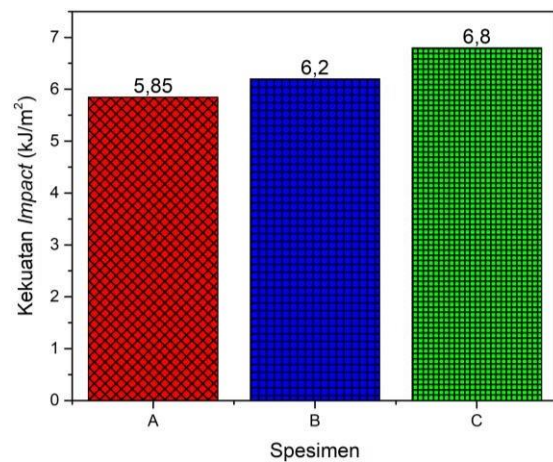
Gambar 3. Modulus elastisitas *bending* dari variasi spesimen material komposit yang dibuat

Perbandingan nilai modulus elastisitas *bending* spesimen B terhadap spesimen A memiliki nilai 1,4 kalinya, sedangkan terhadap spesimen C memiliki perbandingan nilai sebesar 2 kalinya. Berdasarkan hal tersebut maka spesimen B dengan komposisi 50% serat selulosa asetat: 50% epoxy memiliki kemampuan menahan deformasi plastis yang lebih baik dibandingkan spesimen A dan C. Menurut laporan penelitian yang dilakukan oleh Ibtihal, et. al., (2011) menyatakan nilai modulus elastisitas *bending* dari epoxy tanpa penguat sebesar 1,18 GPa dan menurut laporan

penelitian yang dilakukan oleh Widodo et al., (2021) menyatakan nilai modulus elastisitas *bending* sebesar 1,16 GPa. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan pada spesimen B memiliki nilai modulus elastisitas *bending* yang maksimum sebesar 1,0855 GPa. Sedangkan menurut (Prapanca, 2015) untuk material ABS yang digunakan pada dashboard memiliki nilai modulus elastisitas *bending* sebesar 1 GPa, dan pada spesimen B penelitian ini memiliki nilai yang hampir sama. Berdasarkan hal tersebut, untuk spesimen B memiliki kalayakan untuk menjadi salah satu kandidat sebagai material untuk aplikasi dashboard.

## 2. Hasil Pengujian impact

Grafik hasil pengujian kekuatan *impact* ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kekuatan *impact* dari variasi spesimen material komposit yang dibuat

Berdasarkan Gambar 4, menunjukkan bahwa spesimen C (30% serat selulosa asetat: 70% epoxy) memiliki nilai kekuatan *impact* yang maksimal. Perbedaan nilai kekuatan *impact* dari ketiga spesimen tidak signifikan dan *trend* grafiknya berbeda dengan *trend* grafik nilai kekuatan *bending*. Hal ini menunjukkan dari ketiga variasi spesimen komposit yang dibuat memiliki kemampuan untuk menyerap energi *impact* yang hampir sama dan merupakan fungsi dari peningkatan komposisi matrik epoxy di dalam sistem material komposit berserat selulosa asetat. Dalam hal ini dengan kata lain bahwa semakin besar komposisi fraksi volume dari matrik epoxy sampai dengan 70% semakin tinggi kekuatannya. Pengaruh penambahan komposisi fraksi volume serat selulosa asetat sampai

70%, menjadikan material komposit tersebut semakin kecil kemampuannya di dalam menahan beban kejut yang diberikan. Menurut laporan penelitian yang dilakukan oleh Ibtihal, et. al., (2011) menyatakan nilai kekuatan *impact* dari material *epoxy* tanpa di beripenguat sebesar 1,7 kJ/m<sup>2</sup>. Pada penelitian ini menunjukkan dan membuktikan bahwa untuk kekuatan *impact* mengalami peningkatan yang cukup signifikan setelah matrik berupa *epoxy* diberikan penguat berupa serat selulosa asetat sampai dengan 70 % Vol.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yakni:

1. Perbandingan fraksi volume serat selulosa asetat dan *epoxy* memiliki pengaruh terhadap terhadap nilai kekuatan *bending*. Spesimen B (50% serat selulosa asetat: 50% *epoxy*) memiliki nilai kekuatan *bending* yang optimal, jika dibandingkan dengan spesimen A (70% serat selulosa asetat: 30% *epoxy*) dan spesimen C (30% serat selulosa asetat: 70% *epoxy*). Serat selulosa asetat pada spesimen B memberikan efek pengutan yang optimum pada sistem material komposit bermatrik *epoxy*.
2. Perbandingan fraksi volume serat dan *epoxy* memiliki pengaruh terhadap terhadap nilai kekuatan *impact*, dimana semakin besar fraksi volume matrik yakni sampai dengan 70%, maka semakin tinggi kekuatan *impact* material komposit selulosa asetat-*epoxy*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Dowling, N.E. (2007). *Mechanical Behavior of Materials, Engineering Methods for Deformation, Fracture, and Fatigue*, Pearson International Edition, Upper Saddle River, NJ 07458, USA.
- Syamsu, K. & Kuryani, T. (2014). Pembuatan Biofilm Selulosa Asetat dari Selulosa Mikrobial Nata De Cassava (Cellulose Acetat Biofilm Production From Microbial Cellulose Nata De Cassava)", *Agroindustri Indonesia*, v.3, n.1, pp.126–133.
- Prapanca, M. R. A. (2015). Studi Eksperimental Material Termoplastik Alternatif untuk Produk Helm Standar. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Herwandi, Sugianto, Somawardi, dan M. Subhan. (2014). Pengaruh Volume Serat Rekel Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impact Komposit Sebagai Bahan Pembuatan Dashboard Mobil. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Widodo, R.D., Susetyo, F.A.N., Rusiyanto, Kriswanto, and Darsono, F.B. (2021). Kekuatan Tarik dan bending komposit perpenguat serat arengga peinnata bermatrik epoksi berbasis fraksi volume dan orientasi serat. *Jurnal Media Mesin*, Vol.32 No.1. 1-12.
- Ramadhan, E. & Widodo, R.D. (2018). Influnce number of fiberglass layers the sugar palm fiber-fiberglass composite with matrix epoxy on impact strength and macrostructure. *Prosiding SNTTM XVII Kupang*. 149-154.
- Ibtihal, A.N., et. al. (2011). Study the Mechanical Properties of Epoxy Resin Reinforced With silica (quartz) and Alumina Particles." *The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering*, Vol.11, No.3, pp. 486-506.

---

#### PENULIS:

Penulis Pertama : RAHMAT DONI WIDODO  
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,  
Universitas Negeri Semarang (UNNES), Kota  
SEMARANG.

Email: rahmat.doni@mail.unnes.ac.id

Penulis Kedua: TSALIST KHAIRUL IBAD

Kelompok Keahlian Material, Laboratorium  
Teknik Material, Kota Semarang