

## PENGARUH FRAKSI MASSA SERAT TERHADAP KEKUATAN IMPAK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT RAMI DENGAN MATRIKS GONDORUKEM

\*Marvelio Kanugraha<sup>1</sup>, Sulardjaka<sup>2</sup>, Norman Iskandar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: [marveliokanugraha@gmail.com](mailto:marveliokanugraha@gmail.com)

### Abstrak

Sebuah variasi diterapkan pada material komposit gondorukem berpenguat serat rami untuk mengetahui pengaruh fraksi massa serat terhadap kekuatan impact material. Variasi persentase fraksi massa serat yang digunakan adalah 20 wt% dan 30 wt%. Untuk mengetahui pengaruh variasi tersebut dilakukan sebuah pengujian yaitu pengujian impact sesuai ASTM E23-18. Spesimen yang dilakukan pengujian dibuat dengan menggunakan metode *hand lay-up*. Dari hasil pengujian tersebut kekuatan impact komposit meningkat seiring bertambahnya fraksi massa 20 wt% dan 30 wt% dari 0,0454 J/mm<sup>2</sup> hingga 0,0644 J/mm<sup>2</sup>. Kekuatan impact tertinggi dimiliki oleh komposit dengan fraksi massa serat 30 wt% sebesar 0,0644 J/mm<sup>2</sup>. Analisis visual dilakukan pada patahan spesimen uji impact dan mendeteksi adanya delaminasi pada lapisan serat satu dengan lainnya.

**Kata kunci:** fraksi massa; gondorukem; komposit alami; orientasi serat; serat rami

### Abstract

A variation was applied to the jute fiber-reinforced pine resin composite material to determine the effect of fiber mass fraction and fiber orientation on the impact strength of the material. The variations of the fiber mass fraction used was 20wt% and 30wt%. To determine the effect of the two variations, impact testing based on ASTM E23-18 was carried out. The specimens tested were made using the *hand lay-up* method. The test results showed the impact strength of the composite increased with the increase in the mass fraction of 20wt% to 30wt% from 0.0454 J/mm<sup>2</sup> to 0.0644 J/mm<sup>2</sup>. The composite that has the highest impact strength with a fiber mass fraction of 30wt% of 0.0644 J/mm<sup>2</sup>. Visual observation was conducted on the fracture of the impact test specimen and detected the presence of delamination in each layer of fiber.

**Keywords:** biocomposite; fiber orientation; jute fiber; mass fraction; pine resin

### 1. Pendahuluan

Komposit adalah sebuah hasil dari pencampuran antara dua unsur atau lebih yang memiliki sifat fisika dan kimia berbeda satu dengan lainnya. Penggabungan tersebut menghasilkan material dengan sifat baru yang berbeda dari sifat material penyusunnya. Dua unsur yang digabungkan pada material komposit umumnya terdiri dari serat (penguat) dan matriks (pengikat). Dalam perkembangan fabrikasi material komposit, peralihan dari bahan komposit berpenguat serat buatan menuju bahan komposit berpenguat serat alami sudah sangat pesat. Peralihan tersebut dikarenakan sifat ramah lingkungan yang dimiliki komposit berpenguat serat alam, serta rasio kekuatannya memiliki densitas tinggi yang membuat komponen tersebut lebih ringan. [1]

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi *green composite* saat ini juga memiliki potensi penggunaan bahan dari alam bukan hanya sebagai penguat melainkan sebagai matriks pengikat. Matriks komposit yang sudah ada saat ini kebanyakan menggunakan resin non-alami atau buatan. Hal tersebut mengakibatkan material komposit memiliki sebuah kekurangan yaitu tidak bisa terurai secara alami ketika menjadi limbah [2].

Salah satu bahan dari alam yang potensial untuk dikarakterisasi untuk penggunaan sebagai resin pengganti polimer sintesis adalah getah pinus merkusii. Getah Pinus yang dihasilkan dari penyadapan batang pohon pinus dapat dipanaskan agar kandungan Terpentin pada getah menguap, sehingga sisanya berupa ampas getah bernama Gondorukem [3]. Gondorukem inilah yang nantinya dapat digunakan sebagai resin pengikat pada proses manufaktur material biokomposit.

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

### 2.1. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain

- a. Gondorukem
- b. *Thinner*
- c. Katalis MEKPO

### 2.2. Alat

- a. Kaca
- b. Timbangan Digital
- c. Kain
- d. Skrap
- e. Gunting
- f. Vernier Caliper
- g. Sarung Tangan
- h. Gelas Beaker
- i. Kompor Listrik
- j. Wax

### 2.3. Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dilakukan dengan metode *hand lay-up*. Gondorukem ditumbuk hingga menjadi bubuk, lalu dipanaskan menggunakan kompor listrik hingga sepenuhnya cair. Kemudian kaca diberi olesan *wax* yang berperan sebagai *release agent*. Proses pengolesan *wax* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengolesan Wax

Setelah alas kaca diberi *wax* hingga merata, serat rami diletakkan di atas alas kaca. Proses *hand lay-up* dilakukan dengan cara menuangkan Gondorukem di atas permukaan serat rami dan dioleskan hingga merata pada setiap lapisannya. Ketika Gondorukem selesai dioleskan secara merata, lapisan serat yang baru kemudian diletakkan di atas lapisan sebelumnya. Proses tersebut dilakukan hingga 10 lapisan serat rami agar ukuran ketebalan spesimen dapat mendekati standar pengujian yang digunakan, yaitu ASTM E23-18.



Gambar 2. Proses *Hand Lay-Up*

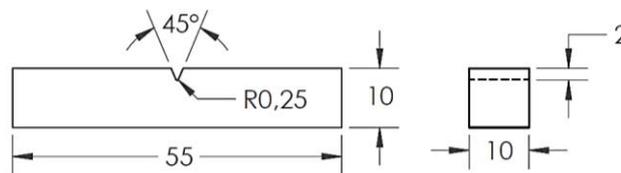
#### 2.4. Pengujian Impak

Uji impak dilakukan di Laboratorium Material Teknik, Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Dasar dari uji impak menghantamkan pendulum beban pada benda spesimen uji. Energi yang diperlukan untuk membuat spesimen patah dihitung langsung dari perbedaan energi potensial pendulum pada posisi awal dan akhir (setelah menghantam spesimen). Takikan pada spesimen dibuat untuk mengidentifikasi bagian spesimen yang mengalami kerusakan berupa patahan. Pengukuran ketangguhan benda uji menggunakan alat uji impak dengan metode Charpy yang alatnya ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Impact Testing Machine*

Pengujian kekuatan impak dilakukan mengacu pada ASTM E23-18. *Impact Testing Machine* dikalibrasi dengan sudut  $140^\circ$  dan beban pendulum sebesar 26,095 kg. Panjang lengan pendulum dari titik pusat adalah 0,75 meter. Spesimen yang diletakkan pada penahan *Impact Testing Machine* dibuat sesuai dengan ukuran yang ditentukan di ASTM E23-18, yaitu dengan ukuran 55 mm x 10 mm x 10 mm, serta memiliki takik berjenis V sebesar  $45^\circ$  dengan kedalaman 2 mm. Dimensi spesimen pengujian impak dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Dimensi spesimen uji impak (ASTM E23-18)

Pada pembebanan cepat ada proses penyerapan energi yang besar dari energi kinetik sebuah beban yang menumbuk spesimen uji. Proses penyerapan energi tersebut ditransformasikan dalam berbagai respons material, seperti efek histerisis, deformasi plastis, friksi, dan efek inersia. Dasar pengujian impak adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu lalu menumbuk spesimen yang akan diuji sehingga spesimen uji mengalami deformasi atau patah. Persamaan untuk mengetahui ketangguhan atau energi impak dari suatu material ada pada Persamaan 1 dan Persamaan 2

$$E = m \cdot g \cdot R(\cos\beta - \cos\alpha) \quad (1)$$

Keterangan:

- E = Energi patah (J)
- m = Massa pendulum (kg)
- g = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
- R = Panjang lengan pendulum (m)
- $\alpha$  = Sudut awal pendulum
- $\beta$  = Sudut akhir pendulum

Dari persamaan di atas dapat didapatkan besaran ketangguhan impact yaitu:

$$HI = \frac{E}{A} \quad (2)$$

Keterangan:

HI = Ketangguhan impact (J/cm<sup>2</sup>)

E = Energi impact (J)

A = Luas penampang (cm<sup>2</sup>)

### 3. Hasil dan Pembahasan

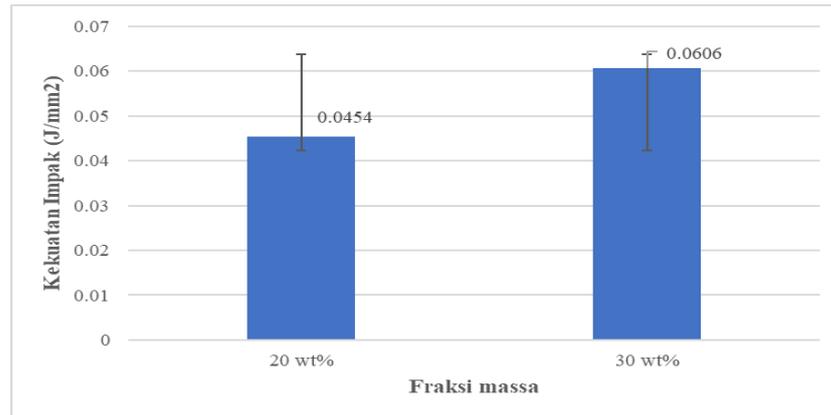
#### 3.1. Hasil Pengujian Impact

Kekuatan impact pada material komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem dilakukan dengan pengujian impact sesuai ASTM E23-18. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Impact Sesuai ASTM E23-18

Variasi	Luas Permukaan (mm <sup>2</sup> )	$\alpha$	$\beta$	Energi Terserap (Joule)	Harga Impact (J/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata Harga Impact (J/mm <sup>2</sup> )
Serat [0°/90°] 20%	135	134,1	131,6	6,141	0,0455	0,0454
	179,56	135	132,1	7,042	0,0392	
	143	134,6	132,1	6,091	0,0426	
	124,74	134,6	131,8	6,839	0,0548	
	168,96	134,8	132,1	6,568	0,0389	
	174,15	135	132	7,291	0,0419	
	136,35	135	132,8	5,312	0,0390	
	139,05	135,9	132,3	8,662	0,0623	
	171,36	135	132,3	6,546	0,0382	
	144,56	135,4	132,3	7,490	0,0518	
Serat [0°/90°] 30%	130,29	135,2	132,1	7,515	0,0577	0,0606
	127	135,2	131,2	9,769	0,0769	
	129,32	135	131,2	9,296	0,0719	
	125,84	134,6	131,4	7,841	0,0623	
	129,78	135	132,1	7,042	0,0543	
	130,81	135,2	131,6	8,763	0,0670	
	190,4	135,4	131,4	9,737	0,0511	
	188,76	135	130,9	10,054	0,0533	
	140,08	135	132,1	7,042	0,0503	
	142,8	135,2	131,6	8,763	0,0614	

Dari data hasil pengujian impact, didapatkan bahwa spesimen dengan fraksi massa 30 wt% memiliki kekuatan impact yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan spesimen dengan fraksi massa 20 wt%. Perbedaan kekuatan impact tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Hasil Pengujian Impact

### 3.2. Analisis Hasil Pengujian

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa harga impact komposit gondorukem berpenguat serat rami mengalami perubahan seiring adanya perubahan fraksi massa serat. Pada variasi fraksi massa, harga impact komposit meningkat seiring dengan peningkatan fraksi massa 20 wt% ke 30 wt%. Hal tersebut dikarenakan serat memiliki kemampuan untuk menyerap energi dan salah satu faktor *impact failure* dari komposit adalah *fiber pull out*. Seharusnya dengan meningkatnya kandungan serat diperlukan gaya yang lebih besar untuk menjadikan *fiber pull out* dari matriks, sehingga kekuatan impact akan meningkat. Hasil penelitian kekuatan impact komposit *polypropylene* yang diperkuat dengan serat rami oleh Mardiyati dkk. pada tahun 2011 menunjukkan tren serupa bahwa ada peningkatan harga impact pada fraksi massa 0 wt%, 5 wt%, 10 wt%.



Gambar 6. Hasil Pengamatan Visual Patahan Spesimen

Jika dilakukan pengamatan visual secara makroskopis pada spesimen uji, dapat ditemukan salah satu kerusakan pada spesimen berupa delaminasi. Delaminasi merupakan salah satu model kerusakan kritis yang terjadi pada komposit lamina. Delaminasi terjadi karena beberapa faktor seperti tegangan interlaminar yang tinggi pada sudut-sudutnya, serta konsentrasi tegangan pada lokasi retak atau kerusakan lain pada lamina. Kerusakan berupa delaminasi terlihat paling jelas pada komposit dengan fraksi massa 20 wt%. Hal tersebut dapat terjadi karena matriks gondorukem yang dioleskan lebih tebal dari variasi fraksi massa lainnya, sehingga memiliki sifat yang lebih *brittle* (getas) dan mudah rusak ketika dikenakan beban impact. Matriks tersebut tidak dapat mengikat serat dengan sempurna sehingga terjadi delaminasi interlaminar.

Faktor lain yang berpengaruh dalam menentukan kekuatan impact komposit ini yaitu adanya ketidaksempurnaan pada proses fabrikasi komposit, khususnya pada tahap mengoleskan matriks. Metode *hand lay-up* dalam praktiknya tidak menutup kemungkinan adanya celah terjadinya ketidaksempurnaan hasil fabrikasi komposit, salah satunya adanya porositas akibat udara yang terjebak saat dilakukan pengolesan matriks. Patahan serat yang terjadi akibat beban impact yang diberikan adalah patahan getas.

#### 4. Kesimpulan

Pada penelitian Pengaruh Fraksi Massa Serat terhadap Kekuatan Impak Komposit Berpenguat Serat Rami dengan Matriks Gondorukem, terdapat kesimpulan yang dapat diambil antara lain:

1. Variasi fraksi massa serat memiliki pengaruh terhadap kekuatan impak komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem. Kekuatan impak paling tinggi dimiliki oleh fraksi massa serat 30 wt%, sedangkan yang paling rendah dimiliki oleh fraksi massa 20 wt%.
2. Kerusakan yang terjadi pada spesimen uji adalah delaminasi. Delaminasi terjadi lebih banyak pada fraksi massa serat 20 wt% karena matriks gondorukem yang dioleskan lebih tebal dari variasi fraksi massa lainnya, sehingga memiliki sifat yang lebih *brittle* (getas) dan mudah rusak ketika dikenakan beban impak.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Awan, F.S. et al. (2018) 'Interfacial mechanical properties of carbon nanotube-deposited carbon fiber epoxy matrix hierarchical composites', *Composite Interfaces*, 25(8), pp. 681–699.
- [2] Barbero, E.J. (2017) *Introduction to Composite Materials Design*. CRC Press.
- [3] Bavan, D.S. and Kumar, G.C.M. (2013) 'Finite Element Analysis of a Natural Fiber (Maize) Composite Beam', *Journal of Engineering*, 2013, pp. 1–7.
- [4] Bledzki, A. (1999) 'Composites reinforced with cellulose based fibres', *Progress in Polymer Science*, 24(2)
- [5] Callister, W.D. (2007) *Material Science and Engineering an Introduction*. 7th ed. New York: John Wiley & Sons
- [6] Chawla, K.K. (2013) 'Composite Materials Science and Engineering. 3rd ed.', (Springger).
- [7] Diharjo, K. (2006) 'Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester', *Jurnal Teknik Mesin*, 8(1), pp. 8–13.
- [8] Sirait, T.B., Kencanawati, C.I.P.K. and Sugita, I.K.G. (2018) 'Sifat Fisik Dan Kekuatan Tarik Bioresin Getah Pinus Dengan Variasi Temperatur Pemanasan', *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, 7(1), pp. 28–33
- [9] Saxena, M. et al. (2011) 'Composite Materials from Natural Resources: Recent Trends and Future Potentials', *Advances in Composite Materials - Analysis of Natural and Man-Made Materials*. InTech.
- [10] Taj (2008) 'Cotton reinforced polymer composites', *Tribology of Natural Fiber Polymer Composites*