



## Kekuatan mekanik komposit diperkuat serat alam selulosa

**N.H. Sari\***

Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jln. Majapahit No. 62 Mataram Nusa Tenggara Barat Kode Pos: 83125, Telp. (0370) 636087; 636126; ext 128 Fax (0370) 636087.

\*Email: [n.herlinasari@unram.ac.id](mailto:n.herlinasari@unram.ac.id)

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 28 November 2017

Accepted 12 February 2018

Available online 1 July 2018

#### Keywords:

Tensile strength

Impact strength

Composite

Polyester

Eichhornia Crassipes fiber

Pandanus Amabilifolius fiber



### ABSTRACT

*This study aims to analyze the tensile and impact strengths of three different types of composites. Composites are made from polyester resins with different fibers; Pandanus Amabilifolius fiber, Eichhornia Crassipes fiber and Coconut Fronds fiber. The three composite types have a polyester and fiber composition ratio namely 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, and 90:10 (% volume). Manufacture of composite samples using a hot press technique. The results indicate that the tensile strength and Izod impact strength from the coconut fronds fiber reinforced composite is better than the other composites studied, due to the incorporation of fibers in the polyester resin matrix. These results suggest that in terms of their mechanical properties, the performance of the composite properties reinforced by the cellulosic natural fibers can be a candidate to replace artificial wood products.*

### PENDAHULUAN

Saat ini, bahan komposit serat alam digunakan sebagai kayu buatan dan telah diaplikasikan untuk konstruksi bangunan, otomotif, peredam suara, interior dan lain – lain (Sari et al., 2017). Kekuatan mekanik terutama kekuatan tarik dan kekuatan bending dari bahan kayu komposit diperkuat serat alam dengan matrik dari bahan polimer telah banyak diselidiki oleh para peneliti. Studi – studi diatas menyampaikan penyelidikan terkait dengan sifat – sifat dari salah satu jenis bahan komposit yang dihasilkan. Beberapa peneliti juga telah membandingkan sifat-sifat mekanik dari beberapa komposit diperkuat serat alam.

Albuquerque et al. (2000) telah menyelidiki sifat dari komposit poliester Resana dan Elekeiroz. Mereka melaporkan bahwa komposit poliester-Resana menunjukkan sifat mekanik yang lebih baik daripada komposit – Elekeiroz. Kekuatan impak dari komposit Resana dengan kandungan serat 30% lebih tinggi daripada resin poliester. Rodrigues et al. (2011) telah menggunakan serat *baggase sugarcane* dengan esterifikasi untuk memperkuat komposit poliester. Mereka melaporkan bahwa modifikasi serat *baggase sugarcane* menunjukkan peningkatan modulus tarik dibandingkan dengan poliester murni sebesar 71,5%. Kemudian, Dhakal et al. (2014) telah menyelidiki secara eksperimental pengaruh

suhu dan kecepatan impact dari komposit poliester laminat yang diperkuat dengan serat Jute. Mereka melaporkan bahwa komposit jute/UP mampu menahan beban sangat tinggi pada suhu 30 °C. Sedangkan, Jayamani et al. (2014) telah menginvestigasi perlakuan permukaan serat terhadap sifat mekanik, akustik dan termal dari komposit poliester diperkuat serat Betelnut. Mereka melaporkan bahwa komposit dengan serat yang diperlakukan alkali lebih tinggi daripada komposit dari serat yang tidak diperlakukan alkali. Studi-studi ini menunjukkan bahwa penyelidikan terhadap sifat-sifat mekanik dari komposit poliester yang diperkuat serat alam bersifat penyelidikan atas komposit itu sendiri dan belum banyak dibandingkan dengan komposit lainnya yang telah diselidiki para peneliti sebelumnya.

Oleh sebab itu, paper ini bertujuan untuk membandingkan sifat kekuatan tarik dan kekuatan impact dari ketiga jenis komposit poliester yang diperkuat serat selulosa alam yang berbeda. Parameter kandungan serat dalam resin poliester disampaikan untuk mengetahui efek dari penambahan serat dalam matrik resin. Analisa dan pemahaman secara eksperimental ini adalah usaha kami untuk mempersiapkan bahan pengganti kayu buatan yang lebih baik untuk aplikasi konstruksi bangunan.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Tiga jenis serat selulosa telah digunakan, yaitu: serat pandan wangi (*Pandanus Amabiliofius*), serat eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) dan serat pelepah kelapa (*coconut fronds fiber*). Kandungan kimia dari serat pandan wangi yaitu selulosa sebesar 44%, hemiselulosa sebesar 30%, dan lignin sebesar 21% (Teli and Jadhav., 2017), sedangkan kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin dari serat eceng gondok dan serat pelepah kelapa yaitu 18-31%, 18- 43%, 7-26 % (Girisuta, 2007) dan 58%, 24%, 19% berturut-turut.

Ekstraksi dari ketiga jenis serat dilakukan dengan menggunakan proses perendaman dengan air biasa (*water retting*) untuk proses *microbacterial* (Sari et al., 2017) selama 2 minggu. Pencucian dan pengeringan serat dilakukan menggunakan air segar dan diangin-anginkan, berturut-turut.

Selanjutnya, masing-masing dari serat diberikan perlakuan alkali menggunakan NaOH dengan prosentase 5% untuk meningkatkan kekuatan mekanik dan menurunkan kandungan *moisture content* dari serat (Sari et al., 2017). Densitas rata – rata masing – masing serat adalah: serat pandan wangi sebesar 1,2 gr/cm<sup>3</sup>,

serat eceng gondok sebesar 1 gr/cm<sup>3</sup>, dan serat pelepah kelapa 0,9 gr/cm<sup>3</sup>, berturut – turut (diukur menggunakan metode yang ditunjukkan oleh Sari et al. (2017).



(a) (b) (c)

Gambar 1. a. Serat pandan wangi, b. Serat eceng gondok, dan c. Serat pelepah kelapa.

Matrik resin *unsaturated polyester* yang digunakan adalah poliester tipe 2250 BW-EX memiliki kekuatan tarik sebesar 8,8 kg/mm<sup>2</sup>, modulus tarik sebesar 500 kg/mm<sup>2</sup>, dan elongasi sebesar 2,3% (Sari et al., 2018).

### Pembuatan Sampel Komposit

Serat (serat pandan wangi (PPW), serat eceng gondok (PCH) dan serat pelepah kelapa (PPK) dan resin poliester diukur sesuai dengan fraksi volume yang sudah ditentukan, yaitu: 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, dan 90:10. Tiga jenis komposit berbeda telah dihasilkan. Kode spesimen komposit yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kode spesimen komposit yang digunakan dalam penelitian ini.

Kode Spesimen	Keterangan
PPW	Spesimen komposit poliester diperkuat serat pandan wangi
PCH	Spesimen komposit poliester diperkuat serat eceng gondok
PPK	Spesimen komposit poliester diperkuat serat pelepah kelapa
PCW <sub>10</sub> =PCH <sub>10</sub> =PPK <sub>10</sub>	Spesimen komposit poliester diperkuat serat 10%
PCW <sub>20</sub> =PCH <sub>20</sub> =PPK <sub>20</sub>	Spesimen komposit poliester diperkuat serat 20%
PCW <sub>30</sub> =PCH <sub>30</sub> =PPK <sub>30</sub>	Spesimen komposit poliester diperkuat serat 30%
PCW <sub>40</sub> =PCH <sub>40</sub> =PPK <sub>40</sub>	Spesimen komposit

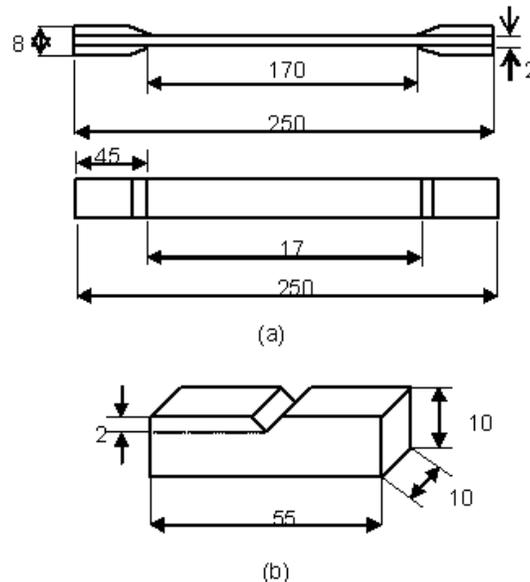
PCW<sub>50</sub>=PCH<sub>50</sub>=PPK<sub>50</sub> poliester diperkuat serat 40%  
Spesimen komposit poliester diperkuat serat 50%

Selanjutnya, masing-masing penguat dari masing-masing serat dicampur secara *random* dalam resin poliester dan dicetak. Teknik cetak panas dilakukan pada campuran menggunakan suhu 105°C dan 0,3 MPa selama 4 menit. Selanjutnya, didinginkan pada suhu kamar pada 5 MPa. Sampel memiliki ukuran sesuai dengan standar internasional yaitu ASTM D-3039 untuk sampel uji kekuatan tarik, ASTM D-256 untuk sampel uji kekuatan impact seperti digambarkan dalam Gambar 2. Masing-masing pengujian kekuatan mekanik dari komposit berbeda dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

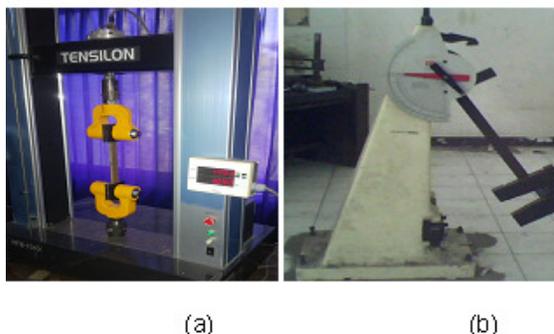
### Pengukuran sifat kekuatan tarik dan kekuatan impact dari komposit

Kekuatan tarik dari tiga jenis komposit berbeda dilakukan menggunakan Tensilon RTG 1310 *Universal testing machines* pada sebuah *load cell* sebesar 10 kN. Semua sampel komposit diuji setelah sampel dikondisikan selama 24 jam dalam atmosfer pengujian standar yaitu 29 °C dan kelembaban relatif 64 %.

Sebuah panjang ukur sebesar 170 mm, lebar sampel sebesar 25.4 mm dan *crosshead speed* sebesar 2 cm/menit telah digunakan untuk pengujian tarik. Total ada sembilan belas sampel uji, dan nilai standar deviasi rata-rata telah dilaporkan.



Gambar 2. Dimensi sampel komposit (a) kekuatan tarik ASTM D-3039, (b) Kekuatan Impact ASTM D- 256. (Mishra dan Biswas., 2013)



Gambar 3. Alat uji mekanik; (a). Kekuatan tarik dan (b) Alat uji impact.

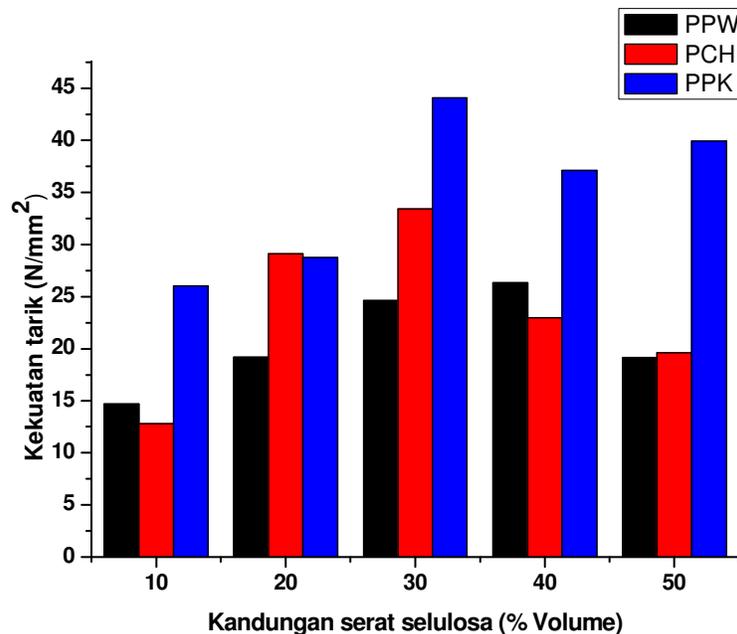
Kekuatan impact *Izod* dari masing-masing komposit yang dihasilkan telah diukur menggunakan mesin uji impact dengan pendulum sebesar 2 Joule. Foto alat ukur sifat kekuatan tarik Tensilon RTG 1310 dan mesin uji impact diperlihatkan dalam Gambar 3.

### HASIL DAN PEMBAHASAN Analisa Kekuatan Tarik

Hasil investigasi (lihat dalam Gambar 4) menunjukkan bahwa sifat kekuatan tarik dan modulus young dari ketiga jenis komposit meningkat dengan meningkatnya kandungan serat. Nilai kekuatan tarik maksimum diperoleh dari sampel komposit dengan kandungan 30% (fraksi volume). Dari ketiga jenis komposit, nilai

kekuatan tarik paling tinggi diperoleh dari sampel PPK<sub>30</sub> yaitu sebesar 45,3 N/mm<sup>2</sup>. Kemudian diikuti oleh dua jenis komposit lainnya yaitu PPW<sub>30</sub> dan PCH<sub>30</sub> dengan nilai sebesar 24,65 N/mm<sup>2</sup> dan 33,45 N/mm<sup>2</sup> berturut-turut. Penambahan kandungan serat dari 10% sampai dengan 30% dalam resin pada ketiga jenis sampel menyebabkan kekuatan tarik dan modulus Young's dari komposit meningkat (lihat dalam Gambar 5) dari 1321,5 MPa sampai 2059,11 MPa (untuk sampel PPW), dari 1251,46 MPa sampai 2145,55 MPa (untuk sampel PCH) dan dari 1044,36 MPa sampai 1098,7 MPa (untuk sampel PPK). Hal ini dikarenakan penggabungan serat dalam matrik poliester. Sari et al. (2013) dalam penelitiannya dengan menggunakan komposit

diperkuat serat yang berbeda menyatakan bahwa ikatan *interface* yang kuat antara serat dan matrik menyebabkan serat mampu menahan konsentrasi tegangan yang terjadi sehingga kekuatan tarik komposit meningkat. Investigasi serupa juga telah dilaporkan oleh Jayamani et al. (2014), menyatakan bahwa alasan peningkatan kekuatan tarik dikarenakan adanya serat membuat fase tersebar seragam dalam matrik sehingga memberikan distribusi tegangan seragam pada bahan. Hal ini juga yang menjadi alasan mengapa kekuatan tarik maksimum komposit diperoleh dari sampel (PPW, PCH, PPK) dengan kandungan serat 30% lebih tinggi dari sampel komposit lainnya.



Gambar 4. Kekuatan tarik dari komposit serat alam selulosa

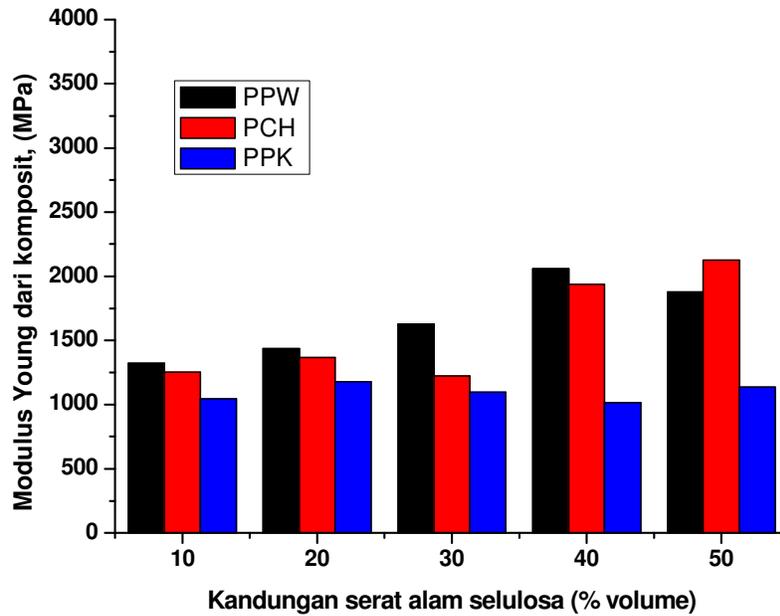
Gambar 4 juga menunjukkan bahwa ketiga jenis sampel (PPW, PCH, dan PPK) ditemukan memiliki kekuatan tarik yang cenderung menurun ketika kandungan serat meningkat sebesar 40% dan 50%. Hal ini kemungkinan terjadi karena *overlapping* dari serat dalam komposit. Selain itu, Sari et al. (2017) menyatakan bahwa kekuatan tarik komposit menurun karena rendahnya ikatan *interface* antara serat dan matrik sehingga transfer beban antara matrik dan serat lemah. Investigasi yang serupa juga telah dilaporkan oleh Jayamani et al. (2014) menyatakan bahwa alasan penurunan kekuatan tarik dari komposit serat Betelnut dikarenakan terbentuknya *micro-crack* pada

*interface* sehingga transfer tegangan tidak seragam karena penumpukan serat dalam matrik. Hal ini juga yang menjawab alasan mengapa pada kandungan serat diatas 30%, kekuatan tarik dari ketiga jenis komposit menurun.

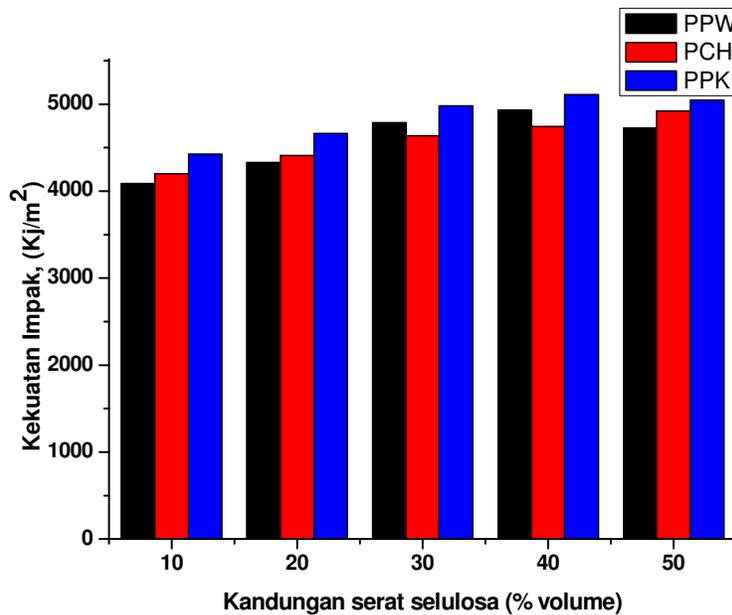
#### Analisa kekuatan impact

Berdasarkan hasil pengukuran kekuatan impact seperti ditampilkan dalam Gambar 6. Untuk ketiga jenis komposit berbeda, kekuatan impact paling tinggi dimiliki oleh sampel komposit PPK<sub>50</sub> yaitu sebesar 5047,32 (kJ/m<sup>2</sup>), kemudian diikuti oleh sampel PCH<sub>50</sub> dan PPW<sub>50</sub> yaitu sebesar 4724,35 (kJ/m<sup>2</sup>) dan (4123,62 kJ/m<sup>2</sup>) berturut-turut. Ketiga

sampel komposit berbeda memiliki kekuatan impact yang meningkat dengan jumlah serat bertambah dalam resin poliester.



Gambar 5. Modulus Young dari komposit serat alam selulosa



Gambar 6. Kekuatan impact dari komposit serat alam selulosa

Kemampuan untuk menahan beban tinggi semakin tinggi. Hal ini berarti bahwa serat alam meningkat sehingga nilai kekuatan impact menjadi selulosa membantu meningkatkan kekuatan

matrik. Investigasi serupa juga telah dilaporkan oleh Salleh et al. (2014) menyatakan bahwa alasan komposit patah karena beban impact dikarenakan kekuatan serat lebih tinggi daripada kekuatan matrik. Hal ini juga yang menjawab alasan mengapa kekuatan impact dari komposit serat alam (PPW, PCH dan PPK) meningkat dengan kandungan serat meningkat.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimental dapat disimpulkan bahwa penambahan fraksi volume serat dalam komposit poliester meningkatkan nilai kekuatan tarik dan kekuatan impact dari komposit resin poliester. Komposit diperkuat dengan serat pelepah kelapa (PPK) memiliki performansi sifat mekanik yang superior daripada komposit lainnya yang dipelajari. Ketiga jenis komposit yang dihasilkan dapat digunakan sebagai alternatif kayu komposit buatan untuk papan partisi (panel) dengan harga lebih murah serta ramah lingkungan.

#### DAFTAR PUSTAKA

Albuquerque A.C., Joseph K., De Carvalho L.H., Morais d'Almeida J.R., 2000, *Composite science and Technology*, 60, 833–844.  
Dhakal H.N., Arumugamb V., Aswinraj A., Santulli C., Zhanga Z.Y., Lopez-Arraiza A., 2014, Influence of temperature and impact velocity on the impact response of jute/UP composites, *Polymer Testing*, 35, 10–19.  
Girisuta B., 2007. Levulinic acid from lignocellulosic biomass, Dissertation. University of Groningen, Groningen.  
Jayamani E., Hamdan S., Rahman R., Khusairy M., 2014, Investigation of fiber surface treatment on mechanical, acoustical and

thermal properties of betelnut fiber Polyester composites, *Procedia Eng*, 97, 545–54.

- Mishra V., Biswas S., 2013, Physical and mechanical properties of bi-directional jute fiber epoxy composites, *Procedia Engineering*, 51, 561 – 566.  
Rodrigues E.F., Maia T.F., Mulinari D.R., 2011, Tensile strength of polyester resin reinforced sugarcane bagasse fibers modified by esterification, *Procedia Engineering*, 10, 2348–2352.  
Salleh S., Hyieb K.M., Berhanc M.N., Taibd Y. M.D Latipe E.N.A., Kalam A., 2014, Residual tensile stress of kenaf polyester and kenaf hybrid under post impact and open hole tensile, *Procedia Technology*, 15, 857 – 862  
Sari N.H., Wardana I.N.G., Irawan Y.S., Siswanto E., 2017, Corn husk fiber–polyester composites as sound absorber, nonacoustical and acoustical properties, *Advances in Acoustics and Vibration*, 2017, 1-7.  
Sari N.H., Wardana I.N.G., Irawan Y.S., Siswanto E., 2017, Characterization of the chemical, physical, and mechanical properties of NaOH–treated natural cellulosic fibers from corn husks, *Journal of Natural Fibers*, 1-14.  
Sari N.H., Fajrin J., Yudhyadi I.G.N.K., 2018, Studi eksperimental terhadap porositas dan hambatan alir udara pada komposit penyerap suara, *Dinamika Teknik Mesin* 8(1), 35–39.  
Teli M., Jadhav A., 2017, Effect of Mercerization on the Properties of Pandanus Odorifer Lignocellulosic Fibre, *IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering (IOSR-JPTE)*, 4, 7-15.