

## **Analisa Material Komposit Resin Berpenguat Serat Rotan Untuk Pembuatan Protesis Kaki Palsu Bagi Penderita Disabilitas**

### ***Analysis of Resin Composite Materials Strengthened by Rattan Fiber for Making Fake Feet Prostheses for Disability Patients***

**Eda Rachman Kurniadi<sup>1</sup>, Irfan Santosa<sup>2</sup>, dan Galuh Renggani Wilis<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasakti Tegal  
email: edarachman92@gmail.com

<sup>2</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasakti Tegal  
email: ci\_ulya@yahoo.co.id

<sup>3</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasakti Tegal  
email: g411uh.rw@gmail.com

#### **Abstrak**

Protesis merupakan alat buatan yang menyerupai bentuk bagian tubuh yang berfungsi menggantikan bagian tubuh yang hilang atau rusak akibat trauma, penyakit, atau kondisi prakelahiran. Salah satu produk protesis yang dikembangkan secara berkelanjutan adalah protesis atas lutut dan bawah lutut. Pengembangan protesis berteknologi menengah terfokus pada bagian bawah lutut dengan bahan komposit serat rotan yang mempunyai peluang yang cukup besar untuk diteliti dan dikembangkan lebih lanjut. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi fraksi volume serat rotan untuk pembuatan protesis kaki palsu terhadap pengujian kekerasan dan pengujian impak. Metodologi penelitiannya yaitu material yang digunakan adalah komposit resin yang dicampurkan dengan serat rotan dengan berbagai variasi campuran sesuai fraksi volume yaitu 0%, 20%, 30% dan 40%, lalu dilakukan pengujian bahan yaitu uji kekerasan dan uji impak. Kemudian hasil analisis datanya didasarkan pada angka-angka hasil perhitungan untuk menentukan variasi campuran terbaik pada pembuatan protesis kaki palsu. Hasil dari penelitian ini adalah nilai kekerasan rata-rata material komposit resin pada variasi 0% campuran serat rotan memiliki nilai 140,68 *BHN*, lalu terjadi peningkatan nilai pada variasi 20% campuran serat rotan menjadi 149,98 *BHN*, terjadi kembali peningkatan pada variasi 30% campuran serat rotan yaitu 152,03 *BHN*, dan pada variasi 40% meningkat menjadi 159,28 *BHN*. Untuk nilai keuletan rata-rata material komposit resin pada variasi 0% campuran serat rotan memiliki nilai 1,096  $J/m^2$ , lalu terjadi penurunan nilai pada variasi 20% campuran serat rotan menjadi 1,068  $J/m^2$ , adanya peningkatan kembali pada variasi 30% campuran serat rotan yaitu 1,230  $J/m^2$ , dan pada variasi 40% meningkat menjadi 1,677  $J/m^2$ . Maka dapat disimpulkan bahan yang paling baik untuk pembuatan protesis kaki palsu adalah menggunakan komposit matriks *polyester* dengan penguat serat rotan 40% karena semakin banyak fraksi volume campuran serat rotan maka semakin tinggi nilai kekerasan dan nilai keuletannya.

**Kata Kunci** : Protesis, Komposit, Variasi Campuran Serat Rotan, Pengujian Kekerasan, Pengujian Impak.

#### **Abstract**

*Prostheses is an artificial device that resembles the shape of a body part that functions to replace a part of the body that is lost or damaged due to trauma, disease, or a prenatal*

---

*condition. One of the prosthesis products that is developed in a sustainable manner is a knee and under knee prostheses. The development of medium tech prosthesis is focused on the bottom of the knee with rattan fiber composite material which has a considerable opportunity to be investigated and further developed. The purpose of this study was to determine the effect of variations in the volume of rattan fiber fraction for the manufacture of prosthetic against hardness testing and impact testing. The research methodology is that the material used is a composite which is mixed with rattan fiber with various variations of the mixture according to the volume fraction of 0%, 20%, 30% and 40%, then the material is tested which is hardness test and impact test. Then the results of the data analysis are based on the figures calculated to determine the best mixture variation in the manufacture of prosthetic. The results of this study are the average hardness of composite material in 0% variation of rattan fiber mixture has a value of 140.68 BHN, then an increase in the value of 20% variation of rattan fiber to 149.98 BHN, there is an increase in variation 30 % of rattan fiber mixture is 152.03 BHN, and in the 40% variation increases to 159.28 BHN. For the average tenacity value of composite material in 0% variation of rattan fiber mixture has a value of 1.096 J/m<sup>2</sup>, then the value decreases in the variation of 20% rattan fiber mixture to 1.068 J/m<sup>2</sup>, an increase in the 30% variation of rattan fiber mixture that is 1,230 J/m<sup>2</sup>, and in the variation of 40% it increases to 1,677 J/m<sup>2</sup>. Then it can be concluded that the best material for making prosthetic is using a polyester matrix composite with 40% rattan fiber reinforcement because the more the volume fraction, the higher the hardness and ductility value.*

*Keywords : Prostheses, Composites, Variations in Fiber Rattan Mixtures, Hardness Testing, Impact Test.*

## **1. Pendahuluan**

Prostesis merupakan alat buatan yang menyerupai bentuk bagian tubuh yang berfungsi menggantikan bagian tubuh yang hilang atau rusak akibat trauma, penyakit, atau kondisi prakelahiran. Salah satu produk prostesis yang dikembangkan secara berkelanjutan adalah prostesis atas lutut dan bawah lutut. Pengembangan prostesis berteknologi menengah terfokus pada bagian bawah lutut dengan bahan komposit serabut kelapa yang mempunyai peluang yang cukup besar untuk diteliti dan dikembangkan lebih lanjut.

Secara umum, John Craig merekomendasikan sifat bahan yang digunakan sebagai bahan prostesis harus memiliki kekuatan yang baik, kelenturan, ringan, ketahanan menerima beban dinamis akibat pergerakan kaki dan tidak mengganggu kesehatan. (J.Andri, 2011)

Pemilihan bahan tidak saja memperhatikan kebutuhan fungsional, tetapi juga harga, proses manufaktur, ketersediaan bahan dan kemudahan dalam perbaikan serta perawatan. Kebanyakan prostesis digunakan untuk mengembalikan fungsi bagian tubuh yang telah hilang. Prostesis yang sangat populer digunakan adalah pada bagian tangan dan kaki. Prostesis untuk tangan dapat terdiri dari prostesis tangan dan lengan bagian bawah, atau lengan bagian atas, yang direkomendasikan saat sendi pada siku juga hilang atau harus diangkat. Bahan pembuatan prostesis itu sendiri adalah resin hardener dan juga serat karbon atau serat fiber. Dengan mempertimbangkan kelemahan yang dimiliki oleh komposit sebagai bahan pembuatan prostesis, maka perlu usaha untuk mencari bahan yang lebih baik.

---

Salah satu alternatif bahan yang dipilih dan akan diteliti adalah komposit serat rotan. Komposit serat rotan sebagai serat alami mempunyai kelebihan antara lain perbandingan kekuatan dan kekuatan spesifik (*specific strength*) yang tinggi sehingga lebih ringan, ketersediaan cukup melimpah (*local genius*), dapat didaur ulang, ramah lingkungan (*green composite*), harganya relatif murah, tidak membahayakan kesehatan, tidak menyebabkan iritasi terhadap kulit, nyaman dan resisten terhadap bakteri dan menghasilkan interaksi *interfacial* yang baik dengan resin. (Aziz, 2012)

Berdasarkan penjelasan tersebut, maka permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini yaitu : (1) Bagaimana pengaruh tanpa campuran serat rotan dalam pembuatan protesis kaki palsu terhadap uji kekerasan dan uji dampak?; (2) Bagaimana pengaruh campuran serat rotan sebesar 20% dalam pembuatan protesis kaki palsu terhadap uji kekerasan dan uji dampak?; (3) Bagaimana pengaruh campuran serat rotan sebesar 30% dalam pembuatan protesis kaki palsu terhadap uji kekerasan dan uji dampak?; (4) Bagaimana pengaruh campuran serat rotan sebesar 40% dalam pembuatan protesis kaki palsu terhadap uji kekerasan dan uji dampak?

## **2. Metode Penelitian**

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Eksperimen adalah salah satu cara untuk mencari hubungan sebab akibat antara dua faktor yang sengaja ditimbulkan oleh peneliti dengan mengeliminasi, mengurangi dan menyingkirkan faktor-faktor lain dari hasil penelitian (Arikunto, 2006).

Dalam penelitian ini material yang digunakan adalah komposit resin yang dicampurkan dengan serat rotan dengan berbagai variasi campuran sesuai fraksi volume yaitu 0%, 20%, 30% dan 40%, lalu dilakukan pengujian bahan yaitu uji kekerasan dan uji dampak. Kemudian hasil analisis datanya didasarkan pada angka-angka hasil perhitungan untuk menentukan variasi campuran terbaik pada pembuatan protesis kaki palsu.

## **3. Hasil Penelitian dan Pembahasan**

### **a. Hasil Penelitian**

#### **Pengujian Kekerasan**

Pada pengujian ini menggunakan parameter uji kekerasan *Brinell* dengan dimensi berdiameter 43,5 mm dan tinggi 30 mm. Memakai indentor bola bajaber diameter 2,5 mm dan diberi beban 153,2 N.

Untuk bahan komposit beban dikurangi dengan tujuan menghindari jejak yang dalam. Uji kekerasan menggunakan standar ASTM F 1957-99. Dengan waktu penekanan 15 detik.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekerasan

Spec. code	Titik uji	D (mm)	d (mm)	P (N)	BHN
<b>0%</b>	1	2,5	1,29	153,2	108,81
	2	2,5	1,05	153,2	168,74
	3	2,5	1,13	153,2	144,51
	Nilai rata-rata				
<b>20%</b>	1	2,5	1,16	153,2	136,69
	2	2,5	1,13	153,2	144,51
	3	2,5	1,05	153,2	168,74
	Nilai rata-rata				
<b>30%</b>	1	2,5	1,21	153,2	124,91
	2	2,5	1,29	153,2	108,81
	3	2,5	0,92	153,2	222,37
	Nilai rata-rata				
<b>40%</b>	1	2,5	1,11	153,2	150,08
	2	2,5	1,08	153,2	159,03
	3	2,5	1,05	153,2	168,74
	Nilai rata-rata				

Keterangan :

- P = Beban penekan (N)
- D = Diameter indenter (mm)
- d = Diameter indentasi/ jejak/ lekukan(mm)
- BHN = *Brinell Hardness Number*

#### Pengujian Impak

Pada pengujian ini menggunakan parameter uji impak *charpy*. Standar yang digunakan adalah ASTM D5942-96 dengan spesimen berdimensi 55 mm x 10 mm x 8 mm dan memiliki takik (*notch*) berbentuk V dengan sudut 45<sup>0</sup>, dengan jari-jari dasar 0,25 mm dan kedalaman 2 mm.

Tabel 2. Hasil Pengujian Impak

Spec. Code	A	B	GR (J)	$\cos \beta - \cos \alpha$	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$\sigma_b$ (J/m <sup>2</sup> )
<b>0% - A</b>	153	152	1	0,008	0,007431	1,077
<b>0% - B</b>	153	152,5	1	0,004	0,007650	0,523
<b>0% - C</b>	153	151,5	1	0,012	0,007104	1,689
<b>Nilai rata-rata</b>						<b>1,096</b>
<b>20% - A</b>	153	152	1	0,008	0,007203	1,111
<b>20% - B</b>	153	152	1	0,008	0,007535	1,062
<b>20% - C</b>	153	152	1	0,008	0,007760	1,031
<b>Nilai rata-rata</b>						<b>1,068</b>
<b>30% - A</b>	153	152,5	1	0,004	0,007736	0,517
<b>30% - B</b>	153	152	1	0,008	0,007553	1,059
<b>30% - C</b>	153	151	1	0,016	0,007566	2,115
<b>Nilai rata-rata</b>						<b>1,230</b>
<b>40% - A</b>	153	151	1	0,016	0,007227	2,214
<b>40% - B</b>	153	152	1	0,008	0,007020	1,140
<b>40% - C</b>	153	151,5	1	0,012	0,007152	1,678
<b>Nilai rata-rata</b>						<b>1,677</b>

Keterangan :

- $\alpha$  = Sudut awal (<sup>0</sup>)
- $\beta$  = Sudut akhir (<sup>0</sup>)
- G = Berat pendulum (J)
- R = Panjang pendulum (mm)
- $A_0$  = Penampang patah (m<sup>2</sup>)
- $\sigma_b$  = Kekuatan impak (J/m<sup>2</sup>)

### Analisa Patahan Melalui Fraktografi

- a. Tanpa campuran serat rotan



Gambar 1. Patahan tanpa campuran serat rotan

Dari gambar 1 yaitu spesimen hasil uji impak metode *charpy* tanpa campuran serat rotan menunjukkan perpatahan granular/kristalin yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan (*cleavage*) pada butir-butir dari bahan yang rapuh (*brittle*). Ditandai dengan permukaan patahan yang datar yang mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi (mengkilat).

- b. Campuran serat rotan 20%



Gambar 2. Patahan campuran serat rotan 20%

Dari gambar 2 yaitu spesimen hasil uji impak metode *charpy* campuran serat rotan 20% menunjukkan perpatahan granular/kristalin yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan (*cleavage*) pada bahan dari serat yang rapuh (*brittle*). Ditandai dengan permukaan patahan yang datar yang mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi (mengkilat).

- c. Campuran serat rotan 30%



Gambar 3 Patahan campuran serat rotan 30%

Dari gambar 3 yaitu spesimen hasil uji impak metode *charpy* campuran serat rotan 30% menunjukkan perpatahan campuran dimana merupakan kombinasi antara patahan berserat (*fibrous fracture*) dan patahan granular/kristalin), yang melibatkan mekanisme pergeseran serat yang ulet (*ductile*). Ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk dimpel akan tetapi memberikan daya pantul cahaya yang tinggi.

d. Campuran serat rotan 40%



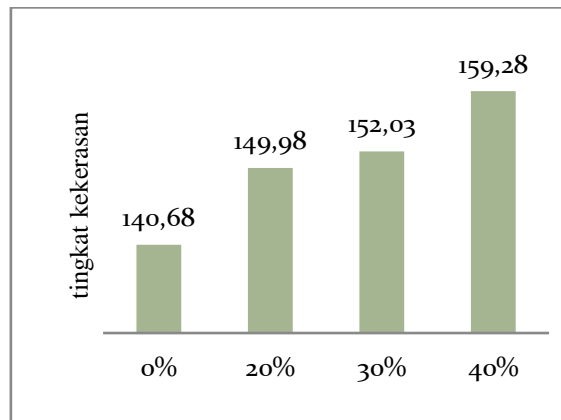
Gambar 4. Patahan campuran serat rotan 40%

Dari gambar 4 yaitu spesimen hasil uji impact metode *charpy* campuran serat rotan 40% menunjukkan perpatahan berserat (*fibrous fracture*), yang melibatkan mekanisme pergeseran serat yang ulet (*ductile*). Ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk dimpel yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram.

**b. Pembahasan**

Pengujian Kekerasan

Maka dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata dari pengujian kekerasan adalah :



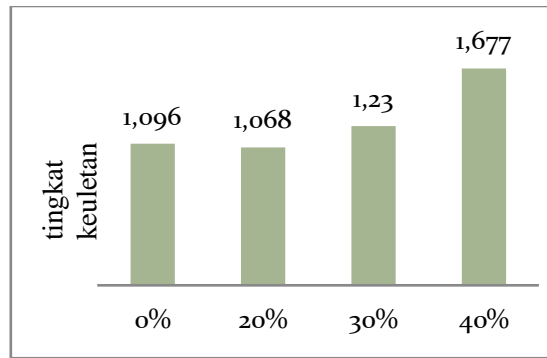
Gambar 5. Grafik nilai rata-rata uji kekerasan

Dari gambar 5 menunjukkan grafik uji kekerasan bahan komposit matriks *polyester* dengan penguat serat rotan dapat dianalisa yaitu pada variasi 0% mempunyai nilai kekerasan rata-rata 140,68 *BHN*, lalu pada variasi 20% terjadi peningkatan nilai kekerasan rata-rata sebesar 149,98 *BHN*, pada variasi 30% terjadi peningkatan lagi dengan nilai kekerasan rata-rata 152,03 *BHN*, lalu pada variasi 40% terjadi peningkatan dengan nilai kekerasan rata-rata 159,28 *BHN*.

Maka dapat disimpulkan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada variasi campuran serat rotan 40% yaitu dengan rata-rata sebesar 159,28*BHN* dan nilai kekerasan terendah terdapat pada variasi campuran serat rotan 0% yaitu dengan rata-rata sebesar 140,68 *BHN*.

Pengujian Impact

Maka dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata dari pengujian impact adalah:



Gambar 6. Grafik nilai rata-rata uji impak

Dari gambar 6 menunjukkan bahwa grafik uji impak bahan komposit matriks *polyester* dengan penguat serat rotan dapat dianalisa yaitu pada variasi 0% mempunyai nilai keuletan rata-rata 1.096 J/m<sup>2</sup>, lalu pada variasi 20% terjadi penurunan nilai keuletan rata-rata menjadi 1.068 J/m<sup>2</sup>, terjadi peningkatan kembali pada variasi 30% dengan nilai keuletan rata-rata 1.23 J/m<sup>2</sup>, adanya kenaikan yang signifikan pada variasi 40% dengan nilai keuletan rata-rata 1.677 J/m<sup>2</sup>.

Maka dapat disimpulkan nilai keuletan tertinggi terdapat pada variasi campuran serat rotan 40% yaitu dengan rata-rata sebesar 1,677 J/m<sup>2</sup> dan nilai keuletan terendah terdapat pada variasi campuran serat rotan 20% yaitu dengan rata-rata sebesar 1,068 J/m<sup>2</sup>.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa bahan yang paling baik untuk pembuatan prostesis kaki palsu adalah menggunakan komposit matriks *polyester* dengan penguat serat rotan 40% karena semakin banyak fraksi volume maka semakin tinggi nilai kekerasan dan nilai keuletannya.

#### Daftar Pustaka

- Agus H.S. Reksoprodjo, Agustinus Purna Irawan, Tresna P. Soemardi, Widjajalaksmi Kusumaningsih, 2011, *Tensile And Flexural Strength of Ramie Fiber Reinforced Epoxy Composites For Socket Prosthesis Application*, Int. J. Mechanical and Material Engineering, 6: 46-50.
- Agus H.S. Reksoprodjo, Agustinus Purna Irawan, Tresna P. Soemardi, Widjajalaksmi Kusumaningsih, 2011, *Pengaruh Kekerasan dan Kekasaran Permukaan Prototipe Socket Prosthesis Terhadap Kenyamanan Pengguna*, J. Teknik, 11:1-7.
- Agus H.S. Reksoprodjo, Agustinus Purna Irawan, Tresna P. Soemardi, Widjajalaksmi Kusumaningsih, 2010, *Pengaruh Kekerasan dan Kekasaran Permukaan Prototipe Soket Prostesis Terhadap Kenyamanan Pengguna*, J. Teknik, 11:1-11.
- Agustinus Purna Irawan, Frans Yusuf Daywin, Fanando, Tommy Agustino, 2016, *Karakteristik Mekanik dari Fiberglass Reinforced dan Komposit Epoxy untuk Aplikasi Shank Prosthesis*, International Journal of Engineering and Technology, 23:19



- Agustinus Purna Irawan, I Wayan Sukania, 2015, *Analisa Kekuatan Tekan Komposit Serat Limbah Pisang dengan Matriks Epoksi sebagai Bahan Soket Prostesis*, Universitas Udayana.
- Agustinus Purna Irawan, I Wayan Sukania, 2013, *Kekuatan Tekan dan Flexural Material Komposit Serat Bambu Epoksi*, J. Teknik Mesin, 14:59-63.
- Agustinus Purna Irawan, I Wayan Sukania, 2012, *Tensile and Impact Strength of Bamboo Fiber Reinforced Epoxy Composite As Alternative Materials for Above Knee Prosthesis Socket*, Prosiding of 2nd International Conference on Sustainable Technology Development, M.109-M.115.
- Agustinus Purna Irawan, Tresna P. Soemardi, Widjajalaksmi Kusumaningsih, 2009, *Karakteristik Mekanik Komposit Lamina Serat Rami Epoksi Sebagai Bahan Alternatif Soket Prostesis*. J. Makara Seri Teknologi, 13:96-101.
- ASTM, 2003, *Annual Book of ASTM Standard*, West Conshohocken.
- Djapri, 2000. *Teori pengujian kekerasan brinel, vikers, dan rockwheel*.
- J.A. Campbell, 2002, *Material Selection in an above Knee Prosthetic Leg*, Engineering Materials, Department of Engineering, Australian National University.
- John Craig, 2005, *Prosthetic Feet for Low-Income Countries*, J. Prosthetics and Orthotics, 17:27-49.
- Sam L Phillips, William Craelius, 2005, *Material Properties of Selected Prosthetic Laminates*, J. Prosthetics and Orthotics, 17:27-32.