

Studi Eksperimen Biokomposit Serat Kelapa dan Kulit Singkong Terhadap Ikatan Matriks dan Kekerasan Kampas Rem

Ahmad Zaeni^{1*}, Noor Setyo¹ dan R. Faiz Listyanda¹

¹Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tidar,
Jalan Kapten Suparman no 39, Kota Magelang 56116 Indonesia

*E-mail: zaeni939@gmail.com

Abstrak

Kampas rem menjadi komponen penting dalam keamanan berkendara. Kampas rem harus memiliki karakteristik ulet, tahan aus, dan keras untuk menciptakan gaya gesek yang optimal. Dipasaran bahan kampas rem banyak dijumpai menggunakan bahan penguat *asbestos* yang tidak ramah lingkungan dan sangat membahayakan pengguna, oleh karena itu banyak produk kampas rem beralih ke bahan non asbestos yang terbuat dari serat sintesis. Dalam perkembangannya serat sintesis pada kampas rem dapat menimbulkan polutan, sehingga muncul biokomposit. Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik dan nilai optimum dari biokomposit serat kelapa dan serbuk kulit singkong terhadap ikatan matriks dan kekerasan kampas rem. Metode pembuatan biokomposit menggunakan *hand lay up* yang dikompaksi beban 20 MPa selama 12 jam dengan variasi komposisi serat kelapa, serbuk kulit singkong, dan matriks *polyester* sebesar 20:10:70, 30:10:60, 40:10:50, 50:10:40. Untuk mengetahui nilai kekerasan dilakukan uji kekerasan metode *Vickers*. Hasil uji kekerasan tertinggi pada variasi SK20KS10M70 sebesar 10,08 kgf/mm² dan terendah pada variasi SK50KS10M40 sebesar 9,88 kgf/mm². Sedangkan ikatan matriks terbaik pada variasi SK20KS10M70. Kesimpulan hasil pengujian yaitu peningkatan jumlah serat mempengaruhi ikatan matriks dan menurunkan nilai kekerasan kampas rem.

Kata kunci: Biokomposit, kampas rem, serat kelapa, serbuk kulit singkong

1. Pendahuluan

Perusahaan kendaraan bermotor berinovasi meningkatkan performa dan kecepatan yang menuntut adanya sistem pengereman yang optimal. Kampas rem cakram berfungsi menjepit piringan yang berputar seiring dengan roda [1]. Kampas rem banyak dijumpai menggunakan bahan *asbestos* tidak ramah lingkungan sehingga membahayakan pengguna kendaraan [2]. Oleh karena itu banyak produk kampas rem beralih ke bahan *non asbestos* dari campuran serat alam dan matriks biasa disebut biokomposit. Biokomposit merupakan campuran matriks polimer berpenguat serat alam. Aplikasi biokomposit diantaranya pada komponen mekanis seperti kampas rem [3]. Penelitian mengenai biokomposit telah banyak dilakukan, diantaranya pembuatan komposit polimer berpenguat serat alam. Penelitian ini menggunakan matriks *epoxy* dan *polyester* dengan penguat serat pisang dan serat ijuk. Variasi komposit yang dipakai yaitu *epoxy*-pisang, *epoxy*--ijuk, *polyester*-pisang, dan *polyester*-ijuk. Hasil pengujian nilai kekuatan tarik tertinggi variasi *epoxy*-ijuk sebesar 45,44 Mpa sedangkan terendah variasi *polyester*-pisang sebesar 15,62 Mpa. Hasil penelitian menunjukkan penambahan serat pisang dapat menurunkan nilai kekuatan tarik dan kekerasan [4].

Serat alam lain untuk biokomposit diantaranya serat kelapa dan kulit singkong. Serat kelapa memiliki keunggulan massa yang ringan namun kuat, tahan terhadap panas, dan dapat mengurangi konduktivitas termal pada material biokomposit [5]. Sedangkan kulit singkong mengandung karbon dan selulosa sebagai penguat pada biokomposit. Setiap umbi singkong mengandung 16% kulit singkong dari massa total [6]. Kulit singkong biasanya untuk campuran pakan ternak atau hanya dibuang sehingga dapat mencemari lingkungan [7].

Berdasarkan uraian latar belakang, penulis akan melakukan studi eksperimen biokomposit kampas rem dari matriks *polyester* dengan penguat serat kelapa, sedang *filler* menggunakan serbuk kulit singkong untuk mengetahui ikatan matriks dan nilai kekerasannya.

2. Metodologi

Penelitian menggunakan metode eksperimen. Pembuatan spesimen biokomposit dan pengujian kekerasan metode *Vickers* dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Tidar. Penelitian dimulai dengan membuat biokomposit metode *hand lay up* dengan fraksi volume variasi komposisi serat kelapa, serbuk kulit singkong, resin *polyester* dan katalis. Berikut merupakan penamaan spesimen yang digunakan dalam penelitian:

- Variasi SK20KS10M70 = 20% serat kelapa, 10% serbuk kulit singkong, 70% resin *polyester* dan katalis.
- Variasi SK30KS10M60 = 30% serat kelapa, 10% serbuk kulit singkong, 60% resin *polyester* dan katalis.
- Variasi SK40KS10M50 = 40% serat kelapa, 10% serbuk kulit singkong, 50% resin *polyester* dan katalis.
- Variasi SK50KS10M40 = 50% serat kelapa, 10% serbuk kulit singkong, 40% resin *polyester* dan katalis.

Alat yang digunakan yaitu galon bekas, blender, ayakan *mesh 50*, timbangan digital, gelas plastik, cetakan spesimen, jangka sorong, alat kompaksi, *polishing and grinding machine*, dan alat uji kekerasan *Vickers*. Bahan yang digunakan yaitu serat kelapa, kulit singkong, resin *polyester* dan katalis, *Natrium Hidroksida* (NaOH), dan *Aquades*.

2.1 Pembuatan serbuk kulit singkong

Kulit singkong yang sudah dibersihkan kemudian dijemur untuk mengurangi kadar air selama 3 hari. Setelah kadar air berkurang, oven kulit singkong selama 15 menit dengan suhu 100°C kemudian blender menjadi serbuk. Serbuk kulit singkong digunakan sebagai *filler* dicampur terlebih dahulu dengan resin *polyester* dan katalis sebelum proses *hand lay up*. Pencampuran dilakukan terlebih dahulu agar meminimalisir adanya *void* atau udara terperangkap saat proses *hand lay up*. Penggunaan serbuk untuk *filler* mengurangi porositas atau rongga-rongga udara di dalam struktur material sehingga meningkatkan kekerasan dan ikatan matriks komposit [8].

2.2 Proses Alkalisasi

Serat kelapa yang sudah dibersihkan kemudian dilakukan proses alkalisasi atau perendaman menggunakan campuran larutan *Aquades* dan NaOH dengan komposisi 5% selama 2 jam. Setelah itu bilas dan angin-anginkan serat kelapa hingga kering. Potong panjang serat kelapa sekitar 15 mm. Proses alkalisasi dapat menghilangkan lignin pada serat, sehingga meningkatkan kualitas ikatan antara matriks, serat, dan *filler* [9].

2.3 Perhitungan fraksi volume

Volume cetakan yang dipakai 75 cm³. Densitas serat kelapa 1,15 g/cm³ dan resin *polyester* 1,5 g/cm³ [3]. Sedangkan densitas kulit singkong 0,44 g/cm³ [10]. Data hasil perhitungan fraksi volume ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan fraksi volume

No	Kode Spesimen	Vs (cm ³)	Ms (g)	Vf (cm ³)	Mf (g)	Vm (cm ³)	Mm (g)	Mk (g)
1.	SK20KS10M70	15	17,25	7,5	3,3	52,5	78,75	0,7875
2.	SK30KS10M60	22,5	26,55	7,5	3,3	45	67,5	0,675
3.	SK40KS10M50	30	34,5	7,5	3,3	37,5	56,25	0,5625
4.	SK50KS10M40	37,5	43,125	7,5	3,3	30	45	0,45

2.4 Pencetakan spesimen

Pencetakan spesimen metode *hand lay up* dan dikompaksi dengan beban 20 Mpa selama 12 jam. Setelah cetakan kering, lakukan proses *postcuring* selama 3 jam menggunakan oven suhu 70°C. *Postcuring* berfungsi mengoptimalkan ikatan antara matriks dan penguat sehingga meningkatkan kekuatan dan kekerasan komposit [11]. Hasil spesimen biokomposit yang sudah dicetak dan dilakukan proses *postcuring* ditunjukkan pada Gambar 1.



SK20KS10M70

SK30KS10M60

SK40KS10M50

SK50KS10M40

Gambar 1. Spesimen biokomposit

2.5 Pengujian kekerasan

Pengujian dilakukan menggunakan standar *ASTM Designation: E384 – 17* dengan metode *Vickers* [12]. Alat yang digunakan alat uji kekerasan *Vickers* menggunakan indentor piramida intan, dasarnya berbentuk bujur sangkar dengan sudut saling berhadapan sebesar 136° , beban penekanan 50 gf. Spesimen diuji sebanyak 4 sampel dan 1 sampel diuji sebanyak 5 titik kemudian hasilnya di rata-rata. Ukuran spesimen yang digunakan 50 x 30 x 5 mm. Bentuk spesimen untuk pengujian kekerasan ditunjukkan pada Gambar 2.



SK20KS10M70

SK30KS10M60

SK40KS10M50

SK50KS10M40

Gambar 2. Bentuk spesimen uji kekerasan

a. Proses pengujian

Proses pengujian dimulai dengan mempersiapkan spesimen uji yang sudah dipotong sesuai ukuran. Permukaan spesimen di amplas hingga halus dan rata agar hasil pengujian lebih optimal. Spesimen yang sudah di amplas di jepit pada ragum kemudian diberi penekanan menggunakan indentor selama 10-15 detik. Jejak hasil penekanan dilihat menggunakan mikroskop untuk menentukan nilai dari panjang diagonal. Nilai panjang diagonal tersebut digunakan untuk menghitung nilai kekerasan pada spesimen. Proses ini dilakukan sebanyak 5x dengan titik penekanan yang berbeda untuk di ambil rata-rata agar hasil uji kekerasan lebih akurat. Proses pengujian kekerasan metode *Vickers* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses pengujian kekerasan metode *Vickers*

b. Perhitungan nilai kekerasan

Nilai kekerasan dihitung melalui persamaan 1 dan 2.

$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{P}{d^2} \quad (1)$$

$$d^2 = \left(\frac{d_1+d_2}{2}\right)^2 \quad (2)$$

Keterangan:

VHN = *Vickers Hardness Number* (kgf/mm²)

P = beban penekanan (kgf)

d = panjang diagonal rata-rata (mm)

d1 = panjang diagonal injakan (mm)

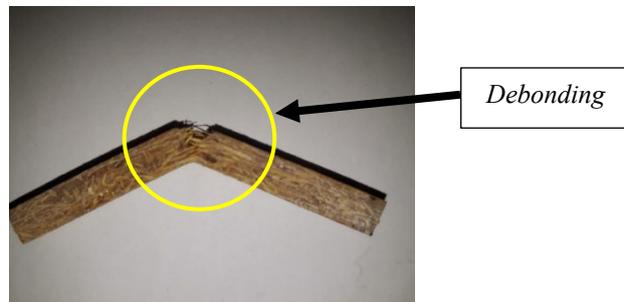
d2 = panjang diagonal injakan (mm)

3. Hasil dan pembahasan

Berdasarkan pengujian kekerasan yang telah dilakukan, data dimasukkan ke dalam tabel. Kemudian data disajikan dalam bentuk grafik untuk mengetahui karakteristik dan nilai optimum dari hasil pengujian.

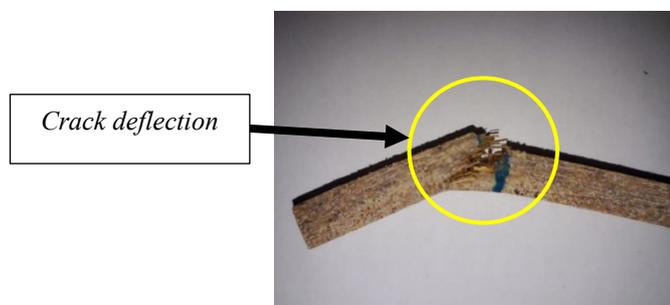
3.1. Ikatan matriks

Peningkatan jumlah serat dapat menyebabkan distribusi matriks tidak merata. Hal ini menyebabkan adanya *void* karena matriks tidak dapat mengikat serat secara maksimal [13]. Ikatan matriks yang buruk akan menyebabkan *debonding*. *Debonding* yaitu fenomena retakan atau patahan matriks tidak diikuti retakan atau patahan serat, maka serat akan terlepas [4]. *Debonding* yang terjadi pada variasi SK50KS10M40 ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. *Debonding* SK50KS10M40

Gambar 4 menunjukkan patahan yang terjadi pada matriks namun tidak diikuti adanya patahan serat sehingga serat terlepas. Hal ini terjadi karena ikatan matriks yang buruk akibat peningkatan jumlah serat pada spesimen sehingga menyebabkan *debonding*. *Debonding* dapat mengakibatkan terjadinya *crack deflection*. *Crack deflection* yang terjadi pada variasi SK50KS10M40 ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. *Crack deflection* SK50KS10M40

Gambar 5 menunjukkan terjadinya *crack deflection* pada variasi SK50KS10M40. *Crack deflection* yaitu fenomena retakan atau patahan yang terjadi dalam matriks dan berubah arah saat mencapai antarmuka serat penguat [14]. Biokomposit kanvas rem yang mengalami *crack deflection* dapat menunjukkan pola keausan yang tidak merata sehingga mempengaruhi performa sistem pengereman.

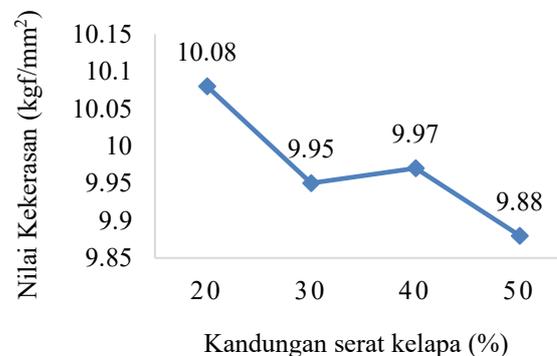
3.2. Hasil uji kekerasan

Kekerasan dihitung menggunakan persamaan 1 dan 2, data hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji kekerasan *Vickers*

No	Kode Spesimen	Titik Uji	P (kgf)	d1 (mm)	d2 (mm)	Kekerasan (kgf/mm ²)	Kekerasan rata-rata (kgf/mm ²)
1.	SK20KS10M70	1	0,05	0,12426	0,12014	6,20	10,08
		2	0,05	0,10810	0,10411	8,24	
		3	0,05	0,09486	0,08426	11,55	
		4	0,05	0,07881	0,07397	15,90	
		5	0,05	0,10127	0,10734	8,52	
2.	SK30KS10M60	1	0,05	0,08941	0,07764	13,29	9,95
		2	0,05	0,08419	0,09320	11,79	
		3	0,05	0,12558	0,11163	6,59	
		4	0,05	0,09936	0,10722	8,69	
		5	0,05	0,09255	0,10592	9,42	
3.	SK40KS10M50	1	0,05	0,09803	0,09360	10,09	9,97
		2	0,05	0,09279	0,08813	11,33	
		3	0,05	0,11494	0,10522	7,65	
		4	0,05	0,10128	0,09495	9,63	
		5	0,05	0,09296	0,08928	11,16	
4.	SK50KS10M40	1	0,05	0,12012	0,11016	6,99	9,88
		2	0,05	0,07414	0,09343	13,22	
		3	0,05	0,14283	0,14627	4,43	
		4	0,05	0,08498	0,10275	10,52	
		5	0,05	0,08276	0,07840	14,28	

Nilai kekerasan masing-masing variasi dianalisa dan disajikan dalam bentuk grafik ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil uji kekerasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan kandungan serat kelapa dapat menurunkan nilai kekerasan spesimen. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan semakin besar persentase komposisi serat maka semakin kecil nilai kekerasannya [2]. Selain itu peningkatan jumlah serat mempengaruhi permukaan benda menjadi tidak rata sehingga kekerasannya menurun. [4]. Permukaan yang tidak rata dapat ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Permukaan tidak rata variasi SK50KS10M70

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kandungan serat kelapa dapat mempengaruhi distribusi ikatan matriks dan menurunkan nilai kekerasan kanvas rem. Distribusi matriks yang tidak merata menyebabkan kurang kuatnya ikatan antara matriks dengan serat sehingga tidak mampu menahan beban. Patahnya matriks tidak diikuti putusannya serat mengakibatkan *debonding* kemudian menyebabkan crack deflection pada spesimen biokomposit kanvas rem saat terkena impact. Nilai kekerasan tertinggi pada variasi SK20KS10M70 (20% serat kelapa, 10% serbuk kulit singkong, 70% resin dan katalis) sebesar 10,08 kgf/mm² sedangkan terendah pada variasi SK50KS10M40 (50% serat kelapa, 10% serbuk kulit singkong, 40% resin dan katalis) sebesar 9,88 kgf/mm². Variasi SK20KS10M70 mempunyai kekerasan paling tinggi dan mendekati standar kekerasan kanvas rem *SAE J661* [15].

Ucapan terima kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada dosen pembimbing dan dosen Program Studi S1 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tidar atas dukungannya dalam melakukan penelitian ini sehingga dapat selesai.

Daftar Pustaka

- [1] Suratman, M. Servis dan Teknik Reparasi Sepeda Motor. Pustaka Grafika, Bandung, 2002.
- [2] Fitrianto, dkk. Pemanfaatan Serbuk Tongkol Jagung Sebagai Alternatif Bahan Friksi Kanvas Rem Non-asbestos Sepeda Motor. Jurnal teknik Mesin FKIP, 2013.
- [3] Suyitno. Bahan Teknik Untuk Rekayasawan (Polimer, Keramik, Kayu dan Komposit), Pustaka Pranala, Yogyakarta, 2021.
- [4] Kartini, dkk. Pembuatan dan Karakterissi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam. Jurnal Sains Materi Indonesia Volume 3 No. 3, Juni 2002, hal: 30 – 38.
- [5] Verma, D., dan Gope, P. C. The use of coir/coconut fibers as reinforcements in composites. In Biofiber Reinforcements in Composite Materials, 2015.
- [6] Harahap, dkk. Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong Termodifikasi Alkanolamida Sebagai Bahan Pengisi dalam Produk Lateks Karet Alam: Pengaruh Waktu Vulkanisasi, 31(1), pp. 1–8, 2015.
- [7] Kartika, V., Ratnawulan, dan Gusnedi. Karbon Akif Kulit Singkong Sebagai Bahan Dasar GDL (Gas Diffussion Layer), 7(April), pp. 105–112, 2016.
- [8] N. Nuryati, R. R. Amalia, and N. Hairiyah. PEMBUATAN KOMPOSIT DARI LIMBAH PLASTIK POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) BERBASIS SERAT ALAM DAUN PANDAN LAUT (*Pandanus tectorius*), *J. Agroindustri*, vol. 10, no. 2, pp. 107–117, 2020.

- [9] Hidayah E, H. S. Wildana, U. Fitriyah, and F. Amanah, "Kajian Literatur: Analisis Metode Alkalisasi Menggunakan NaOH untuk Meningkatkan Gaya Adhesi Antarmuka Serat-Matriks dalam Sintesis Biokomposit," *J. Mat. dan Ilmu Pengelutuan Alam*, vol. 1, no. 4, pp. 348–360, 2023.
- [10] F. Fransisca, Ratnaningsih, and D. Indrawati, "Efek Limbah Kulit Singkong terhadap Pembentukan Biogas dari Kotoran Sapi (Studi Kasus Kampung Injeman Desa Cibodas Kecamatan Pasir Jambu, Bandung)," *Kocenin Ser. Konf.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2020.
- [11] Rusnoto and Soebyakto, "Studi Penambahan Serbuk Alumina pada Kerapatan/Densitas Komposit Matrik Epoksi," pp. 1–32, 2020.
- [12] ASTM E384-00 Test Method for Microindentation Hardness of Materials, American Society for Testing and Materials International, Volume 03.01, W. Conshohocken, PA, 2003.
- [13] S. A. Budiman, S. Sulardjaka. Analisis Kekuatan Lentur Komposit Berpenguat Serat Rami Dengan Matriks Gondorukem Pada Fraksi Massa 15% Dan 30%. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, Vol. 11, No. 1. 2023.
- [14] Lokatara Putu. Analisis Kekuatan Impact Komposit Polyester-Serat Tapis Kelapa Dengan Variasi Panjang Dan Fraksi Volume Serat Yang Diberi Perlakuan NaOH. *Jurnal Dinamika Teknik Mesin*, Volume 2 No 1, (47-54), 2012.
- [15] SAE J661. Brake Lining Quality Test Procedure. Society of Automotive Engineers International, 1997.