

PENGARUH SERBUK KULIT BIJI MANGGA SEBAGAI PENGUAT KOMPOSIT KAMPAS REM TERHADAP SIFAT MEKANIS

Ari Bagaskara.¹, Sri Widodo.², Catur Pramono.³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

Jalan Kapten Suparman No. 39 Magelang, Indonesia.

e-mail:¹aribagaskara64@gmail.com, ²sriwidodo@untidar.ac.id,

³caturpramono@untidar.ac.id

Abstrak

Kampas rem merupakan komponen yang berfungsi memperlambat dan menghentikan putaran poros, mengendalikan poros dan untuk keselamatan pengendara sendiri. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah eksperimental, Pengujian spesimen yang dilakukan adalah uji keausan metode ogoshi, uji kekerasan vickers dengan sandar pengujian ASTM E384 - 17 dan foto mikro.

Hasil pengujian didapatkan nilai keausan variasi 1 sebesar $3,46 \times 10^{-7}$ mm²/kg, variasi 2 sebesar $3,1 \times 10^{-7}$ mm²/kg, variasi 3 sebesar $2,57 \times 10^{-7}$ mm²/kg dan KEV-2700 sebesar $3,29 \times 10^{-7}$. Hasil perhitungan kekerasan didapatkan nilai variasi 1 sebesar 181,07 kg/mm², variasi 2 sebesar 214, 38 kg/mm², variasi 3 sebesar 253,84 kg/mm² dan KEV-2700 sebesar 223,26 kg/mm². Kampas rem yang paling optimal yang mendekati nilai keausan dan kekerasan KEV-2700 yaitu pada variasi 2. Hasil foto mikro kampas rem menunjukkan campuran antara serbuk kulit biji mangga, serbuk kuningan dan magnesium oksida pada variasi 3 terlihat merata, sedangkan untuk variasi 1 dan 2 terlihat serbuk kulit biji mangga lebih mendominasi campuran.

Kata kunci: Komposit kampas rem, kulit biji mangga, kuningan, magnesium oksida, sifat mekanis.

Abstract

Brake lining is functioning components slow down and stop rotation shaft, control shaft and for the safety of the rider himself. The research method used in this study is experimental, The testing of the specimens carried out was the ogoshi method wear test, vickers hardness test with a test of ASTM E384 - 17 and micro photos.

The test results obtained a variation of 1 wear value of 3.46×10^{-7} mm² / kg, variation 2 of 3.1×10^{-7} mm² / kg, variation 3 of 2.57×10^{-7} mm² / kg and KEV-2700 amounting to 3.29×10^{-7} . The results of the calculation of hardness values in variation 1 amounting to 181.07 kg / mm², variation 2 of 214, 38 kg / mm², variation 3 of 253.84 kg / mm² and KEV-2700 of 223.26 kg / mm². The most optimal brake lining that approaches the wear and hardness value of KEV-2700 which is in variation 2. The micro photo of brake lining shows a mixture of mango seed skin powder, brass powder and magnesium oxide in variation 3 which looks evenly distributed, while for variation 1 and 2, it appears that mango seed skin powder dominates the mixture more.

Keywords : Composite brake pads, mango seeds skin, brass, magnesium oxide, mechanical properties.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang otomotif sangat pesat, para produsen perakitan sepeda motor mengembangkan performa mesin dengan meningkatkan tenaga yang dihasilkan. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pengereman yang efektif dan juga sebagai safety dalam kendaraan. Bagian terpenting dari sistem pengereman adalah kampas rem.

Kampas rem berfungsi untuk memperlambat atau menghentikan gerakan dari roda sehingga gerakan roda menjadi lambat. Energi kinetik yang hilang dari benda yang bergerak ini diubah menjadi panas karena adanya gesekan (Mubbarok, 2014).

Kualitas kampas rem dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu komposisi bahan, bahan pengikat, bahan serat dan bahan pengisi. Bahan pengikat terdiri dari berbagai resin diantaranya *phenolic*, *epoxy*, *polyester*, *silicone* dan *rubber*, bahan pengikat berfungsi untuk pengikat berbagai zat penyusun didalam friksi. Bahan serat berfungsi untuk meningkatkan koefisien gesek dan meningkatkan kekuatan mekanik bahan. Serat terdiri dari serat buatan dan alami, serat buatan misalnya nilon, Cu-Zn, Al, karbon, *rock wool* dan serat gelas. Serat alami misalnya bambu, rami, serabut kelapa, tongkol jagung, biji mangga dan masih banyak lainnya. Serat tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan kampas rem *non-asbestos*.

Bahan pengisi ini terdiri dari dua jenis bahan pengisi organik dan anorganik. Bahan pengisi organik misalnya CNSL (*Cashew Nut Shell Liquid/Oil*), *dust* dan *rubber crumb* (remah karet). Bahan pengisi anorganik misalnya *vermiculite*, $BaSO_4$, $CaCO_3$, $Ca(OH)_2$ dan MgO (Kiswiranti dkk, 2009) . Untuk memodifikasi tingkat friksi dan memberikan permukaan rotor ditambahkan bahan abrasif misalnya Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , Fe_3O_4 , Cr_2O_3 , SiC , $ZrSiO_4$ dan kyanit/ Al_2SiO_5 (Kiswiranti dkk, 2009).

Bahan yang digunakan dalam pembuatan kampas rem harus selalu tersedia secara terus menerus dan tidak akan punah, salah satunya kulit biji mangga. Pemanfaatan kulit biji mangga di Indonesia masih rendah, sedangkan limbah biji mangga yang dapat dimanfaatkan sekitar 200 ribu ton pertahun. Kulit biji mangga memiliki serat, kekerasan dan serapan air rendah seperti tempurung kelapa, kandungan kimia kulit biji mangga berupa serat kasar 4,79%, abu 2,23%, kadar air 41,38%, protein kasar 3,08% dan karbohidrat 38,68%, dari sifat dan kandungan kimia tersebut kulit biji mangga memiliki potensi sebagai bahan penguat komposit kampas rem.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian yang mencakup pembuatan spesimen, uji keausan dan foto mikro akan dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Fakultas Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah mada, Yogyakarta

Pengujian kekerasan dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Teknik Mesin (S1), Fakultas Teknik, Universitas Tidar.

2.2 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian merupakan langkah pertama dalam penelitian, maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Menyiapkan tempat dan fasilitas penunjang kegiatan penelitian.
2. Menyiapkan alat dan bahan guna keperluan penelitian.

3. Melaksanakan bimbingan dengan dosen pembimbing untuk mengkaji jadwal dan proses penelitian agar lebih efektif.

2.3 Peralatan dan Bahan yang Dibutuhkan

Dalam proses penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan untuk dapat menunjang penelitian. Alat dan bahan yang digunakan yaitu:

1. Alat

- a) Alat uji keausan *ogoshi*.
- b) Alat uji kekerasan *vickers*.
- c) Alat uji foto mikro *mikroskop digital dino-lyte*.
- d) Timbangan digital, untuk menimbang berat bahan
- e) Ayakan *mesh 40*, untuk mengayak serbuk kulit mangga dan serbuk kuningan.
- f) Blender, untuk menghaluskan serbuk kulit biji mangga, serbuk kuningan dan mencampur bahan.
- g) Cetakan spesimen.
- h) *Press hidrolis*, untuk penekanan spesimen didalam cetakan.
- i) Gergaji tangan, untuk memotong spesimen.
- j) *Polishing and grinding machine*, untuk menghaluskan spesimen.

2. Bahan

- a) Serbuk kulit biji mangga



Gambar 3.1 Serbuk Kulit Biji Mangga.

- b) Serbuk kuningan



Gambar 3.2 Serbuk Kuningan.

- c) Magnesium Oksida



Gambar 3.3 Magnesium Oksida.

d) Resin *epoxy*



Gambar 3.4 Resin *Epoxy*.

- e) Variasi komposisi serbuk kulit biji mangga, serbuk kuningan, magnesium oksida dan resin *epoxy* 45%:25%:20%:10% (variasi 1), 35%:35%;20%;10% (variasi 2) dan 25%;45%;20%:10% (variasi 3).
- f) Spesimen kanvas rem dipotong menjadi ukuran panjang 35mm dan lebar 22mm.

2.4 Pembuatan Spesimen

1. Mempersiapkan bahan dan alat. Setelah persiapan bahan dan alat, serbuk kulit biji mangga dan serbuk kuningan di saring dengan ayakan *mesh* 40.
2. Setelah itu dilakukan penimbangan dengan berat total setiap sampel adalah 19 gram, resin *epoxy* 10% dianggap 10 gram. Perbandingan persen setiap bahan dalam sampel diperoleh dari hasil perkalian dengan berat totalnya. Sebagai contoh sampel 1 yang terdiri dari:
45% serbuk kulit biji mangga: $\frac{45}{100} \times 10 \text{ gram} = 4,5 \text{ gram}$
25% serbuk kuningan : $\frac{25}{100} \times 10 \text{ gram} = 2,5 \text{ gram}$
20% MgO : $\frac{20}{100} \times 10 \text{ gram} = 2 \text{ gram}$
3. Kemudian proses pencampuran bahan-bahan kering seperti serbuk kulit biji mangga *mesh* 40, serbuk kuningan *mesh* 40, magnesium oksida (MgO) dicampur dengan menggunakan blender selama 60 detik.
4. Setelah bahan-bahan kering tercampur, selanjutnya mencampur resin *epoxy* dan *katalis* dengan perbandingan 1:1 sampai merata.
5. Sebelum bahan dicampur, bahan kering dimasukkan plastik kemudian di *shake* selama 60 detik. Kemudian mencampur bahan-bahan kering dengan resin *epoxy* secara manual dengan diaduk-aduk hingga merata. Setelah itu masukkan kedalam cetakan yang sebelumnya diberi pelumas dan plastik agar kanvas rem mudah dikeluarkan dari cetakan.
6. Langkah selanjutnya pengepresan dengan beban 9 MPa selama 60 menit. Setelah itu dipotong sesuai ukuran yang sudah ditentukan. Kemudian kanvas rem disintering di oven dengan suhu 135°C selama 30 menit.
7. Setelah itu dilakukan pengujian keausan, kekerasan dan foto mikro.

2.5 Proses Pengujian

Pengujian ini dilakukan pada spesimen yang telah dipotong sesuai ukuran. Pengujian keausan bertujuan untuk mengetahui nilai keausan spesifik dari kanvas rem. Dengan menggunakan persamaan keausan spesifik (Hadi dan Zamheri, 2017):

$$W_s = \frac{B \cdot b_0^3}{8 \cdot r \cdot P_0 \cdot l_0} = \frac{mm^2}{kg}$$

Dimana:

W_s = Keausan spesifik (mm^2/kg)

B = Lebar piringan pengaus (mm)

b_0 = Lebar keausan pada benda uji (mm)

r = Jari-jari piringan pengaus (mm)

P_0 = Beban tekan (kg)

l_0 = Jarak tempuh (m)

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui kekerasan dari kampas rem. Dengan menggunakan rumus kekerasan vickers (*ASTM Designation: E384 – 17, 2017*):

$$VHN = 1,854 \times \frac{P}{d^2} = \frac{kgf}{mm^2}$$

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

Dimana:

VHN = Vickers hardness number (Kgf/mm^2)

P = Beban penekanan (Kgf)

d = Panjang diagonal rata-rata (mm^2)

d_1 = Panjang diagonal injakan (mm^2)

d_2 = Panjang diagonal injakan (mm^2)

Pengujian Foto Mikro bertujuan untuk mengetahui karakterisasi permukaan kampas rem yaitu kehomogenan dari bahan-bahan yang digunakan.

2.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengujian selanjutnya dianalisis. Pada tahap ini, analisis yang dilakukan adalah perhitungan rata-rata dari hasil setiap pengujian sehingga dapat disajikan data-data sebagai berikut:

1. Gambar hasil keausan spesifik komposisi 25%, 35% dan 45% serbuk kulit biji mangga.
2. Gambar hasil kekerasan vickers komposisi 25%, 35% dan 45% serbuk kulit biji mangga.
3. Gambar struktur mikro komposisi 25%, 35% dan 45% serbuk kulit biji mangga.

2.7 Pelaporan

Setelah data yang diperoleh selesai dianalisis, tahapan selanjutnya adalah tahap pelaporan dimana penyusun akan membuat secara utuh naskah skripsi sebagai bentuk hasil penelitian yang dilakukan. Pada tahap ini tidak lepas dari peran penting dosen pembimbing yang senantiasa membantu dalam penyusunan skripsi tersebut.

2.8 Pemaparan

Pemaparan atau publikasi dilakukan agar penelitian ini dapat dipergunakan sebagaimana mestinya, sehingga nantinya akan berguna pada bidang ilmu material dan sebagai bahan kajian dalam proses pembuatan komposit kanvas rem.

2.9 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini penulis melaksanakan penelitian terhadap bagaimana pengaruh serbuk kulit biji mangga sebagai penguat komposit kanvas rem terhadap sifat mekanis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Keausan

Pengujian keausan dalam penelitian ini menggunakan alat *ogoshi high speed universal testing machine type OAT-U*.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Keausan Spesifik Kanvas Rem

Nama komposisi		Beban (kg)	Jarak tempu l ₀ (m)	Kecepatan (rpm)	Waktu (s)	b ₀ (mm)	Jari-jari (mm)	Tebal piringan (mm)	Nilai Keausan Spesifik W _s (mm ² /kg)	Rata-rata W _s (mm ² /kg)
Komposisi 45% Serbuk Kulit Biji Mangga	1.I	2,12	66,6	0,25	60	1,21	14	3	3,36 x 10 ⁻⁷	3,46 x 10 ⁻⁷
	1.II	2,12	66,6	0,25	60	1,219	14	3	3,43 x 10 ⁻⁷	
	1.III	2,12	66,6	0,25	60	1,237	14	3	3,59 x 10 ⁻⁷	
Komposisi 35% Serbuk Kulit Biji Mangga	2.I	2,12	66,6	0,25	60	1,184	14	3	3,14 x 10 ⁻⁷	3,10 x 10 ⁻⁷
	2.II	2,12	66,6	0,25	60	1,158	14	3	2,94 x 10 ⁻⁷	
	2.III	2,12	66,6	0,25	60	1,193	14	3	3,22 x 10 ⁻⁷	
Komposisi 25% Serbuk Kulit Biji Mangga	3.I	2,12	66,6	0,25	60	1,088	14	3	2,44 x 10 ⁻⁷	2,52 x 10 ⁻⁷
	3.II	2,12	66,6	0,25	60	1,096	14	3	2,49 x 10 ⁻⁷	
	3.III	2,12	66,6	0,25	60	1,114	14	3	2,62 x 10 ⁻⁷	
KEV-2700		2,12	66,6	0,25	60	1,201	1,4	14	3,29 x 10 ⁻⁷	3,29 x 10 ⁻⁷

Contoh perhitungan pada komposisi 45% serbuk kulit biji mangga 1.I

Hasil keausan spesifik 1.I : 40 setrip; 50 setrip; 48 setrip

$$b_0 = \frac{40 + 50 + 48}{3} = \frac{138}{3} = 46 \text{ setrip}$$

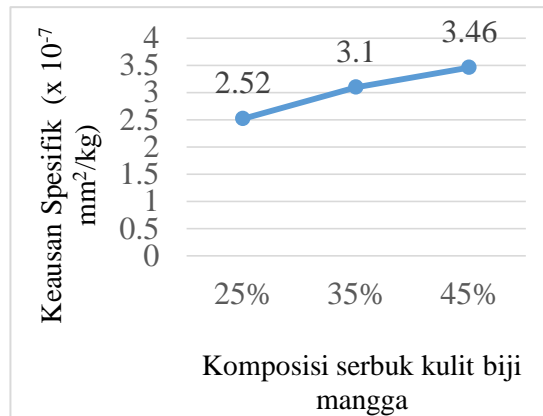
$$(1 \text{ mm} = 38 \text{ setrip}) = \frac{46 \text{ setrip}}{38 \text{ setrip}} = 1,21 \text{ mm}$$

$$L_0 = 66,6 \text{ m} = 66600 \text{ mm}$$

$$W_s = \frac{B \cdot b_0^3}{8 \cdot r \cdot P_0 \cdot l_0}$$

$$= \frac{3 \cdot (1,21)^3}{8 \cdot 14 \cdot 2,12 \cdot 66600} = \frac{3 \cdot 1,772}{15813504} = \frac{5,316}{15813504} = 0,000000336 \text{ mm}^2/\text{kg} = 3,36 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$$

Masing-masing komposisi dibuat 3 spesimen untuk diuji keausan, kemudian diambil nilai rata-rata keausan spesifik dari tiap variasi 45%, 35% dan 25% serbuk biji mangga. Hasil tersebut kemudian disajikan dalam gambar untuk mengetahui pengaruh komposisi serbuk kulit biji mangga terhadap nilai keausan spesifik kanvas rem sesuai gambar 4.1.



Gambar 4.1 Nilai Keausan

Berdasarkan hasil diatas, nilai keausan yang paling rendah hingga yang tertinggi dimulai dari komposisi 25% serbuk kulit biji mangga sebesar $2,52 \times 10^{-7}$ mm²/kg, kemudian komposisi 35% serbuk kulit biji mangga sebesar $3,1 \times 10^{-7}$ mm²/kg dan yang tertinggi keausannya adalah komposisi 45% serbuk kulit biji mangga yaitu sebesar $3,46 \times 10^{-7}$ mm²/kg. Nilai keausan spesifik kanvas rem pembanding (KEV-2700) yaitu $3,29 \times 10^{-7}$ mm²/kg. Komposisi yang mendekati nilai keausan kanvas rem pembanding yaitu komposisi 35% serbuk kulit biji mangga. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar penambahan persentase serbuk biji mangga dan berkurangnya persentase serbuk kuningan, maka semakin besar nilai keausannya. Hal ini relevan dengan pernyataan Kristianta dkk (2017) yang menyebutkan semakin keras suatu bahan semakin baik struktur mikronya serta semakin kecil nilai laju keausannya. Serbuk kulit biji mangga dapat meningkatkan laju keausan dari kanvas rem komposit karena mempunyai kadar air dan serat. Penyebab lain nilai laju keausan kanvas rem komposit adalah semakin besar atau semakin mudah aus suatu bahan komposit dapat dipengaruhi oleh besarnya waktu yang diberikan pada proses kompaksi (Kristianta dkk, 2017).

3.2 Uji Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan menggunakan alat *microhardness tester* (FM-300), dimana pada permukaan material diberi beban sebesar 300gram, indenter berbentuk piramida intan dengan sudut 136°. Pengujian ini dilakukan pada 5 titik yang berbeda untuk setiap spesimen.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan Vickers Kanvas Rem

Nama Komposisi	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	VHN (kgf/mm ²)	VHN rata-rata (kgf/mm ²)	
Komposisi 45% Serbuk Kulit Biji Mangga	1.I	55,21	53,65	187,74	179,85
		55,85	54,37	183,13	
		57,96	57,53	166,80	
		55,66	54,79	182,37	
		55,35	56,07	179,21	
	1.II	54,58	55,03	185,18	182,29
		54,57	54,57	186,78	
		55,09	55,82	180,86	
		56,29	56,66	174,39	
		55,2	54,69	184,24	
VHN Rata-rata, Komposisi 45% Serbuk Kulit Biji Mangga				181,07	
Komposisi 35% Serbuk Kulit Biji Mangga	2.I	51,14	51,33	211,88	213,87
		50,78	51,22	213,84	
		50,74	51,27	213,80	
		50,94	50,99	214,13	
		51,02	50,54	215,70	
	2.II	50,81	50,64	216,17	214,90
		51,08	50,89	213,97	
		51,17	50,79	214,01	
		50,66	50,97	215,40	
		50,97	50,77	214,94	
VHN Rata-rata, Komposisi 35% Serbuk Kulit Biji Mangga				214,38	
Komposisi 25% Serbuk Kulit Biji Mangga	3.I	46,72	46,92	253,73	254,03
		45,98	46,11	262,34	
		47,11	47,11	250,61	
		46,83	46,92	253,13	
		47,17	47,1	250,35	
	3.II	47,91	47,21	245,89	253,64
		46,81	46,79	253,94	
		46,33	46,57	257,79	
		46,29	46,27	259,68	
		47,07	47,1	250,88	
VHN Rata-rata, Komposisi 25% Serbuk Kulit Biji Mangga				253,84	

Tabel 4.2 Lanjutan

Nama Komposisi	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	VHN (kgf/mm ²)	VHN rata-rata (kgf/mm ²)
KEV-2700	49,81	49,77	224,36	223,26
	50,24	49,99	221,46	
	49,97	49,44	225,13	
	49,66	49,65	225,58	
	49,81	50,8	219,79	
VHN Rata-rata, KEV-2700				223,26

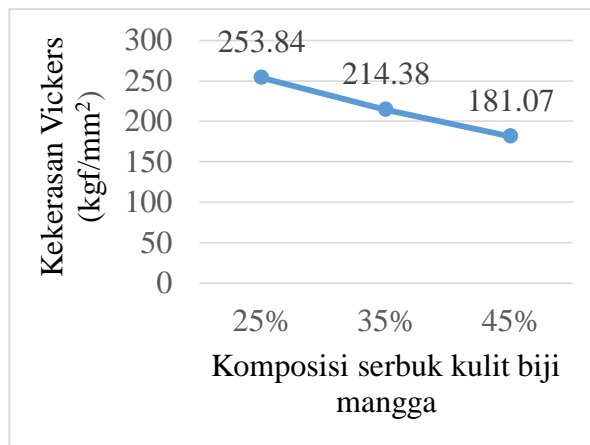
Contoh perhitungan pada komposisi 25% serbuk kulit biji mangga 3.I

$$P = 300 \text{ gf} = \frac{300}{1000} = 0,3 \text{ kgf}$$

$$d^2 = \left(\frac{46,72+46,92}{2} \right)^2 = (46,82 \text{ } \mu\text{m})^2 = 2192,112 \text{ } \mu\text{m}^2 = 0,002192 \text{ mm}^2$$

$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{0,3}{0,002192} = 253,73 \text{ kgf/mm}^2$$

Pengujian kekerasan untuk setiap spesimen dilakukan sebanyak 5 titik uji kemudian diambil nilai rata-rata kekerasan dari tiap komposisi 45%, 35% dan 25% serbuk kulit biji mangga. Hasil tersebut kemudian disajikan dengan grafik untuk mengetahui pengaruh serbuk kulit biji mangga terhadap nilai kekerasan kanvas rem sesuai gambar 4.2.



Gambar 4.2 Nilai Kekerasan Vickers

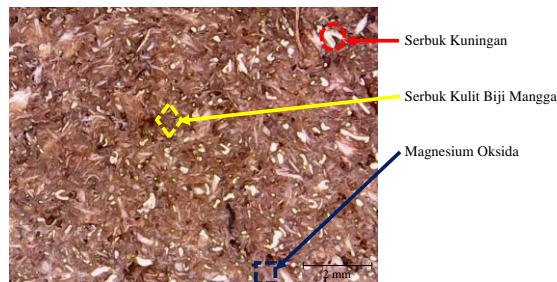
Berdasarkan hasil diatas, nilai kekerasan yang paling rendah hingga yang tertinggi dimulai dari komposisi 45% serbuk kulit biji mangga sebesar 181,07 kgf/mm², kemudian komposisi 35% serbuk kulit biji mangga sebesar 214,38 kgf/mm² dan yang tertinggi kekerasannya adalah komposisi 25% serbuk kulit biji mangga yaitu sebesar 253,84 kgf/mm². Nilai kekerasan kanvas rem pembanding (KEV-2700) sebesar 223,26 kgf/mm², komposisi yang paling optimal yang mendekati nilai kekerasan kanvas rem pembanding yaitu komposisi 35% serbuk kulit biji mangga. Hasil penelitian kanvas rem dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan persentase serbuk kulit biji mangga dan berkurangnya persentase serbuk kuningin maka semakin besar nilai kekerasannya. Hal ini relevan dengan pernyataan bahwa; semakin keras suatu bahan semakin baik struktur mikronya serta semakin besar nilai kekerasannya (Kristianta dkk, 2017). Serbuk kuningin dan kandungan serat pada serbuk kulit biji mangga pada penelitian ini berfungsi meningkatkan

kekerasan kanvas rem komposit, tetapi yang lebih dominan meningkatkan kekerasan kanvas rem adalah serbuk kuningan karena serbuk kuningan memiliki nilai kekerasan yang lebih besar dari serbuk kulit biji mangga. Semakin besar nilai kekerasan kanvas rem, maka semakin kecil laju keausannya.

Berdasarkan hasil pengujian keausan dan kekerasan diatas, maka komposisi paling optimal yang mendekati kanvas rem pembanding (KEV-2700) dengan nilai keausan sebesar $3,29 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$ serta kekerasan sebesar $223,26 \text{ kgf/mm}^2$ yaitu komposisi 35% serbuk kulit biji mangga dengan nilai keausan sebesar $3,1 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$ dan kekerasan sebesar $214,38 \text{ kgf/mm}^2$. Komposisi 45% serbuk kulit biji mangga memiliki nilai keausan lebih besar dan kekerasan lebih kecil dari kanvas rem pembanding yaitu sebesar $3,46 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$ dan $181,07 \text{ kgf/mm}^2$, sedangkan komposisi 25% serbuk kulit biji mangga memiliki nilai keausan lebih kecil dan kekerasan lebih besar dari kanvas rem pembanding yaitu sebesar $2,52 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$ dan $253,84 \text{ kgf/mm}^2$.

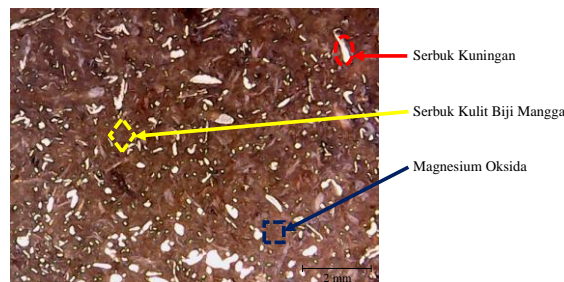
3.3 Uji Foto Mikro

Pengambilan foto mikro kanvas rem menggunakan alat *Metalurgical Microscope*.



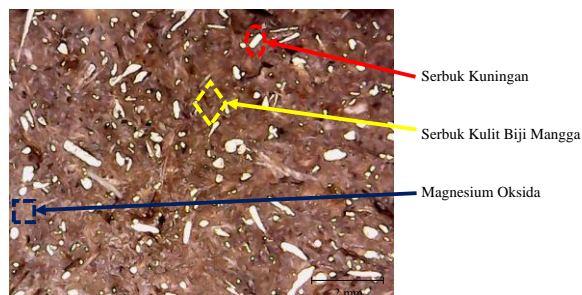
Gambar 4.3 Foto Mikro Komposisi 45% Serbuk Kulit Biji Mangga

Berdasarkan gambar 4.3, Komposisi 45% serbuk kulit biji mangga, 25% serbuk kuningan, 20% MgO dan 10% resin *epoxy* terlihat banyaknya serbuk kulit biji mangga pada semua bagian spesimen. Serbuk kuningan juga hanya terlihat sedikit di sebagian titik dan campuran bahan tersebut terlihat tidak merata. Pada campuran ini serbuk kulit biji mangga yang paling mendominasi struktur komposit menyebabkan nilai kekerasan semakin menurun dan keausan semakin meningkat karena nilai kekerasan dari serbuk kulit biji mangga lebih kecil dibanding nilai kekerasan kuningan. Hal ini relevan dengan pernyataan bahwa; semakin keras suatu bahan semakin baik struktur mikronya serta semakin kecil nilai keausannya (Kristianta dkk, 2017).



Gambar 4.4 Foto Mikro Komposisi 35% Serbuk Kulit Biji Mangga

Berdasarkan gambar 4.4, Komposisi 35% serbuk kulit biji mangga, 35% serbuk kuningan, 20% MgO dan 10% resin *epoxy* terlihat serbuk kuningan semakin sedikit, meskipun besarnya persentase antara serbuk kuningan dan serbuk kulit biji mangga sama yaitu 35% tetapi jumlah diantara keduanya berbeda. Di sebagian titik juga tidak terlihat merata. Pada spesimen ini serbuk kulit biji mangga yang paling mendominasi struktur komposit menyebabkan nilai kekerasan semakin menurun dan keausan semakin meningkat karena nilai kekerasan dari serbuk kulit biji mangga lebih kecil dibanding nilai kekerasan kuningan. Hal ini relevan dengan pernyataan bahwa; semakin keras suatu bahan semakin baik struktur mikronya serta semakin kecil nilai keausannya (Kristianta dkk, 2017).



Gambar 4.5 Foto Mikro Komposisi 25% Serbuk Kulit Biji Mangga

Berdasarkan gambar 4.5, Komposisi 25% serbuk kulit biji mangga, 45% serbuk kuningan, 20% MgO dan 10% resin *epoxy* menunjukkan campuran bahan penyusun kanvas rem yang sudah rata dan saling mengikat, meskipun besarnya persentase antara serbuk kuningan dan serbuk kulit biji mangga berbeda tetapi kedua bahan tersebut terlihat saling mengisi dan tersebar rata pada semua bagian spesimen menyebabkan nilai kekerasan dan keausan semakin baik karena serbuk kuningan lebih dominan meningkatkan kekerasan dan mengurangi keausan karena nilai kekerasan serbuk kuningan lebih besar dibandingkan serbuk kulit biji mangga. Hal ini relevan dengan pernyataan bahwa; semakin keras suatu bahan semakin baik struktur mikronya serta semakin kecil nilai keausannya (Kristianta dkk, 2017).

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh serbuk biji mangga manalagi (*mangifera indica kultivar manalagi*) sebagai bahan penguat komposit kanvas rem terhadap sifat fisis dan mekanis dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai rata-rata keausan spesifik semakin meningkat (bertambah) seiring bertambahnya serbuk kulit biji mangga dengan hasil komposisi 45% serbuk kulit biji mangga sebesar $3,46 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$, komposisi 35% serbuk kulit biji mangga sebesar $3,1 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$ dan komposisi 25% serbuk kulit biji mangga sebesar $2,57 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Nilai keausan spesifik yang mendekati kanvas rem pembanding (KEV-2700) sebesar $3,29 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$ yaitu pada komposisi 35% serbuk kulit biji mangga. Nilai keausan spesifik optimal terjadi pada komposisi 35% serbuk kulit biji mangga.
2. Nilai rata-rata kekerasan vickers (VHN) semakin menurun (berkurang) seiring bertambahnya serbuk biji mangga dengan hasil komposisi 45% serbuk kulit biji mangga sebesar $181,07 \text{ kgf/mm}^2$, komposisi 35% serbuk kulit biji mangga sebesar $214,38 \text{ kgf/mm}^2$ dan komposisi 25% serbuk kulit biji mangga sebesar $253,84 \text{ kgf/mm}^2$. Nilai kekerasan vickers (VHN) yang mendekati kanvas rem pembanding (KEV-2700)

sebesar 223,26 kgf/mm² yaitu pada komposisi 25% serbuk kulit biji mangga. Nilai kekerasan vickers optimal terjadi pada komposisi 35% serbuk kulit biji mangga.

3. Hasil foto mikro menunjukkan komposisi 45% dan 35% serbuk kulit biji mangga lebih mendominasi campuran pada komposisi masing-masing, terlihat serbuk kuningan dan magnesium oksida kurang merata dipermukaan spesimen. Pada komposisi 25% serbuk kulit biji mangga, campuran terlihat sudah merata antara serbuk kuningan dan magnesium oksida yang berada dipermukaan spesimen.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM Designation: E384 – 17., 2017, *Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials*, United States
- Hadi, Q., Zamheri, A., 2017, *Pengaruh Fraksi Volume Penguat Abu Terbang, Serbuk Besi dan Matrik Resin terhadap Keausan dan Kekerasan untuk Bahan Kampas Rem*, Jurnal Austenit, Vol. 9, No. 1
- Kiswiranti, D., Sugianto., Hindarto, N., Sutikno., 2009, *Pemanfaatan Serbuk Alternatif Serat Penguat Bahan Friksi Tempurung Kelapa sebagai Non-Asbes pada Kampas Rem Sepeda Motor*, Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia 5, 62-66
- Kristianta, F.X., Kristian, I.T.A., Sholahuddin, I., 2017, *Variasi Ukuran terhadap Kekerasan dan Laju Keausan Komposit Epoxy Aluminium-Serbuk Tempurung Kelapa untuk Kampas Rem*, Jurnal Rekayasa Mesin, Vol. 8, No. 3: 149-153
- Mubbarok, M.H., 2014, *Pengaruh Ukuran Serbuk Kuningan terhadap Ketahanan Aus, Koefisien Gesek dan Kekerasan Kampas Rem*, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta