

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH UKURAN PARTIKEL SERBUK BAMBUN TERHADAP SIFAT MEKANIS KOMPOSIT UNTUK APLIKASI KAMPAS REM SEPEDA MOTOR

Rina Lusiani^{1*}, Sunardi², Nico Purnama³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jendral Sudirman km 03, Cilegon 42435

*Email : rina_lusiani@yahoo.com

ABSTRAK

Kampas rem merupakan salah satu komponen kendaraan bermotor yang berfungsi untuk memperlambat atau menghentikan laju kendaraan khususnya kendaraan darat, rem juga dituntut untuk dapat digunakan pada kondisi yang ekstrem sekalipun. Dalam aplikasinya kampas rem juga harus memiliki sifat fisik dan karakteristik yang baik dengan faktor keamanan yang mendukung. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi material komposit sebagai solusi alternatif bahan kampas rem sepeda motor dengan harga terjangkau, ramah lingkungan, memiliki karakteristik yang baik, dan mengetahui pengaruh dari variasi ukuran serbuk bambu terhadap sifat mekanik. Bahan utama yang digunakan adalah bambu betung, bahan yang tersusun dari serat bambu, serbuk bambu, serbuk Zn dan resin epoksi, dengan variasi ukuran serbuk bambu K1 (40 mesh), K2 (60 mesh), dan K3 (80 mesh). Pembuatan bahan dilakukan dengan metode metalurgi serbuk, menggunakan kompaksi cold press punch dengan tekanan 400 kg/cm². Selanjutnya bahan di sintering pada temperatur 150oC selama 1 jam. Karakteristik yang diteliti yaitu kekerasan, laju keausan, densitas, porositas, koefisien gesek, dan pengamatan struktur mikro. Dari hasil pengujian komposit dengan karakteristik terbaik yaitu K3, dengan nilai kekerasan 60 N/mm², laju keausan 3.23×10^{-6} mm³/mm, densitas 1.39 gr/cm³, dan porositas 0.48%.

Kata kunci: ukuran serbuk, bambu betung, kampas rem, komposit

1. PENDAHULUAN

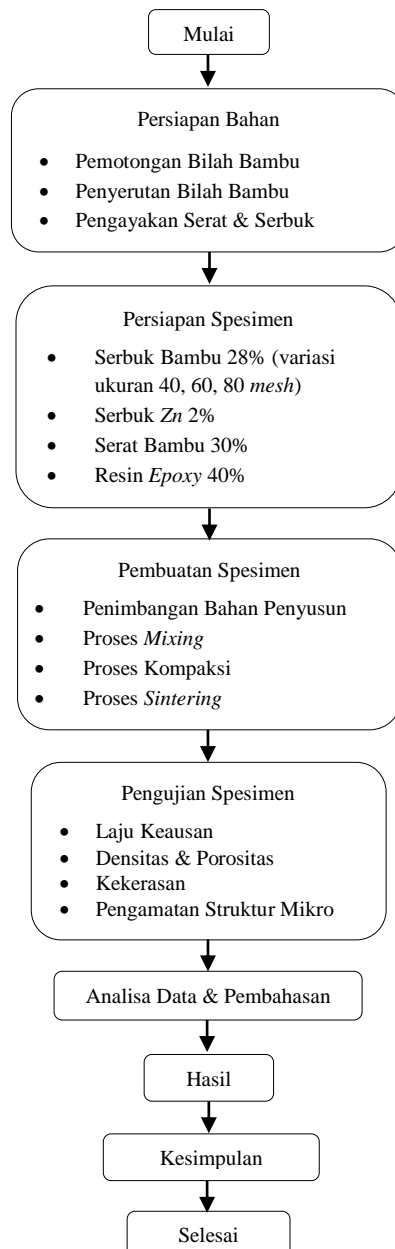
Kampas rem merupakan salah satu komponen kendaraan bermotor yang berfungsi untuk memperlambat atau menghentikan laju kendaraan khususnya kendaraan darat, terutama pada saat kendaraan berkecepatan tinggi fungsi kampas rem tersebut memiliki beban mencapai 90% dari komponen lainnya, bahkan keselamatan jiwa manusia tergantung pada kemampuan dari komponen tersebut. Karena padatnya populasi kendaraan dikota-kota besar saat ini biasanya pengemudi akan lebih sering menggunakan rem, dan rem juga dituntut untuk dapat digunakan pada kondisi yang ekstrem sekalipun. Dalam aplikasinya kampas rem juga harus memiliki sifat fisik dan karakteristik yang baik dengan faktor keamanan yang mendukung.

Umumnya kampas rem terdiri dari tiga bahan penyusun, yaitu bahan pengikat, bahan serat, dan bahan pengisi. Untuk mengikat berbagai zat penyusun didalam bahan kampas rem tersebut digunakan resin, yang memiliki sifat utamanya sebagai pengikat. Demi memenuhi kebutuhan sifat karakteristik kampas rem bahan serat dan pengisi kampas rem dibuat dari campuran material yang memiliki sifat fisik dan mekanik cukup baik.

Kini para peneliti dituntut untuk melakukan penelitian terhadap komponen kendaraan bermotor khususnya kampas rem, guna dapat memenuhi kebutuhan pasar otomotif dalam negeri. Dan dengan semakin beragamnya tipe kendaraan, merek pabrikan, dan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia, maka kebutuhan akan produk material otomotif juga semakin besar khususnya kampas rem. Kampas rem juga termasuk komponen *fast moving* yang memiliki umur pakai rendah, antara 6 bulan sampai 1 tahun pemakaian normal, dengan melihat fungsinya yang sangat penting dan umur pakainya yang tidak terlalu lama menjadikan kampas rem sebagai konsumsi rutin dan wajib bagi para pemilik kendaraan bermotor.

Hal inilah yang memberikan ide penelitian untuk membuat komposit sebagai bahan alternatif kampas rem kendaraan. Dimana pada komposit ini bermatriks resin epoksi dengan penguat serat bambu dan serbuk bambu dengan campuran *Zn* untuk aplikasi kampas rem motor, dan juga diharapkan untuk dapat menjadi solusi alternatif pengembangan teknologi material dengan pemanfaatan bahan komposit yang ramah lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

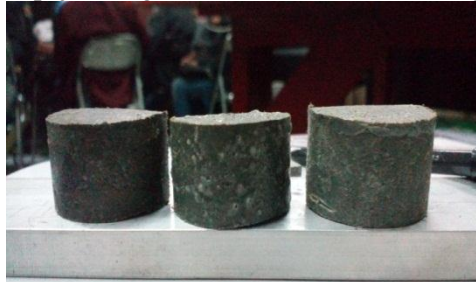


Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pembuatan Spesimen

Komposisi spesimen komposit terdiri dari serbuk bambu 28%, serbuk Zn 2%, serat bambu 30%, dan resin *epoxy* 40%. Untuk variasi pertama serbuk bambu yang digunakan berukuran 40 *mesh*, untuk variasi kedua berukuran 60 *mesh*, dan variasi ketiga berukuran 80 *mesh*. Proses pembuatan spesimen komposit dilakukan dengan tekanan kompaksi sebesar 400 kg/cm² menggunakan mesin *press* hidrolik, kemudian hasil proses kompaksi disintering pada temperatur 150°C selama 60 menit. Bentuk awal spesimen hasil proses kompaksi berbentuk silinder pejal dengan diameter 40 mm dan tinggi 40 mm.



Gambar 2. Material spesimen komposit

3.2. Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada material komposit ini dilakukan dengan metode *ball indentation* menggunakan bola baja berdiameter 5mm dan pembebanan 132,3 N dengan waktu tunggu pembebanan selama 30 detik. Standar yang digunakan pada saat pengujian kekerasan adalah ISO 2039-1, pemilihan diameter indenter dan pembebanan didapat berdasarkan skala standar uji kekerasan *Rockwell H*. Hasil dari pengujian kekerasan *ball indentation* dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

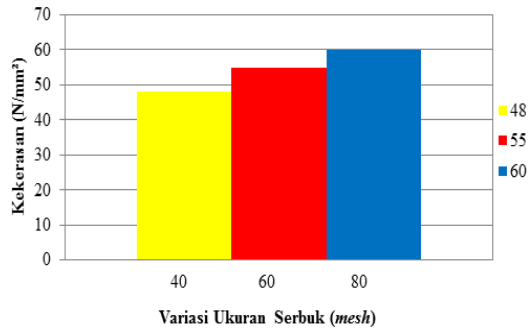
Tabel 1. Data hasil pengujian kekerasan

No	Kode Sampel	Ukuran Serbuk (<i>mesh</i>)	Kekerasan (N/m ²)	Rata-rata (N/mm ²)
1	K1	40 <i>mesh</i>	42	48
			52	
			51	
2	K2	60 <i>mesh</i>	51	55
			62	
			52	
3	K3	80 <i>mesh</i>	57	60
			57	
			67	

Pada Tabel 1 dapat dilihat hasil pengujian kekerasan yang dipengaruhi oleh variasi ukuran serbuk bambu yang digunakan. Dari tiga pengujian ini terlihat pada komposit kode K1 memiliki nilai kekerasan yang terendah dengan 48 N/mm² sedangkan nilai tertinggi didapat pada komposit kode K3 dengan nilai kekerasan 60 N/mm².

Nilai dari hasil pengujian kekerasan ini sangat dipengaruhi dari ukuran serbuk bambu yang digunakan, karena semakin kecil ukuran serbuk bambu yang digunakan akan berpengaruh pada kerapatan tiap serbuk bambu dan bahan penyusun lainnya, sehingga mampu memperkuat struktur bahan penyusun dan hanya akan menyisakan rongga-rongga yang lebih kecil pada sampel komposit tersebut.

Nilai hasil pengujian kekerasan ini juga nantinya akan sangat berpengaruh pada tingginya nilai densitas dan rendahnya nilai porositas komposit tersebut, dan akan berbanding terbalik juga pada nilai hasil pengujian keausan. Terlihat pada gambar 3 grafik hasil pengujian kekerasan.



Gambar 3. Grafik hasil pengujian kekerasan

3.3. Hasil Pengujian Densitas

Pengujian densitas atau massa jenis secara teoritis dapat disebut massa persatuan volume, pada proses metalurgi serbuk yang terdiri dari campuran suatu bahan dengan massa jenis yang berbeda-beda maka perlu dilakukan pengujian ini untuk mengetahui berat jenisnya material komposit tersebut. Perbedaan ukuran serbuk 57amboos memiliki nilai massa jenis yang berbeda dan berpengaruh pada nilai densitas, dimana ukuran serbuk 57amboos 40 mesh memiliki nilai massa jenis 0,136 gr/cm³, sedangkan untuk ukuran 60 mesh memiliki nilai massa jenis 0,145 gr/cm³, dan untuk ukuran serbuk 57amboos 80 mesh memiliki nilai massa jenis 0,169 gr/cm³. Semakin kecil ukuran serbuk 57amboos yang digunakan maka struktur bahan akan semakin padat dan pada akhirnya akan meningkatkan nilai densitas material komposit tersebut. Hasil dari pengujian densitas dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

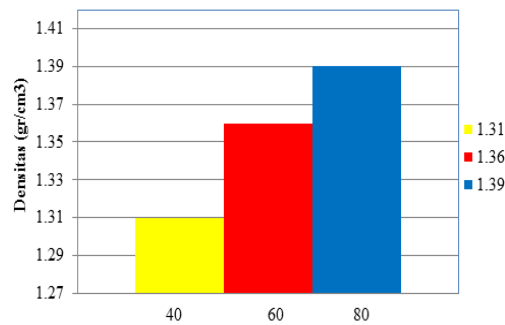
Tabel 2. Data hasil pengujian densitas

Kode Sampel	Ukuran Serbuk (mesh)	Massa (gram)	Volume (cm ³)	Densitas (gr/cm ³)	Rata-rata (gr/cm ³)
K1	40 mesh	15.799	11.968	1.32010	1.31
		15.458	11.735	1.31725	
		15.285	11.602	1.31744	
K2	60 mesh	15.829	11.505	1.37583	1.36
		16.265	11.847	1.37292	
		15.950	11.750	1.35744	
K3	80 mesh	16.465	11.850	1.38945	1.39
		16.877	11.950	1.41230	
		16.540	11.885	1.39167	

Pada Tabel 2. Dijelaskan hasil pengujian densitas yang dipengaruhi oleh variasi ukuran serbuk 57amboos, dari ke tiga sampel komposit dengan variasi ukuran serbuk yang berbeda memiliki nilai densitas yang berbeda pula. Pada komposit K1 dengan variasi ukuran serbuk 57amboos 40 mesh memiliki rata-rata nilai densitas sebesar 1,31 gr/cm³, untuk komposit K2 dengan variasi ukuran serbuk 57amboos 60 mesh memiliki rata-rata nilai densitas sebesar 1,36 gr/cm³, dan pada komposit K3 dengan variasi ukuran serbuk 57amboos memiliki rata-rata nilai densitas sebesar 1,39 gr/cm³.

Dari hasil pengujian densitas ini komposit K1 memiliki nilai densitas yang paling kecil dan komposit K3 memiliki nilai densitas yang terbesar. Jadi semakin kecilnya ukuran serbuk 57amboos maka akan semakin besar pula nilai densitasnya, hal ini

disebabkan karena kontak antara serbuk 58amboos dan bahan penyusun lainnya akan semakin rapat dan mendorong partikel serbuk 58amboos untuk mengisi pori-pori sehingga bahan semakin padat dan hanya akan menyisahkan sedikit rongga pada komposit tersebut. Peningkatan nilai densitas dari setiap komposit tidak memiliki selisih nilai yang terlalu jauh, karena masing-masing ukuran serbuk 58amboos memiliki nilai massa jenis yang berbeda-beda sehingga akan memiliki volume yang berbeda pula. Terlihat pada gambar 4 grafik pengaruh ukuran serbuk 58amboos terhadap nilai densitas komposit.



Gambar 4. Grafik hasil pengujian densitas

3.4. Hasil Pengujian Porositas

Pada dasarnya nilai porositas suatu bahan berbanding terbalik dengan nilai densitas bahan komposit tersebut, semakin padat suatu bahan maka densitasnya akan semakin tinggi dan porositas akan semakin kecil. Porositas pada bahan komposit juga dapat menurunkan sifat mekanis seperti kekerasan dan laju keausan, yang pada akhirnya akan mempengaruhi sifat karakteristik bahan komposit tersebut. Variasi ukuran serbuk bambu juga sangat berpengaruh pada jumlah porositas, karena semakin besar ukuran serbuk bambu maka akan menyisahkan rongga atau celah yang akan meningkatkan nilai porositas pada bahan komposit tersebut. Hasil dari pengujian porositas dapat dilihat pada tabel 3. dibawah ini.

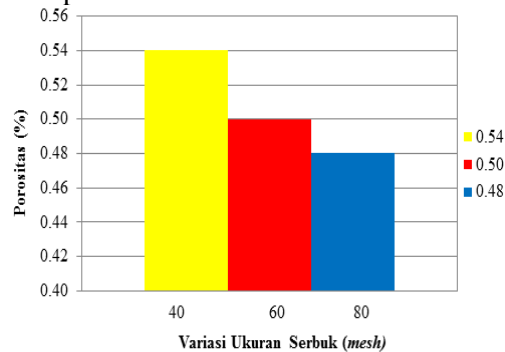
Tabel 3. Data hasil pengujian porositas

Kode Sampel	Ukuran Serbuk (mesh)	Massa Kering (gram)	Massa Basah (gram)	Porositas (%)	Rata-rata (%)
K1	40 mesh	15.799	15.880	0.512	0.54
		15.458	15.540	0.530	
		15.285	15.374	0.582	
K2	60 mesh	15.829	15.910	0.511	0.50
		16.265	16.345	0.491	
		15.950	16.031	0.507	
K3	80 mesh	16.465	16.544	0.479	0.48
		16.877	16.958	0.485	
		16.540	16.620	0.483	

Pada Tabel 3. dijelaskan hasil pengujian porositas yang dipengaruhi oleh variasi ukuran serbuk bambu, dari ke tiga sampel komposit dengan variasi ukuran serbuk yang berbeda memiliki nilai porositas yang berbeda pula. Pada komposit K1 dengan variasi ukuran serbuk bambu 40 mesh memiliki rata-rata nilai densitas sebesar 0,54%, untuk komposit K2 dengan variasi ukuran serbuk bambu 60 mesh memiliki rata-rata nilai densitas sebesar 0,50%, dan pada komposit K3 dengan variasi ukuran serbuk bambu 80 mesh memiliki rata-rata nilai densitas sebesar 0,48%.

Hubungan antara hasil pengujian porositas dengan pengujian densitas pada bahan komposit ini adalah berbanding terbalik. Karena nilai densitas yang tinggi menunjukkan

kepadatan bahan material pada komposit akan menjadi lebih baik, sehingga partikel serbuk bambu pada komposit dapat dengan baik mengisi rongga atau celah didalam bahan komposit tersebut. Sedangkan porositas adalah rongga atau celah pada komposit yang disebabkan adanya udara yang terjebak pada saat proses kompaksi, sehingga partikel serbuk bambu tidak dapat dengan baik mengisi rongga atau celah pada bahan komposit tersebut. Terlihat pada gambar 5 grafik pengaruh ukuran serbuk bambu terhadap nilai porositas komposit.



Gambar 5. Grafik hasil pengujian porositas

4.5 Hasil Pengujian Keausan

Pada pengujian keausan menggunakan metode *pin on disc* (ASTM G99) dengan mesin uji Ogoshi. Benda uji mendapat beban gesek dari cincin yang berputar, kecepatan putaran benda uji ditentukan sebanyak 1,97 m/s dengan pembebanan 3,16 Kg. Pengujian dilakukan pada permukaan komposit yang telah diratakan, agar nilai laju keausan dari pengujian sesuai dengan luas permukaannya. Hasil dari pengujian keausan dapat dilihat pada tabel 4. dibawah ini.

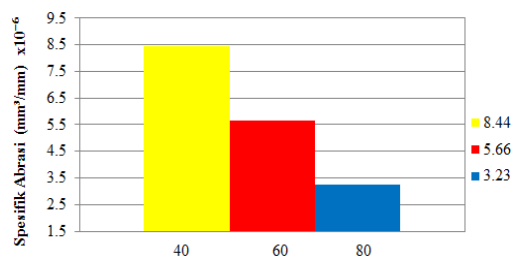
Tabel 4. Data hasil pengujian keausan

No	Kode Komposit	Ukuran Serbuk (mesh)	Spesifik Abrasi (mm ³ /mm) x10 ⁻⁶
1	K1	40	8.44
2	K2	60	5.66
3	K3	80	3.23
4	Kampas Rem	-	3.41

Pada Tabel 4 dijelaskan hasil pengujian keausan yang dipengaruhi oleh variasi ukuran serbuk bambu, dari ke tiga sampel komposit dengan variasi ukuran serbuk yang berbeda memiliki nilai laju keausan yang berbeda pula. Pada komposit K1 dengan variasi ukuran serbuk bambu 40 mesh memiliki rata-rata nilai laju keausan sebesar 8.44 x 10⁻⁶ mm³/mm, untuk komposit K2 dengan variasi ukuran serbuk bambu 60 mesh memiliki rata-rata nilai laju keausan sebesar 5.66 x 10⁻⁶ mm³/mm, dan pada komposit K3 yang nilainya paling mendekati standar kampas rem yang ada dipasaran dengan variasi ukuran serbuk bambu 80 mesh memiliki rata-rata nilai laju keausan sebesar 3.23 x 10⁻⁶ mm³/mm.

Pada pengujian keausan nilai kekerasan akan menurunkan laju keausan, karena kekerasan merupakan sifat mekanik yang menunjukkan kemampuan material untuk menahan beban yang diberikan. Nilai porositas yang rendah juga menunjukkan bahwa

material tersebut memiliki ikatan semua bahan yang baik dan terdistribusi secara merata. Ukuran serbuk bambu yang dapat menutupi seluruh rongga atau celah pada material serta kekuatan serbuk Zn dan daya lekat resin juga sangat mempengaruhi nilai laju keausan material komposit, ikatan material didalam komposit akan menjadi lebih kuat dan tidak mudah terabrasi saat terjadi gesekan, karena bahan tersebut memiliki karakteristik ketahanan yang baik terhadap sifat keausan material komposit yang ditunjukkan dengan berkurangnya nilai laju keausan yang diperoleh. Terlihat pada gambar 6 grafik pengaruh ukuran serbuk bambu terhadap nilai laju keausan komposit.



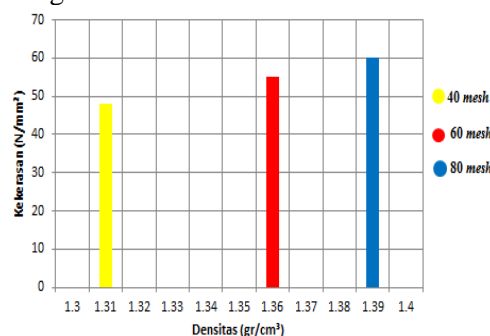
Gambar 6. Grafik hasil pengujian keausan

4.6 Hubungan Hasil Pengujian

4.6.1 Hubungan Hasil Pengujian Densitas dengan Kekerasan

Pada gambar grafik 7, dijelaskan hubungan hasil pengujian densitas dengan kekerasan. Nilai densitas semakin besar berpengaruh pada peningkatan nilai kekerasan komposit. Pada komposit satu (K1) dengan variasi ukuran serbuk bambu 40 *mesh* memiliki rata-rata nilai densitas sebesar 1.31 gr/cm³ dengan nilai kekerasan sebesar 48 N/mm². Untuk komposit dua (K2) dengan variasi serbuk bambu 60 *mesh* memiliki rata-rata nilai densitas sebesar 1.36 gr/cm³ dengan nilai kekerasan sebesar 55 N/mm². Dan pada komposit tiga (K3) dengan variasi serbuk bambu 80 *mesh* memiliki rata-rata nilai densitas sebesar 1.39 gr/cm³ dengan nilai kekerasan sebesar 60 N/mm².

Jadi, berdasarkan pada grafik terlihat semakin besar nilai densitas maka nilai kekerasan akan meningkat. Sehingga hubungan antara hasil pengujian densitas dengan kekerasan adalah berbanding lurus.



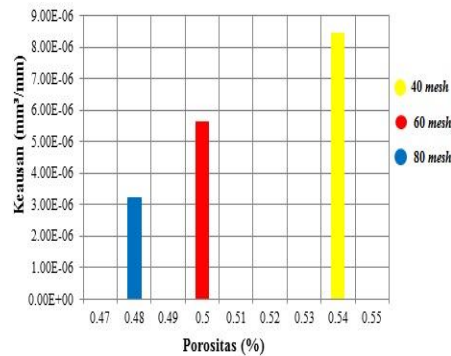
Gambar 7. Grafik hubungan hasil pengujian densitas dengan kekerasan

4.6.2 Hubungan Hasil Pengujian Porositas dengan Laju Keausan

Pada gambar grafik 8, dijelaskan hubungan antara hasil pengujian porositas dengan laju keausan. Nilai porositas semakin besar berpengaruh pada peningkatan nilai laju keausan komposit. Pada komposit satu (K1) dengan variasi ukuran serbuk bambu 40 *mesh* memiliki rata-rata nilai porositas sebesar 0,54% dengan nilai laju keausan sebesar 8.44 x 10⁻⁶ mm³/mm. Untuk komposit dua (K2) dengan variasi serbuk bambu 60 *mesh* memiliki rata-rata nilai porositas sebesar 0,50% dengan nilai laju keausan sebesar 5.66 x

10^{-6} mm³/mm. Dan pada komposit tiga (K3) dengan variasi serbuk bambu 80 *mesh* memiliki rata-rata nilai porositas sebesar 0,48% dengan nilai laju keausan sebesar 3.23×10^{-6} mm³/mm.

Jadi, berdasarkan pada grafik terlihat semakin besar nilai porositas maka nilai laju keausan akan meningkat. Sehingga hubungan antara hasil pengujian porositas dengan laju keausan adalah berbanding lurus.



Gambar 8. Grafik hubungan hasil pengujian porositas dengan laju keausan

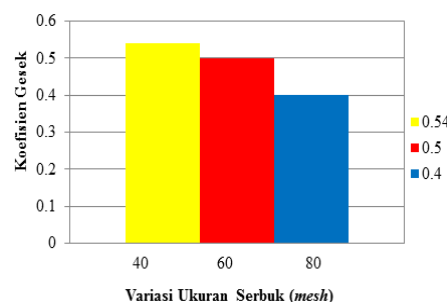
4.7 Pengujian Koefisien Gesek

Dari pengujian koefisien gesek yang telah dilakukan didapatkan data hasil pengujian berikut. Hasil dari pengujian koefisien gesek dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Data hasil pengujian koefisien gesek

No	M1 (gram)	M2 (gram)	Koefisien gesek (μ)
K1	500	270	0.54
K2	500	250	0.5
K3	500	200	0.4

Pada Tabel 5 dijelaskan hasil pengujian koefisien gesek yang dipengaruhi oleh variasi ukuran serbuk bambu, dari ke tiga sampel komposit dengan variasi ukuran serbuk yang berbeda memiliki nilai koefisien gesek yang berbeda pula. Pada komposit K1 dengan variasi ukuran serbuk bambu 40 *mesh* memiliki nilai koefisien gesek sebesar 0.54, untuk komposit K2 dengan variasi ukuran serbuk bambu 60 *mesh* memiliki nilai koefisien gesek sebesar 0.5, dan pada komposit K3 variasi ukuran serbuk bambu 80 *mesh* memiliki nilai koefisien gesek sebesar 0.4. Hal ini dipengaruhi karena kekasaran permukaan pada spesimen komposit kanvas rem, dimana ukuran serbuk bambu 40 *mesh* lebih kasar permukaannya dari pada spesimen komposit kanvas rem 80 *mesh*. Terlihat pada gambar 4.8 grafik pengaruh ukuran serbuk bambu terhadap nilai koefisien gesek komposit.



Gambar 9. Grafik hasil pengujian koefisien gesek

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi ukuran partikel serbuk bambu pada komposit akan mempengaruhi sifat karakteristik kekerasan, laju keausan, densitas dan porositas komposit bahan alternatif kampas rem sepeda motor tersebut.
 - a. Nilai kekerasan komposit berbanding lurus dengan nilai densitasnya. Komposit dengan ukuran partikel 40 *mesh* memiliki nilai kekerasan terendah yaitu sebesar 48 N/mm², untuk komposit ukuran partikel 60 *mesh* memiliki nilai kekerasan sebesar 55 N/mm² dan untuk komposit dengan ukuran partikel 80 *mesh* memiliki nilai kekerasan tertinggi yaitu sebesar 60 N/mm². Sedangkan untuk nilai densitas pada komposit dengan ukuran partikel 40 *mesh* sebesar 1.31 gr/cm³, untuk komposit ukuran partikel 60 *mesh* memiliki nilai densitas sebesar 1.36 gr/cm³ dan untuk komposit dengan ukuran partikel 80 *mesh* sebesar 1.39 gr/cm³.
 - b. Nilai laju keausan komposit berbanding lurus dengan nilai porositasnya. Komposit dengan ukuran partikel 40 *mesh* memiliki nilai laju keausan terbesar yaitu sebesar 8.44×10^{-6} mm³/mm, untuk komposit ukuran partikel 60 *mesh* memiliki nilai laju keausan sebesar 5.66×10^{-6} mm³/mm dan untuk komposit dengan ukuran partikel 80 *mesh* memiliki nilai laju keausan terkecil yaitu sebesar 3.23×10^{-6} mm³/mm. Sedangkan untuk nilai porositas pada komposit dengan ukuran partikel 40 *mesh* sebesar 0.54 %, untuk komposit ukuran partikel 60 *mesh* memiliki nilai porositas sebesar 0.50% dan untuk komposit dengan ukuran partikel 80 *mesh* sebesar 0.48%.
 - c. Nilai koefisien gesek komposit dipengaruhi oleh ukuran serbuk bambu yang digunakan, karena semakin besar ukuran serbuk bambu akan mempengaruhi kekasaran permukaan spesimen. Komposit dengan ukuran partikel 40 *mesh* memiliki nilai koefisien gesek tertinggi yaitu sebesar 0.54, untuk komposit ukuran partikel 60 *mesh* memiliki nilai koefisien gesek sebesar 0.5 dan untuk komposit dengan ukuran partikel 80 *mesh* memiliki nilai kekerasan terendah yaitu sebesar 0.4.
2. Karakteristik sifat mekanik komposit kampas rem sepeda motor yang terbaik terdapat pada sampel K3 dengan variasi ukuran partikel serbuk bambu 80 *mesh*. Memiliki nilai kekerasan sebesar 60 N/mm², untuk nilai densitas sebesar 1.39 gr/cm³, untuk nilai porositas sebesar 0.48%, dan untuk nilai keausan sebesar 3.23×10^{-6} mm³/mm. Hal tersebut dikarenakan oleh ukuran partikel serbuk yang lebih kecil mampu dengan baik mengisi setiap rongga-rongga yang terdapat pada komposit kampas rem tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Gibson, R.F., 1994, *Principles Of Composite Material Mechanics*. McGraw-Hill Book Co New York.
- Groover, P., 2007, *Fundamentals of Modern Manufacturing*, Second edition. John Wiley & Sons.
- Hamdi, S., 2013, *Pengaruh Tekanan Kompaksi Terhadap Karakteristik Komposit Berpenguat Serat Bambu dan Mat Fiber Sebagai Bahan Alternatif Kampas Rem*, Cilegon : UNTIRTA.
- Jones, R.M., 1999, *Mechanics of Composite Material*, Virginia : Taylor & Francis.
- Ketut Puja, I gusti., 2010 *Studi Sifat Impak Ketahanan Aus dan Koefisien Gesek Bahan Komposit Arang Limbah Serbuk Gergaji Kayu Glugu Dengan Matriks Epoxy*, Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma.
- Khurmi R.S. Gupta J.K., 2009, *Theory of machines*. Eurasia Publishing House, S.CHAND.
- Kim, J., 1998, *Engineered Interfaces in Fiber Reinforced Composites*, Netherlands: Elsevier Science.

- Puja, I., 2010, *Studi Sifat Impak Ketahanan Aus dan Koefesien Gesek Bahan Komposit Arang Limbah Serbuk Gergaji Kayu Glugu Dengan Matriks Epoxy*. Yogyakarta : Universitas Sanata Drama.
- Purboputro, P.I., 2012, Pengembangan Kampas Rem Sepeda Motor dari Komposit Serat Bambu, *Fiber Glass*, Serbuk Aluminium dengan Pengikat Resin Polyester Terhadap Ketahanan Aus dan Karakteristik Pengeremannya. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi*, Periode III, hal. 367-373.
- Rasyid, F., 2014, *Karakteristik komposit serbuk bambu dengan campuran Fly Ash Batubara sebagai bahan alternative kampas rem*, Cilegon : UNTIRTA.
- Zamheri, A., 2012, *Pengaruh Waktu Stirring, Fraksi Volume dan Ukuran Besar Butir Partikel SiC Terhadap Kekerasan MMC*, Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya.