

# Studi eksperimen pemanfaatan limbah aluminium dan limbah kaca untuk pembuatan material komposit

Juriah Mulyanti<sup>1</sup>, Syahril Machmud<sup>1</sup>, Sukamto<sup>1</sup>, Daniel Afrizal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Janabadra  
Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, D.I. Yogyakarta 55231  
Email korespondensi: jm.yanti@janabadra.ac.id

## Abstrak

Kajian ini merupakan studi eksperimen dalam pembuatan material komposit dengan penguat serbuk kaca dari limbah rumah tangga dan serbuk aluminium dari limbah industri. Dari kajian ini akan diperoleh karakteristik material komposit dengan variasi komposisi serbuk kaca dan serbuk aluminium sebagai penguat. Kajian ini dianggap perlu dilakukan untuk mencari bahan komposit yang bukan saja unggul dalam sifat-sifat mekanik, tetapi juga optimal dalam aplikasinya serta memanfaatkan material limbah dalam jumlah cukup besar yang memerlukan pengelolaan tepat agar tidak menimbulkan masalah. Pembuatan material komposit ini menggunakan bahan serbuk kaca, serbuk aluminium dan resin epoksi dengan komposisi perbandingan volume 50% serbuk kaca-20% serbuk aluminium-30% resin, 40% serbuk kaca-30% serbuk aluminium-30% resin, dan 35% serbuk kaca-35% serbuk aluminium-30% resin. Proses pembuatan material komposit ini menggunakan metode hot press dengan tekanan gaya vertikal 4,5 kg pada suhu 80°C selama 60 menit. Karakterisasi yang dilakukan meliputi kekerasan dan laju keausan masing-masing komposisi material. Dari hasil pengujian diketahui bahwa karakteristik terbaik dengan laju keausan terendah dan kekerasan yang tertinggi, diperoleh pada komposisi 35% serbuk kaca-35% serbuk aluminium-30% resin, dengan nilai laju keausan  $7,73 \times 10^{-6}$  gr/mm<sup>2</sup>.detik dan kekerasan 49,3 HRB.

**Kata kunci:** serbuk kaca, serbuk aluminium, komposit, kekerasan, laju keausan.

## Abstract

This study is an experimental study in the manufacture of composite materials with glass powder reinforcement from household waste and aluminum powder from industrial waste. From this study, the characteristics of composite materials with variations in the composition of glass powder and aluminum powder will be obtained as reinforcement. This study is considered necessary to look for composite materials that are not only superior in mechanical properties, but are also optimal in their application and utilize waste materials in large enough quantities that require proper management so as not to cause problems. The manufacture of this composite material uses glass powder, aluminum powder and epoxy resin with a volume ratio of 50% glass powder-20% aluminum powder-30% resin, 40% glass powder-30% aluminum powder-30% resin, and 35% powder glass-35% aluminum powder-30% resin. The process of making this composite material uses the hot press method with a vertical force pressure of 4.5 kg at a temperature of 80°C for 60 minutes. The characterization carried out includes the hardness and wear rate of each material composition. From the test results, it is known that the best characteristics with the lowest wear rate and the highest hardness are obtained at the composition of 35% glass powder-35% aluminum powder-30% resin, with a wear rate of  $7.73 \times 10^{-6}$  gr/mm<sup>2</sup>.second and hardness 49.3 HRB.

**Keywords:** glass powder, aluminium powder, composite, hardness, wear rate.

## 1. Pendahuluan

Pemakaian material kaca untuk kebutuhan bangunan maupun rumah tangga yang semakin diminati, menyebabkan semakin banyaknya limbah kaca yang tersebar di mana-mana. Sampah atau limbah kaca tergolong berbahaya bila dibuang di sembarang tempat. Sampah kaca juga sangat sulit terurai di dalam tanah, dibutuhkan waktu hingga 1 juta tahun agar dapat terurai sepenuhnya dan jika tidak dimanfaatkan akan mencemari lingkungan [1]. Sementara ini, pemanfaatan limbah kaca masih terbatas pada mendaur ulang untuk dijadikan benda-benda kerajinan. Kerajinan dari limbah kaca ini

dapat dijadikan memperindah ruangan rumah, kantor, kafe, atau tempat lainnya. Sedangkan untuk limbah serbuk kaca yang belum dimanfaatkan oleh para pengrajin, pada kajian ini akan dimanfaatkan sebagai bahan pengisi pada material komposit. Kaca yang didominasi oleh bahan penyusun silika (SiO<sub>2</sub>) memiliki sifat unggul berupa titik lebur yang tinggi dan sifat mekanik yang sangat kuat, menjadikan limbah dari kaca tersebut memiliki potensi dan dipandang strategis sebagai bahan dasar komposit yang kuat [2].

Logam aluminium (Al) merupakan logam monolitik, bila ditinjau dari sifat mekanisnya memiliki nilai

kekerasan yang rendah. Hasil kajian pada *bushing* dengan proses *hot press* metalurgi serbuk diperoleh bahwa kekerasan meningkat dan laju keausan menurun dengan meningkatnya suhu *hot pressing* [3],[9]. Sebagai logam monolitik, Al memiliki beberapa kelemahan, terutama pada sifat mekanisnya. Akan tetapi, logam Al memiliki beberapa kelebihan, yaitu memiliki bobot yang ringan, tahan terhadap korosi dan juga mudah dibentuk. Untuk meningkatkan sifat mekanik aluminium dilakukan penambahan unsur penguat (*reinforcement*). Unsur penguat yang digunakan haruslah material yang keras, misalnya adalah keramik, dan material keramik yang paling keras adalah SiC. Variasi komposisi bahan memiliki pengaruh yang berbanding terbalik terhadap nilai kekerasan dan kekuatan tekan komposit jika ditinjau dari persen penambahan serbuk kaca, selain itu variasi tersebut juga berpengaruh signifikan terhadap nilai kekerasan dan kekuatan tekan komposit [4].

Komposit dengan penguat serbuk aluminium sudah banyak diteliti, kajian eksperimen ini akan melihat pengaruh komposisi serbuk aluminium dan serbuk kaca sebagai penguat material komposit. Pada kajian terhadap perubahan cuaca diperoleh hasil bahwa penambahan volume filler serbuk kaca akan meningkatkan ketahanan terhadap pemaparan cuaca [5]. Kajian ini dianggap perlu dilakukan untuk mencari bahan komposit yang bukan saja unggul dalam sifat-sifat mekanik, tetapi juga optimal dalam aplikasinya serta memanfaatkan material limbah dalam jumlah cukup besar yang memerlukan pengelolaan tepat, agar tidak menimbulkan masalah. Material dibuat dengan sifat-sifat yang disesuaikan kebutuhan seperti *carbon fiber* yang banyak digunakan pada pesawat, maka berkembang pula penggunaan keramik sebagai bahan komposit dan disebut *non-conventional composites* [6]. Pada kajian material komposit untuk kampas rem diperoleh hasil bahwa semakin kecil ukuran partikel serbuk kaca meningkatkan nilai kekerasan kampas rem dan menurunkan nilai keausannya [7]. Pengaruh komposisi massa serbuk kaca pada saat pembuatan

komposit akan mempengaruhi kekuatan *bending* dan *impact*. Hasil pengujian pada kekuatan *bending* dan *impact* menunjukkan kekuatan komposit dengan komposisi massa resin epoksi : serbuk kaca sebesar 80 : 20 lebih kecil dibanding matriks penyusunnya [8].

## 2. Metode

Kajian ini bertujuan untuk membuat material komposit dari bahan serbuk aluminium dan serbuk kaca dengan matriks resin epoksi guna membentuk bahan material yang dapat diujicobakan sebagai kampas rem pada kendaraan bermotor, proses pembuatannya menggunakan metode *press* yaitu proses pembuatan material komposit dengan tekanan gaya vertikal agar material komposit yang dibuat menjadi lebih padat dan rapat.

Kajian ini menggunakan metode eksperimen dengan membuat komposit baru campuran serbuk kaca dan serbuk aluminium bermatrik resin epoksi. Perbandingan volume komposisi terdiri dari: (I) serbuk kaca 50%, serbuk aluminium 20%, resin epoksi 30%; (II) serbuk kaca 40%, serbuk aluminium 30%, resin epoksi 30%; (III) serbuk kaca 35%, serbuk aluminium 35%, resin epoksi 30%.

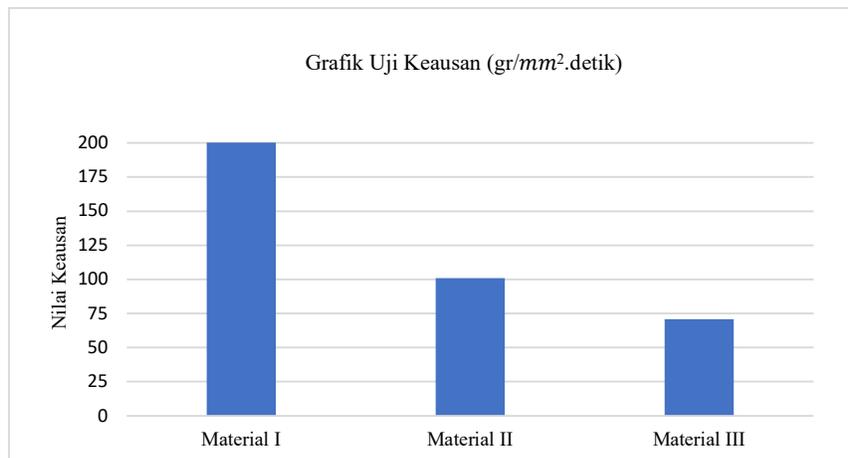
Pembuatan material komposit menggunakan alat *press* manual, dengan tekanan gaya vertikal. Proses *press* dilakukan di dalam oven dan dipanaskan dengan suhu 80°C dalam waktu 60 menit agar resin epoksi dapat meresap dan terdistribusi merata dengan baik, sehingga material menjadi lebih homogen. Proses pengujian meliputi uji keausan dan uji kekerasan Rockwell.

## 3. Hasil dan Pembahasan

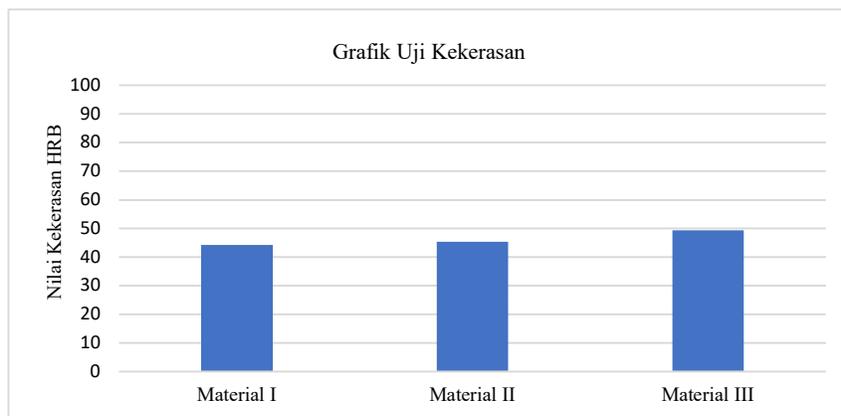
Hasil pengujian keausan ditunjukkan pada Tabel 1, disajikan dalam grafik pada Gambar 1, hasil uji kekerasan ditunjukkan pada Gambar 2. Cetakan komposit yang telah dibuat, divisualkan seperti pada Gambar 3 dan dijelaskan pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 1.** Hasil pengujian keausan.

No. Material	Sampel Uji	Luas Permukaan (A) [mm <sup>2</sup> ]	Berat Mula (W <sub>0</sub> ) [gram]	Waktu Uji (t) [s]	Berat Akhir (W <sub>i</sub> ) [gr]	Selisih Berat (ΔW) [gr]	Laju Keausan (M) [gr/(mm) <sup>2</sup> . Sec]
I	Uji I A	1074,66	33,2	60	30,8	2,4	3,72 x 10 <sup>-5</sup>
	Uji I B	1074,66	30,8	60	29,7	1,1	1,70 x 10 <sup>-5</sup>
	Uji I C	1074,66	29,7	60	28,8	0,9	1,39 x 10 <sup>-5</sup>
	Rata-rata						2,27 x 10 <sup>-5</sup>
II	Uji II A	1074,66	40,0	60	39,1	0,9	1,39 x 10 <sup>-5</sup>
	Uji II B	1074,66	39,1	60	37,6	1,5	2,32 x 10 <sup>-5</sup>
	Uji II C	1074,66	37,6	60	36,5	1,1	1,70 x 10 <sup>-5</sup>
	Rata-rata						1,80 x 10 <sup>-5</sup>
III	Uji III A	1074,66	39,7	60	39,0	0,7	1,08 x 10 <sup>-5</sup>
	Uji III B	1074,66	39,0	60	38,6	0,4	6,20 x 10 <sup>-6</sup>
	Uji III C	1074,66	38,6	60	38,2	0,4	6,20 x 10 <sup>-6</sup>
	Rata-rata						7,73 x 10 <sup>-6</sup>



**Gambar 1.** Grafik hasil uji laju keausan.



**Gambar 2.** Grafik hasil uji kekerasan.



Gambar 1. Hasil cetakan komposit.

Tabel 2. Keterangan hasil cetakan komposit.

Material	Komposisi volume cetakan 54 cm <sup>3</sup>	Dimensi hasil komposit	Kesimpulan
	Kaca 50% = 39,7 gr Aluminium 20% = 6,6 gr Resin 30% = 17,9 gr Jumlah total = 64,2 gr	Diameter = 3,7 cm Tinggi = 4 cm	Pada material I, banyak terdapat rongga udara pada permukaan hasil cetakan (tidak padat).
	Kaca 40% = 31,7 gr Aluminium 30% = 9,9 gr Resin 30% = 17,9 gr Jumlah total = 59,5 gr	Diameter = 3,7 cm Tinggi = 3,5 cm	Pada material II, rongga pada permukaan lebih baik dari material I, namun tinggi material sedikit lebih kecil dari material I.
	Kaca 35% = 27,7 gr Aluminium 35% = 11,5 gr Resin 30% = 17,9 gr Jumlah total = 53,2 gr	Diameter = 3,7 cm Tinggi = 3,1 cm	Pada material III, permukaan lebih padat/tidak berongga dan tinggi material lebih rendah. Jumlah volume kaca mempengaruhi tinggi pada material.

Hasil pengujian laju keausan menunjukkan bahwa material III dengan komposisi material 35% serbuk kaca, 35% serbuk aluminium dan 30% resin, memiliki nilai laju keausan yang paling rendah di antara material yang lain dengan nilai keausan  $7,73 \times 10^{-6}$  gr/mm<sup>2</sup>.detik. Hal tersebut berarti bahwa material tersebut adalah material yang paling tahan aus. Sedangkan material yang memiliki nilai keausan yang paling tinggi (mudah aus) terjadi pada material I dengan perbandingan volume material serbuk kaca 50%, serbuk aluminium 20% dan resin 30% dan nilai keausan  $2,27 \times 10^{-5}$  gr/mm<sup>2</sup>.detik.

Diketahui pula bahwa material dengan nilai kekerasan paling tinggi adalah material III dan material dengan kekerasan terendah terdapat pada material I dengan perbandingan volume material serbuk kaca 50%, serbuk aluminium 20% dan resin 30%.

Hal ini menunjukkan bahwa faktor yang mempengaruhi nilai kekerasan dan keausan pada pengujian material komposit dari serbuk kaca, serbuk aluminium dan resin epoksi ini bervariasi. Diantaranya adalah diakibatkan karena ikatan penyusun bahan yang tidak tercampur secara sempurna saat pencampuran atau pengadukan serbuk kaca, serbuk aluminium, resin dan unsur pengerasnya. Perbedaan komposisi juga sangat mempengaruhi, di mana pada material I dengan komposisi serbuk kaca 50%, serbuk aluminium 20% dan resin 30% menggunakan tekanan gaya vertikal sebesar 4,5 kg menghasilkan material yang masih terdapat pori atau rongga udara pada permukaan cetakan, sebagai pembanding pada material III dengan komposisi serbuk kaca 35% serbuk aluminium 35% dan resin 30% dengan volume cetakan dan tekanan gaya vertikal yang sama dan hasil material padat tidak terdapat udara yang

terjebak pada material, hal ini dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan pada kajian ini diketahui pula bahwa massa jenis serbuk sangat mempengaruhi massa dan volume material komposit yang dicetak. Hal ini dapat terlihat di mana pada material I, volume campuran komposisi serbuk kaca 50%, serbuk aluminium 20 % dan resin 30% ditimbang seberat 64,2 gram dan didapatkan hasil cetakan dengan tinggi 4 cm sebagai pembanding pada material III dengan volume campuran serbuk kaca 35%, serbuk aluminium 35% dan resin 30%, didapatkan berat volume campuran 53,2 gram dan tinggi material yang dicetak 3,5 cm dengan cetakan dan persentase volume cetakan yang sama. Sehingga dapat diketahui bahwa semakin sedikit volume pencampuran serbuk kaca maka semakin kecil volume material yang dicetak dan semakin tinggi volume pencampuran serbuk aluminium semakin rendah massa material yang dicetak, dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 2.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan dan nilai keausan material komposit dengan penguat serbuk kaca dan serbuk aluminium maka dapat disimpulkan bahwa nilai laju keausan terendah dan nilai kekerasan yang tertinggi diperoleh pada sampel material dengan komposisi 35% serbuk kaca, 35% serbuk aluminium, dan 30% resin, dengan nilai keausan rata-rata  $7,73 \times 10^{-6}$  gr/mm<sup>2</sup>.detik dan nilai kekerasan rata-rata 49,3 HRB.

Selain itu, diketahui bahwa jumlah serbuk aluminium dalam komposisi material memberikan peran penting pada nilai kekerasan dan keausan pada material komposit, sedangkan jumlah serbuk kaca yang besar tidak membuat material menjadi lebih keras. Hal ini ditunjukkan pada hasil uji kekerasan dan keausan. Material dengan komposisi serbuk kaca 50% dan serbuk aluminium 20% mempunyai nilai keausan  $2,2 \times 10^{-5}$  gr/mm<sup>2</sup>.detik dan nilai kekerasan 44,3 HRB, lebih rendah dibandingkan material dengan komposisi serbuk kaca 35% dan serbuk aluminium 35%.

#### Daftar Pustaka

- [1] Kaloka, "Analisis Sifat Kekerasan dan Kekuatan Tekan Komposit Berbahan Limbah Aluminium dan Limbah Kaca Menggunakan Metode Metalurgi Serbuk," Universitas Mataram, 2021.
- [2] M. P. Aji, "Komparasi Kuat Tekan Komposit Berbahan Dasar Serbuk Polyvinyl Acetate Limbah Kaca Den," J. MIPA, vol. 35, no. 2, pp. 140–144, 2012.
- [3] T. Rusianto, "Hot Pressing Metalurgi Serbuk Aluminium dengan Variasi Suhu Pemanasan," J. Teknol., vol. 2, pp. 89–95, 2009, [Online]. Available:

<https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/jurtek/article/view/815>.

- [4] A. AA, Triadi, K. Wangi, and P. Setyawan, "Efek suhu sintering dan komposisi bahan terhadap karakteristik mekanik komposit berbahan limbah aluminium dan kaca menggunakan metode metalurgi serbuk Effect of sintering temperature and material composition on the mechanics characteristic of," Din. Tek. Mesin, vol. 12, no. 1, pp. 19–28, 2022, [Online]. Available: <http://dinamika.unram.ac.id/index.php/DTM/article/view/499/pdf>.
- [5] S. Asykar, "Ketahanan Pemaparan Cuaca Pada Komposit Hdpe-Karet Dengan Proses Pressured Sintering," 2012.
- [6] Krishan K Chawla, "Composite Materials," in Composites Materials, 4th ed., Springer Nature Switzerland AG, 2019.
- [7] F. Anggria et al., "Analisis pengaruh ukuran serbuk kaca pada pembuatan kanvas rem sepeda motor dengan pengisi serbuk piston bekas," vol. 3, no. 2, pp. 1–5, 2016.
- [8] R. Prajanto and I. S. Darmo, "Kekuatan Bending dan Impact Komposit Resin Berpenguat Serbuk Kaca Berukuran -53 mikrometer / + 45 mikrometer," Gadjah Mada, 2016.
- [9] Toto Rusianto, "Studi Pengaruh Penambahan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Dan Suhu Sinter Terhadap Kekerasan Dan Berat Jenis Relatif Pada Aluminium Serbuk( Al Mmc)," J. Teknol. Acad. ISTA, vol. 10, no. September, pp. 90–96, 2005, [Online]. Available: <file:///D:/REFERENSI/edhy-sst-journal-manager-11-toto-90-99-ok.pdf>.